

## **ДИНАМИКА ПОРОГОВ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ ОБЪЕМНОЙ И ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ АЛЮМИНИЕВЫХ МИШЕНЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СДВОЕННЫХ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ**

**Голубев Я.Д.**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Санкт-Петербург

**Научный руководитель: к.т.н. Самохвалов А.А.**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Санкт-Петербург

### **Краткое введение, постановка проблемы.**

Неудержимо растущие потребности человечества ведут к повышению средней мощности фемтосекундных лазерных источников, что на сегодняшний день достигается путем увеличения частоты следования их импульсов, которая составляет десятки МГц и более. Вместе с тем существенное уменьшение межимпульсного интервала (до 0,1-1000 пс) ведет к возникновению новых физических явлений [1, 2], связанных с изменением оптических свойств материала за счет нелинейной динамики электрон-фононной релаксации, разлетом закритического флюида, пробоем в продуктах абляции, эффектов накопления тепла и др. [3] С точки зрения обработки материалов это ведет к изменению эффективности удаления вещества и является физической причиной ограничения потребностей человечества. Обозначенные физические явления слабо изучены, что в целом определяет новизну и актуальность данного исследования.

Настоящая работа посвящена выяснению влияния временного интервала между парой лазерных импульсов на процессы выноса вещества при фемтосекундной лазерной абляции тонкопленочной и объемной алюминиевых мишеней.

**Целью работы** является исследование параметров абляции (пороги абляции, диаметр и структура кратера, профиль и глубина абляционного трека) алюминиевой мишени после облучения сдвоенными фемтосекундными лазерными импульсами в зависимости от толщины (различные плёнки и объёмный материал) и величины задержки между импульсами для выявления эффективного режима обработки материала и сравнения с моноимпульсной обработкой.

### **Базовые положения исследования.**

В нашей работе в качестве мишеней использовались четыре тонкие алюминиевые плёнки (толщиной 30, 60, 90 и 120 нм соответственно) и алюминиевая пластина значительной толщины. Для их обработки применялся лазер Авеста-Проект с длиной волны 800 нм, длительностью импульса 100 фс, частотой следования импульсов 10 Гц и энергией в импульсе 1 мДж. После выхода из лазера, пучок попадал в оптическую схему интерферометра Майкельсона, одно плечо которого оставалось неподвижным, а второе двигалось для изменения задержки между разделенными пучками, система обеспечивала интервал задержек от 330 фс до 4 нс. Далее оба пучка собирались линзой на поверхности мишени, фокальная плоскость линзы была сдвинута ниже поверхности мишени во избежание появления филаментации.

### **Основной результат.**

Полученные образцы алюминия и алюминиевых плёнок были исследованы методами оптической микроскопии и профилометрии. Были определены пороги абляции и параметры кратеров и линий, сделаны снимки поверхности материала и сняты профили полученных структур. Также для плёнок была измерена динамика пропускания во время воздействия сдвоенных фемтосекундных импульсов. Плёнки демонстрируют следующие зависимости: при увеличении толщины порог абляции повышается как для моноимпульса, так и для сдвоенного импульса. Пороги абляции для моноимпульса следующие: для 30 нм —  $0,24 \pm 0,02$  Дж/см<sup>2</sup>, для 60 нм —  $0,35 \pm 0,02$  Дж/см<sup>2</sup>, для 90 нм —  $0,42 \pm 0,02$  Дж/см<sup>2</sup>, для 30 нм —  $0,45 \pm 0,02$  Дж/см<sup>2</sup>. Пороги абляции для сдвоенного импульса всегда выше, чем для одиночного, сначала по мере увеличения задержки между импульсами они также увеличиваются, как мы предполагаем, из-за разлета вещества, достигая максимальных значений при задержках ~60–100 пс (при максимальных задержках порог абляции увеличивается относительно моноимпульса: для 30 нм — в 1,9 раз, для 60 нм — в 2,3 раза, для 90 нм — в 1,8 раз, для 120 нм — в 1,6 раз). При длинных задержках (150–4000 пс) порог абляции начал снижаться, как мы предполагаем, из-за частичного экранирования плазменным факелом и действия самой лазерной плазмы на мишень, но оставался выше, чем был при коротких (0,33–10 пс). Для объемного алюминия зависимость порогов имела монотонный рост с увеличением на длинных задержках.

### **Литература**

1. W. Han et al. Anisotropy modulations of femtosecond laser pulse induced periodic surface structures on silicon by adjusting double pulse delay. // *Optics Express*, 2014, vol. 22, iss. 13, pp. 15820-15828;
2. Y. Furukawa et al. Demonstration of periodic nanostructure formation with less ablation by double-pulse laser irradiation on titanium // *Appl. Phys. Lett.*, 2016, vol. 108, 264101;
3. D. Zhang et al. Enhancement mechanism of femtosecond double-pulse laser-induced Cu plasma spectroscopy // *Opt. and Las. Tech.*, 2017, vol. 96, pp. 117–122.