

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА ПРЕКУРСОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКЕРАМИК ТИПА $\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СДВОЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА СПЛАВЫ AlMg_2 И M_2 В АТМОСФЕРЕ ВОЗДУХА

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

¹Белорусский государственный университет (г. Минск, Беларусь)

²Институт порошковой металлургии им. академика О.В.Романа
(г. Минск, 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. Нелегированный CuAlO_2 обладает р-типом проводимости. Основным отрицательным фактором влияющих на качество материала является довольно низкая проводимость материалов. Для того чтобы повысить проводимость, число зарядовых носителей может быть увеличено путем допирования исходного материала примесями. Исследования показали, что в результате допирования CuAlO_2 двухвалентными катионами Ca^{+2} , Mg^{+2} , дырочная проводимость материала повышается.

Цель работы состояла в том, чтобы показать возможность и определить условия для получения методом абляции сериями сфокусированных сдвоенных лазерных импульсов алюминиевой и медной мишеней в воздушной атмосфере нанопорошков Al , оксидов Cu , Mg и Al для использования в технологиях получения нанокерамик типа $\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$. Образование кластеров $\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$ происходит за счет реакции слипания различных оксидов Al , Cu и Mg .

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.

Динамика процессов образования атомов и ионов Al , Cu , Mg , радикалов AlO исследовалась методом лазерной атомно-эмиссионной многоканальной спектроскопии при воздействии серий последовательных сдвоенных лазерных импульсов на пластинки из алюминиевого сплава типа AlMg_2 и меди M_2 от энергии (20–60 мДж) и интервала между импульсами от 0 до 50 мкс.

На рисунке 1, а в качестве примера, представлены результаты по зависимости интенсивности линий атомов Cu , Mg , ионов Al и полос AlO от интервала между импульсами при их энергии 52 мДж. На рисунке 1, б приведены результаты, полученные при последовательном воздействии серии сдвоенных импульсов на гибридную мишень, состоящую из склеенных между

собой пластинок сплава АМг2 (0,23 мм) и М2 (0,2 мм) при энергии импульсов 52 мДж, интервал между импульсами 10 мкс.

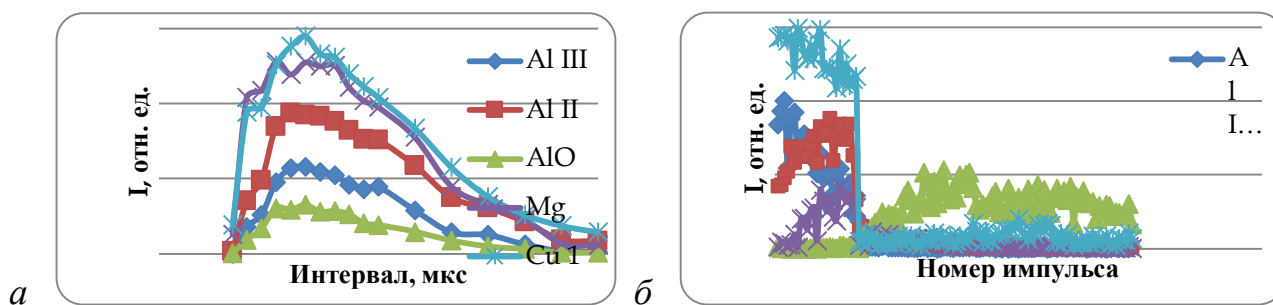


Рисунок 1. Зависимости интенсивности линий атомов Cu 1 (510,554 нм), Mg 1 (518,4 нм), ионов Al III (452,918 нм), Al II (466,305 нм) и полос AlO (484,5 нм) в спектрах: *a* – от интервала между импульсами; *б* – от количества импульсов

Как видно из анализа графиков на рисунке 1, *a* при интервале равном 0 мкс интенсивность ионных линий и полос практически равна нулю. Максимум интенсивности достигается при интервале порядка 10 мкс.

Используя полученные результаты, мы провели исследования процессов получения нанопорошков-прекурсоров из сложных мишеней сериями сдвоенных (СЛИ) и одиночных (ОЛИ) последовательных импульсов. Абляцию осуществляли сериями из 110 сдвоенных лазерных импульсов, всего 100 точек. Анализ 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.

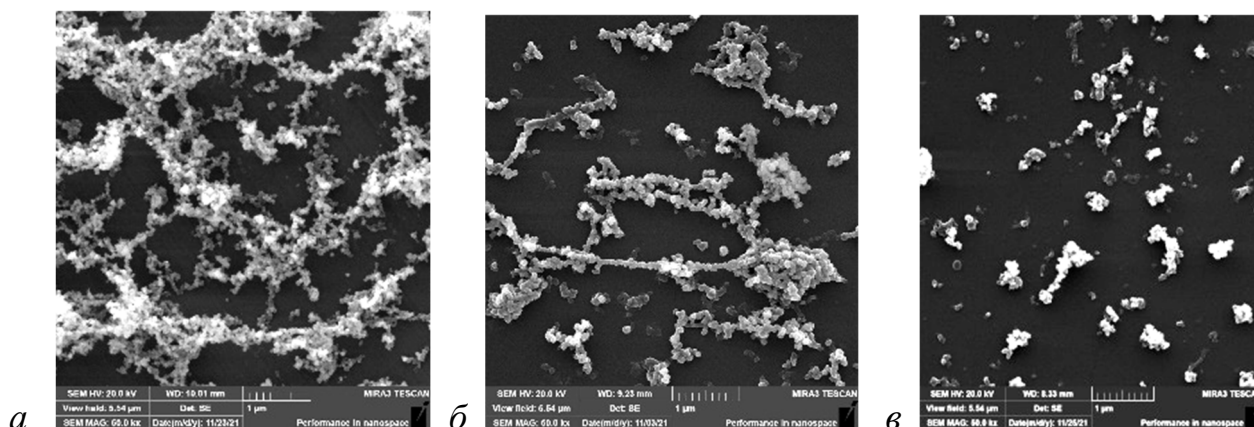


Рисунок 2. Изображения частиц и фракталов СЛИ: *a* –дно; *б* – бок; *в* – ОЛИ

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 большое 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 нескольких десятков минут.