

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ СЛОЖНЫХ НИТРИДОВ Ta-W-Mo-N, Ta-W-Zr-N, W-Mo-Zr-N и W-Zr-Al-N

Е.А. Жаканбаев¹⁾, В.Н. Володин¹⁾, Ю.Ж. Тулеушев¹⁾, С.В. Злоцкий²⁾

¹⁾Институт Ядерной Физики,

ул. Ибрагимова, 1, Алматы, 050032, Республика Казахстан, lab_ipt@mail.ru

²⁾Белорусский государственный университет,

пр. Независимости, 4, Минск, 220030, Беларусь, uglov@bsu.by

В работе методом рентгеноструктурного анализа исследуется структура и фазовый состав покрытий четверных нитридов: Ta-W-Mo-N, Ta-W-Zr-N, W-Mo-Zr-N, и W-Zr-Al-N, полученных методом ионно-плазменного осаждения. Проведены механические и коррозионные испытания полученных покрытий четверных нитридов.

Введение

Метод магнетронного осаждения позволяет получать нитриды тугоплавких металлов при температуре синтеза, не превышающей 200°C. Магнетронная установка с четырьмя независимыми каналами позволяет распылять одновременно до четырех различных металлов. Соотношением количества распыляемых металлов легко управлять путем варьирования подаваемой на магнетрон мощности. Это позволяет точно управлять стехиометрией получаемого покрытия, что дает возможность получать сложную смесь нитридов с управляемым составом [1-6].

Основная часть

При формировании четверного нитрида Ta-W-Mo-N соотношение компонент регулировалось при помощи изменения мощности, подаваемой на каждый магнетрон. Перед получением покрытия четверного нитрида Ta-W-Mo-N была произведена калибровка скорости осаждения каждого из нитридов для получения покрытий с необходимой стехиометрией. В результате были получены покрытия с соотношением: Ta (33%) – W (33%) – Mo (33%) – N. При этом мощность в канале тантала составляла 100 Вт, в канале вольфрама составила 110 Вт и в канале молибдена составила 110 Вт. В результате рентгеноструктурных исследований полученного четверного нитрида установлено наличие ГЦК фазы нитрида тантала TaN с параметром решетки $a = 0.4362$ нм, и кубической фазы нитрида с параметром решетки $a = 0.4127$ нм. Далее был произведен синтез покрытия четверного нитрида Ta-W-Zr-N. При формировании покрытия Ta-W-Zr-N давление и состав реакционного газа, а также скорость вращения, были такими же, как и при синтезе системы Ta-W-Mo-N. Перед получением покрытия четверного нитрида Ta-W-Zr-N была произведена калибровка скорости осаждения каждого из нитридов для получения покрытий с необходимой стехиометрией. В результате были получены покрытия с соотношением: Ta (33%) – W (33%) – Zr (33%) – N. Во время формирования покрытия мощность в канале тантала составила 100 Вт, в канале вольфрама 110 Вт и в канале циркония 100 Вт. По результатам рентгеноструктурного анализа в покрытии зафиксировано наличие ГЦК фазы нитрида тантала с параметром решетки $a = 0.4389$ нм, кубической фазы нитрида циркония с параметром решетки $a = 0.4634$ нм. Также в по-

крытии присутствует кубическая фаза с параметром решетки $a = 0.4132$ нм, которая была идентифицирована как нитрид вольфрама. При формировании четверного нитрида W-Mo-Zr-N соотношение компонент регулировалось при помощи изменения мощности подаваемой на каждый магнетрон. Перед получением покрытия четверного нитрида W-Mo-Zr-N была произведена калибровка скорости осаждения каждого из нитридов для получения покрытий с необходимой стехиометрией. В результате были получены покрытия с соотношением: W (33%) – Mo (33%) – Zr (33%) – N. При синтезе покрытия W-Mo-Zr-N мощность в канале вольфрама составляла 110 Вт, в канале молибдена составила 104 Вт и в канале циркония составила 100 Вт. В результате рентгеноструктурных исследований полученного тройного нитрида установлено наличие кубической фазы нитрида вольфрама WN с параметром решетки $a = 0.4127$ нм, гексагональная фаза нитрида молибдена с параметром решетки $a = 0.5735$ нм, $c = 0.5605$ нм., а также кубической фазы нитрида циркония с параметром решетки $a = 0.4248$ нм. При формировании четверного нитрида W-Zr-Al-N соотношение компонент регулировалось при помощи изменения мощности подаваемой на каждый магнетрон. Перед получением покрытия четверного нитрида W-Zr-Al-N была произведена калибровка скорости осаждения каждого из нитридов для получения покрытий с необходимой стехиометрией. В результате были получены покрытия с соотношением: W (33%) – Al (33%) – Zr (33%) – N. При синтезе покрытия W-Zr-Al-N, мощность в канале вольфрама составляла 110 Вт, в канале алюминия составила 104 Вт и в канале циркония составила 100 Вт. В результате рентгеноструктурных исследований полученного четверного нитрида W-Zr-Al-N установлено наличие кубической фазы нитрида вольфрама WN с параметром решетки $a = 0.4127$ нм, кубическая фаза нитрида алюминия с параметром решетки $a = 0.4035$ нм, а также кубической фазы нитрида циркония с параметром решетки $a = 0.4252$ нм.

Проведены механические испытания микротвердости полученных покрытий сложных нитридов Ta-W-Mo-N, Ta-W-Zr-N, W-Mo-Zr-N, и W-Zr-Al-N. Измерения микротвердости полученных покрытий проводились на сканирующем нанотвердометре «НаноСкан-Компакт». В результате проведенных исследований получены данные о микротвердости полученных покрытий сложных нит-

ридов. Для покрытия четверного нитрида Ta-W-Mo-N микротвердость составила 19.71 ГПа, для Ta-W-Zr-N – 14.35 ГПа, для W-Mo-Zr-N микротвердость равна 15.24 ГПа и для W-Zr-Al-N составила 12.82 ГПа.

Также была определена скорость коррозии полученных покрытий четверных нитридов. Для проведения коррозионных испытаний определялись плотность, эквивалентный вес и рабочая площадь образца для испытаний. В качестве электролита использовался 5% раствор NaCl. Для эксперимента были заданы следующие параметры: начальный и конечный потенциал ± 200 мВ, скорость сканирования 1 мВ/с, период сканирования 2 с. Для покрытия Ta-W-Mo-N скорость коррозии $V_{корр}$ составила $660.3 \cdot 10^{-6}$ мм/год, при этом коррозионный ток $I_{корр} = 187$ нА и коррозионный потенциал $E_{корр} = -304$ мВ. Для покрытия Ta-W-Zr-N скорость коррозии $V_{корр}$ составила $17.5 \cdot 10^{-3}$ мм/год при этом коррозионный ток $I_{корр} = 245$ нА и коррозионный потенциал $E_{корр} = -260$ мВ. Для покрытия W-Mo-Zr-N скорость коррозии $V_{корр}$ составила $24.5 \cdot 10^{-6}$ мм/год при этом коррозионный ток $I_{корр} = 122$ нА и коррозионный потенциал $E_{корр} = -199$ мВ. Для покрытия W-Zr-Al-N скорость коррозии $V_{корр}$ составила $673.2 \cdot 10^{-6}$ мм/год при этом коррозионный ток $I_{корр} = 131$ нА и коррозионный потенциал $E_{корр} = -257$ мВ.

Заключение

Проведены рентгеноструктурные исследования покрытий четверных нитридов, полученных

при помощи метода магнетронного осаждения, а также проведены механические и коррозионные исследования.

Работа выполнена при поддержке: Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (Ф14КАЗ-024) и Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Список литературы

1. Холлек Х. Двойные и тройные карбидные и нитридные системы переходных металлов / Ред. Ю.В. Левинский. М.: Металлургия, 1988. 319 с.
2. Musil J., Daniel R., Zeman P., Takai O. Structure and properties of magnetron sputtered Zr- Si-N films with a high (≥ 25 at.%) Si content // Thin Solid Films. 2005. V. 478. P. 238-247.
3. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. М.: Машиностроение, 1986. 191 с.
4. Химическая энциклопедия / Редкол.: Н.С. Зефирова и др. М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. Т. 5. 783 с.
5. Коротаев А.Д., Мошков В.Ю., Овчинников С.В., Пинжин Ю.П., Савостиков В.М., Тюменцев А.Н. Наноструктурные и нанокompозитные сверхтвердые покрытия // Физическая мезомеханика. 2005. Т. 8. № 5. С. 103-116.
6. Ивановский А.Л. Тройные карбиды и нитриды на основе переходных металлов // Успехи химии. 1996. Т. 64. № 6. С. 499-518.

INVESTIGATION OF COMPOUND NITRIDE COATINGS Ta-W-Mo-N, Ta-W-Zr-N, W-Mo-Zr-N, and W-Zr-Al-N

Yeldar Zhakanbayev¹, Valeriy Volodin¹, Yuriy Tuleushev¹, S. Zlotsky²

¹Institute of Nuclear Physics, Republic of Kazakhstan. Ibragimov St, 1, Almaty, lab_ipt@mail.ru

²Belarusian State University, Nezavisimosti ave., 4, Minsk, 220030, Belarus, uglov@bsu.by

In the X-ray diffraction study the structure and phase composition of the quaternary nitride coating: Ta-W-Mo-N, Ta-W-Zr-N, W-Mo-Zr-N, and a W-Zr-Al-N, obtained by ion -Plasma deposition. Conducted mechanical and corrosion tests of coatings obtained quaternary nitrides.