

УДК 53.043

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМОННЫХ НАНОЧАСТИЦ В ЦВЕТНОЙ ЛАЗЕРНОЙ МАРКИРОВКЕ СЕРЕБРА

Нгуен Туан Ань (Университет ИТМО), Гусейнова Л.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н. Сергеев М.М.

(Университет ИТМО)

Аннотация. В данной работе рассматриваются варианты применения плазмонных наночастиц в цветной лазерной маркировке серебра. Образование наночастиц размерами от 5 до 50 нм осуществляется с помощью воздействия лазерных импульсов наносекундной длительности. Используя моделирование можно анализировать плазмонные свойства наночастиц, синтезированных лазерным излучением, в зависимости от состава металла и размеров наночастиц. Результаты моделирования позволяют уточнить химический состав получаемых наночастиц, конечный размер, их спектральные характеристики, а также определить цветовые координаты.

Введение. Лазерная маркировка представляет собой универсальный технологический метод распространенный для нанесения информации непосредственно на детали и изделия, окрашивания, такие как оксидирование нанесение покрытий, покрытие горячими и холодными эмалями, создание цветного слоя и т.д., имеют ряд известных недостатков, например, неэкологичность производства, использование большого количества расходных материалов, а также недолговечность полученного покрытия. Все это не позволяет наносить высококачественное изображение.

Основная часть.

- В работе предложена высокопроизводительная технология цветной лазерной маркировки серебра за счет эффекта плазмонного резонанса с использованием волоконного лазера с наносекундной длительностью импульсов.

- В качестве рабочей модели была рассмотрена теория эффективных сред в решении уравнения Бургеммана, где рассматривалось покрытие, состоящее из воздуха с $\epsilon_{\text{air}} = 1.01$ и наночастиц серебра/оксида серебра с различным размером и концентрацией. Наночастицы с плазмонными свойствами формировались после лазерной обработки на поверхности серебряной пластины, в своей совокупности они представляют собой покрытие способное менять спектральные характеристики поверхности металла.

- Был проведен СЭМ-анализ обработанных областей, который показывает, что образованные наночастицы имеют в основном сферическую форму. Доля и среднестатистический диаметр наночастиц серебра в образце определялся с помощью выражения для описания нормального распределения.

- Предполагается, что слой покрытия находится на серебряной подложке, а электроны с наночастиц не имеют возможности перехода в нее. Это справедливо, поскольку образование наночастиц серебра происходит из парогазовой фазы в воздушной среде при осаждении на поверхности серебра. В этом случае внешняя часть наночастиц, как и облученная поверхность серебра, подвергалась окислению. Оксид серебра и воздух между наночастицами является барьером для стока электронов из наночастиц в подложку. Поскольку композитный слой располагается на серебряной подложке, то было учтено отражение Френеля той части падающего света, которая достигала ее поверхности.

- В приводимом моделировании получена диэлектрическая функция композита через нахождение комплексной диэлектрической проницаемости металлической фазы, диэлектрической функции серебра и оксида серебра, соответствующие время релаксации в наночастицах и функция спектральной плотности (функция Хевисайда).

- С помощью модели была найдена отражательная способность от покрытия с учетом отражения от серебряной подложки, на их основе рассчитаны цветовые координаты в системе XYZ-МКО, координаты в системе sRGB, а также в цветном пространстве CIE-Lab.

Выводы. В результате моделирования с усложнением химического состава металлической фазы наночастиц для расширения спектральных характеристик обработанной поверхности, с увеличением размера наночастиц минимумы спектров отражения смещаются в ИК область. Данное моделирование позволяет определить химический состав получаемых наночастиц, конечный размер, а также их спектральные характеристики. Кроме того, модель позволяет определить взаимодействие параметров, таких как размер наночастиц, их концентрация и химический состав, и их влияние на спектр отражения и пропускания пленки, а также дает возможность предсказать экспериментальные результаты.

Нгуен Туан Ань (автор)

Гусейнова Л.А. (соавтор)

Сергеев М.М. (научный руководитель)