

# СПЕКТРЫ ОТРАЖЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ БИНАРНЫХ И ТЕРНАРНЫХ НИТРИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ РЕАКТИВНЫМ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

Д. С. Белявский, В. А. Зайков, О. Р. Людчик, Ф. Ф. Комаров,  
В. В. Пилько

Белорусский государственный университет, Минск  
E-mail: BelyavskDS@gmail.com

Наноструктурированные покрытия на основе бинарных и тернарных нитридов обладают уникальными физико-механическими свойствами: повышенная твердость, износостойкость, высокая коррозионная стойкость. Наибольшее распространение в промышленности получили бинарные нитриды переходных металлов типа: TiSiN, TiCrN, TiAlN. Наноструктурированные слои этих нитридов используются для защиты поверхности изделий и инструмента, подвергающихся одновременному воздействию высоких температур, агрессивных сред и различным видам износа [1]. В настоящее время перспективными, но мало изученными являются тернарные нитриды типа TiZrSiN [2]. Основными способами формирования наноструктурированных покрытий нитридов переходных металлов являются ионно-плазменные методы нанесения: дуговой разряд и реактивное магнетронное распыление [1,2].

В настоящей работе представлены результаты исследования оптических характеристик – спектров отражения тонкопленочных покрытий TiCrN, TiSiN, TiAlN и TiZrSiN, полученных методом реактивного магнетронного распыления композитных мишеней, изготовленных с помощью взрывного прессования. Мишени имели следующий компонентный состав: TiSi (82/8), TiCr (60/40), TiAl (80/20), TiZrSi (56/36/8). Значения компонентного состава выражены в атомных долях. Покрытия наносили на полированные подложки из нержавеющей стали марки 12X18H9T в смеси газов Ar/N<sub>2</sub>. Методика реактивного магнетронного осаждения бинарных покрытий с заданной стехиометрией состава приведена в [3].

Измерения спектральных коэффициентов отражения тонкопленочных покрытий нитридов TiSiN, TiCrN, TiAlN, TiZrSiN проводили с помощью системы спектрофотометрического контроля на базе спектрометра S-100 [4]. Спектральные коэффициенты отражения покрытий бинарных нитридов TiSiN, TiCrN, TiAlN стехиометрического состава приведены на рис. 1. Там же для сравнения представлен спектр отражения TiN. Поведение спектральных коэффициентов отражения покрытий TiSiN, TiCrN, TiAlN имеет ряд общих черт: наличие минимума коэффициента отражения в синей или сине-зеленой области спектра, увеличение коэффициента отражения в ИК области, сдвиг минимума отражения относительно

эталонного покрытия TiN. Также обнаружено, что с увеличением толщины покрытия коэффициент отражения уменьшается.

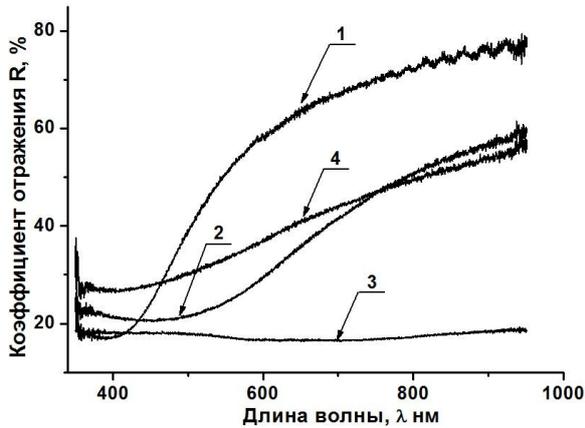


Рис. 1. 1 – TiN, 2 - TiSiN, 3 - TiAlN, 4 - TiCrN

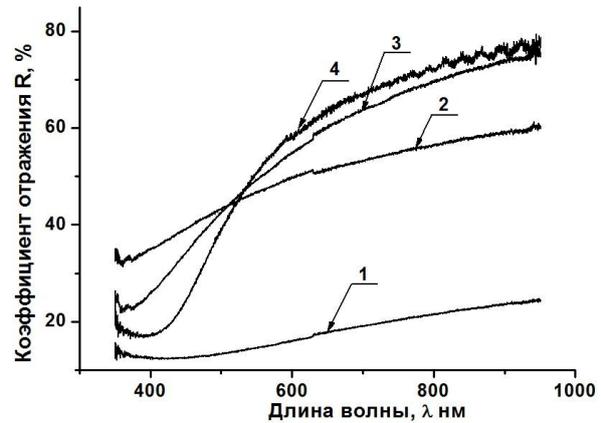


Рис. 2. 1 – избыток  $N_2$ , 2 – дефицит  $N_2$ , 3 – стехиометрия, 4 – TiN

На рис. 2 показаны спектры отражения покрытий TiZrSiN. Зависимость коэффициента отражения в сильной степени зависит от содержания азота в покрытии. Наиболее близко к эталонному покрытию TiN ведёт себя спектр отражения стехиометрического покрытия TiZrSiN (кривая 3). Самый низкий коэффициент отражения имеет свехстехиометрическое покрытие с избытком азота (кривая 1). Поведение спектров отражения нитридов металлов, представленных на рис. 1 и рис. 2, подобно спектрам отражения металлов, которые хорошо описываются теорией Друде-Лоренца [5].

Сравнительный анализ спектров отражения наноструктурированных покрытий, полученных на основе бинарных и тернарных нитридов TiSiN, TiCrN, TiAlN, TiZrSiN, выявил, что оптические свойства существенно зависят от компонентного состава Ti/(второй компонент - Si, Cr, Al)/N, что позволяет использовать относительно простые методы спектрофотометрии для экспрессного послеоперационного контроля процесса осаждения покрытий данного типа.

1. Береснев В. М., Погребняк А. Д., Азаренков Н. А. и др. // Физическая инженерия поверхности. 2007. Т. 5. № 1–2. С. 4–27.
2. Sobol O. V., Pogrebnyak A. D., Beresnev V. M. // The Physics of Metals and Metallography 2011. Volume 112, Issue 2, P. 188–195.
3. Бурмаков А. П., Кулешов В. Н. // Взаимодействие излучений с твердым телом: материалы 9-й Междунар. конф. Мн.: 2011. С. 404–406.
4. Никифоренко Н. Н., Бурмаков А. П. // Взаимодействие излучений с твердым телом: материалы 5-й Междунар. конф. Мн.: 2003. С. 379–380.
5. Roux L., Hanus J., Francois J.S., Sigrist M. // Solar Energy Materials 1982. Volume 7, P. 299–312.