

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦВЕТООБРАЗОВАНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ДЕГРАДАЦИИ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ СЕРЕБРА ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Капустина У.А. (ИТМО), Морозова А.А. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук Романова Г.В.  
(ИТМО)

**Введение.** Окрашивание поверхности является важным этапом обработки изделий из драгоценных металлов в ювелирной промышленности. Несмотря на разнообразие механических [1,2] и химических [3-5] методов окрашивания, наблюдается тенденция развития лазерных технологий обработки материалов. Использование лазерного излучения в качестве инструмента локального нагрева поверхности обеспечивает прецизионность, высокую скорость производительности, экологичность и экономичность ввиду отсутствия дополнительных расходных материалов.

Окрашивание драгоценных металлов может производиться методом лазерного синтеза наночастиц с плазмонными свойствами на поверхности [6,7]. В результате лазерного нагрева до температуры, превышающей температуру кипения, из парогазовой фазы на поверхность металла осаждаются наночастицы, плазмонные свойства которых и позволяют наблюдать цвет.

Однако, на данный момент технология лазерного плазмонного окрашивания серебра не может быть интегрирована в производство в связи с низкой износостойкостью модифицированных покрытий и отсутствием зависимостей получаемых колориметрических характеристик от параметров лазерного воздействия. Применение каких-либо защитных покрытий имеет решающее значение для промышленного внедрения плазмонных цветов.

**Основная часть.** Для правильного подбора защитного покрытия необходимо понимать процесс цветообразования на поверхности серебра под действием лазерного излучения. В существующих сейчас работах на эту тему рассматривается морфология модифицированных поверхностей, а поверхностные структуры исследуются как набор отдельных наночастиц. Однако, нет системного понимания механизма образования макрочвета и его зависимости от режимов лазерной обработки.

В данной работе более подробно изучены особенности цветообразования на поверхности серебра под действием лазерного излучения. Для экспериментов использованы пластины из серебра 999 ювелирной пробы толщиной. В качестве лазерного источника был выбран волоконный иттербиевый лазер с наносекундной длительностью импульса и длиной волны излучения 1064 нм.

При фиксированном значении энергии в импульсе были созданы цветовые палитры с разными значениями длительности импульса, частоты следования импульсов и перекрытия по двум осям. Полученные массивы позволили вывести зависимость получаемых цветов от различных параметров лазерного излучения. Для исследования механизма формирования цвета образец после обработки исследован с помощью оптической микроскопии, спектрофотометрии и сканирующей электронной микроскопии.

Также исследован процесс деградации получаемых структур при термическом, химическом и механическом воздействиях.

**Выводы.** По результатам выполненных исследований была определена зависимость спектральных характеристик лазерно-индуцированной поверхности серебра при различных тепловых режимах. На основании тестов на износостойкость цветных покрытий было предложено промышленно доступное защитное покрытие, которое позволяет защитить получаемые цветные покрытия из наночастиц от воздействия внешних факторов. Определено

влияние нанесения дополнительного защитного покрытия на цветопередачу окрашенной поверхности.

Работа выполнена при поддержке программы «Приоритет 2030».

**Список использованных источников:**

1. Tsareva E. V., Spiridonov Y. A. Decorative enamels on precious metals //Glass and ceramics. – 2012. – Т. 68. – №. 9-10. – С. 308-309
2. Вдовкин Н. М. Горячая эмаль и ее применение в творчестве художников //Дизайн-ревью. – 2008. – №. 1-2. – С. 61-66.
3. Gaul E. Coloring titanium and related metals by electrochemical oxidation //Journal of chemical education. – 1993. – Т. 70. – №. 3. – С. 176.
4. T. Biestek and J. Weber, Electrolytic and Chemical Conversion Coatings, 1st ed., Portcullis Press, 1976, p 225–228
5. Bartlett L. An unusual phenomenon observed when anodising CP titanium to produce coloured surfaces for jewellery and other decorative uses //Optics & Laser Technology. – 2006. – Т. 38. – №. 4-6. – С. 440-444.
6. Guay J. M. et al. 2017 Laser-induced plasmonic colours on metals Nature communications 8.1 1-12
7. Odintsova G. V. et al. 2019 High-resolution large-scale plasmonic laser color printing for jewelry applications Optics express 27.3 3672-3681