

ВЛИЯНИЕ ИМПА МАГНЕТРОННОГО ДИОДА СВОЙСТВА НИКЕЛЕВЫХ ПЛЕНОК

А.Е. Целовальникова

Научный руководитель: ст. преподаватель НОЦ Вейнберга ИЯШТ, Д.В. Сиделёв

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: nastasya.tselovalnikova@mail.ru

THE ROLE OF MAGNETRON DIODE TYPE ON THE PROPERTIES OF NIKEL FILMS

A. E. Tselovalnikova

Scientific supervisor: senior lecturer TPU, D.V. Sidelev

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: nastasya.tselovalnikova@mail.ru

***Abstract.** Ni films were obtained by magnetron sputtering of cooled and hot targets. The elemental composition of as-deposited nickel films and after holding in atmosphere during 7 and 14 days was studied. There is shown that the resistance to cracking of Ni coatings deposited by hot target sputtering is higher just as peel adhesion of all samples is satisfactory.*

Введение. Для изготовления приборов космической техники применяется пайка керамических изделий к токопроводящим элементам. Пайку таких деталей можно провести при наличии металлического слоя на поверхности керамической основы, что может быть реализовано путём нанесения тонкой плёнки (используют никель) методом магнетронного распыления. Использование магнетронного распыления для металлизации обусловлено рядом его преимуществ относительно других видов осаждения: регулирование скорости осаждения, высокая адгезия, возможность управлять функциональными свойствами покрытий [1]. Однако никель относится к классу ферромагнетиков, поэтому эффективность его распыления в скрещенных электрическом и магнитном полях невысока [2]. Перспективен для распыления никеля магнетронный диод с «горячей» мишенью, где материал мишени в результате бомбардировки ионами из плазмы нагревается выше точки Кюри (627 К). В этом случае мишень становится парамагнитной, при этом возникает дополнительный поток энергии на подложку (за счёт теплового излучения нагретой мишени). Нет данных о том, как этот фактор может отразиться на свойствах формируемых покрытий. Цель данной работы – получение данных о влиянии типа мишени магнетронного диода на адгезионные свойства Ni плёнок.

Экспериментальная часть. Осаждение Ni плёнок производилось на ионно-плазменной установке, оборудованной магнетронной распылительной системой (МРС) в среде аргона (0,2 Па). Параметры напыления покрытий представлены в таблице 1. Остаточное давление в камере – $5 \cdot 10^{-3}$ Па. Покрытия наносились на подложки из предметного стекла (ГОСТ 19808-86), оно было выбрано как предметный материал. Контроль толщины плёнок осуществлялся при помощи кварцевого измерителя «МИКРОН-5».

Таблица 1

Параметры напыления плёнок Ni

Тип мишени	охлаждаемая мишень			«горячая» мишень		
	Толщина, нм	150	300	600	150	300
W , кВт	1,5					
U , В	497	500	498	470	470	466
I , А	3	2,98	2,98	2,1	2,12	2,12
t , мин	17,7	35	70	10	20	40

Перед осаждением покрытий происходила ионная очистка поверхности подложек в среде Ag при давлении 0,1 Па с помощью ионного источника (t – 20 мин, U – 2,5 кВ, I – 35 мА).

Результаты и их обсуждение. Для анализа элементного состава сформированных Ni покрытий была использована спектрометрия тлеющего разряда (GD-Profiler 2). Параметры измерений были следующие: давление – 600 Па, мощность разряда – 20 Вт, частота – 1 кГц, коэффициент заполнения – 0,125. На рис. 1 показано распределение Ni и O в исходных покрытиях и после выдержки образцов на атмосфере (измерения проводились через 7 и 14 дней).

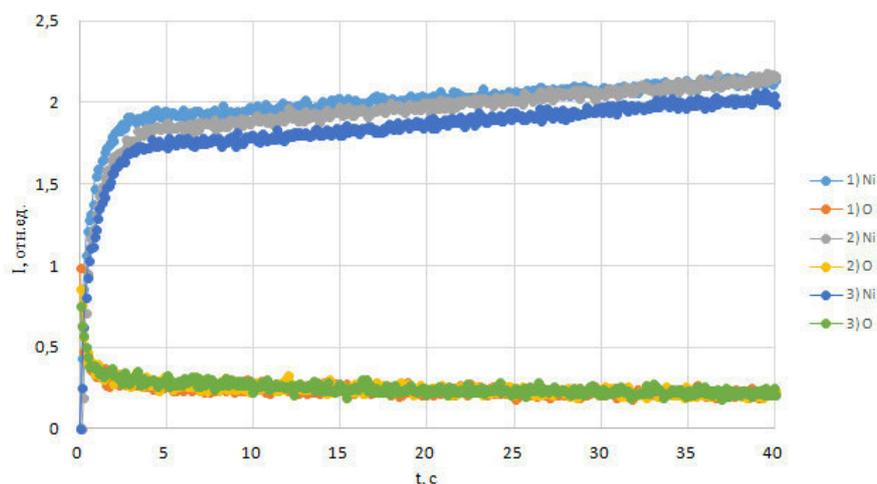


Рис. 1. Профиль распределения элементов в никелевом покрытии (300 нм):

1) в исходном покрытии; 2) через 7 дней; 3) через 14 дней

Из полученных данных видно, что при распылении как охлаждаемой, так и «горячей» Ni мишени кислород содержится только в тонком приповерхностном слое никеля (1-5 нм). После выдержки образцов на атмосфере глубина проникновения кислорода в исследуемых покрытиях осталась неизменной. Это свидетельствует об отсутствии окисления никелевой плёнки, что важно для технологического процесса пайки керамических изделий с металлизированным слоем.

Для определения адгезии Ni покрытий к стеклу использовался скретч-тестер (Micro Scratch Tester MST-S-AX-0000). Скорость нагружения – 5 Н/мин, диапазон нагрузки 0–5 Н, длина адгезионной царапины – 15 мм. На рис. 2 представлена зависимость параметра L_{CI} (минимальная нагрузка на индентор, при которой формируются поперечные трещины в исследуемом покрытии) от толщины покрытия и для различных условий их осаждения.

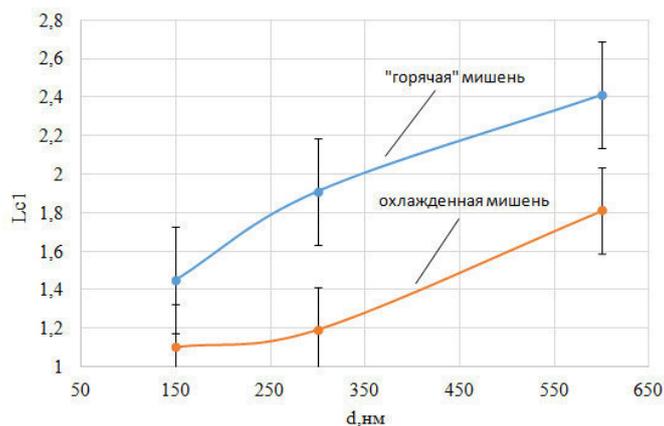


Рис. 2. Стойкость покрытий к образованию поперечных трещин при скретч-тесте

Видно, что покрытия, нанесенные с помощью MPC с «горячей» мишенью или же большей толщины, имеют более высокие значения L_{c1} , т.е. наблюдается повышение стойкости образцов к образованию поперечных трещин. Это может быть вызвано увеличением сопротивления упругой деформации плёнок (H/E) ввиду снижения твёрдости никелевой плёнки при увеличении её толщины и формированию более однородной микроструктуры покрытия из-за более интенсивного потока энергии на подложку при распылении «горячей» никелевой мишени (достигается более высокая температура на поверхности конденсации [3]).

Для определения адгезии на отрыв был дополнительно использован метод параллельных надрезов (ГОСТ 15140-78). На покрытия с помощью скальпеля наносилось 5 параллельных надрезов до подложки на расстоянии ~ 1 мм друг от друга. Перпендикулярно надрезам приклеивали полоску полиэтиленовой ленты, размером 10×100 мм. Далее резким движением отрывали ленту от покрытия и визуально оценивали состояние поверхности покрытия (с помощью оптического микроскопа Альтами 104 LED). Анализ поверхности образцов с никелевыми покрытиями после испытаний на адгезию показал, что края надрезов у всех образцов гладкие, отрыва покрытия от подложки не наблюдается.

Закключение. Никелевые покрытия, полученные с помощью магнетронного распыления, не окисляются в течение продолжительной выдержки на воздухе. Все образцы обладают удовлетворительной адгезией на отрыв. Однако стойкость покрытий к образованию в них поперечных трещин выше для плёнок, полученных распылением «горячей» Ni мишени, и с большей толщиной. Данная категория образцов будет более перспективна для проведения пайки керамических изделий к токоведущим элементам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сиделёв Д.В. Осаждение покрытий из хрома и никеля с помощью магнетронного диода с «горячей» мишенью: Автореф. дис. ... канд. тех.наук. – Томск, 2018.
2. Конов Д.А. Влияние магнитного фазового перехода на распыление и состав поверхности никеля и его сплавов: Автореф. дис. ... канд. тех.наук – Москва, 2008.
3. Sidelev D.V., et al. Hot target magnetron sputtering for ferromagnetic films deposition // (2018) Surf. Coat. Technol. – 2018. – v. 334. - p. 61-70.