

ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ В ЛАЗЕРНОМ ФАКЕЛЕ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ НАНОПОРОШКОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СДВОЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА ДВУХСЛОЙНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МИШЕНИ В АТМОСФЕРЕ ВОЗДУХА

Воропай Е. С.¹, Коваленко М. Н.¹, Алексеенко Н. А.², Маркова Л. В.²,
Зажогин А. П.¹

¹ Белорусский государственный университет (г. Минск, Республика Беларусь)

² Институт порошковой металлургии имени академика О. В. Романа

(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: zajogin_an@mail.ru

Алюминат меди CuAlO_2 является полупроводником, прозрачным для видимого света. CuAlO_2 имеет широкую полосу пропускания $\sim 3,5$ эВ. Несмотря на значительное количество работ по изучению методов синтеза алюминатов меди, отработка методик получения нанопорошков-прекурсоров для синтеза нанокерамик CuAlO_2 остается актуальной задачей. Большинство методов включают в себя многостадийные сложные рабочие процессы.

Цель работы состояла в том, чтобы изучить возможность и определить условия для получения смешанных нанопорошков Al, оксидов Cu и Al методом абляции сериями сфокусированных сдвоенных лазерных импульсов двухслойной мишени, состоящей из алюминиевой и медной пластинок в воздушной атмосфере для использования в технологиях получения нанокерамик типа CuAlO_2 . Образование нанопорошков CuAlO_2 происходит за счет реакции слипания различных оксидов Al и Cu.

Для проведения исследований использовался лазерный многоканальный атомно-эмиссионный спектрометр LSS-1. Лазер обладает широкими возможностями как для регулировки энергии импульсов (до 80 мДж), так и временного сдвига между сдвоенными импульсами (0–100 мкс) излучения. Частота повторения импульсов 10 Гц, средняя длительность импульса 15 нс.

Проведено изучение особенностей формирования состава лазерной плазмы при воздействии серий последовательных сдвоенных лазерных импульсов на гибридные мишени, состоящие из пластинок алюминиевого сплава типа АД1 и меди М2 от порядка воздействия на ту или иную пластинку. На рисунке 1, а приведены результаты, полученные при последовательном воздействии серии сдвоенных импульсов на гибридную

мишень, состоящую из склеенных между собой пластинок сплава АД1 (0,23 мм) и М2 (0,23 мм) при энергии импульсов 52 мДж, интервал между импульсами 10 мкс. На рисунке 1, б представлены результаты при воздействии на мишень, состоящую из пластинок, склеенных в обратном порядке.

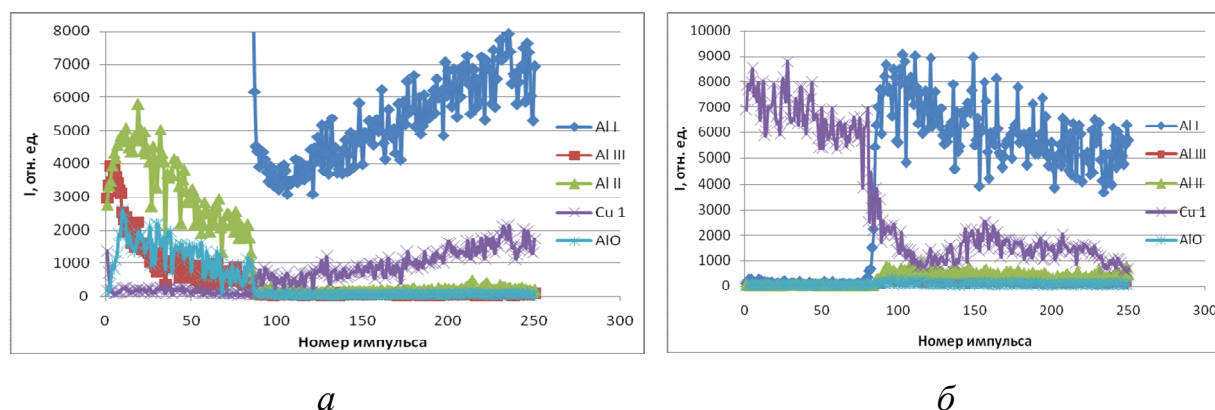


Рисунок 1. Зависимости интенсивности линий атомов Cu I (510,554 нм), Mg I (518,4 нм), ионов Al III (452,918 нм), Al II (466,305 нм) и полос AlO (484,5 нм) в спектрах от порядка установки пластинок: *а* – Al+Cu; *б* – Cu+Al

Как видно из анализа графиков, порядок установки пластинок Al и Cu существенно влияет на количественное соотношение продуктов, поступающих в лазерный факел.

Используя полученные результаты, мы провели исследования процессов получения нанопорошков-прекурсоров из сложных гибридных мишеней Al+Cu сериями сдвоенных (СЛИ) и одиночных (ОЛИ) последовательных импульсов. Абляцию осуществляли сериями из 110 сдвоенных лазерных импульсов, всего 100 точек. Для анализа получаемых продуктов, осевших на поверхность пластинок из кремния, установленных вне зоны распространения лазерного факела (на дне и одной из сторон стеклянной кюветы), использовался сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения MIRA3 с рентгеноспектральным микроанализатором EDX X-Max.

Из анализа снимков видно, что использование высокоинтенсивных сдвоенных лазерных импульсов обеспечивает более чем стократное увеличение количества получаемого нанопорошка-прекурсора, по сравнению с воздействием на мишень моноимпульсами.

Процесс осаждения слоя фракталов на подложках занимает достаточно большее время и проходил в два этапа: первоначально сразу

после прекращения действия лазерного излучения появляется налет и затем постепенное наращивание слоя за слоем со временем, зависящее от материала и массы вынесенного вещества. При этом экспериментальные данные (рисунок 2, б) показывают, что тенденция к образованию цепочечных структур наиболее ярко проявляется в системах с диффузионным механизмом переноса нанокластеров из лазерного факела. Полное время осаждения составляло несколько десятков минут.

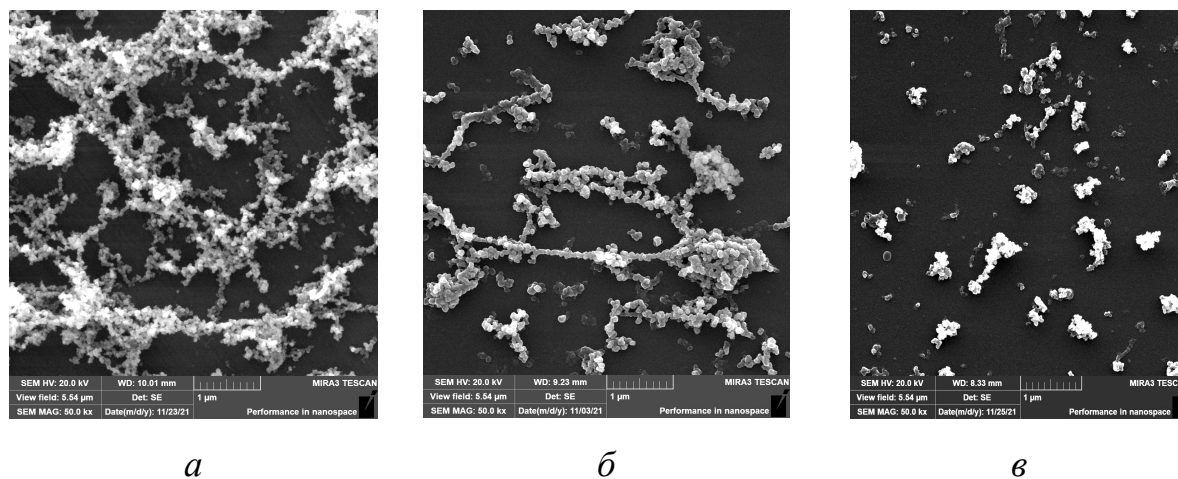


Рисунок 2. Изображения частиц и фракталов:
СЛИ *а* – дно; *б* – бок; *в* – ОЛИ