

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ  
ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР НА МАССИВНОМ НИКЕЛЕ  
ПРИ НАНОСЕКУНДНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

**Мартиросян Г. А. (ИТМО), Прокофьев Е. В. (ИТМО)**

**Научный руководитель – кандидат технических наук, Москвин М. К.  
(ИТМО)**

**Введение.** Формирование лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур (ЛИППС) на поверхности металлов представляет собой активно развивающееся направление в области лазерной обработки, позволяющее создавать микронные и субмикронные структуры на поверхности различных материалов [1,2,3]. Первоначально формирование ЛИППС инициируется распространением поверхностных электромагнитных волн на границе раздела сред и их интерференцией с падающим излучением [4]. Затем, в зависимости от параметров лазерного воздействия и свойств материала, активируются такие процессы, как плавление, абляция и термохимические реакции окисления, которые определяют конечную структуру поверхности [5,6]. Сформированные структуры могут быть как одномерными (линейно-периодический рельеф), так и двумерными, в зависимости от механизмов формирования и типа поляризации лазерного излучения [7]. В данной работе исследуется формирование ЛИППС на поверхности никеля марки НП2 под воздействием наносекундного лазерного излучения с целью определения оптимальных энергетических режимов, выявления механизмов формирования структур и создания прототипов элементов дифракционной оптики.

**Основная часть.** Эксперименты проводились с использованием системы лазерной маркировки МиниМаркер-2 (ООО “Лазерный Центр”). Установка оснащена волоконным иттербиевым лазером IPG-Photonics, генерирующим излучение с длиной волны 1064 нм. Длительность импульса регулировалась в диапазоне от 4 до 100 нс, а частота повторения импульсов варьировалась от 40 до 300 кГц. Также менялся такой параметр, как количество линий на миллиметр от 10 до 400. Для фокусировки излучения использовалась F-Theta линза с фокусным расстоянием 216 мм, диаметр пятна фокусировки составлял 50 мкм. Образцы из никеля марки НП2 подвергались лазерной обработке на воздухе при различных значениях плотности мощности, скорости сканирования пучка. В результате лазерного воздействия на поверхности никеля формировались высокорегулярные ЛИППС, ориентированные перпендикулярно поляризации лазерного излучения. Период  $\Lambda$  данных структур составил  $1,1 \pm 0,1$  мкм. Были определены энергетические пороги формирования структур для наносекундных импульсов. Плотность мощности лазерного излучения для формирования ЛИППС находилась в диапазоне 1,45–1,52 Вт/см<sup>2</sup>, что соответствует нагреву материала до температуры в диапазоне 1669–1747 °С. Данный диапазон температур соответствует диапазону температур от плавления (1453 °С) до испарения (2732 °С) никеля, что позволяет установить преобладающие термохимические механизмы формирования ЛИППС.

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлены оптимальные параметры наносекундного лазерного воздействия, обеспечивающие формирование ЛИППС на поверхности никеля марки НП2. Установлено, что при формировании ЛИППС значительную роль играют термохимические процессы, в частности окисление поверхности никеля. Полученные структуры могут быть использованы для создания дифракционных элементов и защитных знаков с заданными оптическими свойствами.

**Список использованных источников:**

1. Zhang Y. et al. Femtosecond laser-induced periodic structures: Mechanisms, techniques,

and applications // Opto-Electronic Science. – 2022. – Т. 1. – №. 6. – С. 220005-1-220005-21.

2. De Palo R. et al. Investigation of Laser-Induced Surface Structures (LIPSS) on quartz and evaluation of their influence on material wettability // Optics & Laser Technology. – 2024. – Т. 169. – С. 110097.

3. Capella A. G. et al. Biofilm growth on laser-induced periodic surface structures (LIPSS) of AISI 316L stainless steel // Matéria (Rio de Janeiro). – 2024. – Т. 29. – С. e20240288.

4. Бонч-Бруевич А. М. и др. Возбуждение поверхностных и волноводных мод интенсивным лазерным излучением и их влияние на характер поверхностного разрушения конденсированных сред // Изв. АН СССР. сер. Физ. – 1982. – Т. 46. – №. 6. – С. 1186

5. Bonse J., Gräf S. Maxwell Meets Marangoni—A Review of Theories on Laser-Induced Periodic Surface Structures // Laser & Photonics Reviews. 2020. V. 14. № 10. P. 2000215.

6. Reif J., Varlamova, O., Varlamov S., Besthorn, M. The role of asymmetric excitation in self-organized nanostructure formation upon femtosecond laser ablation // AIP Conference Proceedings. – American Institute of Physics, 2012. V. 1464. № 1. P. 428-441. <https://doi.org/10.1063/1.4739897>

7. Fraggelakis F. et al. Controlling 2D laser nano structuring over large area with double femtosecond pulses // Applied Surface Science. – 2019. – Т. 470. – С. 677-686.