

ответствующим лучам в реальных точках фокусов F_0 и F_1 . Узловые точки находятся на главных плоскостях. Кардинальные элементы поля, работающего как одна линза, вычисляются по Ф-лам:

$$f_0 = -f_1 = d / \sin(\pi/\omega); F_0 = -F_1 = d \operatorname{ctg}(\pi/\omega);$$

$$H_0 = -H_1 = d \operatorname{ctg}(2\pi/\omega); \omega = \sqrt{1 + e B_m^2 d^2 / 8 m e}.$$

Из ф-л для фокусных расстояний следует, что макс. оптич. сила достигается при $\omega=2$. С помощью ф-ции простого колоколообразного поля получены аналитич. выражения для коэф. aberrаций, напр. установлено, что коэф. сферич. aberrации минимален при $\omega=2\sqrt{2}$.

Аппроксимирующие ф-ции используются гл. обр. для оценки параметров линз и не всегда пригодны для точных расчётов. Для расчёта с высокой точностью полей, траекторий электронов, кардинальных элементов и коэф. aberrаций на ЭВМ разработаны спец. пакеты программ.

Электростатические осесимметричные линзы делятся на иммерсионные, одиночные и катодные. Они состоят из неск. электродов разл. формы, находящихся под разн. потенциалами. Это — диафрагмы с круглыми отверстиями, полые цилиндры, конусы и т.п. Простейшей линзой является одиночная диафрагма, поле к-рой с одной или с двух сторон граничит с однородными электр. полями. В зависимости от приложенного к диафрагме потенциала и направления примыкающих полей она может быть как собирающей, так и рассеивающей. На рис. 3

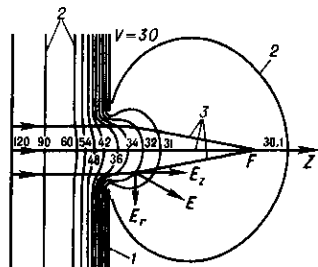


Рис. 3. Электростатическая линза — диафрагма с круглым отверстием (собирающая): 1 — электрод-диафрагма; 2 — эквипотенциальные поверхности; 3 — траектории электронов; F — фокус линзы.

представлено поле собирающей линзы, к к-рому с одной стороны примыкает однородное поле. На электроде и эквипотенциалах в условных единицах указаны их потенциалы. За нулевой принят потенциал, при к-ром энергия электронов равна нулю. Продольная составляющая напряжённости поля E_z тормозит, а радиальная составляющая E_r фокусирует электроны.

Э.л. наз. иммерсионными, если потенциалы V крайних электродов разные, т.к. (по аналогии со световой оптикой) показатели преломления, пропорциональные \sqrt{V} , в этом случае по обе стороны линзы будут разные. На рис. 4 изображены иммерсион. линзы с плоскими и цилиндрич. электродами. Фокусные расстоя-

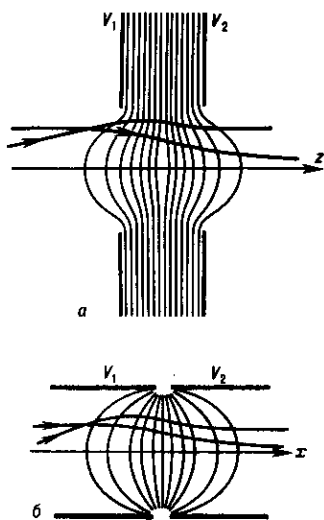


Рис. 4. Электростатические иммерсионные линзы, состоящие из двух диафрагм (а) и двух цилиндров (б). Тонкие линии — эквипотенциалы, кривые со стрелками — траектория заряженных частиц, V_1 и V_2 — потенциалы электродов.

ния и потенциалы иммерсионных линз в пространстве предметов f_0 , V_0 и изображений f_1 , V_1 связаны соотношением: $f_0/f_1 = -\sqrt{V_0/V_1}$. Если оба фокусных расстояния многократно превышают осевую протяжённость поля линзы (тонкая линза), то её оптич. силу можно вычислить по Ф-ле

$$\frac{1}{f_{0,1}} = \pm \frac{3}{16} \frac{4\sqrt{V_{i,0}}}{\sqrt{V_{0,i}}} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^2 dz, \quad (2)$$

где Φ — осевое распределение потенциала, Φ' — осевое распределение производной по z .

В отличие от магн. Э.л., в к-рых скорость электронов меняется только по направлению, в электростатич. линзах, напр. в иммерсионных, скорость электронов изменяется и по величине. Последовательность иммерсионных линз, ускоряющих электроны, образует ускоритель электронов прямого действия. Форма его электродов — цилиндрическая или коническая (рис. 5) — экранирует электронный пу-

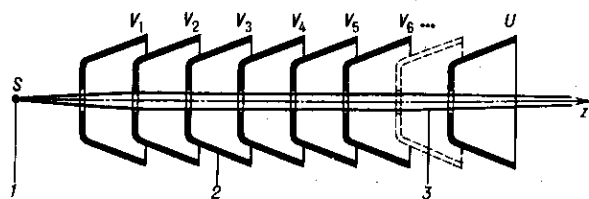


Рис. 5. Ускоритель прямого действия, состоящий из последовательности иммерсионных линз, электроды к-рых в форме усечённых конусов экранируют электронный пучок от внешних полей: 1 — источник электронов (им может быть кроссовер электронной пушки); 2 — электроды; 3 — электронный пучок; V_1, V_2, \dots — промежуточные потенциалы электродов; U — ускоряющее напряжение.

чок от влияния паразитных электр. и магн. полей. Энергия, приобретаемая электронами в таком ускорителе, может достигать неск. МэВ.

Линза, крайние электроды к-рой имеют одинаковые потенциалы V_1 , наз. одиночной (рис. 6). Потенциал среднего электрода V_2 может быть как меньше, так и больше V_1 . Если $V_2 < V_1$, электроны пучка в начале поля линзы рассеиваются, в средней части собираются, а на выходе снова рассеиваются. Однако общий эффект всего поля линзы — собирающий. При $V_2 > V_1$ все происходит наоборот, однако и в этом случае общий эффект — собирающий. Если в области седловой точки поля (рис. 6) потенциал Φ ниже потенциала, при к-ром энергия электронов равна нулю, происходит отражение электронов и линза работает как электронное зеркало. Плоскости предмета и изображения одиночной линзы находятся вне поля, и её кардинальные элементы определяются так же, как в слабых магн. линзах (рис. 2, а), и так же проводится построение изображения.

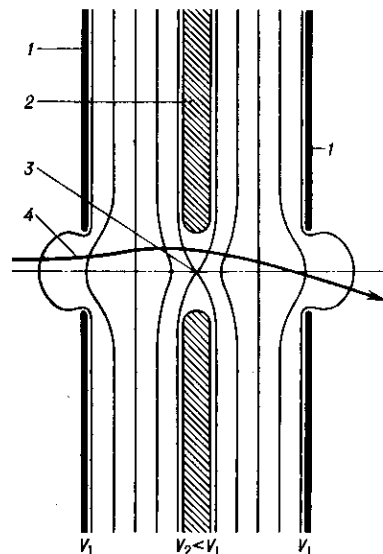


Рис. 6. Электростатическая одиночная электронная линза: 1 — внешние электроды; 2 — внутренний электрод; 3 — седловая точка; 4 — траектория электрона; V_1, V_2 — потенциалы электродов.