

7	20 858±285	1,0	86,3	33 767±735	1,0	55,1
KO	9 482±99	1,0	38,9	30 597±521	1,0	50,0

Доля выделенных с помощью образца № 3 яиц аскариды составила 86,3% что существенно ( $P < 0,05$ ) больше аналогичного показателя для этого ПБА, выделенного с помощью всех других образцов, включая контрольный. Наиболее близким показатель выделения этого патогена был у образца № 2. Образец № 3 превосходил все другие и по эффективности выделения цист лямблий (55,1%). Наиболее близким (50,0%) этот показатель был у контрольного образца ( $P = 0,05$ ), существенно ниже ( $P < 0,05$ ) был процент выделения цист лямблий с помощью образца № 2.

*Заключение.* Разработана технология и изготовлены экспериментальные образцы новых форм сорбирующих материалов на основе оксида алюминия в виде МДО-покрытий на алюминиевом сплаве АМг6. Формирование комбинированной поверхности образца № 3, включающей оплавленные фрагменты различного размера, углубления и поры, обеспечивает наиболее эффективное улавливание микрочастиц. Кроме того, присутствие углерода в покрытии повышает его эффективность при использовании в качестве сорбента.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективе дальнейшей разработки и практического использования МДО-покрытия в качестве сорбентов ПБА.

#### *Литературы:*

1. Сорбент на основе оксида алюминия и способ его получения [Электронный ресурс]: пат. RU 2087186 / М.С. Зибарт, Ж.В. Викман, М.Д. Хэйгер, С. Плеча. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/208/2087186.html>. – Дата доступа: 09.10.2019.

2. Материалы на основе оксида алюминия в качестве сорбентов кишечных вирусов и носителей культур клеток / В.Г. Гудков [и др.] // Принципы и перспективы диагностики новых и вновь появляющихся инфекционных заболеваний: ст. и тез. докл. междунар. науч.-практ. конф., Смолевичи, 27-28 февр. 1997 г. – Минск, 1997. – С. 78-79.

3. Набор для обнаружения возбудителей кишечных паразитарных болезней. ТУ ВУ 100558032.189-2010.

4. Витязь, П.А. Интенсифицирующее воздействие углеродных наночастиц на формирование микродуговых покрытий на сплавах алюминия / П.А. Витязь, А.И. Комаров, В.И. Комарова // Коррозия: материалы, защита. – 2011 – № 5. – С. 42-46.

5. Электролит для микродугового оксидирования алюминия и его сплавов: пат. ВУ 19595 / А.И. Комаров, П.А. Витязь, В.И. Комарова. – Опубл. 30.10.2015.

А.Ж. Сериков, М.Е. Куанышбеков

*Институт молекулярной нанофотоники, Е.А. Букетова, г. Караганда, Республика  
Казахстан, E-mail: abai\_19\_96@mail.ru*

### **Лабораторный макет для изучения характеристик вынужденного излучения активного элемента на основе пленок нанопористого оксида алюминия, допированного молекулами красителя**

В настоящее время проводятся исследования новых наноматериалов для использования в качестве активных элементов лазера. Они обладают свойствами отсутствующими у активных элементов лазера на основе однородных сред. Одно из актуальных направлений в современной лазерной технике – разработка малогабаритных и компактных активных сред для лазера на основе пористой оксида алюминия. В ряде работ наблюдалось вынужденное излучение в пленках пористого оксида алюминия (ПОА), допированного молекулами красителей [1, 2]. Физико-химические и оптические свойства пористого оксида алюминия могут изменяться и контролироваться в процессе его изготовления. Если поры

анодированного оксида алюминия заполнены молекулами органического красителя, обладающего высоким квантовым выходом флуоресценция, то такая система может быть использована в качестве активной среды для перестраиваемого лазера.

Для определения генерационных характеристик пленок на основе ПОА удобно использовать лабораторный макет. Удобство использования лабораторного макета связано с возможностью быстрого изменения его геометрических характеристик, таких как, расположение фокусирующей и собирающей линз, а так же самого активного элемента. Так же положительной стороной макета является его компактность по сравнению с экспериментальными измерительными установками. Поэтому, была проведена работа по разработке и изготовлению лабораторного макета лазера на основе пленки ПОА, допированных красителем родамин 6Ж. Разработана конструкция макета с возможностью проведения юстировочных работ. Проведены измерения свойств вынужденного излучения изготовленного макета.

Схема работы лабораторного образца активной среды приведена на рисунке 1. Для возбуждения лазерного излучения в активном элементе на основе пленок пористого оксида алюминия (ПОА), допированного молекулами красителя (2) используется фокусирующая линза 1. Для регистрации вынужденного излучения используется вторая собирающая линза (3), оптические фильтры, отсекающие лазерное излучение и пропускающие вынужденное излучение (4) и порт ввода света в оптоволокно (5) для спектрометра AvaSpec-2048.

Основа макета состоит из 3 кронштейнов, которые соединены между собой 4 шпильками размером М6 (рисунок 2, а). К кронштейнам при помощи 3-х юстировочных винтов прикреплены юстировочные головки. Юстировочные головки для линзы были изготовлены из дюралюминиевого сплава. Вид головки приведен на рисунке 2, б, в. Внешний диаметр головки составляет 48 мм, диаметр внутреннего отверстия для установки линзы составляет 22,5 мм. Линза в отверстии фиксируется при помощи крепежного элемента с внешней резьбой и внутренним отверстием 15 мм. Юстировочные головки для активного элемента и для порта ввода света в спектрофотометр были изготовлены из орг. стекла толщиной 2,5 мм, диаметр 48 мм. Детали были изготовлены на лазерном скрабере BODOR (BCL050EMU).. Для фиксирования элемента ПОА используется два элемента юстировочной головки .

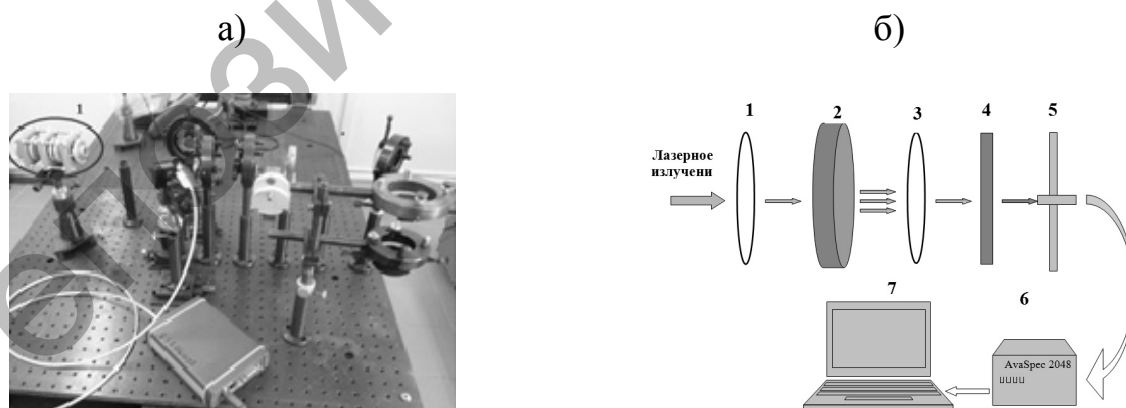


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для исследования генерационных характеристик и лабораторный макет (1) активной среды (а), схема работы лабораторного макета активной среды (б): 1 – фокусирующая линза; 2 – активный элемент на основе ПОА, допированного молекулами красителя; 3 – оптические светофильтры; 4 - цилиндрические линзы; 5 – порт ввода оптоволокна; 6 - спектрометр AvaSpec-2048; 7 – компьютер.

Для проверки работы макета активной среды были использованы пленки ПОА, допированные молекулами красителя родамин 6Ж. Методика синтеза пленок подробно описана в работах [1, 2].

Структура анодных пленок оксида алюминия представляет собой систему упорядоченных пор с плотной упаковкой. Поры расположены перпендикулярно поверхности пленки, и их диаметр и расстояние между ними могут варьироваться изменением в условиях анодирования [3]. Морфология верхней и нижней поверхностей образцов показаны на рисунке 3. На поверхности пленки наблюдаются поры одинакового диаметра  $\sim 74$  нм и с расстоянием между порами около 35 нм (рисунок 2,а). Задняя поверхность пленки также содержит поры с открытыми каналами пор. Это говорит об эффективном удалении барьерного слоя с задней поверхности пленки ПОА. Сорбция молекул красителя Р6Ж

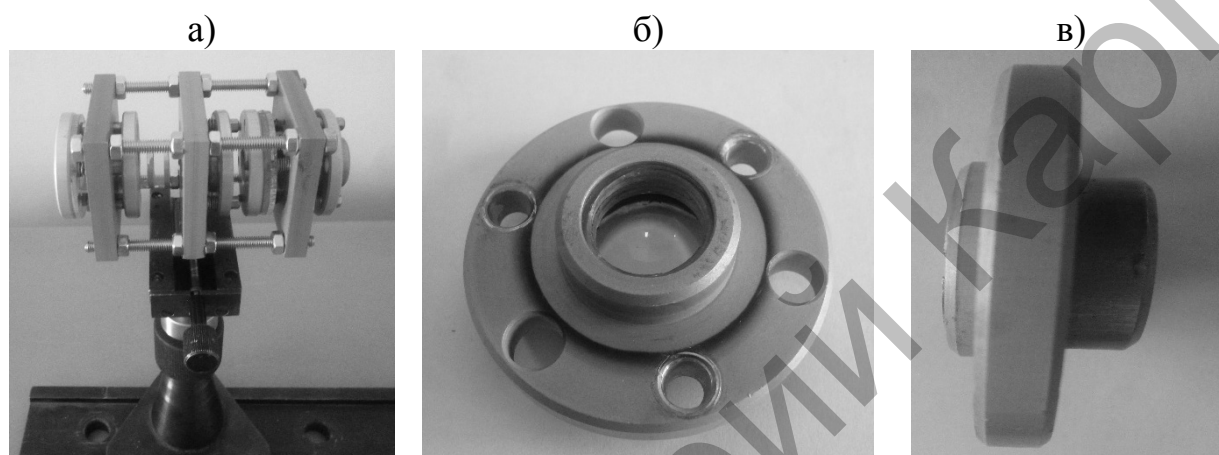


Рисунок 2 – Внешний вид лабораторного макета активной среды (а) и юстировочных головки для линзы: вид сверху (б) и вид сбоку (в).

В поры осуществлялась путем выдерживания пленок оксида алюминия в этанольном растворе люминофора с исходной концентрацией  $C' = 10^{-2}$  моль/л в течение 12 часов при комнатной температуре с последующим высушиванием пленок в сушильном шкафу при температуре  $100^\circ\text{C}$  в течение 1 часа.

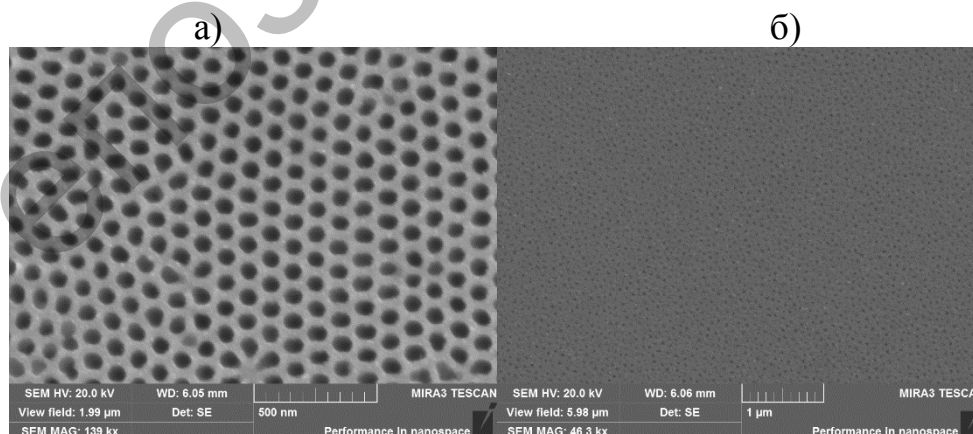


Рисунок 3 – СЭМ изображения пленки ПОА, а) верхняя сторона оксидной пленки, б) нижняя сторона пленки ПОА после удаления барьерного слоя

Внешний вид активного элемента и расположение пленки в юстировочной головке приведено на рисунке 4.

Генерация в макете была получена при использовании источника лазерного возбуждения LQ 215 (Solar). Схема получения вынужденного излучения образца ПОО, допированного красителем Р6Ж приведена на рисунке 1. Генерация наблюдалась при плотности мощности накачки  $110 \text{ МВт/см}^2$ . Спектр генерации приведен на рисунке 5.

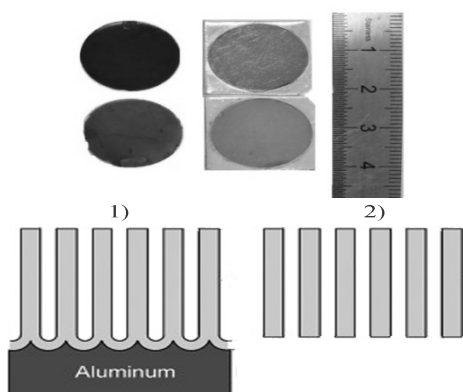


Рисунок 4 – внешний вид активной среды с алюминием и без. Схематичное представление пленки ПОО, с алюминием (1) и удаленным алюминиевым слоем (2)

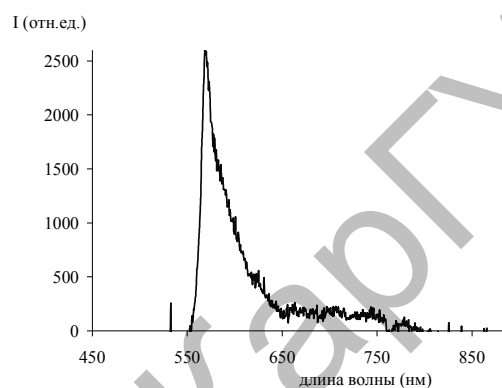


Рисунок 5 – Спектр генерации красителя Р6Ж в пленке ПОО

**Выводы:** Таким образом, был изготовлен лабораторный макет, позволяющий изучать спектрально-люминесцентные и генерационные характеристики вынужденного излучения активного элемента на основе пленок ПОО, допированного молекулами красителя. Удобство использования лабораторного макета связано с возможностью быстрого изменения его геометрических характеристик, таких как, расположение фокусирующей и собирающей линз, а так же самого активного элемента. Так же положительной стороной макета является его компактность по сравнению с экспериментальными измерительными установками.

#### Литературы:

1. Ibrayev N.Kh., Zeinidenov A.K. Plasmon-enhanced stimulated emission of Rhodamine 6G in nanoporous alumina. *Laser Physics Letters*. – 2014. – Vol. 11, № 11. – P. 115805–115811.
2. Aimukhanov A.K., Ibrayev N.Kh. Influence of gold nanoparticles on the properties of stimulated emission of 6-amino-1h-phenalen-1-one in the pores of anodized aluminum oxide // *Journal of luminescence*. – 2018. – Vol. 124. – P. 216-220.
3. Nielsch K., Choi J., Schwirn K., Wehrspohn RB., Gösele U. Self-ordering regimes of porous alumina: The 10% porosity rule // *Nano Lett.* – 2002. – Vol. 2. – P. 677–680.