

ОСАЖДЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ПОКРЫТИЯ СОСТАВА $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ.

А.А. Руни, аспирант гр. А2-08

*В.А. Грудинин, инженер-исследователь НОЦ Б.П. Вейнберга
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина, 30,
тел.(3822)-701-777 доб. 2595*

E-mail: aar74@tpu.ru

В настоящее время крайне актуальной задачей является визуализация различных объектов в сложных условиях (например, ночью, при пониженной прозрачности атмосферы, при воздействии интенсивных световых помех и т.п.). Её решение необходимо как для военных, так и для гражданских целей. Обычно для этого используются оптико-электронные приборы ночного видения (ОЭП НВ) [1]. Одним из ключевых элементов ОЭП НВ является катодолюминесцентный экран. Это - экран электронно-лучевого прибора с люминофорным покрытием на внутренней стороне фронтального стекла, светящегося при электронной бомбардировке.

Процесс нанесения люминофора на поверхность экрана весьма трудоемкий, требующий строгого соблюдения вакуумной гигиены. Из многочисленных способов нанесения люминофора в настоящее время в основном используются следующие методы: газо-фазного осаждения, пульверизации и центрифугирования. Однако функциональные свойства люминофоров, осаждённых подобными методами, далеко не всегда удовлетворяют задаваемым требованиям [2]. Например, слишком большая толщина, приводящая к чрезмерному рассеянию света и, соответственно, к ухудшению чёткости изображения. Также стоит отметить сложность формирования люминофорной пленки по ранее перечисленным методикам. Осаждение функциональных покрытий различного назначения с помощью магнетронных распылительных систем характеризуется возможностью наносить очень тонкие плёнки, а также хорошей адгезией, равномерностью, большими возможностями в управлении структурными и функциональными свойствами различных покрытий. Однако этот метод пока не нашёл активного промышленного применения в производстве люминофоров. В связи с этим возникла идея разработать и внедрить в производство ЭОП НВ новую технологию, основанную на магнетронном осаждении. Для этого планируется создать научные основы нового метода получения люминофорных покрытий, реализовать его в лабораторных условиях, получить необходимые закономерности и оптимальные параметры осаждения, а затем внедрить в производство.

Целью представленной работы является получения данных о влиянии технологических параметров магнетронного осаждения и отжига на свойства тонкопленочного люминофора.

Осаждение тонкопленочного люминофора состава $Y_3Al_5O_{12}$ легированного Ce проводилось на вакуумно-плазменной установке с использованием двух магнетронных распылительных систем (МРС) одновременно. Формирования структуры из иттрий-алюминиевого граната проводилось путем распыления соответствующей мишени высокочастотным (ВЧ) распылением. Внедрение ионов церия в растущую структуру проводилось посредством среднечастотного распыления цериевой мишени. Время осаждения люминофора составило 6 часов.

Перед процессом осаждения подложки подвергались термической обработке, под действием инфракрасного излучения. Температура поверхности подложек при обработке составляла порядка $100^{\circ}C$, время обработки – 25 минут.

После термической обработки, подложки подвергаются очистке пучком заряженных ионов, формируемым многоапертурным ионным источником. Плазмообразующий газ в ходе процесса очистки – аргон (99,999%). Параметры ионной очистки: расход аргона 7,5

см³/мин.; давление в рабочей камере $1,1 \cdot 10^{-1}$ Па; ток ионного пучка 36 мА; напряжение ионного источника 2,5 кВ; время обработки 10 минут.

После процесса осаждения, сформированное тонкопленочное покрытие YAlO с добавлением Се на поверхности подложек из кремния и сапфира было подвергнуто высокотемпературному отжигу с целью рекристаллизации структуры люминофоров (рис. 1).

Высокотемпературный отжиг образцов проводился в вакуумной электропечи СНВЭ- 1,7.3.1,7/20, при давлении $1 \cdot 10^{-4}$ Па с плавным повышением температуры 10 °С/мин. (до 1000°С), выдержкой в течение часа, и плавным остыванием в среде вакуума.

Методом рентгеновской дифракции, были получены рентгенограммы тонкопленочного люминофора YAlO:Се, полученного при разных технологических параметрах.

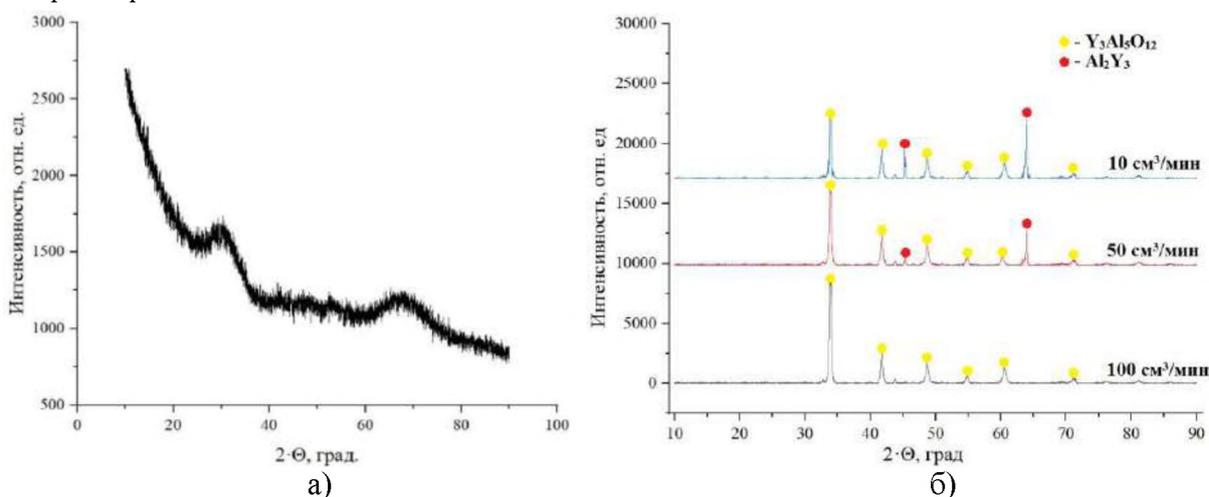


Рис. 1. Рентгенограммы тонкопленочного люминофора, до отжига (а) и после отжига (б), полученного при разном расходе кислорода, мощность распыления церия 50 Вт, температура отжига 1000 °С.

Из представленной рентгенограммы на рисунке видно, что с уменьшением расхода кислорода во время осаждения в формируемой структуре образуется нежелательная фаза Al_2Y_3 . Это явление можно объяснить недостаточным количеством кислорода в пленке для формирования фазы иттрий-алюминиевого граната, в процессе высокотемпературного отжига. Для эффективного образования фазы $Y_3Al_5O_{12}$ при использовании метода магнетронного распыления необходимо содержание кислорода не менее 80% от общего потока газов в рабочую камеру.

Результаты получены при содействии коллектива научной лаборатории интегральной оптики и радиофотоники при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках соглашения №075-03-2020-237/1 от 5 марта 2020 г. (внутренний номер проекта FEWM-2020-0040). Экспериментальные результаты получены с использованием оборудования ЦКП «Импульс» (регистрационный номер 200568).

Список литературы:

1. Орлов В. А., Петров В. И. Приборы наблюдения ночью и при ограниченной видимости. – М.: Военное изд-во, 1989. – 254 с.
2. Бутслов М. М., Степанов Б. М., Фанченко С. Д. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях. – М.: Наука, 1978. – 432 с.

3. Пустоваров, В. А. Люминесценция твердых тел: учеб. пособие / В. А. Пустоваров.
– Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 128 с.