

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**Факультет радиофизики и компьютерных технологий**  
**Кафедра физической электроники и нанотехнологий**

Аннотация к дипломной работе  
**«Структурные, механические и оптические свойства  
Ti-Al-N покрытий с различным соотношением Ti/N»**

Гарунович Никита Сергеевич

Научный руководитель – Старший преподаватель В. А. Зайков

2022

## РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 44 страницы, 24 рисунков и 20 источников.

*Ключевые слова:* РЕАКТИВНОЕ МАГНИТРОННОЕ НАПЫЛЕНИЕ, НИТРИД, ТИТАН, МОДУЛЬ ЮНГА, НАНОИНДЕНТИРОВАНИЕ, ТВЕРДОСТЬ, ТОНКИЕ ПЛЕНКИ, КОЭФФИЦИЕНТ ОТРАЖЕНИЯ.

*Объектом исследования* являются Структурные, механические и оптические свойства Ti-Al-N покрытий с различным соотношением Ti/N.

*Цель работы* – Исследование структурных, механических и оптических свойства Ti-Al-N покрытий с различным соотношением Ti/N.

В процессе работы методами электронной микроскопии в сочетании с наноиндентированием и оптическими методами определения спектрального коэффициента отражения, проводились исследования состава, структуры и оптических свойств наноструктурированных покрытий Ti-Al-N. Результаты исследования показали, что метод контролируемого реактивного магнетронного распыления позволяет получать покрытия бинарных нитридов Ti-Al-N с плотной структурой и механическими свойствами, превосходящими покрытия Ti-N. Методами энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX) и РЭМ установлен состав покрытий Ti-Al-N, который определяется составом мишени и режимом формирования.

Установлено, что уменьшение соотношения Ti /Al в покрытии с 0,96 до 0,84 приводит к изменению структуры покрытий TiAlN от столбчатой к гранулированной. Методами наноиндентирования определены механические свойства покрытий. Обнаружено, что все покрытия имеют высокое значение нанотвердости, более чем в 2-3 раза превышающее твердость покрытия TiN.

Изменение элементного состава пленок Ti-Al-N, а также варьирование режимов осаждения покрытий Ti-Al-N позволяет добиться значительных изменений спектральных характеристик покрытий.

## ABSTRACT

Thesis: 44 pages, 24 drawings and 20 sources.

*Keywords:* reactive magnetron sputtering, nitride, titanium, young's modulus, nanoindentation, hardness, thin films, reflection coefficient.

*Objects of study* are the structural, mechanical and optical properties of Ti-Al-N coatings with different Ti/N ratios.

*Objective* – development of optimal modes of sputtering process and study of the structural, mechanical and optical properties of Ti-Al-N coatings with different Ti/N ratios.

In the process of work by electron microscopy combined with nanoindentation and optical methods for determining the spectral reflectance, the composition, structure and optical properties of Ti-Al-N nanostructured coatings were studied. The results of the study showed that the method of controlled reactive magnetron sputtering makes it possible to obtain coatings of Ti-Al-N binary nitrides with a dense structure and mechanical properties that are superior to Ti-N coatings. Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) and SEM methods have been used to determine the composition of the Ti-Al-N coatings, which is determined by the target composition and formation mode.

It has been established that a decrease in the Ti/Al ratio in the coating from 0.96 to 0.84 leads to a change in the structure of the Ti-Al-N coatings from columnar to granular. The mechanical properties of coatings are determined by nanoindentation methods. It was found that all coatings have a high nanohardness value, more than 2-3 times higher than the hardness of the TiN coating.

Changing the elemental composition of the Ti Al N films, as well as varying the modes of deposition of the Ti Al N coatings, makes it possible to achieve significant changes in the spectral characteristics of the coatings.

## РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 44 старонкі, 24 малюнка і 20 крыніц.

*Ключавыя словы:* РЭАКТЫЎНАЕ МАГНЕТРОННАЕ РАСПЫЛЕННЕ, НІТРЫД, ТЫТАН, МОДУЛЬ ЮНГА, НАНОИНДЕНТИРОВАНИЕ, ТВЕРДНОСТЬ, ТОНКІЯ ПЛЁНКІ, КАЭФІЦЫЕНТ АДЛЮСТРАВАННЯ.

*Аб'ектам даследавання з'яўляюцца* Структурныя, механічныя і аптычныя ўласцівасці Ti-Al-N пакрыццяў з розным суадносінамі Ti / n.

*Мэта працы* - даследаванне структурных, механічных і аптычных ўласцівасці Ti-Al-N пакрыццяў з розным суадносінамі Ti / n.

У працэсе працы метадамі электроннай мікраскапіі ў спалучэнні з нааноиндентированием і аптычнымі метадамі вызначэння спектральнага каэфіцыента адлюстравання, праводзіліся даследаванні складу, структуры і аптычных уласцівасцяў наноструктурірованых пакрыццяў Ti-Al-N. вынікі даследавання паказалі, што метада кантраляванага рэактыўнага магнетроннага распылення дазваляе атрымліваць пакрыцця бінарных нітрыдаў Ti-Al-N з шчыльнай структурай і механічнымі ўласцівасцямі, праўзыходнымі пакрыцця Ti-n. Метадамі энергодисперсионной рэнтгенаўскай спекраскапіі (EDX) і РЭМ усталяваны склад пакрыццяў Ti-Al-N, які вызначаецца складам мішэні і рэжымам фарміравання.

Устаноўлена, што памяншэнне суадносін Ti/Al ў пакрыцці з 0,96 да 0,84 прыводзіць да змены структуры пакрыццяў Ti-Al-N ад столбчатой да грануляванай. Метадамі нааноиндентирования вызначаны механічныя ўласцівасці пакрыццяў. Выяўлена, што ўсе пакрыцця маюць высокае значэнне нанотвердости, больш чым у 2-3 разы якое перавышае цвёрдасць пакрыцця TiN.

Змена элементнага складу плёнак Ti-Al-N, а таксама вар'іраванне рэжымаў аблогі пакрыццяў Ti-Al-N дазваляе дамагчыся значных змяненняў спектральных характарыстык пакрыццяў.