

# СИСТЕМЫ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Богданов Д.С. Email: Bogdanov664@scientifictext.ru

*Богданов Даниил Сергеевич - студент магистратуры,  
Институт микроприборов и систем управления,  
Национальный исследовательский университет Московский институт электронной техники, г. Зеленоград*

**Аннотация:** в статье рассмотрено современное состояние магнетронных распылительных систем. Изучены современные направления магнетронного напыления, определяющие их свойства и условия применения. Подробно описана схема магнетронной системы, в которой описываются её элементы. Рассмотрены преимущества и недостатки магнетронных установок с магнетронным распылением. Сделан вывод о перспективах использования магнетронных систем распыления для нанесения тонкопленочного покрытия на обрабатываемые структуры в современном мире.

**Ключевые слова:** магнетронные устройства, магнитное поле, электроны, ионы, поверхность мишени.

## MAGNETRON DUSTING SYSTEMS

Bogdanov D.S.

*Bogdanov Daniil Sergeevich - Graduate Student,  
INSTITUTE OF MICRO-INSTRUMENTS AND CONTROL SYSTEMS,  
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY MOSCOW INSTITUTE OF ELECTRONIC TECHNOLOGY, ZELENOGRAD*

**Abstract:** the article discusses the current state of magnetron sputtering systems. Modern directions of magnetron sputtering, which determine their properties and conditions of use, are studied. The scheme of the magnetron system, in which its elements are described, is described in detail. The advantages and disadvantages of magnetron installations with magnetron sputtering are considered. The conclusion is made about the prospects of using magnetron sputtering systems for applying a thin-film coating on the treated structures in the modern world.

**Keywords:** magnetron devices, magnetic field, electrons, ions, target surface.

УДК 533.9.072

Одним из главных достижений в области инженерии является создание систем магнетронного распыления. Ещё недавно для нанесения тонкопленочного покрытия на пластину использовали метод испарения и конденсации, которые проводились только в высоком вакууме. Также использовался метод ионного распыления, но из-за низкой скорости нанесения и высокой радиации воздействия на обрабатываемые пластины, ученые ограничивались в его использовании. Но появление систем магнетронного распыления гораздо облегчило работу ученым и расширило область применения ионного напыления на пластины. Данные системы распыления позволяют наносить не только тонкопленочные покрытия, но и пленочные. В современном мире установки с магнетронным распылением нашли применение во многих областях науки и техники, их эффективность и целесообразность признают многие ученые, которые стремятся к разработке и внедрению более современных систем.

Системы магнетронного напыления получили название от СВЧ приборов магнетронных устройств, но кроме скрещивания магнитных и электронных полей ничего общего между собой не имеют. Магнетронные системы используют диодный тип распыления, технологическое значение заключается в нанесение материала на поверхность обрабатываемой структуры за счёт бомбардировки мишенями ионного рабочего газа, которые образуются в газе аномально тлеющего разряда. Высокая скорость распыления, характерная для этих систем, достигается увеличением плотности ионного тока за счёт локализации плазмы у распыляемой поверхности мишени с помощью сильного поперечного магнитного поля [1, с. 18].

Схема магнетронной системы распыления на плоской мишени и её принципы действия представлены на рисунке 1.

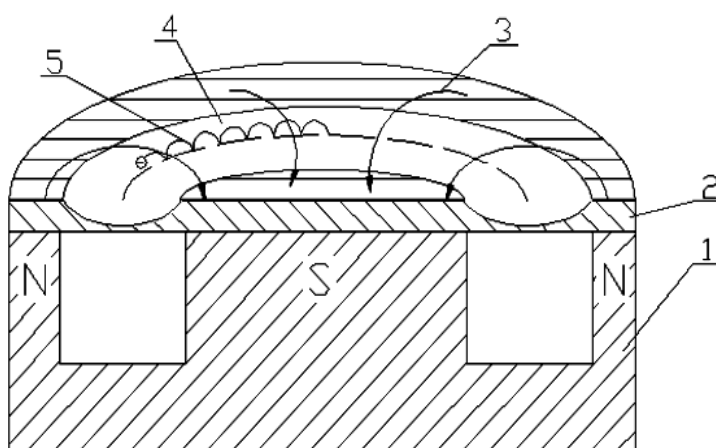


Рис. 1. Схема системы магнетронного распыления с плоской мишенью

На данном рисунке изображены главные и основные элементы, которые используются при напылении:

1. Магнитная система;
2. Катод-мишень;
3. Силевая линия магнитного поля;
4. Зона наибольшей эрозии поверхности катода;
5. Траектория движения катода

Между местами выхода и входа силовых линий магнитного поля располагается поверхность мишени, которая постепенно распыляется и имеет вид замкнутой дорожки. Электроны с катода, которые под действием ионной бомбардировки, захватываются магнитным полем. После захвата электроны у поверхности мишени выполняют сложное циклоидальное движение [2, с. 141].

Электроны оказываются как бы в ловушке, создаваемой с одной стороны магнитным полем, возвращаемым электроны на катод, а с другой стороны – поверхностью мишени, отталкивающей электроны, которые циркулируют в этой ловушке до тех пор, пока не произойдет несколько ионизирующих столкновений с атомами рабочего газа, в результате которых электрон потеряет полученную от электрического поля энергию [3, с. 40].

Поэтому большая часть энергии электрона, прежде чем он попадет на анод, используется на ионизацию и возбуждение, что значительно увеличивает эффективность процесса ионизации и приводит к возрастанию концентрации положительных ионов у поверхности катода, что в свою очередь обуславливает увеличение интенсивности ионной бомбардировки поверхности мишени и значительный рост скорости распыления, а следовательно, и скорости осаждения пленки [4, с. 328].

Средние скорости осаждения различных материалов с помощью магнетронной распылительной системы, имеющей плоскую дисковую мишень диаметром 150 мм, при мощности источника 4 кВт и расположении подложки на расстоянии 60 мм от источника приведены в таблице 1.

Таблица 1.1. Средние скорости осаждения материалов

Материал	Si	Ti	Ta	W	Nb	Mo	Al	Cr	Pt	Cu	Au	Ag
Скорость осожд., нм/с	7	8	8	8	8,5	12	13	17	21	30	37	44

Одним из главных преимуществ магнетронных распылительных систем является то обстоятельство, что не может произойти перегрев подложки, потому что этому препятствует захват вторичных электронов магнитной ловушкой у поверхности мишени. Что в свою очередь позволяет увеличить скорость распыления материалов, а следовательно, и их осаждения [5, с. 126].

Таким образом, применение современных систем магнетронного распыления способно значительно расширить технологические возможности нанесения тонкопленочного покрытия. Современные исследования позволяют говорить о перспективности использования магнетронных систем распыления и их высокой эффективности.

#### Список литературы / References

1. Данилин Б.С., Сырчин В.К. Магнетронные распылительные системы // М.: Радио и связь, 1982. С. 18.
2. Кузьмичёв А.И. Магнетронные распылительные системы // Киев: «Аверс», 2008. С. 141.
3. Ивановский Г. Ф., Петров В. И. Ионно-плазменная обработка материалов // М.: Радио и связь, 1986. С. 40.
4. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок // М.: Энергоатомиздат, 1989. С. 328.
5. Плазменные ускорители / Под общей редакцией Л.А. Арцимовича // М.: Машиностроение, 1973. С. 26.