

но замерять температуру магнитов и благодаря системе охлаждения подводить нужное количество жидкости для того, чтобы держать постоянную температуру. Это очень сильно облегчит использование распылительной системы и избавит инженеров от потребности рассчитывать перед каждым экспериментом как поведет себя магнитная система в агрессивной среде.

Список использованных источников

1. Supermagnet.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://supermagnet.ru/content/info.html>
2. Научно-производственная компания «Магниты и системы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://magnet-prof.ru/index.php/proizvodstvo-magnitov-protsess-proizvodstva-ferritovyih.html>
3. Научно-производственная компания «Магниты и системы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://magnet-prof.ru/index.php/magnity-smco.html>
4. Fermite.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ferrite.ru/products/magnets/smco/>

УДК 62-50

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИШЕНИ ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ

Ильин В.С.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В.М.

Аннотация:

В данной статье показано, что при получении покрытий вакуумным магнетронным методом одной из основных проблем является низкий коэффициент использования материала (КИМ) мишени.

Магнетронный метод нанесения покрытий является весьма дорогостоящим, а низкий КИМ делает порой данный метод неэффектив-

ным с материальной точки зрения. В статье рассматриваются методы повышения КИМ путем изменения и модернизации типичных магнитных систем, что позволяет увеличить эрозионную площадь мишени, а также внесение в магнитные системы автоматизированного перемещения (движения) магнитной системы в пределах всей площади мишени, что способствует значительному увеличению КИМ.

При нанесении тонких пленок методом магнетронного распыления возникает проблема, связанная с увеличением эффективности использования распыляемого материала (мишени). Эрозия катода из-за фокусирующего действия магнитного поля, представляет собой узкую замкнутую кольцевую канавку, так как вследствие воздействия магнитного поля, концентрация плазмы максимальна в центре данной канавки. От размеров эрозионной канавки, определяемых магнитным полем, зависит коэффициент использования материала мишени (КИМ), который представляет собой часть объема мишени, распыленного за время пока глубина канавки не станет равной толщине мишени [1].

Основными способами повышения коэффициента использования мишени являются:

- 1) Выбор формы, размеров, мощности и расположения магнитов в конструкции магнетрона;
- 2) Использование магнетронов с подвижными магнитными системами, перемещение которых подвергает распылению большую часть мишени;
- 3) Использование магнетронов с вращающейся вокруг неподвижной магнитной системы мишенью.

Расширить эрозионную канавку можно изменив кривизну силовых линий магнитного поля. Для этого может применяться магнитный шунт, представляющий собой кольцо из магнитно-мягкого материала, расположенный между полюсами магнитной системы [2]. Использование такого шунта приводит к изменению формы кривизны магнитных линий, приобретающих вогнутую форму. Альтернативой такому способу может послужить применение в конструкции магнитной системы, вокруг центрального магнита, дополнительного ряда постоянных магнитов [3]. Это также приведет к изменению формы силовых линий магнитного поля и, как следствие, расширение зоны эрозии мишени.

Оптимизация магнитной системы также может заключаться в применении разных по величине магнитов для создания магнитного поля [4]. Суть использования такой конструкции заключается в увеличении магнитного поля и, соответственно, скорости распыления по краям канавки эрозии, и уменьшение в ее центре [5]. Пример такой конструкции представлен на рисунке 1.

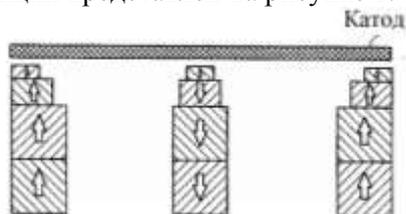


Рис. 1. Конструкция магнитной системы с применением разных по величине магнитов

Также на ширину зоны эрозии мишени при магнетронном распылении оказывает влияние форма магнитов в магнитной системе. Так, применение усеченных магнитов, как показано на рисунке 2, приводит к созданию линий магнитного поля, которые способны охватить более протяженную зону мишени, чем магниты такой же величины с плоской формой [6].

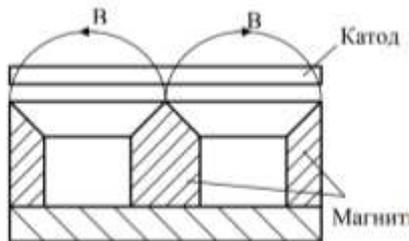


Рис. 2. Магнитная система с усеченными магнитами

Значительно повысить коэффициент использования мишени могут конструкции магнетронов, позволяющие обеспечить механическое перемещение мишени или перемещение магнитной системы, относительно мишени [7]. Широкое распространение, за счет своей производительности, получили магнитные системы, имеющие фор-

му сердца, применимые в магнетронах с круглыми плоскими мишенями [8]. Пример такой конструкции представлен на рисунке 3.

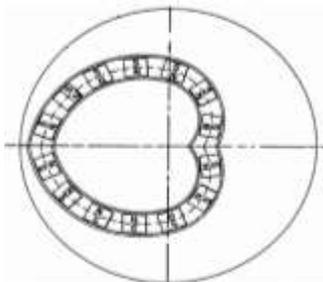


Рис. 3. Подвижная сердцевидная магнитная система круглого планарного магнетрона

Также применяются и системы с круглой конструкцией магнитной системы, но она уступает по производительности системе сердцевидной формы.

Конструкционная особенность таких подвижных систем способна вызывать эрозию практически всей поверхности мишени.

Как правило, для магнетронов с плоскими прямоугольными мишенями, используются протяженные магнитные системы, формирующих замкнутый контур силовых линий магнитного поля и состоящих из трех рядов постоянных магнитов [9]. Пример подвижной магнитной системы для таких магнетронов показан на рисунке 4, где магнитная система совершает возвратно-поступательное движение, относительно мишени.



Рис. 4. Подвижная магнитная система магнетрона с прямоугольной мишенью

При использовании такого движения на концах мишени будут образовываться области с более глубокой эрозией, чем в ее центральной части. Причиной такого явления служит наличие поворота на концах магнитной системы.

Таким образом можно сделать вывод, что самым эффективным из перечисленных методов повышения КИМ является использование подвижной магнитной системы.

Список использованных источников

1. Кривобоков, В.П. Плазменные покрытия (методы и оборудование): учебное пособие / В.П. Кривобоков, Н.С. Сочугов, А.А. Соловьёв. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 104 с.

2. Welty, R.P. Magnetron sputtering cathode // United States Patent № 4,892,633, 1990. – 8р.

3. Kastanis, W.P. Planar magnetron sputtering apparatus // United States Patent № 6,432,285, 2002. – 7р.

4. Newcomb, R.L. High target utilization magnet array and associated methods // United States Patent № 6,372,098, 2002. – 5р.

5. Устройства со скрещенными электрическим и магнитным полями для нанесения тонкопленочных покрытий [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.dslib.net/kvant-elektronika/ustrojstva-so-skrewennymi-jelektricheskim-i-magnitnym-poljami-dlja-nanesenija.html>

6. Bernick, M.A. Sputtering cathode // United States Patent № 5,736,019, 1998.-7р.

7. Suzuki, M. Planar magnetron sputtering apparatus and its magnetic source // United States Patent № 4,872,964, 1989.-6р.

8. Sputtering apparatus / Kokai // Japanese Patent № 62–211,375, 1987. – 8р.

9. Kim, K.S. Sputter deposition system // United States Patent № 5,833,815, 1998. – 6р.