

УДК 533.9.924+621.793.18

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЛЕГИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕМ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОК НИТРИДА ТИТАНА-АЛЮМИНИЯ

Д. А. ГОЛОСОВ^{а+}, Е. М. ОКС^б, В. А. БУРДОВИЦИН^б, Т. Д. НГУЕН^а, С. Н. МЕЛЬНИКОВ^а,
С. М. ЗАВАДСКИЙ^а, И. Л. ПОБОЛЬ^в, Н. А. КАНАНОВИЧ^в, К. ТИАН^г, Н. Н. ЛАМ^а

Проведены исследования механических и триботехнических характеристик плёнок нитрида титана-алюминия, нанесённых методом реактивного магнетронного распыления из Ti-Al мозаичных мишеней с различной концентрацией алюминия. Получены зависимости элементного состава, микротвёрдости, коэффициента трения от степени легирования плёнок алюминием и концентрации азота в Ar/N₂ смеси газов процессе нанесения плёнок. Установлено, что увеличение содержания алюминия в плёнке приводит к увеличению твёрдости плёнок и снижению коэффициента трения. Для концентрации азота в плёнке имеется оптимум, при котором достигается максимальная твёрдость и низкие значения коэффициента трения. Максимальная твёрдость H_K 23,5 ГПа и минимальный коэффициент трения 0,082 получены для плёнок состава Ti₅AlN_{1,33}, которые имели соотношение Ti/Al 5:1 и недостаток азота.

Ключевые слова: тонкие плёнки, износостойкие покрытия, нитрид титана-алюминия, реактивное магнетронное распыление, мозаичная мишень, микротвёрдость, износостойкость.

DOI: 10.32864/0202-4977-2020-41-4-420-426

Литература

1. **Inspektor A. and Salvador P. A.** Architecture of PVD Coatings for Metal Cutting Applications: a Review // *Surface and Coatings Technology*. — 2014 (**257**), 138—153
2. **Chim Y. C., Ding X. Z., Zeng X. T., and Zhang S.** Oxidation Resistance of TiN, CrN, TiAlN and CrAlN Coatings Deposited by Lateral Rotating Cathode Arc // *Thin Solid Films*. — 2009 (**517**), 4845—4849
3. **Musil J. and Vlcek J.** Magnetron Sputtering of Alloy and Alloy-Based Films // *Thin Solid Films*. — 1999 (**343—344**), 47—50
4. **Kawate M., Hashimoto A. K., and Suzuki T.** Oxidation Resistance of Cr_{1-x}Al_xN and Ti_{1-x}Al_xN Films // *Surface and Coatings Technology*. — 2003 (**165**), no. 2, 163—167
5. **PalDey S. and Deevi S. C.** Single Layer and Multilayer Wear Resistant Coatings of (Ti,Al)N: a Review // *Mater. Sci. Eng. A*. — 2003 (**342**), 58—79
6. **Zhirkov I., Petruhins A., and Rosen J.** Effect of Cathode Composition and Nitrogen Pressure on Macroparticle Generation and Type of Arc Discharge in a DC Arc Source with Ti-Al Compound Cathodes // *Surface & Coatings Technology*. — 2015 (**281**), 20—26
7. **Hui-Wen Chang, Ping-Kang Huang, Andrew Davison, Jien-Wei Yeh, Chun-Huei Tsau, and Chih-Chao Yang.** Nitride Films Deposited from an Equimolar Al-Cr-Mo-Si-Ti Alloy Target by Reactive Direct Current Magnetron Sputtering // *Thin Solid Films*. — 2008 (**516**), 6402—6408
8. **Kong Y., Tian X., Gong C., Tian Q., Yang D., Wu M., Li M., and Golosov D. A.** Microstructure and Mechanical Properties of Ti-Al-Cr-N Films: Effect of Current of Additional Anode // *Applied Surface Science*. — 2019 (**483**), 1058—1068

а Белорусский Государственный Университет Информатики и Радиоэлектроники. Беларусь, 220013, г. Минск, ул. Петруся Бровки, 6.

б Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 40.

в Физико-технический институт НАН Беларуси. Беларусь, 220141, г. Минск, ул. Академика Купревича, 10.

г Harbin institute of technology. China, 150001, Harbin, Heilongjiang province, 92 Xidazhi St.

+ Автор, с которым следует вести переписку. e-mail: dmgolosov@gmail.com.

9. Nakano J., Miyazaki H., Kimura T., Goto T., and Zhang S. Thermal Conductivity of Yttria-Stabilized Zirconia Thin Films Prepared by Magnetron Sputtering // J. Ceram. Soc. of Jap. — 2004 (112), S908—S911
10. Григорьев А. Я. Приборы и методы исследований контактного взаимодействия твердых тел // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. — 2018 (63), № 1, 53—67
11. Ермоленко М. В., Завадский С. М., Голосов Д. А., Мельников С. Н., Замбург Е. Г. Трибологические характеристики покрытий TiN, полученные методом реактивного магнетронного распыления при пониженном давлении // Трение и износ. — 2016 (37), № 3, 369—373
12. Svadkovski I. V., Zhu Chang, Golosov D. A., and Zavatskiy S. M. Mechanical and Tribological Properties of AlN Thin Films // Journal of Xi'an Institute of Technology. — 2006 (26), no. 3, 237—240

Поступила в редакцию 06.02.19.

После доработки 23.04.20.

Принята к публикации 29.04.20.

Golosov D. A., Oks E. M., Burdovitsin V. A., Nguyen T. D., Melnikov S. N., Zavatski S. M., Pobol I. L., Kaganovich N. A., XiuboTian, and Lam N. N. **The Effect of the Degree of Aluminum Doping on the Mechanical and Tribological Characteristics of Titanium-Aluminum Nitride Films.**

The mechanical and tribological characteristics of titanium-aluminum nitride films deposited by the reactive magnetron sputtering of Ti-Al mosaic targets with different aluminum concentrations were studied. The dependences of the elemental composition, microhardness, friction coefficient on the degree of doping of the films with aluminum and the nitrogen concentration in the Ar/N₂ gas mixture during film deposition were obtained. It was found that an increase in the aluminum content in the film result in the increase of the films hardness and decrease of the friction coefficient. The optimum concentration of nitrogen in the film was achieved at maximum hardness and low values of the friction coefficient. A maximum hardness of 23.5 GPa and a minimum friction coefficient of 0.082 were obtained for the films of the composition Ti₅AlN_{1.33}, which had a Ti/Al ratio of 5:1 and a deficiency of nitrogen.

Keywords: thin films, wear-resistant coatings, titanium-aluminum nitride, reactive magnetron sputtering, mosaic target, microhardness, wear resistance.

Образец цитирования: Голосов Д. А., Окс Е. М., Бурдовитин В. А., Нгуен Т. Д., Мельников С. Н., Завадский С. М., Поболь И. Л., Каланович Н. А., Тян К., Лам Н. Н. Влияние степени легирования алюминием на механические и триботехнические характеристики пленок нитрида титана-алюминия // Трение и износ. 2020. Т. 41. №4. С. 420–426.

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.

Адрес редакции: 246050, ул.Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Full text of articles can be purchased from the editorial office.

Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050 Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: FWJ@tut.by

Web: <https://mpri.org.by/izdaniya/trenie-i-iznos/>