

МАГНЕТРОННАЯ РАСПЫЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

В.П.МАКАРОВ, С.С.ВЕЛИКАСОВ, А.Ж.КАЛЕНДЕРОВ

E.mail. ksucta@elcat.kg

Жарым өткөргүч материалдарды жаратуу үчүн магнетрондук чапатуу аппараты жасалды.

Разработано и создано магнетронное устройство для распыления полупроводниковых материалов.

Magnetron spraying apparatus for getting semiconductor materials created.

В связи с широким использованием и внедрением тонкопленочных элементов в различных отраслях техники и технологии возрастают и требования к качеству и простоте их получения. Это, в свою очередь, требует усовершенствования методов получения тонкопленочных элементов и отработки параметров напыления различных материалов.

Из существующих методов физические вакуумные методы получения тонкопленочных структур выгодно отличаются от других по управляемости и воспроизводимости результатов, низкому уровню привносимых загрязнений, возможности нанесения материалов сложного состава с практически любой структурой. Использование физических методов обеспечивает повышенную адгезию наносимых слоев к подложке, стойкость к механическим воздействиям и коррозии. Немаловажно и то, что эта технология является экологически чистой, она не приводит к проблеме утилизации токсичных отходов /1/.

Особое место в технологии пленок и покрытий принадлежит методу магнетронного нанесения тонкослойных покрытий из различных материалов для микроэлектроники, фотоники и устройств записи информации и дисплеев.

Магнетронный метод позволяет распылять практически все виды материалов, включая металлы и сплавы, простые и сложные диэлектрики, полупроводники и керамику. Осаждаемые материалы могут сочетаться в различных комбинациях в виде многослойных покрытий. Толщина покрытий может составлять от десятков нанометров до десятков микрометров. А размер изделий может составлять от нескольких миллиметров до нескольких метров и представлять собой пластины, проволоку, трубки, гибкие полимерные пленки, полотно из бумаги и ткани, а также разнообразные объемные конфигурации /2/.

Многообещающей областью применения магнетронных распылительных систем (МРС) является нанотехнология, в частности, технология получения нанокompозитных и наноструктурированных объемных и тонкопленочных материалов.

Напыление покрытий в вакууме с помощью магнетронных систем заключается в распылении твердой мишени напыляемого материала ионами инертного газа, образующимися в плазме аномального тлеющего разряда.

Основным элементом МРС являются катод-мишень, распылительная система, анод и магнитная система. Принцип их действия заключается (рис. 1) /2/ в следующем: при подаче постоянного напряжения между анодом (3) и катодом (1) возникает неоднородное электрическое поле E , которое возбуждает аномальный тлеющий разряд в среде рабочего газа (Ar). Образующиеся ионы бомбардируют катод, что приводит к эмиссии электронов. Эмитированные с катода под действием ионной бомбардировки электроны ускоряются электрическим полем E и начинают двигаться по направлению к аноду.

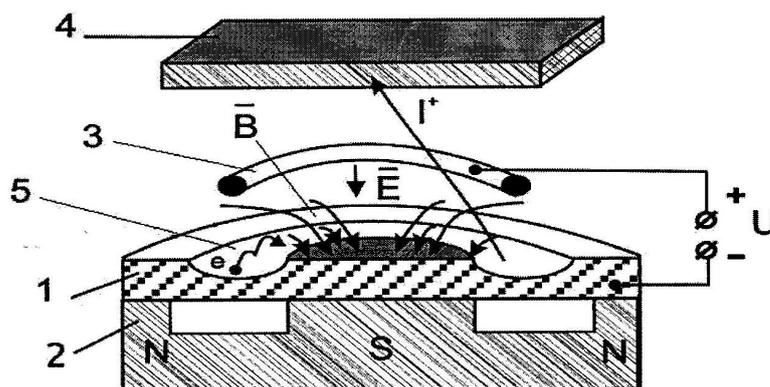


Рис. 1. Схема MPC с плоским катодом:

1 – катод-мишень; 2 – магнитная система; 3 – анод; 4 – подложка; 5 – зона распыления

При наличии магнитного поля B на заряженную частицу с зарядом q , движущуюся со скоростью v , действует сила Лоренца:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\left[\vec{v} \times \vec{B}\right],$$

которая изменяет направление движения электронов. При своем движении электроны совершают по нескольку ионизирующих столкновений с атомами рабочего газа до тех пор, пока не аннигилируют с ионами плазмы, что обуславливает увеличение интенсивности ионной бомбардировки поверхности мишени и значительный рост скорости распыления, а в конечном итоге – скорости осаждения атомов на поверхности подложки (4). В результате этого на поверхности катода образуется канавка (5) (эрозия поверхности) /3, 4/.

Конструкция разработанной нами магнетронной системы состоит из: держателя катода, магнитной системы, защитного электрода, системы охлаждения, центрирующей и изолирующей втулки из фторопластового материала, крепежного и центрирующего фланцев.

Конструирование деталей магнетрона и получение их чертежей выполнены в программе AutoCAD 2009. С помощью этой программы скорректированы и установлены окончательные размеры деталей для изготовления.

Держатель катода изготовлен из сплава алюминия, т.е. электрически проводящего и немагнитного материала и состоит из двух частей таким образом, чтобы магнитная система расположилась внутри него. В центре нижней части держателя сделана резьба, куда закручивается трубка, на которую подается отрицательное напряжение. Верхняя часть держателя изготовлена в виде “крышки” и уплотняется специальной прокладкой (рис. 2).

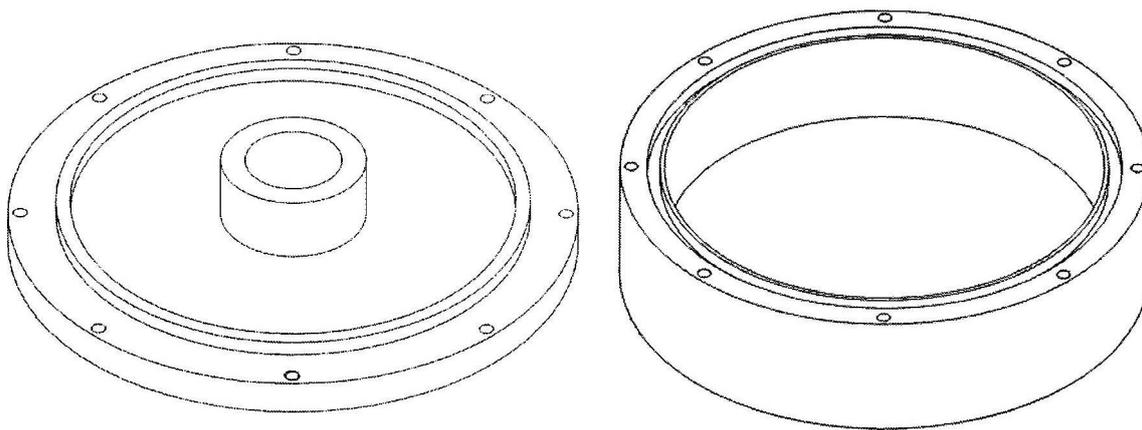


Рис. 2. Держатель катода

Магнитная система, являющаяся одним из конструктивных элементов магнетронной системы, должна формировать у поверхности мишени поле заданной конфигурации и величины с минимальным рассеянием для создания эффективной магнитной ловушки для электронов. Исследования по макетированию магнитных полей позволили выявить наиболее целесообразные варианты конструкции магнитной системы с точки зрения простоты и возможности получения магнитного поля требуемой геометрии и величины. Магнитная система является достаточно простой и обеспечивает эффективную локализацию плазмы. После многочисленных экспериментов была создана такая конструкция магнитной системы, у которой рабочие линии магнитного поля (поле на поверхности катода) максимально параллельны распыляемой поверхности, что необходимо для более равномерного распыления поверхности мишени.

Охранный электрод. Охранный (защитный) электрод сделан из того же материала, что и держатель катода, и предназначен для ограничения рабочего объема. Он окружает катод со всех сторон, кроме рабочей поверхности. Расстояние между охранным электродом и катодом выбрано таким, при котором между ними не загорается тлеющий разряд (рис. 3).

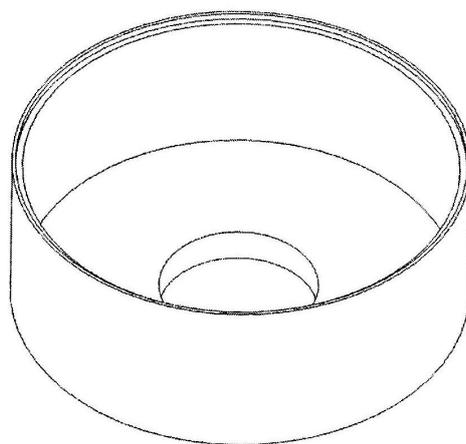


Рис. 3. Охранный электрод

Система охлаждения магнетрона. В результате выделения большой мощности на катоде в процессе работы магнетрона держатель охлаждается водой, которая подается

через тонкую трубку (рис. 4, а). Холодная вода омывает нижнюю часть поверхности катода и магнитную систему. Нагретая вода уходит через катодную трубку (рис. 4, б).

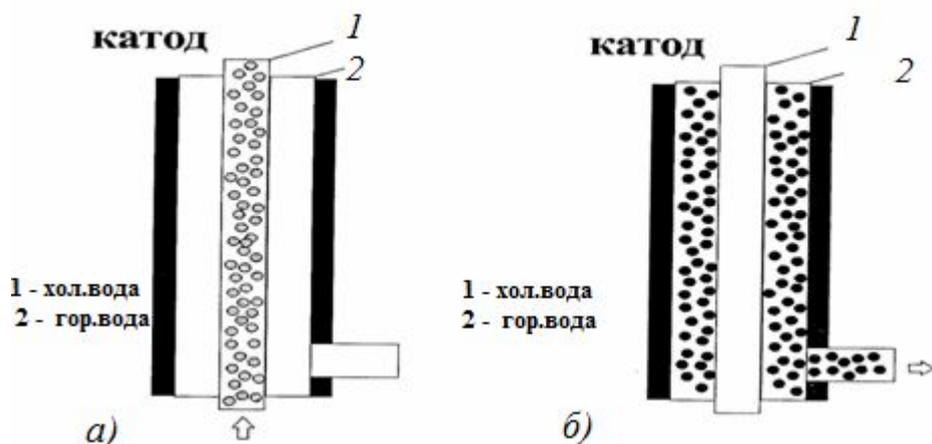


Рис. 4. Система водоохлаждения магнетрона: 1 – тонкая трубка, 2 – катодная трубка

Крепежной и центрирующий фланец. Этот фланец выполняет функцию установки магнетрона в вакуумную камеру. Отверстие, на котором крепится магнетрон, смещен от центра, чтобы магнетрон расположился в центре вакуумной камеры. Фланец крепится болтами (рис. 5).

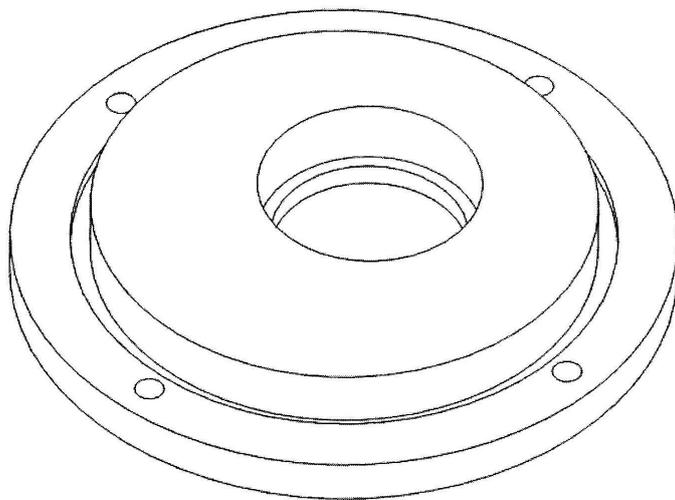


Рис. 5. Крепежной и центрирующий фланец

Изоляция держателя катода от охранного электрода, крепежного фланца и других элементов конструкции осуществляется с помощью фторопластовых изоляторов.

Магнетронная распылительная система в собранном виде представлена на рис. 6.



Рис.6. Магнетронная распылительная система

Разработанная магнетронная распылительная система опробована в работе, и получены пленки аморфного кремния толщиной до ~8 мкм. Рентгенограмма, снятая с поверхности полученной пленки (рис. 7) указывает на аморфность исследуемого материала. Полученные результаты указывают на перспективность данной разработки: получение однородных по толщине пленок аморфного кремния.

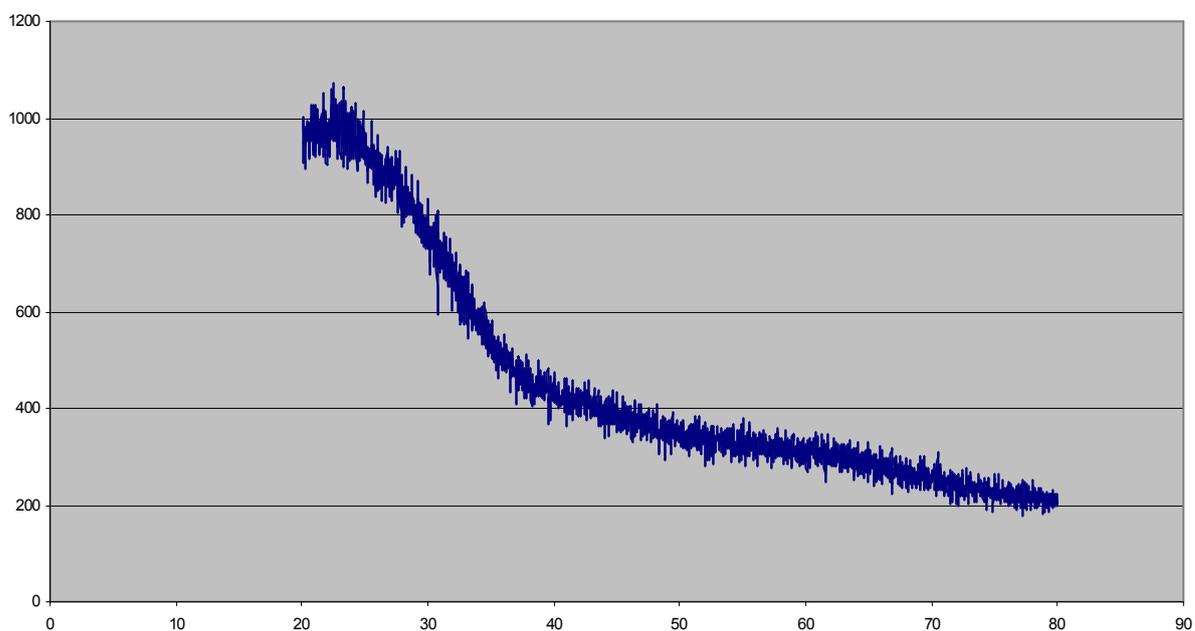


Рис. 7. Рентгенограмма аморфного кремния полученного на МРС

Вся разработанная магнетронная распылительная система смонтирована на базе вакуумной системы ВУП-4 с применением турбомолекулярного насоса ТМН-500.

Список литературы

1. Кузьмичев А. И. Магнетронные распылительные системы – Киев: Аверс, 2008. – 244 с.
2. Берлин Е., Двинин С., Сейдман Л. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок. – М.: Техносфера, 2007. – С. 33–67.
3. Технология тонких пленок: Справочник. Т.1. / Под ред. Л.Майсел, Р.Гленг. – М.: Сов. радио, 1977. – 664 с.
4. Данилин Б.С., Сырчин В.Н. Магнетронные распылительные системы. – М.: Радиосвязь, 1982. – 72 с.