

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАПЫЛЕНИЯ ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НАНОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ ИЗ ОКСИДОВ МЕДИ ЛЕГИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОМ ПРИ ЛАЗЕРНОМ РАСПЫЛЕНИИ МЕДИ И ЖЕЛЕЗА В АТМОСФЕРЕ ВОЗДУХА

Воропай Е. С.¹, Коваленко М. Н.¹, Алексеенко Н. А.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

Для создания датчиков контроля состава атмосферного воздуха большой интерес представляют такие материалы, как оксиды металлов, в частности оксиды меди CuO и Cu_2O (с шириной запрещенной зоны 1.2 эВ и 2.1 эВ соответственно). Преимуществами оксидов меди является их низкая стоимость и химическая стойкость. В литературе сообщалось о ряде методов синтеза материалов для разработки газовых датчиков с использованием полупроводниковых наноструктур $p\text{-CuO}$, легированных цинком, оловом, железом и т.д., таких как сольватермическое, термическое испарение, гидротермический и микроволновый гидротермальный синтез [1].

Разрабатываемый в данной работе альтернативный подход основан на использовании высокоинтенсивных сдвоенных лазерных импульсов для распыления (абляции) гибридной мишени, состоящей из последовательно склеенных пластинок из меди и железа непосредственно в воздухе. Возникающий в этом случае относительно небольшой (порядка несколько мм) плазменный факел характеризуется высокой температурой, давлением, большой степенью ионизации элементов, поэтому он вполне способен обеспечить интенсивный поток частиц желаемой (высокой) энергии на близко расположенную подложку.

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 импульсов 10 Гц, средняя длительность импульса 15 нс.

Исследования процессов напыления от интервала между импульсами показали, что при интервалах от 0 до 6 мкс цинк распыляется, но

напыления пленки практически не наблюдается. С увеличением интервала наблюдается заметный рост пленки, особенно заметный в интервалах от 8 до 15 мкс. При дальнейшем увеличении интервала качество пленки существенно ухудшается.

В настоящей работе исследована динамика процессов образования атомов и ионов Cu при воздействии серий последовательных сдвоенных лазерных импульсов на гибридную мишень, состоящей из последовательно склеенных пластинок из меди, цинка и железа при энергии импульсов 53 и интервала между импульсами 10 мкс.

Результаты исследований по зависимости интенсивности линии атомов Cu (522,0 нм) и Fe (438,35 нм) от количества импульсов для различных углов воздействия лазерных импульсов на мишень приведены на рисунке 1. Толщина медной пластинки 0,23 мм. Изменяя количество лазерных импульсов в серии, возможно целенаправленно менять состав прекурсоров для изготовления тех или иных нанопленок.

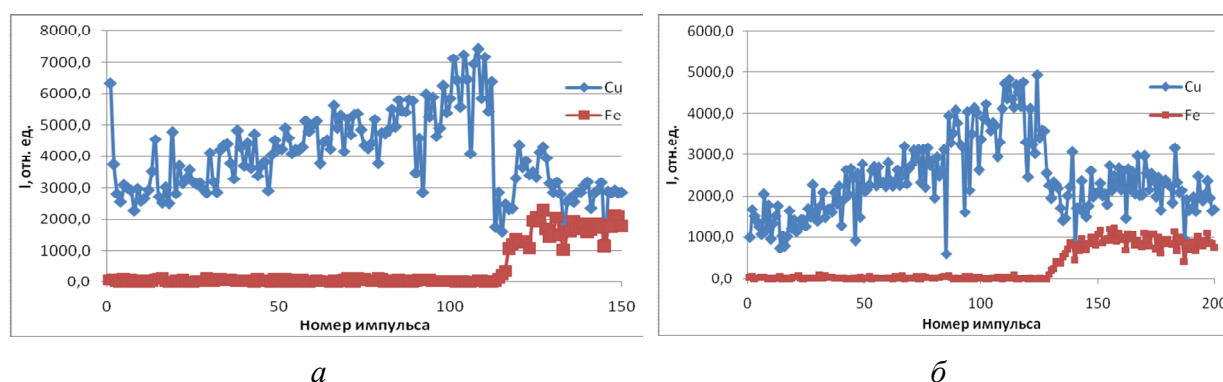
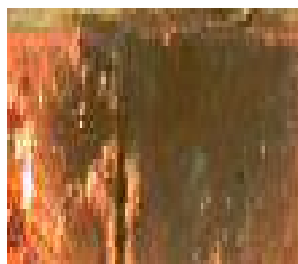


Рисунок 1. Зависимость интенсивности линий Cu Fe от количества импульсов: *а* – угол 70°; *б* – угол 50°

Используя полученные выше результаты, мы провели исследования процессов напыления нанопленок. Напыление на поверхность фольгированного стеклотекстолита, с вытравленными полосками, шириной 300 мкм, наночастиц оксидов меди и железа проводилось при воздействии серии из 150 сдвоенных лазерных импульсов на мишень, установленную под углом 50 градусов к падающему излучению и подложке на расстоянии 3 мм. Энергия импульсов излучения 53 мДж, интервал между импульсами 10 мкс.

Изображения поверхности образца с напыленной пленкой и изображения пленки на поверхности стекла, увеличенные с помощью микроскопа Биолам в 375 раз, приведены на рисунках 2, *а* и 2, *б*.



a



б

Рисунок 2. Изображение поверхности мишени после напыления оксидов цинка легированных медью: *a* – образец элемента; *б* – напыление на стекле, увеличение 375 раз

На рисунке 2, *б* – черная пленка – оксид меди CuO , средний размер шариков составляет примерно 1–2 мкм. Островки CuO состоят из кристаллитов размеров 20–30 нм. Светлые участки поверхности можно отнести к оксидам железа.

Начальное сопротивление пленки 2, *a* более 200 Мом, при комнатной температуре. Пленка хорошо реагирует на пары NH_3 .