

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 03.06.01 Физика конденсированного состояния  
Школа Инженерная школа ядерных технологий  
отделение экспериментальной физики

### Научно-квалификационная работа

Тема научно-квалификационной работы
<b>Осаждение покрытий из хрома и никеля с помощью магнетронного диода с "горячей" мишенью</b>

УДК 621.357.74:669.268:621.385.64

#### Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А4-08	Сиделёв Дмитрий Владимирович		

#### Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор-консультант отделения экспериментальной физики ИЯТШ ТПУ	Чернов Иван Петрович	д.ф.-м.н., профессор		

#### Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
руководитель отделения экспериментальной физики ИЯТШ ТПУ	Лидер Андрей Маркович	к.ф.-м.н.		

#### Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
руководитель НОЦ Б.П. Вейнберга ИЯТШ ТПУ	Кривобоков Валерий Павлович	д.ф.-м.н., профессор		

## Реферат

Плѐнки и покрытия получили широкое применение для модифицирования поверхности твѐрдых тел с целью изменения их физико-химических свойств [1,2]. Для этих задач востребовано магнетронное распыление, существенный недостаток которого состоит в невысокой скорости осаждения покрытий. Эта проблема может быть решена путѐм добавления сублимации (или испарения) поверхности мишени к распылению ионами из плазмы [3,4]. Однако при этом появляются дополнительные факторы, которые могут влиять на свойства осаждаемых покрытий. Таким образом, цель данной работы состоит в исследовании влияния параметров магнетронного диода с «горячей» мишенью на скорость осаждения покрытий из Cr и Ni, а также на их структурные и функциональные свойства.

В настоящей работы исследован баланс энергии на поверхности мишени магнетронного диода и определены режимы распыления мишени, когда скорость осаждения может быть повышена в 2 и более раз [5]. Было показано, что при фазовом магнитном переходе никелевой мишени наблюдается восстановление распределения и амплитуды индукции магнитного поля магнетрона, а процесс распыления мишени становится более стабильным, повышается максимально допустимая мощность разряда, может быть снижено рабочее давление [6].

Анализ баланса энергии на подложке позволил выявить, что поток теплового излучения с нагретой металлической мишени преобладает над остальными [7]. Это способствует увеличению размеров кристаллитов, изменению морфологии поверхности от столбчатой к однородной, снижению твѐрдости и механической прочности покрытий из Cr и Ni [8]. При этом повышается коррозионная стойкость сталей, модифицированных в плазме магнетрона с «горячей» металлической мишенью.

## Список использованной литературы

1. Духопельников Д.В. Магнетронные распылительные системы: устройство, принципы работы, применение – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 54 с.
2. Смирнова, К. И. Тонкие пленки в микроэлектронике: Учебное пособие - Т.: ТУСУР. - 2007. - 94 с.
3. Юрьева, А.В. Магнетронное осаждение покрытий с испарением мишени / А.В. Юрьева, Г.А. Блейхер, В.П. Кривобоков // Журнал технической физики. –2015. – Т.85 – вып. 12. – С. 56-61.
4. Bleykher, G.A. Features of copper coatings growth at high-rate deposition using magnetron sputtering systems with a liquid metal target / G.A. Bleykher, A.O. Borduleva, A.V. Yuryeva, V.P. Krivobokov, J. Lančok, J. Bulíř, J. Drahekoupil, L. Klimša, J. Kopeček, L. Fekete, R. Čtvrtlík, J. Tomaščík // Surface and Coatings Technology. – 2017. - v. 324. - p. 111-120.
5. Sidelev, D.V. High-rate magnetron sputtering with hot target / D.V. Sidelev, G.A. Bleykher, V.P. Krivobokov, Z. Koishybayeva // Surface and Coatings Technology. – 2016. - v. 308. - p. 168-173.
6. Sidelev, D.V. Hot target magnetron sputtering for ferromagnetic films deposition / D.V. Sidelev, G.A. Bleykher, V.A. Grudinín, V.P. Krivobokov, M. Bestetti, M.S. Syrtanov, E.V. Erofeev // Surface and Coatings Technology. – 2018. – v. 334. – p. 61-70.
7. Sidelev, D.V. A comparative study on the properties of chromium coatings deposited by magnetron sputtering with hot and cooled target / D.V. Sidelev, G.A. Bleykher, M. Bestetti, V.P. Krivobokov, A. Vincenzo, S. Franz, M.F. Brunella // Vacuum. – 2017. – v. 143. – p. 479-485.
8. Сиделёв, Д.В. Высокоскоростное осаждение металлических покрытий с помощью плазмы магнетронного разряда / Г.А. Блейхер, А.В. Юрьева, В.П. Кривобоков, Д.В. Сиделёв // Научноёмкие технологии в проектах РФФИ. Сибирь – Т.: Изд-во НТЛ. – 2017. – 428 с.