

УДК 544,723

## О РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ УСТРОЙСТВ С НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПЛЕНКАМИ

Э.А. Ачеева, В.Н. Гринюк, В.А. Созаев

Северо-Кавказский горно-металлургический институт

362021, РСО-Алания, Владикавказ, ул. Николаева, 44

sozaeff@mail.ru

**Аннотация:** В работе показана возможность оптического разрешения электронно-оптических преобразователей путем подбора входной энергии электронов и соответствующей толщине пленки в диапазоне  $46 \div 282$  нм.

**Ключевые слова:** нанотехнологические пленки, электронно-оптический преобразователь, параметр размытия энергии электронов.

В ранее выполненных работах [1-2] широко дискутируется возможность использования тонких и сверхтонких усилительных пленок, наносимых на входные поверхности микроканальных структур в электронно-оптических преобразователях (ЭОП) для улучшения их эксплуатационных параметров. Однако по данным [1] полученным для даже сравнительно тонких алюминиевых пленок толщиной  $10-20$  нм существуют отрицательные мнения в вопросах внедрения этих пленок в производство ЭОП в связи с уменьшением качества разрешения оптического изображения при выпуске серийных устройств с обычно используемым значением энергии входных электронов  $E_0 \cong 2 \div 4$  кэВ. Тем не менее возможность улучшения параметров устройств при оптимизации характеристик изменением толщин пленок или величины энергии  $E_0$  детально не обсуждалось. В рамках настоящей работы была поставлена цель определить возможность улучшения оптического разрешения устройств ЭОП при надлежащем выборе входной энергии электронов  $E_0$  и необходимой при этом толщине усилительной пленки в диапазоне  $46 \div 282$  нм.

При известной степени приближения можно оценить разрешающую способность оптического изображения ЭОП по значениям факторов, зависящих от степени энтропийной размытости энергии  $\Delta E$  электронов попадающих на экран устройства. Наиболее приближенное значение величины  $\Delta E$  можно оценить по данным [1]. При этом указанную величину можно найти из уравнения

$$\frac{\Delta E}{E_0} = K \left( \frac{R_1}{R_2} \right)^2 \sin^2 \varphi, \quad (1)$$

где  $E_0$  – энергия входных электронов,  $R_1, R_2$  – радиусы внутренней и внешней среды шарового слоя среды прохождения электронов,  $\varphi$  – угол

рассеяния потока электронов по отношению к нормали внешней поверхности,  $K$  – некоторый коэффициент, зависящий от конструкции рассеивающего устройства.

При более точных оценках качества разрешения необходимо пользоваться усредненным интегральным разрешением

$$\delta_i = \frac{\overline{\Delta E}}{E_0}. \quad (2)$$

Если рассеяние электронов данной средой подчиняется статистическому закону распределения энергетических размытостей  $\Delta E_i$  потоков электронов в зависимости от угла рассеяния  $\varphi_i$  можно написать, что

$$\delta_i = \frac{\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\Delta E}{E_0} f(\varphi) \sin \varphi d\varphi}{\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} f(\varphi) d\varphi}, \quad (3)$$

где  $f(\varphi)$  – распределение плотности электронов в зависимости от угла рассеяния  $\varphi$ .

При этом величину разрешающей способности можно оценить как

$$R = \alpha \left( \frac{\Delta E}{E_0} \right), \quad (4)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, зависящий только от свойств данной рассеивающей среды.

Исследование поведения функции  $\delta_i = \delta_i(\varphi)$  в уравнении (3) показывает, что данная величина возрастает с уменьшением энергии входных электронов  $E_0$  и с увеличением толщины пленки  $d_i$ . Таким образом, можно ожидать ухудшение разрешения  $R$  оптического изображения устройства для «толстых» пленок и при низких значениях входной энергии  $E_0$  электронов.

При использовании данных [1] для распределения плотности электронов в зависимости от угла рассеяния рассеивающих пленок различной толщины нами была проведена оценка величин  $\delta_i$  при значениях входной энергии электронов от 4 кэВ до 12 кэВ и различных толщинах рассеивающей пленки от 42 нм до 282 нм. Величина минимальной энергии электронов  $E_{0\min}$  отвечала значению 4кэВ с учетом обычно используемого значения для серийных устройств ЭОП. Выбранная величина максимальной энергии  $E_{0\max}$  соответственно данным [1] в зависимости от толщины усилительной пленки.

В Таблице 1 приведены данные, полученные нами для величины  $\delta_i$

как функции входных энергий электронов  $E_{0i}$  и толщин усилительных пленок  $d_i$ .

Анализируя данные Таблицы 1 можно сделать выводы о качестве разрешения  $R$  и оптимизировать выбор усилительной пленки для улучшения оптических параметров ЭОП данных устройств:

1. Во всех случаях при уменьшении толщины  $d_i$  используемой пленки от 282 нм до 58 нм имеет место значительное уменьшение параметра  $\delta_i$  и возрастание качества разрешения  $R$ .

2. Параметр разрешения  $R$  резко возрастает при увеличении энергии электронов  $E_0$  входящих в используемую пленку.

В свете полученных выше данных для улучшения характеристик ЭОП по изображению необходима оптимизация технологических режимов в сторону допустимого увеличения энергии электронов, входящих в пленку и уменьшения толщины. Окончательный выбор оптимальных параметров усилительных пленок можно осуществить при надлежащей разработке техпроцесса для изготовления ЭОП соответствующих электронных устройств.

Таблица 1. Значения параметра размытия энергии электронов  $\delta_i = \delta_i(d_i, E_{0i})$

№	Толщина пленки $d_i$ , нм	$\delta_i / K$			
		12	10	8	4
1	282	0,11419	0,0477	0,07967	0,11069
2	182	0,10197	0,07547	0,08849	0,11184
3	92	0,03953	0,08945	0,10501	0,86987
4	58	0,00549	0,10781	0,66768	-
5	46	-	0,11287	0,68137	-

*Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (грант №16.552.11.7030).*

#### **Библиографический список:**

1. **Романов, В.Г.** Внедрение технологического процесса нанесения прострельной пленки на МКП методом переноса / В.Г. Романов // Отчет по НИР. – Л.: ЛИТМО, 1984. – 141 с.
2. **Алкацева, Т.Д.** Закономерности и минимизация дефектов электронного изображения микроканальных пластин: автореферат дис. ... канд. тех. наук: 05.27.01. / Алкацева Татьяна Даниловна. – Владикавказ: СКГМИ, 1999. – 27 с.