

Приведены результаты работ и конструктивные решения устройств магнетронного и ионно-лучевого малоэнергетического нанесения металлических и диэлектрических покрытий. Предлагаемые устройства имеют ряд преимуществ по сравнению с серийными образцами. Разработан экспериментально-технологический образец многофункциональной вакуумно-плазменной установки для совершенствования существующих и постановки новых технологий нанесения покрытий различного назначения.

Ионно-плазменное осаждение покрытий

Турбин П.В., Фареник В.И.,
*Целуйко А.Ф., *Юнаков Н.Н., *Яцков А.П.

*Научный физико-технологический центр
МОН и НАН Украины,
ул. Новгородская, 1, 61145, Харьков, Украина
e-mail: scpt@bi.com.ua*

**Харьковский национальный университет
им. В.Н. Каразина
площадь Свободы, 4, 61077, Харьков, Украина
e-mail: tseluiko@pht.univer.kharkov.ua*

Введение

Получение высококачественных тонкопленочных покрытий металлов, сплавов, диэлектриков и полупроводников – одна из важнейших задач технологии производства элементов радиоаппаратуры и микроэлектроники.

Широкий спектр используемых материалов, стремление автоматизировать технологические процессы, повышение требований к качеству изделий активизируют работы по созданию новых технологий и технологических устройств, в частности, широкое распространение получают методы нанесения тонких пленок, в основе которых лежит распыление материала ионами тяжелых газов. К таковым относятся интенсивно развиваемые в последнее время ионно-лучевой и магнетронный методы нанесения тонких пленок. Они обладают рядом преимуществ, как-то: возможность получения новых материалов, окислов, хорошие адгезионные и физико-химические свойства пленок, отсутствие экологически вредных веществ, повышение коэффициента использования исходных материалов и т. д.

Основные направления, по которым идет развитие ионно-плазменных методов нанесения тонких пленок, – понижение рабочего давления и напряжения на

разрядном промежутке, уменьшение энергоемкости процессов, нагрева объектов нанесения.

Процессы производства изделий микроэлектроники требуют нанесения многослойных покрытий типа металл-диэлектрик, металл-диэлектрик-металл, металл-полупроводник-диэлектрик-металл и т.п., что требует применения разнопрофильного вакуумно-плазменного оборудования.

Целью предлагаемой работы являются исследования и разработка оригинальных устройств ионно-лучевого и магнетронного нанесения покрытий, вакуумно-плазменной экспериментально-технологической установки, позволяющей отрабатывать постановку новых вакуумно-плазменных технологий, в частности, получение многослойных покрытий различных материалов в едином вакуумном цикле.

1. Универсальная магнетронная распылительная система

Остановимся кратко на физических основах и некоторых конструктивных особенностях магнетронных распылительных систем для нанесения тонких пленок, получивших, в настоящее время, широкое

распространение в технологиях производства изделий микроэлектроники, конструктивных элементов радиоаппаратуры, товаров широкого потребления. С использованием магнетронных распылительных систем производится металлизация ленточных проводников алюминием и его сплавами, получают пленки тугоплавких материалов (молибдена, титана, вольфрама), пленки нитридов, оксидов, наносят покрытия на диэлектрики, металлы, полупроводники, получают покрытия на больших площадях.

Принцип действия распылительных устройств магнетронного типа основан на использовании скрещенных электрического и магнитного полей для формирования траекторий электронов в плазме в виде замкнутой спиралевидной кривой [1]. Магнитное поле, силовые линии которого параллельны поверхности распыляемой мишени магнетрона, удерживает электроны в непосредственной близости от мишени, в так называемой электронной «ловушке», создаваемой скрещенными электрическим и магнитным полями. Осцилляции электронов и их движение по спиралевидным траекториям увеличивает число ионизационных столкновений, в результате чего увеличивается плотность плазмы, воздействие которой на мишень обеспечивает высокую скорость распыления материала мишени.

Применение новых, в том числе, диэлектрических материалов, повышение требований к качеству покрытий, увеличение размеров подложек, привели к разработке магнетронных распылительных систем с использованием ВЧ напряжения.

Высокочастотное распыление происходит благодаря возникновению на мишени отрицательного (относительно плазмы) напряжения смещения.

Наличие на мишени только ВЧ составляющей напряжения не может привести к распылению мишени, поскольку при этом возникают только колебательные движения ионов очень малой амплитуды. Механизм возникновения отрицательного напряжения смещения связан с тем, что, при подаче ВЧ напряжения на мишень, находящуюся в плазме, на ее поверхность попеременно поступают электронный и ионный токи. В начальный период времени электронный ток значительно превосходит ионный ток на мишень в отрицательный полупериод, что объясняется большей подвижностью электронов, по сравнению с ионами. Этот процесс происходит до тех пор, пока не сравняются средние значения ионного и электронного токов [2, 3].

Результирующее напряжение на поверхности мишени состоит из трех составляющих: синусоидального напряжения, положительного напряжения, возникающего за счет ионного тока, и отрицательного – за счет электронного тока. В течение большей части периода ВЧ напряжение отрицательно относительно плазмы, а его постоянная составляющая (смещение) приблизительно равна амплитудному значению высокочастотного напряжения [4].

Для эффективного распыления материала мишени необходимо, чтобы положительный заряд на мишень, возникающий под воздействием ионного тока, был не слишком большим, так как его увеличение приводит к уменьшению величины отрицательного смещения, что определяет энергию ионов, распыляющих мишень. Очевидно, что для уменьшения величины ионного тока необходимо, чтобы период ВЧ напряжения был

достаточно малым (этим в частности и определяется используемая на практике частота ВЧ напряжения 13,56 МГц) [5].

Отличительной особенностью магнетронных распылительных систем является большая концентрация плазмы в непосредственной близости от распыляемой мишени, благодаря наличию магнитного поля. Поэтому в магнетронных распылительных системах возможно достижение больших значений отрицательного смещения, а, следовательно, и большая эффективность распыления.

Экспериментальные исследования и расчеты указывают на существенное увеличение ВЧ поля в плазме при увеличении магнитного поля, что приводит к увеличению ВЧ мощности, поглощаемой разрядом, а, следовательно, к увеличению степени ионизации, увеличению энергии ионов и уменьшению разрядного напряжения. Увеличение плотности плазмы и уменьшение напряжения на разряде очень важны для увеличения эффективности процесса распыления при неизменном уровне подводимой мощности.

Важной характеристикой магнетронной системы нанесения является степень использования материала мишени. Вследствие эксплуатации происходит эрозия поверхности мишени, область которой определяется максимальной плотностью плазмы, которая, в свою очередь, зависит от величины магнитного поля и конструктивных особенностей магнитной системы.

Повышение степени использования материала мишени достигается, главным образом, за счет применения мишеней специальных форм, совершенствования конструкции систем, применения магнитных полей с изменяющейся конфигурацией.

Промышленностью освоен выпуск широкого спектра магнетронных систем нанесения покрытий с размерами мишеней $40 \div 220$ мм, уровнем подводимой мощности $1 \div 10$ кВт, которые работают с применением постоянного и ВЧ напряжения, как на постоянных, так и на электромагнитах. Характерные величины разрядных напряжений достигают нескольких киловольт, токи разряда от 1 до 15 ампер, диапазон рабочего давления $10^{-3} \div 10^{-2}$ мм рт. ст.

Ниже приведено описание конструкции разработанной авторами универсальной магнетронной распылительной системы на постоянных магнитах, которая может быть использована с применением как постоянного, так и переменного ВЧ электрического поля. Благодаря оптимально спроектированной конструкции магнитной системы, устройство позволяет использовать плоские мишени (что значительно снижает их стоимость), а также понизить рабочее давление до $5 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.

На рис. 1 приведен чертеж магнетронной распылительной системы на постоянных магнитах, состоящей из кольцевого магнита 2 и магнитопровода 3. Самарий-кобальтовый кольцевой магнит служит для создания арочного магнитного поля над поверхностью мишени 1, необходимого для организации дрейфа электронов и создания ловушки электронов. Полюсные наконечники магнитопровода изготовлены из магнитного материала типа АРМКО. Напряженность магнитного поля над поверхностью мишени достигает 1000 эрстед. Анод 4 выполнен из нержавеющей стали. Корпус магнитопровода охлаждается проточной водой, постоянное напряжение подается непосредственно на мишень-

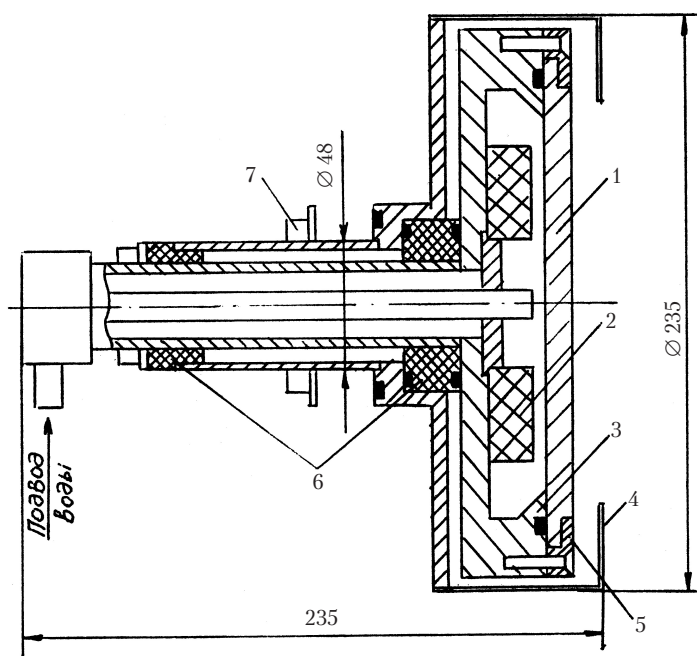


Рисунок 1. Чертеж магнетронной распылительной системы.

1 — мишень; 2 — кольцевой магнит; 3 — корпус-магнитопровод; 4 — анод; 5 — прижимное кольцо; 6 — изоляторы; 7 — прижимное кольцо вакуумного уплотнения.

катод через специальный разъем, находящийся вне вакуумного объема.

В случае использования описанной выше конструкции как ВЧ магнетрона, переменное напряжение с частотой 13,56 МГц подается через специальную систему согласования.

Подача рабочего газа (или рабочей смеси) осуществляется непосредственно в вакуумную камеру. В случае необходимости производить плазмохимические процессы (получение окислов, алмазоподобных пленок, прочее), в пространство между мишенью и напыляемым образцом подается необходимый химически активный газ.

Магнетронная распылительная система при разрядных напряжениях от 300 до 800 вольт позволяет зажигать устойчивый разряд, а, значит, осуществлять процессы нанесения покрытий при рабочем давлении от 10^{-3} до 10^{-4} мм рт. ст. При этом токи разряда могут достигать 5 ампер.

Применяя эту систему нанесения можно получить однородные покрытия на пластинах диаметром до 100 мм со скоростью нанесения до 1 мкм/мин. (Скорости нанесения указаны для меди при средних значениях разрядных напряжений и токов).

2. Ионно-лучевой способ и конструкция устройства для низкотемпературного осаждения тонких пленок

Наряду с описанным в разделе 1 устройством магнетронного распыления материалов, широкое распространение получил способ ионно-лучевого нанесения тонкопленочных покрытий, как наиболее универсальный метод нанесения покрытий любых проводящих материалов (в том числе и магнитных) и их сплавов. Применение в процессах распыления химически актив-

ных рабочих газов позволяет значительно расширить возможности технологических процессов.

Суть метода заключается в том, что материал мишени требуемого состава распыляется пучком ионов тяжелых газов. Атомы материала осаждаются на обрабатываемую поверхность, тем самым, формируя покрытие.

Особый интерес представляют конструкции ионно-лучевых систем распыления, получившие широкое распространение и реализованные в серийных образцах, которые совмещают мишень и ионный источник. При этом распыляемая мишень является одним из электродов устройства ионно-лучевого нанесения покрытий.

Технические характеристики устройств такого типа следующие: рабочие газы — любые; разрядные напряжения $3 \div 5$ кВ; диапазон рабочих давлений $5 \cdot 10^{-4} \div 10^{-2}$ мм рт. ст.

С помощью методов ионно-лучевого нанесения можно получать пленки различных материалов с широкой гаммой физико-химических свойств, толщин и т.д.

Однако, в процессах ионно-лучевого нанесения покрытий, наряду с потоком нейтральных атомов материала распыляемой мишени, поверхность образца бомбардируется электронным потоком, который возникает в результате эмиссии электронов с поверхности мишени под воздействием ионного пучка. Электронная бомбардировка, сопровождающая процесс нанесения пленки, приводит к дополнительному разогреву образцов, появлению поверхностных зарядов и электрическому пробое образованного покрытия. Кроме того, под воздействием электронной бомбардировки возможна стимуляция образования полимерных пленок, т.е. дополнительное загрязнение образцов.

Дополнительный разогрев подложки в процессе нанесения не позволяет осуществлять осаждение покрытий на легкоплавкие, полимерные материалы, что значительно сужает область применения данного метода.

Возможный путь решения проблемы снижения теплового воздействия на обрабатываемую поверхность состоит в изменении траектории движения электронов, эмиттированных с распыляемой поверхности, таким образом, чтобы не допустить их попадания на обрабатываемую поверхность [6].

Для этого между мишенью и образцом создается дополнительное магнитное поле достаточной напряженности, силовые линии которого параллельны поверхности распыляемой мишени с тем, чтобы, «замагнитив» электроны, изменить их траектории и, тем самым, не допустить их попадания на обрабатываемую поверхность. Аналогичную функцию в магнетронной распылительной системе играет анод. Изменение траектории электронов производится с помощью электрического поля.

Электроны, эмиттированные с поверхности мишени, дрейфуя вдоль силовых линий дополнительного магнитного поля, попадают либо на электроды устройства, либо на стенки вакуумной камеры.

Таким образом, практически полностью исключается возможность попадания электронов на поверхность обрабатываемой мишени и, соответственно, исключается возможность ее дополнительного нагрева.

Рассмотрим конструкцию реальной ионно-лучевой распылительной системы с дополнительным магнитным фильтром.

Чертеж ионно-лучевой системы нанесения приведен на рис. 2. Ионно-лучевая система нанесения состоит из распыляемой мишени 1, кольцевого самарий-кобальтового магнита 2, магнитопровода 3, водоохлаждаемого анода 4, прижимного кольца 5, выполненного из магнитомягкого материала типа АРМКО и представляющего собой полюсный наконечник магнитной системы.

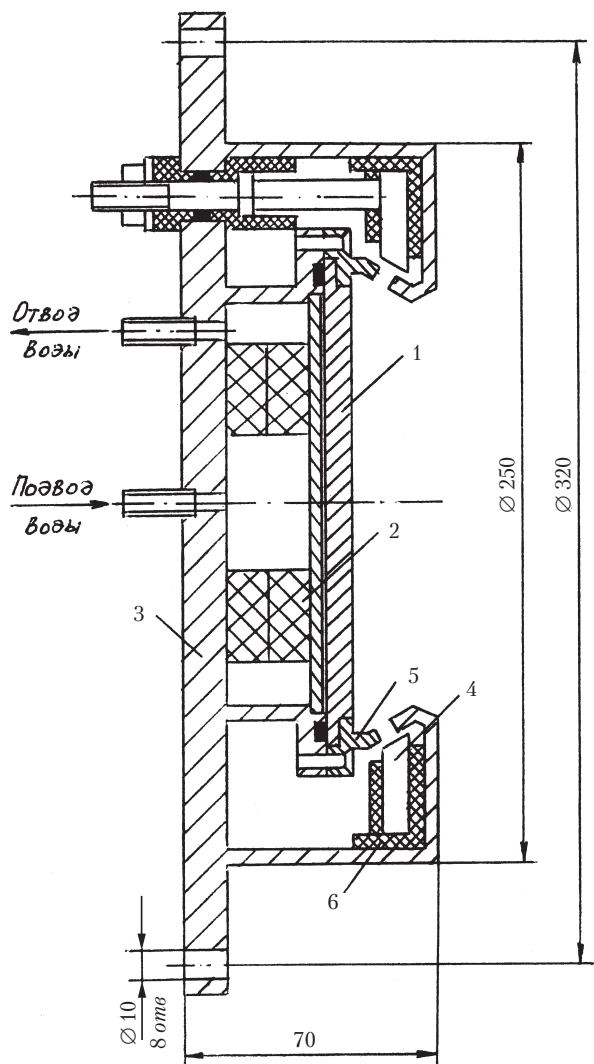


Рисунок 2. Чертеж ионно-лучевой системы распыления.
1 — мишень; 2 — кольцевой магнит; 3 — корпус-магнитопровод;
4 — анод; 5 — прижимное кольцо; 6 — изолятор.

Величина напряженности магнитного поля в разрядном промежутке ионно-лучевой системы достигает 1500 эрстед.

В разрядном промежутке при подаче на анод положительного напряжения, возникают скрещенные электрическое и магнитное поля, благодаря чему формируется кольцевой сходящийся ионный пучок, бомбардирующий мишень. Распыленные атомы мишени, осаждаясь на образце, создают необходимое покрытие.

Как уже говорилось, кроме распыленных атомов с поверхности мишени эмиттируются, под воздействием

ионной бомбардировки, электроны, которые, попадая на поверхность обрабатываемого образца, приводят к его дополнительному нагреву.

Рассмотренная конструкция ионно-лучевой распылительной системы позволяет избавиться от этого эффекта, так как над поверхностью мишени образуется рассеянное магнитное поле (магнитный фильтр), силовые линии которого замыкаются на катоде-магнитопроводе и поверхности мишени. Топология магнитного поля приведена на рис. 3. Величина напряженности рассеянного магнитного поля достигает 300 эрстед, чего достаточно для того, чтобы электроны, эмиттированные с поверхности мишени, захватывались этим магнитным полем и дрейфуя вдоль его силовых линий, попадали либо на мишень, либо на катод, не достигая поверхности напыляемого образца и не производя его дополнительного нагрева.

Подача плазмообразующего газа или химически активных газов производится аналогично описанной выше магнетронной системе.

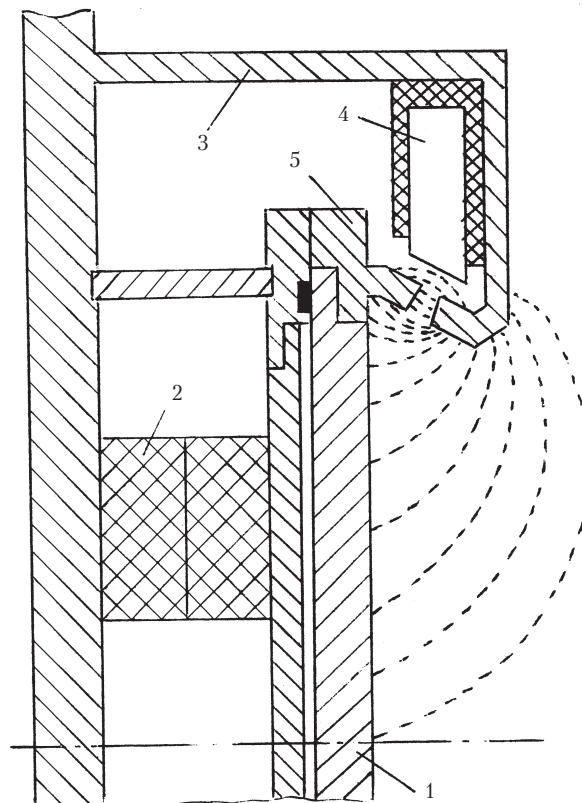


Рисунок 3. Топография магнитного поля.
1 — распыляемая мишень; 2 — кольцевой магнит;
3 — корпус-магнитопровод; 4 — анод; 5 — прижимное кольцо.

Разрядное напряжение варьируется в пределах 2÷4 кВ, ток ионного пучка, бомбардирующего мишень достигает 300 мА. Рабочее давление может изменяться в диапазоне $10^{-3} \div 10^{-4}$ мм рт. ст.

Данная ионно-лучевая система распыления позволяет производить нанесение покрытий любых проводящих материалов или их химических соединений.

Отметим особо, что наличие магнитного фильтра позволяет производить процессы нанесения на легкоплавкие, полимерные материалы, температура деформации которых не превышает 100° С.

3. Многопозиционная экспериментально-технологическая установка нанесения покрытий

Нанесение тонких пленок различных материалов, является одним из основных этапов производства изделий микроэлектроники. Изготовление реальных микроструктур предполагает получение многослойных покрытий. Для получения таких структур применяются различные системы вакуумно-плазменного нанесения, состоящие из совокупности дискретных устройств, выполняющих различные технологические операции.

Большое количество методов нанесения, широкая гамма используемых материалов, необходимость быстрой перенастройки с одного процесса на другой выдвигают определенные требования к вакуумно-плазменным установкам.

В частности, вакуумно-плазменные устройства должны обеспечить необходимый предельный вакуум (не хуже 10^{-6} мм рт. ст.), достаточную скорость откачки (определяется требованиями реального процесса), возможность регулирования и поддержания давления в широком диапазоне (от 10^{-1} до 10^{-6} мм рт. ст.), возможность создания сложных смесей рабочих газов (количество компонент определяется технологическими требованиями) и т.д. Этим требованиям вполне соответствуют описанные в разделах 1,2 плазменные устройства.

Кроме этого, оснастка вакуумных камер вакуумно-плазменных установок должна иметь возможность: предварительного нагрева и (в некоторых случаях) охлаждения подложек; вращения подложек в разных плоскостях; возможность подачи на них электрического потенциала и прочее.

Разработка новых образцов вакуумно-плазменных установок нанесения покрытий представляет собой отдельную сложную и многоплановую задачу, решаемую, в основном, в двух направлениях: так называемая «линейка» – где каждая технологическая операция выполняется в отдельном функциональном узле, а транспортировка пластин осуществляется через «атмосферу» или по вакуумно-шлюзовым системам; и многофункциональные вакуумные камеры, в которых обработка пластин выполняется в едином вакуумном цикле.

Ниже будет приведено описание конструкции многофункциональной экспериментально-технологической плазменной установки, которая может быть оснащена различными устройствами ионно-плазменного нанесения покрытий, в том числе и описанными выше ионно-лучевым и магнетронным источниками.

В качестве откачного поста применялся стандартный вакуумный агрегат, состоящий из форвакуумного насоса НВР-16Д, турбомолекулярного насоса ТМН-1500, необходимых вакуумной оснастки и измерительной техники. Высоковакуумный агрегат обеспечивает достижение предельного вакуума не хуже 10^{-7} мм рт. ст. со скоростью откачки в диапазоне $10^{-3}+10^{-6}$ мм рт. ст. не менее 700 л/сек (рис. 4, поз. 3).

К посадочному фланцу агрегата присоединялась универсальная вакуумная камера оригинальной конструкции, чертеж которой, совместно с откачным блоком приведен на рис. 4.

Отличительной чертой вакуумной камеры, является наличие большого числа присоединительных узлов и смотровых окон.

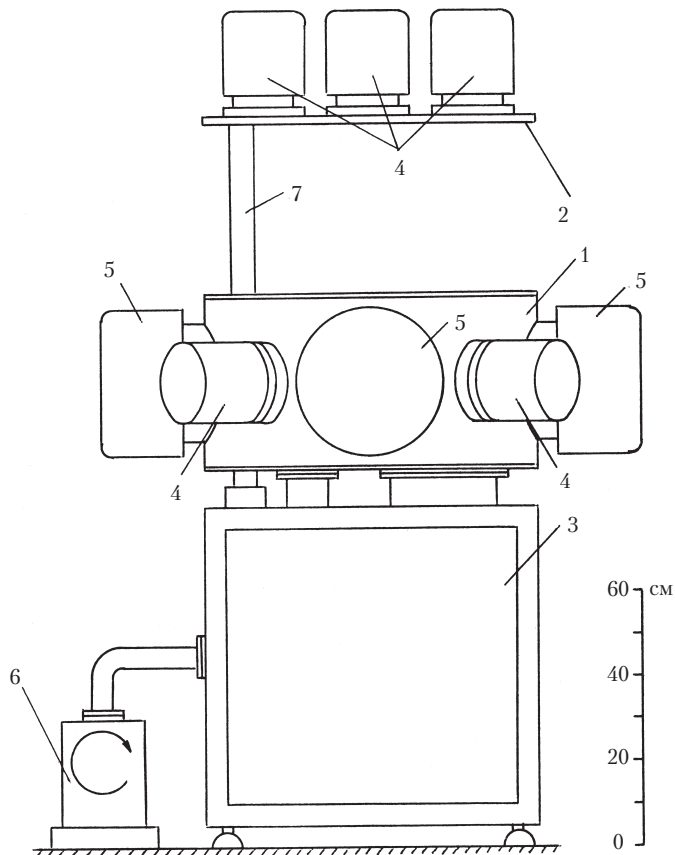


Рисунок 4. Схема многофункциональной экспериментально-технологической вакуумной установки.
1 – вакуумная камера; 2 – верхний фланец; 3 – откачной пост;
4 – присоединительный узел для серийных устройств;
5 – присоединительный узел для оригинальных устройств;
6 – форвакуумный насос; 7 – подъемный механизм.

На корпусе камеры 1 расположены семь пристыковочных узлов, причем четыре из них (рис. 4, поз. 5) предназначены для присоединения разработанных в процессе выполнения работы ионно-лучевой и магнетронной систем нанесения. Три узла (рис. 4, поз. 4) предназначены для пристыковки стандартных плазменных источников. В качестве стандартного вакуумно-плазменного оборудования могут применяться ионные источники типа «Каштан», «Радикал», магнетронные системы нанесения типа «МАГ-5», устройства ионно-лучевого нанесения материалов типа «Холодок» [7, 8].

На верхнем фланце 2 расположены 4 пристыковочных узла 4 и узел ввода системы перемещения подложек (рис. 5).

Все элементы вакуумной камеры и пристыковочных узлов изготовлены из нержавеющей стали.

Наличие большого количества смотровых окон позволяет широко использовать разнообразную диагностическую аппаратуру, необходимую при постановке и отработке технологических процессов.

Помимо указанных на рис. 4 составных частей вакуумно-плазменного оборудования экспериментальная вакуумная установка обеспечена автономными системами напуска газа типа СНА, которые обеспечивают создание и подачу рабочих газовых смесей к каждому технологическому устройству. С помощью системы напуска газа

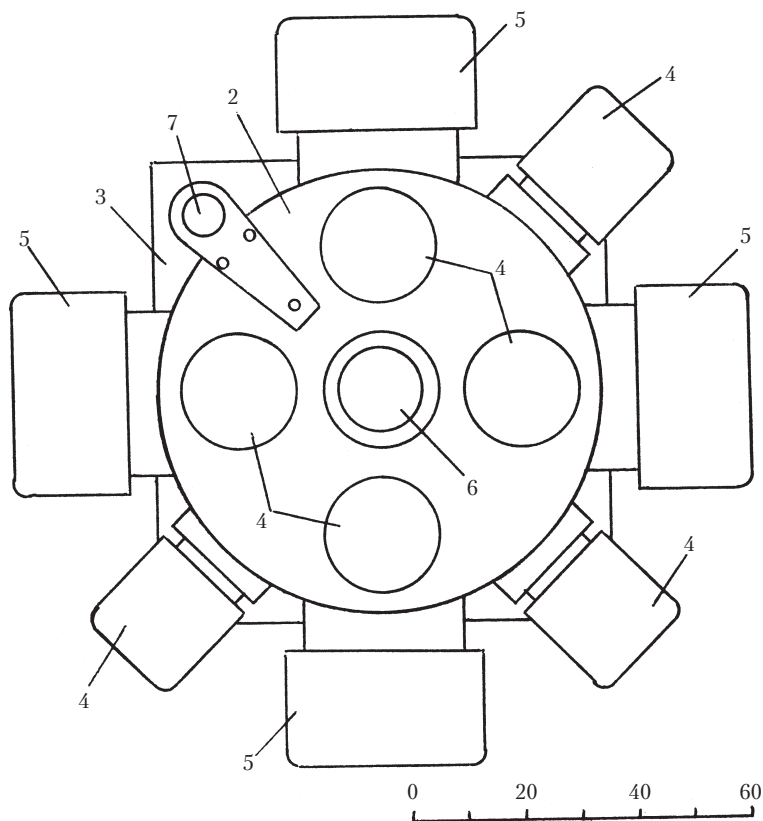


Рисунок 5. Чертеж верхнего фланца вакуумной камеры.

2 — верхний фланец; 3 — откачной пост; 4 — присоединительный узел для серийных устройств; 5 — присоединительный узел для разработанных устройств; 6 — узел ввода системы перемещения подложек; 7 — подъемный механизм.

возможно также поддержание заданного уровня вакуума в широких пределах (10^{-1} – 10^{-6} мм рт. ст.).

Система электрообеспечения оборудования состоит из автономных блоков питания. Блок питания для ионно-лучевой системы нанесения имеет возможность подавать разрядные напряжения от 1 до 4 кВ при токе разряда до 1 ампера. Блок питания магнетронной распылительной системы может обеспечивать разрядные напряжения до 1 кВ с током до 10 ампер. Кроме этого, для магнетронной распылительной системы предусмотрено применение высокочастотного генератора типа УВ-1 (мощность – 1 кВт).

Отметим, что экспериментально-технологическая вакуумно-плазменная установка обладает широкими функциональными возможностями. В частности, при соответствующем оснащении, на этой установке были реализованы процессы получения окислов, нитридов, алмазоподобных пленок, металлических покрытий на полиимидных пленках, пластмассах и дисперсных

материалах, упрочняющих покрытий на медицинских инструментах, деталях машин, многослойных покрытий на комплектующих для оптических приборов. Во всех случаях, покрытия отличались высокими физико-химическими свойствами.

Выводы

В работе приводятся результаты разработки экспериментально-технологических образцов перспективного вакуумно-плазменного оборудования для целей микроэлектроники и других наукоемких отраслей промышленности.

Проведена конструкторская разработка образца магнетронной системы нанесения тонких пленок. В данной конструкции рабочее давление понижено до значения $5 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст. Предлагаемая конструкция распылительной системы позволяет работать как на постоянном токе, так и с применением ВЧ электрического поля.

Выполнена конструкторская разработка экспериментально-технологического образца устройства ионно-лучевого нанесения металлических и диэлектрических тонких пленок. Изучение механизмов процесса нанесения тонких пленок, применение дополнительного магнитного фильтра позволило практически полностью исключить влияние вторично-эмиссионных электронов на материал подложки, что значительно расширило функциональные возможности устройства, позволило производить процессы нанесения на легкоплавкие и полимерные материалы.

Изготовлена вакуумно-плазменная установка, оснащенная универсальной вакуумной камерой, которая имеет возможность пристыковки как оригинальных образцов устройств, так и серийных ионно-плазменных источников нанесения тонких пленок и очистки образцов. Унификация пристыковочных узлов вакуумной камеры позволяет проводить нанесение многослойных пленочных покрытий в едином вакуумном цикле, а экспериментально-технологический образец установки позволяет отрабатывать новые перспективные вакуумно-плазменные технологии нанесения, удаления и модификации тонкопленочных покрытий, применяемых в различных отраслях промышленности.

Работа финансировалась Министерством образования и науки Украины в рамках научно-исследовательских тем № ГР 0102U000447 и № ГР 0100U003301.

Литература

1. Фареник В.И. Получение и транспортировка ионных пучков малых и средних энергий // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – 1999. – Вып. 59. – Новые решения в современных технологиях. – С. 24-39.
2. Данилин Б.С., Логунов В.И. Высокочастотное ионное распыление // Зарубежная электронная техника. – 1971. – Вып. 3. – С. 3-24.
3. Фареник В.И. Применение высокочастотных разрядов низкого давления для разработки малоэнергоемких управляемых систем вакуумно-плазменного травления // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – 1999. – Вып. 55. – Новые решения в современных технологиях. – С. 56-74.
4. Данилин Б.С., Логунов В.И. Согласование генератора с системой высокочастотного ионного распыления // Электронная техника. – 1971. – Сер. 3. – Вып. 3. – С. 121-125.
5. Логунов В.И., Зарянкин Н.М. Распределение потенциала между элементами системы ВЧ ионного распыления // Зарубежная электронная техника. – 1974. – Вып. 4. – С. 121-125.
6. Zinoviev D.V., Tseluyko A.F., Chunadra A.G., Yunakov N.N., Farenik V.I. The formation of low Energy ion Beams in the AR Discharge // J. Tech. Phys. (Poland). –1999. –V. 40, № 1. – P. 263-266.
7. Валиев К.А., Великов Л.В., Маишев Ю.П., Терентьев Ю.П. Физические принципы формирования пучков ионов химически активных газов в источниках ионов, предназначенных для травления и нанесения пленок // Труды ФТИ РАН. – 1999. – Том 15. – Ионно-лучевая обработка материалов в микро- и наноэлектронике. – С. 18-26.
8. Валиев К.А., Великов Л.В., Маишев Ю.П., Митрофанов Е.А., Терентьев Ю.П. Исследование алмазоподобных углеродных пленок, осажденных непосредственно из ионных пучков // Труды ФТИ РАН. – 1999. – Том 15. – Ионно-лучевая обработка материалов в микро- и наноэлектронике. – С. 27-32.

Турбин Петр Васильевич, начальник лаборатории компьютерных технологий НФТЦ
 Научный физико-технологический центр МОН и НАН Украины, ул. Новгородская, 1, 61145, Харьков, Украина
 Круг научных интересов: физика плазмы, математическое моделирование плазменных процессов
 тел./факс +38 (0572) 321-031
 E-mail: scpt@bi.com.ua

Фареник Владимир Иванович, директор НФТЦ МОН и НАН Украины, заведующий кафедрой физических технологий ХНУ им. В.Н. Каразина, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник
 Научный физико-технологический центр МОН и НАН Украины, ул. Новгородская, 1, 61145, Харьков, Украина
 Круг научных интересов: физика и техника плазмы, плазменные технологии.
 тел./факс +38 (0572) 321-031
 E-mail: scpt@bi.com.ua

Целуйко Александр Федорович, декан факультета компьютерных наук ХНУ им. В.Н. Каразина, доцент кафедры физических технологий ХНУ им. В.Н. Каразина, кандидат физико-математических наук, доцент
 Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, физико-технический факультет, проспект Курчатова, 31, 61108, Харьков, Украина
 Круг научных интересов: физика плазмы, компьютерные технологии.
 тел. +38 (0572) 350-525
 E-mail: tseiuiko@pht.univer.kharkov.ua

Юнаков Николай Николаевич, заместитель декана физико-технического факультета ХНУ им. В.Н. Каразина, доцент кафедры физических технологий ХНУ им. В.Н. Каразина, кандидат физико-математических наук, доцент
 Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, физико-технический факультет, проспект Курчатова, 31, 61108, Харьков, Украина
 Круг научных интересов: физика плазмы, вакуумно-плазменные технологии
 Тел. +38 (0572) 351-745

Яцков Анатолий Петрович, начальник отдела ХНУ им. В.Н. Каразина
 Круг научных интересов: плазменное оборудование, автоматизация технологических процессов.
 Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, площадь Свободы, 4, 61077, Харьков, Украина
 Тел. +38 (0572) 457-120