

СОВРЕМЕННЫЕ ВАКУУМНЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ И ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

БНТУ, Минск

Научный руководитель: Асташицкий В.М.

Физическая основа вакуумных ионно-плазменных технологий заключается в энергетическом воздействии заряженных частиц на материал мишени в вакууме и/или переносе материала мишени в результате воздействия на подложку. Вакуумные ионно-плазменные технологии позволяют проводить химико-термическую обработку поверхности (например, ионное азотирование, хромирование и др.). Этот процесс заключается в насыщении обрабатываемой поверхности легируемым веществом.

Принцип действия всех магнетронов основан на скрещении магнитного и электрического полей (рисунок 1). Электроны сначала ускоряются электрическим полем, затем тормозятся перпендикулярным магнитным.

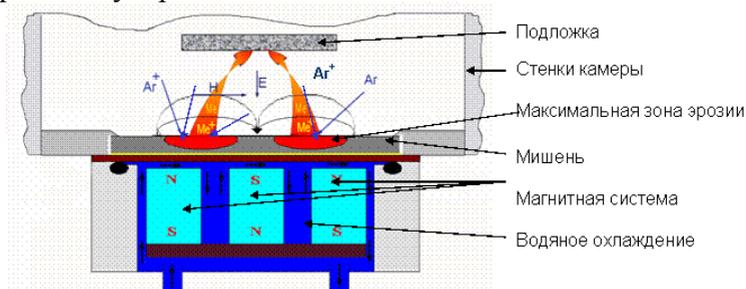


Рисунок 1 – Магнетронная распылительная система

Этот метод заключается в испарении металла или сплава в вакууме и конденсации его паров на поверхности пластинки (подложки). Качество и прочность пленок в большей степени зависят от чистоты подложки.

Поэтому поверхность подложки предварительно полируется и тщательно очищается. Рассмотренный метод позволяет получать пленки разной толщины. На процесс формирования пленок оказывают влияние несколько факторов, наиболее существенным, из которых является температура подложки. В зависимости от этой температуры могут реализоваться различные механизмы конденсации, которые в большой степени определяют структурное состояние и магнитные свойства пленок.

В лаборатории физики плазменных ускорителей (ЛФПУ) Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси проводятся экспериментальные исследования, направленные на изучение физических процессов, протекающих при воздействии высокоэнергетических компрессионных плазменных потоков, генерируемых квазистационарными плазменными ускорителями нового поколения, на различные материалы и приводящих к эффективной модификации их поверхностных свойств.

В плазменных ускорителях подводимая к разрядному устройству энергия идет на увеличение кинетической энергии образующегося плазменного потока, то есть направленной скорости частиц плазмы. Под ускорением плазменных образований понимают ускорение ионов при сохранении квазинейтральности плазмы. Электроны, благодаря малой массе, уже при комнатной температуре (~ 300 К) имеют скорость, большую чем 100 км/с, поэтому получение достаточно высокоэнергетических электронных потоков не вызывает существенных трудностей. В тоже время получение потока ионов даже самого легкого газа (водорода), обладающего такой же скоростью (~ 100 км/с), требует энергии ионов ~ 50 эВ, что соответствует эффективной температуре ~ 580000 К.

Вакуумная камера образована двумя отсеками (диагностическим, с размерами $25 \times 25 \times 50$ см, и пролетным,

диаметром 30 см и длиной 100 см), составляющими единый объем длиной 150 см, в прямоугольном торце которого установлено разрядное устройство МПК.

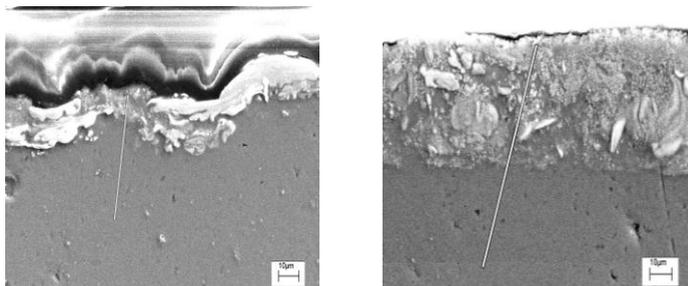
Проведенные в ЛФПУ исследования позволили предложить новое научное направление – поверхностная плазменная металлургия, в рамках которого разрабатываются методы эффективной структурно-фазовой модификации поверхностных свойств различных материалов при воздействии на них высокоэнергетическими компрессионными плазменными потоками, нагруженными специально вводимыми в плазму мелкодисперсными упрочняющими частицами (молибден, вольфрам, титан, цирконий и др.).

Полученные многокомпонентные кремний-металлические объемные структуры на полупроводниковых пластинах открывают принципиально новые подходы к разработке элементной базы следующего поколения для микро- и оптоэлектроники (интегральные микросхемы, элементы памяти, устройств обработки и отображения информации и др.).

В настоящей работе представлены результаты исследований по модификации поверхности алюминия марки А95 одновременно титаном и молибденом. С этой целью на поверхность образца алюминия предварительно наносили тонкие покрытия Ti толщиной 1,5 мкм и Mo (~ 1 мкм). На подготовленные таким образом образцы воздействовали компрессионными плазменными потоками с различной плотностью энергии в диапазоне от 9 до 22 Дж/см².

Эксперименты показали, что обработка компрессионным плазменным потоком при плотности поглощенной энергии 13 Дж/см² приводит к неравномерному перемешиванию легирующих элементов в поверхностном слое, причем глубина проникновения атомов титана и молибдена достигает ~15 мкм (рисунок 2а). Увеличение плотности поглощенной энергии

до 22 Дж/см^2 обеспечивает формирование более однородного перемешанного слоя толщиной $\sim 45 \text{ мкм}$, рисунок 2б.



а

б

а – обработка при 13 Дж/см^2 ;

б – обработка при 22 Дж/см^2

Рисунок 2 – Морфология поперечного сечения модифицированных образцов

Максимальное значение микротвердости ($\sim 2 \text{ Гпа}$) достигается при обработке КПП при 13 Дж/см^2 . Таким образом, проведенные исследования показывают, что воздействие компрессионного плазменного потока на образцы алюминия приводит к существенному улучшению его эксплуатационных свойств.

УДК 621

Бойко А.А.

ВАКУУМНАЯ СУШКА

БНТУ, Минск

Научный руководитель: Комаровская В.М.

Сушка, как и выпаривание, – это процесс удаления влаги из материала с использованием тепловой энергии. Однако благодаря присутствию твердой фазы переход влаги из материала в окружающую среду совершается при поверхностном испарении