

Список литературы:

1. T.J. Renk, P.P. Provencio, S.V. Prasad et al. Materials modification using intense ion beams // Proceeding of the IEEE. – 2004. – V. 92. – № 7. – P. 1057 – 1081.
2. G.A. Bleykher, V.P. Krivobokov. The regularities of solid surface erosion and coating deposition using high-power pulsed beams of charged particles // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. – 2012. – V. 292. – P. 34 – 39.
3. G.A. Bleykher, V.P. Krivobokov. Model of metal surface erosion under irradiation by high-power pulsed ion beams, Journal of Engineering Thermophysics. – 2008. – V. 17. – № 1. – P. 24 – 29.
4. Блейхер Г.А., Кривобоков В.П. Модель для расчета производительности технологий осаждения покрытий с помощью мощных импульсных пучков заряженных частиц // Известия ВУЗов. Физика. – 2011. – Т. 54. – № 11/2. – С. 142 – 147.

«ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТЕЙ РОСТА МЕДНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ»

*Семенов В.А., Тусинов Т.С., Сулейменова Н.Б., Торопцева А.А.
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-444-555
E-mail: sari.87@mail.ru*

Разработка методов нанесения функциональных покрытий на поверхность деталей и изделий является одним из самых перспективных направлений использования ионно-плазменных технологий. Наиболее распространенным методом в настоящее время является метод магнетронного распыления, позволяющий наносить тонкие пленки с различными свойствами. Недостатком метода магнетронного распыления является относительно низкая скорость роста пленок (единицы микрометров в час). Для преодоления этого недостатка предпринята попытка реализовать метод магнетронного распыления из расплавленной мишени. В этом методе основное количество материала мишени не распыляется ионами магнетронного разряда, а испаряется с поверхности расплава. В свою очередь, расплавление катода может быть достигнуто либо в МРС, работающем на постоянном токе (тогда катод термически изолируется и полностью расплавляется); либо в высокопоточных импульсных МРС, в которых нагрев поверхности до температуры плавления достигается только в течение импульса, а катод остается в твердом состоянии.

Метод импульсного нагрева мишени является предпочтительным, но высокая теплопроводность большинства используемых материалов катодов не позволяет его реализовать. Для снижения теплопроводности катода мы выполнили его из пористого материала – в качестве материала для производства мишени был использован медный порошок ПМС-1. Выбор порошка обусловлен его доступностью. данный порошок обладает такими характеристиками как: форма частиц дендритная, содержание меди не менее 99,5%, содержание кислорода не

более 0,3%, насыпная плотность 1,3-1,9 г/см³, гранулометрический состав: - менее 45 мкм - 65-80%, - менее 71 мкм - 90% , - менее 100 мкм - 99,5%

Мишень изготавливалась путем холодного прессования в латунном тигле. Насыпная плотность после прессования составила 2,7 г/см³. Толщина полученной мишени – 5 мм. Площадь поверхности – 58 см².

Для реализации данного метода была собрана установка на базе вакуумной камеры ННВ-6.6-И1. Установка включает в себя две МРС – одна с медной мишенью, другая – с порошковой прессованной мишенью. Так же в состав установки входит поворотный держатель образца. В составе установки находятся источники питания: APEL-M-5PDC- 650-1, APEL-M-12PDC, APEL-M-5HPIMS. Напряжение и ток разряда фиксировались четырехканальным осциллографом АКТАКОМ 3107рго. Толщина напыленного покрытия измерялась микроинтерферометром МИИ-4. Для всех экспериментов расход газа 65% - 0,3 Па.

Эксперименты с медной мишенью DC и частотный режим

В DC-режиме была проведена серия экспериментов, по результатам которой на 1 кВт мощности при 3х-минутном режиме работы были получены толщины пленок 1,2 – 1,4 мкм. Таким образом скорость напыления в зависимости от мощности составила 25 мкм/кВт*ч.

В частотном режиме (2 кГц, 200 Вт, 200 мкс) при 15-минутном режиме работы были получены толщины пленок 1,1 – 1,3 мкм. Скорость напыления составил 22 мкм/кВт*ч.

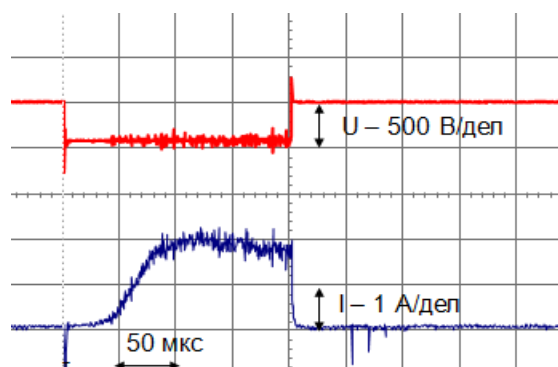


Рис.1. Характерная осциллограмма эксперимента с медной мишенью DC и частотный режим.

Эксперименты с медной мишенью сильноточный режим.

Скорость напыления в сильноточном режиме в зависимости от мощности 2,5 мкм/кВт*ч. С параметрами эксперимента: 200 Гц, 600 В, 140 мкс и длительностью эксперимента 15 мин, была получена пленка толщиной 2,6 мкм. мощность подаваемого напряжения составляет 3,7 кВт.

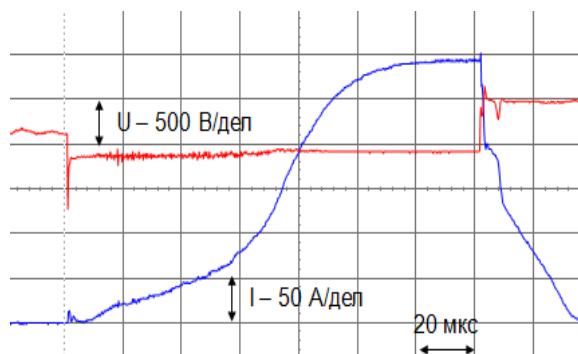


Рис.2. Характерная осциллограмма эксперимента с медной мишенью сильноточный режим.

Порошковая мишень частотный режим магнетронного источника питания.

Параметры эксперимента 2кГц, 200 Вт, 200 мкс. С продолжительностью эксперимента 15 мин. и скоростью напыления в зависимости от мощности 21 мкм/кВт·ч. была получена пленка толщиной 1,1 мкм. Что соответствует распылению из обычной медной мишени.

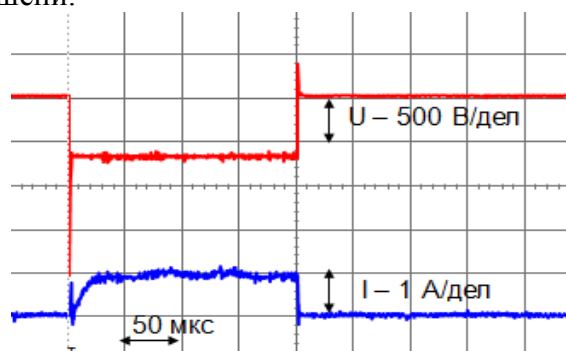


Рис.3. Характерная осциллограмма эксперимента с порошковой мишенью в частотном режиме.

Эксперименты с порошковой мишенью сильноточный режим

а) Параметры эксперимента 100 Гц, 850 В, 40 мкс. Продолжительность 30 мин. Скорость, в зависимости от мощности 14 мкм/кВт·ч. 215 нм. 30 Вт

б) Параметры эксперимента: 20 Гц, 850 В, 80 мкс. Продолжительность 30 мин. Скорость, в зависимости от мощности 14 мкм/кВт·ч. 290 нм. 40 Вт.

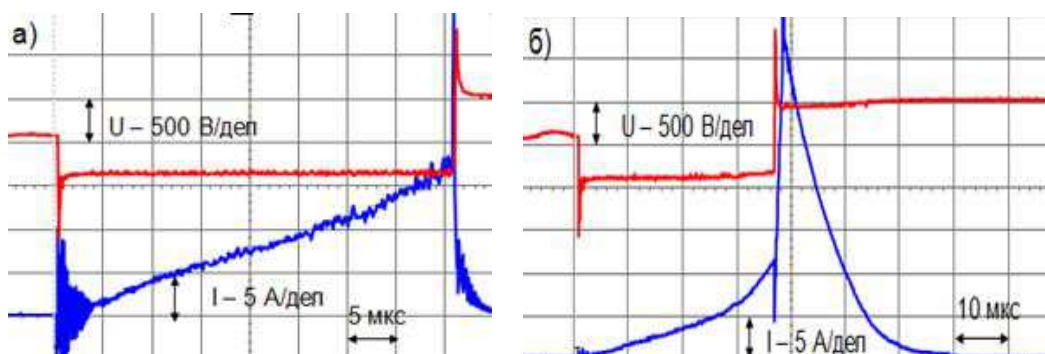


Рис.4-5. Характерные осциллограммы экспериментов с порошковой мишенью в сильноточном режиме.

HPPMS

High power pulsed magnetron sputtering (высокомощное импульсное магнетронное распыление) обеспечивался путем нарезки цугом длинного импульса (до 35 мс) от сильноточного источника питания с помощью дополнительного контроллера.

Параметры цуга менялись от 1 до 100 кГц с коэффициентом заполнения от 10 до 80 %.

Различают несколько способов получения сильноточного импульсного разряда:

а) Разрядный промежуток предварительно заполняется плазмой низкой плотности 10^9 см^{-3} . После этого к разрядному промежутку прикладывается импульс высокого напряжения, приводящий к зажиганию СИМР. В этом случае возможно получение устойчивой формы СИМР.

б) Приложение импульсов высокого напряжения к разрядному промежутку, не заполненному плазмой. В этом случае устойчивость разряда невысока.

в) Приложение коротких и следующих близко друг за другом импульсов напряжения. В этом случае, в зависимости от длительности своеобразного «пакета», частоты следования и профиля импульсов в пакете, разряд может существовать в сильноточной форме.

Параметры эксперимента: 85 Гц, 900 В, 250 мкс. Параметры цуга доходили 25 кГц и коэффициентом заполнения $T=26\%$. Эксперимент длился 30 минут. Толщина пленки 480 нм. мощность 330 Вт. Скорость распыления в зависимости от мощности 2,4 мкм/кВт·ч.

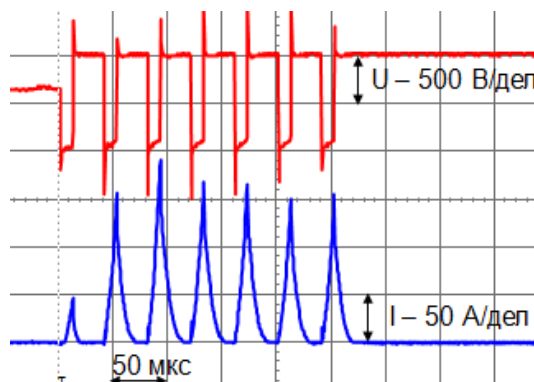


Рис.3. Характерная осциллограмма эксперимента в режиме *HPPMS*.

Проведен ряд экспериментов для увеличения скоростей роста медных покрытий при различных методах магнетронного распыления. Собрана установка для проведения экспериментов по скоростному магнетронному распылению. Изготовлена пористая мишень из медного порошка ПМС-1 методом прессования. В ходе дальнейших исследований будут предприняты попытки добиться увеличения скорости нанесения покрытия. Для получения лучших результатов необходимо увеличить энергию, вкладываемую в импульс, чтобы расплавить поверхность слоя порошковой мишени.

Список литературы:

1. Магнетронный разряд с расплавленным катодом. А.В. Турмакин, Г.В. Ходаченко, Т.В. Степанова, И.А. Щелканов. Национальный исследовательский ядерный университет (МИФИ)

2. И.А. Щелканов. Сильноточный импульсный магнетронный разряд с автоускорением плазмы: дис. НИЯУ МИФИ, М., 2011. 135с.
3. Месяц Г. А., Проскуровский Д. И. Импульсный электрический разряд в вакууме [Текст]. Новосибирск : Наука, 1984.
4. Данилин В. С, Сырчин В. К. Магнетронные распылительные системы [Текст]. М. : Радио связь, 1982.

МЕТОД АНАЛИЗА НОВЫХ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗ ЗОНЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С МЕТАЛЛОМ

В.В. Звездин, д.т.н., доцент, И.Р. Шангареев, аспирант

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.

Туполева 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

E-mail: ildar_chelni2010@mail.ru

При воздействии импульсного лазерного излучения (ЛИ) на металл, в зоне взаимодействия возникают упругие механические колебания с частотой 30-600 кГц. На поверхности образца после такого воздействия наблюдаются ярко выраженные кольца уплотнений металла (рис. 1). Данные кольца характеризуют возникновения механических колебаний в металле [1].

При выделении механической энергии в металле возникают ультразвуковые колебания (УЗК), и при подаче несущей частоты происходит ее модуляция, модуляционная функция которой несет информацию о параметрах технологического процесса (ТП). Анализ зависимости модуляционной функции УЗК от параметров лазерного технологического комплекса (ЛТК) в настоящее время недостаточно полно отражен в литературе.

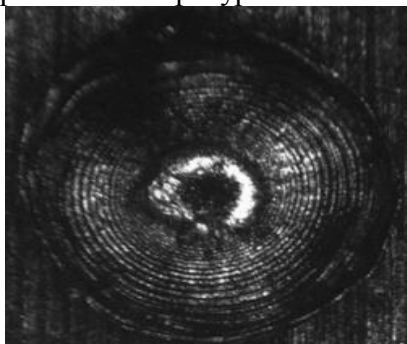


Рис.1 Фото поверхности образца (материал Ст.45, толщина 8 мм), при фокусировке ЛИ ниже поверхности образца (глубина 1.92 мм, длительность 3 мс и энергия 12.7 Дж).

В связи с этим исследование физических закономерностей взаимодействия ЛИ с металлом, различных методов обработки информативных параметров УЗК в металле и способов расчета оптимальных характеристик систем автоматического управления с целью создания ТП с требуемыми показателями качества является актуальной задачей.