

# ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ОДИНОЧНЫХ МИКРОСТРУКТУР НА МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ В ВОЗДУХЕ

А. Н. Чумаков, И. С. Никончук

Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск

E-mail: chumakov@imaph.bas-net.by

Образование цилиндрических и конусообразных (острийных) микро и наноструктур на поверхности металлов и полупроводников представляет интерес для использования в зондовой микроскопии, эмиссионной электронике, в микросенсорах и т.п. При многоимпульсном лазерном облучении расплавов легкоплавких металлов (In, Ga, Pb+Sn) [1], а также твердых тугоплавких металлов [2] были получены конусообразные микроструктуры, размеры которых зависят от диаметра лазерного пятна, а высота – от количества лазерных импульсов.

Представленная работа посвящена выяснению новых возможностей управления формой и скоростью роста лазерно-индуцированных микроструктур в различных режимах лазерного облучения металлов, в том числе в условиях контролируемого образования тонкого слоя расплава на мишени при ее облучении вспомогательным лазером.

Экспериментальная установка была создана на основе двух лазеров (рис. 1). Один из них твердотельный Nd:YAG лазер RL1.0Q с диодной накачкой (длина волны лазерного излучения  $\lambda=1064$  нм, длительность импульса  $\tau=1$ нс, энергия в импульсе 330 мкДж, мощность 0,3 МВт, диаметр пучка 600 мкм) с частотой повторения импульсов от 50 до 1000 Гц. Второй – Nd:YAG лазер ЛАРС-1, работающий как в режиме свободной генерации ( $\lambda = 1064$  нм,  $\tau = 200$  мкс, энергия в импульсе до 1 Дж, диаметр пучка 8 мм), так и в режиме высокочастотной серии наносекундных импульсов длительностью 80 нс (до 13 импульсов в серии общей длительностью  $\sim 150$  мкс с частотой повторения 150 кГц).

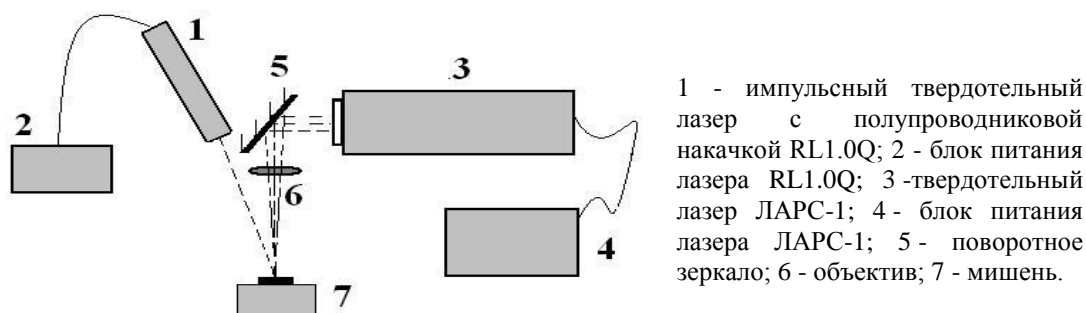


Рис. 1. Схема экспериментальной установки на основе двух лазеров

Излучение лазера RL1.0Q фокусировалось на мишень объективом с фокусным расстоянием  $f = 25$  мм. Для лазера ЛАРС-1 использовался объектив с  $f = 75$  мм. Облучение мишеней осуществлялась при

атмосферном давлении воздуха в двух вариантах: 1 – при наличии на мишени тонкого слоя галлий-индиевого сплава, находящегося в жидком состоянии при комнатной температуре; 2 – при образовании на металлических мишенях тонкого слоя расплава вследствие облучения лазером ЛАРС-1 в режиме свободной генерации.

Эксперименты, выполненные при облучении мишеней с тонким жидким слоем галлий-индиевого сплава серией наносекундных лазерных импульсов, выявили формирование одиночных микроструктур сложной формы, представленных на рис. 2, рис. 3.

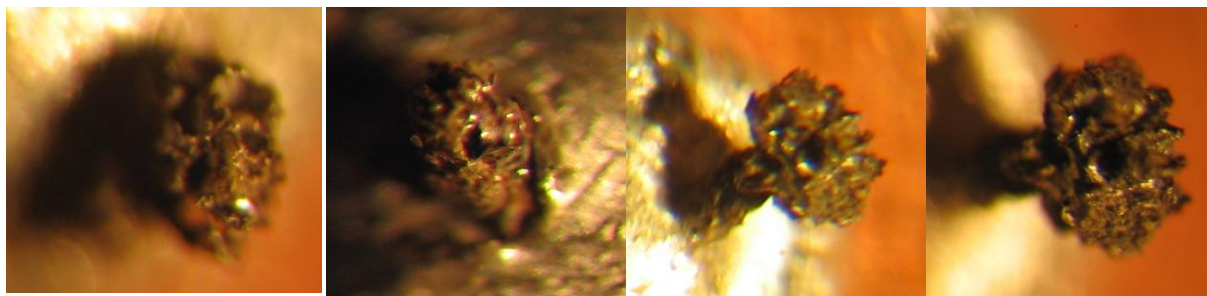


Рис. 2. Грибообразные и деревообразные структуры, выращенные из расплава GaIn при воздействии ЛИ ( $\lambda = 1064$  нм,  $\tau=1$  нс,  $f=1000$  Гц)

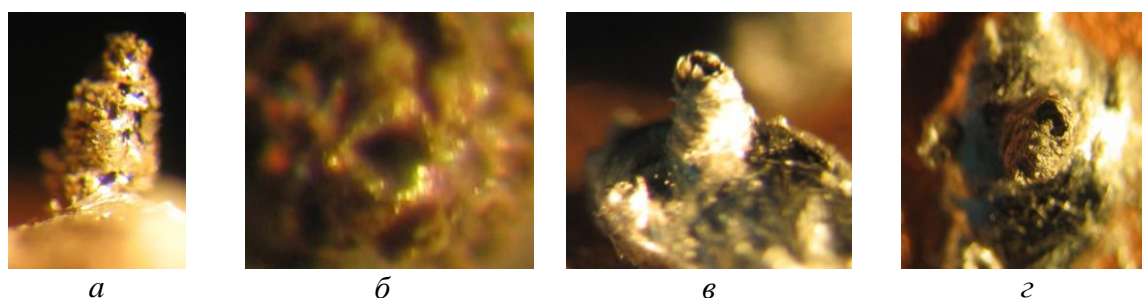


Рис. 3. Конус, выращенный из расплава GaIn при воздействии ЛИ

( $\lambda = 1064$  нм,  $\tau=1$  нс,  $f=550$  Гц): а) вид сбоку, б) вид сверху и ЛИ ( $\lambda = 1064$  нм,  $\tau=1$  нс,  $f=50$  Гц): в) вид сбоку, г) вид сверху

Установлена зависимость формы микроструктур от частоты следования импульсов. Показано, что при низких частотах формируются конусообразные микроструктуры, а при частотах  $\sim 1000$  Гц формируются грибообразные, либо деревообразные микроструктуры. Аналогичные лазерно-индуцированные микроструктуры получены и при облучении индия и алюминия в условиях образования пленки расплава под действием квазинепрерывного импульса излучения вспомогательного лазера.

1. Bulgakova N.M., Panchenko A.N., Tel'minov A.E et al. // Appl. Phys. A. 2010. Vol. 98. P. 393–400.
2. Андреева Н.В., Пестов Ю.И., Макин В.С. и др. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2013. № 1 (165). С. 29–37.