

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПОКРЫТИЯХ TiAlCN НА КРЕМНИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НАНОИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В.А. Зайков, Г.Д. Ивлев, О.Р. Людчик, И.М. Климович,
А.И. Вишневецкий, О.В. Королик

Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: valery48@tut.by

Бинарные карбонитриды типа TiAlCN представляют собой новый класс материалов для формирования износостойких, упрочняющих и защитных покрытий [1]. Импульсная лазерная обработка (ИЛО) является эффективным методом модификации свойств различных материалов, позволяющая улучшить их физические параметры в условиях высокоэнергетического воздействия лазерного излучения.

В настоящей работе изучены влияния ИЛО на структуру и элементный состав покрытий TiAlCN на кремниевых подложках.

Исследуемые покрытия осаждались методом реактивного магнетронного распыления с предварительной очисткой и активацией поверхности подложек ионным источником типа «Радикал» [2]. ИЛО подготовленных образцов проводилась в экспериментальных условиях [3] с помощью рубинового лазера, работающего в режиме генерации одиночных импульсов излучения, длительностью 70 нс по уровню 0,5.

Элементный состав исследуемых покрытий до и после ИЛО изучался методом энергодисперсионного рентгеновского микроанализа с помощью растрового микроскопа Hitachi S 4800 и датчика рентгеновского излучения. Результаты измерений представлены в таблице.

Таблица

Элементный состав TiAlCN покрытий

Содержание элементов в покрытии, ат.% до и после ИЛО. $W=1,3 \text{ Дж/см}^2$						
Ti	Al	N	C	O	Si	Cu
22,5	20,9	31,0	22,9	1,3	1,0	0,4
26,5	25,3	24,6	18,6	3,9	0,8	0,3
Количественные соотношения элементов в покрытиях до и после ИЛО						
Al/Ti		до – 0,93		после – 0,95		
(Al+Ti)/(N+C)		до – 0,81		после – 1,20		

Результаты измерений показывают, что ИЛО практически не изменяет соотношение между металлами Al/Ti в покрытии, но в значительной степени уменьшает долю легких неметаллических компонентов (N и C). В результате отношение (Al+Ti)/(N+C) увеличивается от значения 0,81 до

1,20. Отметим, что при этом доля кислорода в покрытии растет, вследствие проведения процесса ИЛО на воздухе.

Изменения в кристаллической структуре и фазовый состав TiAlCN покрытий исследовался методом комбинационного рассеяния света (КРС). Спектры КРС покрытий до и после отжига, а также их деконволюция с помощью лоренцианов на отдельные моды колебаний представлены на рис. 1. Установлено, что в результате проведения ИЛО интенсивность спектров КРС уменьшается с ростом плотности энергии.

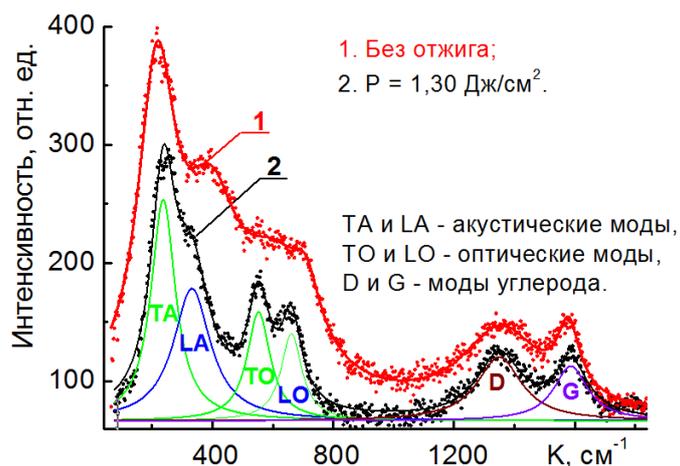


Рис. 1. Спектр КРС поверхности TiAlCN покрытий

Спектр КРС содержит 3 группы пиков. В диапазоне 200–400 и 500–680 см^{-1} расположены пики, вызванные соответственно акустическими (ТА и LA) и оптическими (ТО и LO) модами колебаний в кубической решетке $(\text{Ti,Al})(\text{C,N})_x$, которая аналогична решетке NaCl или TiN. В области 1340–1530 см^{-1} пики D и G соответствуют аморфному тетраэдрическому углероду ($\alpha\text{-C}$), причем доля фракции sp^3 не менее 40 %.

Как видно из рис. 1, интенсивность акустической моды колебаний выше, чем оптической. Это связано с высокой плотностью дефектов, вызванной дефицитом неметаллических атомов в кубической структуре и наличием дефектов, вызванных растворением алюминия в металлической подрешётке. После лазерного отжига происходит разделение TO и LO мод колебаний между 500 и 680 см^{-1} , свидетельствующее о том, что атомы углерода частично замещают атомы азота в неметаллической решётке и, соответственно, вносят вклад в оптическую моду колебаний.

1. Xuhai Zhang, Jianqing Jiang, Zeng Yuqiao, // Surface & Coatings Technology. 2008. V. 203 P. 594–597.
2. Климович И.М., Кулешов В.Н., Зайков В.А., и др. // Приборы и методы измерений. 2015. Т. 6, № 2. С. 139–147.
3. Ивлев Г.Д., Гацкевич Е.И. // Журнал технической физики. 2012. Т. 82, № 6. С. 69-72.