

УДК 544.032.65

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУР, СОЗДАНЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОГО ОБРАТНОГО ПЕРЕНОСА НА СТЕКЛЕ

Домакова В.А., Рамос Веласкес А., Синев Д.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, Синев Д.А.
(Университет ИТМО)

Введение. Маркировка является перспективным методом для идентификации и защиты изделий в различных отраслях промышленности, позволяя ограничить распространение контрафакта, а также создать необходимое декоративное изображение, которое будет сохраняться в процессе эксплуатации изделия. Большинство методов защиты изделий задействуют фотополимерную технологию для создания неподдельных наклеек и травление кислотосодержащими пастами по трафарету. Эти способы имеют недостатки, которые заключаются в низкой разрешающей способности и монохромности нанесенного изображения, а также недостаточной устойчивости таких меток к внешним воздействиям. Частично эти проблемы решает маркировка изделий посредством лазерного излучения, которое характеризуется высокой эффективностью, бесконтактностью, локальностью воздействия и вариативностью настраиваемых параметров. Однако основную трудность для современных лазерных технологий представляют термо-механическая хрупкость стекла при нагреве и его оптическая прозрачность [1], которая ограничивает количество подходов к его обработке. Кроме того, существующие методы характеризуются формированием трещин из-за перегрева дефектных областей [2] и одноцветностью нанесенных изображений [3], что не гарантирует достаточную степень защиты изделий с таким видом маркировки.

Основная часть. В данной работе исследовались физико-оптические свойства лазерно-индуцированных поверхностных периодических структур (ЛИППС) на тонких пленках титана, перенесенных на стекло методом обратного лазерного переноса. Используемый подход позволяет получать цветные структуры с высокой степенью управляемости их оптическими свойствами, что открывает перспективы для создания защитных знаков и функциональных покрытий. Преимуществом используемой технологии является не только сокращение этапов создания защитной метки, но и решение проблем, связанных с повреждением акцептора в процессе лазерного воздействия, достигаемое путем использования металлической мишени в качестве поглотителя излучения. Знание о том, как влияют физические и оптические параметры на формируемое изображение, позволит точно управлять свойствами получаемых структур.

Исследование осуществлялось на установке «Минимаркер-2» с волоконным импульсным иттербиевым лазером ($\lambda = 1064$ нм, $P = 20$ Вт). Поляризация контролировалась призмой Глана-Тейлора и полуволновой пластинкой. Для обратного лазерного переноса титановых пленок использовалась мишень из титана марки ВТ0-1, облучаемая лазерным излучением при следующих варьируемых параметрах: $P = 6-11$ Вт, $V = 210-385$ мм/с, $f = 60$ кГц, $t = 100$ нс, разрешение записи 20 линий/мм. В прямой контакт с мишенью накладывалось предметное стекло Levenhuk G50, которое служило акцептором металлической пленки. При повторном экспонировании с целью создания ЛИППС для придания узору структурных цветов использовались параметры: $P = 1$ Вт, $f = 40$ кГц, $V = 1$ мм/с, $t = 4$ нс, разрешение записи 50 линий/мм. Микрофотографии были получены на оптическом микроскопе Carl Zeiss Axio Imager A1m, измерение толщины пленки осуществлялось оптическим профилометром TopMap MicroView (Polytec, Германия). Спектры отражения для исходной поверхности пленки и после

создания структур были получены на спектрофотометре МСФУ-К нормально поверхности образца. Микроанализатор AzTec Energy 350 применялся для количественной оценки химического состава образцов методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии.

Выводы. В настоящей работе исследовались физико-оптические свойства ЛИППС на стекле, нанесенных с целью их цветной маркировки. По результатам экспериментов толщина полученных пленок составила в среднем 240 нм, локально достигая значения 4 мкм. Энергодисперсионная спектроскопия показала содержание титана, кислорода и кремния в перенесенном структурированном узоре, что может указывать на влияние процессов окисления в процессе создания радужной метки. Различие в спектрах отражения неструктурированной пленки и пленки с ЛИППС показывает изменение спектральных характеристик при нормальном падении и отражении света. Полученные результаты предлагают возможность точного управления визуальными эффектами структур, расширяя знания о свойствах создаваемых изображений. В совокупности данный метод может быть использован для создания защитных знаков на стеклянных изделиях или других оптически прозрачных материалах.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 24-79-10230.

Список использованных источников:

1. Вейко В. П., Заколдаев Р. А., Веласкес А. Р. Лазерная маркировка прозрачных материалов и изделий из них //Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и на транспорте–2020: тр. XXVIII Междунар. – 2020. – С. 27.
2. Курилов М. В. Исследование влияния параметров лазерного излучения DPSS лазера нового поколения с длиной волны 532 нм на маркировку стекла. //Четвертая Всероссийская научно-техническая конференция «Студенческая весна 2011: Машиностроительные технологии» // МГТУ им. Н.Э Баумана. – 2011.
3. Ramos-Velazquez A. et al. Laser-induced micro-scale polychrome marking of glass materials //Materials Letters. – 2023. – Т. 343. – С. 134372.