

Во мн. типах приёмных ЭЛТ, напр. в кинескопах, используют трёхлинзовые прожекторы, в к-рых между первой линзой, формирующей скрещение, и линзой, отображающей скрещение на экране, помещается третья, сравнительно слабая линза, уменьшающая угол расхождения пучка за кроссовером. Это приводит к уменьшению изображения кроссовера и уменьшению диаметра пучка в области отображающей линзы, что уменьшает её геом. аберрации. Совр. прожекторы при токах пучка в неск. мкА позволяют получать светящееся пятно на экране диам.  $\leq 10$  мкм.

Током пучка управляют, изменяя потенциал диафрагмы, наз. модулятором и расположенной между катодом и ускоряющим электродом (анодом). Три электрода — катод, модулятор и ускоряющий электрод — образуют первую линзу электронного прожектора. Для достаточно эффективного отбора электронов с катода поле, создаваемое ускоряющим электродом, должно доходить до поверхности катода. Изменение потенциала модулятора приводит к изменению тока луча. Управляющее действие модулятора аналогично действию управляющей сетки электронной лампы, но в отличие от последней потенциал модулятора влияет также на величину площади поверхности катода, у к-рой имеется ускоряющее поле. Это приводит к более сильной зависимости тока от напряжения модулятора. График зависимости тока катода (или тока луча) от напряжения модулятора, наз. модуляционной характеристикой прожектора, приближённо описывается параболич. законом с показателем степени  $\approx 5/2$ .

Первая линза прожектора, ускоряющая электроны, может быть только электростатической, вторая и последующие могут быть электростатическими (иммерсионными или одиночными) или магнитными. Прожекторы, все линзы к-рых являются электростатическими, наз. прожекторами с электростатич. фокусировкой; прожекторы, имеющие хотя бы одну магн. линзу, наз. прожекторами с магн. фокусировкой (рис. 2).

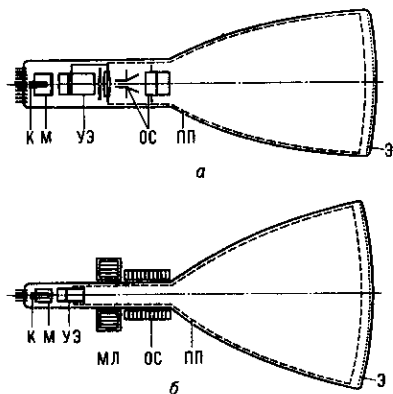


Рис. 2. Схема приёмных ЭЛТ с электростатической (а) и магнитной (б) фокусировкой и отклонением луча: К — катод; М — модулятор; УЭ — ускоряющий электрод; ОС — отклоняющие системы; МЛ — магнитная линза; ПП — проводящее покрытие; Э — экран.

**Отклоняющие системы (ОС).** Э.-л. п. должны обеспечивать совмещение электронного луча с любой точкой поверхности экрана или мишени. Это достигается использованием двух отклоняющих элементов, смещающих луч во взаимно перпендикулярных направлениях. ОС должны быть линейными — величина смещения луча в плоскости экрана пропорциональна величине отклоняющего фактора. ОС должны обладать достаточно большой чувствительностью — отклонение луча на заданную величину должно происходить при возможно меньшей величине отклоняющего фактора. ОС не должны заметно нарушать фокусировку — сформированный луч должен отклоняться как одно целое.

Для отклонения луча используют электростатич. и магн. ОС, представляющие собой примерно однородное электрич. или магн. поле, ориентированное по нормали к лучу (поперечное поле). В поперечном электрич. поле электроны луча описывают параболич. траектории, в магнитном — дуги окружности. Угол, на к-рый отклонится луч по выхо-

де из отклоняющего электрич.  $\alpha_e$ , или магн.  $\alpha_m$  поля, определяется выражением

$$\operatorname{tg} \alpha_e = \frac{e l}{m v_z^2} E; \operatorname{tg} \alpha_m = \frac{e l}{m v_z} B, \quad (2)$$

где  $l$  — протяжённость области отклоняющего поля,  $v_z$  — скорость электрона при входе в отклоняющее поле,  $E$  и  $B$  — напряжённость электрического и индукция магнитного полей.

Смещение следа электронного луча (светящегося пятна) на экране, при расстоянии от центра отклонения до экрана  $L$ , равно

$$h_e = \frac{L}{2U_e} E = \frac{L}{2bU_e} U_{отк}; h_m = \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{L}{\sqrt{2U_e}} B = k \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{L}{\sqrt{2U_e}} (nI_{отк}), \quad (3)$$

где  $b^{-1}$  и  $k$  — коэф. пропорциональности между  $E$  и  $B$  и отклоняющими факторами — отклоняющим напряжением ( $U_{отк}$ ) электростатич. системы и «ампер-витками» ( $nI_{отк}$ ) магн. системы,  $U_e$  — ускоряющее напряжение — разность потенциалов между катодом и выходным электродом прожектора, определяющая скорость электронов при входе в отклоняющую систему. Величины

$$\epsilon_e = \frac{L}{2bU_e} [\text{мм/В}] \text{ и } \epsilon_m = k \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{L}{\sqrt{2U_e}} [\text{мм/А} \cdot \text{виток}] \quad (4)$$

наз. чувствительностью по отклонению — отношение величины смещения пятна на экране к величине отклоняющего фактора.

Теоретически ОС могут быть линейными и не нарушать фокусировку, поскольку все электроны луча отклоняются одинаково. Практически из-за наличия полей рассеяния за границами отклоняющих полей, конечного диаметра луча в пространстве отклонения, отличия потенциала в области отклонения от потенциала выходного электрода прожектора, приводящего к изменению скоростей электронов луча при отклонении, реальные системы могут считаться линейными лишь при небольших углах отклонения ( $\sim 10$ — $15^\circ$  при электростатич. отклонении). При больших углах отклонения линейность нарушается, фокусировка ухудшается, что ведёт к уменьшению разрешающей способности у краёв экрана.

Электростатич. ОС просты по устройству, не требуют затраты энергии на отклонение, имеют очень малые ёмкость и индуктивность, что делает их практически безынерционными вплоть до сотен МГц. Недостаток их — нарушение фокусировки на краях экрана. Магн. ОС более линейны, меньше влияют на фокусировку, но сложны по устройству, требуют затраты энергии для отклонения луча и за счёт большой индуктивности отклоняющих катушек могут использоваться только на сравнительно низких частотах (15—20 кГц). Чувствительность по отклонению у электростатич. систем  $\sim U_e^{-1}$ , а у магн. систем пропорц.  $U_e^{-1/2}$ , т. е. повышение ускоряющего напряжения прожектора приводит к существенно меньшему снижению чувствительности магн. отклонения по сравнению с электростатическим.

При очень высоких частотах отклоняющих сигналов даже при использовании электростатич. ОС снижается чувствительность и искажается форма наблюдаемого сигнала. Поэтому для осциллографирования СВЧ-процессов используют ОС с бегущей волной. В этих системах отклонение луча осуществляется полем СВЧ-волны, бегущей вдоль спирали с фазовой скоростью, во столько раз меньшей скорости света, во сколько шаг спирали меньше длины её витка. При ускоряющем напряжении прожектора в неск. кВ можно сформировать луч со скоростью электронов, равной фазовой скорости бегущей волны. При этом электроны луча, проходящего вблизи спирали, будут всё время находиться в одной фазе отклоняющего напряжения, т. е. будет обеспечиваться длит. взаимодействие отклоняющего поля с электронами луча, что позволяет получить удовлетворит. чувствительность при мин. искажениях на частотах до неск. ГГц.