

кинетики выделения примесей при плавлении металла (см. *Масс-спектрометр*).

Лит.: Смиян О. Д. [и др.], О некоторых особенностях ионизации вещества при бомбардировке интенсивным электронным пучком, «Радиотехника и электроника», 1972, т. 17, № 7, с. 1465; Моррисон С., Химическая физика поверхности твердого тела, пер. с англ., М., 1980; Черепин В. Т., Васильев М. А., Методы и приборы для анализа поверхности материалов, К., 1982.

В. Т. Черепин.

ЭЛЕКТРОННО-КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ — то же, что *вибронное взаимодействие*.

ЭЛЕКТРОННО-КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ — молекулярные спектры, возникающие при одноврем. изменении электронной и колебат. энергий молекулы.

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ПРИБОРЫ — электронные электровакуумные приборы, в к-рых для индикации, коммутации и др. целей используется поток электронов, сконцентрированный в форме луча или пучка лучей. Э.-л. п., имеющие форму трубки, вытянутой в направлении луча, наз. электронно-лучевыми трубками (ЭЛТ).

Э.-л. п. являются преобразователями информации (сигналов) и по виду преобразования разделяются на следующие группы: преобразующие электрич. сигнал в видимое изображение — приёмные ЭЛТ (осциллографы, телевизоры, кинескопы) и индикаторные, используемые в радиолакац. системах и в устройствах вывода информации из ЭВМ; преобразующие видимое изображение в электрич. сигнал — передающие ЭЛТ, используемые для передачи телевиз. изображения (см. *Телевидение*); запоминающие ЭЛТ, предназначенные для записи сигналов и последующего воспроизведения записанной информации в виде электрич. сигналов, оптич. изображения или того и другого. К Э.-л. п. относят также *электронно-оптические преобразователи*, предназначенные для смещения изображения из одной спектральной области в другую с помощью электронного пучка.

Широкое распространение Э.-л. п. имеют благодаря ряду свойств, присущих *электронному пучку*. Наиб. важным является его практическая безынерционность, позволяющая использовать Э.-л. п. для исследования быстропротекающих процессов: с помощью электронного осциллографа можно зарегистрировать раздельно два импульса с интервалом $\lesssim 0,1$ мкс. Это свойство объясняется очень малой массой электрона, что позволяет небольшим изменением электрич. поля сообщать электронам очень большие ускорения. Воздействием поперечных электрич. и магн. полей можно практически мгновенно изменять направление движения электронов, отклонять или поворачивать электронный луч — управлять им.

Одним из осн. показателей качества Э.-л. п. является объём информации, преобразуемой без существ. искажений. Макс. объём информации, воспроизводимой на экране приёмной трубки или воспринимаемой мишенью передающей и запоминающей трубки, определяется *разрешающей способностью* прибора. Напр., разрешающая способность *кинескопа* оценивается кол-вом отдельно различимых светящихся строк, укладывающихся на рабочей поверхности экрана. Разрешающая способность, при прочих равных условиях, будет тем выше, чем меньше сечение электронного луча в плоскости приёмника.

В Э.-л. п. можно выделить три осн. конструктивных узла: электронный прожектор, формирующий электронный луч; отклоняющие системы, перемещающие электронный луч в пространстве; экран или мишень, являющиеся приёмником электронов луча.

Электронные прожекторы в зависимости от вида Э.-л. п. формируют электронные пучки с токами от единиц мкА (приёмные ЭЛТ высокого разрешения и передающие телевиз. трубки) до неск. мА (цветные кинескопы с большим экраном) и с энергиями электронов от неск. сотен эВ (миниатюрные осциллографич. трубки) до неск. десятков кэВ (проекционные кинескопы).

В большинстве Э.-л. п. используются пучки круглого сечения, для формирования к-рых применяют осесимметричные электрич. и магн. поля *электронных линз*. Элек-

тронно-оптич. система совр. электронных прожекторов содержит две (иногда три и более) электронные линзы. Ближайшая к катоду линза — электростатическая, её поле ускоряет электроны; последующие линзы могут быть электростатическими или магнитными. Целесообразность использования двух линз вытекает из требования получения электронного пучка возможно меньшего сечения.

Ток луча прожекторов невелик, а энергия электронов, определяемая ускоряющим напряжением, достаточно велика, поэтому первеанс ($I/U^{3/2}$) в области формирования луча в большинстве случаев не превышает 10^{-8} А/В^{3/2}, что позволяет использовать законы геом. *электронной и ионной оптики*; только в прикатодной области необходимо учитывать *пространственный заряд*.

На рис. 1 приведены электронно-оптические схемы однолинзового (а) и двухлинзового (б) прожекторов, где О — плоскость отображаемого объекта (катода), И — плоскость изображения (экрана), Л — линзы, r_1 — радиус объекта, r_2 — радиус изображения, γ_1 и γ_2 — апертурные

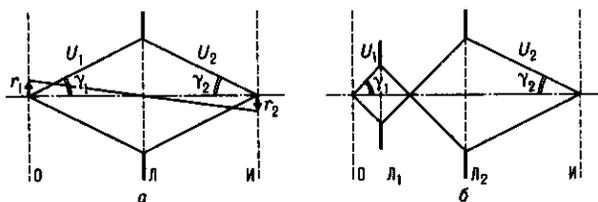


Рис. 1. Электронно-оптические схемы однолинзового (а) и двухлинзового (б) электронных прожекторов: О — плоскость отображаемого объекта (катода); И — плоскость изображения (экрана); Л — линзы; r_1 и r_2 — радиусы объекта и изображения; γ_1 и γ_2 — апертурные углы со стороны объекта и изображения; U_1 и U_2 — потенциалы в пространствах объекта и изображения.

углы со стороны объекта и изображения. Используя теорему Лагранжа — Гельмгольца $r_1 n_1 \gamma_1 = r_2 n_2 \gamma_2$ и учитывая, что в электронной оптике роль показателей преломления n_1 и n_2 играют $\sqrt{U_1}$ и $\sqrt{U_2}$, для величины изображения имеем

$$r_2 = r_1 \sqrt{U_1} \gamma_1 / \sqrt{U_2} \gamma_2. \quad (1)$$

Для получения малого радиуса луча r_2 в плоскости экрана необходимо уменьшить числитель и увеличить знаменатель в (1). Уменьшение радиуса катода r_1 приводит к уменьшению тока луча, уменьшение U_1 — потенциала в прикатодной области — к увеличению влияния нач. скоростей электронов, хроматической aberrации линзы и расталкивающего действия пространств. заряда, уменьшение γ_1 — к ограничению тока. Увеличение U_2 ограничено электрич. прочностью прибора и условиями эксплуатации, увеличение γ_2 возможно за счёт уменьшения расстояния от экрана до линзы, при этом ограничивается возможность размещения между линзой и экраном достаточно чувствительной отклоняющей системы; всё это приводит к невозможности получения удовлетворит. результатов при применении однолинзовой формирующей системы.

Применяя двухлинзовую систему, можно уменьшить изображение катода за счёт увеличения γ_2 . Кроме того, вторую линзу можно «настроить» так, что на экране изображается не катод, а скрещение (кроссовер) — наименьшее сечение пучка, образующееся между первой линзой и создаваемым ею изображением катода. Теоретич. радиус кроссовера может быть сколь угодно малым, практически же из-за разброса нач. скоростей электронов, кулоновского расталкивания и aberrаций линзы кроссовер имеет конечный радиус, но в десятки и сотни раз меньший радиуса катода. Понятие «радиус скрещенния» условно, т. к. плотность тока падает постепенно из-за разброса нач. скоростей электронов. Принято считать радиусом кроссовера расстояние от оси, на к-ром плотность тока $\approx 0,1$ от значения на оси. Экспериментально определённый радиус скрещенния составляет 10—100 мкм.