

УДК 538.975

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА ПРИ ЛАЗЕРНОМ ФОТОЛИЗЕ НИТРАТА СЕРЕБРА В ПОЛИВИНИЛОВОМ СПИРТЕ

Ефимов А.А. (Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)), **Цепич В.П.** (Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)),

Научный руководитель – доктор физ.-мат. наук, профессор Сидоров А.И.
(Университет ИТМО, Санкт-Петербург)

Предложен и продемонстрирован метод прямой записи металлических микроструктур. Представлены результаты исследования фотолиза нитрата серебра в растворе поливинилового спирта под действием непрерывного лазерного излучения с длиной волны 405 нм. Показано, что при лазерном воздействии на поверхности подложки формируются наночастицы серебра, обладающие плазмонным резонансом и углеродные квантовые точки, обладающие люминесценцией. Средний размер наночастиц серебра составляет 10-50 нм. При высокой дозе облучения они образуют трехмерные фрактальные кластеры.

Введение. Металлические микро- и наноструктуры могут быть использованы для создания метаматериалов, проводников для оптоэлектронных устройств и сенсорных устройств микрофлюидики. В последние годы были разработаны многочисленные технологии изготовления 2D и 3D металлических микроструктур, например, двухфотонная фоторедукция с использованием фемтосекундного лазера. Для синтеза наночастиц серебра может быть использован метод однофотонной фоторедукции с использованием непрерывного полупроводникового лазера. В данном методе происходит восстановление ионов серебра и образование наночастиц, при воздействии непрерывного сфокусированного лазерного излучения на раствор желатина с AgNO_3 . Этот метод позволяет создавать металлические микроструктуры с субмикронным производственным разрешением с высокой степенью гибкости конструкции. Производство для широкого спектра продукции с различными масштабами, таких как датчики и метаматериалы, требует, чтобы способ изготовления металлических конструкций был масштабируемым и дешёвым.

Целью настоящей работы было исследование особенностей формирования наночастиц серебра при фотолизе нитрата серебра в поливиниловом спирте непрерывным лазерным излучением.

Основная часть. Для проведения экспериментов 0.2 гр. AgNO_3 и 0.5 гр. поливинилового спирта (ПВС) с относительной молекулярной массой 15000 растворялись в 5 мл воды, нагретой до 60 °С. Каплю приготовленного раствора помещали на стеклянную подложку и облучали снизу сфокусированным лазерным излучением с длиной волны 405 нм. Для облучения был использован непрерывный полупроводниковый лазер KLM-405-5 мощностью 50 мВт. Следует отметить, что длина волны лазера совпадает с полосой поглощения, связанной с плазмонным резонансом сферических наночастиц серебра на стекле. Доза облучения D варьировалась в пределах 4 – 40 Дж/мм². Длительность облучения при этом составляла 1-10 мин. Диаметр лазерного луча на поверхности стекла был выбран равным 1 мм для удобства оптических измерений. После облучения образцы помещали в воду для удаления ПВС. Затем образцы высушивались. Спектры оптической плотности измерялись с помощью спектрофотометра Lambda 650 (PerkinElmer). Для измерения спектров люминесценции использовался спектрофлуориметр LS-55 (PerkinElmer). Все спектральные измерения проводились при комнатной температуре. Изображения наночастиц серебра, а также энергодисперсионные спектры были получены с помощью сканирующего электронного микроскопа ZeissMerlin.

Выводы. В докладе представлены экспериментальные результаты фотолиза AgNO_3 в растворе ПВС. При воздействии непрерывным лазерным излучением на поверхности стеклянной подложки формируются наночастицы серебра, обладающие плазмонным резонансом. Данные наночастицы серебра имеют форму, близкую к сферической, и средний размер 10-50 нм. Средний размер наночастиц серебра зависит от дозы облучения. При дозе облучения $D \geq 20$ Дж/мм² наночастицы серебра образуют трехмерные фрактальные кластеры. Также на поверхности стеклянной подложке формируются углеродные квантовые точки, обладающие люминесценцией на длине волны 450 нм. Их образование вызвано локальным нагревом раствора в условиях плазмонного резонанса и возможного появления горячих точек во фрактальных кластерах, состоящих из наночастиц серебра.

Ефимов А.А. (автор)

Цепич В.П. (автор)

Сидоров А.И. (научный руководитель)