

Поступило в редакцию 21 июля 1981 г.

УДК 535.8 : 666.189.2

В. П. КЛИМАШИН
(Москва)

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛОКОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЭОП

Волоконно-оптические элементы (ВОЭ), в частности жесткие спеченные планшайбы, нашли широкое применение в последнее десятилетие в электронно-оптических преобразователях (ЭОП) различного назначения [1]. В указанных преобразователях ВОЭ могут устанавливаться как на входе прибора, выполняя в первом случае роль подложки для фотокатода [2]. Применение волоконной оптики в ЭОП позволяет осуществлять контактное фотографирование с экраном приемники зарядовой связи (ПЗС) для обработки изображений, а также использовать контактные расфокусировки на экране за счет коррекции кривизны поля посредством профилированной обработки волоконных элементов. Кроме того, волоконные детали дают возможность проводить при помощи отдельных камер способами, указанными в [3].

В настоящей работе исследовались ВОЭ с плоскопараллельными торцами, применяемые в качестве подложек для выходных окон ЭОП.

Выбирались образцы ВОЭ различной толщины (от 2 до 10 мм) с диаметрами световедущих жил 3,7 и 5 мкм с гексагональной укладкой волокон. Материал световедущей жилы — стекло ТБФ10 ($n_D = 1,58$), материал оболочки — стекло В0670 ($n_D = 1,30$). ВОЭ имели торцы, полированные по 14-му классу чистоты.

Известно, что механизм прохождения светового потока через волоконную структуру достаточно полно описывается эффектом трех колец [4]. Однако необходимо учитывать специфику работы волоконной шайбы в качестве выходного окна ЭОП, где на внутренней поверхности шайбы осажден слой люминофора. Хотя этот слой можно считать ламбертовым излучателем на длине волны возбуждения, в оптическом смысле он не является иммерсионной средой, позволяющей согласовать числовую апертуру волокна с апертурой источника излучения (в данном случае числовая апертура волокна меньше апертуры источника, принятой за 1). Следовательно, в такой системе

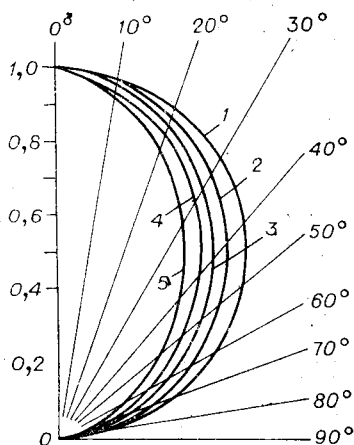


Рис. 1. Индикатрисы рассеяния ВОЭ с молочной подложкой:
1 — молочное стекло $t=3$ мм; волоконные диски (мм): 2 — $t=2$, 3 — $t=4$, 4 — $t=6,5$, 5 — $t=10$.

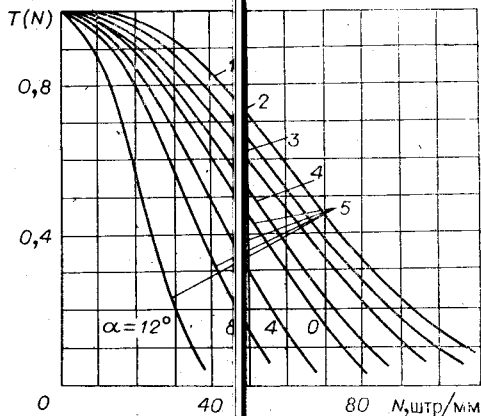


Рис. 2. Графическая зависимость $T(N)$ ВОЭ при:
1 — $t=4$ мм (диаметр волокна 3,7 мкм),
2 — $t=2$ мм (диаметр 5,0 мкм),
3 — $t=4$ мм (диаметр 5,0 мкм),
4 — $t=6,5$ мм (диаметр 5,0 мкм),
5 — $t=10$ мм (диаметр 5,0 мкм) при $\alpha=0^\circ$; 4; 8; 12° .

передачи изображения присутствует значительное количество света, создающего паразитный фон на выходном торце. Поэтому экспериментальные индикатрисы рассеяния светового потока на выходе ВОД были сняты в условиях, имитирующих наличие люминофора на торце шайбы. В качестве ламбертового источника использовалось молочное стекло толщиной 3 мм, расположенное от ВОД на расстоянии порядка 80—120 мкм с целью исключения оптического контакта.

Вид индикатрис рассеяния собственно молочного стекла и ВОД с молочным стеклом представлены на рис. 1. Индикатрисы рассеяния выходящего излучения изображены здесь условно в виде сплошных кривых. В действительности же имеет место лепестковая структура, обусловленная угловой селекцией излучения, проходящего через ВОД (эффект трех колец).

Наличие широких углов диаграмм свидетельствует о значительных фоновых потоках излучения, не только не участвующих в переносе изображения со входа на выход шайбы, но и снижающих контраст в полезном дифрактивном пучке лучей. При этом с увеличением толщины ВОД индикатрисы сужаются, что может быть объяснено преобладанием поглощения внеапертурных компонентов потоков, распространяющихся под углами, превышающими u_0 [5].

С учетом вида индикатрис рассеяния (см. рис. 1) были сняты частотно-контрастные характеристики (ЧКХ) ВОД под различными углами и относительно нормали к торцу волоконной детали. Блок-схема установки для снятия ЧКХ приведена в работе [4] с той лишь разницей, что фотоэлектрический регистратор (ФЭУ) имел возможность перемещаться посредством электропривода в направлении, перпендикулярном оптической оси установки.

На рис. 2 показаны графики ЧКХ для волоконных дисков различной толщины, снятые в диапазоне углов 0° (кривые 1—4) и $0—12^\circ$ (кривые 5) относительно продольной оси ВОД. Коэффициент передачи контраста для данной пространственной частоты мира определялся по формуле

$$T(N) = k_1/k,$$

где k_1 — контраст изображения штрихов мира на выходе ВОД, k — контраст изображения собственно штрихов мира.

Пересчет значений $T(N)$ на синусоидальность по формуле Колтмана не проводился, поскольку для большинства случаев практического использования ВОД настоящий вид ЧКХ является вполне приемлемым. Как видно из графиков, коэффициент передачи контраста существенно падает даже при незначительном отклонении от продольной оси ВОД, что согласуется с основными положениями [4].

С целью проверки влияния на разрешающую способность ВОД структурных aberrаций в схеме установки для снятия ЧКХ был предусмотрен поворот волоконного диска относительно неподвижной миры. Контраст изображения одного элемента мира, штрихи которого строго совпадали с направлением укладки волокон, был принят за 100%. При повороте ВОД на некоторый угол наблюдалось монотонное снижение контраста, являющееся следствием дискретности волоконных деталей и симметризации пучка лучей внутри жилы, а также частично нерегулярности укладки волокон. Графически эта зависимость представлена на рис. 3.

Анализ диаграмм самоисса, установленного на выходе ФЭУ, позволил качественно оценить искажение амплитудного профиля П-образной миры 100%-ного контраста при относительно низкой пространственной частоте — $20 \div 25$ штр/мм. В ходе эксперимента отмечалось, что с повышением пространственной частоты у всех образцов наблюдается сильная флуктуация сигнала как в максимумах (до 30%), так и в минимумах ($\sim 20\%$) интенсивностей штрихов мира, хотя при низкой пространственной частоте эти флуктуации были характерны только для максимумов. Указанное обстоятельство объясняется проявлением микроструктурного шума при сравнимости размеров волокон и штрихов мира.

При сканировании одного и того же участка ВОД не обнаружено сколько-нибудь заметной корреляции между записями микроструктурного шума и диаграммы пропускания системы «жила — оболочка». В качестве примера на рис. 4 приведена совмещенная для наглядности запись указанных диаграмм. Зона сканирования при этом составляла 200 мкм на торце волоконного диска, увеличение системы $280\times$, размер щели ФЭУ $12 \times 0,1$ мм.

Сканирование узкой щелью изображения торца ВОД, увеличенного оптической системой, позволяет также по изменению параметров модуляции (амплитуда, фаза)

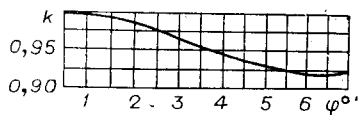


Рис. 3. График зависимости контраста от угла рассогласования между направлением штрихов мира и укладки рядов волокон.

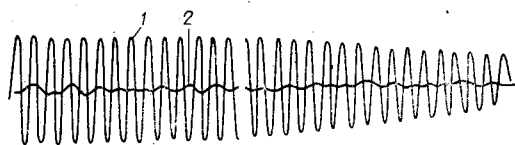


Рис. 4. Запись микроструктурного шума (кривая 2) и диаграммы светопропускания компонента жилы — оболочка (кривая 1).

надежно контролировать правильность укладки волокон в шайбе. Например, на рис. 4 отступление от периодичности волоконной структуры (появление углового рассогласования между направлением ряда волокон и щели ФЭУ) привело к уменьшению амплитуды сигнала.

ВЫВОДЫ

1. При использовании ВОЭ с линзовыми системами переноса изображения необходимо не только согласование апертур волокна и оптики, но и учет снижения коэффициентов передачи контраста при значительных углах поля зрения системы.
2. Выявлена зависимость величины контраста изображения на выходе волоконного диска от углового рассогласования между направлениями штрихов миры и укладки рядов волокон.
3. Отмечены нарушения распределения интенсивностей в изображении по отношению к исходному предмету, которые могут привести к значительным ошибкам при определении контраста в изображении, полученном на выходном торце ВОД. С увеличением пространственной частоты объекта отклик системы на П-образный штрих миры становится гауссовым. Однако возникает нерегулярная флуктуация сигнала в областях как светлых, так и темных штрихов миры, затрудняющая проведение точных амплитудных измерений сигнала. Указанные флуктуации являются следствием макроструктурного шума ВОД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутслов М. М., Степанов Б. М., Фанченко С. Д. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях.— М.: Наука, 1978.
2. Зайдель И. Н., Куренков Г. И. Электронно-оптические преобразователи.— М.: Сов. радио, 1970.
3. Семенов Е. П. Усиление яркости и спектральное преобразование изображения.— ОМП, 1970, № 7.
4. Сагтаров Д. К. Волоконная оптика.— Л.: Машиностроение, 1973.
5. Герчиков А. С. Эффективная апертура оптических волокон.— ОМП, 1975, № 8.

Поступило в редакцию 25 февраля 1980 г.

УДК 621.314.64

В. П. КИРИЕНКО, В. С. НАУМОВ
(Горький)

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ

В последнее время значительно расширились области применения лазерных систем, работающих в импульсном режиме [1]. Ответственными элементами таких импульсных систем являются источники питания, концентрация энергии в которых осуществляется в емкостных накопителях (ЕН). Широкое использование энергии ЕН в различных областях науки и техники привело к разработке большого числа зарядных устройств (ЗУ), предназначенных для управления регулируемым либо нерегулируемым по своему характеру процессом зарядки ЕН. В связи с этим возникает необходимость детального рассмотрения и выявления наиболее перспективных вариантов построения ЗУ. В статье проводится анализ современных направлений в разработке ЗУ, на основе которого предлагается классификация возможных вариантов их построения и даются рекомендации по практическому ее использованию.

Устройства, реализующие нерегулируемый процесс зарядки, получили довольно широкое распространение, что объясняется простотой их расчета и практической реализации. Основной особенностью подобных устройств при питании от источника ЭДС является необходимость ограничения амплитудных значений зарядного тока, что реализуется введением в зарядную цепь активных и реактивных токоограничивающих элементов. При этом процесс зарядки ЕН осуществляется за большое число периодов питающего напряжения, а источник питания имеет низкие энергетические показатели. Применение резонансных явлений в зарядном контуре позволяет несколько улучшить энергетические показатели источника питания. Так, например, в схемах с токоограничивающим дросселем можно реализовать резонансную и квазирезонансную зарядку ЕН [2]. Принцип работы таких схем состоит в использовании явления резонанса напряжений между токоограничивающим дросселем и заряжае-