ВОПРОСЫ СОГЛАСОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УЗЛОВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ

В. И. Алехин, В. М. Евсеев, Е С. Хорошайло

Харьков

При создании оптико-электронных устройств вывода дискретной информации из электронных вычислительных машин (ЭВМ) на фотоноситель приходится решать вопросы оптимальной скорости вывода и плотности записи, а также вопросы согласования характеристик узлов, входящих в систему.

Если в качестве выходного устройства ЭВМ применяется электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), то скорость вывода определяется световой отдачей люминофора, собирающей способностью оптики и светочувствительностью фотоносителя. Резкого повышения светочувствительности фотоносителей добиться пока не удалось, поэтому увеличение скорости вывода получаем улучшением светоотдачи люминофора ЭЛТ.

Если выводимая информация на экран ЭЛТ является дискретной (1 и 0), то энергия, сообщаемая электронным пучком каждой точке,

$$W = jU_a \frac{a_n}{v_p}, \qquad (1)$$

где j — плотность тока в точке экрана ЭЛТ;
d_n — диаметр точки;
U_a — рабочее напряжение;
v_p — скорость вывода.

Определяем световую энергию, излучаемую люминофором,

$$W_\phi = W \cdot \eta,$$

где η — коэффициент светоотдачи люминофора ЭЛТ.

Из (1) следует, что с увеличением скорости вывода информации величина световой энергии, отдаваемой люминофором, уменьшается и может оказаться столь малой, что фотоноситель не будет на нее реагировать. В то же время увеличение скорости вывода информации оказывается в резком противоречии с разрешающей способностью, определяющей максимальное количество информации, которое может содержать экран ЭЛТ. Разрешающая способность оценивается количеством неперекрывающихся точек на линии развертки. Самым перспективным путем повышения скорости вывода информации и разрешающей способности является повышение рабочего напряжения U_a. Например, уменьшение диаметра точки без уменьшения ее энергии приводит к квадратичному увеличению световой отдачи с единицы площади экрана при условии, что преобразование электрической энергии в световую линейно. Однако скорость вывода информации не может быть увеличена вчетверо при уменьшении диаметра точки вдвое, так как при этом

сокращается время экспозиции, а плотность записи информации оказывается обратно пропорциональной диаметру точки на экране ЭЛТ.

При согласовании характеристик ЭЛТ и фотоносителя следует учитывать, что время экспозиции и яркость информационных точек на экране ЭЛТ должны подчиняться закону взаимозаместимости. При очень малом и большом времени экспозиции или яркости линейная зависимость между ними нарушается. Это явление начинает появляться при больших скоростях вывода информации из ЭВМ.

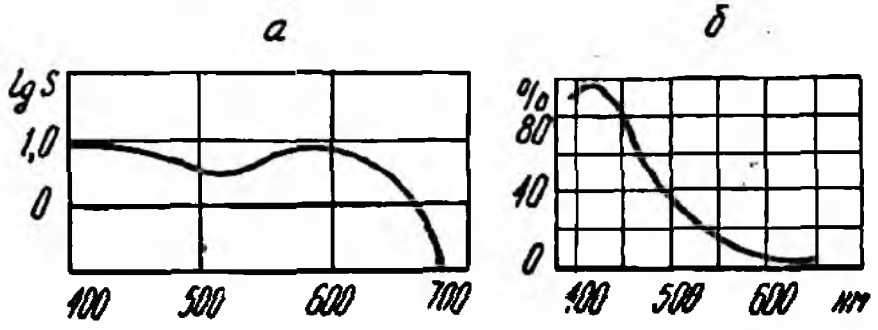


Рис. 1. Спектральные характеристики поминофора ЭЛТ (*а*) и панхроматической пленки (*б*).

Важным звеном в оптико-электронных устройствах вывода является оптический узел. Основными характеристиками оптики являются: передаточная функция, разрешающая способность, спектральная характеристика, светосила, коэффициент пропускания света.

Под разрешающей способностью подразумевается способность объектива воспроизводить изображение последовательности точек при различных пространственных частотах. Разрешающую способность можно определить, пользуясь формулой разрешающего углового расстояния для самосветящихся объектов

$$\sin\psi = \frac{1{,}22\lambda}{D},$$

где D — диаметр входного зрачка;

λ — длина волны.

Для получения максимальной светоотдачи и разрешающей способности требуется полное согласование спектральных характеристик люминофора ЭЛТ, объектива и фотоэмульсии. Спектральная характеристика экрана ЭЛТ с голубым свечением *а* и панхроматической пленки *б* показаны на рис. 1. Отношение диаметра входного зрачка D к фокусному расстоянию f называется относительным отверстием n. Это отверстие характеризует светосилу объектива. В зависимости от величины относительного отверстия объективы разделяются на ультрасветосильные, светосильные и малосветосильные. Относительное отверстие, которое определяется при помощи коэффициента пропускания света, называется эффективным,

$$n_э = \frac{n}{\sqrt{\tau}},$$

где τ — коэффициент пропускания света.

Однако такое определение справедливо лишь для случая, когда расстояние от объектива до линзы много больше расстояния от линзы до изображения. При записи информации на фотоноситель с экрана ЭЛТ

лучше определять собирающую способность объектива через числовую апертуру

$$A = n_1 \sin \theta,$$

где θ — апертурный угол;

n_1 — показатель преломления среды.

Самая светосильная линзовая оптика собирает и передает менее 10% света, излучаемого люминофором ЭЛТ.

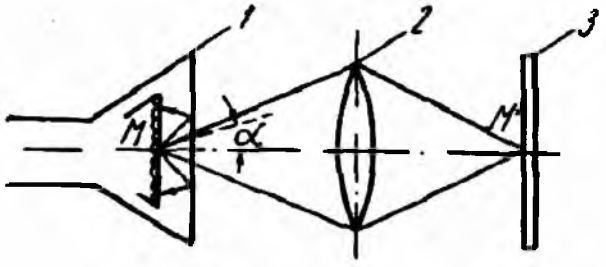


Рис. 2. Схема передачи светового потока от ЭЛТ к фотоносителю:
1 — ЭЛТ; *2* — оптический узел; *3* — фотоноситель.

На рис. 2 приведена схема передачи света от точки M люминофора ЭЛТ в точку M', находящуюся на фотоэмульсии, через линзовую систему. Относительная доля световой энергии, достигающей точки M', определяется уравнением

$$\xi_{M'} = \frac{\int_0^{\alpha} I(\theta)\{1 - R(\theta)\}\tau(\theta)\,d\theta}{\int_0^{\frac{\pi}{2}} I(\theta)\sin\theta\, d\theta}. \qquad (2)$$

Часть света, приходящаяся на ореол,

$$\xi_0 = \frac{\int_{\theta_k}^{\frac{\pi}{2}} I(\theta)\sin\theta d\theta}{\int_0^{\frac{\pi}{2}} I(\theta)\sin\theta d\theta}, \qquad (3)$$

где $I(\theta)$ — яркость излучения в точке M в зависимости от угла θ;

$R(\theta)$ — коэффициент отражения Френеля;

$\tau(\theta)$ — коэффициент пропускания линзовой системы;

θ_k — критический угол полного внутреннего отражения.

Учитывая все составляющие в формулах (1), (2), можно показать, что пучок, падающий на линзовую систему, содержит от 2 до 5% света, излучаемого в точке M (только на ореол приходится около 50% света). Поэтому при конструировании устройств фотовывода информации из ЭВМ к расчету линзовой системы предъявляются очень жесткие требования.

Применение волоконной оптики радикально увеличивает светоотдачу. Эффективная числовая апертура волоконной оптики ЭЛТ, включая потери света в непроводящем покрытии стержней, равна 0,8. При совмещении люминофора трубки с входным зрачком нитей фотоноситель,

находящийся в непосредственной близости к выходному срезу связки, получает от 70 до 90% световой энергии, излучаемой люминофором. Для полной реализации возможностей ЭЛТ с волоконной оптикой эмульсионная сторона фотоносителя должна плотно прижиматься к наружной стороне диска с волокнами.

Разрешающая способность волоконной оптики превышает 100 *лин/мм*. Однако ЭЛТ с волоконной оптикой имеют разрешающую способность порядка 20÷40 *лин/мм*. Ограничивающим элементом является люминофор ЭЛТ, так как минимально достижимый диаметр точки на люминофоре равен примерно 0,004 *мм*. Зная разрешающую способность ЭЛТ, фотоносителя и линзовой системы, можно записать разрешающую способность устройства вывода информации на сумму обратных величин:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{\text{ЭЛТ}}} + \frac{1}{R_{\text{опт}}} + \frac{1}{R_{\Phi}},$$

где R, $R_{\text{ЭЛТ}}$, $R_{\text{опт}}$, R_{Φ} — разрешающая способность устройства вывода информации, ЭЛТ, оптического узла и фотоносителя.

Из сказанного выше следует, что при расчете и конструировании новых оптико-электронных устройств вывода информации из ЭВМ необходимо: использование ЭЛТ с волоконной оптикой; применение светосильной и просветленной оптики; полное согласование спектральных характеристик люминофора ЭЛТ, оптики и фотоносителя; значение рабочих характеристик всех узлов и их согласование. Только в этом случае может быть создано устройство вывода информации, близкое к оптимальному.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сб. Оптическая обработка информации. Изд-во «Мир», 1966.
2. А. Г. Шерстнев. Электронно-лучевые приборы. Изд-во «Энергия», 1966.
3. Кэпани, Миллер. Применение нитевой оптики в электронно-оптических системах. «Зарубежная радиоэлектроника». 1961. № 4.
4. Б. Н. Бегунов. Геометрическая оптика. Изд-во МГУ, 1966.