

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНЕТРОННОГО МЕТОДА НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ПОСТОЯННОМ И ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ**

*Белорусский национальный технический университет*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Суша Ю.И.*

За длительное время исследований (магнетронное распыление используется для осаждения покрытий с 70-х годов) появилось несколько модификаций магнетронно-распылительной системы, отличающихся принципом действия блока, создающего электрическое поле, схемой распределения силовых линий магнитного поля, количеством и состоянием мишеней. Это разнообразие конструкций вызвано необходимостью увеличения скорости процесса нанесения покрытий, расширения круга используемых материалов как мишени, так и подложки, требованиями к повышению качества получаемых покрытий. Можно выделить две основные группы магнетронно-распылительных систем – это системы, использующие источники постоянного тока и импульсные источники тока.

Напыление с использованием постоянного тока – это метод нанесения тонкопленочных покрытий методом физического осаждения из паровой фазы (PVD), при котором мишень, материал которой используется для синтеза покрытия, бомбардируется молекулами ионизированного рабочего газа, в результате чего атомы материала мишени выбиваются с поверхности и затем осаждаются (конденсируются) в виде тонкой пленки на подложке.

При обычной конфигурации магнетронной распылительной системы постоянного тока мишень и подложка помещаются в вакуумную камеру параллельно друг другу. Вакуумную камеру откачивают до базового давления и затем напускают инертный газ высокой чистоты – обычно это аргон из-за большой массы его ионов. Типичные давления распыления находятся в диапазоне от  $5 \times 10^{-2}$  Па до 1 Па. Затем с помощью блока питания между катодом, на котором закреплена мишень и корпусом магнетрона (анодом), создается разность потенциалов 0,3–1 кВ (рисунок 1), в результате чего с по-

верхности мишени начинают интенсивно вырываться электроны ионизируя при этом атомы рабочего газа. Ионы рабочего газа, которые образуются при столкновении атомов аргона с электронами, и являются рабочим телом процесса распыления мишени. Под действием притяжения отрицательно заряженного катода положительно заряженный ион аргона разгоняется и врезается в плоскость мишени, выбивая из нее атомы, которые затем конденсируются на подложке.

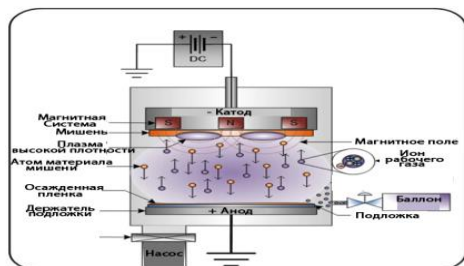


Рис. 1. Схема напыления покрытия магнетронным методом на постоянном токе

Для увеличения полезного действия электронов и повышения плотности ионов в области мишени в магнетронном распылении используется магнитная система, установленная за катодом. Магнитное поле, создаваемое этой системой, захватывает электроны и заставляет их циркулировать по траектории силовых линий пока те не потеряют свою энергию в результате трех- четырех ионизирующих столкновений.

Магнетронные системы несбалансированного типа, имеют в своей конструкции либо более мощные крайние магниты магнитной системы, магнитное поле которых не полностью замыкается на центральный магнит, либо соленоид, который создает дополнительное магнитное поле, силовые линии которого распространяются к подложке (рисунок 2). Это позволяет части вторичных электронов покидать магнитную ловушку магнетронной системы и разгоняясь вдоль линий дополнительного магнитного поля бомбардировать поверхность подложки разогревая ее. При этом в большем объеме камеры происходит ионизация атомов рабочего газа, что позволяет не только повысить ток разряда, но и сформировать поток заряженных частиц на подложку. Для таких магнетронов плотность ионного

тока на подложку составляет более  $5 \text{ mA/cm}^2$ . Это позволяет реализовать ионно-стимулированное осаждение тонких плёнок, при котором в потоке осаждаемого материала присутствует большая доля ионизированных частиц, энергия которых выше, чем у распылённых атомов.

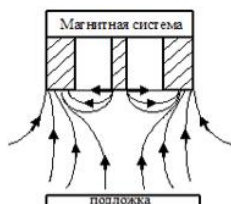


Рис. 2. Схема распространения силовых линий магнитного поля в МРС с дополнительным соленоидом

Поэтому несбалансированные МРС являются более гибким инструментом для управления свойствами осаждаемых покрытий такими как: адгезия, пористость и др. Они эффективны для получения упрочняющих и износостойких покрытий, обладающих повышенными механическими и трибологическими свойствами.

УДК 62.133.54

Кожарёнок Е.С.

## **ВАКУУМНАЯ СУШКА ДРЕВЕСИНЫ**

*Белорусский национальный технический университет,*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Орлова Е.П.*

Сушка древесины – это неотъемлемая часть в производстве пиломатериалов. Вакуумный метод самый эффективный из всех методов сушки, но требует специального оборудования.

Плюсов в этом методе достаточно много. Вакуумная сушка помогает избежать разрушения пиломатериалов, растрескивания. При этом древесина просохнет равномерно, и это не будет зависеть от толщины и длины. На это уйдет меньше времени, так как испарение влаги из дерева в условиях разреженной среды происходит быстро.