

САМОЕ ГЛАВНОЕ



М. Милчев

Выбор цифрового фотоаппарата



 ПИТЕР®

СЕРИЯ

САМОЕ
ГЛАВНОЕ
О

 ПИТЕР®

М. Милчев

САМОЕ ГЛАВНОЕ О

Выбор цифрового фотоаппарата

 **ПИТЕР®**

Москва · Санкт-Петербург · Нижний Новгород · Воронеж
Ростов-на-Дону · Екатеринбург · Самара · Новосибирск
Киев · Харьков · Минск

2006

ББК 37.94
УДК 778:004
М60

Милчев М. Н.

М60 Самое главное о... Выбор цифрового фотоаппарата. — СПб.: Питер, 2006. — 126 с.: ил.

ISBN 5-94723-424-6

В отличие от большинства книг, посвященных цифровой фототехнике, настоящее издание не содержит ни советов по компоновке кадра, ни наставлений по редактированию изображений в программах вроде Adobe Photoshop — и то, и другое превосходным образом изложено в соответствующей литературе. Главная цель данной книги — помочь потенциальному покупателю цифрового фотоаппарата разобраться во всем многообразии моделей и сделать правильный выбор.

Кроме того, в книге освещены некоторые особенности производства и сервисной поддержки цифровой фототехники, что также позволит избежать ошибок при выборе модели.

ББК 37.94
УДК 778:004

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельца авторских прав.

Информация, содержащаяся в данной книге, получена из источников, рассматриваемых издательством как надежные. Тем не менее, имея в виду возможные человеческие или технические ошибки, издательство не может гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений и не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 5-94723-424-6

© ЗАО Издательский дом «Питер», 2006

Содержание

Предисловие	7
От издательства	8
1. Общие сведения о цифровых фотоаппаратах	9
Компоненты цифрового фотоаппарата	9
Классификация цифровых фотокамер	11
<i>Студийная техника</i>	<i>12</i>
<i>Профессиональные модели</i>	<i>14</i>
<i>Любительские камеры</i>	<i>15</i>
2. Устройство цифрового фотоаппарата	17
Оптическая система	17
<i>Световое изображение объектива</i>	<i>18</i>
<i>Фокусное расстояние объектива</i>	<i>18</i>
<i>Зеркальные камеры</i>	<i>20</i>
<i>Экспозиция</i>	<i>23</i>
<i>Диафрагма и выдержка</i>	<i>23</i>
<i>Светочувствительность и экспозиционное число</i>	<i>25</i>
<i>Расчет экспозиции и управление ею</i>	<i>26</i>
<i>Автофокус</i>	<i>29</i>
<i>Аберрации оптики и ее разрешающая способность</i>	<i>34</i>
<i>Насадки на объектив</i>	<i>36</i>
Регистрация изображения	38
<i>Преобразование света в электрический заряд</i>	<i>39</i>
<i>Считывание заряда</i>	<i>40</i>
<i>Чувствительность</i>	<i>46</i>
<i>Блюминг</i>	<i>50</i>
<i>«Залипшие» пиксели</i>	<i>52</i>
<i>Размер матрицы по диагонали</i>	<i>52</i>
<i>Аналого-цифровой преобразователь</i>	<i>54</i>
<i>Расчет цвета в ПЗС-матрицах</i>	<i>55</i>
<i>Баланс белого цвета</i>	<i>58</i>
Запоминающие устройства цифровой фототехники	61
<i>Буферная, встроенная и сервисная память</i>	<i>61</i>

6 Выбор цифрового фотоаппарата

Запоминающие устройства цифровой фототехники	61
<i>Буферная, встроенная и сервисная память</i>	61
<i>PCMCIA</i>	65
<i>CompactFlash и MicroDrive</i>	66
<i>SmartMedia</i>	68
<i>MultiMedia Card/Secure Digital</i>	69
<i>Memory Stick</i>	71
<i>xD Picture Card</i>	71
Вспышка	72
<i>Основные параметры</i>	73
<i>Использование внешней вспышки</i>	74
Прочие компоненты	80
<i>Система питания</i>	80
<i>ЖК-дисплей</i>	82
<i>Интерфейсы</i>	86
<i>Штативное гнездо</i>	89
3. Типы цифровых фотоаппаратов	91
Профессиональные модели	91
<i>Общие черты</i>	91
<i>Основные категории профессиональной техники</i>	94
Любительские камеры	97
<i>Модели начального уровня</i>	98
<i>Сверхкомпактные модели</i>	100
<i>Многоцелевые камеры</i>	101
<i>«Дальнобойные» модели и системы</i> <i>оптической стабилизации</i>	103
<i>«Электронные зеркала»</i>	106
4. Выбор цифрового фотоаппарата	109
Пожелания пользователя и существующая классификация камер	109
Влияние компонентов камеры на качество снимка	112
Производители цифровой фототехники	115
Тестирование фотоаппарата при покупке	116
Что делать при неудачном выборе	124

Посвящается жене и сыну

Предисловие

Цифровые фотокамеры были созданы спустя десятилетие после появления персонального компьютера фирмы IBM — самой популярной платформы вычислительной техники. Как известно, поначалу «персоналкам» не уделяли достаточного внимания — для серьезных научно-инженерных расчетов их вычислительных мощностей явно не хватало, а для массового потребителя стоимость была астрономически велика (десятки тысяч долларов). Однако менее чем через два десятилетия для большинства людей персональный компьютер стал таким же привычным устройством, как телевизор. Развитие цифровой фототехники шло точно таким же образом, только форсированными темпами.

Первые цифровые фотоаппараты были малопригодны для профессиональной съемки, а обычного фотолюбителя отпугивала очень высокая цена — даже самые примитивные модели стоили не менее трехсот долларов, при этом за эти же деньги можно было приобрести очень качественную пленочную модель. Однако стоимость компонентов цифровой фототехники постоянно снижалась, в результате к концу XX века «электронный негатив», полученный с помощью цифровых камер стоимостью 400–500 долларов, превосходил по качеству кадр 35-миллиметровой пленки, проявляемый в обычном минилабе. После этого стало ясно, что полное вытеснение традиционных технологий — не более чем вопрос времени.

В отличие от большинства книг, посвященных цифровой фототехнике, настоящее издание не содержит ни советов по компоновке кадра, ни наставлений по редактированию изображений в программах вроде Adobe Photoshop — и то и другое превосходно изложено в соответствующей литературе. Главная цель данной книги — помочь потенциальному покупателю цифрового фотоаппарата разобратся в многообразии моделей и сделать правильный выбор.

8 Выбор цифрового фотоаппарата

Под «правильным выбором» подразумевается камера, которая может снимать в специфических условиях и при этом обеспечивать изображение хорошего качества. Для того чтобы сделать такой выбор, необходимо ознакомиться как с основными компонентами цифровой фотокамеры, так и с классификацией цифровой фототехники. Понимая назначение каждого узла и особенностей его работы, потенциальный покупатель может определить, где заканчиваются реальные характеристики и начинаются рекламные обещания. В свою очередь, подробная классификация камер позволит будущему фотографу сузить поле выбора с нескольких сотен моделей до десятка.

Кроме того, в книге освещены некоторые особенности производства и сервисной поддержки цифровой фототехники, что также позволит избежать ошибок при выборе модели.

От издательства

Ваши замечания, предложения и вопросы отправляйте по адресу электронной почты comp@piter.com (издательство «Питер», компьютерная редакция).

Мы будем рады узнать ваше мнение!

Подробную информацию о наших книгах вы найдете на веб-сайте издательства: <http://www.piter.com>.

1. Общие сведения о цифровых фотоаппаратах

Компоненты цифрового фотоаппарата

Дизайн ряда цифровых фотокамер иначе как причудливым назвать нельзя, но основные три компонента всех моделей одинаковы. Более того, точно такой же набор компонентов присутствует и в пленочных фотоаппаратах.

Если за основу взять порядок участия компонентов в формировании снимка, то в первую очередь следует упомянуть оптическую систему. Ключевым узлом этой системы является объектив (зачастую снабжаемый различными насадками), который формирует так называемое *световое изображение* — двумерную копию объекта съемки и его фона. Очень важную роль в оптической системе играет *затвор*, регулирующий количество проходящего сквозь объектив света и, таким образом, яркость светового изображения. Обеспечивают работу оптической системы различные вспомогательные системы — автофокуса, экспозамера и т. д.

Оптические системы пленочных и цифровых фотоаппаратов (при рассмотрении наиболее популярных категорий) между собой различаются, главным образом, размерами формируемого объективом светового изображения — в цифровой фототехнике оно в несколько раз меньше, чем в пленочной.

Созданное оптической системой световое изображение попадает на поверхность *региструющего устройства* — второго основного компонента фотоаппарата. Как следует из названия, оно регистрирует яркость светового изображения в каждой его точке и таким образом позволяет запечатлеть объект съемки и его фон. Очевидно, что регистрирующее устройство обязано определенным образом реагировать на свет. В обычной фотографии для этой цели используется нанесенный на пленку слой галогенидов серебра,

10 Выбор цифрового фотоаппарата

в цифровой фототехнике применяются электронно-оптические преобразователи (ЭОП).

Главным различием между фотопленкой и электронно-оптическим преобразователем является *дискретность ЭОП* — его регистрирующая поверхность разделена на конечное число отдельных микроскопических участков, каждый из которых генерирует электрический заряд, пропорциональный яркости светового изображения в этом месте.

Электронно-оптический преобразователь — прибор, преобразующий световое изображение в набор электрических зарядов. Характеризуется разрешением — количеством зарядов по вертикали и горизонтали, соотношением сигнал/шум и чувствительностью к яркости светового изображения.

Микроскопические участки ЭОП, преобразующие свет в заряд, называются пикселями. Так же именуются точки, из которых состоит изображение, сформированное электронно-оптическим преобразователем.

Пиксел — элемент ЭОП либо точка электронного изображения. В электронно-оптическом преобразователе пиксел характеризуется физическими размерами. Пиксел электронного изображения имеет две характеристики — цвет и яркость.

Для приблизительной оценки разрешения ЭОП используется термин «мегапиксел».

Мегапиксел — миллион пикселей ЭОП. Произведение количества пикселей по вертикали и количества пикселей по горизонтали, разделенное на миллион, дает разрешение в мегапикселях.

Например, при разрешении матрицы 1600×1200 произведение количества пикселей по вертикали и количества по горизонтали равняется 1 920 000. Последующее деление на миллион даст число 1,92, поэтому матрицу с указанным разрешением можно назвать двухмегапиксельной.

Ранее было сказано, что световое изображение цифрового и пленочного фотоаппаратов очень сильно различается в размерах. Вызвано это габаритами регистрирующего устройства — ЭОП большинства цифровых фотокамер значительно меньше кадра 35-миллиметровой пленки.

Третьим основным компонентом фотоаппарата является *устройство хранения*, предназначенное для запоминания результа-

тов работы регистрирующего устройства. В обычной фотографии пользователь, прокручивая рулон с пленкой, устанавливает напротив объектива новый кадр, поэтому функции регистрации и хранения оказываются объединенными в одном устройстве. В цифровой фототехнике рулона с ЭОП нет, вместо этого переведенный в цифровой формат набор электрических зарядов записывается на различные носители данных. Наиболее широко распространенным вариантом носителя оказалась флеш-память.

Флеш-память — энергонезависимая память, сохраняющая информацию после выключения питания. Характеризуется форм-фактором, емкостью (в мегабайтах), скоростью доступа и напряжением питания при записи данных.

Флеш-память является промежуточным типом памяти и по своим характеристикам находится между ПЗУ (постоянное запоминающее устройство, в англоязычной литературе — ROM, read-only memory), которое хранит информацию без источников питания, но не позволяет ее модифицировать, и ОЗУ (оперативное запоминающее устройство, в англоязычной литературе — RAM, random-access memory), которое допускает модификацию информации, но хранить ее не может. Флеш-память использует питание только при считывании данных и их модификации, причем для считывания необходимо низкое напряжение, а для записи — повышенное.

Разумеется, этим список узлов фотоаппарата не ограничивается, однако без перечисленных компонентов фотосъемка просто невозможна.

Классификация цифровых фотокамер

Несмотря на стремительный рост количества мегапикселей, категории цифровой фототехники сохранились без изменений. Причем классификации цифровых и пленочных фотокамер иногда совпадают, что обуславливается, как это ни странно, размером светового изображения. В частности, разделение цифровой фототехники на студийную и полевую совпадает с разделением пленочных камер на средне- и крупноформатные модели (с размером кадра не менее $6 \times 4,5$ см и не менее 9×12 см соответственно) и модели под 35-миллиметровую пленку.

Студийная техника

Подавляющее большинство студийной цифровой фототехники — это приставки к средне- и крупноформатным камерам (рис. 1.1), устанавливаемые в среднеформатной камере вместо кассеты с пленкой, а в крупноформатной — вместо фотопластины. Правда, на раннем этапе развития цифровой фототехники встречались и студийные камеры — законченные устройства, включающие в себя как цифровую, так и оптическую системы.

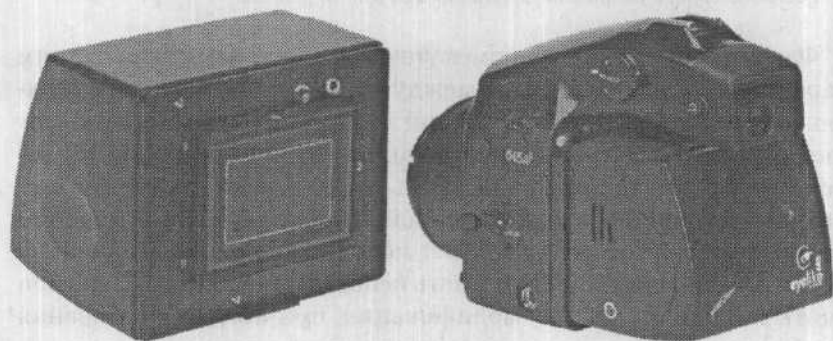


Рис. 1.1. Студийная цифровая приставка

Студийные приставки можно разделить на два основных типа — сканирующие и полнокадровые. В приставках первого типа световое изображение считывается перемещающейся линейкой светочувствительных элементов — практически так же, как в планшетных сканерах, при этом процесс съемки довольно продолжителен и требует источника постоянного света.

Полнокадровые приставки способны зафиксировать кадр целиком, однако элементы ЭОП могут регистрировать только яркость в той или иной точке фотографируемого объекта, но не его цвет. Поэтому в ранних полнокадровых приставках при съемке происходила поочередная смена трех светофильтров — зеленого, синего и красного, устанавливаемых перед ЭОП. После установки каждого светофильтра выполнялось экспонирование.

Экспонирование — процесс проецирования светового изображения на поверхность ЭОП, при котором создается «электронный негатив».

Затем три полученных изображения «суммировались» в одно полноцветное. Данная технология, применявшаяся также в студийных камерах, тоже требовала значительных затрат времени.

В общем, типичной «целью» студийной цифровой фототехники «классического типа» был освещаемый источником постоянного света неподвижный объект, а снимки вместо флеш-памяти хранились на обычном компьютере, с которым поддерживалась постоянная связь посредством различных интерфейсов. Разумеется, ни о какой портативности и речи быть не могло, а все съемки производились в специально оборудованном помещении — фотостудии (отсюда данная категория цифровой фототехники и получила свое наименование).

Затем появились инженерные решения, позволившие снимать подвижные объекты, освещаемые вспышкой света. Студийные камеры на некоторое время исчезли с рынка, а приставки обзавелись подключаемыми через кабель портативными накопителями данных (их роль играли жесткие диски портативных компьютеров) и источниками питания (литиевыми аккумуляторами). В результате студийная техника перестала быть связанной со специальным помещением.

Затем аккумуляторы стали компактнее, вместо жестких дисков стала применяться флеш-память (благодаря возросшей емкости), поэтому появилась возможность поместить эти узлы внутрь приставки. После этого на задней панели приставки появился цветной жидкокристаллический (ЖК) дисплей, и на первый взгляд всякое отличие студийных камер от остальных типов цифровой фототехники исчезло. Положение усугубилось тем, что производители среднеформатных камер, ранее стоявшие в стороне, решили выпустить «цифровые» версии своих моделей. Так были «реанимированы» студийные цифровые камеры, причем в новой, «портативной» форме — со встроенными аккумуляторами и флэш-памятью, а также с ЖК-дисплеем на задней панели.

Тем не менее категория «студийная цифровая фототехника» сохранилась, однако теперь ее название не ассоциируется с необходимостью снимать исключительно в специально оборудованном помещении. В настоящее время студийными именуются камеры и приставки с габаритами ЭОП, соответствующими световому изображению больших размеров, которое формируется оптикой среднего и крупного формата.

Профессиональные модели

Полевые цифровые фотоаппараты появились одновременно со студийной техникой. Их название определялось полной автономностью данного оборудования — владельцу не были нужны ни компьютер для хранения данных, ни сеть питания, поэтому снимать можно было «в полевых условиях». Кроме того, с самого начала полевые фотокамеры допускали съемку подвижных объектов, так как полноцветное изображение формировалось за одно экспонирование.

В свою очередь, полевые камеры подразделяются на профессиональные и любительские модели. Между собой эти категории различаются габаритами ЭОП и, соответственно, размерами светового изображения — у профессиональных моделей оно в несколько раз больше.



Рис. 1.2. Профессиональная цифровая камера

Первые модели *профессиональных цифровых фотоаппаратов* (рис. 1.2) создавались на базе зеркальных камер под 35-миллиметровую пленку (подробнее о конструкции зеркального фотоаппарата будет рассказано далее). В 1991 году заднюю панель корпуса зеркального фотоаппарата Nikon F3 заменили деталью, в которой вместо столика для пленки (на нем располагается экспонируемый кадр) имелся ЭОП с разрешением 1280×1024. Так был создан первый профессиональный цифровой фотоаппарат Kodak DCS-100.

В этой модели кадры сохранялись не во флеш-памяти, а в громоздком устройстве DSU (Digital Storage Unit), весившем 5 кг, связанном с камерой кабелем и хранившем данные на жестком диске емкостью 200 Мбайт.

Позднее в профессиональных камерах стали использовать более компактные и легкие жесткие диски портативных компьютеров, после чего произошел переход на флеш-память, параллельно росло разрешение ЭОП, однако основная черта оставалась прежней — базой для каждого фотоаппарата являлась пленочная зеркальная камера со сменными объективами, которые формировали световое изображение, рассчитанное на кадр 35-миллиметровой пленки.

Любительские камеры

Любительские цифровые фотокамеры (рис. 1.3) были представлены на рынке даже раньше, чем профессиональные модели. В 1990 году появился первый любительский цифровой фотоаппарат Dycam Model 1 (большинству пользователей он знаком под названием Logitech FotoMan FM-1), который отличался разумной стоимостью и скромными возможностями. Его конструкция имела все отличительные черты фотоаппарата любительской категории — компактный постоянный объектив, создающий световое изображение в несколько раз меньшее, чем кадр 35-миллиметровой пленки, и столь же миниатюрный ЭОП.



Рис. 1.3. Любительская цифровая фотокамера

С ростом разрешения ЭОП возникла необходимость оснастить любительские камеры высококачественной оптикой (иногда не хуже той, что применяется в профессиональной технике). Параллельно с этим улучшались съемочные функции, позволявшие даже недорогим камерам правильно рассчитывать освещенность объекта съемки и с высокой точностью наводить на резкость объектив.

В итоге появились любительские фотоаппараты, ни по цене, ни по возможностям не уступающие профессиональным моделям начального уровня. Профессиональные камеры по разрешению ЭОП догнали студийную технику, которая, в свою очередь, по портативности теперь ни в чем не уступает остальным категориям. Тем не менее многократная разница в размерах ЭОП студийной, профессиональной и любительской фототехники сохраняется до сих пор и является главным признаком при определении «видовой принадлежности».



2. Устройство цифрового фотоаппарата

В настоящей главе помимо трех основных компонентов будут рассмотрены вспомогательные узлы фотоаппарата — вспышка, система питания, ЖК-дисплей и интерфейсы. Упоминание о дисплее и интерфейсах может вызвать ассоциацию с компьютером, что не удивительно — работой любой цифровой фотокамеры управляет микропроцессор, причем его вычислительная мощность с каждым годом возрастает. Сходство с компьютером увеличивается еще и потому, что у некоторых моделей цифровых фотокамер встроенное программное обеспечение можно обновлять, исправляя допущенные разработчиками ошибки либо расширяя существующие функции новыми возможностями.

Оптическая система

Одной из важнейших задач, стоящих перед микропроцессором камеры, является управление оптической системой фотоаппарата. Разрабатываются все более сложные алгоритмы, рассчитывающие освещенность объекта съемки и наводящие на резкость объектив, причем каждое усложнение удлиняет интервал между нажатием кнопки затвора и началом экспонирования, именуемый *лагом*, поэтому вычислительная мощность микропроцессора никогда не будет избыточной.

Микропроцессор управляет не абстрактной оптической системой, а конкретным набором из линз, сервоприводов и сенсоров. Ограничения, накладываемые конструкцией объектива, нельзя обойти даже самым сложным алгоритмом. Поэтому при выборе фотоаппарата крайне важно выявить все «подводные камни» оптической системы, иначе уже после покупки выяснится, что в определенных условиях съемка приобретенной камерой затруднена, а то и вовсе невозможна.

Световое изображение объектива

Свет, отраженный от объекта съемки и его фона, попадает в объектив, проходит сквозь его линзы и проецируется на воображаемую плоскость в пространстве позади объектива. Изображение, возникающее в этой плоскости, называется *световым изображением*. От оптической системы требуется следующее:

- Плоскость светового изображения должна совпадать с плоскостью регистрирующего устройства, иначе изображение будет расплывчатым, нерезким.
- Четкость светового изображения, спроецированного точно на плоскость регистрирующего устройства, должна быть не меньше, чем разрешение регистрирующего устройства.
- Световое изображение не должно содержать искажений формы, яркости и цвета фотографируемых объектов.
- Яркость светового изображения должна соответствовать как реальной освещенности объектов съемки, так и возможностям регистрирующего устройства.

Самое сложное при разработке объектива заключается в том, что некоторые из указанных требований начинают противоречить друг другу, поэтому любая оптическая система представляет собой компромиссное решение. Задача покупателя — определить, какой из параметров объектива является для него главным, а какой можно считать второстепенным.

Фокусное расстояние объектива

Важнейшей характеристикой объектива является его фокусное расстояние.

Фокусное расстояние — величина, обратно пропорциональная «полю зрения» объектива (точнее, его угловому полю) и прямо пропорциональная кратности увеличения объекта съемки. Фокусное расстояние измеряется в миллиметрах от воображаемой плоскости, при пересечении которой начинают сходитьсь проходящие сквозь объектив параллельные лучи, до плоскости светового изображения.

Чем больше фокусное расстояние объектива, тем меньше его *угловое поле*, то есть область пространства, которую он перед собой «видит». Таким образом, при съемке длиннофокусным объективом предметов в кадр попадает меньше, но их размер в кадре боль-

ше. И наоборот, при уменьшении фокусного расстояния объекты съемки становятся меньше, но в кадр их попадает больше за счет большего углового поля.

Зрение обычного человека характеризуется угловым полем в 46° , которому в 35-миллиметровых камерах соответствует фокусное расстояние 50 мм. Объективы, у которых фокусное расстояние больше 50 мм, увеличивают размер объектов в кадре и называются *длиннофокусными*, или *телеобъективами*. Объективы с фокусным расстоянием меньше 50 мм уменьшают размер объектов в кадре и называются *короткофокусными*, или *широкоугольными*.

Разумеется, фокусное расстояние сказывается также на *перспективе кадра* — степени удаленности друг от друга объекта съемки и его фона, визуально выражающейся в более акцентированной разнице в размерах. Перспектива короткофокусных объективов глубже, поэтому объект съемки выглядит значительно крупнее своего фона, а у длиннофокусной оптики перспектива меньше, поэтому разница в размерах предметов переднего и заднего планов не столь заметна.

Часто фокусное расстояние цифровой фотокамеры указывается двумя цифрами, например 6–15 мм (28–72 мм). Это вызвано тем, что размер ЭОП меньше кадра обычной пленки, поэтому требуется небольшое световое изображение, формируемое более компактной оптикой. Для удобства оценки объектива вводится второе значение, которое обозначает фокусное расстояние в эквиваленте 35-миллиметровой камеры.

Для обозначения объективов с переменным фокусным расстоянием, позволяющих снимать и в длиннофокусном, и в широкоугольном режимах, используют термин «*вариообъектив*». Для вариообъектива обязательно указывается *диапазон фокусного расстояния* посредством пары чисел, например 35–70 мм, где 35 мм — минимальное, а 70 мм — максимальное фокусное расстояние вариообъектива.

Под *кратностью вариообъектива* подразумевают отношение максимального фокусного расстояния к минимальному. Например, для объектива с диапазоном 35–105 мм кратность объектива равна трем: $105/35 = 3$. По-английски вариообъектив называется «zoom», этим же словом обозначается его кратность: «zoom 3». Нередко это слово в текстах статей и обзоров на русском языке калькируется без перевода и звучит как «зум».

20 Выбор цифрового фотоаппарата

Объективы, фокусное расстояние которых не изменяется, в англоязычной литературе называются *fixed focus*. В отечественной литературе такой тип оптики обозначается как *объектив с постоянным фокусным расстоянием*. Постоянное фокусное расстояние несколько ограничивает возможности фотографа, в то же время конструкция этих устройств предельно проста. Поэтому в любительской технике такая оптика чаще всего встречается в недорогих компактных камерах, ну а сменные объективы с постоянным фокусным расстоянием, предназначенные для профессиональных камер, обеспечивают более высокое, по сравнению с вариообъективами, качество светового изображения.

Зеркальные камеры

Вариообъективы ранних серий были сложными в производстве и капризными в эксплуатации. Поэтому для портретной, пейзажной и спортивной съемки использовались отдельные *сменные объективы* с наиболее подходящим фокусным расстоянием.

Сменный объектив — быстросъемный объектив, формирующий световое изображение заданного размера (например, по габаритам кадра 35-миллиметровой пленки). Сменные объективы разных производителей отличаются друг от друга конструкцией и размерами узла крепления, а также расстоянием от узла крепления до регистрирующего устройства.

Для установки объектива используется либо резьбовое, либо байонетное соединение, причем первый вариант в конечном итоге был вытеснен вторым.

Байонет (от фр. *baionnette* — штык) — крепежный узел, позволяющий быстро и без усилий присоединить объектив к фотоаппарату. Состоит из кольца с пазами на корпусе камеры и кольца с соответствующими выступами на оптике. В отличие от резьбового соединения, требующего относительно большого количества оборотов для уверенного крепления, байонет достаточно повернуть на небольшой угол для надежной фиксации. Для предупреждения случайной расстыковки камера, как правило, снабжена защелкой. Подпружиненные штырьки, расположенные на объективе, упираются в ответные контакты фотоаппарата и служат для обмена данными между ними.

При съемке необходимо, чтобы изображение в *окуляре* (выходной линзе) видоискателя точно отображало границы светового изображения.

Видоискатель — оптическое устройство, предназначенное для отображения границ светового изображения. Чтобы границы кадра отображались предельно точно, угло-

вое поле и оптическая ось видоискателя должны совпадать с угловым полем и оптической осью объектива.

Очевидно, что при замене объектива необходимо каким-то образом изменять угловое поле видоискателя. На фотоаппараты с телескопическим видоискателем приходилось устанавливать дополнительный видоискатель, для этого на верхней панели имелся специальный кронштейн.

Телескопический видоискатель — видоискатель, оптический тракт которого не использует световое изображение, созданное объективом. Конструкция такого видоискателя аналогична конструкции телескопа (зрительной трубы), фокусное расстояние которого максимально приближено к фокусному расстоянию объектива. Благодаря такой схеме угловые поля видоискателя и объектива практически совпадают.

Иногда окуляр видоискателя снабжался полупрозрачными линиями, отображавшими границы углового поля для объективов с разным фокусным расстоянием. Однако с точки зрения пользователя более удобным оказался переход к зеркальной камере (SLR — single lens reflex).

Зеркальная камера — камера, в которой световое изображение, формируемое объективом, вводится в оптический тракт видоискателя посредством зеркала, убирающегося перед экспонированием, либо с помощью полупрозрачной расщепляющей световой поток призмы (рис. 2.1).

При этом попутно с проблемой несовпадения угловых полей удалось решить ряд других задач. В первую очередь это коснулось фокусировки объектива.

Фокусировка (наводка на резкость) — перемещение линзовых элементов объектива вдоль его оптической оси таким образом, чтобы плоскость светового изображения совпала с плоскостью регистрирующего устройства. Если объектив не сфокусирован, то создаваемое им изображение выглядит размытым.

В зеркальной камере сформированное объективом световое изображение объекта съемки проецируется зеркалом на экран фокусировки, выполненный из матового стекла. Пользователь видит объект съемки в окуляре видоискателя и наводит объектив на резкость, поворачивая кольцо-коронку на корпусе и отслеживая четкость светового изображения.

Так как в зеркальной камере оптическая ось объектива совпадает с оптической осью видоискателя, удалось также избавиться от параллакса.

22 Выбор цифрового фотоаппарата



Схема с «прыгающим» зеркалом

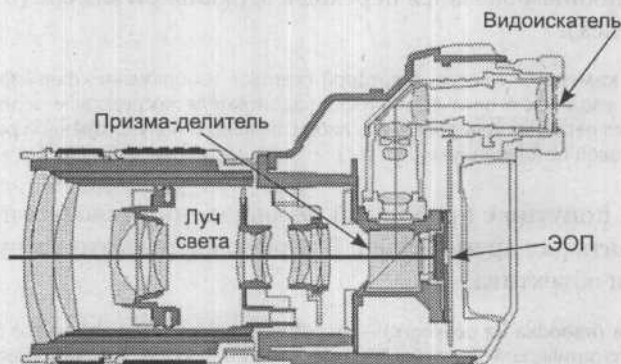


Схема с призмой-делителем

Рис. 2.1. Зеркальная камера

Параллакс — расхождение оптических осей видоискателя и объектива. Является причиной несовпадения границ изображений, формируемых видоискателем и объективом. При съемке бесконечно удаленных объектов влияние параллакса ничтожно, однако оно значительно усложняет фотографирование на коротких дистанциях.

Прогресс в области производства вариообъективов и систем автоматического наведения на резкость привел к снижению спроса на зеркальные камеры, так как модели с постоянным объективом

и телескопическим видоискателем оказались гораздо компактнее и дешевле. Любительские цифровые камеры в массе своей оснащены именно телескопическим видоискателем, кроме того, большинство этих моделей имеют режим *электронного видоискателя*, основанный на трансляции видеосигнала с ЭОП фотоаппарата на ЖК-дисплей. В результате пользователь получает изображение без искажений, вызванных параллаксом.

Тем не менее популярность зеркальных камер сохранилась и поныне, так как объектив с постоянным фокусным расстоянием при прочих равных условиях обеспечивает более качественное изображение, чем вариообъектив. Поэтому 35-миллиметровые зеркальные фотоаппараты стали основой для профессиональной категории цифровой фототехники.

Экспозиция

Фундаментальным понятием фотографии является экспозиция.

Экспозиция — это физическая величина, служащая количественной мерой световой энергии, воздействующей на регистрирующее устройство.

Экспозиция прямо пропорциональна как продолжительности экспонирования, так и яркости светового изображения. От экспозиции, сообщенной регистрирующему устройству, во многом зависит качество снимка: недостаточная экспозиция (называемая фотографами *недодержкой*) приводит к плохой проработке деталей в тенях, избыточная экспозиция (*передержка*) — к плохой проработке светлых участков. Таким образом, необходимо, чтобы яркость светового изображения и продолжительность экспонирования обеспечивали поступление на регистрирующее устройство строго определенной «порции» световой энергии, — иными словами, при каждом снимке экспозиция должна быть примерно одинаковой.

Диафрагма и выдержка

Для управления яркостью светового изображения используется диафрагма.

Диафрагма — механический узел, посредством которого ограничивается поперечное сечение проходящих через объектив световых лучков и таким образом уменьшается яркость светового изображения. Диафрагма представляет собой светонепроницаемую преграду с центральным отверстием изменяемого диаметра.

24 Выбор цифрового фотоаппарата

Наиболее широко распространена *ирисовая диафрагма*, у которой световое отверстие образуется несколькими дугообразными лепестками (ламелями), соединенными с подвижным кольцом-коронкой. При повороте кольца-коронки лепестки сходятся (или расходятся), плавно уменьшая (или увеличивая) отверстие диафрагмы. От величины отверстия диафрагмы зависит также глубина резкости — чем меньше отверстие, тем больше глубина резкости, и наоборот. Кроме того, глубина резкости растет при увеличении расстояния до объекта съемки.

Глубина резкости — диапазон пространства, ограниченного двумя воображаемыми, перпендикулярными оптической оси объектива плоскостями. Изображение любого предмета внутри этого пространства будет сформировано объективом с приемлемой резкостью.

Для обозначения диафрагмы чаще всего используется так называемое диафрагменное число.

Диафрагменное число — отношение фокусного расстояния объектива к диаметру диафрагменного отверстия. Чем больше диафрагменное число, тем меньше отверстие диафрагмы и яркость светового изображения.

Квадрат диафрагменного числа обратно пропорционален яркости светового изображения, а ряд численных значений диафрагменного числа подбирается так, что он образует геометрическую прогрессию со знаменателем, равным квадратному корню из двух (например, 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6 и т. д.). Такой выбор не случаен — в результате при смене диафрагменного числа на «ступеньку» вверх (или вниз) яркость светового изображения уменьшается (или увеличивается) в два раза.

Величиной, характеризующей максимальное светопропускание оптической системы, является *относительное отверстие объектива*. Эта величина равна отношению диаметра диафрагменного отверстия к фокусному расстоянию объектива и отображается в виде дроби (1:2,8; 1:5,6 и т. д.), при этом после единицы указывается диафрагменное число, соответствующее максимально *открытой* диафрагме.

Квадрат относительного отверстия определяет *светосилу объектива*, а объективы с относительным отверстием 1:2,8 и выше (то есть 1:2,5; 1:2,0 и т. д.) считаются светосильными.

Продолжительность экспонирования задается выдержкой.

Выдержка — это промежуток времени, в течение которого световое изображение проецируется на регистрирующий элемент для сообщения ему требуемой экспозиции. Измеряется в секундах, а также в долях секунды (при этом слово «секунды» не применяется — например, «1/200»).

Чем ярче световое изображение (то есть чем больше отверстие диафрагмы), тем «короче» может быть выдержка, и наоборот. Следует помнить, что допустимые значения выдержки ограничены — например, при съемке с «длинной» выдержкой (больше 1/60) изображение может оказаться «смазанным» из-за незаметного дрожания рук фотографа. Поэтому желательно, чтобы диапазоны значений как выдержки, так и диафрагмы были как можно шире.

Диафрагму и выдержку называют также *экспозиционными параметрами* (экспопараметрами).

Светочувствительность и экспозиционное число

Требуемый уровень экспозиции зависит, в первую очередь, от восприимчивости к свету регистрирующего устройства — от его светочувствительности.

Светочувствительность — это способность регистрирующего устройства определенным образом реагировать на оптическое излучение. Чем выше чувствительность регистрирующего устройства, тем меньшее количество света требуется для его реакции.

Количественная мера светочувствительности — *светочувствительное число* — указывается в единицах ISO (International Standards Organization — Международная организация стандартов). При использовании регистрирующего устройства с высокой чувствительностью можно вести съемку с меньшей экспозицией.

Для расчета экспопараметров при съемке используется экспозиционное число (экпочисло).

Экспозиционное число — параметр, характеризующий необходимый уровень экспозиции для получения приемлемого изображения объекта известной освещенности при заданной светочувствительности регистрирующего устройства.

Ряд значений экспозиционных чисел образует шкалу; изменение экспозиционного числа на одну единицу соответствует изменению экспозиции (освещенности регистрирующего устройства)

в два раза. Одну и ту же экспозицию можно обеспечить при различных сочетаниях значений диафрагменного числа и выдержки.

Расчет экспозиции и управление ею

Освещенность объекта съемки измеряется *экспонометром*, который может быть как отдельным устройством, так и компонентом фотоаппарата. Встроенный в фотоаппарат экспонометр замеряет яркость объекта съемки и передает эти данные микропроцессору камеры. Последний вычисляет требуемые диафрагму и выдержку, используя приведенные ранее формулы и известное значение светочувствительности регистрирующего устройства. Эта процедура называется расчетом экспозиции.

Иногда экспонометр ошибается при замере освещенности объекта съемки, в этом случае возможны как недодержка, так и передержка. Для компенсации этих ошибок подавляющее большинство фотоаппаратов снабжено функцией *экспокоррекции* — регулировки расчетного экспозиционного числа. Экспокоррекция осуществляется пошагово (как правило, с шагом $1/2$ либо $1/3$ от экспозиционного числа) в сторону уменьшения или увеличения расчетного экспочисла. В результате микропроцессор корректирует оба экспопараметра, а кадр получается более темным либо более светлым, чем до экспокоррекции. Диапазон регулировки в большинстве случаев находится в пределах от -2 до $+2$ расчетного экспозиционного числа, обозначаемого EV.

Обязательно следует отличать экспокоррекцию от *функции регулировки яркости отснятых кадров* — в этом случае происходит редактирование уже отснятого кадра, при этом детали теней (при недодержке) либо светлых участков (при передержке) восстановить невозможно, более того, такая операция может просто испортить снимок.

Существуют фотоаппараты, допускающие так называемые приоритетные режимы расчета экспозиции, — пользователь устанавливает один из экспозиционных параметров (выдержку либо диафрагму) вручную, а второй параметр вычисляется микропроцессором фотоаппарата. При этом для достижения большой глубины резкости (при достаточной освещенности) пользователь может максимально закрыть диафрагму, а установив выдержку $1/125$, избежать «сдергивания» кадра.

В нечасто встречающемся режиме *гибкой экспозиции* после нажатия кнопки затвора микропроцессор предлагает фотографу серию пар «диафрагма–выдержка» ($f/2,0-1/125$, $f/3,5-1/60$ и т. д.). В этой серии «укорачивание» выдержки вызывает пропорциональное раскрытие диафрагмы, и наоборот, а пользователь может подбирать наиболее подходящие сочетания экспопараметров.

Очень широко распространены *режимы специальной программы*, именуемые также *сюжетами*, — «ночной», «пейзажный», «спортивный», «портретный». Эту функцию можно считать автоматизированным вариантом гибкой экспозиции — в зависимости от выбранного сюжета, название которого явно указывает на его предназначение, микропроцессор камеры ограничивает диапазон одного из экспопараметров и, варьируя второй параметр, подбирает требуемую экспозицию.

Для *режима приоритета глубины резкости* основными управляющими параметрами являются дистанция съемки и используемая диафрагма, так как именно от них зависит глубина резкости. После измерения расстояния до объекта съемки определяется его освещенность, затем из серии возможных экспопараметров подбираются те, которые при данной дистанции съемки обеспечивают наибольшую глубину резкости.

В *режиме ручной установки экспозиции* пользователь устанавливает оба экспопараметра самостоятельно, основываясь на условиях съемки и собственном опыте. При этом микропроцессор зачастую отображает в долях экспочисла, насколько выбранная фотографом экспозиция отличается от рекомендуемого значения.

При съемке с использованием *эксповилки* фотоаппарат делает серию кадров с разными значениями экспозиционного числа. Диапазон и шаг изменений экспочисла при этом, как правило, совпадают с соответствующими возможными значениями экспокоррекции, то есть от -2 EV до $+2$ EV с шагом $1/2$ или $1/3$ EV. Эта функция позволяет выбрать из серии кадров наиболее подходящий по экспозиции снимок, что особенно удобно при съемке в сложных условиях (например, когда одна часть объекта ярко освещена, а другая находится в тени).

Для правильного измерения освещенности объекта съемки недостаточно усредненного значения экспозиции по всей площади регистрирующего элемента. Зачастую сочетание освещенности объекта съемки (как правило, расположенного в центре кадра)

и его фона (периферийных областей снимка) требует особенного подхода, реализуемого *матричным замером экспозиции* (матричным экспозамером). Как следует из названия, при этом используется матрица светочувствительных элементов, передающая в микропроцессор камеры информацию об освещенности в разных областях кадра. Используя обширную базу данных, микропроцессор подбирает наиболее подходящие для текущего случая экспозиционные параметры.

Если камера оборудована *многозоновым автофокусом* (об этой функции будет рассказано далее), объект съемки (и, соответственно, фокусировки) может быть смещен в периферийную область снимка. При расчете экспозиции в качестве «опорного» принимается тот элемент матрицы экспозамера, который расположен ближе всех к объекту фокусировки.

Иногда освещенности объекта съемки и его фона очень сильно различаются, например когда небольшой черный предмет расположен на листе бумаги. Похожие условия создает контровой свет.

Контровой свет — освещение, создаваемое источником, расположенным позади объекта съемки, и направленное в объектив. Источником света вне помещения может быть закатное либо восходящее солнце, а внутри здания — освещенное солнцем окно или мощный светильник, «наведенный» на объектив.

Усредненное значение экспозиции, которое выбирает при этом микропроцессор камеры, приводит к передержке либо недодержке объекта съемки. Для получения детализированного изображения объекта экспозиция должна рассчитываться только по его освещенности — для этого используется *точечный замер экспозиции* (точечный экспозамер) (в англоязычной литературе используется термин *spot metering*). При включении этой функции экспозиция вычисляется по небольшой центральной области кадра (около 10 % от площади изображения).

Центровзвешенный замер экспозиции (центровзвешенный экспозамер) является компромиссом между методами, и в некоторых камерах он является основным. Этот метод обеспечивает корректное определение экспозиции в центре кадра, в то же время с определенным ослабляющим коэффициентом учитывается освещение периферийных областей.

Функция *блокировки экспозиции* в чем-то сродни точечному замеру экспозиции — пользователь наводит камеру на объект, освещен-

ценность которого должна быть базовой при расчете экспозиции, и нажимает соответствующую кнопку. Автоматика фотоаппарата вычисляет экспопараметры, затем фотограф окончательно компоновывает кадр и нажимает кнопку затвора. *Многоточечная (блокировка экспозиции)* по принципу действия схожа с матричным экспомером — значения экспопараметров вычисляются не по одному, а по нескольким объектам в кадре. Правда, в данном случае область кадра выбирает пользователь — каждый раз нажимая кнопку блокировки экспозиции, фотограф вводит данные об освещенности опорных объектов, а затем автоматика камеры вычисляет оптимальное значение экспозиции.

Автофокус

Каким бы совершенным ни был алгоритм расчета экспозиции, при не наведенном на резкость объективе снимок никогда не будет качественным. Поэтому очень важно, чтобы фотоаппарат был оснащен хорошим *автофокусом*.

Автофокус — система, обеспечивающая фокусировку объектива без участия фотографа. Состоит из устройства контроля и сервопривода, перемещающего линзовые элементы объектива. Устройство контроля состоит из двух частей. Сенсорный блок (первая часть устройства контроля) обеспечивает замер расстояния до объекта съемки при помощи различных датчиков. Управляющий микропроцессор (вторая часть устройства контроля) в зависимости от выбранного режима фокусировки рассчитывает перемещение линзовых элементов объектива.

Активный автофокус использует инфракрасный либо ультразвуковой локатор — на объект съемки при помощи излучателя посылается импульс (инфракрасный либо ультразвуковой), затем специальный датчик фиксирует отраженный сигнал. По интервалу между моментами послышки и приема импульса либо по падению мощности отраженного сигнала сенсорный блок автофокуса определяет расстояние до объекта и передает информацию управляющему микропроцессору.

Пассивный автофокус не использует излучателей, поэтому воздействие на объект съемки исключается — некоторые животные реагируют на ультразвук, а нагретые предметы могут «обмануть» инфракрасный локатор. По методу замера дистанции сенсорные блоки пассивного автофокуса подразделяются на контрастные и фазовые.

Контрастный сенсорный блок представляет собой расположенную в плоскости регистрирующего элемента полосу светочувствительных элементов (в цифровых фотокамерах роль этой полосы зачастую играет строка пикселей ЭОП). Если объект съемки не в фокусе, то световое изображение в плоскости регистрирующего устройства будет размытым, а элементы полосы сенсорного блока автофокуса будут освещены одинаково. Если объект в фокусе, то световое изображение в плоскости регистрирующего устройства будет резким и контрастным, а разница в освещенности соседних элементов полосы будет довольно велика. Непрерывно получая данные об освещенности полосок сенсорного блока, микропроцессор перемещает линзовые элементы объектива вперед и назад — до получения максимально контрастного изображения.

Поскольку контрастный сенсорный блок находится в конце оптического тракта, при малом относительном отверстии объектива (что характерно для вариообъективов, установленных на максимальное фокусное расстояние) надежное распознавание контрастности затруднено. Ситуация усугубляется при съемке в сумерках либо в затемненном помещении, поэтому некоторые модели камер оснащены *лампами подсветки автофокуса*, которые подсвечивают объект съемки и позволяют контрастному сенсорному блоку уловить разницу между размытым и резким световым изображением.

Концерн Sony разработал голографическую подсветку автофокуса — установленный рядом с объективом лазерный светодиод (мощность излучения абсолютно безопасна для человеческого глаза) подсвечивал объект съемки причудливым узором из коротких линий. В отличие от обычной подсветки, контрастный сенсорный блок определял четкость изображения не объекта съемки, а спроецированного лазером узора, что значительно повышало как точность, так и скорость фокусировки.

Ряд любительских цифровых фотокамер снабжается дополнительным *фазовым сенсорным блоком*, который располагается вне оптического тракта и представляет собой электронный вариант дальномера (рис. 2.2). На передней панели фотоаппарата располагается окошко с двумя расположенными бок о бок линзами, которые при помощи системы призм направляют световые изображения на полосу светочувствительных элементов. При считывании с этой полосы сигнала его повторяющиеся части будут соответст-

водить световым изображениям, сформированным линзами. Микропроцессор анализирует фазовый интервал между повторяющимися частями сигнала, который обратно пропорционален расстоянию до объекта съемки. Таким образом, в отличие от систем с контрастным сенсорным блоком, системам с фазовым сенсором заранее известно, в каком направлении двигать линзовые элементы объектива.

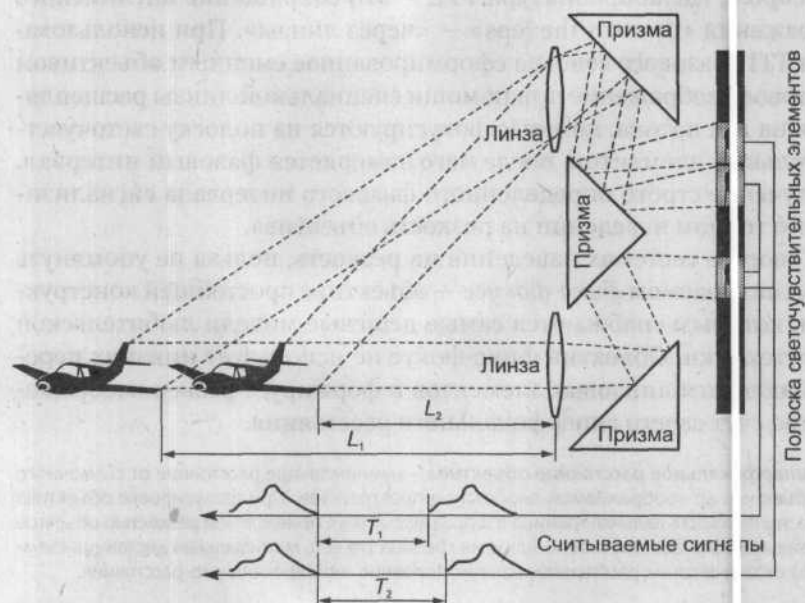


Рис. 2.2. Определение дистанции съемки фазовым сенсорным блоком

Так как уменьшение светосилы вариобъектива не влияет на эффективность фазового сенсора, фотоаппараты, снабженные таким сенсорным блоком, наводятся на резкость при самом слабом освещении. В отличие от эффективности подсветки автофокуса, которая падает с ростом расстояния до объекта съемки, надежность работы фазового сенсора от дистанции не зависит. Однако им нельзя полностью заменить контрастный сенсорный блок, так как последний обеспечивает более точное наведение на резкость. Кроме того, фазовый сенсор бесполезен при съемке с короткой дистанции (менее метра), а также при установке на объектив насадок, изменяющих фокусное расстояние оптической системы.

32 Выбор цифрового фотоаппарата

В профессиональных цифровых фотоаппаратах фазовый сенсор является основой системы автофокуса, так как ЭОП до начала экспонирования закрыт зеркалом и не может использоваться в качестве контрастного сенсорного блока. В отличие от любительской техники, в профессиональных моделях используются сменные объективы, поэтому фазовый сенсор располагается не на корпусе камеры, а в конце оптического тракта и именуется *TTL-фазовым сенсором*, где аббревиатура *TTL* — это сокращение английского выражения «through the lens» — «через линзы». При использовании *TTL-фазового* сенсора сформированное сменным объективом световое изображение при помощи специальной линзы расщепляется на два потока, которые фокусируются на полосу светочувствительных элементов, после чего замеряется фазовый интервал. Получение строго определенного фазового интервала сигнализирует о точном наведении на резкость объектива.

Говоря о системах наведения на резкость, нельзя не упомянуть о так называемом *фикс-фокусе* — объективе простейшей конструкции, которым снабжаются самые дешевые модели любительской фототехники. Объектив фикс-фокус не использует никаких перемещающихся линзовых элементов и формирует резкое изображение за счет своего гиперфокального расстояния.

Гиперфокальное расстояние объектива — минимальное расстояние от съемочного объектива до вообразимой плоскости в пространстве. При фокусировке объектива на эту плоскость дальняя граница изображаемых им с приемлемой резкостью объектов оказывается в бесконечности. Ближняя граница (то есть минимальная дистанция съемки) оказывается на расстоянии, равном половине гиперфокального расстояния.

Величина гиперфокального расстояния прямо пропорциональна квадрату фокусного расстояния объектива и его относительному отверстию. Стремясь уменьшить ближнюю границу съемки (хотя бы до 1,5 м), производители используют короткофокусные объективы с минимальным относительным отверстием. Основное преимущество таких систем — крайняя простота и значительное сокращение лага (время тратится только на расчет экспозиции). Однако ограничения, накладываемые небольшой светосилой, малым фокусным расстоянием и большой «мертвой зоной», объясняют крайне незначительное распространение такого типа оптики.

Большинство современных автофокусных камер оборудовано *блокировкой автофокуса*. Эта функция необходима, если объект съемки не должен находиться в центре кадра. «Поймав» фотогра-

фируемый предмет в центр видоискателя, пользователь наполовину нажимает кнопку затвора, в результате камера фокусируется объектив, после чего пользователь может окончательно скомпоновать кадр и дожать кнопку затвора. Ряд моделей оснащен отдельной кнопкой для блокировки фокуса, иногда эта кнопка одновременно включает блокировку экспозиции.

Некоторые из камер снабжены *многозоновым автофокусом*, часть из них — с возможностью ручной установки зоны фокусировки. Такая система осуществляет поиск объекта фокусировки не только в центральной части кадра, но и в его периферийных областях, останавливая свой выбор на предметах, расположенных на наименьшей дистанции, либо на наиболее контрастных частях светового изображения. Ручной выбор зоны фокусировки, допускающий предварительный выбор опорной точки для фокусировки, значительно упрощает съемку со штатива в тех случаях, когда фотографируемый объект находится в периферийной части кадра.

Наличие многозонального автофокуса, помимо обеспечения комфортности съемки, увеличивает время, необходимое автоматике камеры для наведения резкости. Кроме того, если дистанция до объекта съемки велика, автофокус может выбрать расположенный ближе второстепенный предмет. Поэтому некоторые из фотоаппаратов, оборудованных многозоновым автофокусом, снабжены также функцией *точечной фокусировки*, при которой рабочая область ограничена небольшой (не более 10 % от площади светового изображения) зоной в центре кадра.

Для тех случаев, когда лаг фокусировки вообще недопустим, особенно полезной является функция *непрерывной фокусировки* (в англоязычной литературе используется термин *continuous autofocus*). Как следует из названия, автофокус обеспечивает постоянное наведение на резкость объектива — точно так же, как это принято в видеокамерах. Основным минусом данного режима является повышенный расход энергии на частое перемещение линзовых элементов объектива.

Наиболее сложным с точки зрения реализации является *следящий автофокус* (*predictive autofocus*). Он представляет собой сочетание многозональной и непрерывной фокусировки с добавлением определенной доли искусственного интеллекта. После того как пользователь наполовину нажал кнопку затвора, автофокус постоянно удерживает в «поле зрения» объект съемки, отслеживая как

34 Выбор цифрового фотоаппарата

его перемещение в соседнюю зону фокусировки, так и изменение дистанции до него. В результате при полном нажатии кнопки затвора объект съемки получается резким.

Определенную сложность для автофокуса представляет режим макросъемки.

Макросъемка — фотографирование маленьких объектов с близкого (менее полуметра) расстояния.

При включении функции «макросъемка» любительские цифровые камеры корректируют работу автофокуса и позволяют навести на резкость объектив при съемке предметов, расположенных на расстоянии не более 20 см. К сожалению, ряд моделей обеспечивает фокусировку только при минимальном фокусном расстоянии объектива, поэтому размер объекта съемки в кадре уменьшается и снижается уровень его детализации.

Аберрации оптики и ее разрешающая способность

Вне зависимости от эффективности автофокуса и экспозамера качество светового изображения оптической системы напрямую зависит от уровня аберраций.

Аберрации (от лат. aberratio — уклонение) — искажения светового изображения. Проявляются в понижении резкости светового изображения, нарушении подобия между объектом и его световым изображением (геометрические аберрации) либо окрашивании контуров объектов в световом изображении (хроматические аберрации).

Среди большого количества *геометрических аберраций* наиболее заметны кривизна поля и дисторсия.

Кривизна поля выражается в искривлении плоскости светового изображения. Вызвано это тем, что после прохождения сквозь оптическую систему световые лучи, идущие из точек, расположенных вне оптической оси объектива, сходятся в фокус в разных плоскостях. В результате в плоскости регистрирующего устройства возникает понижение резкости изображения от центра к краям. Устраняется кривизна поля подбором линз с различной кривизной поверхностей.

Дисторсией (рис. 2.3) называется аберрация, при которой нарушается геометрическое подобие между объектом и световым изо-

бражением. Это явление возникает в результате изменения линейного увеличения оптической системы по полю светового изображения.

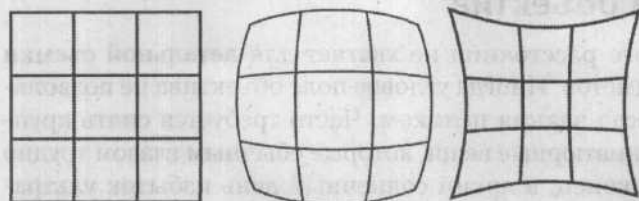


Рис. 2.3. Дисторсия

В вариообъективах дисторсия выражается в «подушкообразных» искажениях в длиннофокусном диапазоне, и в «бочкообразных» — в широкоугольном. Для снижения дисторсии в конструкцию объективов включается *асферическая оптика*, то есть линзы с параболической, эллиптической и другой формой поверхности.

Хроматические aberrации обусловлены зависимостью показателя преломления оптического стекла от длины волны проходящего через него света. В линзовых оптических системах это приводит к разложению луча белого света на несколько одноцветных лучей, которые после выхода из оптической системы пересекают оптическую ось в разных точках. Поэтому в тех случаях, когда яркости объекта съемки и его фона сильно различаются, на границе их изображений появляется цветовая окантовка, чаще всего синеватого или фиолетового оттенка, именуемая *каймой* (fringe). Хроматическую aberrацию уменьшают комбинированием положительных и отрицательных линз, сделанных из разных сортов стекла с различающимися коэффициентами рассеивания.

До недавнего момента вопрос о достаточности разрешающей способности объективов не возникал.

Разрешающая способность оптических систем — способность оптики сформировать световое изображение, в котором различимы мелкие соседние детали объекта съемки. Разрешающую способность оценивают по наименьшему расстоянию между двумя параллельными линиями, при котором они еще не сливаются в световом изображении.

К настоящему времени объективы наиболее распространенных категорий любительских цифровых камер подошли к пределу своего оптического разрешения, поэтому рост количества элементов

36 Выбор цифрового фотоаппарата

ЭОП без существенного улучшения оптики вряд ли обеспечит более качественное изображение.

Насадки на объектив

Порой фокусного расстояния не хватает для детальной съемки удаленных предметов. Иногда угловое поле объектива не позволяет захватить фасад здания целиком. Часто требуется снять крупным планом миниатюрные вещи, которые обычным глазом трудно рассмотреть. Наконец, в яркий солнечный день избыток ультрафиолета мешает правильной цветопередаче. Для решения всех этих проблем используют дополнительные оптические устройства — *насадки на объектив* (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Насадки на объектив

Для крепления насадок на объектив наносится метрическая резьба стандартных размеров (от 37 до 62 мм). На эту резьбу и накручиваются насадки. Иногда требуются *переходные кольца* (step-up rings), например когда диаметр резьбы насадки больше диаметра резьбы объектива.

В тех случаях, когда объектив выдвигается из корпуса, резьбой снабжается цилиндрический выступ на корпусе, окружающий «гнездо» объектива. На этот выступ навинчивается *тубусный переходник* (рис. 2.5), охватывающий подвижную часть объектива в виде трубы, заканчивающейся резьбой для установки насадок.



Рис. 2.5. Тубусные переходники

Оптические насадки подразделяются на две основные категории: светофильтры и насадочные линзы.

Светофильтры — насадки, изменяющие спектральный состав входящего в объектив светового потока.

Наибольшей популярностью пользуются нейтральные светофильтры для видимой области спектра и поляризационные светофильтры. Окрашенные светофильтры для видимой области спектра, а также светофильтры для ультрафиолетового (УФ) и инфракрасного (ИК) диапазонов излучения применяются, как правило, при художественной съемке.

Нейтральный светофильтр применяется в тех случаях, когда при выбранных экспонаметрах экспозиция избыточна. В частности, когда необходимо ограничить глубину резкости, максимально открыв диафрагму, для получения снимка без передержки может потребоваться более «короткая» выдержка, чем та, которую обеспечивает фотоаппарат. Изготовленный из серого материала различной плотности нейтральный светофильтр позволяет уменьшить экспозицию без нарушения цветовой гаммы снимка.

Яркие лучи солнца дают сильные блики от металлических предметов, поверхности воды и прочих объектов с хорошей отражающей способностью. А если половину кадра, сделанного в погожий день, составляет небо, то другая половина неизбежно окажется недодержанной — из-за избытка рассеянного в атмосфере света. Эти неприятные эффекты подавляются *поляризационным светофильтром*. Установив его на объектив, пользователь получает в кадре небо насыщенного синего цвета с хорошо заметными облаками и вторую половину снимка нормальной яркости. А блики на поверхности объектов с высокой отражающей способностью почти полностью пропадают.

В использовании поляризационной насадки есть определенные тонкости. Ее необходимо устанавливать под углом, обеспечивающим максимальный поляризационный эффект. Для этого, включив режим электронного видоискателя, необходимо поворачивать навинченный на объектив светофильтр, добиваясь наилучшего качества изображения на ЖК-дисплее. Следует помнить также, что применение поляризационной насадки уменьшает яркость светового изображения на величину около 2 EV.

Насадочными линзами называется дополнительная оптика, изменяющая фокусное расстояние объектива либо улучшающая возможности макросъемки.

Насадочная линза — линза (увеличивающая либо уменьшающая), в сочетании с объективом образующая оптическую систему с иным, чем у объектива, фокусным расстоянием или меньшей минимальной дистанцией съемки.

Основной характеристикой насадочных линз является коэффициент изменения фокусного расстояния. Например, при коэффициенте 0,8 (то есть при использовании широкоугольной насадки) фокусное расстояние уменьшается и вместо минимального значения 35 мм получается 28 мм. Телеконвертор с коэффициентом 1,4 увеличивает фокусное расстояние, и в длиннофокусном режиме 105 мм превращаются в 147 мм. А в обозначении макролинзы приводится минимальное расстояние, с которого можно вести съемку, установив на объектив данную насадку.

При использовании линзовых насадок возникают две проблемы. Во-первых, при использовании теленасадок вариообъектив необходимо устанавливать на максимальное фокусное расстояние, так как при меньших значениях в большинстве случаев наблюдается виньетирование.

Виньетирование — частичное ограничение различными оптическими элементами наклонных по отношению к оптической оси световых лучей при их прохождении сквозь оптическую систему. Выражается в затенении краевых областей светового изображения и его ограничении кругом определенного диаметра.

Во-вторых, при использовании любых насадок яркость светового изображения ослабляется, что требует наличия светосильного объектива.

Практически для всех фотокамер, объективы которых оснащены резьбой, фирмы-производители предлагают в качестве дополнительных аксессуаров минимальный набор из макролинзы, телеконвертора и широкоугольной линзы. Впрочем, есть возможность выбора из продукции специализирующихся на насадках компаний. Среди них наиболее известны НАМА, Tiffen и Raynox.

Регистрация изображения

Микропроцессор цифровой фотокамеры не только обеспечивает расчет экспозиции и наведение на резкость объектива — он также

обрабатывает цвет и четкость созданного ЭОП «электронного негатива». А чтобы получить такой «негатив», сформированное объективом световое изображение проецируется на ЭОП. В роли ЭОП в большинстве случаев используются матрицы ПЗС — приборов с зарядовой связью.

ПЗС, прибор с зарядовой связью — устройство, накапливающее электронный заряд при попадании на него светового потока. Уровень заряда зависит как от интенсивности и продолжительности освещения, так и от чувствительности прибора. В английской литературе для его обозначения используется определение CCD (Charge-Coupled Device).

Преобразование света в электрический заряд

Для того чтобы понять, каким образом свет преобразуется в электрический заряд с помощью структуры с *p-n*-переходом, целесообразно вспомнить, как излучение взаимодействует с полупроводником.

Излучение, падающее на полупроводник, можно разделить на три части: одна отражается от поверхности, другая поглощается на определенной глубине, а третья проходит «навывлет». Для устройств, преобразующих «фотоны в электроны», желательно, чтобы в объеме полупроводника поглощалась основная часть падающего излучения, так как отраженное от поверхности либо прошедшее «насквозь» излучение расходуется бесполезно. А при поглощении образуется пара «электрон–дырка», если фотон взаимодействовал с атомом кристаллической решетки полупроводника, либо только электрон или только дырка, если фотон взаимодействовал с атомами донорных или акцепторных примесей. Данные процессы поглощения именуются *внутренним фотоэффектом*. Однако просто «выбить» электрон либо дырку из полупроводника недостаточно, необходимо их сохранить.

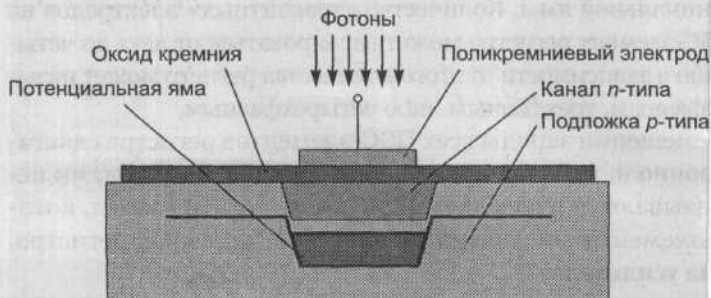


Рис. 2.6. Элемент ПЗС-матрицы

40 Выбор цифрового фотоаппарата

Для этой цели в кремниевой подложке p -типа создаются каналы из полупроводника n -типа. Сверху наносится изолирующий слой оксида кремния. Над каналами размещаются электроды из поликристаллического кремния. При подаче электрического потенциала на электрод в обедненной зоне под каналом n -типа образуется так называемая *потенциальная яма*, которая способна хранить электроны (рис. 2.6). После попадания фотона в слой кремния образуется электрон, который в итоге попадает в потенциальную яму, где и хранится. Чем больше фотонов попадает на поверхность (то есть чем интенсивнее световой поток, падающий на поверхность ЭОП), тем выше накапливаемый ямой заряд. Все, что требуется сделать, — считать значение этого заряда, именуемого также *фототоком*, и усилить его.

Считывание заряда

Для считывания фототоков пикселей используются устройства, называемые *последовательными регистрами сдвига*, они преобразуют строку зарядов на входе в последовательность импульсов на выходе. Полученная последовательность образует сигнал, который можно, например, подать на усилитель.

Таким устройством можно считать заряды строки, состоящей из ПЗС-элементов. Собственно, и сам последовательный регистр сдвига представляет собой строку ПЗС-элементов. А его функционирование основано на способности ПЗС к перемещению зарядов потенциальных ям. Для этого достаточно подать большой потенциал на соседний *электрод переноса* (transfer gate), под который должен переместиться заряд потенциальной ямы. Количество «транзитных» электродов на каждый ПЗС-элемент регистра может варьироваться от двух до четырех, и именно в зависимости от этого количества регистр может называться двухфазным, трехфазным либо четырехфазным.

При перемещении заряды всех ПЗС-элементов регистра сдвигаются синхронно и, проходя последовательно под электродами переноса, оказываются в соседнем ПЗС-элементе. Тот заряд, которому ПЗС-элемента «не хватило», поступает на выход регистра, а затем — на усилитель.

В свою очередь, на вход последовательного регистра попадают заряды, являющиеся «лишними» для совокупности последова-

тельных регистров, расположенных «перпендикулярно» по отношению к считывающему их фототок регистру. Эта совокупность называется *параллельным регистром сдвига* и, в сочетании с последовательным регистром, подающим сигнал на усилитель, представляет собой собственно ПЗС-матрицу.

Функционирование составляющих ПЗС-матрицы «перпендикулярных» последовательных регистров, именуемых *столбцами*, строго синхронизировано — все заряды параллельного регистра за один его рабочий цикл смещаются одновременно, а самые «нижние» попадают на вход последовательного регистра. Очевидно, что последовательный регистр должен успеть «сбросить» на вход усилителя всю строку зарядов до очередного рабочего цикла параллельного регистра.

Поэтому используются дополнительные устройства: микросхема, подающие потенциалы на электроды переноса как последовательного, так и параллельного регистров сдвига, микросхема, синхронизирующая работу обоих регистров, а также тактовый генератор.

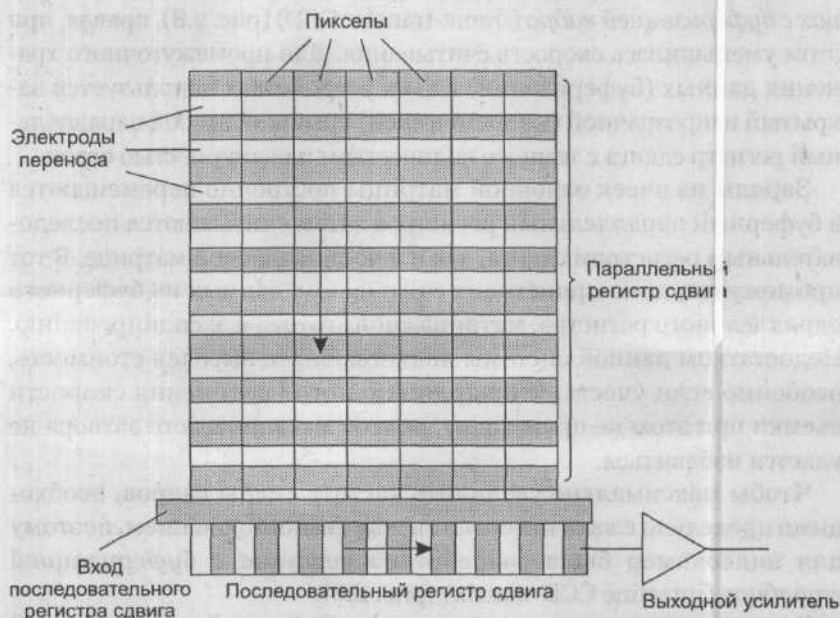


Рис. 2.7. Полнокадровая ПЗС-матрица

42 Выбор цифрового фотоаппарата

Описанный тип ЭОП был создан одним из первых, он называется *полнокадровой ПЗС-матрицей* (full-frame CCD-matrix) (рис. 2.7). В своей работе он использует механический затвор фотоаппарата, который сначала открывает поверхность ПЗС-матрицы для экспонирования, а после того, как все пиксели накопили заряд (эквивалентный световому потоку, упавшему на них), снова закрывает ЭОП от лучей света. Если этот затвор убрать, то при рабочем цикле параллельного регистра сдвига к заряду каждого из его пикселей добавятся лишние электроны, вызванные попаданием фотонов на открытую поверхность ПЗС-матрицы. Данное явление называется «размазыванием» заряда в полнокадровой матрице (full-frame matrix smear).

Скорость считывания кадра в такой схеме ограничена скоростью работы как параллельного, так и последовательного регистров сдвига. А поскольку в любом случае требуется перекрытие светового потока с объектива до завершения процесса считывания, интервал между экспонированием тоже определяется скоростью считывания.

Несколько уменьшен интервал между экспонированием в *матрицах с буферизацией кадра* (frame-transfer CCD) (рис. 2.8), правда, при этом уменьшилась скорость считывания. Для промежуточного хранения данных (буферизации) в этих устройствах используется закрытый непрозрачной (металлической) крышкой второй параллельный регистр сдвига с теми же количеством и размерностью строк.

Заряды из ячеек основной матрицы построчно перемещаются в буферный параллельный регистр, а затем считываются последовательным регистром сдвига, как и в полнокадровой матрице. В тот промежуток, пока происходит считывание данных из буферного параллельного регистра, матрица снова готова к экспонированию. Недостатком данной системы является более высокая стоимость, особенно если учесть, что кардинального увеличения скорости съемки при этом не происходит, да и от механического затвора не удается избавиться.

Чтобы максимально увеличить частоту смены кадров, необходимо предельно сжать интервал между экспонированием, поэтому для видеокамер была разработана *система с буферизацией столбцов* (interline CCD-matrix) (рис. 2.9).

В матрицах этого типа используется буферный параллельный регистр сдвига, закрытый непрозрачной (металлической) крышкой.

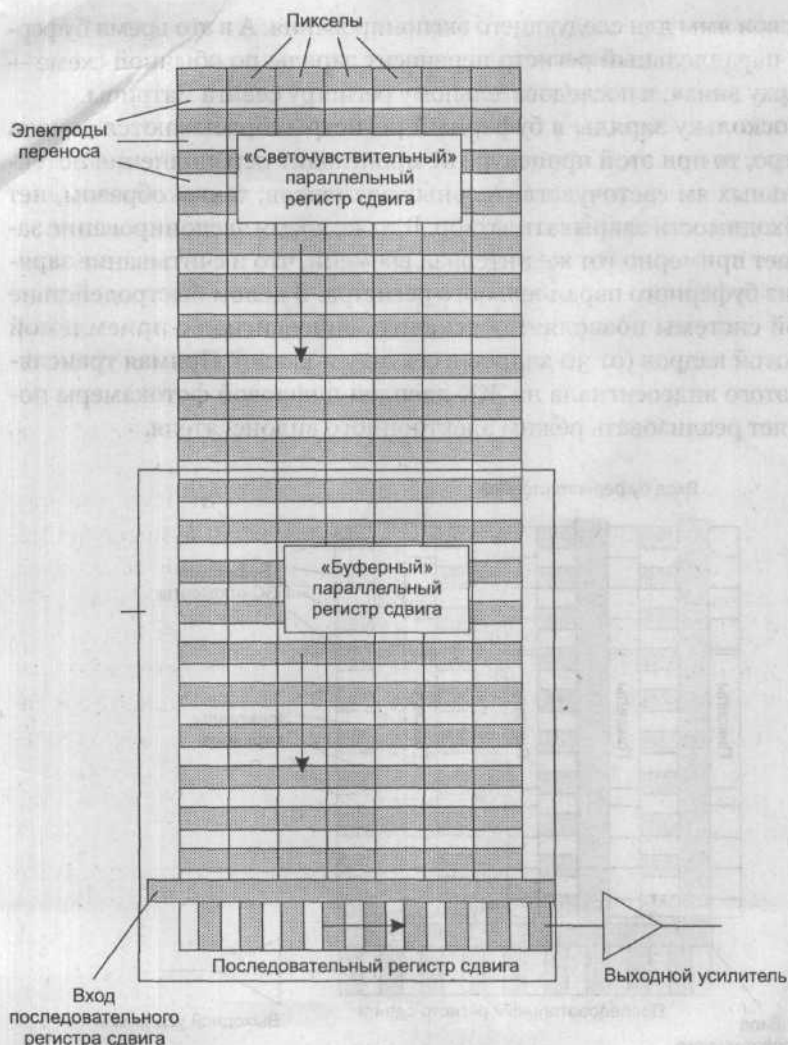


Рис. 2.8. Матрица с буферизацией кадра

Буферный столбец (последовательный регистр сдвига) подключается к «светочувствительному» столбцу параллельно. Поэтому «светочувствительный» параллельный регистр за один рабочий цикл «сбрасывает» свои заряды буферному (то есть происходит перемещение зарядов не «сверху вниз», а «слева направо»), освобож-

44 Выбор цифрового фотоаппарата

дая свои ямы для следующего экспонирования. А в это время буферный параллельный регистр переносит заряды по обычной схеме — «сверху вниз», к последовательному регистру сдвига матрицы.

Поскольку заряды в буферный регистр «сбрасываются» очень быстро, то при этой процедуре не происходит переполнения потенциальных ям светочувствительных элементов; таким образом, нет необходимости закрывать затвор. В то же время экспонирование занимает примерно тот же интервал времени, что и считывание зарядов из буферного параллельного регистра. В целом быстродействие такой системы позволяет обеспечить видеосигнал с приемлемой частотой кадров (от 30 кадров в секунду и выше). Прямая трансляция этого видеосигнала на ЖК-дисплей цифровой фотокамеры позволяет реализовать режим электронного видеоскателя.

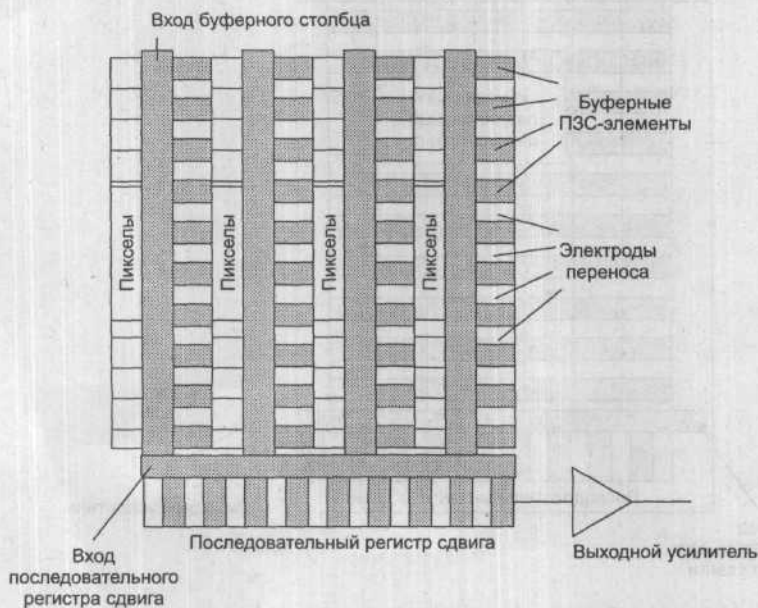


Рис. 2.9. Матрица с буферизацией столбцов

Существует два типа схем с буферизацией столбцов. Если за один такт считываются все строки, то это матрица с *прогрессивной разверткой* (progressive scan). Если за первый такт считываются нечетные строки, а за второй — четные (или наоборот), то это мат-

рица с *чересстрочной разверткой* (interlace scan). Следует отметить, что к настоящему моменту обозначение «сенсор с буферизацией столбцов» практически повсеместно вытеснено термином «матрица с прогрессивной (или чересстрочной) разверткой».

Схема с буферизацией столбцов также дает возможность реализации *электронного затвора*. Данное устройство позволяет, в принципе, обойтись без механического затвора и достичь сверхмалых (до $1/10\ 000$ с) значений выдержки, особенно критичных для съемки быстротекущих процессов (спорт, природа и т. д.). Правда, для реализации электронного затвора необходима функция удаления избыточного заряда пиксела, речь о которой пойдет далее.

Система с буферизацией столбцов имеет и недостатки. Главный из них состоит в следующем: в результате того, что часть площади матрицы занята регистрами сдвига, размер светочувствительной области каждого пиксела составляет лишь 30 % от его площади, в то время как у полнокадровой матрицы этот параметр равен 70 %. Поэтому производители вынуждены вносить в конструкцию матриц *микролинзы*, покрывающие пикселы целиком (рис. 2.10). Эти несложные оптические устройства концентрируют световой поток, падающий на всю поверхность элемента сенсора, на относительно небольшую светочувствительную область пиксела.

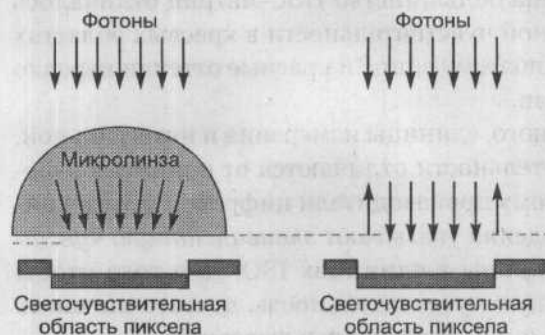


Рис. 2.10. Микролинзы

При применении микролинз удается гораздо эффективнее использовать световой поток, попадающий на поверхность ЭОП. Поэтому со временем этими устройствами стали снабжать и полнокадровые матрицы.

Чувствительность

Под чувствительностью регистрирующего устройства подразумевается его способность реагировать на свет. Для ПЗС-элемента под такой реакцией следует понимать генерацию заряда. А *чувствительность ПЗС-матрицы* является суммарной характеристикой и зависит от чувствительности каждого пиксела. При этом чувствительность ПЗС-матрицы зависит от двух параметров.

Во-первых, это *интегральная чувствительность* — отношение величины фототока (в миллиамперах) к световому потоку (в люменах) от источника излучения, спектральный состав которого соответствует вольфрамовой лампе накаливания. Этот параметр позволяет оценить чувствительность сенсора в целом.

Во-вторых, это *монохроматическая чувствительность* — отношение величины фототока (в миллиамперах) к величине световой энергии излучения (в миллиэлектронвольтах), соответствующей определенной длине волны. Совокупность значений монохроматической чувствительности составляет *спектральную чувствительность* — зависимость чувствительности от длины волны света. Спектральная чувствительность определяет способность сенсора корректно регистрировать оттенки определенного цвета. В прежние времена большинство ПЗС-матриц отличалось ослаблением спектральной чувствительности в краевых областях видимой части спектра, поэтому синие и красные оттенки нередко получались искаженными.

Как следует из сказанного, единицы измерения и интегральной, и монохромной чувствительности отличаются от принятых в фототехнике. Именно поэтому производители цифровой фототехники в характеристиках изделия указывают *эквивалентную чувствительность ПЗС-матрицы* в единицах ISO. Для того чтобы определить эквивалентную чувствительность, достаточно знать освещенность объекта съемки, диафрагму и выдержку.

Как уже было сказано, чувствительность матрицы определяется чувствительностью каждого ее пиксела. В свою очередь, чувствительность элемента ПЗС-матрицы зависит, во-первых, от площади светочувствительной области (*fill factor*), а во-вторых, от квантовой эффективности (*quantum efficiency*), на которую влияет ряд других параметров.

Квантовая эффективность — параметр регистрирующего свет устройства, характеризующий эффективность регистрации. Для ЭОП это отношение числа зарегистрированных носителей заряда (электронов либо дырок) к числу упавших на поверхность сенсора фотонов.

Зачастую вместо квантовой эффективности используют термин «квантовый выход» (quantum yield), хотя на самом деле этот параметр отображает количество носителей заряда, образующихся при поглощении одного фотона. Хотя при поглощении фотонов основная масса носителей заряда все же попадает в потенциальную яму ПЗС-элемента, определенная часть электронов (или дырок) избегает «ловушки». В числителе формулы, описывающей квантовую эффективность, оказывается именно то количество носителей заряда, которое попало в потенциальную яму.

Еще одним важным параметром ПЗС-матрицы является порог чувствительности.

Порог чувствительности — параметр регистрирующего свет устройства, характеризующий минимальную величину светового сигнала, который может быть зарегистрирован. Чем меньше этот сигнал, тем выше порог чувствительности.

Основным фактором, ограничивающим порог чувствительности, является *темновой ток* (dark current). Он является следствием термоэлектронной эмиссии, возникает в ПЗС-элементе при подаче потенциала на электрод, под которым формируется потенциальная яма, а «темновым» называется потому, что складывается из электронов, попавших в яму при полном отсутствии светового потока. При малых световых потоках величина фототока близка, а порой и меньше величины темнового тока.

Поскольку при увеличении температуры на 9 °С темновой ток возрастает в два раза, для подавления этой помехи используются различные методы. Иногда проблему решают «в лоб». Чтобы уменьшить влияние температуры, используют различные схемы теплоотвода. В частности, иногда в качестве теплообменника используется металлический корпус камеры, в студийной фототехнике работают более сложные схемы.

Однако этот подход нельзя применить к любительским камерам, ограниченным по весу и габаритам, поэтому для них разработан метод, подразумевающий использование «черных» пикселей (dark reference pixels) — столбцов и строк по краям матрицы, покрытых непрозрачным материалом. Усредненное значение заряда,

снятого с «черных» пикселей, считается уровнем темнового тока. Разумеется, при разных условиях эксплуатации (температура окружающей среды и самой камеры, ток аккумуляторов и т. д.) уровень темнового тока будет разным. Если принять его значение за «нулевую отметку», то можно определить истинный заряд «рабочих» пикселей матрицы.

При исключении влияния темнового тока основным фактором, ограничивающим порог чувствительности, становится *тепловой шум* (thermal noise), вызванный хаотичным движением носителей заряда внутри ПЗС-элемента даже при отсутствии потенциала на электродах. При съемке с «длинной» выдержкой блуждающие носители заряда постепенно накапливаются в потенциальной яме, искажая истинное значение фототока, причем их количество тем больше, чем «длиннее» выдержка.

Следует отметить, что вследствие особенностей технологии изготовления ПЗС-матриц практически во всех пикселях сенсора накопление паразитного заряда, вызванного как темновым током, так и тепловым «шумом», происходит с различной интенсивностью. Неравномерность распределения усугубляется несогласованностью при подаче управляющих импульсов на электроды ПЗС-матрицы. Именно поэтому по всему кадру бывают разбросаны хорошо заметные пиксели постороннего цвета, называемые «шумом» *фиксированного распределения* (fixed pattern noise). При этом яркость пикселей напрямую связана с выдержкой: чем дольше длится экспонирование, тем резче выделяются на снимке точки с паразитными зарядами.

Для борьбы с неоднородным распределением паразитных зарядов фотографии стали применять «народное средство» — съемку кадра при закрытом крышкой объективе. В этом случае пользователь получает на черном фоне «маску», которую можно использовать для «вычитания» фиксированного «шума» из изображения. Данный способ зарекомендовал себя настолько хорошо, что используется в качестве штатной системы шумоподавления в некоторых новых моделях любительских камер. При включении *режима подавления шумов* методом «темного кадра» (dark frame) камера сначала фотографирует кадр, а затем при закрытом затворе снимает «маску» с матрицы при том же значении выдержки.

В отличие от светочувствительности фотопленки, которая не может изменяться от кадра к кадру, чувствительность цифровой

камеры может настраиваться индивидуально для каждого кадра. Делается это простым усилением сигнала на выходе с матрицы — такая процедура чем-то сродни повороту регулятора громкости радиоприемника. В результате получается более высокое значение эквивалентной чувствительности.

Повышение эквивалентной чувствительности матрицы позволяет получить нормальную экспозицию кадра в тех случаях, когда один либо другой экспопараметр (а порой и оба) не может быть больше или меньше определенного значения. Наиболее распространенный пример — необходимость иметь большую глубину резкости (малую диафрагму) при съемке движущихся объектов («короткая» выдержка). Тем не менее усиление сигнала матрицы имеет неприятные последствия, так как при повышении уровня полезного сигнала гораздо заметнее становятся пиксели с паразитными зарядами. Следуя аналогии с радиоприемником — чем выше громкость, тем сильнее «шум» от помех.

Чтобы сенсор мог работать и в сумерках, и на ярком солнце, у каждого пиксела должна быть довольно емкая потенциальная яма. Эта яма, с одной стороны, должна удерживать минимальное количество электронов при слабой освещенности, а с другой — вместить большой заряд, получаемый при попадании на сенсор мощного светового потока. Следует помнить также, что кадр может содержать как ярко освещенные участки, так и глубокие тени, и желательнее, чтобы все их оттенки отображались на сформированном сенсором изображении.

Способность сенсора обеспечивать качественное изображение при разных условиях освещения и сильной контрастности объектов съемки называется динамическим диапазоном.

Динамический диапазон — величина, характеризующая способность ЭОП отличать в изображении, отображаемом на его регистрирующей поверхности, самые темные тона от самых светлых. Чем шире динамический диапазон, тем большее количество оттенков будет присутствовать на снимке, а переходы между ними будут максимально соответствовать реальному изображению (рис. 2.11).

Способность потенциальной ямы удерживать заряд определенной величины именуется *глубиной потенциальной ямы* (well depth), именно от этой характеристики зависит динамический диапазон сенсора.



Рис. 2.11. Влияние динамического диапазона на качество кадра: а — широкий диапазон, б — узкий диапазон

Очевидно, что при съемке слабоосвещенных объектов на динамический диапазон влияет также порог чувствительности и, как следствие, величина темнового тока.

Блуминг

Если количество электронов, образованных падающими на поверхность светочувствительного элемента фотонами, превышает максимальную глубину потенциальной ямы, заряд начинает «расклевываться» по соседним элементам. При этом на фотографии наблюдаются белые пятна правильной формы, размер которых зависит от степени «засветки». Это явление называется *блуминг* (от англ. *blooming* — размывание).

Для предотвращения *блуминга* используется так называемый *электронный дренаж* (*drain*), обеспечивающий отвод избыточных электронов из потенциальной ямы. По методу реализации различают вертикальный и боковой дренаж — *Vertical Overflow Drain (VOD)* и *Lateral Overflow Drain (LOD)*.

Вертикальный дренаж осуществляется подачей потенциала на подложку ЭОП, причем его значение подбирается так, чтобы при достижении уровня переполнения «лишние» электроны стекали через подложку из потенциальной ямы (рис. 2.12). Побочным эффектом является уменьшение глубины потенциальной ямы и, как следствие, сужение динамического диапазона светочувствительного элемента. Кроме того, данная система не может применяться в матрицах с обратной засветкой.

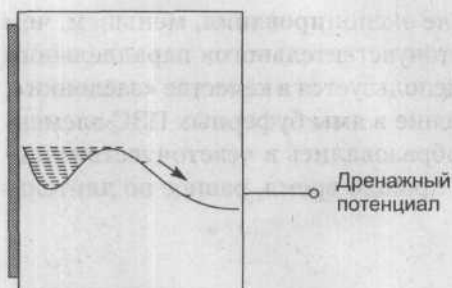


Рис. 2.12. Вертикальный электронный дренаж

При боковом дренаже (рис. 2.13) сток электронов осуществляется в специальные «шлюзы» (gates). В отличие от вертикального дренажа, глубина потенциальной ямы светочувствительного элемента при этом не меняется, но зато уменьшается светочувствительная площадь пиксела. Впрочем, применение микролинз несколько ослабляет этот негативный эффект.

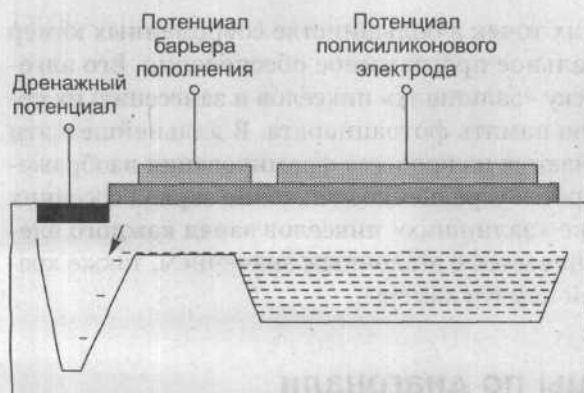


Рис. 2.13. Боковой электронный дренаж

Разумеется, использование дренажных устройств усложняет конструкцию ЭОП, однако вред изображению, наносимый блюмингом, значительно выше. Кроме того, без дренажа невозможна реализация электронного затвора.

При крайне малом интервале экспонирования, меньшем, чем время переноса заряда из «светочувствительного» параллельного регистра в буферный, дренаж используется в качестве «заслонки», предотвращающей проникновение в ямы буферных ПЗС-элементов тех электронов, которые образовались в «светочувствительных» пикселях после того, как прошло время, равное по длительности заданной выдержке.

«Залипшие» пиксели

При съемке цифровыми камерами возникает проблема, вызывающая появление отдельных пикселей-«паразитов», сильно отличающихся по цвету и яркости от окружающих точек. Они называются «залипшими» (stuck pixels) и в отличие от «шума» фиксированного распределения возникают при любой выдержке — даже минимальный временной интервал в этих пикселях, изготовленных с дефектом, приводит к лавинообразному «срыву» электронов в потенциальную яму. При этом, вне зависимости от условий съемки, «залипшие» пиксели будут наблюдаться на каждом снимке.

Для удаления таких точек в большинстве современных камер используется специальное программное обеспечение. Его алгоритм сводится к поиску «залипших» пикселей и занесению их координат в служебную память фотоаппарата. В дальнейшем эти точки просто исключаются из процесса формирования изображения, а вместо них берется усредненное значение заряда соседних пикселей. При поиске «залипших» пикселей заряд каждого элемента матрицы сравнивается с эталонным значением, также хранящимся в служебной памяти камеры.

Размер матрицы по диагонали

Порой среди характеристик фотоаппарата выделяется *размер ПЗС-матрицы по диагонали*, указываемый в дюймах. Это напрямую связано с размерами оптической системы: чем больше размеры ПЗС-матрицы, тем крупнее должен быть кадр, формируемый объективом. Чтобы достичь этого, требуется увеличить

размеры оптических элементов и фокусное расстояние. Если же ПЗС-матрица все-таки больше изображения, генерируемого объективом, то в создании кадра используются не все элементы ЭОП; периферийные области матрицы оказываются невостребованными. Тем не менее в рекламных целях производители фотокамер не спешили уведомлять пользователей о том, что определенная доля мегапикселей оказывается «за кадром».

В профессиональных камерах, использующих стандартные объективы пленочных «зеркалок», чаще встречается обратная ситуация — создаваемая оптикой «картинка» больше ЭОП. Последнее вызвано тем, что размер матрицы, как правило, меньше кадра 35-миллиметровой фотопленки. Подробнее об этом, а также о коэффициенте фокусного расстояния будет рассказано в главе, посвященной профессиональным фотоаппаратам.

Размер матрицы влияет также на ее чувствительность. Чем больше площадь каждого элемента, тем больше света попадает на него, соответственно, возрастает чувствительность всего ЭОП. Большой размер пиксела подразумевает также «крупногабаритную» потенциальную яму, следовательно — широкий динамический диапазон. Особенно это заметно в профессиональных моделях, в которых ЭОП традиционно отличается большими габаритами, чувствительность достигает значений порядка ISO 6400(!), а динамический диапазон требует АЦП с разрядностью 10–12 бит.

В любительских же камерах динамический диапазон довольствуется 8–10-битными АЦП, а чувствительность редко превышает ISO 800. Вызвано это особенностями конструкции данной техники. Дело в том, что у фирмы Sony практически нет конкурентов по части производства малогабаритных (1/3, 1/2 и 2/3 дюйма по диагонали) сенсоров для любительской техники. Чтобы добиться такого положения, разработчикам новых матриц высокого разрешения пришлось обеспечить почти полную совместимость с предыдущими моделями — как по габаритам, так и по интерфейсу. Поэтому производителям фототехники не приходилось заново создавать объектив и электронную «начинку» камеры. Правда, при росте разрешения буферный регистр (а матрицы Sony изготовлены по схеме с буферизацией столбцов) начинает занимать все большую долю площади сенсора, в результате чего площадь светочувствительной области уменьшается (рис. 2.14).

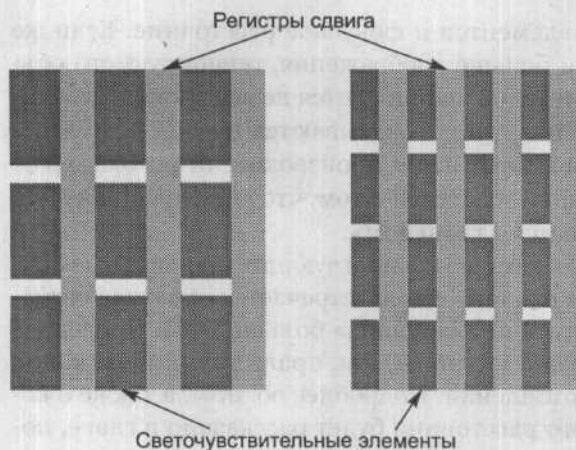


Рис. 2.14. Уменьшение светочувствительной области ПЗС-матрицы при росте разрешения

При уменьшении габаритов пиксела, в свою очередь, уменьшается и глубина потенциальной ямы, что не лучшим образом влияет на динамический диапазон сенсора.

Аналого-цифровой преобразователь

Полученный с усилителя сигнал необходимо перевести в понятный микропроцессору камеры формат. Для этого используется *аналого-цифровой преобразователь* (АЦП).

АЦП — сокращение словосочетания «аналого-цифровой преобразователь» (analog to digital convertor, ADC). Устройство, преобразующее аналоговый сигнал в последовательность цифр. Основной характеристикой является разрядность — количество дискретных уровней сигнала, распознаваемых и кодируемых АЦП. Чтобы вычислить количество уровней, достаточно возвести двойку в степень разрядности. Например, разрядность 8 битов означает, что преобразователь в состоянии определить 2^8 уровней сигнала и отобразить их в виде 256 различных значений.

Чем больше *разрядность АЦП*, тем (теоретически) большей *глубины цвета* (color depth) можно достичь.

Глубина цвета — разрядность обработки цвета, описывающая максимальное количество цветовых оттенков, которое можно воспроизвести. Обычно выражается в битах, а количество оттенков вычисляется так же, как и количество уровней сигнала АЦП. К примеру, при 24-битной глубине цвета можно получить 16 777 216 оттенков цвета.

На практике глубина цвета кадра форматов JPEG либо TIFF, используемых при обработке и хранении изображений посредством компьютера, ограничена 24 битами (по 8 бит на каждый цветовой канал — синий, красный и зеленый). Так что применяемые в студийных, профессиональных и высококлассных любительских камерах АЦП с разрядностью 10, 12 и даже 16 бит (то есть глубиной цвета 30, 36 и 48 бит) обладают на первый взгляд некоторой избыточностью.

Дело в том, что динамический диапазон ЭОП в таких моделях довольно широкий, и если фотоаппарат оборудован функцией сохранения кадра в нестандартном формате (30–48 битов), то при дальнейшей обработке на ПК есть возможность манипуляции с «лишними» битами. Так как неправильно рассчитанная экспозиция является наиболее распространенной (после неточной фокусировки) ошибкой, весьма кстати оказывается возможность скорректировать ее с помощью «нижних» (в случае недодержки) либо «верхних» (при передержке) битов. Если же кадр был снят с правильными диафрагмой и выдержкой, то программное обеспечение в состоянии грамотно «сжать» 30–48 бит в стандартные 24. В этом случае народная мудрость — «много — не мало» — абсолютно верна.

Однако следует помнить, что разрядность АЦП должна соответствовать динамическому диапазону ПЗС-матрицы. Понятно, что при узком динамическом диапазоне АЦП с большой разрядностью просто нечего будет распознавать. Поэтому фразы про «36-битный» и даже «48-битный» цвет, встречающиеся в описаниях большинства любительских фотоаппаратов, являются чистой воды рекламой. Неплохим критерием, позволяющим определить истинность данных о глубине цвета, может служить размер матрицы по диагонали. Как показывает практика, даже 30-битный цвет требует матрицу с диагональю как минимум 2/3 дюйма.

Расчет цвета в ПЗС-матрицах

Поскольку ПЗС-элементы регистрируют яркость точек создаваемого объективом изображения, но никак не их цвет, используется *цветовой синтез* — процедура получения цветного снимка посредством обработки данных о каждом из основных цветов кадра.

56 Выбор цифрового фотоаппарата

Основные цвета — цвета оптических излучений или красителей, используемые для создания цветных изображений. Различают основные цвета аддитивного и субтрактивного синтеза, то есть со сложением и вычитанием цветов.

Основные цвета *аддитивного синтеза* — цвета излучений. В трехцветном (RGB) аддитивном синтезе используются синий (blue — B), зеленый (green — G) и красный (red — R). Такие основные цвета являются линейно независимыми, так как ни один из них не может быть получен оптическим смешением излучений двух других. Оптическим смешением синтезируют множество цветов, различающихся по цветовому тону, насыщенности и светлоте.

В *субтрактивном синтезе* используются цвета красителей. В качестве основных фигурируют желтый (yellow — Y), пурпурный (magenta — M) и циановый (cyan — C), то есть зелено-голубой. Основной цвет субтрактивного синтеза называется *дополнительным* к основному цвету аддитивного синтеза, если красителем первого практически полностью поглощается излучение второго. Например, желтый цвет является дополнительным к синему, пурпурный — к зеленому, циановый — к красному.

Аддитивный синтез является «родным» для компьютерных устройств, в первую очередь для монитора. В нем изображение создается тремя лучами (RGB). А вот принтеры пользуются субтрактивным синтезом, причем в дополнение к CMY-цветам используется также черный, обозначаемый литерой K — black. Добавление черного цвета вызвано тем, что избыток основных красителей, смешение которых должно передать темные тона, может привести к разбуханию бумаги.

Следует помнить, что диапазон цветов, отображаемых с помощью цветовой модели CMY, меньше, чем множество цветов, генерируемых RGB-синтезом. Тем не менее обе модели используются при формировании светофильтров для ПЗС-матриц. Такие светофильтры, располагаясь над светочувствительной областью каждого элемента сенсора, образуют своеобразную «мозаику» из пикселей. Поэтому, помимо терминов «чередование элементов» и «интерполяция цвета», часто используется определение «схема с мозаичным светофильтром».

Рассмотрим, как формируется изображение с использованием так называемой *байеровской схемы размещения элементов*. В ней используется *опорная группа* из четырех элементов в форме квадрата, в которой светофильтры чередуются следующим образом —

верхний ряд R–G, нижний ряд G–B. Однако последовательность эта чаще обозначается R–G–B–G (красный–зеленый–синий–зеленый), а использующая ее схема называется *аддитивной байеровской* (рис. 2.15).

G	R	G	R	G	R
B	G	B	G	B	G
G	R	G	R	G	R
B	G	B	G	B	G
G	R	G	R	G	R
B	G	B	G	B	G

Рис. 2.15. Расположение светофильтров в аддитивной байеровской схеме

«Лишние» зеленые элементы служат для более точной передачи яркости и контрастности изображения, что объясняется двумя обстоятельствами: во-первых, восприимчивостью человеческого зрения именно к этому цвету, а во-вторых, тем, что спектральная чувствительность ПЗС-матриц максимальна как раз в «зеленой» области спектра.

В результате получаются три «мозаики» — по одной для каждого из цветовых каналов. Сложив их вместе, получим четвертую «мозаику», в которой половина точек будет зеленой, четверть синей, а четверть — красной (рис. 2.16).

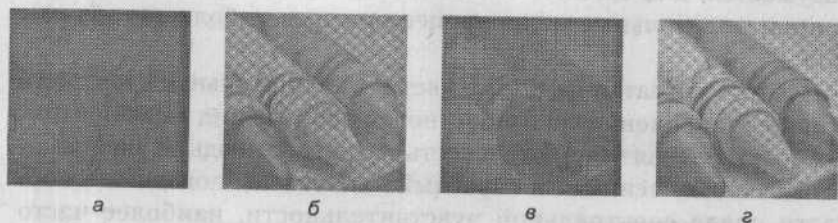


Рис. 2.16. Генерация полноцветного кадра: а — синий канал; б — зеленый канал; в — красный канал; г — суммарное изображение

Чтобы ликвидировать «эффект мозаики», необходимо восстановить истинный цвет во всех точках изображения. Для этого используется алгоритм *интерполяции цвета*, основная суть которого сводится к следующему. Там, где установлен пиксел с зеленым светофильтром, мы точно знаем только о яркости зеленого цвета. Но среди соседних точек есть пара синего и пара красного цветов,

58 Выбор цифрового фотоаппарата

поэтому можно определить среднее значение каждого из этих цветов, которые будут соответствовать нашему пикселу. Сложив их с уже известной зеленой составляющей, получим значение исходного цвета в данной точке (рис. 2.17).

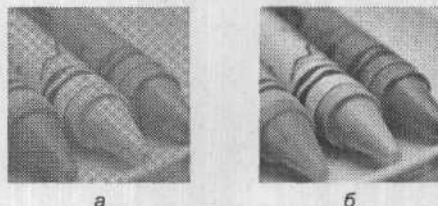


Рис. 2.17. Окончательная обработка изображения: а — изображение до обработки; б — изображение после обработки

Регулярная структура размещения элементов в некоторых случаях приводит к появлению муара. Возможность появления данного искажения зависит от сложности алгоритма, ответственного за расчет цвета. Если при расчете каждого пиксела используется сплайн-интерполяция с учетом элементов, расположенных на расстоянии 10 и более точек, вероятность возникновения муара очень мала. В идеале для расчета каждой точки желательно использовать информацию обо всех элементах матрицы данного цвета. Разумеется, для таких интенсивных расчетов требуются высокопроизводительные микропроцессоры и сверхбольшие объемы ОЗУ.

Помимо нехватки данных о цвете, дополнительная сложность при восстановлении полноцветного изображения вызвана тем, что спектральная чувствительность матрицы отнюдь не равномерна. Поскольку «синий» и «красный» диапазоны попадают на области спада спектральной чувствительности, наиболее часто ошибки связаны с пикселями, оснащенными светофильтрами как раз этих цветов. Именно поэтому в «шуме» фиксированного распределения встречаются в основном синие и красные точки.

Баланс белого цвета

За исключением перечисленных проблем, алгоритм интерполяции цвета справляется с задачей правильной цветопередачи. Однако существуют обстоятельства, затрудняющие этот процесс, в частно-

сти отклонения цветовой температуры — величины, характеризующей спектральный состав излучения источника света.

Цветовая температура — температура абсолютно черного тела (то есть объекта, полностью поглощающего падающее на него излучение), при которой в его излучении превалирует свет с той или иной длиной волны. Указывается в кельвинах (К).

Чем меньше цветовая температура, тем больше красноватых тонов содержится в спектре излучения; для высокой цветовой температуры характерны синеватые оттенки.

Яркий солнечный свет воспринимается человеком как наиболее естественный. Как ни странно, свет, генерируемый лампами накаливания, кажется более «теплым», то есть содержит больше красных тонов, хотя его цветовая температура ниже. В то же время флуоресцентное освещение отличается избытком синих тонов и поэтому кажется «холодным», несмотря на то, что его цветовая температура выше.

В процессе фотографирования пользователь не замечает отклонений цветовой температуры, так как подсознательно «подстраивает» свое восприятие под условия съемки. Однако при просмотре кадров смещение цветов отчетливо проявляется — фотографии, снятые внутри помещения, имеют уклон в сторону «теплых» либо «холодных» тонов (в зависимости от типа освещения). Для сведения к минимуму этого негативного явления используется предварительная настройка *баланса белого цвета*.

Баланс белого цвета — процедура, выполняемая встроенным программным обеспечением фотоаппарата при создании файла с изображением. Заключается в приведении цветовой гаммы снимка к наиболее естественному для человеческого зрения виду.

В профессиональных камерах специальный датчик определяет среднюю длину волны света, попадающего в объектив (иногда этот датчик вынесен на переднюю стенку корпуса), и все дальнейшие расчеты цвета ведутся с учетом этого значения. В любительских камерах вычисляются средние значения для каждого из основных цветов при его максимальной, средней и минимальной яркости, затем производится необходимая корректировка.

В большинстве случаев автоматика камеры справляется с расчетом цветового баланса изображения. Однако в некоторых случаях требуется определенная «подсказка» со стороны пользователя, то есть *корректировка баланса белого*. Она заключается в том, что

60 Выбор цифрового фотоаппарата

фотограф предварительно указывает условия съемки, а в дальнейшем цветовая температура предполагаемого источника света рассчитывается с учетом этих данных. Наиболее распространены следующие предустановленные значения:

- «Солнечно» (Sunny) — съемка на улице в ясный солнечный день;
- «Облачно» (Cloudy) — съемка на улице при облачной погоде (уменьшенный уровень ультрафиолетовых лучей по сравнению с предыдущим пунктом);
- «Лампы накаливания» (Incandescent) — съемка в помещении, освещение лампами накаливания;
- «Флуоресцентный свет» (Fluorescent) — съемка в помещении, освещение флуоресцентными лампами.

Альтернативным вариантом, чаще встречающимся в полупрофессиональных и профессиональных камерах, является указание цветовой температуры источника освещения в кельвинах, как правило, от 3000 до 7500 К.

В ряде случаев используется *ручная корректировка баланса белого*, когда пользователь, включив ЖК-дисплей в режиме электронного видоискателя, настраивает баланс белого с помощью управляющих кнопок «на глазок».

Однако при смешанном освещении, например при съемке в помещении, освещаемом одновременно сквозь окна солнечными лучами и с потолка лампами накаливания, даже предустановленные значения не могут помочь. В таком случае для корректной цветопередачи лучше использовать камеры, снабженные функцией *баланса белого по эталону*. При использовании этой функции пользователь наводит камеру на эталон белого, в качестве которого может использоваться обычный лист бумаги, и фиксирует это значение либо выбором соответствующего пункта меню, либо нажатием специальной кнопки на камере. Чаще всего эта функция применяется при съемке в студии, когда фотограф имеет достаточно времени на подготовку к фотографированию.

Еще одной полезной функцией является *серия для баланса белого* — последовательность кадров, каждый из которых снят со своей цветовой температурой источника света. В чем-то эта функция похожа на эксповилку — пользователь указывает диапазон и шаг изменения цветовой температуры и затем выбирает из серии

отснятых кадров тот, цветовая гамма которого выглядит наиболее естественной.

Запоминающие устройства цифровой фототехники

После ознакомления со сложными алгоритмами восстановления цвета неизбежно возникает вопрос — где хранятся как исходный «слепок» ПЗС-матрицы, так и полноцветное изображение в тот момент, когда микропроцессор камеры обрабатывает их? Кроме того, полученный снимок необходимо куда-то записать. Для решения этих и многих других задач цифровые камеры снабжаются различными типами памяти.

Буферная, встроенная и сервисная память

Для хранения и обработки данных перед их записью в долговременное запоминающее устройство используется *буферная память*, аналогичная ОЗУ, используемому в персональных компьютерах. Главное отличие в том, что при выборе тех или иных микросхем основное внимание уделяется не столько быстродействию (хотя и оно немаловажно), сколько надежности и малому энергопотреблению.

До определенного времени размеры буфера были сравнительно невелики, пока кому-то из производителей не пришла в голову мысль увеличить объем этой памяти. При этом в буфере может помещаться и обрабатываться не один, а несколько кадров. Таким образом значительно сокращается интервал, необходимый для подготовки камеры к следующей съемке, практически, время затрачивается только на зарядку вспышки. Если не использовать вспышку, то становится доступным режим непрерывной съемки, при котором камера делает несколько (до 10) кадров с высокой скоростью (до 3 кадров в секунду) и помещает их в буфер, где они обрабатываются и потом записываются в долговременную память.

Непрерывная съемка — режим фотографирования, при котором пользователь держит кнопку затвора постоянно нажатой, а камера снимает несколько кадров подряд с минимальным промежутком. Длительность серии ограничена возможностями фотоаппарата. Съемка прекращается, как только фотограф отпускает кнопку затвора.

62 Выбор цифрового фотоаппарата

Если камера оснащена матрицей с буферизацией столбцов, а ее АЦП обеспечивает высокую пропускную способность, то возможен режим видеосъемки. Необходимость мощного АЦП вызвана тем, что, в отличие от режима электронного видеискателя, видеосигнал, используемый для записи в файл, обязательно должен быть оцифрован.

После того как программное обеспечение камеры создало на основе данных с ПЗС-матрицы полноцветное изображение, возникает задача его сохранения. Графические файлы очень велики, и поэтому требуется их дополнительная обработка — сжатие. При этом используется алгоритм JPEG (Joint Photographic Experts Group). Суть этого алгоритма сводится к трем основным шагам. На первом шаге цветовая модель RGB, основанная на представлении каждого цвета сочетанием красного, синего и зеленого оттенков, заменяется цветовой моделью YUV. В этом формате компонент Y отвечает за яркость, а U и V — за цветовой оттенок. Подобная схема применяется в телевидении — так как человеческий глаз больше реагирует на яркостные характеристики изображения, чем на цветовые.

На втором шаге выполняется разбиение изображения на отдельные участки размером 8×8 пикселей, затем над каждым участком производится математическая операция — дискретное косинус-преобразование. В результате изображение представляется в виде гармонических колебаний разных частоты и амплитуды.

А на третьем шаге происходит то, из-за чего компрессия по алгоритму JPEG называется *сжатием с потерями качества* — частотно-амплитудные характеристики каждого блока анализируются с учетом повторяемости цветов в изображении и особенностей человеческого зрения, в частности меньшей чувствительности глаза к «синей» части спектра. При этом удается исключить до половины яркостной и до $3/4$ цветовой информации.

Естественно, что даже при минимальном сжатии, когда человеческий глаз не в состоянии отличить изображение в формате JPEG от оригинала, восстановить изображение с точностью до пиксела невозможно (а в общем-то и не нужно). Однако чем выше коэффициент сжатия, тем большее количество яркостных и цветовых характеристик исключается, тем меньше получаемый файл и тем больше шансов обнаружить при просмотре артефакты JPEG. Эти искажения проявляются в виде размытия контрастных гра-

ниц, проявления блочной (размером 8×8 пикселей) структуры кадра и других нежелательных явлений.

В качестве альтернативы формату JPEG в некоторых камерах используется так называемый *формат RAW*, который предусматривает запись в долговременную память «отпечатка» ПЗС-матрицы. При этом размер изображения в десятки раз больше кадра JPEG, и для его просмотра требуется специальная программа, поставляемая фирмой-производителем камеры. Не всегда эти программы обладают достаточным количеством операций по обработке изображения, иногда у них неудобный интерфейс. Данные обстоятельства привели к появлению у фотокамер функции записи в *формате TIFF*. Он тоже позволяет сжимать кадр, но, в отличие от JPEG, потеря информации при этом не происходит. Правда, далеко не все производители обеспечивают компрессию данных для файлов TIFF, поэтому даже файлы RAW порой получаются более компактными. И даже с минимальным сжатием файл JPEG в несколько раз меньше файла TIFF.

Стоит ли отказываться от формата JPEG и, купив достаточное количество модулей долговременной памяти большого объема, использовать только TIFF? Опираясь на собственный опыт, автор может констатировать, что использование минимального уровня сжатия JPEG практически не сказывается на качестве кадра. В то же время неудачно подобранная экспозиция, ошибки при установке баланса белого либо фокусировке могут испортить кадр значительно серьезнее. Так что иногда лучше отснять несколько кадров в формате JPEG и выбрать из них самый удачный, чем убедиться в неудачности единственного кадра TIFF.

Небольшой сегмент буферной памяти используется для хранения настроек, выполняемых пользователем при подготовке камеры к съемке. Здесь хранятся сведения об используемом разрешении, степени сжатия, экспозиционных параметрах, чувствительности, балансе белого и т. д. Раньше при выключении фотоаппарата все эти настройки либо исчезали, либо хранились исключительно за счет подпитки от основного источника питания, то есть батареек либо аккумуляторов, и терялись при его замене.

Поскольку процедура настройки для насыщенных сервисными функциями моделей была слишком утомительной, возникла идея выделить сегмент с настройками в отдельную *сервисную память*, сделав ее энергонезависимой от основного источника питания.

Первоначально было скопировано решение, применявшееся в персональных компьютерах, в которых настройки базовой системы ввода-вывода материнской платы (BIOS) хранились в потребляющей немного энергии КМОП-памяти, питание которой обеспечивали «часовые» батарейки (так называемые «таблетки»). Однако данный вариант приводил к росту габаритов фотоаппарата и усложнял его конструкцию. Поэтому конструкторские поиски продолжались и в конце концов увенчались успехом.

Ранние модели любительских камер помимо буферной оснащались также *встроенной флеш-памятью*, назначением которой было исключительно долговременное хранение снятых кадров. Однако с ростом разрешения возникла острая потребность в сменных модулях памяти, и в результате встроенная флеш-память на некоторое время исчезла из фотоаппаратов.

Параллельно с ростом разрешения фотокамер все богаче становился и набор сервисных функций, поэтому, как уже было сказано, совершенно недопустимым был сброс настроек фотоаппарата после его выключения либо вследствие разрядки батареек или аккумуляторов. Поэтому решено было оснастить новые модели *сервисной флеш-памятью*, в результате чего настройки, сделанные пользователем, сохранялись даже при изъятии основного источника питания.

Затем возникла идея переместить встроенное программное обеспечение фотоаппарата из ПЗУ во флеш-память. Вызвано это было тем, что производители в вечном соревновании «кто быстрее выпустит *N*-мегапиксельную камеру» зачастую предлагали рынку «сырые» модели, встроенное ПО которых изобиловало ошибками. При размещении ПО камеры во флеш-памяти счастливые пользователи могли загрузить с интернет-сайта производителя программные «заплатки» и установить их на свой фотоаппарат. Примерно так же обновляют в современных материнских платах компьютера хранящийся во флеш-памяти BIOS.

Широкое распространение сервисной флеш-памяти удачно совпало с возникновением еще одной проблемы и позволило ее решить буквально «в зародыше». Дело в том, что при переходе любительскими камерами трехмегапиксельного рубежа вследствие сохранения прежних размеров матриц резко возрос процент сенсоров, содержащих большое количество «залипших» пикселей. В то же время спрос на ЭОП был настолько большим, что решено было та-

кие сенсоры не браковать. А для решения проблемы новые модели оснастили функцией поиска «залипших» пикселей с последующим занесением их координат в сервисную флеш-память, чтобы в дальнейшем «вычеркнуть» их из процесса генерации полноцветного изображения.

PCMCIA

Самыми первыми устройствами, в которых использовался этот вид памяти (если исключить военное и промышленное применение), были портативные компьютеры (ноутбуки). Был принят стандарт PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association — Международная ассоциация карт памяти для персональных компьютеров), описывающий форм-фактор (форму и габариты) и интерфейс подключения карт расширения постоянной памяти для ноутбуков. В отличие от модулей расширения ОЗУ, карты PCMCIA (рис. 2.18) предназначались для хранения данных без дополнительных источников питания, а также для переноса данных между портативными компьютерами.

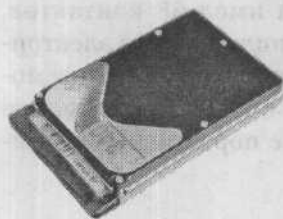


Рис. 2.18. Карта стандарта PCMCIA

Спецификация оказалась настолько удачной, что в этом же стандарте стали выпускаться модемы, сетевые карты и т. д., а сам стандарт приобрел новое название — PC Card. На данный момент существует три типа карт PCMCIA. Все они характеризуются длиной 85,6 мм и шириной 54 мм, а вот толщина у них разная — у типа I она 3,3 мм, у типа II — 5 мм и у типа III — 10,5 мм. Флеш-память, как правило, выпускалась I и II типа, а в форм-факторе III типа выпускались жесткие диски формата PCMCIA. Они обеспечивали высокие емкость и скорость доступа, надежность хранения и сравнительно небольшое энергопотребление.

Первыми РСМСІА-слотами обзавелись сравнительно крупные по габаритам и требующие больших объемов памяти профессиональные фотоаппараты. Однако то, что по размерам годилось для большого профессионального фотоаппарата, не могло быть применено для компактной любительской камеры.

Большинство из ранних моделей любительских цифровых фотокамер было оборудовано несменной флеш-памятью, так как небольшие размеры кадров позволяли это. Затем РСМСІА-слоты стали появляться и в наиболее крупногабаритных любительских моделях, но к этому моменту возникло два новых стандарта, позволивших миниатюризировать модули памяти.

CompactFlash и MicroDrive

С увеличением плотности записи флеш-памяти выяснилось, что запасы по габаритам карт РСМСІА в ряде случаев избыточны. В то же время в большинство любительских камер РСМСІА-слоты просто не помещаются. В 1994 году компания SanDisk представила флеш-память нового типа — *CompactFlash* (рис. 2.19). Фактически это был модуль РСМСІА, «втиснутый» в новые габариты — 43×36×3,3 мм. Вес составил около 15 г. Разъем РСМСІА имел 68 контактов, CompactFlash — 50, тем не менее они сохранили полную электрическую совместимость между собой. При помощи переходника модули CompactFlash легко устанавливались в РСМСІА-слоты, что упрощало коммутацию, по крайней мере, с портативными компьютерами.



Рис. 2.19. Модуль CompactFlash

От модулей РСМСІА CompactFlash унаследовал двойное напряжение питания — 3,3 и 5 В (нередко камера неверно определяла напряжение модуля и выводила его из строя), а также размещение

контроллера управления памятью прямо на карте. Благодаря этому, какой бы емкости модуль CompactFlash пользователь ни приобрел, он может быть уверен, что его старый фотоаппарат будет работать с новой памятью. Правда, зачастую производители карт CompactFlash жульничают и указывают всю его емкость, включая ту, что используется для служебной информации, поэтому 32-мегабайтные модули порой вмещают не больше 30 Мбайт.

Для передачи изображений в компьютер без использования камеры применяются различные переходники. Наиболее широко распространены вышеупомянутый переходник CompactFlash → PCMCIA, а также считыватель модулей CompactFlash через порт USB.

Модули CompactFlash широко распространены в любительской технике и фактически являются стандартными носителями для профессиональных фотоаппаратов.

С появлением CompactFlash типа II (толщина 5 мм) развитие стандарта CompactFlash приобрело несколько необычное направление. Компания IBM, имевшая большие разработки в области жестких дисков, уменьшила до предела механику, увеличила плотность записи и уменьшила энергопотребление своих устройств. В результате появилась возможность уместить в габариты CompactFlash типа II жесткий диск MicroDrive емкостью 170 и 340 Мбайт.

Естественно, что по сравнению с флеш-памятью потребляемая им мощность выше, да и надежность механического устройства всегда ниже, чем надежность устройства чисто электронного. Но в целом характеристики MicroDrive, особенно скорость доступа и стоимость за мегабайт, позволяют ему уверенно конкурировать с модулями флеш-памяти. А появившиеся позднее модели MicroDrive емкостью 512 Мбайт и 1 Гбайт улучшили соотношение цена/емкость.

Стоит отметить, что по причине финансовых затруднений фирмы IBM пошла на слияние своего отдела IBM Storage Technology (разработка накопителей на жестких дисках) с подразделением аналогичного профиля концерна Hitachi — Hitachi Storage. Образовавшееся предприятие, Hitachi Global Storage Technologies, не намерено прекращать производство линейки MicroDrive, и уже анонсирована четырехгигабайтная модель, основанная на технологии Pixie Dust, разработанной концерном Hitachi.

SmartMedia

Абсолютно новое устройство разработали в 1997 году компании, входящие в консорциум SSFDC (Solid State Floppy Disk Card), — среди них были Olympus, Toshiba и Fuji. Как следует из названия (приблизительный перевод — карты твердотельных флоппи-дисков), разрабатываемые устройства *SmartMedia* (рис. 2.20) должны были быть дешевыми, легкими и компактными; контроллер управления памятью планировалось размещать в фотоаппарате. Среди отрицательных сторон такого подхода стоит отметить невозможность установки новых модулей большой емкости в старые модели камер. Тем не менее удалось в минимальные (45×37×0,76 мм) габариты легкого (всего 2 г) пластикового корпуса уместить сначала 2 и 4, а затем 8, 16, 32 и даже 64 Мбайт. Поначалу стоимость мегабайта *SmartMedia* оказалась даже чуть выше мегабайта *CompactFlash*. Теперь же, если сравнить модули одной емкости данных типов, *SmartMedia* окажется дешевле на 30 %.



Рис. 2.20. Модуль *SmartMedia*

Различают модули на 3,3 и 5 В (модули на 5 В в последнее время не применяются). Для того чтобы не перепутать, у модулей на 5 В срезан левый верхний угол, у 3,3-вольтовых — правый верхний. Кроме того, наклеив круглый кусочек фольги (в комплекте с каждым модулем поставляются 4 таких наклейки) на определенную область модуля, пользователь может закрыть данные от записи/стирания.

Для передачи данных в портативный компьютер используется адаптер стандарта PCMCIA. В отличие от похожего устройства для карт *CompactFlash*, данный прибор содержит контроллер работы с памятью, поэтому он дороже, а старые модели адаптеров не всегда

могут работать с новыми модулями памяти. Так же, как и для CompactFlash, существуют считыватели через порт USB. Кроме того, благодаря миниатюрности модулей SmartMedia был разработан уникальный *переходник FlashPath*. По внешнему виду он напоминает обычную 3,5-дюймовую дискету. В него помещается модуль SmartMedia, после чего FlashPath вставляется в 3,5-дюймовый дисковод и информация считывается с него, как с обычной дискеты. Для работы этот адаптер использует две часовые батарейки (так называемые «таблетки»). Многие специалисты в области цифровой фотографии подозревают, что переходник этот был разработан в ответ на выпуск серии камер Sony Mavica (о них будет рассказано далее).

Предельная емкость модулей SmartMedia, определяемая стандартом, составляет 128 Мбайт. Именно поэтому эти компактные, надежные и недорогие носители постепенно исчезают с рынка, уступая место более емким модулям памяти.

MultiMedia Card/Secure Digital

Вдохновленные успехом SmartMedia, в 1998 году фирмы Ericsson, Hitachi, Motorola, Nokia и Siemens объединились в *MultiMedia Card Association* (ММСА) — Ассоциацию карт мультимедиа. Новые карты памяти должны были стать самыми компактными и обладать минимальным энергопотреблением. Сфера применения — мини-компьютеры и сотовые телефоны (обратите внимание на список фирм-участниц ассоциации!), диктофоны и плееры (в формате MP3), устройства GPS и, как и следовало ожидать, цифровые фотоаппараты. Габариты карт — 24×32×1,4 мм. В течение первых трех лет появилось большое количество мини-компьютеров и сотовых телефонов с разъемами под карты ММС. А вот фотокамер первоначально было выпущено не так уж и много — не более десятка моделей.

Благодаря применению в цифровых видеокамерах (для хранения стоп-кадров, именуемых фотоснимками) модули ММС (рис. 2.21) получили довольно широкое распространение. Поэтому спустя годы разработчики цифровой фототехники стали все шире использовать память этого стандарта в своих камерах. Сначала это были те производители, модели которых не были долгое время «привязаны» к устоявшимся стандартам, однако по простивши

времени компактные карты MMC стали вытеснять более габаритные модули CompactFlash. Для передачи данных в компьютер для модулей MMC были разработаны PCMCIA-адаптеры, USB-считыватели и FlashPath-переходники.



Рис. 2.21. Модули MMC

Основными минусами стандарта MMC были невысокая скорость и малый предельный объем (максимум 128, а чаще 64 Мбайт). Поэтому появилось расширение стандарта — спецификация *Secure Digital (SD)*. Первоначально карты этого формата предназначались для хранения информации, при котором не нарушались бы авторские права. Однако гораздо больший интерес вызвало добавление пары контактов (было семь, стало девять), приведшее к заметному росту скорости обмена информацией и сдвигу границы максимального объема до отметки 2Гбайт. В результате модули SD стали стремительно отвоевывать долю рынка у остальных носителей — в первую очередь, у CompactFlash. Особенно интенсивно вытеснение старого стандарта происходило в сверхкомпактных моделях любительских камер, для которых громоздкие модули CompactFlash решительно не подходили. Впрочем, модули SD стали появляться даже в профессиональной технике.

Есть одно обстоятельство, о котором следует помнить, приобретая модули SD. Дело в том, что фотоаппараты, предназначенные для использования этого типа памяти, могут работать и с картами MMC. А вот камеры, рассчитанные на стандарт MMC, модули SD «понимают» редко.

Memory Stick

Фирма Sony, как всегда, «пошла другим путем». Ее модули *Memory Stick* (рис. 2.22) отличаются внешним видом (размер 50×21,5×2,8 мм, вес около 4 г, визуально больше всего напоминают пластинку жевательной резинки), фиолетовым цветом и наличием переключателя защиты записи/стирания. Естественно, что модули эти применяются в основном в технике Sony — начиная от органайзеров и заканчивая видеокамерами.



Рис. 2.22. Модуль Memory Stick

Был разработан также уменьшенный вариант *Memory Stick Duo* (20×31×1,6 мм), для совместимости со стандартными слотами Memory Stick в комплект поставки входит расширительная планка.

Наибольший интерес представляет расширенный вариант *Memory Stick Pro*, благодаря которому удалось обойти ограничение предельной емкости в 128 Мбайт — новый стандарт позволяет выпускать модули емкостью от 256 Мбайт до 1 Гбайт. При этом массогабаритные характеристики остались прежними, а скорость обмена данными заметно выросла. Правда, как и в случае с картами SmartMedia и SD, новые модули нельзя использовать в старых моделях камер.

xD Picture Card

Fuji и Olympus, два участника консорциума SSFDC, решили ответить на вызов, брошенный MultiMedia Card Association. Новый стандарт, разработанный в середине 2002 года, назывался *xD Picture Card* (рис. 2.23) и описывал самые миниатюрные карты (их габариты составляют 20×25×1,7 мм). Особый акцент делался также на большую емкость носителей (максимум 8 Гбайт) и высокую скорость обмена данными.



Рис. 2.23. Модули xD Picture Card

Выигрышной стороной xD Picture Card было то, что все новые фотоаппараты Fuji и Olympus, совместимые с новыми картами, позволяли использовать также устаревшие модули SmartMedia. При этом отводить для них дополнительный объем в корпусе фотоаппарата не требовалось, так как в один и тот же слот можно было устанавливать как старые, так и новые носители, только контактные группы у них располагались с разных сторон.

Одновременно с картой были представлены адаптеры и считыватели. Два из них были привычными (PCMCIA и USB), а вот третий вызвал особенный интерес. Он выполнялся в виде карты CompactFlash и был совместим со всеми устройствами, поддерживающими данный тип. Таким образом, Fuji и Olympus удалось создать носитель, совместимый с двумя из существующих типов — SmartMedia и CompactFlash.

Вспышка

Порой условия съемки таковы, что оптическая система не в состоянии обеспечить приемлемую экспозицию (с разумным значением выдержки), а чувствительности ПЗС-матрицы не хватает. В таких случаях используется лампа-вспышка (в англоязычной терминологии speedlight либо flash — не путать с памятью аналогичного названия), которой оборудованы практически все современные цифровые фотокамеры.

Лампа-вспышка — электронный импульсный осветитель, согласованный с системой экспозамера камеры и обеспечивающий импульс света газоразрядной лампы (в ряде случаев с регулируемой длительностью свечения) в момент срабатывания затвора камеры. Высокая яркость импульса обеспечивается конденсаторами большой емкости.

Основные параметры

Основная характеристика вспышки — *ведущее число* (guide number), измеряемое в футах либо метрах. Число это приводится для некоторой чувствительности (как правило, ISO 100) и вычисляется умножением диафрагмы на дальность действия. Таким образом, ведущее число определяет дистанцию импульса при разных значениях диафрагменного числа, например, при диафрагме $f/2,0$ для определения максимальной дальности освещения ведущее число следует разделить пополам.

Изменение чувствительности влияет также на «дальнобойность» вспышки. Рост чувствительности в N раз приводит к увеличению ведущего числа на величину «корень квадратный из N », например, если чувствительность выросла в два раза, то ведущее число станет больше в 1,41 раза.

В любительских камерах принято указывать максимальную и минимальную дистанцию съемки со вспышкой. Поскольку известны характеристики как объектива, так и сенсора, пределы возможностей вспышки можно рассчитать заранее. Минимальная дистанция — параметр скорее рекомендательный, так как производитель не может гарантировать своевременное прекращение свечения при съемке близко расположенных объектов.

Среди остальных параметров стоит выделить *время заряда конденсаторов вспышки*. Этот интервал довольно велик, и именно поэтому в режиме непрерывной съемки вспышку задействовать нельзя.

Из режимов работы данного устройства в любительской фототехнике чаще всего встречаются четыре — автоматический, принудительное срабатывание (используется, если автоматика камеры по каким-то причинам не включает вспышку, а она необходима), выключено (когда вспышку применять нельзя), а также подавление эффекта «красных глаз».

Часто при съемке со вспышкой глаза людей (особенно светлые — голубые, серые) приобретают ярко-красный оттенок. Вызывается это отражением света от глазного дна. Существует два способа решения проблемы «красных глаз». В первом случае для аккомодации глаза используется предварительное его освещение либо с помощью специальной лампочки, либо посредством серии предварительных световых импульсов низкой мощности, генери-

руемых самой вспышкой. Минус этого подхода очевиден — человек инстинктивно жмурится, в результате в кадре глаза у него не красные, а просто закрытые. Второе решение заключается в максимальном разнесении оптических осей вспышки и объектива, при этом эффект «красных глаз» значительно уменьшается без дискомфорта для снимаемого человека.

При большой выдержке вспышка может быть синхронизирована «по первой» либо «по второй шторке». Этот термин обозначает, что вспышка выдает импульс в момент открытия либо закрытия затвора, в зависимости от выбранной «шторки» движущиеся объекты на фотографии будут иметь разный вид.

В тех случаях, когда вычисленный автоматикой интервал свечения слишком велик или мал, пользователь может исправить ситуацию корректировкой длительности импульса вспышки. Диапазон регулировки указывается в долях экспозиционного числа (EV), как правило, в пределах от -2 до $+2$ EV.

Большинство вспышек, предназначенных для эксплуатации с камерами, оборудованными вариообъективами, помимо ведущего числа характеризуются также *изменяемым углом рассеивания*. Для изменения угла рассеивания используется перемещение отражателя внутри вспышки с помощью сервопривода, у внешних вспышек для дополнительного эффекта можно поменять *рисунок рассеивающего стекла*.

Следует помнить, что использование вспышки приводит к определенной потере глубины кадра, изображение становится более плоским, теряются полутона. Поэтому автоматика камеры должна минимизировать время импульса вспышки и добиваться качественного кадра тщательным подсчетом экспозиции. Автоматика вспышек последнего поколения учитывает не только экспозицию, но и дистанцию съемки. Если данная функция отсутствует, то при слабой освещенности близко расположенного объекта есть риск получить «засвеченный» кадр.

Использование внешней вспышки

Значительно более гибкое применение обеспечивают *внешние (дополнительные) вспышки*. Следует отметить, что половина профессиональных моделей не имеют встроенного осветителя и используют только внешние устройства.

Как правило, эти устройства применяются при недостаточной мощности вспышки камеры, а также при необходимости освещения объекта съемки не «в лицо» (то есть сбоку, сверху, отраженным и рассеянным светом и т. д.). В качестве источников питания используются в основном элементы АА (как батареи, так и аккумуляторы); специализированные аккумуляторы встречаются редко.

При съемке с внешней вспышкой следует помнить об одном обстоятельстве. Для механических затворов существует минимальное значение выдержки, именуемое *выдержкой синхронизации*, при котором поверхность регистрирующего элемента остается полностью открытой. При более «коротких» выдержках затвор открывается не полностью, поэтому кадр окажется освещенным лишь частично.

Самый простой метод использования внешней вспышки с любительской камерой — посредством *световой ловушки*. Данное устройство срабатывает от светового импульса фотоаппарата и включает присоединенную к ловушке вспышку. Минусы такого подхода очевидны: при малой выдержке данная схема неэффективна, также сохраняется вероятность фронтальной засветки объекта съемки вспышкой фотоаппарата.

Гораздо больше возможностей предоставляют различные интерфейсы подключения вспышки к фотоаппарату. При этом автоматика камеры синхронизирует срабатывание затвора с отправкой управляющего сигнала на вспышку.



Рис. 2.24. Внешние вспышки: а — подключение с помощью кабельного гнезда; б — подключение с помощью «башмака»

76 Выбор цифрового фотоаппарата

Существует два основных типа разъемов для установки вспышки — кабельное гнездо и так называемый «башмак» (рис. 2.24). *Кабельное гнездо* позволяет при съемке в студии подключать вспышку, расположенную на некотором расстоянии (зависит от длины кабеля) от камеры (рис. 2.25). А для полевой съемки необходимо использовать флэш-брекет.

Флэш-брекет — устройство, предназначенное для подключения внешней вспышки через кабельное гнездо (см. рис. 2.24). Представляет собой кронштейн с «башмаком», кабелем для гнезда камеры и винтом для крепления к штативному гнезду фотоаппарата.



Рис. 2.25. Флэш-брекет

«Башмак» (hot shoe) представляет собой колодку, предназначенную для надежной фиксации вспышки «верхом» на камере.

Оба типа разъемов, в свою очередь, подразделяются на одноконтактные и многоконтактные.

Одноконтактное кабельное гнездо, именуемое *синхроконтактом* (PC-sync) (рис. 2.26), является самым распространенным способом подключения и может использоваться для крепления большинства вспышек. Одноконтактный «башмак», называемый просто «башмаком» (рис. 2.27), встречается редко, так как профессиональные камеры оснащены многоконтактным разъемом, а у любительских моделей верхняя панель часто занята органами управления. Кроме того, тяжелая вспышка «верхом» на компактной любительской камере заметно ухудшает баланс фотоаппарата.

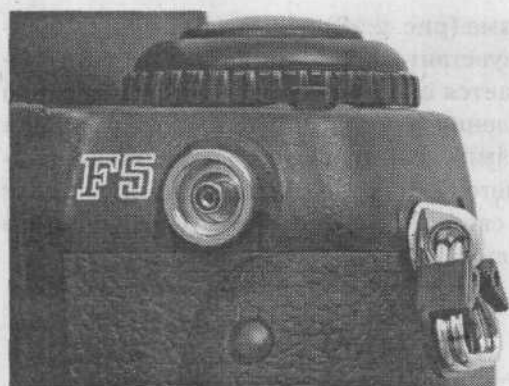


Рис. 2.26. Синхроконтакт

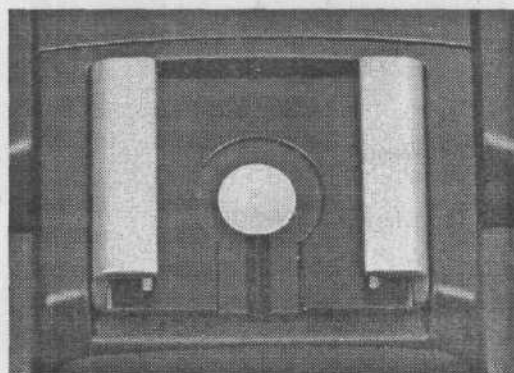


Рис. 2.27. «Башмак»

Подключая вспышку через синхроконтакт либо «башмак», можно снимать в ручном или автоматическом режиме.

В ручном режиме пользователь самостоятельно устанавливает диафрагму камеры на основании ведущего числа вспышки, чувствительности и дистанции съемки. При этом необходимо, чтобы камера поддерживала ручной либо приоритетный по диафрагме режим установки экспозиции (впрочем, практически все камеры с синхроконтактом поддерживают эти режимы). Данный способ довольно прост, вспышки этого класса дешевы, однако имеют серьезный недостаток — чрезвычайно длительное время подготовки к съемке.

В автоматическом режиме (рис. 2.28) пользователь устанавливает только диафрагму и чувствительность камеры. Затем это значение диафрагмы сообщается автоматике вспышки с помощью различных органов управления (кнопки, переключатели, система меню). В момент съемки лампа вспышки начинает светиться, установленный на вспышке светочувствительный элемент определяет количество отраженного света и по достижении определенного уровня освещенности выключает лампу.

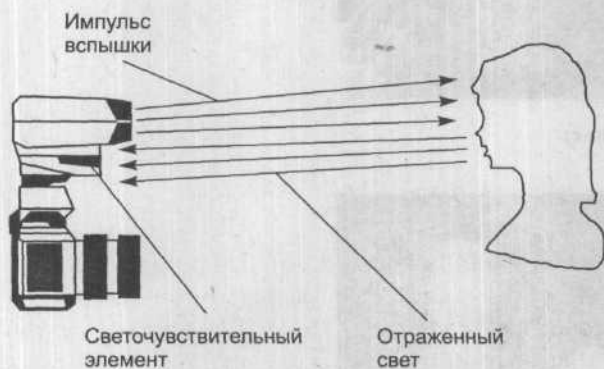


Рис. 2.28. Автоматический режим дополнительной вспышки

Этот режим позволяет значительно сократить время подготовки к съемке, а если пользователь не изменяет значения диафрагмы и чувствительности камеры, то подготовки не требуется вообще.

Тем не менее автоматический режим не обеспечивает полной гибкости применения, поэтому встроенные в фотоаппараты вспышки используют *TTL-режим* (рис. 2.29), который называется так потому, что при определении освещенности объекта используется прошедший через оптику камеры световой поток и светочувствительные элементы камеры (от англ. *through the lens* — через линзы).

В этой схеме камера передает вспышке информацию об экспозиционных параметрах — диафрагме и выдержке, — а также значение дистанции съемки. На основе полученных данных вспышка приблизительно определяет необходимое значение светового импульса, а при использовании большой выдержки и синхронизации «по второй шторке» — необходимое время задержки включения лампы. В момент съемки светочувствительный элемент

камеры определяет освещенность объекта и по достижении необходимого уровня отключает вспышку.

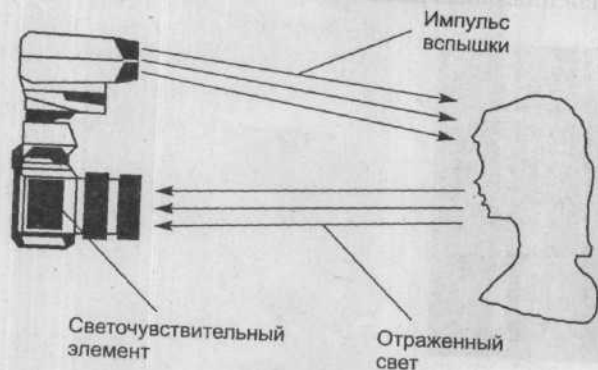


Рис. 2.29. TTL-режим дополнительной вспышки

При использовании внешней вспышки необходим многоконтактный разъем, через который обеспечивается обмен информацией между камерой и вспышкой. При этом TTL-режим полностью избавляет пользователя от необходимости настройки как камеры, так и вспышки.

Многоконтактные разъемы, как кабельные гнезда, так и «башмаки», разрабатывались различными фирмами и для разных моделей, поэтому несовместимы между собой (форма разъема и количество контактов также зависят от производителя).

Многоконтактным TTL-«башмаком» (TTL-shoe) оснащены все профессиональные камеры.

Поскольку может возникнуть необходимость подключения «чужой» вспышки, то есть от другого производителя или же предназначенной для другой модели, большинство осветителей могут использоваться через центральный контакт TTL-«башмака» в ручном и автоматическом режимах. Однако существует некоторая опасность для фотоаппарата, если вспышка старого образца и не имеет защитной цепи подключения.

Среди любительских моделей считанные экземпляры оборудованы TTL-«башмаком» — как правило, это полупрофессиональные фотоаппараты.

Размеры камер не всегда позволяют разместить на их верхней панели TTL-«башмак». Для того чтобы максимально использовать

80 Выбор цифрового фотоаппарата

возможности внешних вспышек, эти модели оснащаются *многоконтактными гнездами* (рис. 2.30), и вспышки подключаются к ним посредством специальных кабелей.

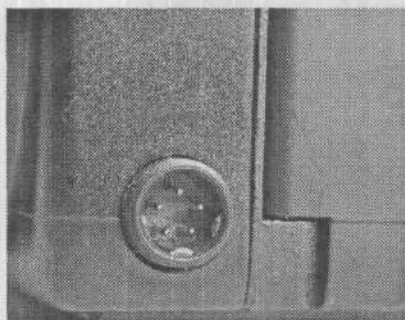


Рис. 2.30. Многоконтактное гнездо

Поскольку съемка с использованием внешней вспышки производится, как правило, в условиях плохой освещенности, некоторые модели вспышек оборудованы *инфракрасным прожектором*. Подсветка с помощью такого прожектора облегчает работу автофокуса камеры.

Для освещения объекта съемки *отраженным светом* используется *поворачивающаяся головка*, при этом она, как правило, направляется в потолок под определенным углом. Для создания рассеянного света применяется *зонт* из светоотражающего материала, при этом вспышка направлена в противоположную от объекта съемки сторону — в центр зонта.

Следует помнить также, что использование вспышки позволяет выправить цветовую температуру даже без корректировки баланса белого. Более того, при установке баланса белого по эталону использование вспышки приводит, как правило, к сильному смещению в область «холодных» тонов.

Прочие компоненты

Система питания

Функционирование цифровых камер, в отличие от пленочных фотоаппаратов, невозможно без электрического тока, поэтому глав-

ной характеристикой системы питания является ее надежность. От используемых *элементов питания* (батарей либо аккумуляторов) требуется высокая энергоемкость, в то же время эти элементы должны быть компактными и легкими.

В настоящее время обозначились две основные тенденции, реализуемые производителями камер. В первом, наиболее распространенном варианте питание камеры рассчитано на 2–4 элемента стандарта АА (так называемые «пальчиковые» батарейки) (рис. 2.31). Такой подход обеспечивает общедоступность используемых элементов питания, в то же время вынуждая пользователя регулярно покупать новые батареи. Кроме того, новые фотоаппараты потребляют энергии в несколько раз больше, чем старые модели.

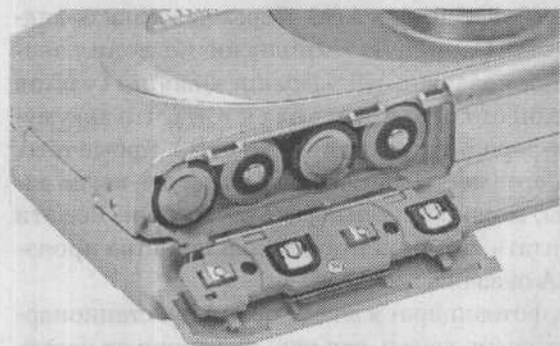


Рис. 2.31. Питание от стандартных элементов АА

Другой вариант подразумевает комплектацию камеры специализированным аккумулятором, как правило, совместимым с используемыми в портативной бытовой технике литиево-ионными элементами питания (рис. 2.32). Подобного рода аккумуляторы можно найти в CD-плеерах, видеокамерах и других устройствах. При этом камера оснащается также *блоком питания* от обычной электросети (если заряд аккумулятора производится внутри фотоаппарата) либо *зарядным устройством* (второй вариант предпочтительнее, так как при этом нет опасности повреждения камеры в случае всплеска напряжения в электросети). Минусы такой системы питания — сложность поиска резервных аккумуляторов и их высокая стоимость.

82 Выбор цифрового фотоаппарата



Рис. 2.32. Питание от специализированных аккумуляторов

С развитием аккумуляторной техники появились энергоемкие элементы в формате AA (более 2000 мА/ч). Переход с никель-кадмиевой на никель-металл-гидридную технологию позволил значительно уменьшить так называемый *эффект памяти* (частая разрядка — зарядка малой емкости приводила к тому, что аккумулятор невозможно было зарядить на полную емкость). Кроме того, значительно снизилась стоимость элементов. А в случае, когда аккумуляторы разряжены, можно использовать батарейки. Все эти факторы позволяют считать, что ориентация большинства производителей на формат AA оказалась верной.

Стоит ли подключать фотоаппарат к электросети при стационарной работе? Вопрос этот очень важен, так как, в отличие от портативных компьютеров, цифровые камеры не оборудованы фильтрами, предохраняющими от скачков напряжения в сети. Поэтому для их безопасной эксплуатации необходимо использовать качественный сетевой фильтр либо источник бесперебойного питания.

ЖК-дисплей

Монохромные символьные ЖК-индикаторы (рис. 2.33) использовались еще в пленочных камерах, применяются они и в цифровой фототехнике и служат для отображения режима вспышки, даты и счетчика кадров, выдержки и диафрагмы, а также многих других параметров фотоаппарата.

ЖК-индикаторы очень похожи на дисплеи электронных часов и обеспечивают качественное отображение символьных данных (букв, цифр и пиктограмм) при минимальном энергопотреблении.

Размер ЖК-индикатора и количество выводимой информации зависит от сложности и класса фотоаппарата. В последнее время наметилась тенденция к отказу от использования в любительских фотоаппаратах символьных индикаторов и переключиванию части их функций на цветные ЖК-дисплеи (рис. 2.34).

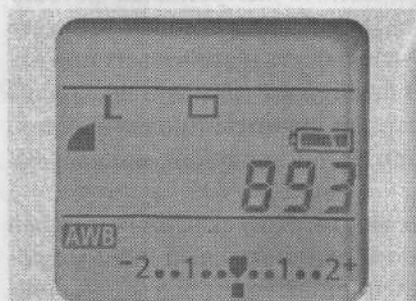


Рис. 2.33. Символьный ЖК-индикатор

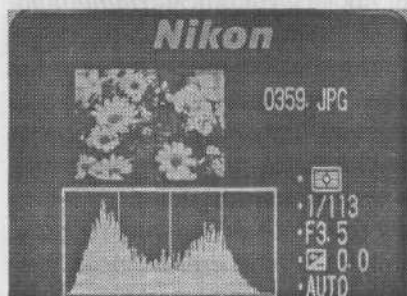


Рис. 2.34. Цветной ЖК-дисплей

Эти устройства более сложные и дорогие, тем не менее они стали неотъемлемыми элементами камер, предназначенными для просмотра отснятых кадров. Их размер колеблется от 3,8 до 5 см по диагонали, а разрешение — от 65 000 до 230 000 пикселей.

Функционально ЖК-дисплеи повторяют экраны портативных компьютеров — так называемые дисплеи с активной матрицей (active matrix), называемые также дисплеями на тонкопленочных транзисторах (thin film transistor, TFT).

У дисплеев с активной матрицей существует характерная особенность — дефектные пиксели, светящиеся одним и тем же

84 Выбор цифрового фотоаппарата

цветом с одинаковой яркостью вне зависимости от отображаемого изображения. Они не влияют на качество снятых кадров и могут мешать только при просмотре кадров, поэтому не следует путать их с «залипшими» пикселями ПЗС-матрицы.

Помимо просмотра изображений (и удаления неудачных фотографий) ЖК-дисплей позволяет управлять настройками фотоаппарата посредством системы меню. Пользователь может записать выбранные им настройки в сервисную память и вызвать их при необходимости. Большинство камер позволяют записать несколько вариантов пользовательских настроек, оптимизированных под разные виды съемки (пейзажной, внутри помещения, макросъемки и т. д.).

Для удобства просмотра снятых кадров с самых первых моделей в цифровых фотокамерах был реализован *индексный режим просмотра*. В этом режиме на ЖК-дисплей выводится в уменьшенном виде сразу несколько изображений (как правило, от 4 до 9), при этом пользователь может быстро переключиться на интересующий его кадр. Распространение получила также функция *масштабирования кадра*, предусматривающая, что часть изображения выводится во весь экран и пользователь с помощью кнопок управления перемещает поле обзора по всему кадру. Такой режим позволяет рассмотреть детали, незаметные при обычном просмотре. Раньше масштабирование кадра было, как правило, двух- либо трехкратным, однако с ростом разрешения кратность неизменно растет.

ЖК-дисплей некоторых камер не вмонтирован в заднюю стенку, а *крепится шарнирно* к верхней либо боковой стенке, позволяя вращать экран относительно оси визирования (рис. 2.35).

При этом в режиме электронного видоискателя обеспечивается возможность съемки из сложных положений (например, поверх голов либо на уровне пола).

С этой же целью некоторые камеры имеют поворачивающиеся друг относительно друга оптический блок (в нем смонтирован объектив) и основной блок (в нем смонтированы электроника, отсек модулей памяти, батарейный отсек и ЖК-дисплей). Такая схема получила название «*переламывающейся*» (рис. 2.36).

Использование ЖК-дисплея в режиме электронного видоискателя в солнечный день сильно затруднено, так как блики на поверхности экрана мешают разглядеть изображение. Однако существуют способы решения этой проблемы.



Рис. 2.35. Шарнирное крепление ЖК-дисплея



Рис. 2.36. Камера с «переламывающейся» конструкцией: а — положение при съемке; б — положение при транспортировке

Некоторые компании специализируются на выпуске специальных *солнцезащитных козырьков* (hood) (рис. 2.37). Эти козырьки надеваются на камеру таким образом, что закрывают поверхность экрана от попадания прямых солнечных лучей.



Рис. 2.37. Козырек от солнца

Фирмы Sony и Epson производили камеры, использовавшие для подсветки экрана прозрачное окошко в его верхней части, наиболее известное название данной схемы — *Solar Assist*. Хотя при просмотре благодаря этому окошку удавалось сэкономить энергию батареек, *Solar Assist* не снимал проблему бликов при съемке (и использовании ЖК-дисплея в качестве видоискателя).

Любительская модель Sony DCS-F505 не имела телескопического видоискателя, соответственно, изображение на ЖК-дисплее должно было быть четким при любых условиях. Разработчики этой камеры применили *гибридный* (hybrid) экран, оснащенный специальным внутренним отражателем. В достаточно яркий день подсветку можно было отключить и вместо бликов в отраженном солнечном свете видеть нормальное изображение.

После появления нового поколения ЖК-дисплеев, обладавших повышенной яркостью и контрастностью, съемка в солнечный день в режиме электронного видоискателя перестала быть проблемой. В результате все больше любительских камер (в основном компактные модели и камеры с объективом большой кратности) выпускается без телескопического видоискателя и рассчитано на съемку только в режиме электронного видоискателя.

Еще раньше проблему бликов попытались решить иным путем — под окуляром фотоаппарата вместо оптического тракта телескопического видоискателя располагался миниатюрный ЖК-дисплей, работавший в режиме электронного видоискателя. Похожие *ЖК-видоискатели* использовались в видеокамерах, и поначалу их применение в цифровой фототехнике энтузиазма не вызывало — разрешение ЖК-дисплея было недостаточным, скорость смены кадров — невысокой, а при слабом освещении рассмотреть что-либо было практически невозможно. Однако прогресс не миновал и этот компонент цифровой фототехники, и современные ЖК-видоискатели создают полную иллюзию видоискателя обычной зеркальной камеры — разумеется, за исключением возможности ручной фокусировки по матовому стеклу.

Интерфейсы

Большинство цифровых камер оснащено сменными модулями памяти, что позволяет (при наличии соответствующих переходников) обойтись без подключения к компьютеру, однако практиче-

ски все фотоаппараты снабжены различными разъемами. Вызвано это тем, что соединительный кабель все-таки меньше и легче переходника, да и стоимость его (в случае потери) заметно ниже.

Помимо цены и конструктивных особенностей, любительские и профессиональные камеры различаются размерами файлов. Профессиональные фотоаппараты с самого начала использовали ПЗС-матрицы с высоким разрешением, изображение записывалось без сжатия, в форматах RAW либо TIFF. Данные обстоятельства вызвали применение памяти высокой емкости, а также высокоскоростных интерфейсов связи с компьютером — таких как SCSI и FireWire (известен также под названием IEEE-1394).

Любительские цифровые камеры не должны были стоить слишком дорого, поэтому первоначально комплектовались ПЗС-матрицами невысокого разрешения и ограниченным объемом памяти, достаточным для хранения десятка-другого кадров в формате JPEG. Малые объемы передаваемых данных позволили использовать для коммутации последовательный порт (serial port, RS-232).

Подключение со стороны компьютера осуществлялось через стандартный девятиконтактный трапециевидальный разъем; разъем камеры на ранних моделях исполнялся тоже *многоштырьковым*, затем (поскольку штырьки часто гнулись и ломались) его сменил трехконтактный *штекер «микроджек»* (рис. 2.38).

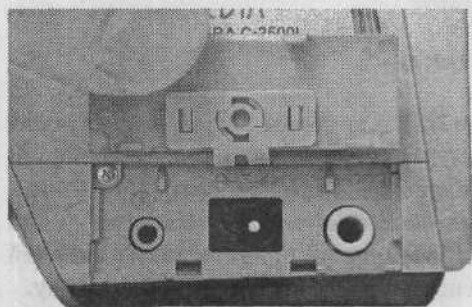


Рис. 2.38. Гнездо штекера «микроджек» последовательного порта (крайнее слева)

С появлением порта USB (рис. 2.39, *слева*) последовательный порт быстро исчез с корпусов цифровых камер, так как новый

интерфейс обеспечивал высокую скорость обмена (до 4 Мбайт/с), позволял подключать камеру без выключения питания, а разъем USB состоял всего из четырех контактов. Новая спецификация этого интерфейса, USB 2.0, подняла скорость обмена данными до 480 Мбайт/с.

Из других интерфейсов наиболее распространен *видеовыход* (рис. 2.39, *справа*) — разъем, обеспечивающий передачу изображения в формате комплексного (часто называемого композитным) видеосигнала. С его помощью пользователь может просмотреть фотографии на экране телевизора.

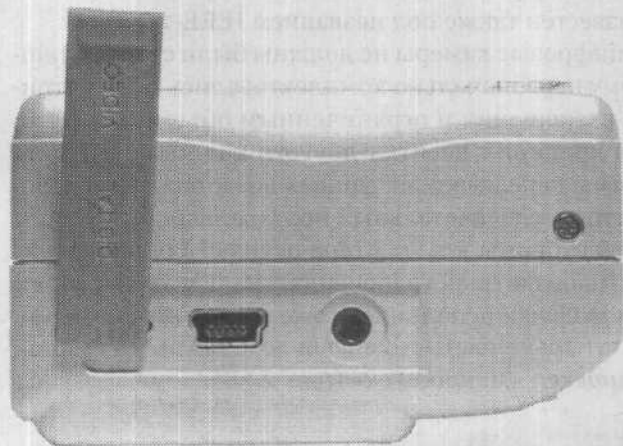


Рис. 2.39. Разъем USB (слева) и видеовыход (справа)

Как правило, разъемы порта USB и видеовыхода на всех камерах стандартные, однако в компактных моделях любительской цифровой техники эти разъемы иногда объединяют в один (рис. 2.40), а камера комплектуется двумя нестандартными кабелями — для подключения к компьютеру и к телевизору. Утеря таких кабелей приводит к длительному и не всегда результативному их поиску.

Некоторые камеры оснащаются ИК-портом; данное устройство предназначено для управления камерой с помощью *пульта дистанционного управления*. Этот пульт, как правило, позволяет управлять фокусным расстоянием объектива и кнопкой затвора, а в режиме просмотра через видеовыход — переключаться между кадрами и переходить в режимы индексного и масштабированно-

го просмотра. Профессиональные камеры используют для подключения проводные пульты дистанционного управления.

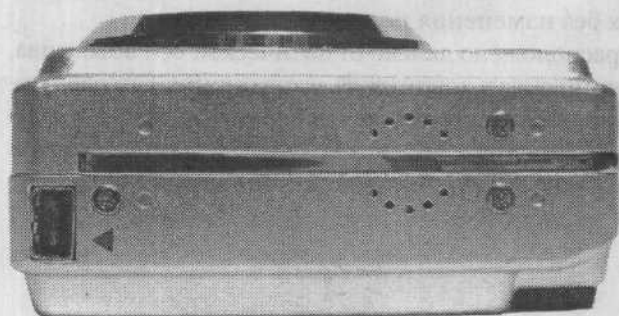


Рис. 2.40. Разъем, объединяющий видеовыход и порт USB

Штативное гнездо

Основное предназначение *штатива* — исключить «сдергивание» кадра при «длинной» выдержке. Для закрепления штатива нижняя панель фотоаппарата оснащается *штативным гнездом*, которое представляет собой отверстие с резьбой, в которое вкручивается винт штатива.

Практически все штативные гнезда имеют одни и те же размеры и резьбу. При оценке штативного гнезда фотоаппарата следует обратить внимание на материал, из которого оно изготовлено, — стальное гнездо прослужит намного дольше пластмассового. Желательно также, чтобы после установки фотоаппарата на штатив не оказались заблокированными крышки отсеков, расположенные на нижней панели, кроме того имеет значение расположение гнезда — если оно слишком далеко от центра тяжести фотоаппарата, то, установив камеру на миниатюрный штатив, используемый при макросъемке, пользователь получит крайне неустойчивую конструкцию.

Расположение гнезда влияет также на *панорамную съемку*.

Панорамная съемка — фотографирование серии кадров, в которой соседние снимки своими краями частично перекрывают друг друга, благодаря чему их можно «склеить» в одно «широкоформатное» изображение. Для упрощения панорамной съемки камеры оснащаются одноименным сюжетом, устанавливающим одинаковые для всех кадров серии экспонапараметры, баланс белого и фокусировку.

90 Выбор цифрового фотоаппарата

Если гнездо находится рядом с оптической осью объектива, то достаточно обычного штатива с поворотной головкой — шарнирным механизмом, позволяющим плавно поворачивать камеру в различных направлениях без изменения положения штатива.

Если же гнездо расположено далеко от оптической оси объектива, то после съемки серии могут возникнуть затруднения с последующей стыковкой кадров. В таком случае необходим штатив с головкой, позволяющей закрепить фотоаппарат со смещением от оси поворота головки. Такие модели штативов стоят дороже обычных.

3. Типы цифровых фотоаппаратов

Профессиональные модели

Общие черты

Профессиональные камеры — техника дорогая и менее распространенная, чем любительские модели. В то же время, если проводить аналогию с автомобилями, то практически все конструктивные находки вначале опробовались на «болидах» «Формулы-1» и лишь затем применялись в массовом производстве. Так же и в случае с профессиональными камерами — после того как новые идеи «приживались» в профессиональных моделях, производители внедряли их в любительскую технику.

Зеркальная камера позволяет пользователю визуально контролировать кадрирование, наводку на резкость и глубину резкости. Эти возможности предопределили интерес профессиональных фотографов к данной технике еще в конце 50-х годов, когда пленочные зеркальные камеры только-только появились. Развитие электроники позволило оснастить зеркальные фотоаппараты автофокусом и системой расчета экспозиции. Современные репортажные «зеркалки» обладают настолько высоким «уровнем интеллекта», что для съемки необходимо лишь вставить пленку и нажать кнопку затвора. Неудивительно, что когда встал вопрос о создании полевых цифровых фотоаппаратов, обеспечивающих высокое качество снимка, в качестве прототипов были избраны именно зеркальные аппараты.

Наличие байонетного разъема для сменной оптики является отличительной чертой профессиональных цифровых фотоаппаратов, обладающих широким ассортиментом объективов для разнообразной работы — от макросъемки до длиннофокусного фотографирования. При этом пользователь со стажем может использовать весь свой оптический арсенал для пленочной техники, разумеется,

92 Выбор цифрового фотоаппарата

если он совместим с приобретаемой цифровой камерой. Дело в том, что у каждого из основных производителей 35-миллиметровых «зеркалок» сложился свой стандарт, не совместимый с другими, поэтому объектив Canon нельзя установить в фотоаппарат Nikon.

При выборе профессиональной камеры следует помнить о том, что в большинстве случаев размер кадра 35-миллиметровой пленки больше размера матрицы ЭОП. Это приводит к тому, что часть изображения, формируемая объективом, оказывается в буквальном смысле слова «за кадром» (рис. 3.1).

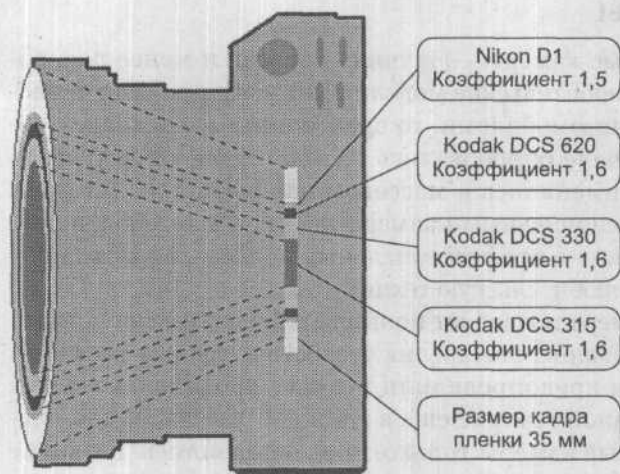


Рис. 3.1. Коэффициенты фокусного расстояния некоторых камер

Это приводит к сдвигу характеристик объектива в «длиннофокусную» область. Поэтому при выборе оптики следует учитывать коэффициент увеличения фокусного расстояния — как правило, он составляет около 1,5 (рис. 3.2). Например, при установке вариообъектива 28–70 мм его рабочий диапазон составит 42–105 мм.

У этого явления есть как положительные, так и отрицательные стороны. Среди минусов — сложность работ, требующих большого угла охвата и, соответственно, короткофокусных объективов. Поскольку оптика с фокусным расстоянием 18 мм и менее стоит очень дорого, широкоугольную (не больше 27 мм) съемку профессиональной камерой нельзя назвать дешевым удовольствием.



Рис. 3.2. Влияние коэффициента фокусного расстояния на изображение: а — изображение, формируемое объективом, рассчитанным на пленку 35 мм; б — часть изображения, которую «видит» ПЗС-матрица; в — изображение, генерируемое ПЗС-матрицей

С другой стороны, телеобъективы стоят тоже очень дорого, причем того, чем «длиннее» фокус, тем меньше относительное отверстие. В то же время недорогой 200-миллиметровый объектив с $f/4,5$ в нашем случае превращается в 300-миллиметровый. Кроме того, у 300-миллиметрового объектива диафрагма, как правило, — $f/5,6$, в нашем же случае она остается неизменной — $f/4,5$.

Следует также помнить, что любой объектив в той или иной степени страдает от кривизны поля и дисторсии, эффект от них выражен размытостью и искривлением изображения по краям кадра. При использовании ЭОП с площадью меньшей, чем у кадра пленки 35 мм, наиболее искаженная часть формируемого объективом изображения не попадет на сенсор.

В целом же, если учесть общую стоимость оборудования данного класса, расходы на хороший объектив нельзя назвать чрезмерными, кроме того, время жизни этого устройства при правильной эксплуатации достаточно долгое.

В ранних моделях для перевоплощения пленочной «зеркалки» в цифровую камеру достаточно было лишь удалить заднюю стенку базового фотоаппарата и установить дополнительный отсек с ЭОП и блоком хранения информации. При разработке современных образцов проводятся довольно глубокие изменения в конструкции фотоаппарата, поэтому происходит не столько переделка готового изделия, сколько создание новой модели. Разумеется, сохраняются байонет базовой камеры, видоискатель и основные управляющие органы. При этом появляются кнопки, используемые «цифровой» частью камеры, — для регулировки баланса белого, эквивалентной чувствительности и других параметров. Кроме них камера снабжается ЖК-дисплеем, интерфейсами ввода-вывода и отсеком

для сменных модулей памяти. Все современные пленочные «зеркалки» насыщены электроникой и поэтому имеют батарейный отсек, однако добавляемое оборудование требует дополнительного питания, поэтому используемые аккумуляторы заменяются более мощными моделями.

Основные категории профессиональной техники

В 1998 году появились первые признаки разделения профессиональной цифровой фототехники на категории. «Родоначальник» в изготовлении данного вида фототехники, концерн Kodak предложил рынку четыре модели, две из которых (DCS-520 и DCS-560) были основаны на пленочной «зеркалке» Canon EOS-1N, а две другие (DCS-620 и DCS-660) изготавливались на базе Nikon F5 — «двадцатки» оснащались матрицей с разрешением 1758×1152, а разрешение сенсоров «шестидесяток» составляло 3072×2048. Причем, несмотря на относительно малое разрешение, DCS-520 и DCS-620 пользовались устойчивым спросом из-за высоких чувствительности (ISO 1600) и «скорострельности» (серия из 12 кадров со скоростью 3,5 кадра в секунду). Именно с этого момента появилось разделение профессиональных цифровых камер на репортажные модели и модели с высоким разрешением.

В тот же период Kodak совершил попытку «демократизации» цен. Новый стандарт пленочной фотографии, APS (Advanced Photo System), использовал уменьшенную по сравнению с пленкой 35 мм площадь кадра, 30,2×16,7 мм против 35×23,3 мм. Подобрать в качестве базы «зеркалку» стандарта APS, можно было использовать сенсоры меньших габаритов (и стоимости), а коэффициент фокусного расстояния должен был оставаться в приемлемом диапазоне. Наиболее подходящим для этой цели фотоаппаратом оказался Nikon Pronea 6i. На его базе в 1998 году были разработаны DCS-315 с разрешением 1520×1008 и DCS-330 с разрешением 2008×1504. Вследствие использования малогабаритных ПЗС-матриц коэффициент увеличения фокусного расстояния был довольно велик (2,6 у DCS-315 и 1,9 у DCS-330), однако стоимость фотоаппаратов была заметно ниже, чем у «пятисотой» и «шестисотой» серий, так что именно DCS-315 и DCS-330 можно считать родоначальницами категории профессиональных камер начального уровня.

К настоящему моменту сложились три основных категории профессиональных камер — репортажные модели, модели с высоким разрешением и модели начального уровня.

Для камер репортажной категории, пользующихся устойчивым спросом у фотокорреспондентов, в первую очередь характерны высокие показатели непрерывной съемки: скорость съемки может достигать 8,3 кадров/с, а продолжительность серии — 50 кадров. В свою очередь, для ПЗС-матриц главным показателем считается не разрешение, а чувствительность, допускающая съемку без вспышки при слабом освещении, — дело в том, что при непрерывной съемке вспышку использовать затруднительно. Из прочих особенностей конструкции следует отметить аккумулятор большой мощности и солидных размеров, вследствие чего репортажные фотоаппараты отличаются крупными габаритами. Некоторые камеры оснащаются средствами беспроводного обмена данными, поэтому фотограф может в кратчайший срок переслать в компьютер отснятые кадры. Из числа последних моделей можно назвать Canon EOS-1D Mark II (разрешение 3504×2336, скорость съемки 8,3 кадров/с при продолжительности серии до 40 кадров) и Nikon D2Hs (разрешение 2464×1632, скорость съемки 8 кадров/с при продолжительности серии до 50 кадров).

Фотоаппараты с высоким разрешением наиболее популярны среди фотохудожников. Внешне они практически неотличимы от репортажных моделей, так как базовый корпус у них одинаковый — благодаря этому удешевляется и ускоряется разработка обоих вариантов. Основными параметрами являются разрешение ПЗС-матрицы, достигающее 16 мегапикселей (4992×3328), и широкий динамический диапазон сенсора, а вот «скорострельность» и чувствительность у этой категории камер ниже, чем у репортажных. К категории фотоаппаратов с высоким разрешением можно отнести Canon (EOS-1Ds Mark II, разрешение 4992×3328), Nikon (D2X, разрешение 4288×2848), а также Kodak (DCS Pro SLR/n и DCS Pro SLR/c (рис. 3.3) с разрешением 4536×3024).

В 2004 году стоимость профессиональных камер впервые опустилась ниже тысячедолларовой планки, в результате модели начального уровня стали доступны самым широким кругам пользователей. В настоящее время стоимость этой категории профессиональной фототехники не превышает полутора тысяч долларов, хотя

96 Выбор цифрового фотоаппарата

для этого разработчикам приходится прибегать к некоторому упрощению фотоаппарата. Например, в оптическом тракте видоискателя вместо дорогих призм устанавливаются более дешевые (и дающие чуть более темное изображение) зеркала, а корпус изготавливается не из магниевого сплава, а из ударопрочной пластмассы. Кроме того, по сравнению с двумя ранее описанными категориями профессиональных камер механизм подъема зеркала у фотоаппаратов начального уровня не столь скоростной и плавный, а ПЗС-матрицы отличаются более скромными разрешением и чувствительностью.



Рис. 3.3. Kodak DCS Pro SLR/c (разрешение 4536×3024)

Однако за счет сменной оптики и ПЗС-матрицы больших размеров (и соответственно, более широкого динамического диапазона) любая профессиональная камера начального уровня превосходит по своим потенциальным возможностям самый совершенный любительский фотоаппарат, уступая ему лишь в специфических видах съемки (макросъемка и съемка с объективом большой кратности). Наиболее популярные шестимегапиксельные и восьмимегапиксельные модели начального уровня — Canon EOS 300D (рис. 3.4) и 350D, Nikon D70, Olympus E-300, Pentax *ist D и *ist DS, а также Konica-Minolta Maxxum 7 Digital.



Рис. 3.4. Canon EOS 300D (разрешение 3072×2048)

Любительские камеры

Попытки классификации любительских камер начались с того момента, как в этой категории цифровой фототехники появился первый десяток моделей. Попытка отсортировать по разрешению ПЗС-матрицы была обречена на неудачу с самого начала, так как величина эта оказалась растущей так же быстро, как и быстродействие процессоров ПК. Затем любительские фотоаппараты попытались рассортировать по объему сервисных функций — управления экспозицией, балансом белого и т. д. Однако с течением времени практически все любительские модели обзавелись режимами съемки, которые ранее встречались только у профессиональных камер.

В конечном итоге в качестве основных «видовых признаков» приходится использовать параметры оптической системы, расширяемость (возможность установки насадок на объектив и внешних вспышек), а также эргономику фотоаппарата (то есть сочетание габаритов и удобства эксплуатации). В данный момент можно выделить пять категорий любительских камер:

- модели начального уровня;
- сверхкомпактные камеры;
- многоцелевые камеры;

98 Выбор цифрового фотоаппарата

- модели с вариообъективом большой кратности;
- «электронные зеркалки».

Необходимо отметить, что производители периодически выпускают модели, «балансирующие» между указанными категориями, поэтому существует вероятность, что приведенный список в дальнейшем будет дополнен.

Модели начального уровня

Камеры начального уровня лидируют как по ассортименту, так и по объемам продаж, так как стоимость «типичного представителя» данной категории не превышает 300 долларов (рис. 3.5 и 3.6). Впрочем, цена фотоаппарата данного типа может колебаться от 100 до 400 долларов.



Рис. 3.5. Olympus C-70 Zoom (разрешение 3072×2304, объектив 35–190 мм, $f/2.8$ – $f/4.8$)

Разумеется, фотоаппараты «стодолларовой» категории не могут похвастаться высококачественной оптикой — большинство этих камер снабжено широкоугольным объективом с постоянным фо-

кусным расстоянием и ограниченным набором диафрагменных чисел. Вспышка соответствует объективу, поэтому фотографии в большинстве случаев получаются «плоскими», а глаза — красными. Автофокус часто допускает «промахи», особенно в условиях слабого освещения. Оптимальная область применения этих камер — пейзажная съемка в солнечный день, так называемый «фотоальбом туриста». Однако при этом следует помнить, что оптика этих камер сильно подвержена дисторсии и кривизне поля. Поэтому не стоит удивляться тому, что объекты, расположенные по краям кадра, выгнуты и размыты.

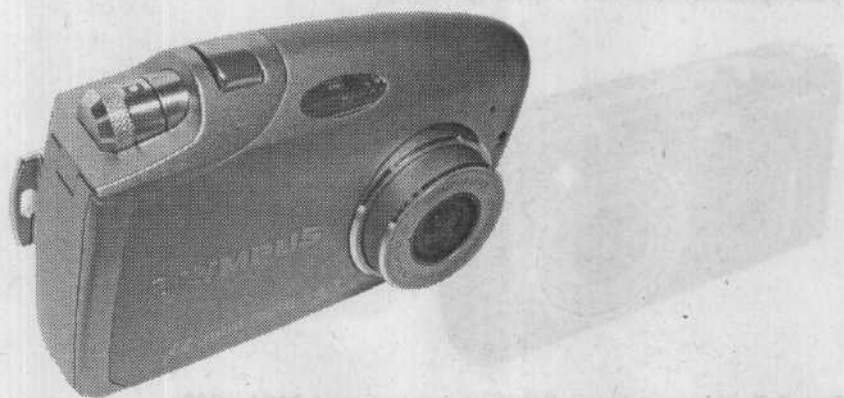


Рис. 3.6. Olympus μ mini Digital (разрешение 2272×1704, объектив 35–70 мм, $f/3.5$ – $f/4.9$)

Впрочем, основная масса камер начального уровня оснащена довольно качественными вариообъективами, позволяющими вести съемку любого вида. Автоматика расчета экспозиции отличается «сообразительностью», кроме того, имеется набор сюжетов «на все случаи жизни». Автофокус обеспечивает приемлемый процент «попаданий», а для съемки в сумерках и темном помещении имеется лампа подсветки автофокуса. Вспышки у этих моделей более мощные и «интеллектуальные», у наиболее удачных фотоаппаратов излучатель отдален от оптической оси объектива, что значительно снижает вероятность появления «красных глаз».

Спектр применения таких камер очень широкий и, как правило, полностью удовлетворяет потребности начинающего фотографа. Именно поэтому ряд моделей этой категории выпускается в пыле-

100 Выбор цифрового фотоаппарата

влагозащищенном исполнении, позволяющем вести съемку в самых экстремальных условиях. Правда, за такую «всепогодность» приходится платить на сто-двести долларов больше.

Сверхкомпактные модели

Как следует из названия, основной отличительной чертой этих аппаратов являются миниатюрные габариты. Эти маленькие блестящие металлические «кирпичики» снабжены вариообъективом и по своим возможностям практически ни в чем не уступают камерам предыдущей категории (рис. 3.7).

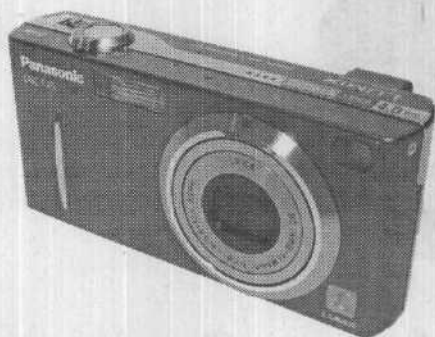


Рис. 3.7. Panasonic Lumix DMC-FX5 (разрешение 2304×1728, объектив 35–105 мм, f/2,8– f/4,9)

Правда, сверхкомпактные камеры имеют и ряд минусов, вызванных как раз малыми размерами. В частности, есть ограничение на диаметр линз, применяемых в объективе, что вынуждает разработчиков искать компромисс между светосилой, оптическим разрешением и уровнем aberrаций. К сожалению, в большинстве случаев результат их усилий далеко не идеален.

Миниатюрный корпус не располагает также к использованию стандартных разъемов для подключения к ПК, ТВ-аппаратуре и источнику питания. Поэтому большинство «малюток» оснащаются комбинированными разъемами, в которых сосредоточены все интерфейсы фотоаппарата. В случае потери кабеля пользователь ждет долгий и зачастую безрезультатный поиск этого аксессуара.

Из-за малых размеров камеры излучатель вспышки располагается близко к оси объектива, поэтому пользователь должен быть

готов к частому появлению «красных глаз» в кадре. Кроме того, чтобы «втиснуться» в как можно меньшие габариты, разработчики используют в качестве элементов питания специальные литиевые аккумуляторы. Эти устройства характеризуются миниатюрными габаритами и емкостью в сочетании с непомерной ценой, их заряд довольно быстро расходуется при съемке со вспышкой, поэтому пользователь вынужден часто заряжать аккумулятор, что, в свою очередь, ведет к его скорому выходу из строя.

Эргономика этих фотоаппаратов также оставляет желать лучшего. Ну а самым большим недостатком аппаратов данной категории является цена, которая в полтора раза больше, чем стоимость аналогичных по характеристикам камер начального уровня.

Многоцелевые камеры

Термин «светосильный объектив» трактуется каждым производителем по-разному, однако чаще всего под этим определением подразумевается вариообъектив с диапазоном фокусного расстояния 35–105 мм (в эквиваленте кадра пленки 35 мм), относительное отверстие которого составляет $f/2,0-2,8$ в широкоугольном режиме и $f/2,5-3,0$ — в длиннофокусном.

Формируемое светосильной оптикой световое изображение ярче, чем у обычного объектива, поэтому при прочих равных условиях выдержка будет «короче» (то есть меньше шанс получить «сдернутый» кадр), а импульс вспышки — слабее (изображение не будет «плоским»). Более того, некоторые виды съемок (например, пейзажная съемка в вечернее время) возможны только со светосильным объективом. Следует отметить также, что насадки на объектив определенным образом снижают яркость светового изображения, и именно поэтому эксплуатировать их желательно только со светосильной оптикой.

Еще одним преимуществом большинства высококачественных светосильных объективов является пониженный уровень аберраций, как геометрических, так и хроматических. В результате при широкоугольной съемке стены зданий по краям кадра не загибаются внутрь, а контрастно освещенные объекты не приобретают фиолетовой окантовки. Камеры, оснащенные такого рода объективами, выделяются в отдельную категорию, именуемую многоцелевой (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Canon PowerShot G6 (разрешение 3072×2304, объектив 35–140 мм, f/2.0– f/3.0)

Фотоаппараты этого типа обладают расширенной областью применения, которая обусловлена перечисленными особенностями светосильной оптики, возможностью подключения дополнительной вспышки, наличием резьбы для установки насадок на объектив, а также улучшенным автофокусом (благодаря сочетанию контрастного и фазового сенсорных блоков). Вспышки, которыми комплектуются многоцелевые модели, как по мощности, так и по сложности алгоритмов расчета освещенности не уступают осветителям профессиональных цифровых камер.

В последнее время появилась тенденция увеличения кратности светосильного вариообъектива до четырех. При этом расширять диапазон фокусного расстояния можно как в длиннофокусную, так и в широкоугольную области. Другим интересным явлением стало улучшение эргономики фотоаппаратов — новые модели все гуще «обрастают» кнопками и переключателями, обеспечивающими мгновенный выбор нужного режима съемки без утомительных переходов по пунктам меню.

Стоимость многоцелевых камер, с учетом перечисленных достоинств, в очень редких случаях можно назвать завышенной — как

правило, она находится в диапазоне от 400 до 600 долларов. Следует помнить, что цена новинок этой категории может доходить до 700 долларов, а камеры, снятые с производства, могут распродаваться по 300 долларов.

«Дальнобойные» модели и системы оптической стабилизации

Примерно в той же ценовой категории, что и многоцелевые камеры, находятся фотоаппараты с вариообъективами большой кратности (шестикратные и более) (рис. 3.9). Необходимость столь широкого диапазона фокусного расстояния вызвана рядом причин и имеет как плюсы, так и минусы.

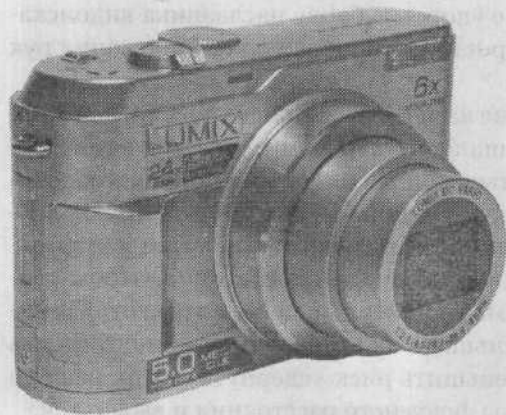


Рис. 3.9. Panasonic Lumix DMC-LZ2 (разрешение 2560×1920, объектив 37–222 мм, $f/2.8$ – $f/4.5$)

С помощью насадочной линзы можно изменить фокусное расстояние любого объектива, оснащенного соответствующей установочной резьбой. Однако при этом невозможно быстро перейти от широкоугольного панорамирования к длиннофокусной съемке, кроме того, при установленной насадке телескопический видоискатель не отражает истинных границ кадра, поэтому практически бесполезен. В то же время при съемке спортивных соревнований и мира дикой природы широкий диапазон фокусного расстояния

позволяет постоянно удерживать в кадре быстро перемещающийся объект съемки. В таких условиях чаще всего на смену насадочной линзы времени не бывает.

Ранние модели «дальнобойных» камер уступали многоцелевым фотоаппаратам по светосиле объектива, геометрические и хроматические aberrации вариообъективов большой кратности тоже были более заметными. В настоящее время уровень aberrаций «дальнобойной» оптики удалось заметно снизить, а светосила наиболее удачных объективов этой категории не уступает этому параметру многоцелевых фотоаппаратов.

У разработчиков «дальнобойных» камер с самого начала возникла проблема с кадрированием снимка, так как телескопический видоискатель столь большой кратности превращался в сложное и дорогостоящее устройство. В то же время ЖК-дисплей в солнечный день давал блики, кроме того, при «классическом» удержании фотоаппарата, с упором в бровь наглазника видоискателя, шанс «сдернуть» кадр из-за произвольного дрожания рук значительно уменьшается.

Выходом стало оснащение камер ЖК-видоискателями, качество «картинки» которых улучшалось с каждым годом, и в конечном итоге на них стала создаваться полная иллюзия реального изображения. Впрочем, некоторые модели последних лет не имеют ЖК-видоискателя: разработчики посчитали, что яркости и контрастности современного ЖК-дисплея вполне достаточно, чтобы рассмотреть изображение в самый солнечный день, а отказ от ЖК-видоискателя позволяет уменьшить как габариты, так и стоимость фотоаппарата. А чтобы уменьшить риск «сдернуть» кадр, решено было ограничить диапазоны фокусного расстояния и выдержек.

Дело в том, что «смазанность» снимка вызывается колебанием объектива относительно оптической оси, в результате которого световое изображение на протяжении экспонирования как бы «скользит» по плоскости регистрирующего устройства, оставляя за собой «шлейф». При равном угле наклона объектива, чем больше фокусное расстояние, тем сильнее смещение светового изображения и тем заметнее шлейф. Существует правило обратной пропорциональности, согласно которому соотношение фокусного расстояния и выдержки, не вызывающей «смазанности», обратно пропорционально, то есть при фокусном расстоянии 200 мм выдержка не должна быть больше 1/200.

Для борьбы со «сдергиванием» кадра существует более эффективный метод — использование систем оптической стабилизации (рис. 3.10). Конструкция данного устройства довольно сложна, однако основной принцип состоит в использовании *корректирующей линзы*, перемещающейся перпендикулярно оптической оси.

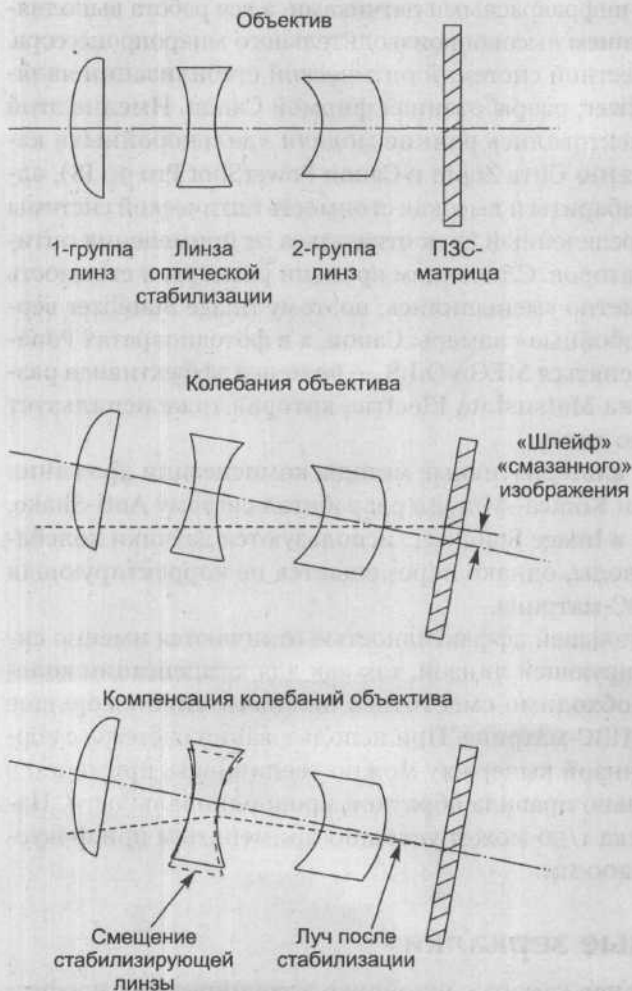


Рис. 3.10. Система оптической стабилизации

Стабилизация посредством перемещения корректирующей линзы осуществляется как в вертикальной, так и горизонтальной плоскости. Система гироскопических сенсоров определяет как направление, так и скорость наклона объектива. Для перемещения корректирующей линзы используется соленоид, поскольку такие приводы отличаются малыми габаритами и весом, быстрой реакцией и скромным энергопотреблением. Текущая позиция корректирующей линзы определяется инфракрасными датчиками, а вся работа выполняется под управлением высокопроизводительного микропроцессора.

Наиболее известной системой оптической стабилизации является Image Stabilizer, разработанная фирмой Canon. Именно этой системой комплектовались ранние модели «дальнобойных» камер (Olympus C-2100 Ultra Zoom и Canon PowerShot Pro 90 IS), однако солидные габариты и высокая стоимость оптической системы вынудили на определенный срок отказаться от применения оптических стабилизаторов. С течением времени размеры и стоимость таких систем заметно уменьшились, поэтому Image Stabilizer вернулась в «дальнобойные» камеры Canon, а в фотоаппаратах Panasonic стала применяться MEGA O.I.S. — не менее эффективная разработка концерна Matsushita Electric, которая тоже использует корректирующую линзу.

Существуют и альтернативные методы компенсации дрожания камеры. Концерн Konica–Minolta разработал систему Anti-Shake, в которой, как и в Image Stabilizer, используются датчики колебаний и сервоприводы, однако перемещается не корректирующая линза, а сама ПЗС-матрица.

И все же наибольшей эффективностью отличаются именно системы с корректирующей линзой, так как для компенсации колебаний линзе необходимо сместиться на значительно меньшее расстояние, чем ПЗС-матрице. При использовании системы с корректирующей линзой выдержку можно увеличивать примерно в 4 раза относительно правила обратной пропорциональности. Например, выдержка 1/50 может успешно применяться при фокусном расстоянии 200 мм.

«Электронные зеркала»

Термин «зеркальная камера» устойчиво ассоциируется с профессиональной цифровой техникой, однако среди любительских фо-

тоаппаратов тоже встречались модели с зеркальной схемой, использующей призму-делитель. От профессиональных цифровых камер разработки Olympus (модели C-1400, C-2500 и E10/20), Sony (DSC-700/770) и Pentax-Hewlett-Packard (EI-2000/PhotoSmart C912) отличались несменной оптикой и ПЗС-матрицей меньших размеров. Что касается оптики перечисленных моделей, то по светосиле, оптическому разрешению и уровню aberrаций она вполне соответствовала недорогим вариообъективам 35-миллиметровых «зеркалок».

Однако оптический тракт любительских «зеркалок» ничего, кроме сложности, в конструкцию фотоаппарата не добавлял. Ручная фокусировка у указанных моделей была сильно затруднена из-за большой глубины резкости формируемого объективом светового изображения. Однако несомненные плюсы, связанные с удачной эргономикой и возможностью подключения внешней вспышки и насадок на объектив, подвинули разработчиков на замену оптического тракта видоискателя электронным — вместо призмы-делителя появился ЖК-видоискатель.

Созданный гибрид получил весьма условное наименование «электронная зеркалка» (иногда используется термин «псевдозеркалка»), он представляет собой наиболее совершенный вариант любительской цифровой техники (рис. 3.11). Камеры этой категории оснащаются оптикой самого высокого класса (с включением линз со сверхнизким коэффициентом рассеивания), обеспечивающей максимальное оптическое разрешение и минимальный уровень aberrаций. Диапазон фокусного расстояния вариообъектива «электронной зеркалки» — от пяти до двенадцати крат, при высокой кратности нередко применяются системы оптической стабилизации. Корпус фотоаппарата, как правило, металлический, что обеспечивает прочность конструкции и возможность отвода тепла от ПЗС-матрицы. Размеры и форма корпуса максимально приближены к таким же параметрам профессиональной техники, а обилие кнопок и переключателей позволяет в любой момент задействовать нужную функцию. «Башмаком» для внешней вспышки и резьбой на объективе для насадок оснащается каждая «электронная зеркалка».

Фактически по эргономике, функциональной полноте и качеству оптики «электронные зеркалки» вплотную приблизились

108 Выбор цифрового фотоаппарата

к профессиональной технике начального уровня, оснащенной недорогой оптикой.



Рис. 3.11. Olympus C-8080 Wide Zoom (разрешение 3264×2448, объектив 28–140 мм. f/2,4– f/3,5)

Однако более широкий динамический диапазон «настоящих зеркалок» (при сравнимой с «псевдозеркалками» цене) обеспечивает им преимущество, которое на текущий момент любительские камеры преодолеть не могут.

4. Выбор цифрового фотоаппарата

Как и любой инструмент, цифровая фотокамера работает лучше всего (то есть обеспечивает снимки высокого качества) при определенных условиях, зависящих от типа фотоаппарата, а вот цена на качество кадра влияет в меньшей степени. Повышение стоимости камеры, главным образом, расширяет диапазон применения фотоаппарата. Исходить необходимо из того, что сумма, потраченная на приобретение той или иной модели, должна соответствовать потребностям пользователя.

При этом не следует забывать, что в большинстве случаев производители стремятся выдать желаемое за действительное, выделяя в рекламных материалах положительные стороны фотоаппарата и обходя его минусы. Конечно, можно воспользоваться материалами многочисленных обзоров, публикуемых как в печатных изданиях, так и на интернет-сайтах. Однако в этом случае на объективность оценки может влиять как личное отношение автора обзора к тому или иному производителю, так и скрытая финансовая поддержка издания либо сайта со стороны торговых организаций.

Пожелания пользователя и существующая классификация камер

При выборе цифрового фотоаппарата помимо возможностей камеры следует учитывать особенности ее эксплуатации. Сверхкомпактные модели и большинство камер начального уровня благодаря их скромным массогабаритным показателям можно носить в кармане брюк либо в дамской сумочке. У таких камер промежуток от нажатия кнопки включения до полной готовности к съемке составляет максимум три секунды, так как их оптика в «походном» положении

прикрывается автоматическими шторками, мгновенно убирающимися перед выдвиганием подвижной части вариообъектива. Многоцелевая камера и «электронная зеркалка» ни в один карман не поместятся, поэтому им необходим объемный чехол. Объективы этих фотоаппаратов закрываются специальными крышками, на снятие которых необходимо затрачивать определенное время.

«Зализанный» корпус сверхкомпактной модели так и норовит выскользнуть из рук. А у многоцелевой камеры либо «электронной зеркалки» с левой стороны передней панели расположен удобный выступ, обеспечивающий надежное удержание фотоаппарата, даже если тот утяжелен внешней вспышкой и насадкой на объектив.

Указанные особенности конструкций отнюдь не означают, что «электронные зеркалки» не годятся для повседневного ношения, а сверхкомпактные камеры невозможно удержать в руках. Тем не менее при подборе фотоаппарата необходимо учитывать, насколько его эргономика отвечает потребностям пользователя.

Оценивая требуемое разрешение камеры, следует помнить простую формулу, позволяющую приблизительно оценить рекомендуемый размер отпечатанных снимков. Как показывает практика, «рыхлости» напечатанного изображения удастся полностью избежать в том случае, когда кадр печатается с плотностью 300 линий на дюйм. Например, для оценки снимка четырехмегапиксельной камеры, имеющего разрешение 2272×1704 , необходимо разделить его горизонтальное и вертикальное разрешение на 300, таким образом печатное изображение будет составлять $7,6 \times 5,7$ дюйма, или 19×15 см.

Большинство пользователей приобретают фотоаппарат для съемки «от случая к случаю». При этом если съемка проводится в помещении, то оно небольших размеров и достаточно освещенное. Съемка на улице происходит днем, а в вечернее время ограничиваются близко расположенными объектами. Для перечисленных случаев достаточно иметь камеру начального уровня или сверхкомпактную модель. Фотоаппараты с постоянным фокусным расстоянием, даже известных производителей, лучше не приобретать, так как при этом крупный план объекта съемки взять очень сложно, а цифровая трансфокация ни к чему, кроме падения качества, не приводит.

Цифровая трансфокация (Digital Zoom) — режим съемки, эмулирующий увеличение фокусного расстояния объектива и применяемый для укрупнения объекта съемки. При цифровой трансфокации пиксели из центральной части кадра «вырезаются», после чего происходит либо запись файла меньшего разрешения, либо интерполяция пикселей до штатного разрешения.

Если средства на покупку фотоаппарата ограничены, лучше приобрести модель с ПЗС-матрицей меньшего разрешения, но оснащенную вариообъективом.

В том случае, когда планируемые условия съемки более сложные, следует подумать о многоцелевой камере либо «дальнобойной» модели, так как их возможности больше.

Следует заметить, что начинающие пользователи нередко допускают ошибку, когда приобретают простой фотоаппарат для съемки в сложных условиях, мотивируя свой выбор слабым уровнем подготовки. Дело в том, что чем богаче функциональный набор фотоаппарата, тем проще с его помощью снимать, — даже если пользуется им совершенно не знакомый с фотографией человек. Для подобных случаев камеры оснащаются режимом «Auto», при котором пользователю достаточно установить вариообъектив в нужный диапазон, скомпоновать кадр и нажать кнопку затвора. При этом исключаются такие «премудрости», как экспокоррекция и баланс белого, поэтому испортить кадр начинающий фотограф не сможет.

Выбирая между многоцелевыми камерами и «дальнобойными» моделями, следует помнить, что первые из-за светосильного объектива и возможности подключить дополнительную вспышку лучше приспособлены для съемки в помещении, а вторые вследствие большего диапазона фокусного расстояния удобнее при съемке на улице.

Например, при съемке в музее нередко запрещено использование вспышки, в этом случае светосильный объектив многоцелевой камеры позволит снизить риск «сдернуть» кадр. А при съемке в вечернее время мощная дополнительная вспышка позволит запечатлеть объекты, расположенные на расстоянии до 20 м, придавая объем полученному снимку.

«Дальнобойная» камера позволяет отснять крупным планом наиболее интересные детали архитектурных сооружений и природных объектов. При выборе конкретной модели обязательно следует отдавать приоритет камерам с системой оптической стаби-

лизации — в противном случае снимать можно будет только в солнечный день либо со штатива.

Как правило, «электронную зеркалку» пользователь решает приобрести после получения некоторого опыта эксплуатации любительской камеры одного из перечисленных типов. Побудительным мотивом может быть желание объединить возможности «дальнобойной» и многоцелевой камер, когда необходим фотоаппарат, объектив которого отличается как высокими светосилой и кратностью, так и низким уровнем аберраций, и при этом допускает установку дополнительной вспышки. В результате, пользователь получает возможность снимать в самых сложных условиях.

Снижение цен на профессиональные фотоаппараты начального уровня вызвало повышенный интерес к ним со стороны потенциальных покупателей «электронных зеркалок». В ряде случаев цены на эти две категории камер оказывались практически одинаковыми. В то же время динамический диапазон профессиональной техники значительно шире, чем у любительских камер, — это позволяет вести съемку с высокой эквивалентной чувствительностью и не опасаться, что «шум» в кадре станет заметным.

Однако при покупке профессиональной камеры необходимо помнить, что комплектуется она вариообъективом с ограниченной (не более трех) кратностью. Кроме того, такой объектив имеет слабую светосилу и малопригоден для макросъемки. Светосильный объектив, оптика большой кратности, макрообъектив — все это необходимо приобретать отдельно, причем за довольно большие деньги. Например, вариообъектив большой кратности с системой оптической стабилизации может быть дороже фотоаппарата.

Влияние компонентов камеры на качество снимка

При выборе камеры необходимо учитывать всю изложенную в данной книге информацию как по каждому из компонентов фотоаппарата в отдельности, так и по функционированию камеры в целом. Например, любая современная модель, обладающая большим количеством ручных режимов, должна хорошо фотографировать в полностью автоматическом режиме. Если же для достижения приемлемого качества при съемке в обычных условиях от пользовате-

ля требуется выбирать один из двадцати режимов специальной программы, работа с этим фотоаппаратом превратится в пытку. В то же время камера «без затей», но с хорошей оптикой, приличной матрицей и «умной» автоматикой может обеспечивать высококачественное изображение.

В середине прошлого века основными причинами неудачного снимка были ошибки в расчете экспозиции (52 %), сотрясение камеры при экспонировании (15 %) и неправильная наводка на резкость (12 %). Использование автоматического расчета экспозиции позволило наполовину сократить количество неудачных снимков, и теперь главными причинами порчи кадров являются «промахи» автофокуса и «сдергивание» камеры при «длинной» выдержке.

Как показывает практика, при медленной работе автофокуса пользователь не дожидается сигнала о том, что объектив наведен на резкость, и «прожимает» кнопку затвора до конца, опасаясь упустить удачный кадр. При съемке в сумерках автофокус начинает работать еще хуже, особенно при съемке в длиннофокусном диапазоне объектива. На короткой дистанции ситуацию может спасти подсветка автофокуса, при большом расстоянии надежную фокусировку обеспечивает фазовый сенсорный блок.

Предотвратить «сдергивание» кадра при большом фокусном расстоянии помогает система оптической стабилизации. В короткофокусном диапазоне влияние стабилизатора уменьшается, и более эффективным оказывается сокращение выдержки за счет применения светосильной оптики.

Любой объектив обладает определенным уровнем аберраций. Дисторсия сильнее всего проявляется при съемке архитектурных объектов, хроматические аберрации особенно заметны при съемке на улице, а кривизна поля усугубляется при установке насадок на объектив. Чтобы уменьшить влияние дисторсии, вариообъектив устанавливают в положение, промежуточное между широкоугольным и длиннофокусным. Для ослабления хроматических аберраций достаточно прикрыть диафрагму. Однако такие меры ограничивают область применения фотоаппарата.

Одним из основных факторов, ухудшающих качество кадра, является «шум» фиксированного распределения ПЗС-матрицы, обусловленный, помимо прочего, и нагревом сенсора. Поэтому фотографу следует как можно дольше оставлять фотоаппарат выключенным, включая его только непосредственно перед съемкой. Не

случайно система охлаждения студийных цифровых камер использует именно функцию «мгновенного засыпания» по завершении процесса экспонирования. С учетом того, что большинство кадров снимается во время летнего отпуска, желательно как можно меньше подвергать аппарат воздействию солнечных лучей. Для защиты от них идеально подходит кофр с толстыми пенополиуретановыми стенками, которые не только служат термобарьером, но и предохраняют камеру от ударов.

Отдельного упоминания заслуживают функции повышения эквивалентной чувствительности. Довольно часто пользователю предлагается возможность изменить чувствительность от 100 до 200, 400 и даже 800 единиц по ISO или же позволить камере подобрать значение этого параметра самостоятельно. Но функция эта равносильна повороту регулятора громкости радиоприемника, и вместе с полезной информацией в обработку попадают «помехи эфира» — паразитные электроны пикселей. Более того, чаще всего после усиления «шум» фиксированного распределения сенсора становится более заметным, чем исходное изображение. Поэтому ни в коем случае не следует повышать эквивалентную чувствительность, а наоборот, если есть возможность, необходимо установить минимальное число ISO.

Правда, в большинстве новых моделей существует режим шумоподавления на основе «темного кадра». Однако для того чтобы выяснить, насколько хорошо сочетаются шумоподавление и, скажем, чувствительность ISO 800, пользователю необходимо отснять определенное количество тестовых кадров — в ряде случаев снимок получается слишком размытым. Кроме того, «вычитание темного кадра» нельзя применять при экспозилке и непрерывной съемке.

Есть и еще одно ограничение. При усилении сигнала происходит сужение динамического диапазона сигнала, так как те области кадра, которые чуть-чуть не «дотягивали» до «засвеченных», автоматически становятся ими. Поэтому если в кадре могут быть какие-либо яркие объекты, в основном с зеркальными либо белыми поверхностями, повышение эквивалентной чувствительности не рекомендуется применять даже при наличии функции шумоподавления.

Пользователь и сам может использовать «темный кадр», если фотоаппарат не оснащен системой шумоподавления. При этом следует придерживаться трех правил. Во-первых, «темный кадр»

должен быть последним в серии, когда матрица достаточно «прогретая» и «шум» фиксированного распределения в «маске» будет заметным. Во-вторых, необходимо очень плотно прикрывать оптику и помнить, что если объектив выдвигается из корпуса, то штатная крышка может и не обеспечить надежное перекрытие светового потока. И, наконец, в-третьих, для каждой серии снимков нужно создавать отдельную «маску».

Для удаления шума автор рекомендует использовать программный продукт Adobe Photoshop. В этой программе необходимо открыть редактируемый снимок и добавить в него «маску» в качестве дополнительного слоя. Затем к этому слою необходимо применить фильтр размытия раstra (Filter ▶ Blur ▶ Gaussian Blur), установив для параметра Radius значение 0,3 пиксела. После этого в свойствах слоя указать для параметра Mode значение Difference. В результате этой несложной процедуры «шум» фиксированного распределения на снимке будет практически незаметен.

Наличие TTL-разъема вспышки, как кабельного гнезда, так и «башмака», также мало что значит, если соответствующая периферия отсутствует или ее сложно найти. Если же объектив снабжен резьбой для насадок, то не мешает поинтересоваться доступностью этих аксессуаров, а также совместимостью данной резьбы с существующими на рынке изделиями третьих фирм.

В обилии сервисных функций, которыми производители щедро снабжают свои изделия, нетрудно потеряться. Однако необходимость большинства из них вызывает сильные сомнения. В частности, возможность регулировки яркости, контрастности и цветонасыщенности отснятого кадра является, по большому счету, фикцией. Визуально оценить изображение на ЖК-дисплее с диагональю 5 см практически невозможно, кроме того, специализированные программы ПК справляются с этой задачей намного лучше.

Производители цифровой фототехники

Число основных производителей цифровой фототехники перевалило за десяток, при этом некоторые из них до недавнего времени фотоаппаратами не занимались. На данный момент все компании можно разделить на три основные категории:

- давно и хорошо известные производители фототехники, которые по большей части самостоятельно разрабатывают и изготавливают цифровые фотокамеры (Canon, Nikon, Olympus);
- популярные производители аудио- и видеотехники, выпускающие цифровые фотоаппараты с использованием объективов известных оптических компаний (или, по крайней мере, их логотипов) (Sony, Panasonic, Samsung);
- малоизвестные фирмы Юго-Восточной Азии, разрабатывающие относительно простые и дешевые модели (Premier, Skanhex).

Продукция компаний первых двух категорий, как правило, аналогична как по надежности и удобству эксплуатации, так и по качеству снимков. Фотоаппараты третьей категории заметно хуже по всем параметрам. Существует еще ряд особенностей, касающихся указанных категорий производителей:

- зачастую компании из первых двух категорий используют производственные мощности фирм третьей категории, однако за счет тщательного контроля при сборке качество готовой продукции при этом не падает (Konica—Minolta);
- нередко под знаменитой маркой продается техника второй категории либо на объектив наносится логотип полузабытой «оптической легенды» — ничего плохого в этом нет, но пользователь должен понимать, что реклама есть реклама (Carl Zeiss — Sony, Schneider-Kreuznach — Samsung и Kodak);
- самый неудачный для пользователя вариант возникает, когда всемирно известным оптическим «брендом» маркируются изделия третьей категории — разумеется, качество при этом совсем не улучшается (Jenoptik, Minox, Rollei).

В любом случае при выборе цифрового фотоаппарата нелишне ознакомиться с гарантийными обязательствами производителя, а также с доступностью и качеством работы его сервис-центра.

Тестирование фотоаппарата при покупке

Последовательность осмотра следует начать с корпуса. Его панели не должны содержать явных признаков механического воздейст-

вия — царапин либо вмятин. Дело тут не во внешней красоте — хотя бы один раз упавшая камера имеет все шансы повредить объектив. Если следов падения не обнаружено, то следующим исследуемым компонентом должен быть объектив, а для этой операции требуется хорошее освещение.

Большинство компактных камер оснащено выдвигающимся из корпуса объективом, поэтому при осмотре камеру обязательно надо включить. При этом следует прислушаться к издаваемым фотоаппаратом звукам. Разумеется, есть камеры, у которых при включении, изменении фокусного расстояния и фокусировке серводвигатели шумят довольно громко. Однако порой можно услышать отчетливый хруст и скрежет, вызываемый поврежденными частями механики либо попавшей в объектив пылью, а это уже тревожный сигнал, который нельзя игнорировать.

Затем, поворачивая объектив под разными углами к падающему свету, внимательно осмотрите внешнюю линзу объектива. Искать нужно царапины, сколы и помутнения, и очень хорошо, если таковые не обнаружатся. В некоторых камерах объектив состоит из линз довольно большого диаметра, так что удастся заглянуть «в самую душу» объектива. При этом можно найти дефекты не только оптической системы (например, водяной конденсат между линзами), но и неисправности механики. В частности, если лепестки диафрагмы повреждены, то при тщательном осмотре это можно обнаружить.

Если имеется резьба для крепления насадок на объектив, необходимо проверить, не сорвана ли она. Поскольку диаметр резьбового соединения большой (в среднем порядка 40 мм), а глубина небольшая, повреждения нарезки будут вызывать определенные трудности при навинчивании фильтров и насадочных линз.

При осмотре ЖК-дисплея особое внимание следует уделить дефектным пикселям. Максимально допустимое количество этих дефектных точек разное у изделий различных фирм-производителей, главное, чтобы они не были сосредоточены в одной компактной области экрана. В этом случае просмотр отснятых кадров сильно затрудняется.

Заканчивается внешний осмотр проверкой состояния разъемов. Наибольшей стойкостью к повреждениям обладают соединения с плоскими контактными поверхностями, такие как микроUSB. Гнезда типа «микроджек», применяющиеся для подключения

кабелей видеовыхода, отличаются несколько меньшей прочностью, особенно при сильных изгибающих усилиях. На поврежденном разъеме видны трещины, а контакт при этом ненадежен.

При тестовой съемке в первую очередь следует проверить ПЗС-матрицу на наличие «залипших» пикселей. Для поиска этих пикселей достаточно сделать снимок при полностью закрытом светонепроницаемой крышкой объективе. Для сохранения кадров следует выбрать формат TIFF, а если этот формат не поддерживается, то JPEG с минимальным уровнем сжатия. Полученные снимки желательно изучать на экране компьютера, так как даже самые лучшие ЖК-дисплеи камер при максимальном масштабировании кадра крайне редко позволяют обнаружить «залипшие» пиксели. Количество обнаруженных дефектов не должно превышать разрешение матрицы в мегапикселах, и, конечно же, они ни в коем случае не должны располагаться кучно.

Затем следует проверить оптическую систему фотоаппарата. Контроль хроматических аберраций довольно прост. Необходимо перевести вариообъектив в широкоугольный диапазон, выключить вспышку, предельно открыть диафрагму (если такой возможности нет, то включить экспокоррекцию на максимум передержки), после чего навести камеру на небо, установив перед объективом непрозрачный объект с отверстием. Светлое пятно от отверстия в большинстве случаев приобретет тонкую кайму синевато-фиолетового оттенка. Толщина этой каймы и определяет степень хроматических аберраций объектива.

Из геометрических аберраций легче всего проверить дисторсию. Для этого требуется сфотографировать прямоугольный объект при максимальном и минимальном фокусных расстояниях объектива. Степень изогнутости сторон прямоугольника внутри либо наружу определяет уровень дисторсии объектива.

Обнаружить кривизну поля немного сложнее. Для этого необходим объект, содержащий мелкие детали, — подойдет раскрытая книга. Следует так подобрать дистанцию съемки, чтобы шрифт был на пределе различимости. Затем нужно сделать пять кадров, в одном книга должна располагаться в центре, а в четырех остальных — по углам снимка. Если в «угловых» кадрах буквы рассмотреть невозможно, кривизна поля высокая и объектив нельзя назвать качественным.

Для проверки расфокусировки объектива необходимо отснять несколько объектов, находящихся на разном удалении, а также один и тот же предмет, но при разном фокусном расстоянии. При повреждении оптической системы кадры получатся размытыми, однако чтобы избежать размытости от «сдергивания» при большой выдержке, камеру при съемке следует установить на какую-нибудь устойчивую поверхность.

Отдельным серьезным испытанием для автофокуса камеры являются макросъемка и фокусировка в условиях слабой освещенности.

При макросъемке большинство камер уверенно наводятся на резкость при удалении объекта съемки на 10–20 см, однако в некоторых случаях этого не происходит. Если данный режим будет применяться довольно часто, имеет смысл обратить внимание на другие модели либо обзавестись насадочной линзой для макросъемки. В последнем случае можно подобрать такую насадку, что возможная дистанция съемки сократится до нескольких сантиметров, весь вопрос лишь в доступности таких аксессуаров.

Поскольку для пассивного автофокуса (а им оборудовано подавляющее большинство камер) используется ПЗС-матрица, при съемке в условиях слабой освещенности кадры тоже могут быть не в фокусе. Разумеется, что вряд ли кто-то будет снимать в кромешной тьме, но все-таки для уверенной работы исправного автофокуса должно хватать света, обеспечиваемого сорокаваттной лампой накаливания.

Слабая освещенность к тому же способствует проверке ПЗС-матрицы на уровень «шума» фиксированного распределения, при этом необходимо отключить вспышку. Для «разогрева» сенсора рекомендуется предварительно снять серию кадров-«пустышек». При съемке в автоматическом режиме камера установит максимальное значение чувствительности и выдержку, точно так же должен поступить пользователь при съемке в ручном режиме. Если «шум» фиксированного распределения матрицы слишком велик, то есть хаотично расположенные точки различных цветов усеивают кадр чересчур густо, то для съемки в помещениях эту камеру можно будет использовать только со вспышкой, а это не всегда возможно.

Даже если сенсор фотоаппарата «шумит» в пределах приемлемого, шанс испортить кадр сохраняется. Чаще всего это происходит

по вине не особенно «интеллектуального» алгоритма, используемого для настройки баланса белого. Для проверки достаточно снять произвольный объект, прислонив к нему лист белой бумаги для контроля. Как правило, результаты съемки при дневном свете в большинстве случаев оказываются приемлемыми, а вот в помещении с лампами накаливания или флуоресцентными источниками света автоматика, определяющая цветовую температуру освещения, частенько дает сбой.

Иногда положение удастся исправить, используя предустановленные параметры. В большинстве камер есть данные для корректировки расчета точки белого при разных источниках света — солнце, лампах накаливания или флуоресцентных светильниках. Однако при использовании смешанного освещения (например, когда в комнату, освещенную лампой накаливания, попадают солнечные лучи через открытое окно) не спасают даже скорректированные предустановленные значения. Хорошо, если камера позволяет установить баланс по эталону (листу бумаги, например), но когда на данную процедуру нет времени, или этой функции у фотоаппарата просто нет, спасти положение может только хорошая вспышка.

При использовании вспышки проблем с определением баланса белого не возникает, так как белый свет, генерируемый излучателем вспышки, имеет несколько «холодный» оттенок. За счет этого при освещении даже смешанными источниками света (флуоресцентными светильниками и лампами накаливания одновременно) цветовые оттенки объектов съемки выглядят естественно. Правда, в некоторых случаях наблюдается довольно интересный эффект — если установить баланс белого по эталону, а затем задействовать вспышку, то кадр весь будет окрашен синеватыми оттенками. В некоторых моделях есть даже опция «вспышка» при настройке баланса белого.

Однако главная функция вспышки — подсветка объекта съемки при недостаточном уровне освещенности. Основные характеристики вспышки — ведущее число и время зарядки конденсаторов. Производители любительских фотоаппаратов, как правило, указывают не ведущее число, а максимальную и минимальную дистанцию съемки со вспышкой. Необходимость обозначения минимальной дистанции вызывается тем, что избыток света превращает светлые участки кадра в сплошные белые пятна, в свою очередь,

автоматика камеры не всегда успевает оценить уровень освещенности объекта съемки и прервать свечение вспышки.

Поэтому рекомендуется проверить работу вспышки при разных условиях освещенности (в том числе в контровом свете), а также при максимальном и минимальном расстояниях до объекта съемки. При этом следует использовать как широкоугольный, так и длиннофокусный диапазоны варивообъектива камеры, а если есть возможность, снимать объекты разного цвета (светлый/темный) и различной степени отражения (матовый/глянцевый). Хорошая вспышка — это не только мощная лампа и быстро заряжающийся конденсатор. Качество этого устройства в первую очередь определяется уровнем «искусственного интеллекта», способностью молниеносно оценивать степень освещенности объекта съемки, соотносить ее с используемыми экспопараметрами и вовремя прерывать свечение. В этом случае лица людей в кадре выглядят естественно, предметы имеют глубокие светотени, а блики на глянцевых предметах не занимают всю их поверхность. Если же автоматика, что называется, «умом не отмечена», то фотографии становятся «плюскими», с обширными белыми пятнами на объектах переднего плана и резкими переходами из света в тень.

Для управления вспышкой существует не так уж много функций. Как правило, это режим принудительной вспышки (когда требуется снять объект в сильном контровом свете либо когда автоматика камеры «не хочет» применять вспышку), а также синхронизация при «длинной» выдержке. В некоторых камерах пользователь может также корректировать импульс вспышки.

Если камера позволяет управлять экспозиционными параметрами, необходимо проверить, насколько эти возможности отвечают потребностям пользователя.

В первую очередь следует проверить экспокоррекцию. Желательно, чтобы диапазон коррекции был побольше, а шаг регулировки — поменьше. Однако часто возникает ситуация, когда градуировка экспокоррекции, принятая производителем камеры, мягко говоря, не соответствует общепринятым стандартам. Приходится проверять «на глаз», при этом неплохо было бы в качестве теста использовать композицию как с ярко освещенными, так и с расположенными в глубокой тени предметами. Такой разброс позволит оценить не только возможности экспокоррекции, но и динамический диапазон сенсора. При максимальном смещении

экспозиции в «плюс» теневые объекты по уровню яркости должны соответствовать предметам, освещенность которых в кадре без экспокоррекции находится на среднем уровне. Точно такое же соответствие должно быть при «затемнении» снимка. А динамический диапазон фотоаппарата можно считать приемлемым, если при максимуме «положительной» экспокоррекции еще видны детали светлых объектов, а при максимуме «отрицательной» различимы предметы в тенях.

Несколько большие возможности по управлению экспозицией обеспечивают приоритетные режимы. Кроме того, без регулировки диафрагмы невозможно использовать внешнюю вспышку в автоматическом режиме. Самое главное при проверке приоритетных режимов — это диапазон регулировки экспопараметров. И если выдержка, как правило, регулируется в пределах от 10 с до 1/1000 с, то некоторые объективы допускают всего два-три положения диафрагмы (например, $f/2,8$, $f/5,6$ и $f/8$). Это значительно ограничивает возможности фотографа, так как для нормальной работы требуется хотя бы пять положений диафрагмы.

Некоторые объективы в качестве затвора используют тот же механический узел, который управляет диафрагмой. В результате при максимально открытой диафрагме значение минимальной выдержки становится уже не 1/1500, а 1/1000, так как лепесткам диафрагмы приходится перемещаться на большее расстояние.

Большинство камер в приоритетных режимах допускают также экспокоррекцию, отображая при этом на ЖК-дисплее значения обоих экспопараметров. Таким образом, пользователь может практически полностью контролировать экспозицию.

Однако в режиме ручной экспозиции управление выдержкой и диафрагмой производится напрямую, что избавляет пользователя от необходимости отслеживать «скачки» управляемого камерой экспопараметра при кадрировании. Кроме того, в режиме ручной экспозиции, как правило, шире диапазон «длинных» выдержек. Некоторые фотоаппараты в ручном режиме не отключают автоматику обсчета экспозиции. На ЖК-дисплее отображается степень отклонения EV от рекомендуемого автоматикой значения, то есть происходит что-то похожее на экспокоррекцию «наоборот».

Второй по распространенности после экспокоррекции является функция управления экспомером. Проверка точечного экспоза-

мера сводится к съемке светлого на темном или темного на светлом — главное, чтобы размер фотографируемого объекта был как можно меньше, а разница в освещенности — как можно больше. Функция считается реализованной правильно, если на снимке небольшой предмет получился хорошо различимым на контрастном фоне.

При использовании эксповилки камера рассчитывает дистанцию фотографирования и экспозицию один раз, а интервал между кадрами определяется только выбранной выдержкой и временем подготовки камеры к съемке. В свою очередь, время подготовки зависит от скорости считывания очередного электронного «слепок» с ПЗС-матрицы в буферную память. Нетрудно догадаться, что от состояния буферной памяти (свободна ли она для размещения очередного полуфабриката кадра) зависит количество экспозиций в серии. Поэтому продолжительность эксповилки, как правило, не превышает 3–5 кадров, впрочем, этого достаточно для большинства ситуаций. Следует помнить, что при съемке в данном режиме вспышка не используется. Помимо очевидной бессмысленности дополнительной подсветки при эксповилке это вызвано еще и тем, что зарядка конденсатора вспышки требует довольно большого времени. При выборе фотоаппарата следует обратить внимание на глубину изменения экспозиции (в идеале, от -2 EV до $+2$ EV), а также на возможность регулировки шага эксповилки (к примеру, $1/3$ EV, $2/3$ EV либо 1 EV).

Поскольку большинство компонентов цифровой камеры характеризуется довольно высоким энергопотреблением, трудно выделить наиболее «прожорливый» из них. Но, как правило, повышенным «аппетитом» отличаются вспышка, цветной ЖК-дисплей и привод оптической системы. Поэтому при тестировании системы питания рекомендуется «погонять» вариообъектив на максимальное и минимальное фокусные расстояния, снимать с принудительно включенной вспышкой и использовать в качестве видискателя ЖК-дисплей.

С появлением компактных камер, рассчитанных всего на два элемента АА, выявилась еще одна проблема. В ряде случаев даже абсолютно новые батарейки данного стандарта позволяли отснять максимум десяток кадров, а иногда и меньше. Дело в том, что ток зарядки конденсатора вспышки очень высокий и не все батарейки справляются с такой нагрузкой. Поэтому фотоаппараты, приме-

няющие четыре элемента АА, работают намного дольше, что же касается «двухбатареечных» камер, то для них рекомендуется использовать полностью заряженные аккумуляторы стандарта АА.

Описанные процедуры проверки и оценки камеры занимают довольно много времени, а его, как известно, всегда не хватает. Поэтому необходимо заранее решить, какие возможности управления экспозицией будут решающими при выборе фотоаппарата, а какие — второстепенными. Еще один способ сократить время осмотра — попытаться совместить часть тестов.

Один из самых лучших комплексных тестов — съемка человеческого лица с небольшого расстояния и при слабой освещенности смешанным (дневной/лампа накаливания, лампа накаливания/флуоресцентный) светом. В этом случае проверке подвергаются сразу несколько компонентов «интеллекта» камеры — расчет экспозиции, определение дистанции съемки, а также выбор «точки белого». Вдобавок к этому вспышка будет применяться в самой неблагоприятной для нее ситуации. Если фотоаппарат справится с этим сложным испытанием, то он будет обеспечивать хорошее качество кадров и при обычных условиях.

Что делать при неудачном выборе

Определившись с планируемой категорией фотоаппарата, пользователь обязан уяснить главное правило покупки — выбор модели должен происходить не при посещении магазина, а до этого события. По целому ряду причин нельзя полагаться на помощь продавца-консультанта:

- нередко продавец во вверенном ему ассортименте цифровой фототехники ориентируется гораздо хуже покупателя;
- даже если продавец понимает отличие одной камеры от другой, он может неправильно понять покупателя и предложить ему модель, не отвечающую всем требованиям клиента;
- задача продавца — реализация товара, поэтому если модели, идеально подходящей покупателю, на складе нет, продавец будет ориентировать клиента на имеющиеся в наличии камеры — особенно те из них, продажа которых идет вяло.

Если пользователь обнаружил, что купленный им фотоаппарат не обеспечивает нужное качество снимков либо не годится для

съемки в специфических условиях, необходимо как можно скорее попытаться вернуть камеру. Как показывает практика, если пользователь меняет ранее приобретенную модель на другую, более дорогую, магазин идет навстречу клиенту.

Сложнее обстоит дело в тех случаях, когда обмен невозможен по причине отсутствия желаемой модели. Закон о правах потребителя в такой ситуации помочь не может, так как он не распространяется на данный вид техники. Один из реальных вариантов решения этой проблемы — использовать сеть Интернет: можно поместить объявления о продаже камеры в конференциях сайтов, специализирующихся на цифровой фотографии.

Марин Милчев
Самое главное о...
Выбор цифрового фотоаппарата

Главный редактор
Заведующий редакцией
Руководитель проекта
Литературный редактор
Иллюстрации
Художник
Корректоры

Е. Строганова
А. Кривоцов
В. Шачин
Н. Роцина
Г. Домрачева
В. Медведев
И. Хохлова, И. Тимофеева

Лицензия ИД № 05784 от 07.09.01.

ООО «Питер Принт», 194044, Санкт-Петербург, пр. Б. Сампсониевский, 29а.
Налоговая льгота — общероссийский классификатор продукции ОК 005-93,
том 2: 95 3005 — литература учебная.

Подписано в печать 25.07.05. Формат 60×90/16. Усл. п. л. 8.
Тираж 4000. Заказ № 1719.

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «Типография Правда 1906».
195299, С.-Петербург, Киришская ул., 2.

Тел.: (812) 531-20-00, (812) 531-25-55