

в общем случае, происходит перенос изображения из одной спектральной области в другую.

Если электроны, испускаемые отд. малым элементом фотокатода, переносятся электрич. полем на соответствующий малый элемент люминесцентного экрана, то на экране создаётся изображение, состоящее из множества светящихся элементов, геометрически подобное изображению, проектируемому на фотокатод. Поскольку ток с каждого элемента фотокатода пропорционален падающему на него световому потоку, а яркость свечения элементов экрана (при умеренной плотности тока) линейно связана с величиной приходящего на него тока, распределение яркости свечения по экрану достаточно точно воспроизводит распределение освещённости по фотокатоду. Т. о., изображение на экране и по форме и по яркости воспроизводит изображение, проектируемое на фотокатод.

**Параметры ЭОП.** Осн. параметром ЭОП является коэф. преобразования, или величина усиления светового потока  $\eta_{\phi}$ , определяемая как отношение светового потока, излучаемого экраном  $\Phi_{\kappa}$ , к световому потоку, падающему на фотокатод  $\Phi_{\kappa}$ . При чувствительности фотокатода  $k_{\phi}$ , ускоряющем (анодном) напряжении  $U_a$  и световой отдаче экрана  $k$ , коэф. преобразования

$$\eta_{\phi} = \Phi_{\kappa} / \Phi_{\kappa} = k_{\phi} k_3 U_a.$$

ЭОП, используемые для усиления яркости изображения, характеризуются коэф. усиления яркости  $\eta_{\nu}$ , определяемым как отношение яркости свечения экрана к освещённости фотокатода и измеряемым в  $\text{кд}/\text{м}^2 \cdot \text{лк}$ . При одинаковых размерах экрана и фотокатода (переносе изображения в масштабе 1:1) величины коэф. усиления яркости и коэф. преобразования связаны соотношением  $\eta_{\nu} = \eta_{\phi} / \pi$ . Для увеличения яркости свечения экрана при тех же значениях параметров  $k_{\phi}$ ,  $k_3$ ,  $U_a$  часто используют перенос изображения с уменьшением. Если линейный размер (диаметр) экрана в  $1/\Gamma$  раз ( $\Gamma$ —коэф. увеличения) меньше диаметра фотокатода, яркость свечения экрана возрастает в  $\Gamma^2$  раз, т. е. коэф. усиления яркости увеличивается в  $\Gamma^2$  раз (см. *Увеличение оптическое*).

Вторым параметром ЭОП, характеризующим сохранение чёткости изображения, является *разрешающая способность R*. Предел разрешения ЭОП оценивается наибольшим числом чередующихся светлых и тёмных полос (линий) штрихового тест-объекта на 1 мм изображения, видимых раздельно. Единица измерения предела разрешения — пара линий/мм. Качество изображения, создающегося на экране ЭОП, оценивается также сохранением *контраста*, определяемого как отношение разности яркостей наиб. светлых и наиб. тёмных участков изображения к сумме яркостей. При сохранении контраста возможно раздельное видение элементов изображения с незначительно различающимися яркостями.

К параметрам ЭОП относят также отношение сигнал/шум. Шум, наблюдаемый в виде беспорядочных флуктуаций яркости элементов экрана, объясняется статистич. природой выхода электронов из фотокатода и излучения квантов света экраном. При соизмеримости величин сигнала и шума изображение перестаёт быть различимым, поэтому величина шума определяет мин. освещённость объектов, необходимую для их наблюдения с помощью ЭОП.

**Типы ЭОП.** По способу переноса электронного изображения с фотокатода на люминесцентный экран ЭОП разделяются на три вида: ЭОП с параллельным переносом изображения однородным электростатич. полем (плоские ЭОП), ЭОП с электростатич. фокусировкой и ЭОП с магн. фокусировкой.

Простейшие ЭОП с плоскопараллельными фотокатодом и экраном и переносом изображения однородным электростатич. полем не получили распространения из-за ряда недостатков: сравнительно небольшого коэф. преобразования, недостаточной разрешающей способности, малой контрастности изображения. Увеличение  $\eta_{\phi}$  и  $R$  повышением ускоряющего (анодного) напряжения ограничено возможностью электрич. пробоя и возникновения автоэлектронной эмиссии с катода. Снижение контрастности объяс-

няется оптич. обратной связью: излучение экрана освещает фотокатод, испускаемые катодом электроны возбуждают рассеянное свечение экрана (фон), снижающее контраст.

Наиб. распространение получили ЭОП с электростатич. фокусировкой, у к-рых изображение переносится неоднородным осесимметричным электростатич. полем — полем *электронной линзы*. В этих ЭОП поле иммерсионной (катодной) линзы формируется между фотокатодом и анодом, выполняемым обычно в виде усечённого конуса, обращённого меньшим основанием к катоду; потенциал анода равен потенциалу экрана, расположенного непосредственно за анодом. Линза собирает электроны, испускаемые каждой точкой фотокатода, в узкие пучки, к-рые на экране создают светящиеся изображения, геометрически подобное изображению, проектируемому на катод. ЭОП с фокусирующими системами создают достаточно хорошие изображения с разрешением в неск. десятков пар линий/мм. Линза переносит изображение с уменьшением в неск. раз, что увеличивает яркость свечения экрана в  $\geq 10$  раз; наличие анодного электрода с небольшим отверстием со стороны катода заметно уменьшает оптич. обратную связь, экранируя катод от засвечивания излучением экрана.

Разрешающая способность ЭОП с электростатич. фокусировкой и плоскими катодом и экраном ограничивается aberrациями электронных линз: двумя геометрическими — астигматизмом и искривлением поверхности изображения — и хроматической, вызываемой разбросом скоростей и углов вылета электронов, испускаемых фотокатодом. Уменьшение aberrаций диафрагмированием в ЭОП принципиально невозможно, т. к. перенос изображения осуществляется широким электронным пучком, выходящим со всей поверхности катода и воспринимаемым всей поверхностью экрана. Aberrации наиб. заметно снижают предел разрешения на периферийной части экрана, по мере удаления от оси разрешение уменьшается в 10—15 раз. При использовании широких пучков проявляется также *дисторсия*.

Качество изображения улучшилось в ЭОП с фотокатодом и экраном вогнутой формы. Такие ЭОП с искривлёнными поверхностями объекта (катода) и изображения (экрана) позволили получать при  $\eta_{\phi} \approx (3+5) \cdot 10^2$  предел разрешения до 40—50 пар линий/мм в центре и до 15—20 пар линий/мм у края экрана. Недостатком таких ЭОП являлось неудобство, связанное с необходимостью проецировать изображение на выпуклый фотокатод и рассматривать его на выпуклом экране.

Дальнейшее повышение  $\eta_{\phi}$  было достигнуто совмещением двух преобразователей в одной вакуумной оболочке. В этих приборах между входным фотокатодом и выходным экраном устанавливается прозрачная перегородка, на одной стороне к-рой (со стороны входного фотокатода) создаётся люминесцентный экран, а на другой (со стороны выходного экрана) — фотокатод, освещаемый через прозрачную перегородку светом, излучаемым внутр. экраном. Такие ЭОП имели  $\eta_{\phi} \sim 10^4$ , предел разрешения до 50 пар линий/мм в центре и до 10—15 пар линий/мм у краёв экрана. Эти ЭОП не нашли широкого распространения из-за технол. трудностей, связанных с необходимостью получения в одном вакуумном объёме двух достаточно эффективных фотокатодов и двух люминесцентных экранов.

ЭОП значительно усовершенствовались с использованием плоско-вогнутых стекловолоконных пластин. Проецируемое на плоскую сторону входной волоконно-оптич. пластины (ВОП) изображение (рис. 2) без искажений переходит на её вогнутую сторону, на к-рой сформирован фотокатод. Электронной линзой изображение переносится на экран, созданный на вогнутой стороне выходной ВОП, а изображение наблюдается на её плоской стороне. Вогнутая форма катода и экрана позволяет перенести изображение с мин. искажениями. Однокамерные ЭОП с ВОП на входе и выходе наз. модульными ЭОП (модули) и широко используются в приборах ночного видения. Возможно создание двух- и трёхмодульных ЭОП, в к-рых плоская сторона выходной ВОП первого модуля *оптическим кон-*