

3. Laser Level Scheme of Self-Interstitials in Epitaxial Ge Dots Encapsulated in Si / M. Grydlik [et al.] // Nano Lett. – 2016. – Vol. 16. – P. 6802–6807.

4. Room-temperature light emission from a highly strained Si/Ge superlattice / N. D. Zaharov [et al.] // Appl. Phys. Lett. – 2003. – Vol. 83. – P. 3083–3086.

*С. Ю. ИНФОРОВИЧ^{1,2}, Д. Г. КУНИН^{1,2}, К. А. МАКСИМЧУК^{1,2},
А. А. БОНДАРУК¹, А. А. РОТКОВИЧ¹, Д. И. ТИШКЕВИЧ¹*

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИБКИХ РАДИАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ НА ОСНОВЕ Вi/Та

¹Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

E-mail: svyatinf@gmail.com

Введение. Развитие современной электротехники и робототехники обусловлено совершенствованием функциональных устройств, которые используются в различных областях. Например, электронные устройства и роботы, применяемые в зонах повышенной радиации, работают в критических условиях, подвергаясь сильному радиационному воздействию естественного и искусственного происхождения (электроны, гамма-излучение, тяжелые заряженные частицы и др.) [1]. Наиболее распространенным материалом радиационной защиты является свинец (Pb) из-за его высокой плотности и доступности. Однако этот материал имеет значительные недостатки: низкая механическая прочность и высокая токсичность. Альтернативой Pb могут быть многослойные материалы из тантала (Ta) и висмута (Вi), которые находятся рядом со свинцом в таблице Менделеева и имеют также высокие значения плотности. Они технологичны, нетоксичны и имеют невысокую стоимость. Более того, пленки Вi можно получать методом электрохимического осаждения [2, 3].

Цель работы – разработка и оптимизация технологии получения многослойных структур Вi/Та и исследование их микроструктурных параметров.

Материалы и методы. Пленки Вi осаждались на подложку Та с подслоем Ni (толщина 30 мкм). Танталовые подложки механически обрабатывали абразивным материалом зернистостью Р1000 с целью создания микроцарапин и развития микрорельефа поверхности. Затем при температуре 50 °С в течение 5 мин осуществляли обезжиривание поверхности в водном растворе на основе NaOH (30 г/л), Na₂CO₃ (30 г/л), Na₃PO₄ (30 г/л) для удаления органических загрязнений с поверхности Та. Травление поверхности осуществляли в растворе H₂SO₄ (90 мл), HF (10 мл) в течение 1 мин при температуре 20 °С с целью удаления шламов и увеличения шероховатости поверхности. Электрохимическое осаждение подслоя Ni проводили из электролита NiCl₂ (80 мг), HCl (40 мл/л) при плотности тока 25–45 мА/см² и времени осаждения 15 мин в гальваностатиче-

ском режиме [4]. В качестве анода использовалась Ni пластина. Электрохимическое осаждение слоя V_i осуществляли из перхлоратного электролита HClO_4 (400 мл/л), V_iO_3 (40 г/л), H_2O (до 1 л) при плотности тока 15 mA/cm^2 в течение 10 мин в гальваностатическом режиме [4]. Электрохимическое осаждение V_i и Ni проводили с использованием потенциостата/гальваностата Р45-Х. Изучение морфологии поверхности и химического состава пленок V_i осуществляли на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Carl Zeiss EVO10 при ускоряющем напряжении 20 кВ с приставкой Oxford Instruments.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 представлены СЭМ-изображения поверхности тантала на различных стадиях подготовки поверхности, описанных выше.

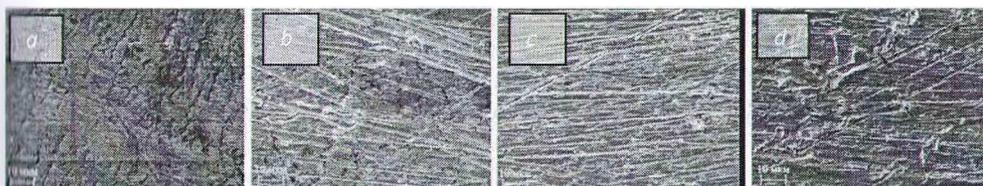


Рис. 1. СЭМ-изображения поверхности танталовой подложки после подготовки поверхности: до обработки (a), после шлифовки (b), после химического обезжиривания (c), после травления (d)

Из-за большой разности электродных потенциалов электроосаждение V_i на поверхность Ta затруднено, поэтому для уменьшения разности электродных потенциалов и дальнейшего осаждения пленки V_i на поверхность Ta электрохимически наносят подслой Ni. При проведении операций подготовки поверхности с каждым разом увеличивается шероховатость поверхности Ta подложки (см. рис. 1), что способствует хорошей адгезии Ni на подложку.

На рис. 2 представлен микрорельеф поверхности слоя Ni и распределение химического состава.



Рис. 2. СЭМ-изображения (a, b) и распределение химического состава (c) поверхности пленки Ni, электроосажденного при плотности тока 25 mA/cm^2

Видно, что при плотности тока 25 mA/cm^2 происходит неоднородное осаждение Ni на поверхность Ta, связанное с наводораживанием поверхности. Меж-

ду тем с увеличением плотности тока до 45 mA/cm^2 осаждение Ni происходит равномерно, что связано с повышением перенапряжения выделения водорода.

На рис. 3 показано, что при выполнении всех перечисленных технологических стадий можно получить равномерное, пластичное покрытие с хорошей адгезией на Ta подложке.

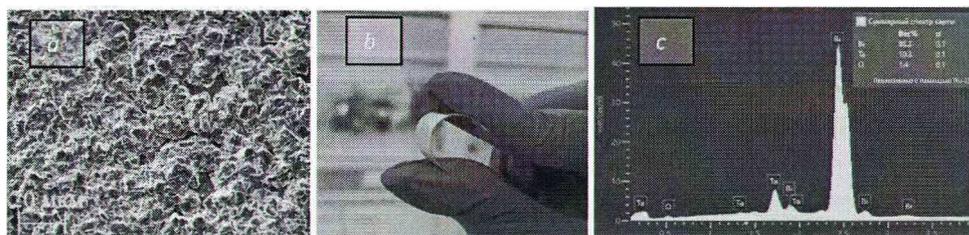


Рис. 3. СЭМ-изображения поверхности слоя Bi (a), электроосажденного при плотности тока 15 mA/cm^2 , гибкий радиационный экран на основе многослойной структуры Bi/Ta (b), распределение химического состава (c)

Выводы. Предложена технология электрохимического осаждения пленок Bi на гибкие подложки на основе Ta фольги. Отработан и оптимизирован ряд технологических режимов по подготовке поверхности Ta фольги к осаждению слоя Bi. Получены гибкие радиационные экраны на основе многослойной структуры Bi/Ta. Показана перспективность использования пленок на основе Bi в качестве материала радиационной защиты от ионизирующих излучений.

Литература

1. Effect of the Synthesis Conditions and Microstructure for Highly Effective Electron Shields Production Based on Bi Coatings / D. I. Tishkevich [et al.] // ACS Appl. Energy Mater. – 2018. – Vol. 1, № 4. – P. 1695–1702. <https://doi.org/10.1021/acsaem.8b00179>
2. The mechanical properties of W–Cu composite by activated sintering / P. Chen [et al.] // Int. J. Refract. Met. Hard Mater. – 2013. – Vol. 36. – P. 220–224. <https://doi.org/10.1016/j.ijrhm.2012.09.001>
3. Early-Stage Growth Mechanism and Synthesis Conditions-Dependent Morphology of Nanocrystalline Bi Films Electrodeposited from Perchlorate Electrolyte / D. I. Tishkevich [et al.] // Nanomaterials. – 2020. – Vol. 10. – P. 1245. <https://doi.org/10.3390/nano10061245>
4. Electrochemical deposition regimes and critical influence of organic additives on the structure of Bi films / D. I. Tishkevich [et al.] // J. Alloys Compd. – 2018. – Vol. 735. – P. 1943–1948. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.11.329>