

**ОСАЖДЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ МАГНЕТРОННОЙ
РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ЖИДКОФАЗНОЙ МИШЕНЬЮ**

Д.С. Рогожников, А.В. Юрьева, А.С. Шабунин

Научный руководитель: ассистент кафедры ЭФ ТПУ, А.В. Юрьева
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: dsr3@tpu.ru

**THE METALL FILMS DEPOSITION BY USING OF THE MAGNETRON SPUTTERING SYSTEM
WITH THE LIQUID-PHASE TARGET**

D.S. Rogozhnikov, A.V. Yuryeva, A.S. Shabunin

Scientific Supervisor: assistant of Experimental Physics department A.V. Yuryeva
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: dsr3@tpu.ru

***Abstract.** The paper presents a review of original investigations on magnetron sputtering systems with liquid phase target. The basic feature of such technique is a generation of liquid phase in solid state target. It provides to form a magnetron discharge on target vapor. For this reason, magnetron sputtering systems with liquid target is used to deposition of thick metal films (10...100 μm) with high deposition rate (10...100 nm per second). Generally, it makes to increase of coatings quality, functional properties.*

Введение. На сегодняшний день применение тонкоплёночных покрытий широко распространено в электронике, схемотехнике, микропроцессорной технике, медицине, оптике, приборостроении. Поскольку тонкие пленки, воздействуя на поверхность твёрдого тела, могут придавать ей различные свойства [1], такие покрытия широко применяются в качестве упрочняющих, светоотражающих, проводящих и диэлектрических пленок.

Магнетронное распыление стало наиболее распространённой технологией для нанесения тонких пленок в различных отраслях промышленности, требующих покрытия высокого качества для создания новой или улучшения уже существующей продукции [2]. Недостатком этого метода является низкая скорость осаждения – несколько нанометров в секунду, а так же небольшой процент использования мишени.

Одним из перспективных путей повышения производительности осаждения покрытий является использование МРС с жидкофазными мишенями (ЖМРС). Их конструкция не предполагает охлаждения мишени, в результате чего достигается существенное увеличение скорости осаждения (до сотен нанометров в секунду). Такое существенное увеличение скорости роста покрытия происходит благодаря тому, что поток осаждаемого вещества формируется не только за счет распыленных частиц, но также и в результате испарения, поскольку мишень подвергается интенсивному разогреву [3].

МРС с жидкой мишенью. Схема конструкции МРС, предполагающей её интенсивный разогрев, представлена на рис. 1. В отличие от классических систем здесь мишень расположена в тигле 3. Обычно тигель изготавливают в виде плоского диска или кольца. С помощью специальных керамических вставок

4 он теплоизолируется от охлаждаемой магнитной системы 5. Это позволяет разогревать мишень до температуры, достаточной для испарения вещества.

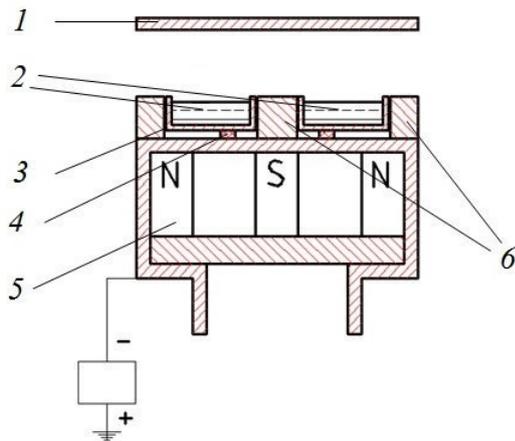


Рис. 1. Конструкции ЖМРС с жидкофазной мишенью: 1 – подложка, 2 – кольцевая мишень, 3 – тигель, 4 – керамические изоляторы, 5 – магнитная система, 6 – полюсные наконечники [3]

В расплавленном состоянии к мишени можно подводить большие мощности, увеличивая тем самым скорость генерации вещества и повышая температуру расплава до такого значения, при котором наряду с распылением начинается интенсивный процесс испарения. В связи с изложенным представляется целесообразным применять тепловую энергию на генерацию вещества путем его испарения и таким образом объединить процесс распыления и испарения в единый распылительно-испарительный процесс [4]. Когда давление пара распыляемого металла возрастает настолько, что процесс ионизации паров станет достаточно интенсивным, чтобы поддерживать горение разряда, можно прекратить напуск аргона, что существенно снизит загрязнение пленки активными

газами, содержащимися в аргоне. Такой режим работы ЖМРС называется режимом самораспыления.

В качестве материала тигля используются тугоплавкие вещества, например углерод и молибден. Материал тигля оказывает существенное влияние, как на скорость распыления, так и на свойства получаемых покрытий [5].

В данной работе представлены результаты экспериментов по исследованию параметров влияющих на скорость осаждения медных покрытий, а так же их свойств, полученных при помощи ЖМРС.

Материал и методика исследований. Осаждение медных покрытий осуществлялось на установке КВО с использованием ЖМРС (площадь медной мишени – 62 см²). Источник питания работал в режиме ограничения по мощности. Расстояние между плоскостью мишени и подложкой составляло 14 см. В качестве подложки использовалось стекло. Распыление меди проводилось как с аргоном, так и без него (в режиме самораспыления).

Результаты и обсуждения. Зависимости скоростей осаждения меди (v_0) от мощности, в режиме работы с аргоном и в режиме самораспыления при использовании углеродного и молибденового тиглей, представлены на рис. 2. При работе с аргоном давление составляло 0,18 Па, без аргона давление – 0,01 Па. Для сравнения также были определены скорости напыления для твёрдой мишени (до момента плавления).

Исходя из графика видно, что наименьшую скорость осаждения имеют покрытия, полученные из МРС с твёрдой мишенью (кривая 1). Скорость осаждения с помощью ЖМРС в режиме с Ag и при использовании углеродного тигля в два раза больше, чем у МРС с твёрдой мишенью (кривые 2 и 1 соответственно). При использовании молибденового тигля в режимах с аргоном и самораспылении, скорость осаждения выше более чем в 20 раз (кривые 3 и 4) и с ростом мощности значительно увеличивается.

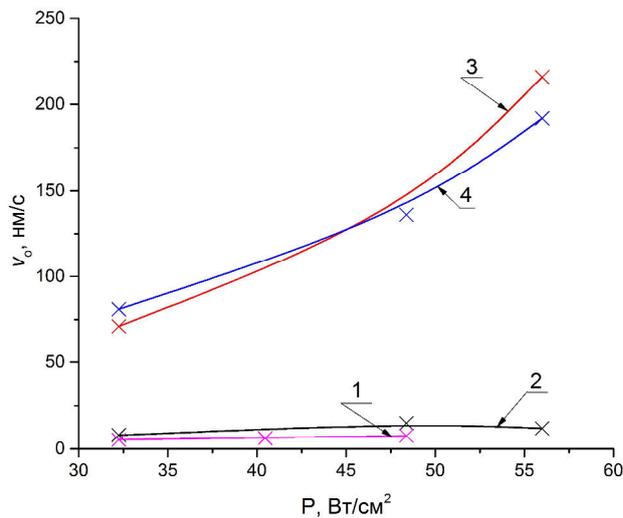


Рис. 2. Зависимости скоростей осаждения меди от мощности при: 1 – осаждении из твердой мишени, 2 – углеродном тигле с Ar (0,18 Па), 3 – молибденовом тигле с Ar (0,18 Па), 4 – молибденовом тигле без Ar (0,01 Па)

углеродного тигля.

При проверке на адгезию выяснилось, что у образцов, полученных при использовании молибденового тигля, отрыва нет при нагрузке на индентор 10 Н. У образцов, полученных при использовании углеродного тигля, в режиме с Ar отрыв наблюдается при 3-7 Н, а в режиме самораспыления при 5-7,5 Н.

Закключение. В результате проведенных исследований установлено, что скорости осаждения медных плёнок у ЖМРС при использовании углеродного тигля в 2 раза больше чем у МРС с твёрдой мишенью, а при использовании молибденового тигля, скорость у ЖМРС больше более чем в 20 раз. Плёнки, полученные при использовании молибденового тигля, хорошо сглаживают подложку из стекла, независимо от режима осаждения. Плёнки, полученные при использовании углеродного тигля, хорошо сглаживают подложку, но в режиме с аргоном поверхность более шероховатая (за счёт маленькой скорости осаждения), чем в режиме самораспыления. В режиме самораспыления из молибденового тигля покрытия имеют лучшие свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривобоков В.П., Сочугов Н.С., Соловьев А.А. Плазменные покрытия (методы и оборудование): Учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 104 с.
2. Braüer G., Szyszka B., Vergöhl M., Bandorf R. (2010) Magnetron Sputtering – Milestones of 30 Years [Electronic version]. Vacuum, no. 84, pp. 1354–1359.
3. Юрьева А.В., Степанова О.М., Блейхер Г.А., Юрьев Ю.Н. // Изв. ВУЗов. Физика.–2014.–№3/3.–С. 283-287.
4. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок / Б. С. Данилин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 328 с.
5. Блейхер Г.А., Кривобоков В.П., Юрьева А.В. // Изв. ВУЗов. Физика. – 2015 – Т. 58. – №. 4. – С. 3–8.