

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ ИЗ НИТРИДА ХРОМА ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ С ГОРЯЧЕЙ МИШЕНЬЮ.

В.А. Грудинин, инж.-исс. НОЦ Б. П. Вейнберга

А.А. Руц, аспирант гр. А2-08.

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

Реактивное магнетронное распыление является одним из наиболее широко используемых вакуумно-плазменных методов нанесения покрытий сложного состава различного функционального назначения (коррозионно-стойкие, диэлектрические износостойки и др.) [1]. Несмотря на все преимущества метода (разнообразие состава покрытий, гибкость управления свойствами, простота оборудования) имеются и значительные недостатки, которые заключаются в высокой вероятности реакции на поверхности распыляемой мишени [2]. Это приводит к радикальному снижению скорости осаждения покрытий и нестабильности процесса, что в большой степени оказывается влияние на воспроизводимость. Нам удалось разработать метод магнетронного осаждения покрытий на основе соединений хрома и азота, отличающийся существенно более высокой (примерно на порядок) производительностью по сравнению с традиционными методами на основе реактивного магнетронного распыления [3]. Отличительные особенности этого метода по сравнению с традиционным реактивным магнетронным осаждением состоят в следующем. Во-первых, для формирования потока осаждаемых металлических атомов с высокой плотностью используется теплоизолированная хромовая мишень, которая способна разогреваться до высокой температуры и испытывать сублимацию дополнительно к распылению. Во-вторых, реализован разделённый в пространстве вакуумной камеры напуск рабочего газа аргона и реактивного газа азота, что привело к отсутствию отравления мишени азотом и её распылению в металлическом режиме. В-третьих, молекулярный азот, напускаемый в вакуумную камеру в качестве реактивного газа, подвергается диссоциации и ионизации с помощью радиочастотного плазменного генератора (РПГ), что позволило усилить хемосорбцию азота на поверхности растущего покрытия. В-четвёртых, организовано планетарное вращение подложек с растущим покрытием, необходимое для релаксации механических напряжений, повышения адгезионной прочности покрытий, достижения однородного распределения толщины плёнок по поверхности подложек и более полного погружения растущей плёнки в область действия реактивной плазмы, создаваемой РПГ.

Необходимо было выявить основные закономерности формирования механических свойств покрытий и определить, существует ли возможность заметным образом повлиять на них. При этом наиболее существенным управляющим фактором в рассматриваемом случае является мощность, вкладываемая в индуктивно-связанную плазму.

Эксперименты проводились при следующих параметрах: мощность РПГ от 500 до 1250 Вт, расход аргона от 30 до 45 см³/мин, расход азота от 30 до 55 см³/мин, потенциал смещения на подложке от -50 до -200 В. Остаточное давление в рабочей камере составляло не более $2 \cdot 10^{-3}$ Па. Рабочее давление составляло от 0,3 до 0,6 Па. В качестве подложек использовалась сталь марки 12Х18Н10Т. Плотность мощности МРС варьировалась в диапазоне от 15,9 до 28,3 Вт/см².

При высокой плотности мощности (23,9 Вт/см²), низком потенциале смещения (-50 В), низкой мощности РПГ (500 Вт) и сбалансированной магнитной системой твёрдость и модуль упругости составляла не более 5 и 125 ГПа, соответственно. Таким образом нарастание скорости осаждения за счёт увеличения потока низкоэнергетических

сублимированных атомов мишени приводит к значительному ухудшению механических характеристик получаемых покрытий.

Использование несбалансированной конфигурации магнитного поля, высокой мощности РПГ (1000 Вт) и потенциала смещения (-100 В) позволило увеличить характеристики твердости, модуля упругости и износостойкости (рис. 1).

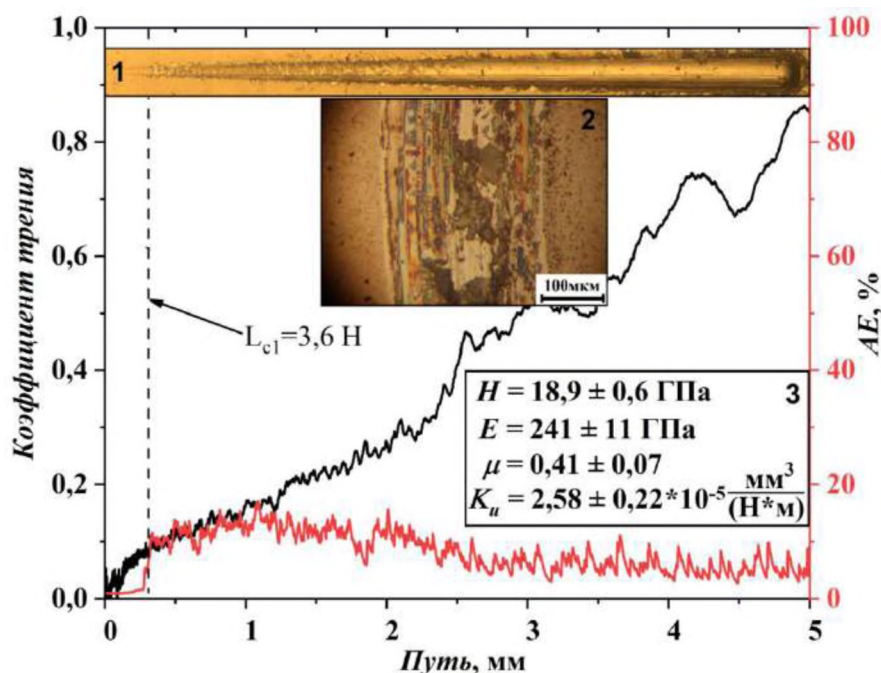


Рис.1. Механические свойства CrN_x покрытия. 1 – оптическое изображение царапины после Scratch-теста; 2 – оптическое изображение трека износа после испытаний; 3 – твердость (H), модуль упругости (E), коэффициент трения (μ) и скорость износа (K_u). На правой оси обозначена величина акустической эмиссии в течение Scratch-теста.

Таким образом, можно сделать вывод, что важнейшим критерием формирования высоких механических характеристик CrN_x покрытий при реактивном магнетронном распылении горячей мишени является интенсивность ионной бомбардировки формируемого покрытия, а также соотношение количества ионов на один атом.

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. Bleykher G.A. et al. Magnetron deposition of chromium nitride coatings using a hot chromium target: Influence of magnetron power on the deposition rate and elemental composition // Surface and Coatings Technology. – 2022. – Vol. 433. – article number 128120.