

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тверской государственный университет»

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ИЗУЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ,
НАНОСТРУКТУР
И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

МЕЖВУЗОВСКИЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

выпуск 3

ТВЕРЬ 2011

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Ф50

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, проректор по научной работе Тверского государственного технического университета

В.А. Тихомиров

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики пьезо- и сегнетоэлектриков Тверского государственного университета

Н.Н. Большакова

Редакционная коллегия:

Самсонов Владимир Михайлович – заведующий кафедрой теоретической физики ТвГУ, профессор, д.ф.-м.н. (ответственный редактор);

Созаев Виктор Адыгеевич – заведующий кафедрой физики факультета электронной техники Северо-Кавказского горно-металлургического института, профессор, д.ф.-м.н.;

Гафнер Юрий Яковлевич – заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики Хакасского государственного университета, профессор, д.ф.-м.н.;

Сдобняков Николай Юрьевич – доцент, к.ф.-м.н. (зам. ответственного редактора, ответственный секретарь);

Базулев Анатолий Николаевич – доцент, к.ф.-м.н.;

Комаров Павел Вячеславович – доцент, к.ф.-м.н.;

Скопич Виктор Леонидович – доцент, к.ф.-м.н.;

Соколов Денис Николаевич – технический редактор.

Ф50 Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2011. – Вып. 3. – 284 с.

ISBN 978-5-7609-0560-4

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 7747789 от 13.12.2011

Сборник составлен из оригинальных статей теоретического и экспериментального характера, отражающих результаты исследований в области изучения физико-химических процессов с участием кластеров, наноструктур и наноматериалов физики, включая межфазные явления и нанотермодинамику. Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей вузов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре теоретической физики Тверского государственного университета.

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

ISBN 978-5-7609-0560-4

© Коллектив авторов, 2011

© Тверской государственной
университет, 2011

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 ΔE электронов попадающих на экран устройства. Наиболее приближенное значение величины ΔE 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, φ – 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 ΔE_i потоков электронов в зависимости от угла рассеяния φ_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 φ .

При этом величину разрешающей способности можно оценить как

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

где α – 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 δ_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 δ_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 δ_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	δ_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.