

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 621.785:669.1.08.29

DOI: 10.17223/00213411/65/1/96

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ $\text{SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3\text{-Ag-N}$,
СФОРМИРОВАННОГО НА МЕДИ КОМПЛЕКСНЫМ МЕТОДОМ*Ю.Ф. Иванов¹, В.В. Почетуха², Д.А. Романов², В.Е. Громов², О.А. Перегудов³¹ *Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия*² *Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия*³ *Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия*

Проведен анализ структуры и свойств покрытия состава $\text{SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3\text{-Ag-N}$, сформированного на меди комплексным методом, сочетающим электровзрывное напыление, облучение импульсным электронным пучком и последующее азотирование в плазме газового разряда низкого давления. Показано, что толщина покрытия составляет ≈ 100 мкм. Износостойкость медного образца с нанесенным покрытием превышает износостойкость меди без покрытия в 2.8 раза. Коэффициент трения образцов с покрытием $\mu = 0.479$ меньше коэффициента трения меди без покрытия $\mu = 0.679 \pm 0.048$ в 1.4 раза. Установлено, что твердость покрытия увеличивается по мере приближения к подложке и достигает максимального значения $\approx (1400 \pm 98)$ МПа (твердость подложки 1270 МПа). Методами микрорентгеноспектрального анализа выявлено, что основным химическим элементом покрытия является серебро, в значительно меньшем количестве присутствуют медь, олово, индий, кислород и азот. Методами рентгенофазового анализа установлено, что основными фазами покрытия являются твердые растворы на основе меди и серебра.

Ключевые слова: покрытие, комплексный метод, электровзрывное напыление, азотирование, импульсный электронный пучок, структура, свойства.

Введение

В настоящее время человечество ежедневно использует различные выключатели для коммутации электрического тока, начиная от бытовых приборов и заканчивая переключателями мощных электрических сетей [1]. Главными конструктивными элементами, определяющими долговечность работы любого выключателя, являются его электрические контакты [2]. Дугостойкие контакты должны обеспечивать высокую электропроводность [3] и дугостойкость [4]. Сочетания этих двух свойств позволяет добиться использование композиционных материалов [5]. Высокую электропроводность обеспечивает золото, серебро, медь и др. [6], а высокую дугостойкость – оксиды олова, кадмия и др., а также чистые металлы, например, вольфрам или молибден [7, 8]. Дополнительное повышение электроэрозионной стойкости может обеспечить введение в состав композиционного материала добавок на основе оксида In_2O_3 в количестве до 3 мас.% [9]. При коммутации дугостойких электрических контактов максимальное электроэрозионное воздействие испытывает их поверхность [10]. Поэтому целесообразно использовать экономичные композиционные покрытия, но сформировать их известными методами напыления [11–13] на настоящее время не представляется возможным. Исключение составляет метод электровзрывного напыления [14]. Улучшить качество электровзрывных покрытий возможно с использованием электронно-пучковой обработки и азотирования.

В свою очередь, для физики конденсированного состояния важны причины, приводящие к обеспечению высокой электроэрозионной стойкости [15]. К таким причинам относят структуру, фазовый состав покрытий, их адгезию, электропроводность [16, 17] и др. Цель работы – анализ структуры и свойств покрытия состава $\text{SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3\text{-Ag-N}$, сформированного на меди комплексным методом, сочетающим электровзрывное напыление, облучение импульсным электронным пучком и последующее азотирование в плазме газового разряда низкого давления.

* Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 20-79-00141). Исследования проведены с использованием оборудования ЦКП «Структура, механические и физические свойства материалов» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>