



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014137348/07, 15.09.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.09.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.09.2014

(45) Опубликовано: 10.05.2015 Бюл. № 13

Адрес для переписки:

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/3,
Институт сильноточной электроники СО РАН,
зам. директора по НР ИСЭ СО РАН
Турчановскому И.Ю.

(72) Автор(ы):

Оскирко Владимир Олегович (RU),
Павлов Артем Павлович (RU),
Соловьев Андрей Александрович (RU),
Еньшин Степан Игоревич (RU),
Семёнов Вячеслав Аркадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт сильноточной
электроники Сибирского отделения
Российской академии наук (ИСЭ СО РАН)
(RU)

(54) БИПОЛЯРНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

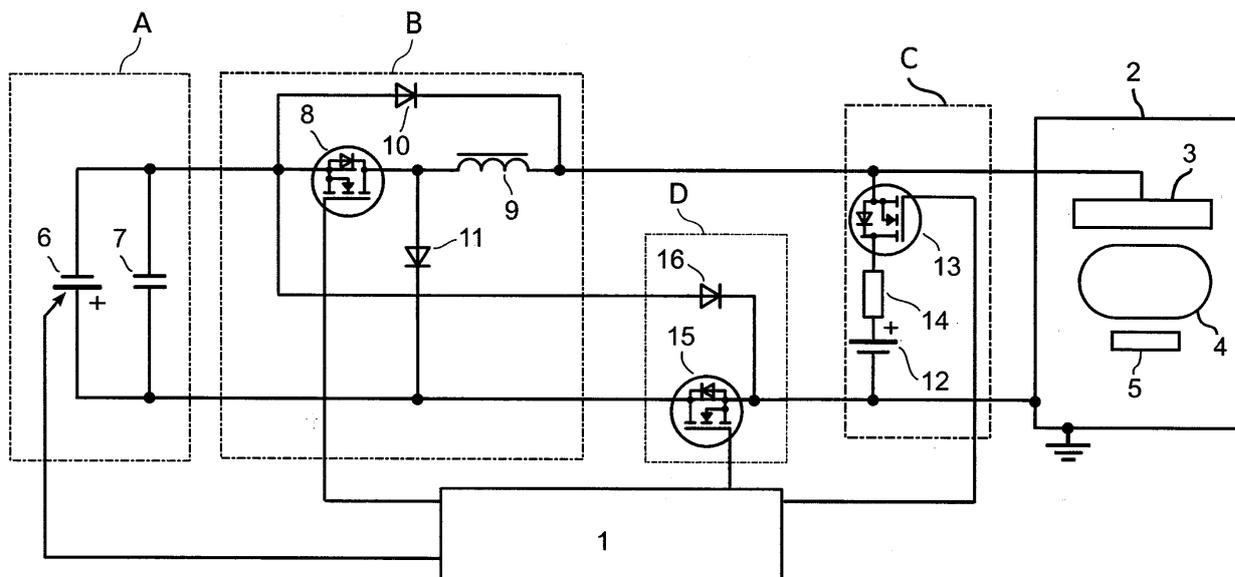
Формула полезной модели

1. Биполярный источник питания для магнетронного распыления, содержащий источник постоянного тока, расположенного на входе биполярного источника питания и блок формирования импульсов обратного (положительного) напряжения, расположенного на выходе биполярного источника питания, отрицательный и положительный выводы которого соединяются с нагрузкой, систему управления, соединенную со всеми блоками биполярного источника питания, отличающийся тем, что дополнительно включает в себя схему формирования отрицательных импульсов напряжения, входные выводы которой подключены к источнику постоянного тока, отрицательный выход подключен к блоку формирования импульсов обратного (положительного) напряжения, включающую в себя дроссель для ограничения скорости роста выходного тока, и схему рекуперации отрицательного тока, подключенную к положительному выходу схемы формирования отрицательных импульсов напряжения и положительному входу блока формирования импульсов обратного (положительного) напряжения.

2. Биполярный источник питания для магнетронного распыления по п. 1, отличающийся тем, что блок формирования импульсов обратного напряжения, схема формирования отрицательных импульсов напряжения и схема рекуперации отрицательного тока имеют транзисторы, между включениями которых следует фиксированная задержка длительностью, достаточной для прерывания тока в дросселе, расположенного в схеме формирования отрицательных импульсов напряжения.

3. Биполярный источник питания для магнетронного распыления по п. 2, отличающийся тем, что в качестве транзисторов в блоке формирования импульсов

обратного напряжения, схеме формирования отрицательных импульсов напряжения и схеме рекуперации отрицательного тока использованы полевые или IGBT транзисторы.



RU 152232 U1

RU 152232 U1

Полезная модель относится к области ионно-плазменных технологий обработки поверхности и нанесения тонкопленочных покрытий, в частности, нанесения покрытий с помощью магнетронного распыления.

Магнетронное распыление является широко распространенной технологией нанесения тонких пленок на подложки с помощью катодного распыления мишени в плазме магнетронного разряда, т.е. диодного разряда в скрещенных полях. Технологические устройства, предназначенные для реализации данной технологии, называют магнетронными распылительными системами. Напыление покрытий из металлов и сплавов производится при низком давлении в вакуумной камере, в среде инертного газа, к примеру, аргона. Для напыления сложных соединений, например оксидов и нитридов, применяется так называемое реактивное магнетронное напыление. Когда в вакуумную камеру добавляется реактивный газ (например, кислород или азот). В плазме магнетронного разряда реактивный газ взаимодействует с распыляемыми атомами, образуя диэлектрические покрытия на подложке. Но образование диэлектрического покрытия происходит также на стенках камеры и поверхности катода. На поверхности диэлектрического слоя на катоде в процессе ионной бомбардировки мишени накапливается заряд, который приводит пробоем непроводящего слоя и далее к образованию дуги между катодом и анодом магнетронной распылительной системы. Дуговой пробой сопровождается выбросом капель из горящего катодного пятна. Напыляемое покрытие может быть испорчено при попадании на подложку таких капель. Кроме того при частом дугообразовании становится сложнее удерживать стабилизируемый параметр, усложняется управляемость и стабильность процесса напыления. Т.о. проблема связанная с частым возникновением дуговых пробоев существенно усложняет реализацию процессов реактивного магнетронного напыления, в результате, ограничивает применение данных технологий в промышленном масштабе. С помощью биполярного среднечастотного питания возможно обеспечение равновесного состояния в процессах протекающих на поверхности катода, а, следовательно, минимизированы дуговые пробои, а в некоторых случаях исключены вовсе.

Из существующего уровня техники известен источник питания постоянного тока для плазменных устройств формирования тонких пленок, описанный в патенте 08 5,576,939, опубл. 19.11.1996 г. В данном устройстве для предотвращения дуговых разрядов используются периодические импульсы положительного напряжения. Устройство содержит высокочастотный выпрямитель, дроссель с двумя обмотками, транзистор формирующий импульсы высокой частоты и транзистор, подключенный к среднему выводу дросселя. Дроссель имеет большую индуктивность, а амплитуда положительных выходных импульсов определяется коэффициентом трансформации между двумя обмотками и составляет 10% от амплитуды отрицательных импульсов. Данная схема позволяет формировать биполярные импульсы с помощью всего одного ключа, подключенного к средней точке дросселя. Но в результате данной конструкции во время формирования обратного импульса через ключ замыкается не только постоянный ток первичной обмотки, но и положительный ток, протекающий в нагрузку на данном интервале, что создает дополнительную нагрузку для ключа. Кроме того скорость изменения напряжения на выходе данной схемы определяется индуктивностью рассеяния между обмотками дросселя.

Также известен биполярный источник питания распылительного устройства, описанный в патенте US 6,113,760, опубл. 5.09.2000 г. Данное устройство содержит источник постоянного тока, подключенный к нему контур постоянного тока и схему

формирования обратного напряжения. Кроме того, в состав источника питания входит схема детектирования дуги и блок управления. Система управления, с помощью ключа в цепи постоянного тока обеспечивает стабилизированный ток в дросселе. Кроме того система управления с помощью ключа, расположенного в схеме формирования
5 обратного напряжения, генерирует положительные импульсы на выходе. Формирование обратных импульсов напряжения происходит в случае возникновения дугового разряда в камере для ее быстрого гашения. Также положительные импульсы генерируются периодически для предотвращения причин образования дуговых пробоев во время процесса распыления. В изобретении, описанном в данном патенте, аналогично
10 предыдущему случаю, во время формирования обратного напряжения через ключ, расположенный в схеме формирования обратного напряжения замыкается суммарный ток от источника постоянного тока и положительный ток нагрузки, ограниченный сопротивлением. Поэтому для обеспечения необходимой частоты коммутации транзисторов необходимо использовать либо более мощные транзисторы, либо
15 применять дополнительные снабберы, которые снижают динамические потери при включении транзисторов, но в свою очередь усложняют схему формирователя импульсов.

Задача, на решение которой направлено заявленное техническое решение, заключается в расширении арсенала технических средств в области магнетронного
20 напыления покрытий, а также повышение эффективности работы источника питания при реактивном магнетронном распылении.

Техническим результатом является обеспечение высокой стабильности процесса распыления и уменьшение нагрузки на ключевые элементы во время формирования обратного напряжения.

Указанный технический результат достигается за счет того, что биполярный источник питания для магнетронного распыления содержащий источник постоянного тока, блок формирования импульсов обратного (положительного) напряжения, систему управления,
25 согласно техническому решению, дополнительно включает в себя схему формирования отрицательных импульсов напряжения, а также схему рекуперации отрицательного
30 тока.

Кроме того в источнике питания для магнетронного распыления блок формирования импульсов обратного напряжения, схема формирования отрицательных импульсов напряжения и схема рекуперации отрицательного тока имеют транзисторы, между
35 включениями которых следует фиксированная задержка, длительностью достаточной для прерывания тока в дросселе.

Кроме того в источнике питания для магнетронного распыления, в качестве транзисторов, в блоке формирования импульсов обратного напряжения, схеме формирования отрицательных импульсов напряжения и схеме рекуперации отрицательного тока использованы полевые или ЮВТ транзисторы.

Обеспечение высокой стабильности процесса распыления происходит за счет формирования биполярных импульсов питания разряда, формируемых блоком формирования отрицательных импульсов напряжения, в блоке формирования импульсов обратного напряжения, питающихся от источника постоянного тока, и управляемых
40 общей системой управления. Кроме того уменьшена нагрузка на транзисторы во время формирования импульса обратного напряжения, благодаря использованию схемы рекуперации отрицательного тока.

Устройство поясняется Фиг. 1, на котором изображена схема биполярного источника питания, подключенная к магнетронному распылительному устройству,

расположенному в вакуумной камере.

Биполярный источник питания включает в себя:

1. Источник постоянного тока (А)
2. Блок формирования отрицательных импульсов (В),
- 5 3. Схема формирования импульсов обратного (положительного) напряжения (С).
4. Схема рекуперации отрицательного тока (D),
5. Система управления (1).

Как показано на фиг. 1 биполярный источник питания подключается с помощью соединительных проводов к камере для нанесения покрытия (2), в которой располагается катод магнетронной распылительной системы (3), анодом являются стенки камеры (2). В результате горения магнетронного разряда в камере образуется плазма (4). Формирование покрытия осуществляется на поверхности подложки (5), расположенной напротив катода.

Биполярный источник питания включает в себя источник постоянного тока (А), который состоит из управляемого источника тока (6) и конденсатора (7). Управляемый источник тока имеет связь с системой управления (1) и обеспечивает регулируемое напряжение от 100 до 800 В.

Блок формирования отрицательных импульсов (В) включает в себя транзистор (8), определяющий длительность отрицательного импульса напряжения, дроссель (9), для ограничения скорости роста тока во время формирования двойного электрического слоя в первоначальной стадии импульса и при возникновении пробоев в камере, диоды (10, 11) для замыкания тока дросселя после отключения транзистора (8).

Схема формирования обратного (положительного) напряжения (С) включает в себя источник регулируемого напряжения (12) от 100 до 300 В, транзистор (13), для коммутации положительного напряжения к нагрузке и резистор (14), который ограничивает положительный ток во время формирования обратного импульса.

Схема рекуперации отрицательного тока (D) состоит из транзистора (15), включенного между блоком формирования отрицательных импульсов и схемой формирования обратного напряжения, и диода (16), для замыкания тока нагрузки после закрытия транзисторов (8, 15).

Процесс реактивного напыления с помощью биполярного источника питания осуществляется следующим способом. Источник питания соединен с камерой для нанесения покрытий (2). В камеру напускается инертный газ. В результате создания электрического потенциала между катодом (3) и анодом, которым являются стенки камеры, загорается магнетронный разряд и формируется плазма (4). Таким образом, биполярный источник питания обеспечивает протекание тока к аноду и катоду по соединительным проводам.

Как известно в процессах реактивного распыления в вакуумную камеру подается химически активный газ, который вступает в реакцию с распыленными атомами и образует диэлектрические покрытия на подложке, стенках камеры и на поверхности катода. Образование диэлектрической пленки на катоде приводит к частому возникновению дуговых пробоев, которые отрицательно сказываются на стабильности процесса и качестве получаемого покрытия.

Для предотвращения возникновения пробоев в данном устройстве используется биполярное питание. Управляемый источник тока (6) заряжает конденсатор (7) в источнике постоянного тока до необходимого напряжения. При замыкании транзистора (13) в блоке формирования отрицательных импульсов (В), и транзистора (15) в схеме рекуперации отрицательного тока (D), происходит разгон тока из заряженного

конденсатора (7), через дроссель (9) в нагрузку. Транзистор (13) в схеме формирования обратного напряжения в это время закрыт. В течение отрицательного импульса происходит плавное увеличение ионного тока на мишень магнетрона в камере (2). Ионы под действием ускоряющего потенциала бомбардируют мишень, выбивая атомы материала. Часть ионов попадают на диэлектрическую пленку на поверхности мишени, где в результате накапливается положительный заряд. Увеличение заряда на диэлектрике может привести к пробое непроводящего слоя, поэтому длительность отрицательного импульса ограничена. Когда транзистор (8) в блоке формирования отрицательных импульсов (В), закрываются, синхронно с ним закрывается транзистор (15) в схеме рекуперации отрицательного тока (Б). После закрытия обоих транзисторов продолжает протекать ток через нагрузку, за счет энергии, накопленной в дросселе (9) и паразитной индуктивности соединительных проводов. Ток замыкается через диод (10) в блоке формирования отрицательных импульсов и диод (16) в схеме рекуперации отрицательного тока (D). При этом индуктивность дросселя (9) и паразитная индуктивность соединительных проводов формируют потенциал, равный напряжению на конденсаторе (7). Таким образом, напряжение на выходе источника постоянного тока (А) определяет время спада тока после закрытия ключей (8, 15).

Далее, после спада отрицательного тока, замыкается ключ (13), и на выходе источника питания формируется положительное напряжение. Из-за высокой проводимости разрядного промежутка во время положительного импульса в схеме формирования обратного напряжения используется ограничительный резистор (14). Величина сопротивления данного резистора определяет величину положительного тока в нагрузке.

Во время положительного импульса происходит снятие накопившегося заряда на поверхности диэлектрика на мишени магнетрона, о котором упоминалось ранее.

Таким образом, за счет формирования биполярных импульсов питания разряда обеспечивается высокая стабильность процесса распыления, а благодаря использованию схемы рекуперации отрицательного тока уменьшена нагрузка на транзисторы во время формирования импульса обратного напряжения.

(57) Реферат

Биполярный источник питания для магнетронной распылительной системы может использоваться в ионно-плазменных технологиях обработки поверхности и нанесения тонкопленочных покрытий. Источник питания содержит источник постоянного тока (А), схему формирования отрицательных импульсов напряжения (В), блок формирования импульсов обратного (положит.) напряжения (С), систему управления (1), а также схему рекуперации отрицательного тока (D). За счет формирования биполярных импульсов питания разряда обеспечивается высокая стабильность процесса распыления, а благодаря использованию схемы рекуперации отрицательного тока уменьшена нагрузка на транзисторы во время формирования импульса обратного напряжения.

Формирование биполярных импульсов осуществляется в результате переключения транзисторов с задержкой, которой достаточно для прерывания тока в дросселе. В схеме могут использоваться полевые или IGBT транзисторы. 2 з.п. ф-лы., 1 ил.



РЕФЕРАТ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ БИПОЛЯРНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Биполярный источник питания для магнетронной распылительной системы может использоваться в ионно-плазменных технологиях обработки поверхности и нанесения тонкопленочных покрытий. Источник питания содержит источник постоянного тока (А), схему формирования отрицательных импульсов напряжения (В), блок формирования импульсов обратного (положит.) напряжения (С), систему управления (1), а также схему рекуперации отрицательного тока (D). За счет формирования биполярных импульсов питания разряда обеспечивается высокая стабильность процесса распыления, а благодаря использованию схемы рекуперации отрицательного тока уменьшена нагрузка на транзисторы во время формирования импульса обратного напряжения. Формирование биполярных импульсов осуществляется в результате переключения транзисторов с задержкой, которой достаточно для прерывания тока в дросселе. В схеме могут использоваться полевые или IGBT транзисторы. 2 з.п. ф-лы., 1 ил.



БИПОЛЯРНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Полезная модель относится к области ионно-плазменных технологий обработки поверхности и нанесения тонкопленочных покрытий, в частности, нанесения покрытий с помощью магнетронного распыления.

Магнетронное распыление является широко распространенной технологией нанесения тонких плёнок на подложки с помощью катодного распыления мишени в плазме магнетронного разряда, т.е. диодного разряда в скрещенных полях. Технологические устройства, предназначенные для реализации данной технологии, называют магнетронными распылительными системами. Напыление покрытий из металлов и сплавов производится при низком давлении в вакуумной камере, в среде инертного газа, к примеру, аргона. Для напыления сложных соединений, например оксидов и нитридов, применяется так называемое реактивное магнетронное напыление. Когда в вакуумную камеру добавляется реактивный газ (например, кислород или азот). В плазме магнетронного разряда реактивный газ взаимодействует с распыляемыми атомами, образуя диэлектрические покрытия на подложке. Но образование диэлектрического покрытия происходит также на стенках камеры и поверхности катода. На поверхности диэлектрического слоя на катоде в процессе ионной бомбардировки мишени накапливается заряд, который приводит пробоем непроводящего слоя и далее к образованию дуги между катодом и анодом магнетронной распылительной системы. Дуговой пробой сопровождается выбросом капель из горящего катодного пятна. Напыляемое покрытие может быть испорчено при попадании на подложку таких капель. Кроме того при частом дугообразовании становится сложнее удерживать стабилизируемый параметр, усложняется управляемость и стабильность процесса напыления. Т.о. проблема связанная с частым возникновением дуговых пробоев существенно усложняет реализацию процессов реактивного магнетронного напыления, в результате, ограничивает применение данных технологий в промышленном масштабе. С помощью биполярного среднечастотного питания возможно обеспечение равновесного состояния в процессах протекающих на поверхности катода, а, следовательно, минимизированы дуговые пробои, а в некоторых случаях исключены вовсе.

Из существующего уровня техники известен источник питания постоянного тока для плазменных устройств формирования тонких пленок, описанный в патенте US 5,576,939, опубл. 19.11.1996г. В данном устройстве для предотвращения дуговых разрядов используются периодические импульсы положительного напряжения. Устройство содержит высокочастотный выпрямитель, дроссель с двумя обмотками, транзистор формирующий импульсы высокой частоты и транзистор, подключенный к среднему выводу дросселя. Дроссель имеет большую индуктивность, а амплитуда положительных выходных импульсов определяется коэффициентом трансформации между двумя обмотками и составляет 10 % от амплитуды отрицательных импульсов. Данная схема позволяет формировать биполярные импульсы с помощью всего одного ключа, подключенного к средней точке дросселя. Но в результате данной конструкции во время формирования обратного импульса через ключ замыкается не только постоянный ток первичной обмотки, но и положительный ток, протекающий в нагрузку на данном интервале, что создает дополнительную нагрузку для ключа. Кроме того скорость

изменения напряжения на выходе данной схемы определяется индуктивностью рассеяния между обмотками дросселя.

Также известен биполярный источник питания распылительного устройства, описанный в патенте US 6,113,760, опубл. 5.09.2000г. Данное устройство содержит источник постоянного тока, подключенный к нему контур постоянного тока и схему формирования обратного напряжения. Кроме того, в состав источника питания входит схема детектирования дуги и блок управления. Система управления, с помощью ключа в цепи постоянного тока обеспечивает стабилизированный ток в дросселе. Кроме того система управления с помощью ключа, расположенного в схеме формирования обратного напряжения, генерирует положительные импульсы на выходе. Формирование обратных импульсов напряжения происходит в случае возникновения дугового разряда в камере для её быстрого гашения. Также положительные импульсы генерируются периодически для предотвращения причин образования дуговых пробоев во время процесса распыления. В изобретении, описанном в данном патенте, аналогично предыдущему случаю, во время формирования обратного напряжения через ключ, расположенный в схеме формирования обратного напряжения замыкается суммарный ток от источника постоянного тока и положительный ток нагрузки, ограниченный сопротивлением. Поэтому для обеспечения необходимой частоты коммутации транзисторов необходимо использовать либо более мощные транзисторы, либо применять дополнительные снабберы, которые снижают динамические потери при включении транзисторов, но в свою очередь усложняют схему формирователя импульсов.

Задача, на решение которой направлено заявленное техническое решение, заключается в расширении арсенала технических средств в области магнетронного напыления покрытий, а также повышение эффективности работы источника питания при реактивном магнетронном распылении.

Техническим результатом является обеспечение высокой стабильности процесса распыления и уменьшение нагрузки на ключевые элементы во время формирования обратного напряжения.

Указанный технический результат достигается за счет того, что биполярный источник питания для магнетронного распыления содержащий источник постоянного тока, блок формирования импульсов обратного (положительного) напряжения, систему управления, согласно техническому решению, дополнительно включает в себя схему формирования отрицательных импульсов напряжения, а также схему рекуперации отрицательного тока.

Кроме того в источнике питания для магнетронного распыления блок формирования импульсов обратного напряжения, схема формирования отрицательных импульсов напряжения и схема рекуперации отрицательного тока имеют транзисторы, между включениями которых следует фиксированная задержка, длительностью достаточной для прерывания тока в дросселе.

Кроме того в источнике питания для магнетронного распыления, в качестве транзисторов, в блоке формирования импульсов обратного напряжения, схеме формирования отрицательных импульсов напряжения и схеме рекуперации отрицательного тока использованы полевые или IGBT транзисторы.

Обеспечение высокой стабильности процесса распыления происходит за счет формирования биполярных импульсов питания разряда, формируемых блоком формирования отрицательных импульсов напряжения, в блоке формирования импульсов обратного напряжения, питающихся от источника постоянного тока, и управляемых общей системой управления. Кроме того уменьшена нагрузка на транзисторы во время

формирования импульса обратного напряжения, благодаря использованию схемы рекуперации отрицательного тока.

Устройство поясняется Фиг.1, на котором изображена схема биполярного источника питания, подключенная к магнетронному распылительному устройству, расположенному в вакуумной камере.

Биполярный источник питания включает в себя:

1. Источник постоянного тока (А)
2. Блок формирования отрицательных импульсов (В),
3. Схема формирования импульсов обратного (положительного) напряжения (С).
4. Схема рекуперации отрицательного тока (D),
5. Система управления (1).

Как показано на фиг.1 биполярный источник питания подключается с помощью соединительных проводов к камере для нанесения покрытия (2), в которой располагается катод магнетронной распылительной системы (3), анодом являются стенки камеры (2). В результате горения магнетронного разряда в камере образуется плазма (4). Формирование покрытия осуществляется на поверхности подложки (5), расположенной напротив катода.

Биполярный источник питания включает в себя источник постоянного тока (А), который состоит из управляемого источника тока (6) и конденсатора (7). Управляемый источник тока имеет связь с системой управления (1) и обеспечивает регулируемое напряжение от 100 до 800 В.

Блок формирования отрицательных импульсов (В) включает в себя транзистор (8), определяющий длительность отрицательного импульса напряжения, дроссель (9), для ограничения скорости роста тока во время формирования двойного электрического слоя в первоначальной стадии импульса и при возникновении пробоев в камере, диоды (10,11) для замыкания тока дросселя после отключения транзистора (8).

Схема формирования обратного (положительного) напряжения (С) включает в себя источник регулируемого напряжения (12) от 100 до 300 В, транзистор (13), для коммутации положительного напряжения к нагрузке и резистор (14), который ограничивает положительный ток во время формирования обратного импульса.

Схема рекуперации отрицательного тока (D) состоит из транзистора (15), включенного между блоком формирования отрицательных импульсов и схемой формирования обратного напряжения, и диода (16), для замыкания тока нагрузки после закрытия транзисторов (8,15).

Процесс реактивного напыления с помощью биполярного источника питания осуществляется следующим способом. Источник питания соединен с камерой для нанесения покрытий (2). В камеру напускается инертный газ. В результате создания электрического потенциала между катодом (3) и анодом, которым являются стенки камеры, загорается магнетронный разряд и формируется плазма (4). Таким образом, биполярный источник питания обеспечивает протекание тока к аноду и катоду по соединительным проводам.

Как известно в процессах реактивного распыления в вакуумную камеру подается химически активный газ, который вступает в реакцию с распыленными атомами и образует диэлектрические покрытия на подложке, стенках камеры и на поверхности катода. Образование диэлектрической пленки на катоде приводит к частому

возникновению дуговых пробоев, которые отрицательно сказываются на стабильности процесса и качестве получаемого покрытия.

Для предотвращения возникновения пробоев в данном устройстве используется биполярное питание. Управляемый источник тока (6) заряжает конденсатор (7) в источнике постоянного тока до необходимого напряжения. При замыкании транзистора (13) в блоке формирования отрицательных импульсов (В), и транзистора (15) в схеме рекуперации отрицательного тока (D), происходит разгон тока из заряженного конденсатора (7), через дроссель (9) в нагрузку. Транзистор (13) в схеме формирования обратного напряжения в это время закрыт. В течение отрицательного импульса происходит плавное увеличение ионного тока на мишень магнетрона в камере (2). Ионы под действием ускоряющего потенциала бомбардируют мишень, выбивая атомы материала. Часть ионов попадают на диэлектрическую пленку на поверхности мишени, где в результате накапливается положительный заряд. Увеличение заряда на диэлектрике может привести к пробоем непроводящего слоя, поэтому длительность отрицательного импульса ограничена. Когда транзистор (8) в блоке формирования отрицательных импульсов (В), закрываются, синхронно с ним закрывается транзистор (15) в схеме рекуперации отрицательного тока (D). После закрытия обоих транзисторов продолжает протекать ток через нагрузку, за счет энергии, накопленной в дросселе (9) и паразитной индуктивности соединительных проводов. Ток замыкается через диод (10) в блоке формирования отрицательных импульсов и диод (16) в схеме рекуперации отрицательного тока (D). При этом индуктивность дросселя (9) и паразитная индуктивность соединительных проводов формируют потенциал, равный напряжению на конденсаторе (7). Таким образом, напряжение на выходе источника постоянного тока (А) определяет время спада тока после закрытия ключей (8,15).

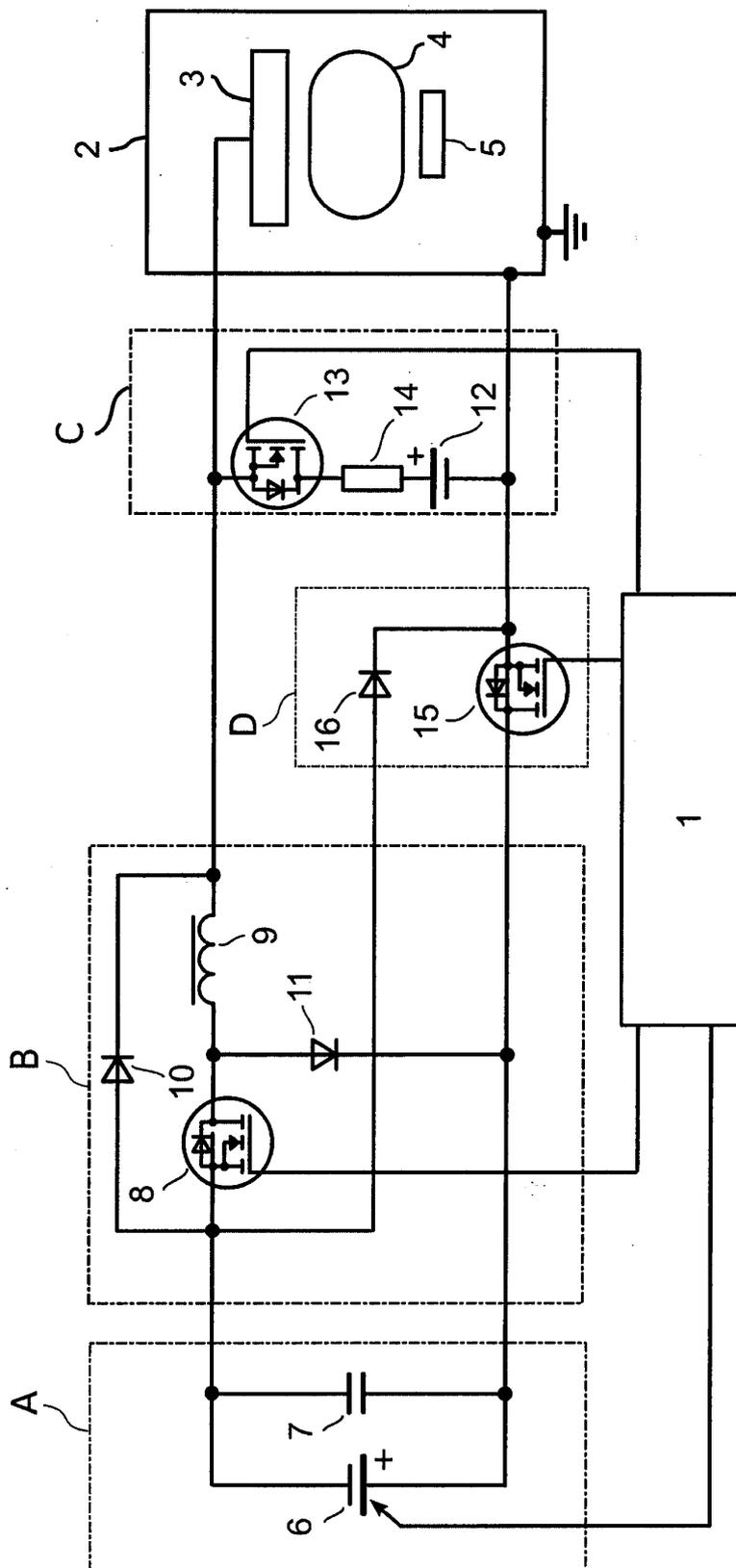
Далее, после спада отрицательного тока, замыкается ключ (13), и на выходе источника питания формируется положительное напряжение. Из-за высокой проводимости разрядного промежутка во время положительного импульса в схеме формирования обратного напряжения используется ограничительный резистор (14). Величина сопротивления данного резистора определяет величину положительного тока в нагрузке.

Во время положительного импульса происходит снятие накопившегося заряда на поверхности диэлектрика на мишени магнетрона, о котором упоминалось ранее.

Таким образом, за счет формирования биполярных импульсов питания разряда обеспечивается высокая стабильность процесса распыления, а благодаря использованию схемы рекуперации отрицательного тока уменьшена нагрузка на транзисторы во время формирования импульса обратного напряжения.



БИПОЛЯРНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ



ФИГ.1