Исследование адгезионной прочности контактных слоев Ni/W, сформированных на скуттерудите n-типа In1Co4Sb12+δ

***Шамова И. К.1, Иванова А. С.1, Ховайло В. В.1, Штерн М. Ю.2, Штерн Ю. И.2***

*Студент, 2 курс магистратуры*

*1Национальный исследовательский технологический университет МИСИС, Москва, Россия*

*2Национальный исследовательский университет МИЭТ, Москва, Россия*

*E-mail: m1906776@edu.misis.ru*

Использование термоэлектрических (ТЭ) материалов имеет большую актуальность в различных областях, таких как энергетика, авиационная, космическая промышленность, медицина и многие другие. Одним из ключевых применений термоэлектрических материалов является преобразование тепловой энергии в электрическую и наоборот. Эффективность этого преобразования определяется термоэлектрической добротностью: *ZT* = (*S*2ρ/κ)*T*, где *S* – коэффициент Зеебека, ρ – электрическое сопротивление, κ – теплопроводность, *Т* – температура.

При создании термоэлектрического модуля (ТЭМ), обладающего высокими значениями *ZT*, необходимо брать в учет возможные тепловые и энергетические потери между секциями ветвей ТЭМ, а также их взаимную диффузию. В качестве решения этой проблемы может служить разработка структуры и технологии контактных систем (КС), образованных контактными слоями, которые должны обеспечивать омический контакт с термоэлектрическим элементом и выполнять роль диффузионного барьера, обладая высокой адгезией. Предметом данной работы является разработка высокоадгезионных контактных слоев между термоэлектрическим материалом In1Co4Sb12+δ и коммутационной шиной.

В основе получения скуттерудита In1Co4Sb12+δ лежала методика, использованная нами в ранних исследованиях [1]. Исходные химические элементы In, Co, Sb сплавлялись методом индукционной плавки, а полученный слиток отжигался. После этого слиток подвергался спиннингованию, затем данный материал в форме чешуек спекался методом искрового плазменного спекания в таблетки диаметром 12.7 мм и толщиной 2 мм.

Нанесению контактных слоев предшествовала подготовка поверхности скуттерудита, включая оценку ее шероховатости и твердости. Функциональные слои (Ni-W) были нанесены двумя различными методами: электрохимическое осаждение и магнетронное напыление. Оценка адгезионной прочности, проведенная до и после отжига (10 часов при температуре 573 К), выявила незначительные различия между опытами, однако, отжиг привел к повышению адгезионной прочности для обоих типов покрытий. Анализ с помощью сканирующей электронной микроскопии показал, что в электрохимически осажденной пленке отжиг способствует диффузии никеля в слой скуттерудита, чего не было обнаружено в случае магнетронно-напыленных пленок.

Затем, нанеся припой и коммутационные слои из меди, было обнаружено, что контактное сопротивление пленок, магнетронно-напыленных, составляет величину порядка 10-10 Ом·м, в то время как пленка, нанесенная электрохимическим способом, обладает контактным сопротивлением порядка 10-9 Ом·м. Это открытие подчеркивает важность и возможность использования обоих методов изготовления данных антидиффузионных слоев при сохранении их функциональности.

**Литература**

1. Ivanova A., et al. Thermoelectric properties of In1Co4Sb12+δ: role of in situ formed InSb precipitates, Sb overstoichiometry, and processing conditions // J. Mater. Chem. A. 2023. Vol. 11. No. 5. P. 2334-2342.