ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.
Томск, Россия

Томск – 2021
Издательство ТГУ

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-167

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ SnO_2-In_2O_3-Ag-N, СФОРМИРОВАННОГО НА МЕДИ КОМПЛЕКСНЫМ МЕТОДОМ

[1]Романов Д.А., [1]Почетуха В.В., [1]Громов В.Е., [2]Иванов Ю.Ф.

[1]Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк

[2]Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск

Цель работы – анализ структуры и свойства покрытия состава SnO_2-In_2O_3-Ag-N, сформированного на меди комплексным методом, сочетающим электровзрывное напыление, облучение импульсным электронным пучком и последующее азотирование в плазме газового разряда низкого давления.

После формирования покрытия образцы облучали импульсным электронным пучком (17 кэВ, 20 Дж/см^2, 200 мкс, 5 имп., 0,3 с$^{-1}$) и подвергали азотированию в плазме газового разряда низкого давления на установке «КОМПЛЕКС». Режим азотирования: 520 °С, 5 часов.

Исследование дефектной субструктуры и элементного состава покрытия осуществляли методами сканирующей электронной микроскопии. Исследование фазового состава и структурных параметров образцов проводилось на дифрактометре XRD-6000 на CuKα-излучении. Анализ фазового состава осуществлен с использованием баз данных PDF 4+, а также программы полнопрофильного анализа POWDER CELL 2.4. Твердость покрытия измеряли с помощью ультрамикротестера Shimadzu DUH-211 (Pn = 30 мН). Трибологические свойства покрытия изучали на трибометре Pin on Disc and Oscillating TRIBOtester («TRIBOtechnic», Франция) в условиях сухого трения. Тест на износостойкость проводился в геометрии «шарик-диск» при следующих параметрах: шарик из стали ШХ15 диаметром 6 мм, нагрузка 3 Н, дистанция 300 м, радиус трека износа 2 мм, скорость перемещения шарика 25 мм/с. Износостойкость образцов с покрытием рассчитывали после проведения профилометрии трека износа.

В результате трибологических испытаний обнаружено, что износостойкость медного образца с покрытием состава SnO_2-In_2O_3-Ag-N составляет $3{,}4 \cdot 10^{-5}$ мм^3/Н•м и превышает износостойкость меди без покрытия ($9{,}6 \cdot 10^{-5}$ мм^3/Н•м) в 2,8 раза. Коэффициент трения образцов с покрытием (μ = 0,479) меньше коэффициента трения меди без покрытия (μ = 0,679) в 1,4 раза. Выявлен различный характер изменения коэффициента трения при трибологических испытаниях. Образец с покрытием характеризуется более длительной стадией приработки по сравнению с образцом без покрытия. Таким образом, сформированное комплексным методом покрытие состава SnO_2-In_2O_3-Ag-N кратно превосходит трибологические характеристики меди.

Твердость покрытия измеряли на поперечном шлифе вдоль трех дорожек, проходящих перпендикулярно поверхности покрытия, что позволяло определить среднюю твердость покрытия и выявить зависимость твердости исследуемого материала от расстояния от поверхности покрытия. Твердость покрытия достигает максимального значения, превышающего твердость подложки на 10 %, в слое, примыкающем к подложке.

Показано, что толщина покрытия ≈ 100 мкм. Износостойкость медного образца с нанесенным покрытием превышает износостойкость меди без покрытия в ≈ 2,8 раза. Коэффициент трения образцов с покрытием (μ = 0,479) меньше коэффициента трения меди без покрытия (μ = 0,679) в ≈1,4 раза. Установлено, что твердость покрытия увеличивается по мере приближения к подложке и достигает максимального значения ≈1400 МПа (твердость подложки 1270 МПа). Методами микрорентгеноспектрального анализа установлено, 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.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-79-00141).