

УДК 535.3

## ЛАЗЕРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ И СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА С НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА

**Андреева Я.М.** (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

**Научный руководитель – Ph.D., Итина Т.Е.**

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

В работе показана возможность локального лазерного управления оптическими свойствами тонкоплёночных нанокompозитных материалов на основе диоксида титана, содержащих два вида металлических наночастиц. Определены основные закономерности развития наноструктур под действием непрерывного лазерного излучения и сделаны выводы о механизмах формирования многокомпонентного нанокompозита. Полученные результаты позволят приблизиться к внедрению таких материалов и устройств на их основе в различные области науки и современной техники, в том числе современные устройства оптоэлектроники, фотокаталитические приборы и датчики, сенсоры нового поколения и др.

**Введение.** Нанокompозитные материалы и плёнки, содержащие металлические наночастицы в составе, могут быть получены различными методами, среди которых наиболее распространёнными являются химический синтез, различные методы напыления, литография и др. Однако, ни один из таких методов не позволяет управлять оптическими и физико-химическими свойствами материала на микро- и наномасштабе. С этой точки зрения, перспективным решением является применение лазерных источников излучения, которые обеспечивают возможность локального управления структурой, фазовым и химическим составом материала, а также размерами и пространственным распределением наночастиц. Были подробно изучены методы лазерного синтеза нанокompозитных материалов с наночастицами серебра в составе, а также методы управления их оптическими свойствами. В данной работе предлагается использование наночастиц из двух плазмонных металлов (Ag и Au), что потенциально позволит расширить области применения таких нанокompозитных плёнок. Задачами данного исследования являются описание механизмов взаимодействия непрерывного лазерного излучения с нанокompозитом  $\text{Ag:Au:TiO}_2$  и изучение свойств полученного материала.

**Основная часть.** В качестве образцов в данной работе использовались тонкие нанокompозитные плёнки, содержащие в составе наночастицы серебра и золота. Для этого мезапористые плёнки диоксида титана пропитывали поочерёдно в водных растворах  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{HAuCl}_4$ , для получения равномерного распределения исходных частиц в плёнке. Формирование нанокompозитного материала  $\text{Ag:Au:TiO}_2$  и управление его свойствами осуществлялось в режиме непрерывного лазерного излучения с длиной волны 488 нм. Выбор источника обусловлен прежде всего поглощением исходной плёнки в данной области спектра. В зависимости от мощности излучения, размера пятна, а также скорости сканирования изменялись распределения наночастиц по размеру и по пространству в составе композитной плёнки.

Для всех режимов наблюдалось формирование крупных частиц с размерами вплоть до нескольких микрометров на периферии лазерного трека, тогда как в центре зоны воздействия преобладали наночастицы с размерами от 10 до 100 нм. В режиме построчного сканирования этот эффект приводил к самоорганизации крупных частиц в виде достаточно хорошо упорядоченной решётки с периодом порядка шага сканирования (смещения по оси, перпендикулярной направлению сканирования).

Стоит отметить, что после лазерной обработки плазмонные свойства материала значительно менялись и усиливались за счёт перераспределения ансамбля наночастиц и их размеров по ширине трека. Так, при мощности лазерного излучения в диапазоне 170-200 мВт пик поглощения сформированного материала смещался в коротковолновую область с увеличением скорости сканирования. В частности, при мощности 170 мВт положение пика менялось с 518 нм (при скорости сканирования 500 мм/с) до 490 нм (при скорости сканирования 30000 мм/с). С другой стороны, при мощности излучения выше 200 мВт зависимость положения пика поглощения от скорости сканирования становилась нелинейной. Движение пика поглощения в фиолетовую область связано с уменьшением размеров наночастиц в центре лазерного трека при увеличении скорости сканирования. Образование мелких частиц в центре и гораздо более крупных частиц на границах лазерного трека скорее всего обусловлено сформированным температурным полем и его влиянием как на процессы диффузионного роста и коагуляции наночастиц, так и на обратные процессы и, в частности на процесс фотоокисления частиц серебра. Так как температура ниже на периферии, там преобладали процессы роста.

**Выводы.** Полученные в работе выводы о механизмах формирования наночастиц в составе композитного материала, а также экспериментально выявленные зависимости позволяют получать плёнки с заданным распределением наночастиц, по размерам, а также контролировать поглощение композитных плёнок. В дальнейшем изученные структуры могут стать основой для создания фотокаталитических устройств и фотоэлектрических датчиков с локально управляемыми свойствами.

Андреева Я.М. (автор) \_\_\_\_\_

Итина Т.Е. (научный руководитель) \_\_\_\_\_