

Спектральные исследования влияния расфокусировки на процессы образования AlO и AlN в плазме при воздействии лазерных импульсов на алюминиевый сплав Д16Т в атмосфере воздуха

Ходор Баззал¹, Е.С. Воропай¹, А.П. Зажогин¹, М.П. Патапович²

¹ Белорусский государственный университет, Минск,

² Белорусская государственная академия связи, Минск

E-mail: zajogin_an@mail.ru

В настоящее время материалами, перспективными для применения в микроэлектронике и оптоэлектронике в качестве диэлектрических теплоотводящих подложек, являются оксиды и нитриды алюминия и керамические материалы на их основе. AlN имеет высокую теплопроводность, сравнимую с теплопроводностью меди и серебра при высоких значениях электрического сопротивления (до 10^{14} Ом.см). Ширина запрещенной зоны у AlN примерно равна 6,2 эВ.

В наших работах было показано, что при использовании сдвоенных лазерных импульсов с интервалом между импульсами 10-12 мкс можно одновременно получать молекулярные наноконплексы AlN и AlO и проводить спектральный контроль их образования [1, 2].

Целью настоящей работы является исследования влияния расфокусировки сдвоенных лазерных импульсов на целенаправленное формирование компонентного и зарядового состава лазерной плазмы направляемой на подложку в атмосфере воздуха.

Для проведения исследований использовался лазерный многоканальный атомно-эмиссионный спектрометр LSS-1. В качестве источника возбуждения плазмы в спектрометре используется двухимпульсный неодимовый лазер с регулируемой энергией и интервалом между импульсами (модель LS2131 DM).

Как известно, наиболее важную роль в образовании нанокластеров в составе лазерной плазмы играют процессы ионизации атомов и рекомбинации ионов. Процессы ионизации определяются как плотностью потока лазерного излучения и потенциалом ионизации атомов, составляющих лазерную мишень, так и буферного газа, в нашем случае, воздуха.

Динамика изменения атомного и ионного состава приповерхностной плазмы и образования радикалов AlO и AlN в приповерхностной лазерной плазме исследована при воздействии серий сдвоенных лазерных импульсов на пластинку алюминиевого сплава Д16Т толщиной 1 мм от энергии их (35–55 мДж). Количество импульсов в серии – 40 импульсов.

Наиболее интенсивными электронно-колебательными полосами в эмиссионных спектрах AlO являются полосы с длинами волн 484,21 нм, а AlN соответственно 507,8 нм.

В образовании нитридов и субоксидов алюминия существенную роль играет совместное присутствие в плазме ионов алюминия, кислорода и азота. Поэтому нами изучена зависимость образования ионов N II, O II, Al II и Al III от энергии импульсов и расфокусировки. Полученные величины интенсивности полос субоксида AlO и AlN, линий Al II (466,3 нм) и Al III (452,92 нм), N II (399,5 нм), O II (407,6 нм) в спектрах в зависимости от типа и величины расфокусировки при энергии импульсов 43 мДж приведены на рис. 1.

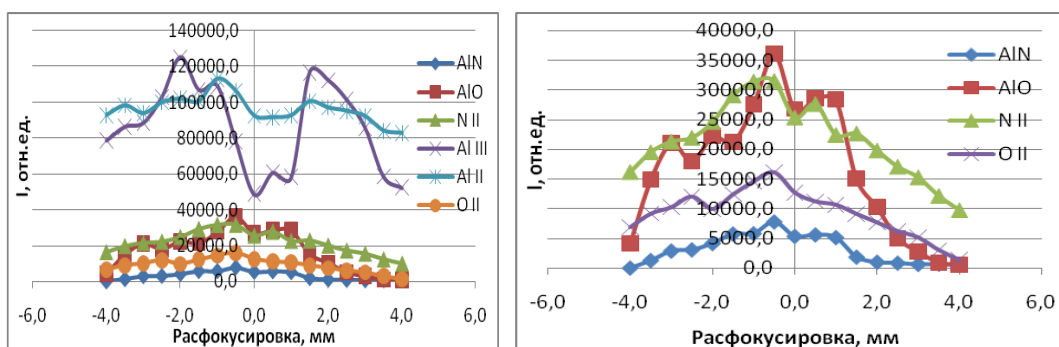


Рис. 1. Зависимость интенсивности полос AlN (507,8 нм), AlO (484,2 нм) и линий ионов Al II (466,3 нм), Al III (452,9 нм), N II (399,5 нм) и O II (407,6 нм) в спектрах

При анализе данных заметна хорошая корреляция между возрастанием интенсивности полос AlN и AlO и существенным уменьшением интенсивности линии Al III (452,92 нм) и несколько меньшим изменением интенсивности линий N II и O II при малой расфокусировке. Этот факт свидетельствует о непосредственном участии Al III в термохимическом процессе образования субоксидов и нитридов алюминия. При расфокусировке +2 мм интенсивность линии Al III увеличивается в два раза в сравнении с нулевой расфокусировкой, а интенсивность линии ионов N II и O II наоборот несколько уменьшилась. Одновременно с этим интенсивность полос AlN и AlO существенно уменьшается, что еще раз в какой-то мере подтверждает механизм образования субоксидов и нитридов алюминия при взаимодействии ионов в плазменном факеле. Указанные факты могут быть связаны с пространственным разнесением областей формирования Al III, O II и N II и особенностями плазмообразования внутри образующегося достаточно глубокого канала.

1. Баззал Ходор, Фадаиян А.Р., Зажогин А.П. // Вестник БГУ. Серия 1. 2016. № 1. С. 26–33.
2. Баззал Х., Фадаиян А.Р., Зажогин А.П. // Ж. Белгосуниверситета, физика. 2017. № 1. С. 34–42