

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041408**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.10.20

(51) Int. Cl. **H01J 37/32** (2006.01)
H05H 1/28 (2006.01)

(21) Номер заявки
202000177

(22) Дата подачи заявки
2018.12.19

(54) **СИСТЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИ РАЗВЯЗАННОГО РАВНОМЕРНОГО КОНТРОЛЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОДА С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ТРУБОК, А
ТАКЖЕ ОБРАБАТЫВАЮЩАЯ УСТАНОВКА С ТАКОЙ СИСТЕМОЙ**

(31) **10 2017 223 592.6**

(56) **US-A-6027701**
DE-U1-202010004109
DE-A1-102015113962

(32) **2017.12.21**

(33) **DE**

(43) **2020.09.28**

(86) **PCT/EP2018/085820**

(87) **WO 2019/121899 2019.06.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
МАЙЕР БУРГЕР (ДЖЁМАНИ) ГМБХ
(DE)

(72) Изобретатель:
Бём Кристиан, Рашке Себастьян (DE)

(74) Представитель:
Курышев В.В. (RU)

(57) Изобретение касается системы для контроля температуры электрода. Система имеет, по крайней мере, тепловую трубку, связующий элемент и устройство для контроля температуры. При этом тепловая трубка предназначена для того, чтобы, по крайней мере, частично и по крайней мере своим первым концом располагаться в электроде. Связующий элемент предназначен для того, чтобы нагревать или охлаждать второй конец тепловой трубки, в то время как устройство для контроля температуры предназначено для того, чтобы нагревать или охлаждать связующий элемент. При этом электроды и устройство для контроля температуры разделены между собой гальванически. Изобретение касается также обрабатывающей установки с обрабатывающей камерой, и по крайней мере с одним электродом внутри обрабатывающей камеры, и по крайней мере с одной такой системой для контроля температуры электрода.

B1**041408****041408****B1**

Заявленное изобретение касается системы контроля температуры одного или нескольких электродов. При этом контроль температуры электрода(ов) реализуется через тепловые трубки, в результате чего возможен равномерный контроль температуры и электрическая развязка электрода(ов) от устройства для контроля температуры. Кроме того, заявленное изобретение касается также обрабатывающей установки с такой системой.

В многочисленных технологиях полупроводниковой техники, как, например, при изготовлении солнечных батарей, и в технологиях поверхностных покрытий, как, например, покрытие оптических стекол, используются процессы обработки, при которых энергия подается через электроды. В частности, плазменные процессы для нанесения, удаления или модификации слоев являются такими примерами. Используемые электроды могут при этом служить в качестве держателей субстрата или для подачи газа. Часто используемый электрод должен поддерживаться при определенной температуре, например, чтобы довести один или несколько субстратов до температуры, соответствующей предусмотренному процессу, и удерживать при этой температуре или чтобы предотвратить сильное нагревание электрода.

Для того чтобы достигнуть равномерного контроля температуры таких электродов используются обычно жидкостные системы или резистивные нагреватели в качестве устройств для контроля температуры. В случае жидкостной системы электрод омывается жидкостью, например маслом, водой или газом, при этом жидкость подается снаружи и отводится опять наружу. Резистивные нагреватели расположены как плоские элементы или как прямолинейные или спиральные нагревательные провода на электродах или в электродах, при этом к нагревателю подается снаружи электрический ток независимо от мощности электродов. В обоих случаях, однако, часть мощности электрода отводится устройством для контроля температуры наружу, в результате чего уменьшается предоставленная собственно для процесса обработки мощность, и в данном случае это сказывается отрицательно на самих компонентах устройства для контроля температуры. Вследствие этого часто оказываются необходимыми громоздкие изоляторы или фильтрующие схемы, чтобы развязать электрически от электродов устройство для контроля температуры. Это имеет особое значение для высокочастотных электродов, т.е. для мощностей электродов с частотой в диапазоне от 10 kHz до 100 MHz.

Кроме того, жидкостная система имеет другие недостатки, в частности, если в качестве жидкости используется масло. Так, достигаемая с помощью нагрева маслом температура электрода или же держателя субстрата ограничивается, например, до 350°C. Кроме того, в результате отдачи тепла жидкостью во время протекания через электрод или держатель субстрата возникает разница температур в несколько градусов Кельвина между местом поступления и местом выхода жидкости в электрод или же из электрода, в результате чего не может равномерно контролироваться температура электрода. Не в последнюю очередь существует у жидкостных систем, в частности, в устройствах для контроля температуры на основе масла опасность просачивания масла внутри технологической установки, что связано со значительными затратами на очистку установки.

Отрицательным для резистивных нагревателей является то, что они позволяют осуществлять только нагревание электрода или же держателя субстрата, но не позволяют выполнять активное охлаждение.

В принципе известно также применение тепловых трубок, называемые также нагревательные трубки, в частности, для охлаждения элементов в установках для покрытия пленок. Так, описывается, например, в публикации WO 95/16804 A1 охлаждение газораспределительной плиты с помощью тепловой трубки, которая проходит вертикально к поверхности исходящего потока газораспределительной плиты и окружена на одном конце охлаждающей рубашкой, через которую протекает охлаждающая жидкость и которая находится в прямом контакте с поверхностью тепловой трубки. Также и в патенте EP 2481831 A1 описано применение тепловых трубок для отвода тепла из высокочастотного электрода, в то время как нагревание электрода осуществляется через тепловой катализатор, резистивный нагреватель или горячую жидкость.

Задача заявленного изобретения - предоставить улучшенную систему для контроля температуры электрода, в частности высокочастотного электрода, и обрабатывающую установку с такой системой, а также обеспечить хорошую электрическую развязку между устройством для контроля температуры и электродом и устранить или уменьшить другие недостатки существующих систем для контроля температуры.

Эта задача решается с помощью системы, а также обрабатывающей установки согласно независимым пунктам формулы изобретения. Предпочтительные варианты выполнения изобретения описаны в зависимых пунктах формулы.

Заявленная система для контроля температуры электрода имеет по крайней мере одну тепловую трубку, связующий элемент и устройство для контроля температуры. Тепловая трубка пригодна для того, чтобы, по крайней мере, частично располагаться первым своим концом в электроде, в то время как связующий элемент предназначен для того, чтобы нагревать или охлаждать второй конец тепловой трубки. Устройство для контроля температуры предназначено для того, чтобы нагревать или охлаждать связующий элемент и тем самым служить в качестве источника тепла или понижения тепла относительно электрода. При этом электрод и устройство для контроля температуры разделены между собой гальванически, так что устройство для контроля температуры развязано электрически от электрода. Электрод не

является необходимой составной частью заявленной системы для контроля температуры электрода, однако электрод и система для контроля температуры электрода согласованы между собой и предназначены для того, чтобы быть связанными между собой. Для этого электрод предназначен, по крайней мере, для того, чтобы принимать внутрь себя по крайней мере первый конец тепловой трубки.

Тепловые трубки, называемые также нагревательными трубками, выполнены в виде оболочки, снабженной внутри специальной структурой или же капиллярами или вставленной проволоочной сеткой. В ограниченном объеме тепловой трубки находится рабочая среда, которая заполняет этот объем частично в жидком состоянии, частично в парообразном состоянии. При этом тепло передается от места поступления тепла, на котором испаряется рабочая среда, к месту передачи тепла, на котором рабочая среда опять конденсируется. На основании высокой плотности теплового потока могут транспортироваться тем самым большие тепловые потоки, например 50 W, при относительно небольших входящих площадях, например 5 см², на относительно большие расстояния, например 40 см, за очень короткое время, например в пределах нескольких секунд, с очень небольшим перепадом температуры по всей длине тепловой трубки, примерно в 0,5 K. Для специалиста известны различные варианты выполнения тепловых трубок. Материалом оболочки может быть, например, металл, такой как алюминий, медь, оцинкованная медь, легированная сталь или легированные сплавы из различных металлов, но также стекло или керамика или композиционный материал. Трубка может при этом иметь круглое, овальное, четырехугольное или n-угольное поперечное сечение, причем поперечное сечение может быть выполнено также очень плоским (иметь почти форму ленты или плоскости). В качестве рабочей среды может быть в зависимости от температурного диапазона, например, вода, натрий, литий или ртуть. Количество и форму тепловых трубок, а также их расположение при применении нескольких тепловых трубок можно выбирать в соответствии с передаваемым количеством тепла и геометрией электрода. При этом тепловая трубка может быть в форме прямолинейного стержня или в изогнутой форме, при этом возможно несколько изгибов, например в форме меандра или в форме изгибов в трехмерном пространстве.

Тепловой контакт тепловой трубки с электродом осуществляется благодаря теплопроводности, при этом тепловая трубка может быть вставлена в электрод, зажата клеммами, приклеена, привинчена или припаяна.

Специалист выбирает материалы и геометрию по крайней мере одной тепловой трубки, ее расположение и тип крепления внутри электрода в соответствии с существующими граничными условиями, например технологический газ, достигаемой температурой электрода, материалом электрода, передаваемым напряжением на электрод и т.д. благодаря своим знаниям. Так, например, металлические тепловые трубки могут использоваться для подачи напряжения на электрод от источника напряжения.

Электрод может состоять из различных материалов или из слоеных конструкций, при этом, однако, по крайней мере, часть электрода должна быть электропроводной, чтобы достигнуть желаемого распределения электрического потенциала по электроду. Типичными материалами для электрода являются алюминий, графит, легированная сталь или комбинированные материалы. Часто электрод является плоским телом, которое имеет две расположенные напротив друг друга поверхности с максимальными продольными размерами относительно расстояния между этими поверхностями. По крайней мере одна из этих поверхностей предназначена для получения электрического поля и/или для удержания одного или нескольких субстратов и обозначается далее как полезная поверхность. Тем самым держатель субстрата, который не находится под напряжением, и/или заземлен, или работает в буферном режиме, должен пониматься в смысле настоящей заявки как электрод. Однако электрод может быть, например, распределителем газа или содержать таковой. Электрическое включение электрода может осуществляться с помощью постоянного напряжения или переменных напряжений от низких частот до высоких частот, при этом заявленная система пригодна особенно для контроля температуры электрода, который нагружается высокочастотным напряжением, например, с частотой 13, 56 или 40 MHz. Электрод может быть цельным или состоять из нескольких частей, например полусфер, при этом отдельные части соединяются между собой заклепками, сваркой, пайкой, склеиванием, болтами, зажимами или другими соединительными элементами. В электроде выполняются предпочтительно выемки для размещения по крайней мере одной тепловой трубки, в которые могут вставляться одна или несколько тепловых трубок, ввинчиваться или укладываться. Тепловая трубка или тепловые трубки простираются, по крайней мере, частично по своей длине (между первым и вторым концом тепловой трубки) параллельно полезной плоскости электрода.

Связующий элемент, который нагревается или охлаждается с помощью устройства для контроля температуры, служит для передачи тепла на одну или по крайней мере на одну из тепловых трубок.

В первом варианте конструктивного выполнения изобретения связующий элемент является, по крайней мере, частью наружной поверхности электрода, при этом второй конец тепловой трубки граничит с этой частью внешней поверхности. Связующий элемент состоит при этом только из передающей тепло поверхности, которая соответствует части внешней поверхности электрода, при этом передающая тепло поверхность имеет по отношению к другим районам электрода повышенный уровень абсорбции тепла. Для этой цели эта часть внешней поверхности электрода может окрашиваться черным цветом, например сажей, графитом или лаком, поверхность которой делается шероховатой или предусматривается с покрытием другим высоко абсорбирующим тонким слоем (толщина менее или равна 50 μm). Напри-

мер, алюминиевый электрод может анодироваться на внешней поверхности. Преимущественно внешняя поверхность, которую имеет связующий элемент, не является полезной поверхностью электрода. Далее преимущественно вся площадь внешней поверхности образует связующий элемент. Первый вариант конструктивного выполнения изобретения пригоден, в частности, для использования инфракрасного луча в качестве устройства для контроля температуры, при этом связующий элемент имеет степень абсорбции тепла (способность к эмиссии) в диапазоне спектра инфракрасного луча более чем или равно 0,5, предпочтительно в диапазоне от 0,7 до 0,9, в то время как остальные зоны электрода в зависимости от степени покрытия слоем имеют способность к эмиссии примерно 0,2. Поверхность связующего элемента оказывается преимущественно существенно меньше чем 15% от полезной поверхности или, например, меньше чем 10% от общей поверхности электрода (верхняя и нижняя сторона, а также внешние стороны электрода). Тепловое сцепление тепловой трубки со связующим элементом происходит благодаря теплопередаче. Тепловая трубка или тепловые трубки простираются от связующего элемента по полезной поверхности электрода внутрь электрода, так что тепло распределяется равномерно по полезной поверхности электрода и полезная поверхность нагревается равномерно, например, при разнице температуры 0,5 K на всей протяженности полезной поверхности.

Во втором варианте выполнения заявленной системы представляет собой связующий элемент отдельное от электрода тело, выполненное из материала с высокой теплопроводностью, причем связующий элемент предназначен для того, чтобы располагать его в районе внешней поверхности электрода, который граничит с объемной частью электрода, в которой может располагаться по крайней мере второй конец тепловой трубки. Это означает, что тепловая трубка при использовании заявленной системы располагается полностью внутри электрода, в то время как связующий элемент граничит с внешней поверхностью электрода в районе, в котором располагается второй конец тепловой трубки, и физически соединяется, например, с помощью зажимов или болтов с электродом таким образом, что получается хорошая теплопроводность между связующим элементом и электродом. Связующий элемент благодаря теплопроводности передает тем самым тепло через материал электрода, находящийся между ним и вторым концом тепловой трубки, на тепловую трубку или отводит тепло от нее. Связующий элемент может быть выполнен из такого же материала, как и электрод или из другого материала и имеет в зоне желаемой температуры электрода теплопроводность более чем или равную $20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, предпочтительно более чем или равную $150 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, которая оказывается предпочтительно более чем или равной теплопроводности материала электрода. В данном случае при выборе материала для связующего элемента необходимо также принимать во внимание устойчивость относительно технологических условий проведения процесса, которые существуют при использовании электрода в процессе обработки. Контактная поверхность связующего элемента с электродом, которая является передающей тепло поверхностью для электрода, оказывается преимущественно существенно меньше, чем полезная поверхность электрода, и составляет, например, менее чем 15% от полезной поверхности и, например, менее чем 10% от общей поверхности электрода (верхняя и нижняя сторона, а также внешние стороны электрода).

В третьем варианте выполнения заявленной системы связующий элемент является отдельным от электрода телом, выполненным из материала с высокой теплопроводностью, в котором расположен по крайней мере второй конец тепловой трубки. Связующий элемент не соединен при этом предпочтительно физически непосредственно с электродом, но может, однако, граничить с ним. Это является выгодным, если материалы связующего элемента и электрода имеют различные коэффициенты теплового расширения. Если он оказывается для связующего элемента и электрода равным или почти равным, то связующий элемент может также физически соединяться с электродом, например, болтами или зажимами. Связующий элемент может состоять из такого же материала, как и электрод, или из другого материала и имеет в зоне желаемой температуры электрода теплопроводность больше чем или равную $20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, предпочтительно больше чем или равную $150 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, которая оказывается больше чем или равной теплопроводности материала электрода. В данном случае необходимо также принимать во внимание при выборе материала связующего элемента выносливость в условиях технологического процесса, которые существуют при использовании электрода для процесса обработки.

Тепловое соединение тепловой трубки со связующим элементом происходит в третьем варианте выполнения изобретения благодаря теплопроводности, при этом тепловая трубка может вставляться в связующий элемент, зажиматься, завинчиваться, приклеиваться или припаиваться. Связующий элемент может аналогично, как и электрод, состоять из одной детали или из нескольких частей, например из полусфер, при этом отдельные части соединяются между собой с помощью заклепок, сварки, пайки, склеивания, болтов, зажимов или с помощью других соединительных элементов. В связующем элементе выполнены предпочтительно выемки для приема по крайней мере одной тепловой трубки, в которые тепловая трубка или тепловые трубки могут вставляться, завинчиваться или укладываться.

В специальном варианте выполнения изобретения второго или третьего варианта выполнения связующий элемент состоит из электропроводного материала, такого как, например, алюминий, медь, оцинкованная медь или графит. Если в этом варианте выполнения изобретения связующий элемент граничит с электродом или тепловая трубка имеет оболочку из электропроводного материала, то на связующем

эlemente существует такой же электрический потенциал, как и на электроде. Кроме того, может электрод нагружаться также через связующий элемент и/или тепловую трубку напряжением от электрода.

В другом специальном конструктивном выполнении изобретения второго или третьего варианта выполнения изобретения связующий элемент состоит из изолированного материала, такого как например, оксидная керамика, например Al_2O_3 , или не оксидная керамика, например нитрид алюминия.

Предпочтительно связующий элемент второго и третьего варианта выполнения заявленной системы имеет передающую тепло поверхность, которая представляет собой внешнюю поверхность сцепляющего элемента и интегрирована через сцепляющий элемент с устройством для контроля температуры. Под термином "внешняя поверхность связующего элемента" понимается также верхняя поверхность отверстия, просверленного в связующем элементе, при этом устройство для контроля температуры расположено, по крайней мере, частично внутри отверстия. Передающая тепло поверхность имеет по отношению к другим зонам связующего элемента повышенную степень абсорбции тепла или повышенную теплопроводность. Для этой цели передающая тепло поверхность может быть черной, шероховатой или предусматриваться с тонким сильно абсорбирующим покрытием, как это уже было описано со ссылкой на связующий элемент первого варианта выполнения системы. Предпочтительно степень абсорбции тепла в диапазоне длины волн устройства для контроля температуры более чем или равна 0,5, предпочтительно в диапазоне от 0,7 до 0,9. Если тепло передается между устройством для контроля температуры и связующим элементом благодаря теплопроводности, то может передающая тепло поверхность предусматриваться с покрытием, которое имеет особенно высокую теплопроводность, например слоем из графита, меди, серебра или золота. Передающая тепло поверхность имеет предпочтительно теплопроводность больше чем или равную $150 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Для того чтобы добиться хорошего сцепления тепла с устройством для контроля температуры, передающая тепло поверхность является предпочтительно увеличенной поверхностью. Т.е. передающая тепло поверхность имеет, например, большую высоту или ширину, чем расположенная напротив нее внешняя поверхность связующего элемента. Однако поверхность связующего элемента, передающая тепло, оказывается предпочтительно существенно меньше, чем полезная поверхность электрода и составляет, например, менее чем 15% полезной поверхности и, например, менее чем 10% общей поверхности электрода (верхняя и боковая сторона, а также внешние стороны электрода).

Устройство для контроля температуры представляет собой инфракрасный излучатель, который передает тепло благодаря теплоизлучению на связующий элемент, или индуктор, который индуцирует с помощью магнитного переменного поля в материале связующего элемента вихревые токи. В обоих случаях устройство для контроля температуры может располагаться на расстоянии от связующего элемента, так что также в случае электропроводного связующего элемента или же в случае электропроводного связующего элемента и электропроводной тепловой трубки не существует прямой или гальванической электрической связи между устройством для контроля температуры и электродом. В случае использования инфракрасного излучателя как устройства для контроля температуры пропускающий инфракрасные лучи, однако изолированный электрически, материал, такой как, например, кварцевое стекло, может размещаться между инфракрасным излучателем и связующим элементом и обеспечивать электрическую развязку устройства для контроля температуры и электрода.

Для того чтобы добиться охлаждения связующего элемента с помощью теплового излучения, устройство для контроля температуры может представлять собой также сильно охлажденное холодильное тело. Так, например, графитовая поверхность может располагаться напротив поверхности связующего элемента, передающей тепло, охлаждаться и тем самым служить в качестве теплового потока излучения для связующего элемента.

В других предпочтительных вариантах выполнения изобретения устройство для контроля температуры представляет собой резистивный нагреватель или устройство с жидким теплоносителем для контроля температуры, которое благодаря теплопроводности передает тепло на связующий элемент или в случае устройства с жидким теплоносителем для контроля температуры отводит тепло от него. Если связующий элемент или при отстоящем на расстоянии от электрода связующем элементе, по крайней мере, тепловая трубка состоит из электроизолирующего материала, то устройство для контроля температуры может граничить со связующим элементом. Если связующий элемент и тепловая трубка состоят из электропроводного материала, то между устройством для контроля температуры и поверхностью связующего элемента, проводящей тепло, располагается еще и изолятор. С помощью такой конструкции устройство для контроля температуры и электрод, хотя и не изолированы полностью друг от друга, но электрические потери уменьшаются, могут быть надежно рассчитаны и могут тем самым просто учитываться при подаче напряжения на электрод.

В другом варианте выполнения изобретения система далее содержит блок для измерения температуры и блок управления, при этом блок для измерения температуры предназначен для того, чтобы определять параметр, связанный с температурой связующего элемента, и блок управления предназначен для того, чтобы управлять устройством для измерения температуры. При этом блок для измерения температуры может содержать термоэлемент, который располагается непосредственно на связующем элементе. В случае связующего элемента из электропроводного материала термоэлемент оказывается преимущест-

венно электрически развязан от связующего элемента. В других вариантах блок для измерения температуры может содержать пирометр или оптико-волоконные сенсоры. Блок для управления управляет устройством для контроля температуры с помощью температуры связующего элемента, действительно измеренной блоком для измерения температуры и заданной температурой связующего элемента.

Заявленная обрабатывающая установка имеет обрабатывающую камеру и по крайней мере один электрод внутри обрабатывающей камеры, а также, по крайней мере, заявленную систему для контроля температуры электрода. Если обрабатывающая камера имеет более одного электрода, то для каждого электрода предназначается преимущественно соответственно индивидуальная система для контроля температуры электрода. Это означает, что по крайней мере одна тепловая трубка и связующий блок каждой системы для контроля температуры электрода предназначены точно для одного электрода, при этом, однако, устройство для контроля температуры может также использоваться для одновременного контроля температуры нескольких электродов или же связующих элементов. Альтернативно возможно также, чтобы тепловые трубки, которые соединены соответственно с одним или, однако, соответственно с одним из электродов, были соединены только с одним связующим элементом и тем самым один связующий элемент предназначен для нескольких электродов. Предпочтительно обрабатывающая установка предназначена для того, чтобы производить внутри обрабатывающей камеры вакуум и имеет для этого соответствующие устройства и свойства.

Преимущественно устройство для контроля температуры по крайней мере первой системы для контроля температуры электрода располагается за пределами обрабатывающей камеры. Однако альтернативно устройство для контроля температуры может располагаться внутри обрабатывающей камеры. Так, например, инфракрасный излучатель, который расположен внутри оболочки трубы, например, из кварцевого стекла, может располагаться внутри обрабатывающей камеры. Этот вариант имеет то преимущество, что оболочка трубы уплотнена относительно атмосферы внутри обрабатывающей камеры, например, имеет вакуум, и тем самым внутри оболочки трубы существует определенный состав газа при атмосферном давлении. В результате этого не имеется никаких ограничений для рабочего напряжения инфракрасного излучателя.

В предпочтительном варианте выполнения изобретения располагается устройство для контроля температуры первой системы для контроля температуры электрода за пределами обрабатывающей камеры и связующий элемент первой системы располагается полностью внутри обрабатывающей камеры. В этом случае устройство для контроля температуры является преимущественно инфракрасным излучателем и обрабатывающая камера имеет окно для излучения, через которое инфракрасный луч от устройства для измерения температуры может попадать на связующий элемент. Альтернативно устройство для измерения температуры является индуктором, при этом обрабатывающая камера может быть согласована для магнитного переменного поля. При этом преимущественно между устройством для измерения температуры и электродом достигается электрическая развязка благодаря расстоянию между устройством для измерения температуры и связующим элементом, а также находящемуся между ними воздуху или же в данном случае находящемуся между ними вакууму, который действует как диэлектрик.

Разумеется, связующий элемент первой системы, у которой устройство для измерения температуры располагается за пределами обрабатывающей камеры, также может полностью или частично располагаться за пределами обрабатывающей камеры. Для специалиста известны соответствующие проделанные отверстия через стенку обрабатывающей камеры.

Преимущественно обрабатывающая установка имеет несколько электродов и несколько систем для контроля температуры электрода, при этом связующие элементы по крайней мере двух систем для контроля температуры электрода соединены между собой по крайней мере через одну дополнительную тепловую трубку. Тем самым разницы температур между отдельными связующими элементами могут выравниваться и может достигаться особенное равномерное распределение температуры по всем электродам, у которых их соответствующие связующие элементы соединены между собой через дополнительную тепловую трубку. Альтернативно могут, разумеется, устанавливаться также различные температуры для различных электродов, при этом связующие элементы этих электродов в этом случае не соединяются между собой через дополнительную тепловую трубку.

Преимущественно обрабатывающая установка имеет несколько электродов и несколько систем для контроля температуры электрода, при этом полезные поверхности электродов расположены соответственно параллельно друг другу и расположены напротив друг друга. Это соответствует штабелю электродов, при этом электроды могут располагаться вертикально друг над другом, или горизонтально рядом друг с другом, или вдоль любого другого направления в пространстве рядом друг с другом. Соседние электроды соединены при этом с одним или несколькими источниками напряжения таким образом, что они могут нагружаться различными напряжениями. Тем самым соседние электроды образуют плоский конденсатор, в котором может, например, воспламеняться плазма или может выполняться другая обработка. При этом преимущественно электроды с первым напряжением и электроды со вторым напряжением, которое отличается от первого напряжения, расположены знакопеременными штабелями. Для каждого электрода предназначается индивидуальная система для контроля температуры электрода, при этом каждый связующий элемент предназначен точно для одного электрода. Связующие элементы систем для

контроля температуры электродов являются отделенными от электродов телами, как это было описано выше относительно второго или третьего вариантов выполнения заявленной системы. При этом каждый связующий элемент по крайней мере на одной из своих внешних поверхностей имеет такой же потенциал, как и предназначенный для него электрод. Иными словами, электрод и связующий элемент электрически связаны друг с другом и имеют такой же потенциал. Для того чтобы уменьшить емкость дополнительно выполненных плоских конденсаторов между электродами, расположенными по соседству со связующими элементами, и тем самым минимизировать опасность воспламенения паразитной плазмы, связующие элементы, которые предназначены для соседних электродов, располагаются, по крайней мере, в вертикальном направлении смещенными от соседних электродов. Это означает, что связующие элементы располагаются по разным сторонам от электродов, преимущественно на противоположных сторонах электродов, или что связующие элементы, которые затем простираются только далее части боковой протяженности электрода, хотя и располагаются на одной и той же стороне электродов, при этом, однако, располагаются со смещением относительно друг друга вдоль этих боковых удлинений электродов, т.е. предпочтительно один связующий элемент в начале бокового удлинения соответствующего электрода и один связующий элемент в конце бокового удлинения соответствующего электрода, таким образом, на различных краях бокового удлинения.

В особенно предпочтительном варианте выполнения обрабатывающей установки связующий элемент по крайней мере одной системы для контроля температуры электрода соединяется с источником напряжения и предназначен для того, чтобы самостоятельно или вместе с соответствующей по крайней мере одной тепловой трубкой нагружать соответствующий электрод напряжением. Иными словами, если связующий элемент является электрически проводимым и граничит с электродом или также по крайней мере одна тепловая трубка является электрически проводимой, то электрод может снабжаться электричеством через сцепляющий элемент. Тем самым подача напряжения на электрод может заменяться подачей напряжения на сцепляющий элемент, что обеспечивает положительный эффект в отношении экономии места для электрода и в отношении других свойств обрабатывающей установки. Например, может экономиться на уменьшении количества вакуумных отводов и уменьшаться паразитные плазмы или же дополнительные электрические изолирования, которые должны предотвращать образование паразитических плазм при отдельных подачах напряжения на электрод(ы). Если имеется дополнительная тепловая трубка, то она может использоваться для подачи напряжения на сцепляющие элементы.

Заявленная система и заявленная обрабатывающая установка имеют следующие преимущества:

достигается очень равномерное распределение температуры внутри электрода (разница температуры менее чем или равная 0,5 K);

возможна очень быстрая передача тепла, в частности очень высокая степень нагревания от 2 до 3 K/s;

никакого влияния плазменного процесса, при котором используются электроды, так как выбираются материалы системы, которые все совместимы с проводимым процессом; и

благодаря тепловым трубкам не производится никаких дополнительных электромагнитных полей; а также

устранение или уменьшение электрических потерь при нагрузке электродов электрическим напряжением благодаря, по крайней мере, дальнейшему электрическому развязыванию электродов от устройства для контроля температуры;

защита устройства для контроля температуры от повреждений высокочастотным напряжением электродов благодаря электрическому развязыванию электродов от устройства для контроля температуры,

при этом отпадает необходимость в подключении фильтров,

экономичные многочисленные варианты для измерения температуры электрода, при которых возможно также охлаждение, уменьшение опасности просачивания жидкости благодаря уменьшению объема жидких или газообразных посторонних веществ в обрабатывающей камере, уменьшение затрат на обслуживание обрабатывающей камеры или всей обрабатывающей установки, уменьшение количества необходимых вакуумных отводов благодаря многофункциональным компонентам (например, тепловая трубка для передачи тепла и подачи напряжения и электрод).

Ниже заявленное изобретение поясняется более подробно на примерах его конструктивного выполнения и со ссылкой на чертежи. При этом размеры отдельных элементов, а также их соотношения относительно друг друга изображены не в масштабе, а только схематически. Аналогичные ссылочные номера обозначают соответствующие одинаковые детали.

На чертежах изображено следующее.

На фиг. 1А показан схематически первый пример заявленной системы для контроля температуры электрода, у которой устройство для измерения температуры находится на удалении от связующего элемента.

На фиг. 1В изображен схематически второй пример заявленной системы для контроля температуры электрода, у которой устройство для контроля температуры физически соединено со связующим элементом.

На фиг. 2 изображена в аксонометрической проекции часть примера для первого варианта выполнения заявленной системы для контроля температуры электрода.

На фиг. 3А изображен в аксонометрической проекции пример второго варианта выполнения заявленной системы для контроля температуры электрода.

На фиг. 3В показано поперечное сечение по примеру на фиг. 3А в первой позиции.

На фиг. 3С показано поперечное сечение по примеру на фиг. 3А во второй позиции.

На фиг. 4 показана в аксонометрической проекции часть примера для третьего варианта выполнения заявленной системы для контроля температуры электрода.

На фиг. 5А показана в аксонометрической проекции часть второго примера третьего варианта выполнения заявленной системы для контроля температуры электрода.

На фиг. 5В показана в аксонометрической проекции нижняя часть изображенных на фиг. 5А компонентов.

На фиг. 6А изображен схематически первый пример заявленной обрабатывающей установки, у которой связующий элемент системы для контроля температуры электрода расположен за пределами обрабатывающей камеры.

На фиг. 6В изображен схематически второй пример заявленной обрабатывающей установки, у которой связующий элемент системы для контроля температуры электрода расположен внутри обрабатывающей камеры и устройство для измерения температуры расположено за пределами обрабатывающей камеры.

На фиг. 7 изображен схематически третий пример заявленной обрабатывающей установки, в которой расположено несколько электродов.

На фиг. 8 изображен схематически четвертый пример заявленной обрабатывающей установки, которая содержит штабель электродов, у которой соседние связующие элементы расположены со смещением относительно друг друга и некоторые связующие элементы соединены между собой с таким же электрическим потенциалом через дополнительную тепловую трубку.

На фиг. 9 изображен схематически пятый пример заявленной обрабатывающей установки, которая содержит один штабель электродов, у которой соседние связующие элементы расположены со смещением относительно друг друга и связующие элементы нагреваются с тем же самым электрическим потенциалом через общее устройство для контроля температуры.

Со ссылкой на фиг. 1А и 1В изображается основная конструкция заявленной системы для контроля температуры электрода 110, при этом тепловое сцепление устройства для контроля температуры происходит с помощью связующего элемента через тепловое излучение (фиг. 1А) или через теплопровод (фиг. 1В).

На фиг. 1А изображен первый пример 100 заявленной системы. Она содержит по крайней мере одну тепловую трубку 120 с первым концом 121 и вторым концом 122, один связующий элемент 130 и устройство 140 для контроля температуры. Первый конец 121 тепловой трубки 120 располагается внутри электрода 110, в то время как второй конец 122 тепловой трубки 120 в представленном примере 100 расположен в сцепляющем элементе 130. Тепловая трубка 120 проходит, по крайней мере, частично по своей длине (между первым вторым концом тепловой трубки) параллельно полезной поверхности 115 электрода 110, на которой, например, субстрат 170 расположен и удерживается или сохраняется. Несколько субстратов также может располагаться на полезной поверхности 115 электрода 110 и удерживаться или сохраняться. Полезная поверхность 115 простирается в данном случае в плоскости x-y. В представленном случае тепловая трубка 120 простирается по всей своей длине параллельно полезной поверхности 115, например, как прямолинейная тепловая трубка вдоль направления x. Связующий элемент 130 имеет зачерненную передающую тепло поверхность 136, которая имеет по сравнению с другими зонами связующего элемента 130 повышенную степень тепловой абсорбции и по сравнению с внешней поверхностью связующего элемента 130, которая расположена напротив передающей тепло поверхности 136, и по сравнению с внешней поверхностью электрода 110, которая расположена напротив связующего элемента 130, имеет большую поверхность. Для этого в представленном случае протяженность передающей тепло поверхности 136 увеличена вдоль направления z. Передающая тепло поверхность 136 пригодна, таким образом, особенно хорошо для абсорбции теплового излучения (на фиг. 1А показано штриховыми стрелками), которое поступает от устройства 140 для контроля температуры, которое в данном случае является инфракрасным излучателем 141. Второй конец 122 тепловой трубки 120 не граничит с передающей тепло поверхностью 136, но может, однако, в других примерах также граничить с передающей тепло поверхностью.

Устройство 140 для контроля температуры может быть также индуктором, который нагревает связующий элемент 130 индуцированными вихревыми токами. В этом случае связующий элемент не имеет никакой особой передающей тепло поверхности.

В первом примере 100 заявленной системы связующий элемент 130 является самостоятельным телом, расположенным напротив электрода 110 и на расстоянии от него, при этом расстояние от расположенной напротив внешней поверхности электрода 110 и связующего элемента 130 обозначено как расстояние d_1 на фиг. 1А. Расстояние d_1 находится в пределах от 0 до 100 мм, при этом расстояние d_1 ограничено максимальной длиной тепловой трубки или тепловых трубок 120. При доступных в настоящее время малых диаметрах тепловой трубки 120 максимальная длина находится в пределах примерно 1 м.

Однако связующий элемент может быть выполнен конструктивно как внешняя поверхность электрода, как это более подробно пояснено со ссылкой на фиг. 2. Кроме того, связующий элемент 130 и устройство 140 для контроля температуры аналогично расположены на расстоянии d_2 друг от друга, при этом между связующим элементом 130 и устройством 140 для контроля температуры находится воздух и/или вакуум. Расстояние d_2 составляет от 1 до 50 мм. При этом минимальное значение расстояния d_2 определяется, прежде всего, размером передающей тепло поверхности 136, так как малое емкостное сцепление между устройством 140 для контроля температуры и связующим элементом 130 должно обеспечиваться в диапазоне нескольких pF. Максимальное значение расстояния d_2 зависит напротив, прежде всего, от возможности фокусироваться и/или передавать мощность устройством 140 для измерения температуры и тем самым больше, чем заданное значение. Тем самым тепловая трубка 120 и/или связующий элемент 130 могут быть выполненными конструктивно электропроводными или изолированными.

Первый пример 100 заявленной системы имеет, кроме того, блок 150 для измерения температуры и блок управления 160. Блок 150 для измерения температуры измеряет температуру связующего элемента 130 или другие параметры, которые позволяют делать заключения относительно температуры связующего элемента 130 и передают замеренный параметр, или замеренные параметры, или полученную на их основе температуру без использования проводов или по проводам на блок управления 160. Блок 150 для измерения температуры показан в представленном примере как пирометр 151, который определяет температуру связующего элемента 130 с помощью луча, направляемого через передающую тепло поверхность 136. Блок управления 160 управляет через линию управления 161, которая может быть также беспроводным соединением, таким образом устройством 140 для контроля температуры, что достигается желаемая температура связующего элемента 130.

Второй пример 101 заявленной системы, который показан на фиг. 1B, отличается от первого примера 100, согласно фиг. 1A, следующими признаками: связующий элемент 130 имеет высоко проводимую передающую тепло поверхность 137 вместо зачерненной передающей тепло поверхности согласно первому примеру 100.

Устройство 140 для контроля температуры является резистивным нагревателем 142 (или устройством с жидким теплоносителем для контроля температуры) и соединено физически с передающей тепло поверхностью 137 связующего элемента 130 через электрический изолятор 143. Электрический изолятор 143 может быть выполнен, например, из оксидной керамики, например Al_2O_3 , или не оксидной керамики, например AlN. Если тепловая трубка 120 и/или связующий элемент 130 выполнены изолированными от электричества, то может также отсутствовать изолятор 143 и устройство 140 для контроля температуры непосредственно граничит в таком случае с передающей тепло поверхностью 137 связующего элемента 130. Также и электрический изолятор 143 имеет высокую теплопроводность более чем или равную 20 W/(m·K) , предпочтительно, однако, свыше 150 W/(m·K) .

Блок 150 для измерения температуры состоит из термоэлемента 152, который расположен на поверхности связующего элемента 130, при этом в данном случае он отсоединен электрически от связующего элемента 130 с помощью изолятора. Термоэлемент 152 замеряет параметр, связанный с температурой связующего элемента 130, и передает его или замеренную температуру по проводам или беспроводным способом на блок управления 160.

На фиг. 2 показана часть примера 102 для первого варианта выполнения заявленной системы для контроля температуры электрода 111 в аксонометрической проекции. Электрод 111 содержит пять тепловых трубок 120а до 120е и имеет полезную поверхность 115 и боковую поверхность 116. Боковая поверхность 116 образует одновременно связующий элемент 131 первого варианта 102 выполнения системы. Устройство для измерения температуры и другие элементы заявленной системы не изображены на фиг. 2.

Связующий элемент 131 выполнен как зачерненная передающая тепло поверхность 136. Вторые концы 122 тепловых трубок 120а до 120е граничат все с боковой поверхностью 116 электрода 111, в то время как первые концы 121 тепловых трубок 120а до 120е расположены рядом с боковой поверхностью электрода 111, расположенной напротив боковой поверхности 116, но не граничат с ней. Тепловые трубки 120а до 120е выполнены конструктивно как прямолинейные трубки с овальным поперечным сечением и простираются внутри электрода 111 параллельно полезной поверхности 115.

Поскольку они снаружи не видны, то их контуры обозначены на фиг. 2 штриховыми линиями. Разумеется, тепловые трубки могут иметь также другое поперечное сечение, например круглое или нестандартное поперечное сечение. Кроме того, тепловые трубки могут иметь также другие разнообразные поперечные сечения или локальные различные поперечные сечения, если они при монтаже в электроде могут легко деформироваться или занимать пологое положение.

Со ссылкой на фиг. 3A до 3C поясняется пример 103 для второго варианта выполнения заявленной системы для контроля температуры электрода 112. При этом показывает фиг. 3A схематически в аксонометрической проекции вид на систему 103, в то время как фиг. 3B и 3C показывают соответственно схематически разрез по системе 103 из фиг. 3A в позициях Y1 или же Y2.

Система 103 содержит тепловые трубки 1201 и 1202, которые расположены в электроде 112, и свя-

зующий элемент 132, который является относительно электрода 112 самостоятельным телом и не соединен непосредственно с тепловыми трубками 1201 и 1202. Связующий элемент 132 состоит из верхней части 132о, которая граничит с верхней полезной поверхностью 115о электрода 112, и из нижней части 132и, которая граничит с нижней полезной поверхностью 115и электрода 112. При этом может на верхней полезной поверхности 115о в зоне, в которой не расположен связующий элемент 132, располагаться субстрат 170 и удерживаться там, как это показано на фиг. 3А до 3С. Нижняя полезная поверхность 115и в показанном примере системы 103 не используется, но может, например, содержать распределитель газа для подачи технологического газа в технологическое пространство, которое расположено под нижней полезной поверхностью 115и вдоль направления z. Разумеется, связующий элемент 132 может располагаться также на верхней поверхности электрода, т.е., например, состоять только из верхней части 132о.

Система 103 содержит далее устройство 140 для контроля температуры, которое в представленном примере представляет собой инфракрасный излучатель 141, который расположен в оболочке трубы 144, например, из кварцевого стекла. В оболочке трубы 144 может существовать атмосфера, которая может отличаться от технологической атмосферы, которая производится во время обработки субстрата 170. Например, атмосфера в оболочке трубы 144 может быть воздухом при нормальном давлении (10^5 Па), в то время как технологическая атмосфера представляет собой смесь из кремневодорода (SiH_4) и водорода (H_2) при давлении 100 Па. Это представляет собой преимущество в том, что инфракрасный излучатель 141 экранируется от технологической атмосферы и может работать при идеальной окружающей атмосфере. При этом инфракрасный излучатель 141 может выполняться конструктивно по всей своей длине одной формы (вдоль направления z, как показано на фигурах) или иметь различные формы вдоль своей длины, при этом различные зоны излучают различные количества тепла.

Устройство 140 для контроля температуры расположено в отверстии 145 связующего элемента 132 и в отверстии 117 электрода 112. При этом оба отверстия 144 и 117 простираются соответственно через весь связующий элемент 132 и весь электрод 112, так что устройство 140 для контроля температуры выступает за пределы верхней части 132о связующего элемента 132, как и за пределы нижней части 132и связующего элемента 132. Однако устройство 140 для контроля температуры может заканчиваться, например, также внутри связующего элемента 132, например внутри верхней части 132о, так что отверстие 145 связующего элемента 132 не достигает до верхней поверхности верхней части 132о. Оболочка трубки 144 имеет, например, круглое поперечное сечение диаметром 32 мм.

Оболочка трубки 144 удалена от связующего элемента 132 и электрода 112 щелью шириной, например, 0,5 до 5 мм, чтобы позволить осуществиться тепловому расширению оболочки трубки 144, связующему элементу 132 и электроду 112. Внутренние поверхности отверстия 145 связующего элемента 132, которые являются внешней поверхностью связующего элемента 132, образуют передающую тепло поверхность связующего элемента 132 и могут быть выполнены, например, как зачерненная передающая тепло поверхность 136, чтобы особенно хорошо поглощать тепловое излучение. Это означает, что передающая тепло поверхность 136 имеет по отношению к другим зонам связующего элемента 132 повышенную абсорбционную способность. Связующий элемент состоит, например, из алюминия, но может состоять также из других, не проводящих электричество материалов.

Тепловые трубки 1201 и 1202 расположены внутри электрода 112, при этом оба конца тепловых трубок 1201 и 1202 располагаются внутри электрода 112. Тепловая трубка или тепловые трубки 1201 расположены в зоне электрода 112 вдоль направления y, в которой выполнено также отверстие 117 в электроде 112, как это показано на фиг. 3В. В противоположность этому расположены тепловые трубки 1202 в зонах электрода 112 вдоль направления y, где не выполнено никакого отверстия 117 в электроде 112, как показано на фиг. 3С. Тепловая трубка или тепловые трубки 1201 имеют меньшую длину вдоль направления x, чем тепловые трубки 1202. Тепловые трубки 1201 и 1202 находятся полностью на расстоянии от связующего элемента 132, т.е. они не граничат с ним, и конец тепловых трубок 1201 и 1202 не располагается внутри связующего элемента. Тем самым передается тепло от устройства 140 для контроля температуры на тепловые трубки 1201 и 1202 или, наоборот, через материал электрода 112, при этом устройство 140 для контроля температуры контролирует температуру как непосредственно электрода 112, так и косвенно через связующий элемент 132. При этом передача тепла от связующего элемента 132 на электрод 112 оказывается существенно большей на основании большей площади сцепления (граничная поверхность между сцепляющим элементом 132 и электродом 112) и лучшей теплопроводности связующего элемента 132 по сравнению с электродом 112, чем передача тепла от устройства 140 для контроля температуры непосредственно на электрод 112. Связующий элемент 132 простирается в целом на существенно большее расстояние вдоль устройства 140 для контроля температуры (направлении z), чем электрод 112. Например, сумма толщин верхней части 132о и нижней части 132и связующего элемента 132 вдоль направления z составляет 38 мм, в то время как электрод 112 имеет толщину 12 мм вдоль направления z. Связующая поверхность между связующим элементом 132 и электродом 112 в плоскости x-y составляет, например 100 см^2 , что, например, составляет менее чем 15% полезной поверхности электрода 112.

Разумеется, более одного устройства 140 для контроля температуры может располагаться в отверстиях 147 и 117, например два или три устройства для контроля температуры, при этом могут передаваться также различные количества тепла на связующий элемент 132. Кроме того, представляется также

возможным, чтобы устройство 140 для контроля температуры представляло собой резистивный нагреватель или устройство с жидким теплоносителем для контроля температуры, при этом предусматривается соответствующая электрическая изоляция между электродом 112 и устройством 140 для контроля температуры и в данном случае между связующим элементом 132 и устройством 140 для контроля температуры. Кроме того, связующий элемент 132 может также иметь несколько элементов, как, например, газовый трубопровод или электрическое подсоединение для подачи потенциала на электрод 112.

На фиг. 4 показана часть первого примера 104 для третьего варианта выполнения заявленной системы для контроля температуры электрода 113, при этом устройство для контроля температуры не показано. Также и третий вариант выполнения заявленной системы отличается тем, что связующий элемент выполнен как самостоятельное тело. В первом примере 103 связующий элемент 133 граничит с боковой поверхностью 116 электрода 113. На фиг. 4 показана только, соответственно, нижняя часть электрода 113, а также связующего элемента 133, в которых расположены тепловые трубки 120f до 120k. В качестве примера для тепловой трубки 120k обозначены первый конец 121 и второй конец 122. Все тепловые трубки 120f до 120k выполнены в форме загнутых трубок с круглым поперечным сечением, которые простираются сначала вдоль направления x от связующего элемента 133 в электроде 113 и затем далее простираются вдоль направления y. Благодаря такому изгибу могут тепловые трубки 120f до 120k контролировать равномерно температуру электрода 113 по всей его протяженности вдоль плоскости x-y, в то время как одновременно связующий элемент 133 имеет существенно меньшую протяженность относительно направления y, чем электрод 113. Для того чтобы добиться лучшего контакта с теплом от устройства для контроля температуры, связующий элемент 133 имеет передающую тепло поверхность 136, которая, например, может быть зачерненной передающей тепло поверхностью или высоко теплопроводной передающей тепло поверхностью, как это уже пояснялось со ссылкой на фиг. 1A и 1B. Передающая тепло поверхность 135 имеет по отношению к боковой поверхности 116 электрода 113 большую протяженность вдоль направления z.

Как уже было упомянуто, изображены на фиг. 4 только нижняя часть электрода 113 и нижняя часть связующего элемента 133, в которых в предназначенных для этого углублениях в электроде 113 или же в связующем элементе 133 расположены тепловые трубки 120f до 120k. При этом углубления имеют преимущественно такие размеры, что тепловые трубки 120f до 120k почти полностью в нижней части электрода 113 или же в нижней части связующего элемента 133. Так что углубления для тепловых трубок 120f до 120k оказываются, например, незначительно меньше размером, чем высота тепловых трубок, так что тепловые трубки при монтаже верхней части электрода 113 или же связующего элемента 133 на нижней части электрода 113 или же связующего элемента 133 погружаются только незначительно. Тем самым может достигаться очень хороший тепловой контакт между тепловыми трубками 120f до 120k и электродом 113 или же связующим элементом 133 без использования вспомогательных средств, таких как пайка или теплопроводная паста. Однако также возможно, что тепловые трубки 120f до 120k могут погружаться примерно до половины своей протяженности вдоль направления z от нижней части электрода 113 или же нижней части связующего элемента 133. Верхняя часть электрода 113 или же связующего элемента 133 имеют соответственно аналогично соответствующие углубления, так что тепловые трубки 120f до 120k после соединения соответствующих верхней и нижней частей электрода 113 и связующего элемента 133 полностью окружаются материалом электрода 113 или же связующего элемента 133. Для соединения нижней части электрода 113 или же связующего элемента 133 имеют электрод 113 и связующий элемент 133 крепежные отверстия 180, которые могут быть сквозными отверстиями или заканчивающимися в материале электрода 113 или же связующего элемента 133 отверстиями и в которые могут вставляться крепежные средства или же болты, заклепки или другие средства.

В нижней части электрода 113 выполнено удерживающее отверстие 190 или же подвижное приспособление для перемещения или удержания электрода 113, в то время как внешняя поверхность верхней части электрода 113, которая простирается в плоскости x-y, служит для приема и удержания субстрата.

На фиг. 5A и 5B показана в аксонометрической проекции часть второго примера 105 для третьего варианта выполнения заявленной системы, при этом на фиг. 5B показана только нижняя часть компонентов, изображенных на фиг. 5A. Устройство для контроля температуры и в данном случае другие компоненты заявленной системы не показаны.

Электрод 114 и связующий элемент 134 состоят также соответственно из нижней части 114o или же 134o и нижней части 114u или же 134u, которые имеют соответственно углубления, в которых расположены тепловые трубки 120l до 120q. В противоположность первому примеру 104, изображенному на фиг. 4, простираются тепловые трубки 120l до 120q прямолинейно вдоль направления x и не имеют никаких изгибов. Кроме того, связующий элемент 134 простирается по всей протяженности боковой поверхности 116 электрода 114 вдоль направления y, так что связующий элемент 134 и электрод 114 имеют одинаковую протяженность вдоль направления y, и он расположен на удалении от боковой поверхности 116. Тепловые трубки 120l до 120q распределены равномерно по длине электрода 114 и связующего элемента 134 вдоль направления - y. Однако, могут быть и другие варианты расположения, чтобы в данном случае выравнивать большие отдачи тепла электрода 114 на его боковые поверхности или достигать другого специального распределения тепла по длине электрода 114. Связующий элемент 134 имеет также передающую

тепло поверхность 135, которая увеличена относительно боковой поверхности 116 электрода 114 в направлении z.

На фиг. 5А показан электрод 114 и связующий элемент 134 в рабочем положении, при этом верхняя и нижняя части 114о и 114и или же 134о и 134и скреплены между собой с помощью крепежных средств 181 (например, болты), которые вставлены в крепежные отверстия 180 (показаны на фиг. 5В), но соединены разъемным соединением. В противоположность этому показана на фиг. 5В собственно нижняя часть 114и электрода 114 с нижней частью 116и боковой поверхности 116 и нижняя часть 134и связующего элемента 134 с нижней частью 135и передающей тепло поверхности 135.

Кроме того, на фиг. 5А можно увидеть, что на полезной поверхности 115 электрода 114 углубление 118 для размещения держателя субстрата или субстрата.

Далее представляется возможным пропустить устройство 140 для контроля температуры через отверстие в связующем элементе 133 или же 134, как это было пояснено со ссылкой на фиг. 3А и 3С и тем самым контролировать температуру связующего элемента 133 или же 134 "изнутри".

Хотя на фигурах всегда изображался точно один связующий элемент для электрода, однако может также применяться несколько связующих элементов с соответствующими тепловыми трубками для контроля температуры электрода. Иными словами, может применяться также несколько систем для контроля температуры электрода в одном электроде, при этом, например, устройство для контроля температуры нескольких или всех из нескольких систем может быть также одним единственным устройством для контроля температуры. В последнем случае благодаря различным конструктивным выполнениям связующих элементов или тепловых трубок различные количества тепла могут подаваться в различные зоны электрода. Несколько систем для контроля температуры электрода могут, например, применяться для контроля температуры только одного электрода, если различные зоны электрода должны иметь различные температуры. В общем, однако, высокая теплопроводность большинства материалов электрода обеспечивает равномерное измерение температуры всех зон электрода также при подачах различного количества тепла.

На фиг. 6А показан схематически первый пример 200 заявленной обрабатывающей установки. Обрабатывающая установка 200 имеет обрабатывающую камеру 210, в которой расположен по крайней мере один электрод 110. Электрод 110 нагревается или охлаждается с помощью заявленной системы для контроля температуры. Для этой цели система для контроля температуры имеет по крайней мере одну тепловую трубку 120, один связующий элемент 130 и одно устройство 140 для контроля температуры, как это было описано со ссылкой на фиг. 1В. Также имеются блок 150 для измерения температуры и блок управления 160. Связующий элемент 130 и устройство 140 для контроля температуры расположены в первом примере 200 за пределами камеры 210. Вследствие этого стенка 211 обрабатывающей камеры 210, которая ограничивает внутреннюю часть обрабатывающей камеры 210 от ее окружения, имеет отверстие 212 для тепловой трубки 120, которое обеспечивает теплоизоляцию тепловой трубки 120 от стенки 211 и в данном случае также электрическую изоляцию тепловой трубки 120 от стенки 211. На полезной поверхности 115 электрода 110 расположен субстрат 170, который не относится к обрабатывающей установке 200 и может обрабатываться с помощью процесса, выполняемого в обрабатывающей камере 210. Для этой цели электрод 110 может нагружаться от электрического источника напряжения 220 по электрическому проводу 221 определенным напряжением для электрода. Напряжение может также передаваться бесконтактно. Другие элементы обрабатывающей установки 200, как вакуумные насосы и газовые трубопроводы, в данном случае не показаны.

Изображенный на фиг. 6А пример 200 позволяет применить устройство 140 для контроля температуры, которое передает тепло в связующий элемент 130 по трубопроводу, например, через резистивный нагреватель 142 (не показан) через устройство с жидким теплоносителем для контроля температуры. При этом могут уменьшаться воздействия подтека устройства с жидким теплоносителем для контроля температуры благодаря прокладке устройства для контроля температуры из обрабатывающей камеры 210. Разумеется, возможно, однако, также использование источника излучения в качестве устройства для контроля температуры.

На фиг. 6В показан схематически второй пример 201 заявленной обрабатывающей установки. При этом обрабатывающая установка 201 имеет принципиально такие же компоненты, как и обрабатывающая установка 200, а именно электрод 110, тепловую трубку 120, связующий элемент 130, устройство 140 для контроля температуры, блок 150 для измерения температуры, блок управления 160, обрабатывающую камеру 210 со стенкой 211, источник подачи электрического напряжения 220 и электрический провод 221. Однако связующий элемент 130 расположен внутри обрабатывающей камеры 210, в то время как устройство 140 для контроля температуры расположено за пределами обрабатывающей камеры 210. Это особенно пригодно для применения инфракрасного излучателя 141 (как показано на фигуре) или индуктивного устройства в качестве устройства 140 для измерения температуры, как было описано со ссылкой на фиг. 1А. На пути лучей между устройством 140 для контроля температуры и связующим элементом 130 расположено окно 213 для лучей, например, из кварцевого стекла в стенке 211 обрабатывающей камеры 210.

На фиг. 7 представлен схематически третий пример 202 заявленной обрабатывающей установки, у которой расположено несколько электродов в обрабатывающей камере. В примере 202 расположены два

электроды 110a и 110b в обрабатывающей камере 210, при этом полезные поверхности 115a и 115b электродов 110a и 110b расположены параллельно друг другу и напротив друг друга. Тем самым оба электрода 110a и 110b образуют плоский конденсатор, который при соответствующей нагрузке потенциалом делает возможным, например, воспламенение плазмы между электродами 110a и 110b. Для этой цели электроды 110a и 110b соединяются соответственно через отдельные электрические провода 221a или же 221b соответственно с отдельным источником электрического напряжения 220a или же 220b. Разумеется, также оба электрода 110a и 110b могут нагружаться только от одного источника напряжения с соответствующими потенциалами.

Как показано на фиг. 7, при этом только один электрод, например электрод 110b, может содержать один или несколько субстратов, в то время как другой электрод, например электрод 110a, может служить только для создания определенного электрического поля. Однако также оба электрода могут содержать один или несколько субстратов или один или оба электрода могут выполнять другие функции, как например функцию подачи газа.

Каждый электрод 110a и 110b нагревается и охлаждается от отдельной системы контроля температуры соответствующего электрода. При этом первая тепловая трубка 120a передает первую порцию тепла между первым связующим элементом 130a и первым электродом 110a, при этом первый связующий элемент 130a нагревается до первой температуры от первого устройства 140a для контроля температуры, например от первого резистивного нагревателя 142a, который соединен через первый электрический изолятор 143a с первым связующим элементом 130a. Вторая тепловая трубка 120b передает вторую порцию тепла между вторым связующим элементом 130b и вторым электродом 110b, при этом второй связующий элемент 130b нагревается до второй температуры от второго устройства 140b для контроля температуры, например от второго резистивного нагревателя 142b, который соединен через второй электрический изолятор 143b со вторым связующим элементом 130b. Тем самым могут устанавливаться различные или одинаковые первая и вторая температуры связующих элементов 130a и 130b и тем самым также электродов 110a и 110b. Разумеется, могут также использоваться несколько тепловых трубок для передачи тепла между соответствующим связующим элементом и соответствующим электродом, при этом количество тепловых трубок, их конструктивное выполнение и/или взаимное расположение может быть одинаковым или различным для различных систем контроля температуры электрода.

Связующие элементы 130a и 130b, а также устройства 140a и 140b для контроля температуры расположены, например, за пределами обрабатывающей камеры 210, как это уже было пояснено со ссылкой на фиг. 6A. Вследствие этого имеет обрабатывающая камера 210 также два отверстия 212a и 212b для тепловых трубок 120a или же 120b. Например, изображены одинаковые устройства 140a и 140b для контроля температуры, однако могут использоваться также различные устройства для контроля температуры для каждого из существующих электродов или общее устройство для контроля температуры для нескольких электродов.

На фиг. 8 изображен схематически четвертый пример заявленной обрабатывающей установки. При этом в обрабатывающей камере 210 расположен штабель, состоящий из нескольких расположенных друг над другом электродов 110a до 110f, при этом полезные поверхности соответствующих электродов 110a до 110f проходят параллельно относительно друг друга в различных плоскостях x- y, которые расположены вдоль направления z. При этом имеют различные электроды 110a и 110f штабеля электродов соответственно только одну полезную поверхность, которая обращена к соседнему электроду, т.е. к электроду 110b или же к электроду 110e. Внутренние электроды 110b до 110e имеют соответственно две расположенные напротив друг друга полезные поверхности, которые соответственно обращены к полезной поверхности соседнего электрода. Например, для электрода 110b показана на фиг. 8 верхняя полезная поверхность 115o и нижняя полезная поверхность 115u, при этом верхняя полезная поверхность 115o обращена к полезной поверхности электрода 110a, в то время как нижняя полезная поверхность 115u обращена к верхней полезной поверхности электрода 110c. Разумеется, может свободно выбираться количество электродов в штабеле электродов и не ограничиваться изображенным на фигуре количеством шести электродов. Например, известны штабеля электродов в 20, 50 или даже 100 расположенных друг над другом электродов, при этом могут быть расположены также несколько штабелей электродов в продольном направлении рядом друг с другом.

Каждый электрод 110a до 110f нагревается от отдельной системы для контроля температуры соответствующего электрода до определенной температуры или охлаждается. Для этой цели каждый из электродов 110a до 110f соединяется, по крайней мере, через тепловую трубку 120, например, обозначено для электрода 110b со связующим элементом 130a до 130f. В примере 203 расположены все связующие элементы 130a до 130f внутри обрабатывающей камеры 210 и нагреваются соответственно от устройств 140a до 140f для контроля температуры, выполненных конструктивно как инфракрасные излучатели. Для этой цели расположены окна 213 для лучей на каждом пути луча между устройством 140a до 140f для контроля температуры и предназначенным для него связующим элементом 130a до 130f в стенке 211 обрабатывающей камеры 210, как это было уже пояснено со ссылкой на фиг. 6B. В принципе могут также нагреваться только одно или несколько из устройств 140a до 140f одним общим устройством для контроля температуры, если должны быть достигнуты одинаковые температуры на соответствующих пред-

назначенных для них связующих элементах.

Для того чтобы достигнуть равномерных температур по всему штабелю электродов, т.е. вдоль направления z , могут, кроме того, использоваться дополнительные тепловые трубки, которые соединяют между собой различные связующие элементы. Например, на фиг. 8 показаны две дополнительные тепловые трубки 230a и 230b. При этом соединяет тепловая трубка 230a связующие элементы 130b, 130d и 130f между собой, в то время как тепловая трубка 230b соединяет между собой связующие элементы 130c и 130e. Связующий элемент 130a не соединен тепловой трубкой 230b с другими связующими элементами, так как, например, электрод 110a должен нагреваться до другой температуры, чем электрод 110c и 110e. Разумеется, может он, однако, также при соответственно желаемой температуре электрода соединяться через тепловую трубку 230b со связующими элементами 130c и 130e. Использование двух различных дополнительных тепловых трубок 230a и 230b обосновано подачей потенциала на электроды через соответствующие связующие элементы и тепловые трубки и благодаря их пространственному расположению.

Расположение дополнительных тепловых трубок может, однако, выполняться иначе при других конструктивных выполнениях подачи потенциала и систем для контроля температуры электродов.

Соответственно два соседних электрода образуют плоский конденсатор, при этом могут нагружаться соседние электроды с различными электрическими потенциалами. Нагрузка потенциалом выполняется в примере 203 благодаря подаче электрического напряжения на связующие элементы 130a до 130f, при этом связующие элементы 130a до 130f, а также тепловые трубки 120 выполнены электропроводными. Например, электроды 110b, 110d и 110f нагружаются через соответствующие связующие элементы 130b, 130d и 130f и соответствующие тепловые трубки 120 нагружаются от источника электрического напряжения 220a по электрическому проводу 221a первым потенциалом. Электроды 110a, 110c и 110e нагружаются через соответствующие связующие элементы 130a, 130c и 130e и соответствующие тепловые трубки 120 нагружаются от электрического источника напряжения 220b по электрическому проводу 221b вторым потенциалом, при этом второй потенциал отличается от первого потенциала. При такой знакопеременной нагрузке потенциалами образуется соответственно между двумя соседними электродами электрическое поле, что, например, приводит к воспламенению плазмы.

Для того чтобы уменьшить опасность образования паразитической плазмы расположены связующие элементы 130a до 130f электродов, которые нагружаются различными потенциалами, смещенными относительно друг друга. В представленном примере 203 все одинаково нагруженные связующие элементы 130a, 130c и 130e расположены на правой стороне штабеля электродов и все одинаково нагруженные, однако, с другим потенциалом связующие элементы 130b, 130d и 130f расположены на левой стороне штабеля электродов. Т.е. связующие элементы, которые предназначены для различно нагруженных электродов, расположены соответственно смещенными относительно друг друга в направлении x . Это имеет особое преимущество, в частности, для связующих элементов, которые простираются вдоль общей протяженности соответствующего электрода в направлении y , как это показано на фиг. 5A и 5B. В случае связующих элементов, которые простираются только на часть протяженности соответствующего электрода в направлении y , как это показано на фиг. 4, связующие элементы всех систем для контроля температуры электрода могут располагаться на одной стороне штабеля электродов, т.е. на одной стороне вдоль направления x , при этом, однако, связующие элементы, которые предназначены для различно нагруженных электродов, расположены со смещением относительно друг друга преимущественно вдоль направления y . Расположение всех связующих элементов на одной стороне штабеля электродов имеет то преимущество, что все связующие элементы в данном случае могут нагреваться и охлаждаться от одного устройства для контроля температуры.

Если имеется дополнительная тепловая трубка, и она выполнена электропроводной, то соединенные с ней связующие элементы и относящиеся к ним электроды могут нагружаться также через дополнительную тепловую трубку электрическим потенциалом.

На фиг. 9 показан схематически пятый пример 204 заявленной обрабатывающей установки, у которой, как и аналогично в четвертом примере 203, изображенном на фиг. 8, соседние связующие элементы 133 расположены в одном штабеле из расположенных друг над другом электродов 110 со смещением относительно друг друга и связующие элементы 133, которые имеют такой же электрический потенциал, нагреваются через общее устройство 140a или 140b. При этом используется система для контроля температуры электродов, описанная со ссылкой на фиг. 3A до 3C. Иными словами, каждый электрод 110a до 110f имеет у себя внутри тепловые трубки 120, второй конец которых простирается в зоне полного объема соответствующих электродов 110, в которой по крайней мере одна из внешних поверхностей граничит с соответствующим связующим элементом 133a до 133f. При этом связующие элементы 133 соседних электродов 110, которые имеют различный электрический потенциал, расположены на противоположной стороне электродов 110 относительно направления x . Электрический потенциал подается на электроды 110a до 110f по связующим элементам 113a до 113f, которые соединены соответственно с источником электрического напряжения 220a или с источником электрического напряжения 220b по электрическим проводам 221a или же 221b. Связующие элементы 133b, 133d и 133f, на которые подается первый потенциал, соединены через первое устройство 140a для контроля температуры, которое простирается

вдоль направления z, при этом первое устройство 140a для контроля температуры пропускается через отверстия (просверленные отверстия) в соответствующих связующих элементах 133b, 133d и 133f и в соответствующих электродах 110b, 110d и 110f, которые нагреваются первым устройством 140a для контроля температуры. Аналогичным образом нагреваются связующие элементы 133a, 133c и 133e, на которые подается второй потенциал и через которые проходит второе устройство 140b для контроля температуры, вторым устройством 140b для контроля температуры. Второе устройство 140b для контроля температуры проходит также через соответствующие отверстия в электродах 110a, 110c и 110e. Связующие элементы 133 могут простираться вдоль направления z почти до рядом расположенных связующих элементов 133, которые соединены с тем же самым устройством 140a или же 140b, так что почти все устройство 140a или же 140b простирается внутри соответствующих связующих элементов 133 или же электродов 110. Однако связующие элементы 133 не граничат преимущественно непосредственно друг с другом, чтобы иметь возможность компенсировать тепловое расширение связующих элементов 133 при высоких температурах. Альтернативно могут находиться также большие зоны устройств 140a или 140b за пределами связующих элементов 133 и электродов 110, как это показано на фиг. 9. В этом случае могут применяться предпочтительно инфракрасные излучатели, которые только в определенных зонах своей протяженности отдают большие количества тепла, при этом эти зоны затем окружены связующими элементами 133 и электродами 110, в то время как зоны инфракрасного излучателя, которые излучают только незначительно инфракрасных лучей, расположены за пределами сцепляющих элементов 133 и электродов 110. Устройства 140a и 140b пропускаются через стенку 211 обрабатывающей камеры 210 и за пределами обрабатывающей камеры 210 соединены с блоком управления 160.

Этот пример конструктивного выполнения имеет те преимущества, что требуется незначительное количество места внутри обрабатывающей камеры 210, ограниченной оболочкой трубы от воздушной атмосферы для инфракрасного излучателя, как это было уже пояснено со ссылкой на фиг. 3А и 3С, и только очень немногих необходимых вакуумных выводов через стенку 211 обрабатывающей камеры 210.

Связующие элементы 133 могут использоваться наряду с подачей электрического напряжения так же для подачи технологического газа в распределители газа, которые, например, расположены соответственно на нижней полезной поверхности 115u электродов 110a до 110e. В данном случае это не показано в целях лучшей наглядности.

Некоторые или все названные возможности для конструктивного выполнения заявленной системы для контроля температуры электрода и заявленной обрабатывающей установки могут также комбинироваться между собой, если они взаимно не исключают друг друга. Кроме того, в различных системах для контроля температуры электрода могут применяться различные устройства для контроля температуры и различное количество, различные конструктивные выполнения и/или расположения тепловых трубок и связующих элементов. Также и количество электродов в обрабатывающей установке и количество, конструктивное выполнение и/или расположение связующих элементов и дополнительных тепловых трубок не ограничивается представленными в данном случае примерами. Указанные значения расстояний и величины являются ориентировочными значениями, которые могут также при соответствующем выборе соответствующих компонентов занижаться или увеличиваться.

Перечень ссылочных номеров

100 – 105	система для контроля температуры электрода
110-114, 110a-110f	электроды
114o	верхняя часть электрода
115	полезная поверхность электрода
115o	верхняя полезная поверхность электрода
115u	нижняя полезная поверхность электрода
116	боковая поверхность электрода
117	отверстие в электроде
118	углубление в держателе субстрата
120, 120a-120q	тепловая трубка
1201, 1202	

121	первый конец тепловой трубки
122	второй конец тепловой трубки
130-134, 130a-130f	связующий элемент
132o, 134o	верхняя часть связующего элемента
132u, 134u	нижняя часть связующего элемента
135	передающая тепло поверхность
135u	нижняя часть передающей тепло поверхности
136	зачернённая передающая тепло поверхность
137	передающая тепло поверхность с высокой теплопроводностью
140, 140a-140f	устройство для контроля температуры
141	инфракрасный излучатель
142	резистивный нагреватель
143	электрический изолятор
144	оболочка трубы
145	отверстие в связующем элементе
150	блок для измерения температуры
152	пирометр
160	блок управления
161	провод блока управления
170	субстрат
180	крепежное отверстие
181	крепежные средства
190	отверстие для держателя
200-204	обрабатывающая установка
210	обрабатывающая камера
211	стенка обрабатывающей камеры
212	отверстие для тепловой трубки
213	окно для лучей
220, 220a, 220b	источник электрического напряжения
221, 221a, 221b	электрический провод
230a, 230b	дополнительная тепловая трубка
d ₁	расстояние между электродом и связующим элементом
d ₂	расстояние между связующим элементом и устройством для контроля температуры

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для контроля температуры электрода, состоящая по крайней мере из одной тепловой трубки, одного связующего элемента и одного устройства для контроля температуры,
при этом тепловая трубка выполнена с возможностью установки, по крайней мере, частично и по крайней мере одним первым концом в электроде, а связующий элемент предназначен для того, чтобы нагревать или охлаждать второй конец тепловой трубки,

при этом связующий элемент имеет коэффициент поглощения тепла в инфракрасном диапазоне спектра более чем или равный 0,5, предпочтительно в диапазоне от 0,7 до 0,9, а также теплопроводность более чем или равную $20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, предпочтительно более чем или равную $150 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, которая предпочтительно равна или превосходит теплопроводность материала электрода, и устройство для контроля температуры предназначено для того, чтобы нагревать или охлаждать связующий элемент,

при этом между устройством для контроля температуры и связующим элементом отсутствует электрическое соединение,

причем связующий элемент или, по крайней мере, тепловая трубка выполнены из электроизолирующего материала.

2. Система для контроля температуры электрода, состоящая по крайней мере из одной тепловой трубки, одного связующего элемента и одного устройства для контроля температуры,

при этом тепловая трубка выполнена с возможностью установки, по крайней мере, частично и по крайней мере одним первым концом в электроде, а связующий элемент предназначен для того, чтобы нагревать или охлаждать второй конец тепловой трубки,

при этом связующий элемент имеет коэффициент поглощения тепла в инфракрасном диапазоне спектра более чем или равный 0,5, предпочтительно в диапазоне от 0,7 до 0,9, а также теплопроводность более чем или равную $20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, предпочтительно более чем или равную $150 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, которая предпочтительно равна или превосходит теплопроводность материала электрода, и устройство для контроля температуры предназначено для того, чтобы нагревать или охлаждать связующий элемент,

при этом между устройством для контроля температуры и связующим элементом отсутствует электрическое соединение,

причем связующий элемент и, по крайней мере, тепловая трубка выполнены из проводящего электричество материала и между устройством для контроля температуры и связующим элементом расположен электрический изолятор.

3. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что связующий элемент выполнен с возможностью использования в качестве части внешней поверхности электрода, с которой граничит второй конец тепловой трубки и которая относительно других зон электрода имеет больший коэффициент поглощения тепла.

4. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что связующий элемент представляет собой отдельный элемент из материала с высокой теплопроводностью, выполненный с возможностью установки в зоне между вторым концом тепловой трубки и электродом.

5. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что связующий элемент представляет собой отдельный элемент из материала с высокой теплопроводностью, в котором расположен по крайней мере второй конец тепловой трубки.

6. Система по пп.4 и 5, отличающаяся тем, что связующий элемент состоит из электропроводного материала.

7. Система по п.4 или 5, отличающаяся тем, что связующий элемент состоит из электроизолирующего материала.

8. Система по одному из пп.4-7, отличающаяся тем, что связующий элемент имеет передающую тепло поверхность, которая имеет высокую степень поглощения тепла по сравнению с другими зонами связующего элемента, при этом связующий элемент имеет высокую теплопроводность.

9. Система по одному из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что устройство для контроля температуры представляет собой инфракрасный излучатель, индуктор, резистивный нагреватель или устройство с жидким теплоносителем для контроля температуры.

10. Система по одному из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что система содержит далее блок для измерения температуры и блок управления, при этом блок для измерения температуры предназначен для того, чтобы определять параметр, связанный с температурой связующего элемента, и блок управления предназначен для того, чтобы управлять устройством для контроля температуры.

11. Обрабатывающая установка с обрабатывающей камерой и по крайней мере с одним электродом, отличающаяся тем, что обрабатывающая установка содержит далее по крайней мере одну систему для контроля температуры электрода по одному из указанных выше пунктов.

12. Обрабатывающая установка по п.11, отличающаяся тем, что устройство для контроля температуры по крайней мере одной системы для контроля температуры электрода расположено за пределами обрабатывающей камеры.

13. Обрабатывающая установка по п.12, отличающаяся тем, что связующий элемент первой системы для контроля температуры электрода полностью расположен внутри обрабатывающей камеры и устройство для контроля температуры второй системы для контроля температуры электрода представляет собой инфракрасный излучатель или индуктор.

14. Обрабатывающая установка по одному из пп.11-13, отличающаяся тем, что обрабатывающая установка имеет несколько электродов и несколько систем для контроля температуры электрода, при этом связующие элементы по крайней мере двух систем для контроля температуры электрода соединены ме-

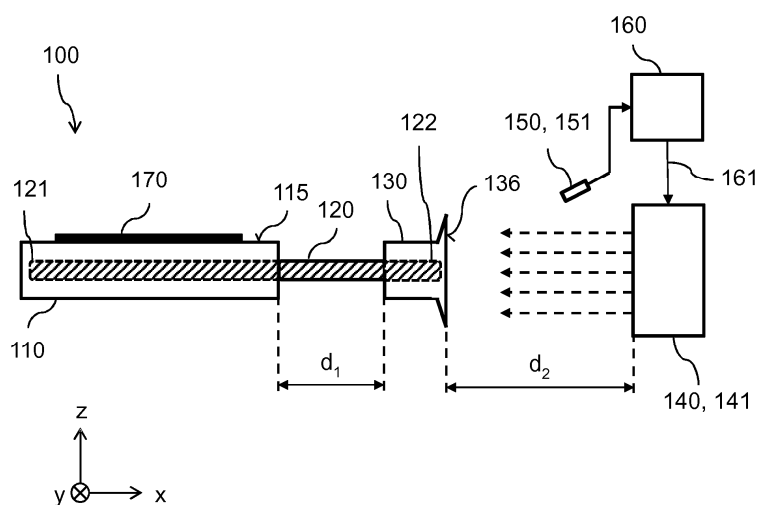
жду собой с помощью, по крайней мере, дополнительной тепловой трубки.

15. Обрабатывающая установка по одному из пп.11-14, отличающаяся тем, что обрабатывающая установка имеет несколько электродов внутри обрабатывающей камеры, полезные поверхности которых расположены параллельно друг другу и расположены напротив друг друга, при этом соседние электроды таким образом соединены с одним или несколькими источниками электрического напряжения, что они могут нагружаться различными электрическими напряжениями;

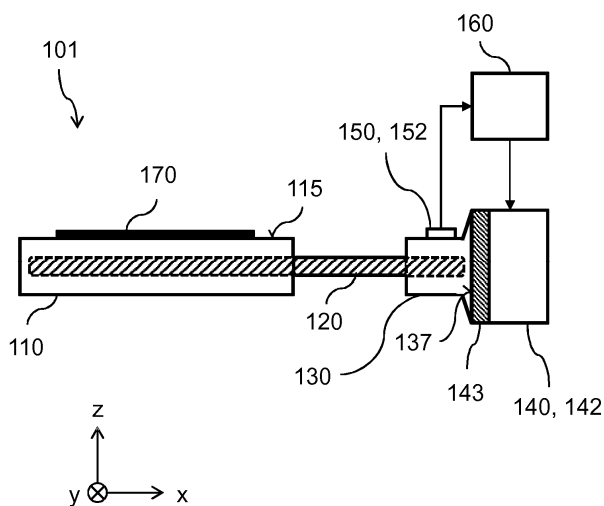
системы для контроля температуры электрода являются соответственно системами по п.4 или 5, при которых связующий элемент по крайней мере на одной из своих внешних поверхностей имеет такой же потенциал, как и соответствующий ему электрод;

связующие элементы систем для контроля температуры электрода, которые предназначены для соседних электродов, расположены со смещением относительно друг друга по крайней мере в одном вертикальном направлении на расстоянии от соседних электродов.

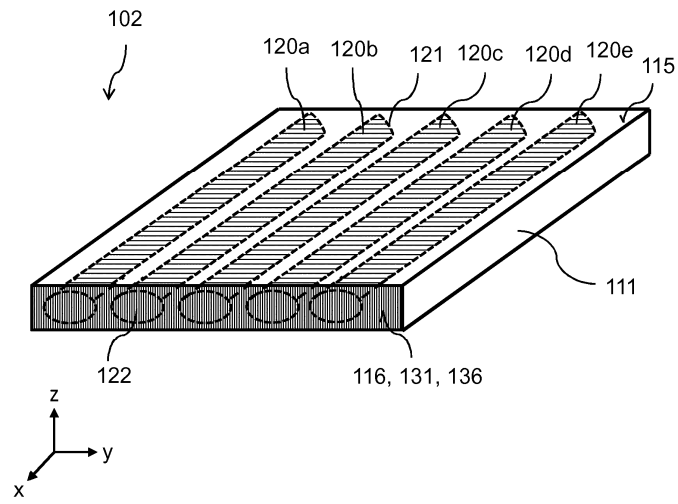
16. Обрабатывающая установка по одному из пп.11-15, отличающаяся тем, что связующий элемент по крайней мере одной системы для контроля температуры электрода соединен с источником электрического напряжения и самостоятельно или, по крайней мере, с соответствующей тепловой трубкой предназначен для того, чтобы нагружать соответствующий электрод электрическим напряжением.



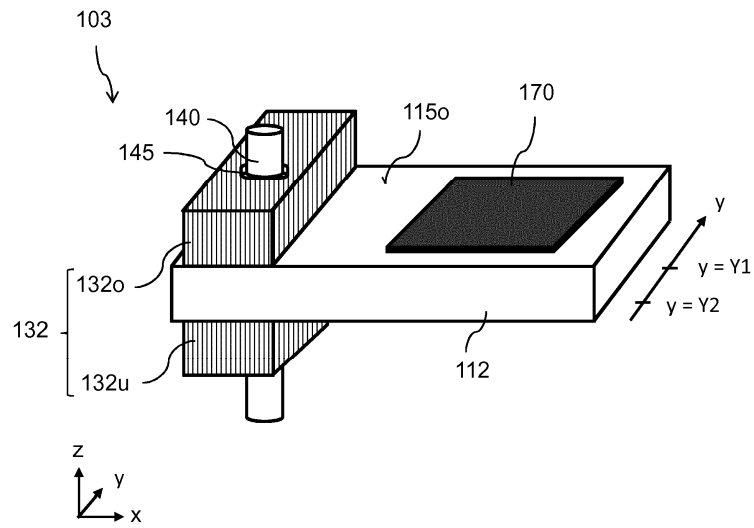
Фиг. 1А



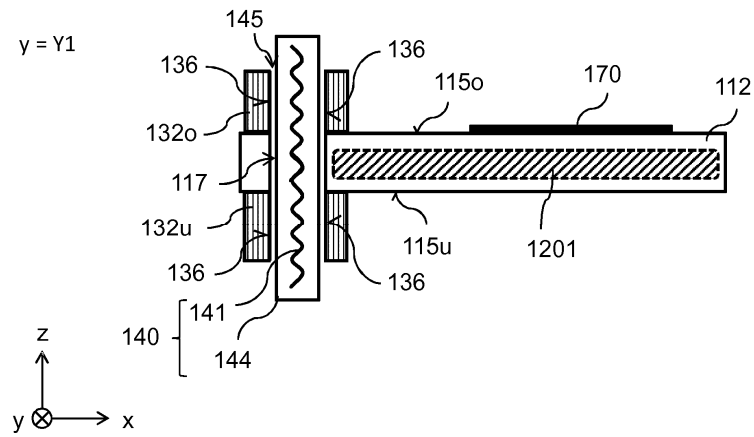
Фиг. 1В



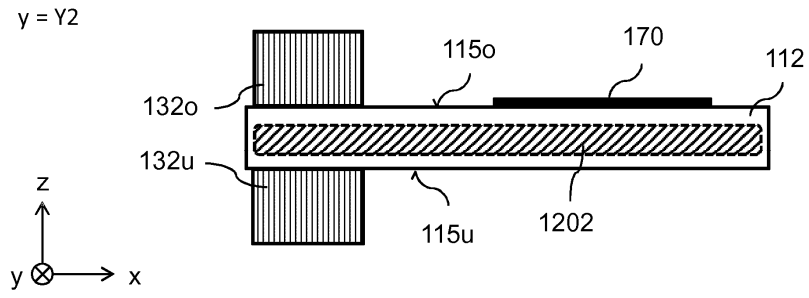
Фиг. 2



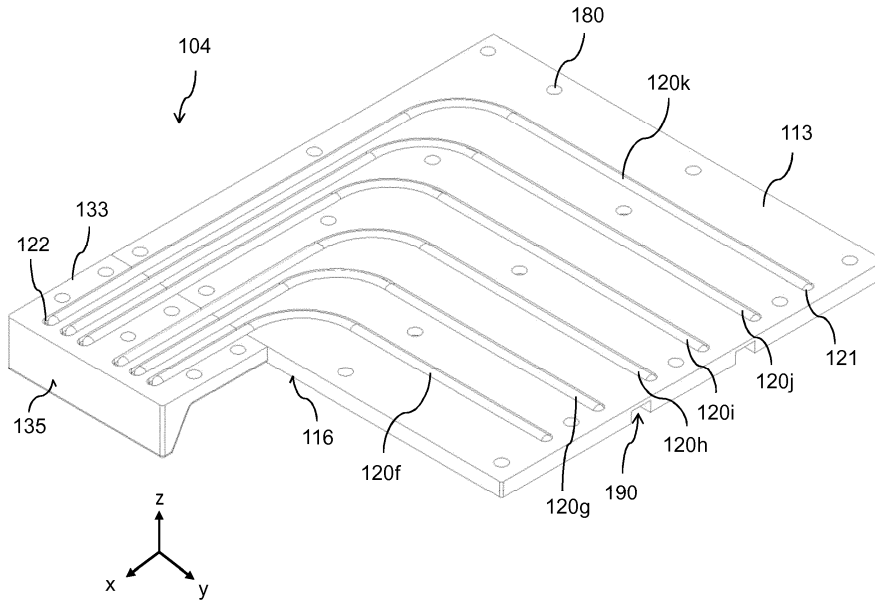
Фиг. 3А



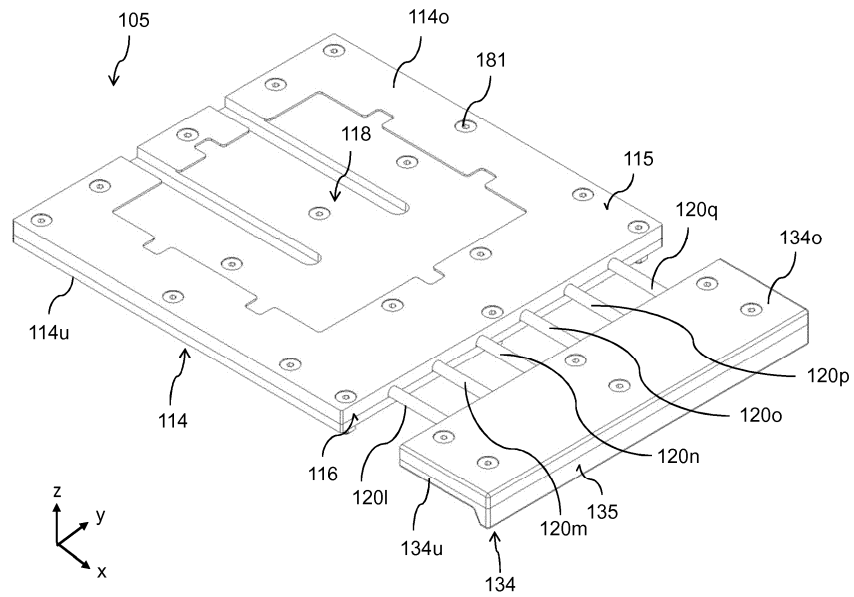
Фиг. 3В



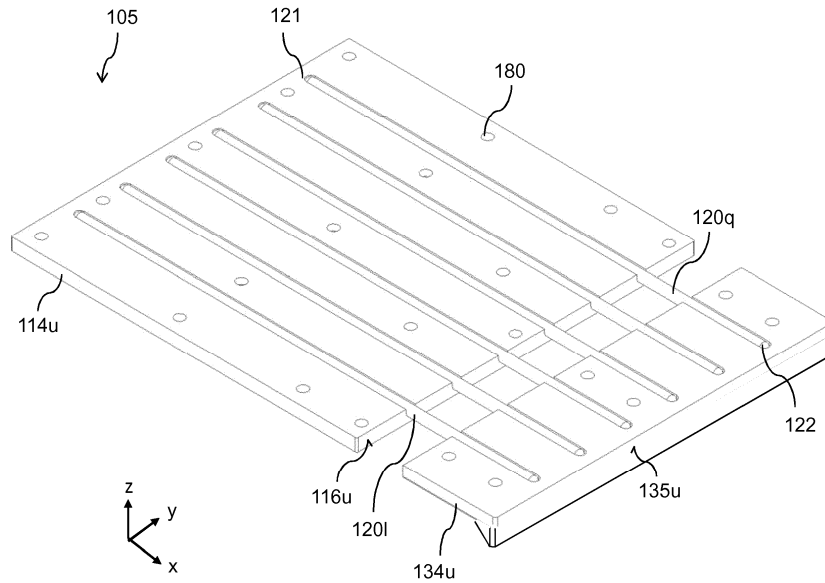
Фиг. 3С



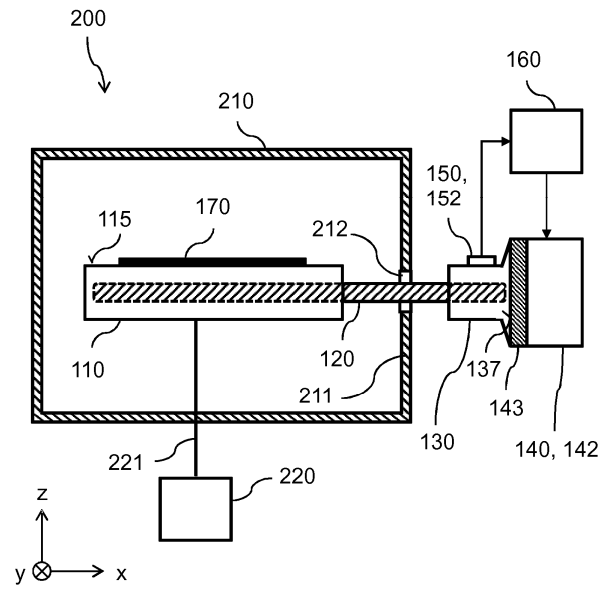
Фиг. 4



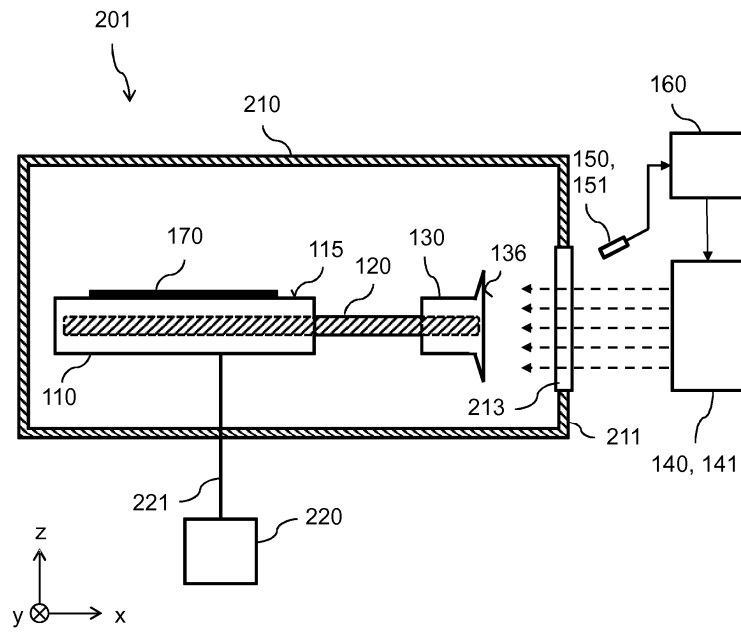
Фиг. 5А



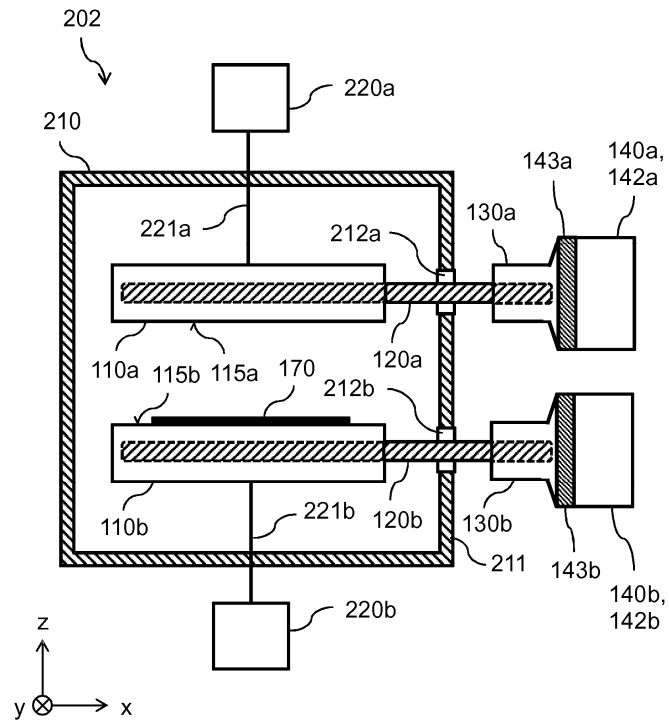
Фиг. 5В



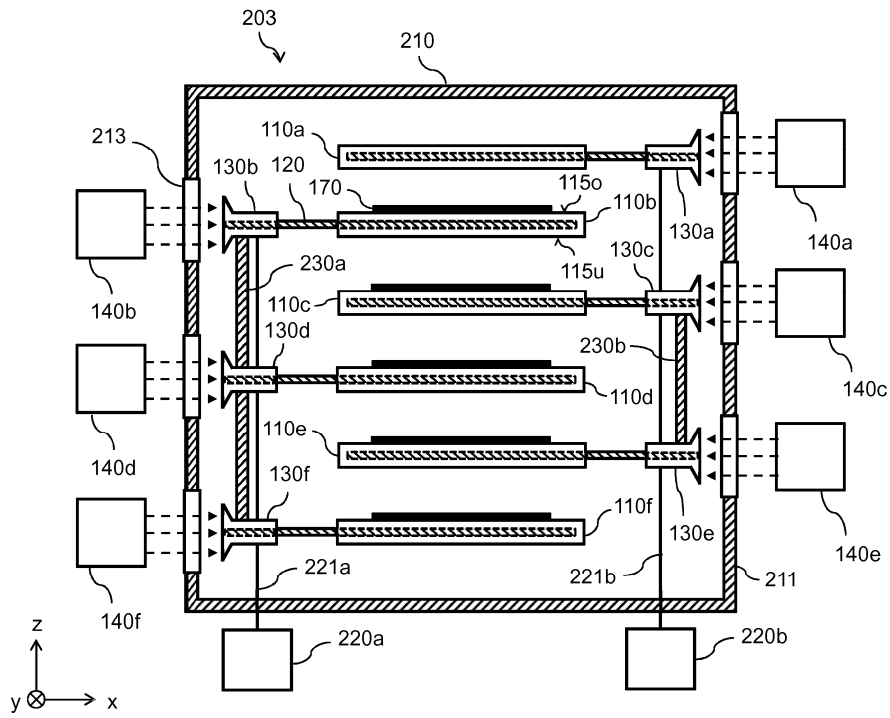
Фиг. 6А



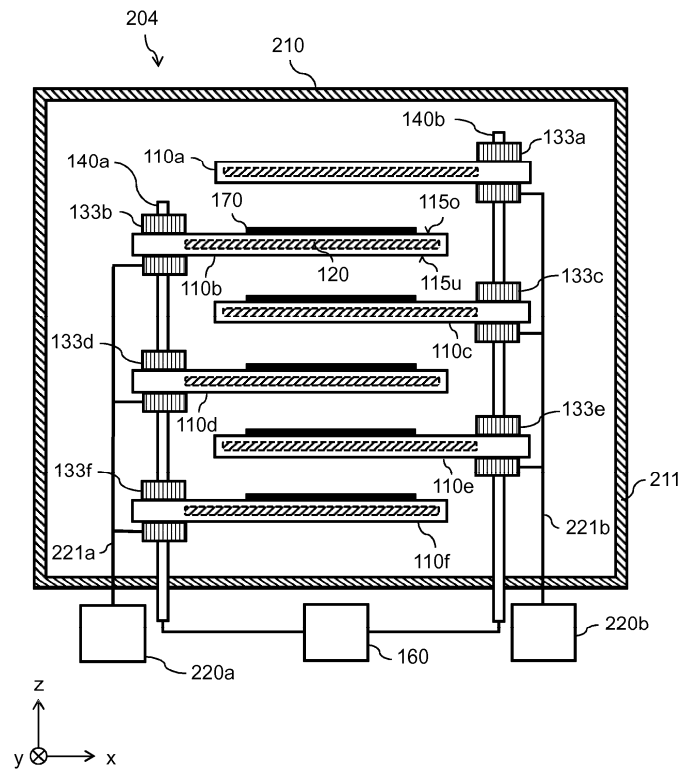
Фиг. 6В



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

