

УДК 535.34 + 535.37

## ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА 2D-СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ J-АГРЕГАТОВ И АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, СФОРМИРОВАННОГО НА ОСТРОВКОВОЙ ПЛЕНКЕ СЕРЕБРА

Набиуллина Р.Д. (Университет ИТМО), Никитин И.Ю. (Университет ИТМО), Бородина Л.Н. (Университет ИТМО), Гладских И.А. (Университет ИТМО)  
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Старовойтов А.А.  
(Университет ИТМО)

В работе были исследованы оптические свойства J-агрегатов на поверхности анодного оксида алюминия, сформированного на островковых пленках серебра, в зависимости от условий процесса анодирования алюминия. В таких пленках наблюдался перенос энергии оптического возбуждения к J-агрегатам псевдоизоцианинового красителя от кислородных вакансий оксида алюминия.

**Введение.** Разработка твердотельных микролазеров на основе органических соединений и наночастиц в качестве активной среды, является актуальной проблемой современной фотоники. Среди множества наноструктурированных матриц, которые могут быть использованы в качестве активной среды для лазеров, содержащих красители, можно выделить анодный оксид алюминия (АОА), представляющий собой макроскопический упорядоченный набор цилиндричных нанопор. Он обладает стабильностью при термических и химических воздействиях и отличными адсорбционными свойствами за счет большого внутренней поверхности. Органические красители являются идеальными материалами для внедрения в поры матрицы.

Существуют исследования, описывающие работу прототипа лазера на матрице анодированного алюминия, реализованного на красителе Родамин 6G в качестве активной среды. В этих работах было показано, что интенсивность флуоресценции красителя, внедренного в нанопоры оксида алюминия, выше, чем при внедрении его в пористые стекла. Однако, более интересным компонентом для разработки твердотельных микролазеров могут быть молекулярные нанокластеры (J-агрегаты). В отличие от одиночных молекул, они обладают более высокими сечениями поглощения и флуоресценции, нелинейно-оптическими характеристиками, и высокой стабильностью.

В наши дни также успешно применяется взаимодействие матрицы оксида алюминия и плазмонных материалов, за счет нанесения металлических пленок или внедрения наночастиц в поры. Так, например, в одной из работ на поверхность матрицы была нанесена медная плёнка, которая позволила менять оптические свойства структуры в процессе производства для последующих применений. Помимо этого, известно о способствовании плазмонных наночастиц металлов увеличивать поглощение и флуоресценцию агрегатов за счет влияния ближнего поля.

Таким образом, внедрение молекулярных нанокластеров в поры анодированного алюминия, выращенного на подложке из наночастиц металла, позволит получить лазерные среды с большей интенсивностью излучения.

**Основная часть.** Основой для гибридной структуры выступали плазмонные наночастицы серебра, полученные в виде островковых пленок на полированных кварцевых подложках в установке термического вакуумного напыления Kurt Lesker PVD 75. Второй слой представляет собой тонкую пленку алюминия, нанесенную на островковую пленку серебра. Была разработана установка для одноступенчатого анодирования полученной гибридной пленки в щавелевой кислоте при различных условиях.

В качестве варьируемых параметров для процесса анодирования в системе выступают: время анодирования и значение тока. В результате анализа нескольких источников были

установлены начальные параметры для эксперимента: напряжение анодирования  $U = 40\text{В}$ , молярность раствора щавелевой кислоты  $\mu = 0.3\text{М}$ .

Оптические свойства гибридной пленки были исследованы методами флуоресцентной спектроскопии. Для непрозрачных образцов спектры поглощения внедренных молекул были получены из спектров диффузного рассеяния.

На основании полученных спектров наблюдалось уменьшение отражения гибридной пленки с увеличением времени анодирования. При увеличении силы тока анодирования, спектр отражения гибридной пленки сдвигается в красную область спектра. Также при определенных параметрах получения гибридной пленки, минимум спектра отражения совпадает с максимумом поглощения, что может привести к рассеянию света на порах.

Известно, что в процессе анодирования в оксиде алюминия образуются F-центры кислородных вакансий, которые обладают люминесценцией в диапазоне 470-520 нм. Поэтому были получены спектры люминесценции для идентификации образования нанопористого оксида алюминия на островковой пленке серебра в процессе анодирования для ряда образцов. Были выявлены образцы, в которых образовался слой нанопористого оксид алюминия на островковой пленке серебра, что подтвердилось наличием флуоресценции F-центров кислородных вакансий в процессе анодирования на длине волны 480 нм. Исходя из анализа образцов, была выбрана оптимальная гибридная пленка для дальнейшего использования ее в качестве матрицы, в которую будет нанесен краситель.

В качестве органических молекул был использован псевдоизоцианиновый краситель. Для получения J-агрегатов была использована оригинальная методика термостимулированной самосборки красителя в этаноле без использования солей. Молекулярные нанокластеры вводились в нанопоры оксида алюминия, сформированного на островковой пленке серебра, посредством импрегнации в спиртовом растворе.

При возбуждении лазерным излучением пленок с красителем в полосе кислородных вакансий оксида алюминия (405 нм), наблюдается перенос энергии оптического возбуждения от них к J-агрегатам, что подтверждается спектрами флуоресценции, а также увеличением времени затухания флуоресценции.

**Выводы.** Была разработана и собрана установка для анодирования тонкопленочных образцов. По итогам работы были получены несколько образцов гибридных структур, полученных при различных условиях анодирования. Были исследованы оптические свойства гибридных пленок с красителем с помощью флуоресцентной спектроскопии и спектроскопии на рассеянии. Были выявлены образцы, в которых образовался слой нанопористого оксида алюминия на островковой пленке серебра, что подтвердилось наличием флуоресценции F- центров кислородных вакансий в процессе анодирования на длине волны 480 нм. В таких пленках наблюдался перенос энергии оптического возбуждения к J-агрегатам псевдоизоцианинового красителя от кислородных вакансий оксида алюминия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта НИРМА ФТ МФ Университета ИТМО