

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР ПРИ РАСТЯГИВАЮЩИХ НАГРУЗКАХ

Васильев М.Д. (Университет ИТМО)

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

Введение. В настоящее время большой интерес вызывают потенциальные функциональные свойства лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур (ЛИППС), проявляющихся в результате лазерного воздействия на поверхность широкого круга материалов. Сейчас активно проводятся исследования этого явления для решения проблем фотоники, а также для внедрения в различные сферы деятельности приборов и оптических элементов, работа которых основана на эффектах, происходящих при воздействии света на эти структуры. Так, уже были продемонстрированы поляризаторы, созданные с помощью ЛИППС, а также тензометрические датчики на массивной стали [1, 2]. Однако стоит отметить, что для уменьшения разного рода погрешностей работы таких устройств, необходима высокая упорядоченность записываемых структур и контролируемый угол наклона, что сложно реализовать в условиях абляционных ЛИППС из-за большого количества термо-индуцированных дефектов. Ранее были показаны перспективные результаты получения термохимических лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур (ТЛИППС), а также выявлены режимы получения таких структур на тонких пленках титана [3, 4]. В настоящей работе представлены результаты исследования изменения спектров пропускания и отражения ТЛИППС при различной силе растяжения образцов, созданных при разных параметрах лазерного воздействия, с целью создания нового вида высокоточных оптических тензометрических датчиков.

Основная часть. Для проведения исследований использовались образцы тонкой пленки титана толщиной 30 нм, напыленной на подложку из полиимида толщиной 200 мкм методом термического распыления в вакууме. Обработка образцов производилась Yb-волоконным лазером ($\lambda=1070$ нм) с изначально смешанной поляризацией. После коллимирующей системы была установлена призма Глана-Тейлора для получения линейной поляризации, а также полуволновая пластинка ($\lambda/2$) для управления вектором поляризации и ориентации структур относительно направления сканирования. Для всех режимов записи ТЛИППС была зафиксирована длительность импульсов $\tau=4$ нс, а также скорость сканирования $v=100$ мкм/с. Для проведения экспериментов были выбраны три перспективных режима обработки поверхности при частоте следования импульсов $f=90$ кГц, $f=100$ кГц, $f=110$ кГц и разных параметрах мощности излучения $P=72$ мВт, $P=56$ мВт, $P=63$ мВт соответственно. Кроме того, образцы были записаны с разной ориентацией ТЛИППС относительно вектора прикладываемой силы (параллельно и перпендикулярно) для определения наилучшего отклика на растяжение. Для осуществления деформации была разработана и сконструирована установка, удовлетворяющая необходимым требованиям.

Измерение спектральных зависимостей оптических характеристик производилось при различных нагрузках на растяжение: от 0 Н до 10 Н. В результате были получены экспериментальные графики интересующих спектральных характеристик ТЛИППС, указывающих на отклик исследуемых образцов на прикладываемую деформацию. Установлено смещение максимумов отражения и пропускания вдоль оси длин волн, что также свидетельствует о положительном отклике ТЛИППС на деформацию.

Выводы. В результате проведенных исследований были рассмотрены оптические свойства ТЛИППС на тонкой пленке титана. Кроме того, был обнаружен положительный отклик этих структур на растяжение образцов, а также была замечена взаимосвязь между прикладываемой нагрузкой и изменениями спектральных зависимостей оптических характеристик. Представленные результаты показывают возможность использования

ТЛИППС на тонких пленках титана, напыленных на полимерную подложку для разработки прототипов тензометрических датчиков. В перспективе планируется исследовать отклик оптических свойств ТЛИППС, при других видах деформаций, таких как скручивание и изгибание.

Проект поддержан грантом РФФ №21-79-10241. Авторы благодарят ресурсный центр «Нанотехнологии» СПбГУ за помощь в получении образцов титановых пленок на гибких диэлектрических подложках.

Список использованных источников:

- 1) Skoulas E. et al. Laser induced periodic surface structures as polarizing optical elements //Applied Surface Science. – 2021. – Т. 541. – С. 148470.
- 2) Gräf S. et al. Mechano-responsive colour change of laser-induced periodic surface structures //Applied Surface Science. – 2019. – Т. 471. – С. 645-651.
- 3) Sinev D. A. et al. Formation of the Submicron Oxidative LIPSS on Thin Titanium Films During Nanosecond Laser Recording //Nanomaterials. – 2020. – Т. 10. – №. 11. – С. 2161
- 4) Васильев М.Д., Суворов А.Р., Рудь Д.А., Синева Д.А. Особенности формирования термохимических лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур на образцах титана различной толщины//Сборник научных трудов Международной научно-технической молодежной конференции "Перспективные материалы конструкционного и функционального назначения" - 2022. - С. 333-336