

Список использованных источников

1. Тевяшев, А.Д. О возможности управления свойствами цементобетонов с помощью наномодификаторов / А.Д. Тевяшев, Е.С. Шитиков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №4/7(40). – С.35–40.

УДК 621.793

КОНФИГУРАЦИЯ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗРЯДА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В МАГНЕТРОННЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

¹Комаровская В.М., к.т.н., доцент,

²Терещук О.И., инженер II категории,

¹Латушкина С.Д., к.т.н., доцент,

²Пологов А.С., инженер I категории

¹*Белорусский национальный технический университет*

Минск, Республика Беларусь;

²*ООО «ИЗОВАК»*

Минск, Республика Беларусь

Аннотация

Авторами данной работы показано, что основной проблемой при формировании покрытий с использованием магнетронных распылительных систем является сравнительно высокое давление рабочего газа, при котором возникает магнетронный разряд – порядка 0,1 Па. Проанализированы существующие методы уменьшения рабочего давления МРС ниже уровня 0,1 Па. В данной работе предложена схема МРС с дополнительными магнитами, которая позволит снизить рабочее давление в камере вплоть до 10^{-2} Па.

Одним из недостатков метода формирования тонких пленок с использованием магнетронных распылительных систем является сравнительно высокое давление рабочего газа, при котором возникает магнетронный разряд – порядка 0,1 Па. При более низких концентрациях рабочего газа, а, следовательно, и давлении в вакуумной камере $<10^{-2}$ Па, разряд гаснет.

Современные тенденции развития методов формирования пленок с использованием МРС предполагают устранение данного недостатка. Представляется чрезвычайно перспективным уменьшение рабочего давления МРС ниже уровня 0,1 Па, что позволяет значительно изменять физические условия формирования пленок, а также дает возможность модифицировать процесс осаждения пленок использованием бомбардирующей ионной компоненты выращиваемой фазы. При этом основными характеристиками распыления при низком давлении являются:

- минимизация межатомного взаимодействия при транспортировке распыленного потока;
- возможность формирования пленок с напряжениями сжатия;
- возможность распыления мишени ионами осаждаемого материала (процесс самораспыления) [1].

Уменьшение рабочего давления до уровня менее 0,1 Па увеличивает гибкость в проектировании распылительных систем за счет возможности значительного увеличения дистанции мишень – подложка, а также позволяет реализовывать процессы ионно-стимулированного осаждения с использованием автономных источников – так называемый процесс ионного ассистирования магнетронному распылению [1].

Основной проблемой формирования разряда низкого давления в МРС является недостаточная концентрация заряженных частиц. Наиболее очевидным путем решения этой проблемы является увеличение напряженности магнитного поля у поверхности мишени. Однако давление, при котором стабильно горит магнетронный разряд, магнитное поле которого сбалансированно и формируется только внутренними постоянными магнитами или электромагнитом, уменьшается с увеличением индукции магнитного поля B только до некоторых пределов.

Существует ряд технических решений для снижения рабочего давления при формировании магнетронного разряда. К ним относится многополюсная магнитная система, создающая сильное поле только около стенок вакуумной камеры (см. рисунок 1). При этом внутри камеры и около подложки поле остается слабым [1].



Рис. 1. Схема МРС с многополюсной магнитной системой

Первичным генератором плазмы является магнетрон с мишенью, а сама вакуумная камера окружена системой из дополнительных магнитов. Периферийное магнитное поле препятствует диффузии плазмы к стенкам и действует как магнитная ловушка для плазменных частиц, но не мешает выравниванию концентрации заряженных частиц внутри системы. Такая конфигурация МРС позволяет понизить давления для формирования магнетронного разряда вплоть до 0,02 Па. Однако очевидны недостатки подобного решения:

- сложность исполнения самой системы;
- небольшие габариты камеры, ввиду необходимости располагать дополнительные магниты с наружи стенок.

Увеличение габаритов препятствует корректному формированию и локализации магнитных силовых линий внутри объема вакуумной камеры.

Также способом, позволяющим понижать разрядное давление, является использование дополнительного ВЧ или СВЧ устройства, вводимого в область между мишенью и подложкой (см. рисунок 2).



Рис. 2. Схема МРС с дополнительной ВЧ системой

Наибольшее распространение получили ВЧ-системы с индуктором, охватывающим пространство между мишенью магнетрона и подложкой. В таких системах достигнута высокая степень ионизации газовых и распыленных частиц, и существенно снижены рабочие давления плазмообразующего газа [2]. Основным недостатком является введение в систему МРС дополнительного устройства, ВЧ/СВЧ-индуктора, главной проблемой которого является согласование входящей и исходящей мощности, подаваемой на индуктор. Для этого применяются специальные блоки согласования мощности, имеющие сложную конфигурацию.

Возможно также применение систем с «электрическим зеркалом» (см. рисунок 3) [2].



Рис. 3 Схема МРС с «электрическим зеркалом»

В такой конфигурации МРС «электрическое зеркало» образовано двумя катодами, которыми служат две мишени — плоская и цилиндрическая, поверхность катодов пересекает силовые линии магнитного поля внешнего соленоида. Между катодами расположен анод, поверхность которого практически параллельна силовым линиям поля соленоида.

Плотность плазмы в данной системе на порядок превосходит плотность плазмы в МРС с цилиндрической мишенью. При этом скорость осаждения пленок выше, а рабочие давления аргона опускаются до 0,001 Па.

Более простым способом реализации «электрического зеркала» является использование только боковых соленоидов, позволяющих регулировать величину магнитного поля, тем самым управляя степенью ионизации.

Общей проблемой для такой конфигурации является использование дополнительных соленоидов, которые громоздки и сложны в реализации для вакуумного объема.

В настоящей работе предлагается решение для эффективного снижения рабочего давления – использование дополнительных постоянных магнитов (см. рисунок 4).

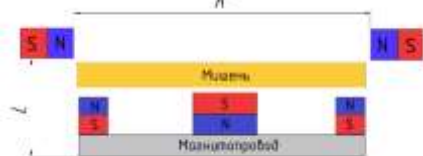


Рис. 4. Схема МРС с дополнительными постоянными магнитами

Основной идеей является так называемый «поджим» силовых линий основной магнитной системы с помощью дополнительных боковых магнитов. В этом случае магнитный поток, проходящий через поверхность мишени значительно увеличивается, повышая таким образом напряженность магнитного поля у поверхности мишени. В результате можно добиться увеличения степени ионизации атомов рабочего газа при сравнительно небольших его концентрациях.

Регулируя параметры (K) и (L) (см. рисунок 4) можно получить отвечающую необходимым требованиям магнитную систему с понижением рабочего давления в камере вплоть до 10^{-2} Па.

Список использованных источников

1. Плазменные процессы в производстве изделий электронной техники / А.П. Достанко [и др.]; под ред. А.П. Достанко. – Минск, 2001. – 244 с.
2. Кузьмичев, А.И. Магнетронные распылительные системы. Введение в физику и технику магнетронного напыления / А.И. Кузьмичев. – Киев: Аверс, 2008. – 244 с.