

**СИНТЕЗ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ТИТАНА В ПУЧКОВОЙ ГАЗО-
МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОРВАКУУМНОГО ИСТОЧНИКА
ЭЛЕКТРОНОВ**

З.А. Бадмажапов, Д.Б. Золотухин, А.В. Тюньков

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.В. Тюньков

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: andrew71@sibmail.com

**SYNTHESIS OF TITANIUM OXIDE-BASED COATING IN BEAM GAS-METAL PLASMA USING
FORE-VACUUM PLASMA-CATHODE ELECTRON SOURCE**

Z.A. Badmazhapov, D.B. Zolotukhin, A.V. Tyunkov

Scientific Supervisor: As. Prof., Dr. A.V. Tyunkov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: andrew71@sibmail.com

***Abstract.** We present the results on deposition of titanium oxide based coating on the surface of stainless steel. Gas-metal plasma was generated as a result of Ti e-beam evaporation using fore-vacuum electron source in oxygen atmosphere at pressure of 10 Pa. Elemental analysis demonstrates the presence of Ti and O atoms in the coating.*

Введение. Газо-металлическая плазма представляет собой плазму, содержащую в себе ионы газовой и металлической компоненты с регулируемым соотношением. Растущий интерес к такой плазме обусловлен возможностью ее использования для осаждения нитридных или оксидных покрытий и синтеза комплексных композитных структур. Ранее в работах [1–4] были показаны преимущества форвакуумных плазменных источников электронов для различных применений, в том числе для генерации газо-металлической плазмы [5]. Целью настоящей работы была демонстрация возможности упомянутой методики для получения покрытий на основе оксида титана.

Методика эксперимента и результаты. Схема эксперимента приведена на рис. 1.

Вакуумная камера откачивалась форвакуумным насосом до предельного давления 1 Па. Напуском кислорода устанавливалось рабочее давление в 10 Па. Электронный пучок фокусировался до диаметра 5 мм на титановой мишени, расположенной в графитовом тигле на коллекторе. Пучок нагревал, плавил и испарял титановую мишень, и ионизировал испаренные атомы металла вместе с молекулами напускаемого газа, тем самым формируя пучковую газо-металлическую плазму в области, прилегающей к подложке. Эта плазма использовалась для осаждения покрытия на подложке из нержавеющей стали площадью 1,5×1,5 см². Образец располагался в 4 см от оси пучка и в 2 см выше уровня мишени перпендикулярно ее поверхности. Длительность осаждения регистрировалась с момента визуального наблюдения начала плавления мишени, и составляла 5 мин. Энергия ионов, бомбардирующих образец,

контролировалась напряжением смещения в 30 В, приложенным к коллектору пучка. Элементный состав осажденного покрытия исследовался сканирующим электронным микроскопом Hitachi TM-1000.

Результат исследования приведен на рис. 2.

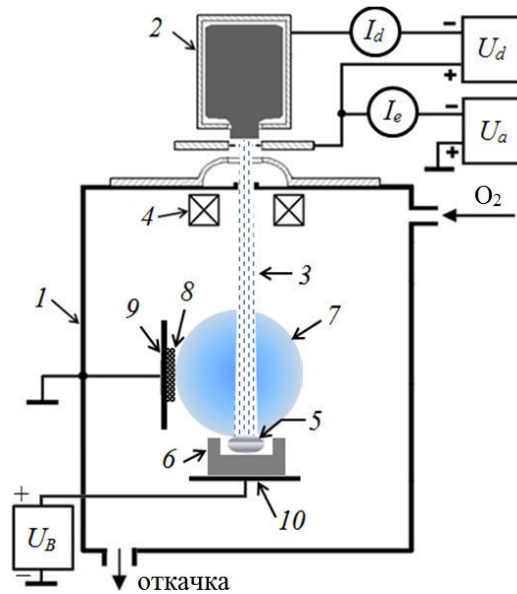


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – вакуумная камера, 2 – источник электронов, 3 – электронный пучок, 4 – система фокусировки, 5 – титановая мишень, 6 – графитовый тигель, 7 – газо-металлическая плазма, 8 – подложка, 9 – держатель образца, 10 – коллектор

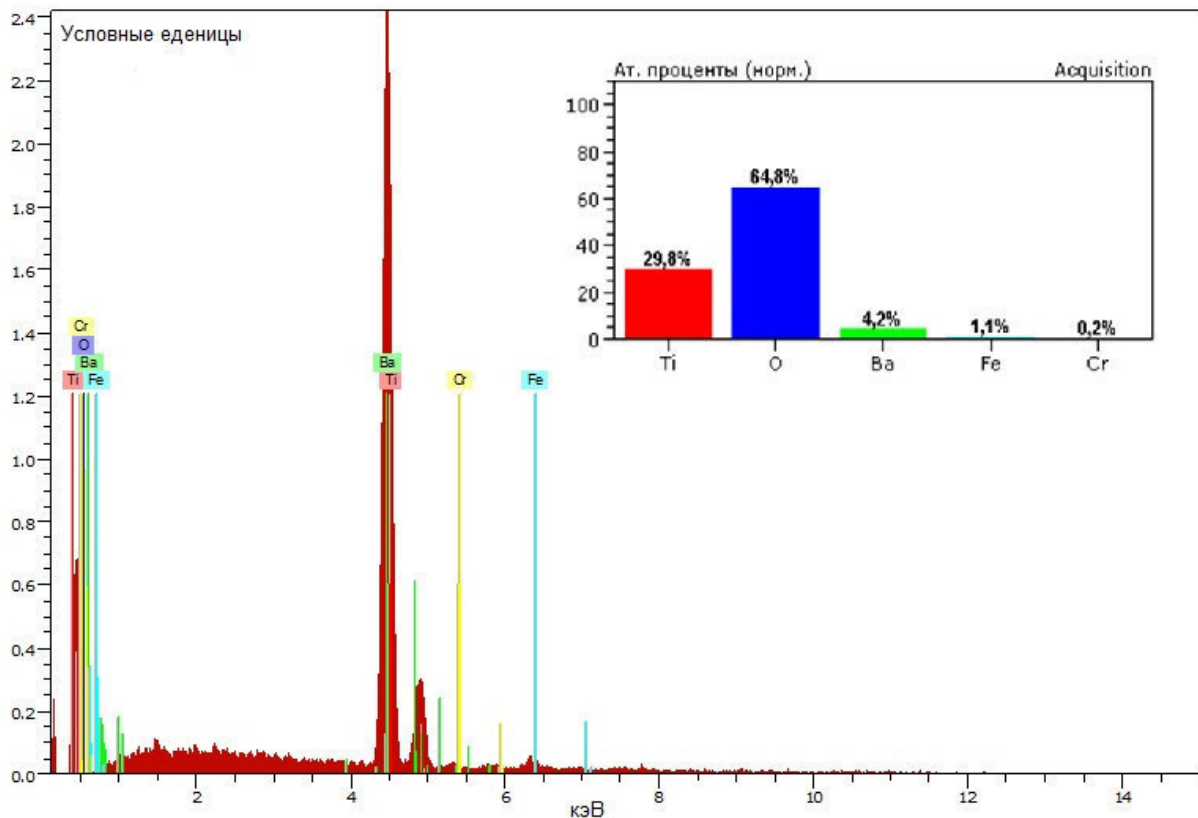


Рис. 2. Элементный состав покрытия, осажденного газо-металлической плазмы

Элементный состав на рис. 2 демонстрирует присутствие в составе осажденного покрытия атомов как испаряемого металла – титана (29,8%), так и атомов напускаемого рабочего газа – кислорода (64,8%), причем, из того, что концентрация атомов кислорода примерно в два раза превышает концентрацию атомов титана, следует вывод о том, что осажденное покрытие, скорее всего, представляет собой четырехвалентный оксид титана (TiO_2). Следовое присутствие других компонентов (атомов железа, бария, хрома), скорее всего, обусловлено изначальным присутствием этих элементов в составе материала подложки – нержавеющей стали.

Заключение. Таким образом, продемонстрирована возможность применения форвакуумного плазменного источника электронов для осаждения покрытия на основе оксида титана из газо-металлической пучковой плазмы в форвакууме.

Работа поддержана грантом РФФИ №16-38-60059 мол_а_дк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zolotukhin D.B. Generation of a beam plasma by a forevacuum electron source in a space bounded by dielectric walls / D.B. Zolotukhin, V.A. Burdovitsin, E.M. Oks // Tech. Phys. Russ. J. Appl. Phys. – 2015. – V. 60. – No. 5. – P. 772–777.
2. Золотухин Д.Б. Моделирование методом Монте-Карло упругого и неупругого рассеяния электронного пучка в газе / Д.Б. Золотухин, В.А. Бурдовицин // Доклады ТУСУР. – 2012. – Т. 26. – № 2. – С. 55–58.
3. Золотухин Д.Б. Мониторинг масс-зарядового состава пучковой плазмы при давлении до 10 Па / Д.Б. Золотухин, А.С. Климов, К.П. Савкин, А.В. Тюньков, Ю.Г. Юшков // Известия вузов. Физика. – 2015. – Т. 58. – № 9/3. – С. 106–109.
4. Тюньков А.В. Генерация ионов магния в пучковой плазме форвакуумного электронного источника / А.В. Тюньков, Ю.Г. Юшков, Д.Б. Золотухин, К.П. Савкин // Доклады ТУСУР. – 2014. – Т. 34. – № 4. – С. 60–62.
5. Tyunkov A.V. Generation of metal ions in the beam plasma produced by a forevacuum-pressure electron beam source / A.V. Tyunkov, Yu.G. Yushkov, D.B. Zolotukhin, K.P. Savkin, A.S. Klimov // Phys. Plasmas. – 2014. – V.21. – No. 12. – P. 123115.