

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАПЫЛЕНИЯ ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НАНОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ ИЗ ОКСИДОВ ЦИНКА ЛЕГИРОВАННЫХ МЕДЬЮ ПРИ ЛАЗЕРНОМ РАСПЫЛЕНИИ ЦИНКА И МЕДИ 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 оксид цинка [1]. Самой главной проблемой к настоящему времени остается получение *p*-типа проводимости пленок ZnO. Сложность процесса легирования для получения проводимости *p*-типа заключается в том, что оксид цинка обладает большим количеством природных точечных дефектов, обуславливающих проводимость *n*-типа. Эту природную электронную проводимость очень трудно подавить, так как при легировании ZnO акцепторные примеси проявляют естественную тенденцию связываться с собственными дефектами кристалла или имеющимися включениями, чтобы сформировать электрически неактивные комплексы. Для того чтобы получить пленки оксида цинка с дырочным типом проводимости, необходимо, во-первых, ввести в пленку достаточное количество акцепторных примесей, во-вторых, активировать их, и, в-третьих, обеспечить их временную стабильность.

Разрабатываемый в данной работе подход основан на использовании высокоинтенсивных сдвоенных лазерных импульсов для распыления (абляции) гибридной мишени из состоящей из последовательно склеенных пластинок из цинка и меди 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.

Исследована динамика процессов образования атомов Zn и Cu при воздействии серий последовательных сдвоенных лазерных импульсов на гибридную мишень, состоящей из последовательно склеенных пластинок из цинка и меди, толщиной по 0,2 мм. 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.

Результаты исследований по зависимости интенсивности линии атомов Zn (481,05 нм) и Cu (448,036 нм) от количества импульсов при воздействии лазерных импульсов под углом 65^0 на мишень при энергии импульсов 53 мДж и интервале между импульсами 10 мкс, приведены на рисунке 1. Изменяя количество лазерных импульсов в серии, возможно целенаправленно менять состав прекурсоров для изготовления тех или иных нанопленок.

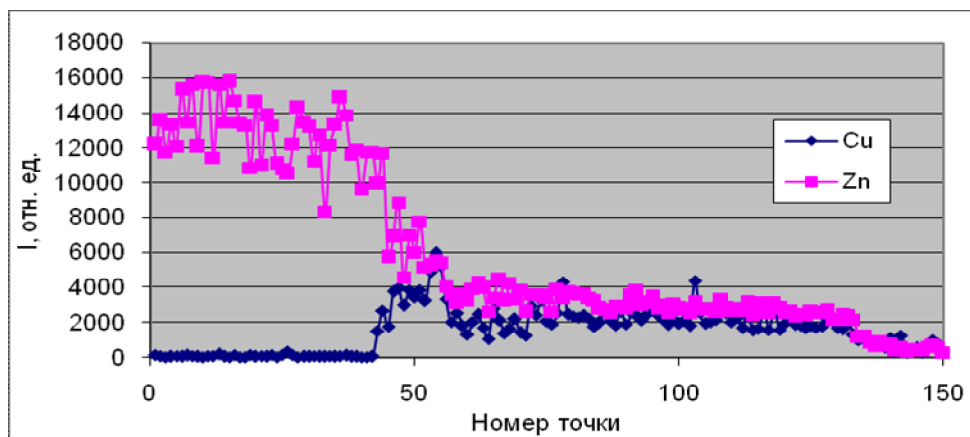


Рисунок 1. Зависимость интенсивности линий Zn и Cu от количества импульсов

Используя полученные выше результаты, мы провели исследования процессов напыления нанопленок. Напыление на поверхность фольгированного стеклотекстолита, с вытравленными полосками шириной 0,3 мм, наночастиц оксидов цинка и меди проводилось при воздействии серии из 75 сдвоенных лазерных импульсов на мишень, установленную

под углом 65 градусов к падающему излучению и подложке на расстоянии 3 мм.

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*.



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

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

1. Обвинцева Л. А. Полупроводниковые металлооксидные сенсоры для определения химически активных газовых примесей в воздушной среде // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева). 2008. Т. LII, № 2. С. 110–118.