

улучшенными эксплуатационными характеристиками [1, 2]. Влияние же частиц, синтезированных при электроразрядном разрушении алюминия, на характеристики покрытий требует дальнейшего изучения.

Заключение. Установлено, что электролиты хромирования и цинкования, приготовленные с добавлением водных наносuspензий, полученных при электроразрядном разрушении алюминия не отличаются по выходу металла по току от стандартных.

Литература

1. Сайфуллин, Р. С. Композиционные покрытия и материалы / Р. С. Сайфуллин – М. : «Химия», 1977. – 272 с.

2. Лещик, С. Д. Электроосаждение хрома из наноэлектролитов, полученных с использованием технологий лазерной абляции твердофазных материалов в водной среде / С. Д. Лещик, П. И. Шупан, А. Г. Лежава // Весн. ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 6, Тэхніка. – 2015. – № 1 (198). – С. 13–19.

3. Лобанов, С. А. Практические советы гальванику / С. А. Лобанов // – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ие. 1983. – 248 с.

4. Лещик, С. Д. Процессы и установки для получения наночастиц методами, использующими плазменное состояние вещества. Электроимпульсное разрушение материалов / С. Д. Лещик [и др.] // Актуальные проблемы науки и техники: материалы I Международной научно-технической конференции, Сарапул, 20–22 мая 2021 г.: СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова». – Ижевск: Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. – С. 37–41.

С. Т. Тарасевич, М. С. Лещик, А. С. Гончаров
(ГрГУ имени Я. Купалы, Гродно)

Науч. рук. С. Д. Лещик, канд. техн. наук, доцент

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ МОЛИБДЕНА В ЭТАНОЛЕ

Введение. Приготовление наносuspензий из сухих нанопорошков из-за их слеживания зачастую характеризуется наличием в жидкости

не наночастиц а их агломератов микронных размеров. Абляция твердых тел в жидкость позволяет получать готовые наносuspensions. При абляции проблема слеживаания нанопорошков снимается. Следует отметить, что ограничений по используемым материалам мишеней для импульсной лазерной абляции (ИЛА) нет. При этом, помещая мишень в различные жидкие среды и управляя технологическими параметрами процесса, можно варьировать размер, морфологию и состав генерируемых наноструктур [1–4]. Интерес исследователей к изучению наночастиц в последние годы лишь возрастает [4–7].

Цель работы – исследование характеристик частиц, которые получены в результате ИЛА молибдена в этаноле.

Методика экспериментальных исследований. Импульсную лазерную абляцию молибдена проводили с использованием Nd:YAG-лазера LS-2147 излучением с длиной волны, равной 532 нм. Кроме лазера в состав экспериментальной установки входила оптическая фокусирующая система, кювета с жидкостью и мишенью. В данной работе абляцию проводили в этаноле. Блок-схема и принцип работы экспериментальной установки для проведения лазерной абляции твердофазных веществ в жидких средах описаны в литературе [2, 4].

Так как синтезированные при ИЛА частицы находились в жидкой среде (в виде суспензии), то для микроскопических исследований по определению их размеров, необходимо было нанести каплю жидкости на стекло и высушить. Таким образом получали образцы для атомно-силовой микроскопии (АСМ). На основе обработки АСМ-изображений частиц судили об их размерах.

Результаты и их обсуждение. Репрезентативные изображения частиц, полученных при абляции молибдена в этаноле, представлены на рисунке 1. Как можно видеть, преимущественно наблюдаются частицы округлой формы, однако имеется некоторое количество конгломерированных частиц, встречаются также отдельные крупные образования сложной формы.

Анализ размерного распределения продуктов абляции молибдена в этаноле показал следующее. Большая часть образующихся частиц имеет размер до 100 нм. На рисунке 2 приведены данные экспериментов по определению размеров частиц, полученных при абляции молибдена в этаноле лазерными импульсами с длиной волны, равной 532 нм, и разной плотности мощности излучения Ω .

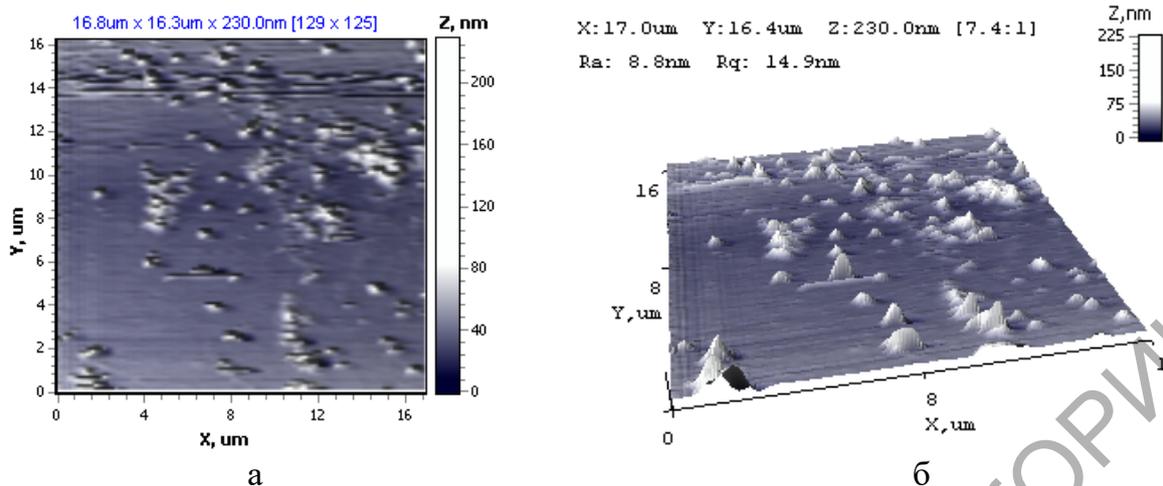
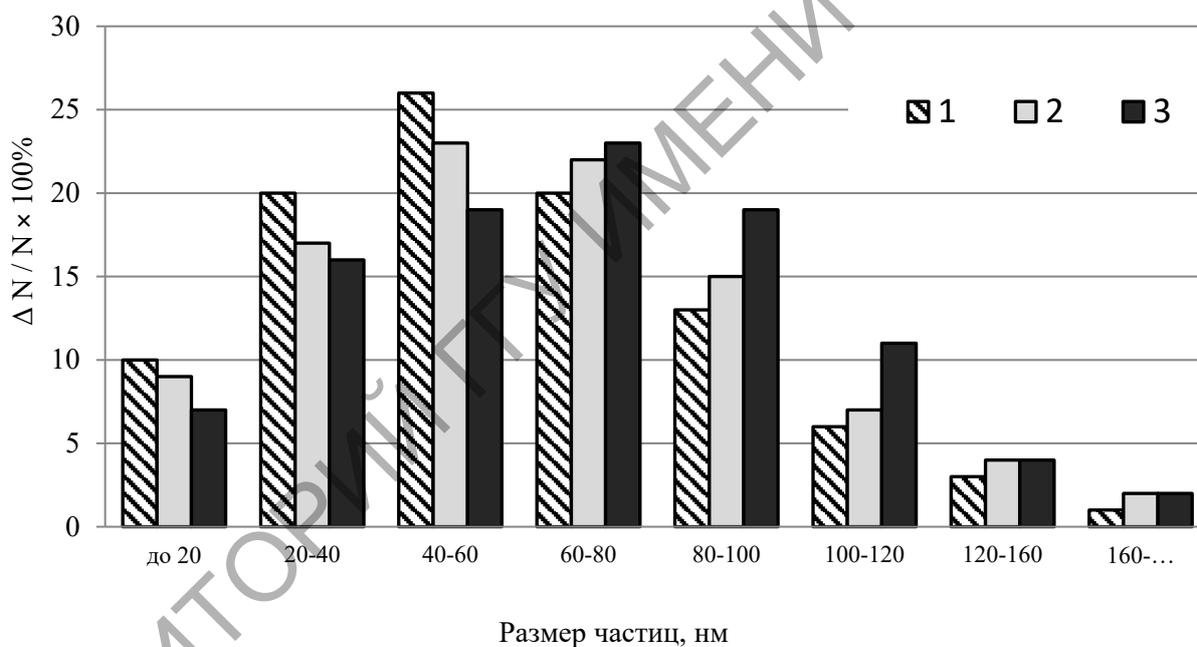


Рисунок 1 – Полутоновое (а) и трехмерное (б) АСМ-изображения частиц, полученных абляцией молибдена в этаноле лазерными импульсами с длиной волны, равной 532 нм, и плотностью мощности излучения $\Omega = 3,4 \times 10^8$ Вт/см²



1 – $\Omega = 3,4 \times 10^8$ Вт/см²; 2 – $\Omega = 5,3 \times 10^8$ Вт/см²; 3 – $\Omega = 8,5 \times 10^8$ Вт/см²;

Рисунок 2 – Графическое представление размерного распределения частиц, полученных при абляции молибдена в этаноле

Установлено, что при плотности мощности лазерного излучения, равной $3,4 \times 10^8$ Вт/см², максимум на гистограмме (рисунок 2) наблюдается в области 40–60 нм. При увеличении плотности мощности излучения до $5,3 \times 10^8$ Вт/см² пик на гистограмме размерного распределения частиц в этаноле снижает интенсивность не меняя своего поло-

жения и смещается в диапазон 60–80 нм при еще большем энергетическом воздействии на мишень, а именно, для излучения средней гармоники Nd:YAG-лазера при $\Omega = 8,5 \times 10^8$ Вт/см².

Заключение. В результате исследований изучены размерные характеристики продуктов импульсной лазерной абляции молибдена в этаноле. Выявлено, что, меняя технологические режимы синтеза, можно управлять размером образующихся частиц, например, можно получать частицы большего размера, увеличивая на поверхности мишени плотность мощности излучения средней гармоники Nd:YAG-лазера с $3,4 \times 10^8$ Вт/см² до $8,5 \times 10^8$ Вт/см².

Литература

1. Макаров, Г. Н. Применение лазеров в нанотехнологии: получение наночастиц и наноструктур методами лазерной абляции и лазерной нанолитографии / Г. Н. Макаров // Успехи физических наук. – 2013. – Т.183, № 7. – С. 673–718.

2. Влияние физико-химических свойств жидкости на процессы лазерной абляции и фрагментации наночастиц Au в изолированном объеме / С. В. Казакевич [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т.14, № 4. – С. 64–69.

3. Образование наночастиц при лазерной абляции твердых тел в жидкостях / А. В. Симакин [и др.] // Труды института общей физики им. А. М. Прохорова. – 2004. – Т.64. – С. 83–107.

4. Лещик, С. Д. Исследование частиц, генерированных лазерной абляцией твердых тел в жидкости / С. Д. Лещик, К. Ф. Зноско, Ю. К. Калугин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 4. – С. 6–10.

5. Наночастицы и нанотехнологии в медицине сегодня и завтра / Л. Ф. Абаева [и др.] // Альманах клинической медицины. – 2010. – № 22. – С. 10–16.

6. Линников, О. Д. Сорбция шестивалентного хрома из водного раствора наноразмерным магнетитом / О. Д. Линников, И. В. Родина, В. Г. Шевченко // Вода: химия и экология. – 2011. – № 5. – С. 68–75.

7. Поул, Ч. Нанотехнологии / Ч. Поул – мл., Ф. Оуэнс // – М. : «Техносфера», 2006. – 336 с.