

## **ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ МАГНЕТРОННОГО ДИОДА НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ CrN<sub>x</sub> ПОКРЫТИЙ**

*В.А. Грудинин, аспирант гр. А8-08,  
А.А. Руц, студент гр. 0ДМ01,  
Г.А. Блейхер, д.ф.-м.н., профессор НОЦ Б.П. Вейнберга  
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,  
тел.(3822)-701-777 доб. 5413  
E-mail: [yag35@tpu.ru](mailto:yag35@tpu.ru)*

Реактивное магнетронное распыление является одним из наиболее перспективных методов формирования сложных по составу функциональных покрытий, например, износостойких, упрочняющих, коррозионно-стойких, фотокаталитических и др. [1]. Однако, несмотря на большое количество преимуществ рассматриваемой технологии осаждения (высокая адгезионная прочность покрытий, большое число управляющих параметров системы осаждения, возможность регулирования стехиометрии покрытий и др.), существуют и значительные недостатки, которые сдерживают её развитие и применение. Основные недостатки: относительно низкая скорость осаждения сложных по составу покрытий (~1 нм/с и ниже), возникновение нестабильностей разряда ввиду «отравления» поверхности мишени в реактивной среде [2]. В целях решения этих проблем предлагается использовать несколько приёмов: 1) использование пространственного разделения напуска рабочего (аргон) и реактивного (азот/кислород и др.) газов; 2) для обеспечения диссоциации, возбуждения и ионизации реактивного газа использовать высокочастотный источник индуктивно-связанной плазмы; 3) использование частично теплоизолированной мишени, способной к сублимации, что позволит значительно повысить интенсивность эрозии мишени. Ранее в работе [3] нами была показана работоспособность такого подхода на примере осаждения плёнок соединения азота и хрома в случае, когда поток сублимированных атомов хрома не превышал поток распылённых частиц.

В настоящей работе показано влияние мощности магнетронной распылительной системы (МРС) на скорость осаждения покрытий соединения азота и хрома и их фазовый состав.

В экспериментах были установлены следующие параметры: мощность высокочастотного (ВЧ) источника - 500 Вт, поток аргона - 45 см<sup>3</sup>/мин, поток азота – 55 см<sup>3</sup>/мин, потенциал смещения на подложке – (-50) В. Остаточное давление в рабочей камере составляло не более 2·10<sup>-3</sup> Па. Рабочее давление составляло 0,6 Па. В качестве подложек использовалась сталь марки 12Х18Н10Т. Плотность мощности МРС варьировалась в диапазоне от 15,9 до 27,9 Вт/см<sup>2</sup>.

На рисунке 1 показана зависимость скорости осаждения покрытий от плотности мощности МРС с «горячей» мишенью.

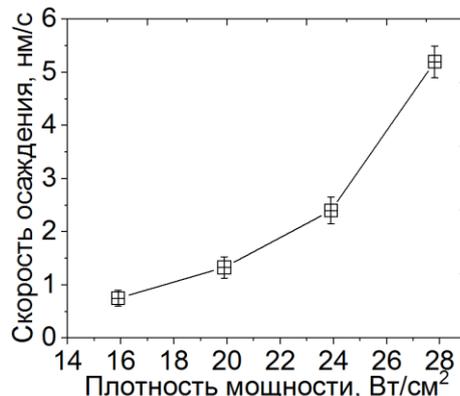


Рис. 1. Зависимость скорости осаждения CrN<sub>x</sub> покрытий от плотности мощности МРС.

Скорость осаждения повышается практически по экспоненциальному закону ввиду интенсивной сублимации хромовой мишени. Максимальная скорость осаждения составила более 5 нм/с в условиях планетарного вращения подложек в вакуумной камере.

Для исследования влияния плотности мощности МРС на фазовый состав покрытий были выполнены дифракционные измерения осаждённых покрытий (рисунок 2).

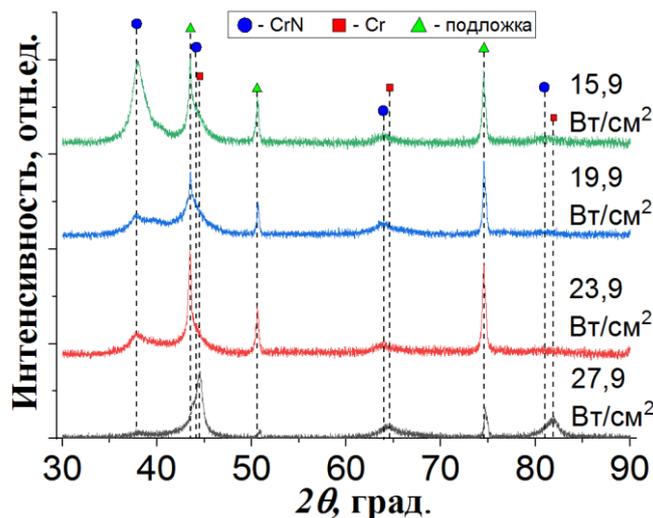


Рис. 2. Рентгенограммы CrN<sub>x</sub> покрытий в зависимости от плотности мощности МРС.

Согласно рис. 2, при увеличении скорости осаждения наблюдается значительное увеличение доли фазы Cr в покрытиях и снижение интенсивности рефлексов, характерных для фазы CrN.

Таким образом, для формирования покрытия нитрида хрома с высокой скоростью осаждения необходимо значительно увеличивать поток атомарного азота, который будет поступать на подложку вблизи МРС. Рассмотренный технологический подход является важным для дальнейшего развития высокоскоростного реактивного магнетронного распыления сложных по составу покрытий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90134.

#### Список литературы:

1. Bräuer G., Szyszka B., Vergöhl M, Bandorf R. Magnetron sputtering – Milestones of 30 years // Vacuum. – 2010. - vol.84, iss.12. – p. 1354-1359.
2. Westwood W. D. Sputter Deposition Processes // MRS Bulletin. – 1988. – vol.13, iss.12. – p. 46-51.
3. Grudin V.A., Sidelev D.V., Bleykher G.A. et al. Hot target magnetron sputtering enhanced by RF-ICP source for CrN<sub>x</sub> coatings deposition // Vacuum. – 2021. – vol. 191. – article number 110400.