

нем можно построить любой звук, но управление каждым генератором утомляет во время поиска этого «самого-самого».

При использовании в качестве исходных колебаний синусоидальных сигналов с кратными (отличающимися в целое число раз) частотами и регулируемые амплитудами отдельных составляющих можно получить большое количество самых разнообразных тембров. Такая разновидность аддитивного метода называется гармоническим синтезом тембра.

Другой разновидностью аддитивного метода является регистровый синтез. В этом случае в качестве «исходных» используют колебания более сложной формы, например, пилообразные или прямоугольные.

И в том, и в другом случаях для точного воспроизведения звучания заданного музыкального инструмента требуется очень большое (теоретически бесконечно большое) число исходных колебаний. Чем меньше исходных колебаний, тем сильнее отличается синтезированный звук от звучания имитируемого инструмента. Программные синтезаторы позволяют получать звук, не отличающийся от звука, издаваемого реальным инструментом. Это возможно благодаря комбинированию различных методов синтеза, тем самым выделяя сильные стороны каждого. С уверенностью можно сказать, что развитие прогресса дало синтезу звука новое дыхание.

УДК 621.762.4

Садовский А.В

МЕТОД МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ С ИОННЫМ АССИСТИРОВАНИЕМ

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: преподаватель Суша Ю.И

В настоящее время наиболее перспективными методами нанесения покрытий являются вакуумно-плазменные методы. Это

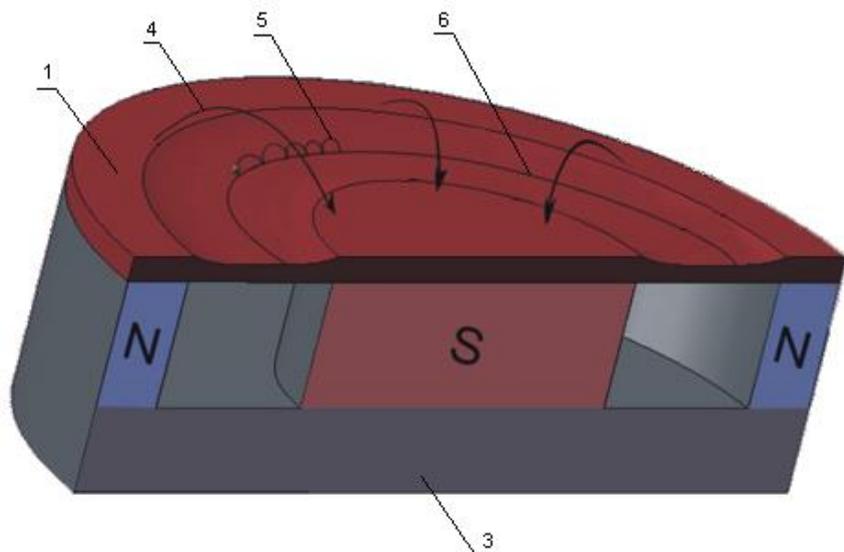
обусловлено их экологической безопасностью, высокой чистотой технологических процессов и качеством продукции. Также известно, что в ионизованном или возбужденном состоянии атомы и молекулы легче взаимодействуют друг с другом, делая процесс нанесения покрытий более эффективным.

На сегодняшний день магнетронные распылительные системы широко используются в технологиях нанесения покрытий вакуумно-плазменными методами. Действие МРС основано на распылении поверхности катода-мишени ускоренными ионами, образующимися в плазме тлеющего разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях, и формировании потоков атомов материала мишени в направлении поверхности, на которую осаждается покрытие.

Основными элементами магнетронной распылительной системы (рисунок 1) являются катод-мишень 1, анод 2 и магнитная система 3. При подаче постоянного напряжения между электродами магнетронной распылительной системы инициируется аномальный тлеющий разряд. Наличие замкнутого магнитного поля у распыляемой поверхности позволяет локализовать плазму разряда непосредственно у мишени. Электроны, образующиеся в результате вторичной ионно-электронной эмиссии, захватываются магнитным полем и движутся по замкнутым траекториям у поверхности мишени. Они оказываются в ловушке, создаваемой с одной стороны магнитным полем, удерживающим электроны у поверхности катода, а с другой стороны – тормозящим электрическим полем, отталкивающим их. В результате эффективного удержания электронов и их интенсивной энергетической релаксации, значительно возрастает концентрация положительных ионов у поверхности катода. Что в свою очередь обуславливает увеличение интенсивности ионной бомбардировки поверхности мишени и плотности потока распылённых атомов. Наиболее интенсивно распыляется поверхность мишени в области сильного магнитного поля. Эта часть поверхности имеет вид

замкнутой дорожки, геометрия которой определяется формой полюсов магнитной системы.

Основные рабочие характеристики магнетронных распылительных систем – напряжение горения разряда, ток разряда, плотность тока на мишени, удельная мощность, величина индукции магнитного поля и рабочее давление. От величины и стабильности перечисленных параметров, которые взаимно связаны между собой, зависят стабильность разряда и воспроизводимость характеристик формируемых на образцах тонких пленок.



1 – катод-мишень; 2 – анод; 3 – магнитная система; 4 – силовая линия магнитного поля; 5 – траектория движения электронов; 6 – зона наибольшей эрозии поверхности катода;

Рисунок 1 – Схема магнетронной распылительной системы с плоской мишенью

Существенное влияние на качество формируемых покрытий, их адгезию к основе оказывает состояние поверхности образцов. Как правило, на поверхности образцов существует оксидный слой, который ухудшает адгезию покрытия. Технологический цикл нанесения покрытий включает в себя этап чистки

поверхности образцов. С этой целью используют направленные потоки ионов инертных газов, генерируемых источниками ионов. Кроме того, ускоренными ионами можно воздействовать на обрабатываемую поверхность в процессе роста плёнки (ионное ассистирование), что позволяет изменять структуру, а, следовательно, и свойства покрытия. Улучшается микроструктура, в частности увеличивается плотность и однородность, размельчается столбчатая структура, исчезает сквозная пористость, что приводит к улучшению износо-, усталостной и коррозионной стойкости изделий с покрытиями.

Метод магнетронного распыления с ионным ассистированием позволяет:

- Получать покрытия практически из любых металлов, сплавов, полупроводников и диэлектриков без нарушения исходного соотношения компонентов распыляемой мишени;
- Наносить покрытия с широким интервалом скоростей напыления: 0,1-100 мкм/ч;
- Получать многокомпонентные и многослойные покрытия, отличающиеся высоким качеством и однородностью;
- Наносить покрытия в среде химически активных газов (N₂, O₂, CH₄, CO, SO₂ и др.) и получать соединения на основе оксидов, нитридов, карбидов, сульфидов металлов и др. соединений, в т.ч. и тех, которые невозможно получить методами обычного термического испарения;
- Производить обработку изделий с целью их ионной очистки и активации перед нанесением покрытий в одном техническом цикле с нанесением покрытий.
- Наносить тонкопленочные проводящие, изолирующие покрытия на электронные компоненты; просветляющие, отражающие, защитные покрытия на детали оптических систем и приборов; упрочняющие, стойкие к коррозии и защитно-декоративные покрытия на металлы, диэлектрические материалы, стекло, пластмассы в производстве изделий различного назначения, включая товары народного потребления.

- Обеспечить полную экологическую безопасность (отсутствие: жидких стоков, газообразных выбросов, транспортировки и хранения ядовитых реагентов)

Но есть ряд недостатков:

- Окисление и загрязнение поверхности мишени при замене рабочего газа или вскрытии вакуумной камеры. Поэтому подготовка магнетрона к работе предполагает предварительную очистку мишени плазмой собственного разряда.

- Нанесение покрытий не только на образцы, но и на элементы вакуумной камеры, экраны и т.д. При осаждении различных типов пленок на одной установке требуется механическая чистка запыляемых элементов.

- Трудности, связанные с равномерным нанесением покрытий на изделия сложной формы. Для обработки образцов с множеством теневых областей чаще используют другие методы.

- Небольшой коэффициент использования мишени. Распылению подвергается только узкая кольцеобразная область мишени. Данную проблему решают путем модификации магнитных систем, что значительно усложняет конструкцию установки, или подбора оптимальной формы мишени, что делает процесс её изготовления более сложным.

Проблемой существующих методов нанесения покрытий является либо высокая стоимость оборудования и небольшие скорости осаждения покрытий, как в случае СВЧ разрядов, плохая однородность наносимых покрытий, как при использовании дугового распыления, либо небольшие площади обрабатываемых поверхностей как при лазерной абляции, либо низкая адгезия, как при термическом испарении. Магнетронные распылительные системы (МРС) в какой-то степени лишены этих недостатков. Используемый в МРС дрейфовый ток электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях дает возможность получать протяженные потоки достаточно плотной плазмы с контролируемыми в широком диапазоне характеристиками. МРС были изобретены еще в 70-х го-

дах прошлого столетия, однако их конструкции совершенствуются до сих пор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилин, Б.С. Магнетронные распылительные системы / Б.С. Данилин, В.К. Сырчин. – М.: Радио и связь, 1982. – 215 с.
2. Берлин, Е. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок / Е. Берлин, С. Двинин, Л. Сейдман. – М.: Техносфера, 2007. – 275 с.
3. Жуков, В.В. Распыление мишени магнетронного диода в присутствии внешнего ионного пучка / В.В. Жуков, В.П. Кривобоков, С.Н. Янин. – Журнал технической физики, 2006. – Том 76, вып. 4. – С. 36 – 44.

УДК 378

Санцевич С.Н.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ИНФОРМАТИКИ ЗА РУБЕЖОМ

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: ст. преподаватель Зуёнок А.Ю.

За последние годы информатика (Computer Science) и основы программирования прочно обосновались в школьных учебных программах в РБ и в РФ. Как известно, в российских школах обучение основам логики, алгоритмов начинается со 2-ого класса.

Ни для кого не секрет, что информационные технологии были внедрены практически во все сферы деятельности по всему миру. Однако, столь раннее обучение информатике является достаточно редким явлением. Большинство стран только планирует обучение младших школьников информатике и основам программирования.

Для примера рассмотрим несколько стран.

США. Вся современная информатика происходит из США. Люди по всему миру используют американские программы,