

4. Клубович, В. В. Ультразвуковая обработка материалов / В. В. Клубович, А. В. Степаненко. – Минск: Наука и техника, 1981. – 295 с.
5. Клубович, В. В. Ультразвуковые виброударные процессы / В. В. Клубович, В. В. Артемьев, В. Н. Сакевич. – Минск: БНТУ, 2004. – 258 с.
6. Северденко, В. П. Применение ультразвука в промышленности / В. П. Северденко, В. В. Клубович. – Минск: Наука и техника, 1967. – 225 с.
7. Шилин, А. Д. Ультразвуковая механоактивация порошковых материалов / А. Д. Шилин, В. В. Рубаник, В. В. Рубаник (мл.) // Перспективные материалы и технологии / под ред. В. В. Клубовича. – Витебск: УО «ВГТУ», 2013. – Гл. 30. – С. 630–651.
8. Blaha, F. Dehnung von Zink-Einkristallen unter Ultraschalleinwirkung / F. Blaha, V. Langenecker // Naturwissenschaften. – 1955. – Bd. 42. – S. 556.
9. Experimental investigation of ultrasonic assisted equal channel angular pressing process / F. Djavanroodi [et al.] // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2016. – Vol. 16, Iss. 3. – P. 249–255.

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

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ НА ОСНОВЕ Вi/Мо

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

²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

E-mail: dustforyou1@gmail.com

Введение. Современные приборы и электроника используются практически во всех отраслях народного хозяйства, в том числе и в атомной промышленности. Большинство приборов работают при постоянном или переменном радиационном излучении естественных или искусственных источников [1]. Свинец (Pb) является наиболее распространенным материалом, используемым для радиационной защиты. Однако у него есть значительный недостаток – токсичность. Заменой свинцу может выступать висмут (Вi) с похожей плотностью и при этом менее токсичный [2]. К тому же Вi имеет низкую себестоимость (как и Pb), а также широкие технологические возможности его производства. Совокупность этих свойств делают весьма актуальным его использование в качестве материала радиационной защиты.

Цель работы – разработать технологию получения многослойных структур на основе висмута и молибдена (Вi/Мо) и исследовать микроструктуры пленок Вi.

Материалы и методы. Подложки из Мо обрабатывались на шлифовальном станке с использованием шлифовальных дисков разной зернистости с целью создания микроцарапин и развития микрорельефа поверхности подложки. Затем для снятия с фольги органических загрязнений подложки обезжиривали в спирте. После обезжиривания осуществлялось анодное травление в смеси

гидроксида калия (250 г/л КОН) в течение 2 мин для удаления оксидной пленки с поверхности Мо. Необходимая для увеличения адгезионной способности активация фольги происходила в растворе гидроксида аммония и перекиси водорода (NH_4OH 25 г/л и H_2O_2 30 г/л). Электрохимическое осаждение Вi проводили из перхлоратного электролита. Образцы экранов Вi/Мо осаждали в растворе HClO_4 – 400 мл/л, Bi_2O_3 – 40 г/л, H_2O до 1 л, плотность тока равнялась 15 mA/cm^2 , время осаждения составило 20 мин. В качестве анодов использовались висмутовые стержни диаметром 8 мм, содержащие 97,5 % Вi и до 2,5 % PbO_2 . Электроосаждение Вi осуществляли с использованием потенциостата/гальваностата Р45-Х. Изучение морфологии поверхности и химического состава пленок Вi проводили на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Carl Zeiss EVO10 при ускоряющем напряжении 20 кВ с приставкой Oxford Instruments.

Результаты и выводы. На рис. 1 представлены СЭМ-изображения поверхности Мо после технологических операций подготовки поверхности молибденовой фольги.



Рис. 1. СЭМ-изображения поверхности молибденовой фольги: *a* – до проведения подготовительных технологических операций, *b* – после шлифования поверхности, *c* – после обезжиривания

Видно, что при шлифовании поверхности фольги Мо образуются микроцарапины, которые позволяют развивать микрорельеф поверхности Мо. После обезжиривания поверхность становится без видимых загрязнений.

На рис. 2 показаны СЭМ-изображения поверхности пленок и сравнение подложек Мо после анодного травления и активации поверхности.

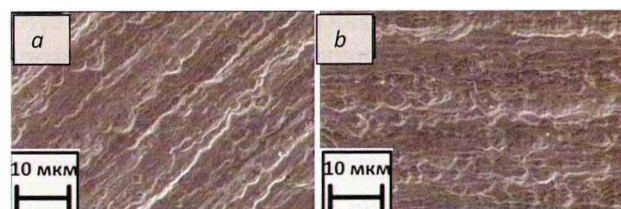


Рис. 2. СЭМ-изображения поверхности пленок и сравнение подложек Мо после анодного травления (*a*) и активации (*b*)

Можно отметить, что при травлении и активации подложки Mo образуется шероховатость и неоднородность поверхности, что способствует увеличению адгезии.

На рис. 3 продемонстрирована поверхность подложки после осаждения Bi в течение 10 мин при плотности тока 15 мА/см².

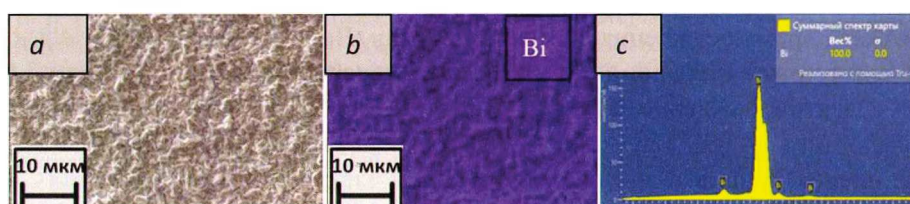


Рис. 3. СЭМ-изображения поверхности слоя Bi (a), электроосажденного при плотности тока 15 мА/см², распределение химического состава (b, c)

Видно, что при осаждении Bi при указанных условиях получается равномерное покрытие без дефектов (царапины, изломы, плохая адгезия и т.д.). На карте химического состава видно содержание одного компонента Bi (обозначен фиолетовым цветом) без примесей и оксидной фазы.

Выводы. Разработана технология электрохимического осаждения пленок Bi на подложки на основе фольги Mo. Проработан и улучшен ряд технологических режимов по подготовке поверхности фольги Mo к осаждению слоя Bi. Получено радиационно-защитные покрытие на основе Bi/Mo. Разработка покрытия на основе Bi/Mo может являться материалом радиационной защиты от ионизирующих излучений.

Литература

1. Электрохимические осажденные покрытия на основе висмута и эффективность защиты от электронного излучения / Д. И. Тишкевич [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2017. – № 3. – С. 19–29.
2. 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>