

О РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А. А. Коровяковская, В. С. Рылов

На основе вычисления траекторий движения электронов на ЭВМ дан расчет предельной разрешающей способности однокамерного электронно-оптического преобразователя (ЭОП) для различных магнитных полей. Приведены значения для допустимых углов заклона фотокатода к экрану, требования к стабильности электрического и магнитного полей ЭОП.

A calculation of the limiting resolving power of a single chamber image tube for different magnetic fields is given. Electron trajectories are determined using a computer. Data of the acceptable photocathode-to-screen angles of inclination and demands to the stability of the electric and magnetic fields are presented.

За последнее время возросли реальные возможности для создания электронно-оптических преобразователей (ЭОП) с оптимальными параметрами. Наблюдательная астрономия нуждается сейчас в ЭОП, имеющих большой коэффициент усиления по свету, равный или близкий к предельному, и вы-

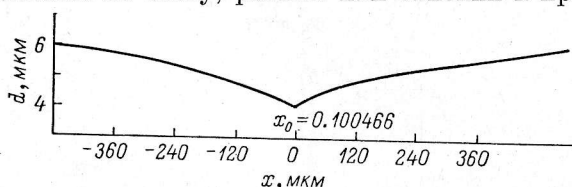


Рис. 1. Зависимость диаметра кружка рассеяния d на уровне 3÷5% от расстояния между фотокатодом и экраном x .

сокую разрешающую способность. Эти требования (другие требования здесь не рассматриваются) в каскадных ЭОП противоречивы. Коэффициент усиления увеличивают путем наращивания каскадов, а разрешающая способность при этом может только уменьшаться. В связи с этим необходимо знать теоретический предел разрешения одного каскада усиления ЭОП и влияние на разрешение электрических и магнитных полей, передающих изображение на выход ЭОП.

Для решения задачи были взяты следующие исходные данные.

1. Использовали однокамерный ЭОП с мультищелочным фотокатодом длиной около 10 см.
2. Приложенное напряжение на длине 10 см составляло 20 кВ ($E = 2 \cdot 10^5$ в/м).
3. Фокусировка электронных пучков осуществлялась однородным магнитным полем, совпадающим по направлению с электрическим.
4. Распределение фотоэлектронов по начальным скоростям и углам вылета относительно оси ЭОП не зависело от азимута вылета в плоскости фотокатода, а угловое распределение скоростей соответствовало закону Ламберта.

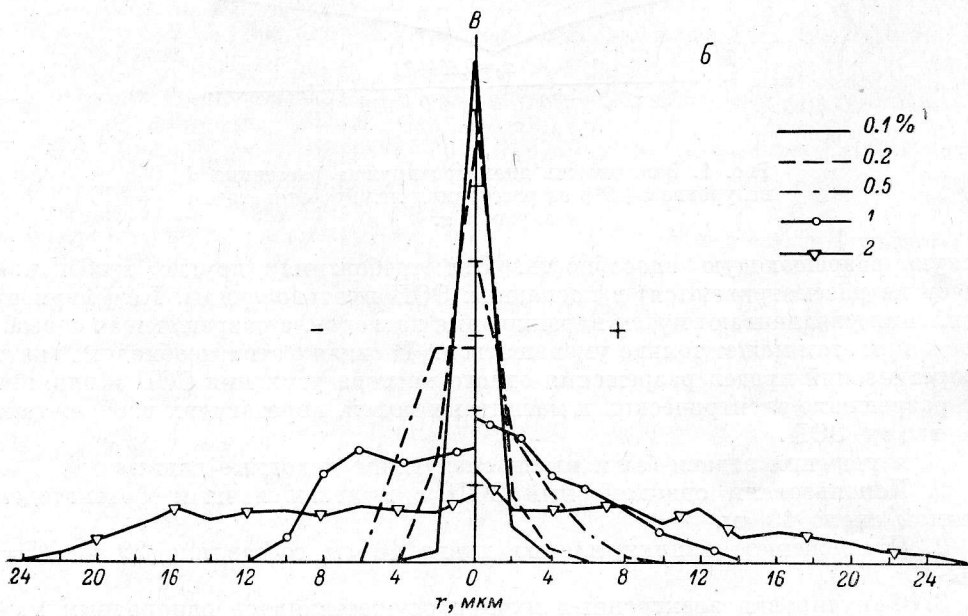
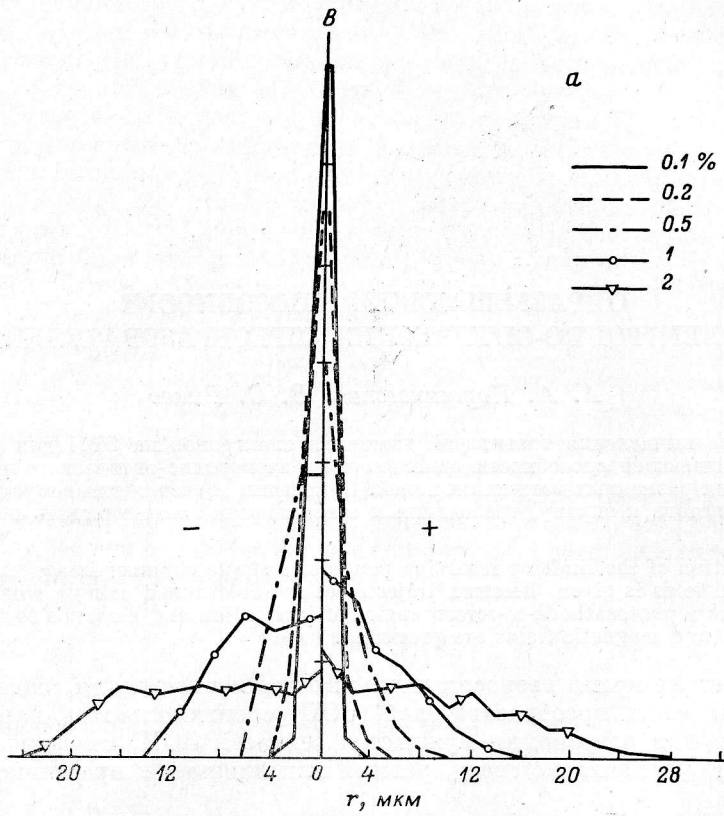


Рис. 2. Радиус кружка рассеяния r в зависимости от изменения магнитной индукции
 $a - B=150$ гс; $b - B=300$ гс.

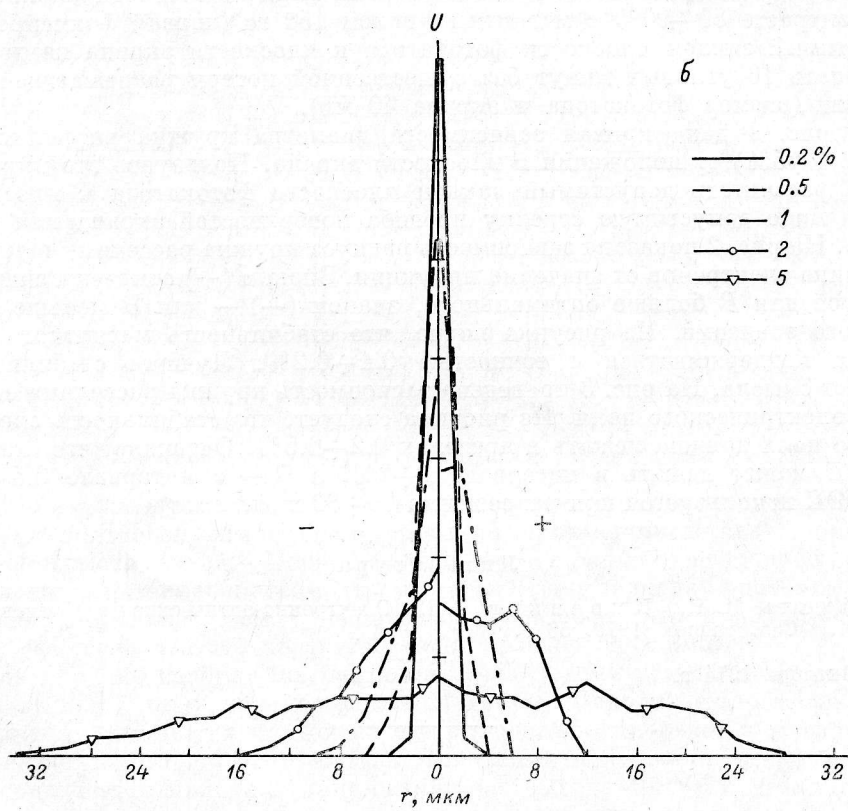
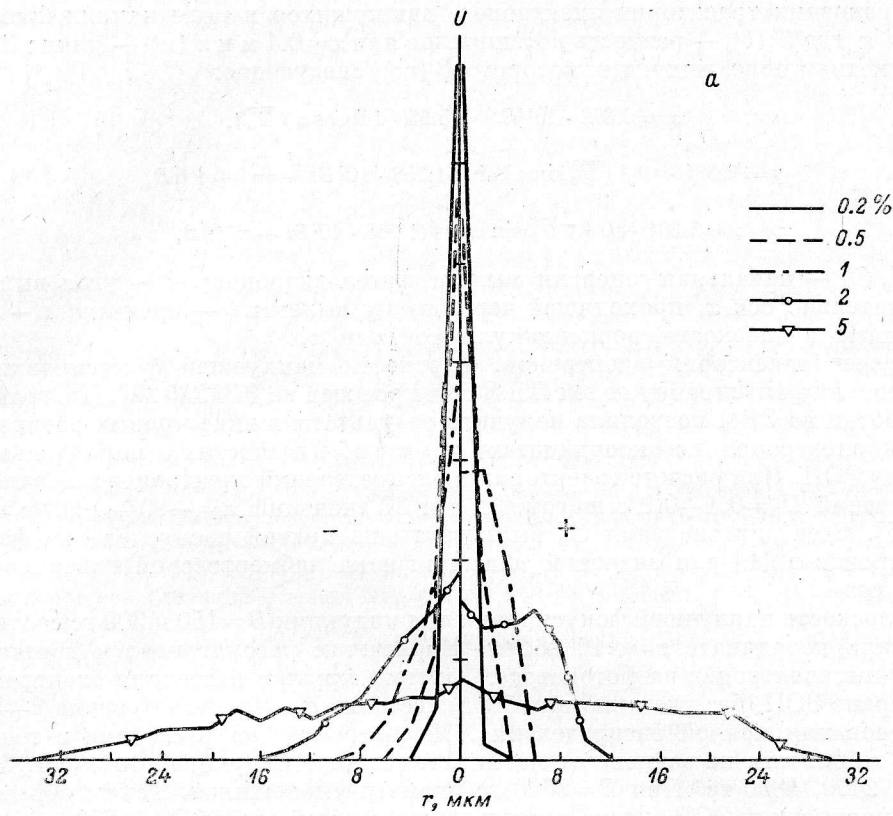


Рис. 3. Радиус кружка рассеяния r в зависимости от изменения разности потенциалов.

Напряженности электрического поля $E=2 \cdot 10^5$ в/м. а — $V=150$ гс; б — $V=300$ гс.

Уравнения траектории электронов, движущихся в поле напряженности $E=U/x$, где $U(b)$ — разность потенциалов при $x=0.1$ м и x (м) — длина ЭОП в магнитном поле, индукция которого B (гс), следующие:

$$x = 0.879 \cdot 10^{11} E t^2 + 5.95 \cdot 10^5 \cos \alpha \sqrt{U_0} t,$$

$$y = 3.384 \cdot 10^{-2} \sqrt{U_0} \sin \alpha \left[\sin \left(1.758 \cdot 10^7 B t - \frac{\pi}{2} \right) + 1 \right] / B,$$

$$z = 3.384 \cdot 10^{-2} \sqrt{U_0} \sin \alpha \cos (1.758 \cdot 10^7 B t - \pi/2) / B,$$

$U_0(b)$ — начальная энергия вылета фотоэлектронов; α — угол вылета относительно оси x , проходящей через точку вылета; t — время; y, z — координаты в плоскости, перпендикулярной оси x .

Расчет траекторий электронов, плоскости наилучшей фокусировки и влияния на фокусировку полей E и B был проведен на ЭВМ М-222. Программа обработки на ЭВМ позволяла получить результаты в виде кривых распределения электронов по координатам y, z в плоскостях, параллельных экрану ЭОП. При расчете траекторий и распределений электронов задавалось 9 значений $U_0=0.1 \div 0.9$ с шагом 0.1 в и 37 значений $\alpha=-90 \div +90^\circ$ с шагом 5° . Веса для значения U_0 были взяты из кривой распределения фотоэлектронов в [1] для значений α из признака лабмертовской поверхности $I=I_0 \cos \alpha$.

Плоскость наилучшей фокусировки для индукции $B=150$ и 300 гс соответствовала координате $x=0.100466$ м. В расчетах рассматривался точечный источник электронов на фотокатоде. Диаметр кружка рассеяния электронов на экране ЭОП (без учета люминофора) составил $d_0=4$ мкм на уровне $2 \div 5\%$ от основания кривой распределения. Диаметр кружка рассеяния с точностью до 0.2 мкм не зависит от магнитного поля с индукцией 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800 гс. При $B=9600$ гс диаметр уменьшился. Таким образом, на однокамерном ЭОП можно достичь разрешающей способности 250 п. л./мм при контрасте $80 \div 90\%$ с магнитным полем 150 гс (первая фокусировка). Допустимый заклон плоскости фотокатода к плоскости экрана не должен превышать 10 угловых минут без существенной потери разрешающей способности (размер фотокатода и экрана 40 мм).

На рис. 1 дана кривая зависимости диаметра кружка рассеяния (на уровне $3 \div 5\%$) от положения x плоскости экрана. Пользуясь этой кривой, можно рассчитать допустимый заклон плоскости фотокатода к плоскости экрана либо допустимую стрелку прогиба поверхностей экрана или фотокатода. На рис. 2 показана зависимость радиуса кружка рассеяния точечного источника электронов от значения индукции. Знаком (+) отмечены значения радиусов для B больше оптимального, знаком (—) — для B меньше оптимального значения. Из рисунка видно, что стабильность магнитного поля должна поддерживаться с точностью $0.1 \div 0.2\%$. Лучшая стабилизация не имеет смысла. На рис. 3 приведена зависимость кружка рассеяния от значения электрического поля. Из рисунка следует, что стабильность электрического поля должна лежать в пределах $0.2 \div 0.5\%$. Очевидно, что стабильность E может лежать в интервале $1 \div 2\%$, а B — в интервале $0.5 \div 1\%$, если ЭОП используется при разрешении $20 \div 30$ п. л./мм.

Литература

1. Зайдель И. К., Куренков Г. И. Электронно-оптические преобразователи. М., «Сов. радио», 1970, 56 с.

Октябрь 1974 г.