

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014127520, 23.11.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.11.2012Дата регистрации:
03.10.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
05.12.2011 US 61/566,836

(43) Дата публикации заявки: 27.01.2016 Бюл. № 3

(45) Опубликовано: 03.10.2017 Бюл. № 28

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 07.07.2014(86) Заявка РСТ:
EP 2012/004848 (23.11.2012)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2013/083238 (13.06.2013)Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"(72) Автор(ы):
КРАССНИЦЕР Зигфрид (AT)(73) Патентообладатель(и):
ЭРЛИКОН СЕРФИЗ СОЛЮШНЗ АГ,
ПФЕФФИКОН (CH)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: WO 2009071667 A1, 11.06.2009. WO
2007147582 A1, 27.12.2007. EP 1553206 A1,
13.07.2005. DE 10 2006 017382 A1, 16.05.2007.
US 2005098430 A1, 12.05.2005.C2
0
1
2
3
2
2
R
U
C2R
U2
6
3
2
2
1
0C
2

(54) СПОСОБ РЕАКТИВНОГО РАСПЫЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу реактивного распыления, в котором посредством ионной бомбардировки с поверхности первой мишени выбивается материал и переходит в газовую fazу, при этом к мишени прилагается отрицательное импульсное напряжение таким образом, что на поверхности мишени возникает электрический ток с плотностью тока, составляющей более 0,5 A/cm², так что переходящий в газовую fazу материал, по меньшей мере, частично ионизирован и в нем создается поток реактивного газа, реактивный газ вступает в реакцию с материалом поверхности мишени. Длительность импульса напряжения выбирают таким образом,

что во время импульса напряжения поверхность мишени на месте или местах, по которым протекает ток, большую часть времени, по меньшей мере, частично покрыта смесью реактивного газа с материалом мишени, и, следовательно, поверхность мишени находится в первом промежуточном состоянии, и это покрытие в конце импульса напряжения меньше, чем в начале импульса напряжения, и, следовательно, поверхность мишени в конце импульса напряжения находится во втором промежуточном состоянии. Технический результат - повышение стабильности процесса распыления. 3 н. и 14 з.п. ф-лы, 6 ил.

RUSSIAN FEDERATION



(19)

RU (11)

2 632 210⁽¹³⁾ **C2**

(51) Int. Cl.

H01J 37/34 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2014127520, 23.11.2012

(24) Effective date for property rights:
23.11.2012

Registration date:
03.10.2017

Priority:

(30) Convention priority:
05.12.2011 US 61/566,836

(43) Application published: 27.01.2016 Bull. № 3

(45) Date of publication: 03.10.2017 Bull. № 28

(85) Commencement of national phase: 07.07.2014

(86) PCT application:
EP 2012/004848 (23.11.2012)

(87) PCT publication:
WO 2013/083238 (13.06.2013)

Mail address:
129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, stroenie 3,
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

KRASSNITT SERFIZ Zigfrid (AT)

(73) Proprietor(s):

ERLIKON SERFIZ SOLYUSHNZ AG,
PFEFFIKON (CH)

R U
2 6 3 2 2 1 0 C 2

(54) METHOD OF REACTIVE SPRAY

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: by means of ion bombardment the material is knocked out from the surface of the first target and passes into gas phase. Negative impulse voltage is applied to the target in such a way that electric current appears on the target surface with current density of more than 0.5 A/cm², so that the material passing into the gas phase is at least partially ionized and reactive gas stream is created in it, reactive gas reacts with the material of the target surface. The duration of voltage pulse is selected such that during

the voltage pulse the target surface, in place or places at which the current flows, are most of the time at least partially covered by the reactive gas mixture with target material, and, therefore, the target surface is in the first intermediate state, and this coating at the end of voltage pulse is smaller than at the beginning of voltage pulse, and, therefore, the target surface at the end of voltage pulse is in the second intermediate state.

EFFECT: increasing the stability of spraying process.

17 cl, 6 dwg

Предлагаемое изобретение относится к способу реактивного распыления. При распылении, которое известно также как катодное распыление, посредством ионной бомбардировки с поверхности твердого тела (мишени), образующего катод, выбивается материал и переходит в газовую фазу. К катоду прикладывается отрицательный потенциал, чтобы ускорить подаваемые в его направлении ионы. Распыление используют зачастую для нанесения покрытия на подложки. Подложки помещают вблизи мишени или перемещают рядом с ним. Выбиваемый из катода (распыленный) газообразный материал осаждается затем на подложки. При этом речь идет, следовательно, об осаждении из газовой фазы и относится к известному под названием PVD (physical vapor deposition) способу нанесения покрытий. Чтобы распыленный материал по большей части беспрепятственно, то есть без столкновений с другими частицами, попадал на подложки, необходимо создавать лишь незначительное давление газа окружающей среды. Средние свободные пробеги должны быть, по меньшей мере, такой же длины, как и расстояние от катода к подложкам. Поэтому нанесение покрытия путем распыления происходит в технологической вакуум-камере. Типовые рабочие давления составляют $5 \cdot 10^{-3}$ мбар или ниже.

Чтобы генерировать необходимые для бомбардировки катода ионы, в технологическую камеру подают инертный рабочий газ. За частую в качестве рабочего газа используют аргон. Путем ударной ионизации ионизируются атомы рабочего газа. При ударной ионизации по существу свободные электроны сталкиваются с атомами и ионизируют их. Таким образом образуется плазма, из которой ионы притягиваются катодом. Поэтому для данного процесса характерна высокая плотность электронов. При так называемом магнетронном распылении позади катода располагают магнитную систему, магнитное поле которой выступает в зону за пределами поверхности мишени. Эта выступающая часть магнитного поля, которая обычно выполнена как туннель и в случае прямоугольных катодов зачастую напоминает по форме рейстрак (racetrack), принуждает электроны к движению по спиральной траектории. Вынужденное таким образом продление пути пробегов увеличивает число столкновений на каждый электрон и способствует более эффективной ионизации атомов рабочего газа.

За счет приложенного к катоду отрицательного потенциала создается ускорение ионов рабочего газа в его направлении. Поэтому в ходе распыления создается магнитный поток, который должен поддерживаться мощным генератором. В случае классического способа распыления степень ионизации выбитого из мишени материала очень мала. Но если работать с плотностями тока, составляющими более $0,5 \text{ A/cm}^2$, степень ионизации резко повышается. Эта ионизация распыленного материала предпочтительно может быть использована при создании слоистой структуры. Однако высокая плотность тока на мишени приводит к высокому вводу энергии в мишень и, следовательно, к ее нагреванию. По этой причине при таких плотностях тока работают только в импульсном режиме, чтобы дать мишени время для охлаждения. Такой способ называется магнетронным распылением импульсами высокой мощности (high-power impulse magnetron sputtering, HiPIMS).

В связи с тем, что в способе в обязательном порядке по поверхности мишени проходят электрические токи, способ распыления ограничен электропроводящими материалами. Впрочем, в ходе распыления в технологическую камеру может быть подан реактивный газ, который затем входит в соединение с распыленным материалом. Конечно, при определенном потоке реактивного газа происходит резкое падение скорости. Это признак того, что поверхность мишени в результате реакции реактивного газа с материалом мишени оказалась покрытой непроводящим или плохо проводящим слоем.

В этом случае говорят о загрязненной мишени. Так называемое металлическое состояние удается вновь восстановить лишь посредством резкой отмены подачи реактивного газа.

На фиг. 1 показан типовой гистерезис на примере оптических сигналов для алюминия и хрома с короткой длительностью импульса (70 мкс) разряда HiPIMS. При этом мощность импульса составляла $500 \text{ Вт}/\text{см}^2$ и усредненная по времени мощность $2,5 \text{ кВт}$. Сплошными линиями показаны оптические сигналы для хрома (520 нм), пунктирными линиями показаны оптические сигналы для алюминия (396 нм). Верхние линии связаны с растущим потоком кислорода, нижние линии связаны с падающим потоком кислорода. Наглядно показано падение скорости от критического потока кислорода. При этом скорость в «загрязненном» режиме падает до очень небольших значений, то есть примерно коэффициент в 100 раз меньше, чем скорость в «металлическом» режиме. В «загрязненном» режиме поверхность мишени окислена. Лишь путем резкого отвода потока кислорода поверхность мишени может быть вновь возвращена в металлическое состояние.

Имеются различные попытки предотвращения такого гистерезиса. В публикации WO 03/006703 Nyberg и др. предлагают метод реактивного распыления, который за счет пространственного ограничения потоков плазмы (racetrack - рейтстраков плазмы) создает высокую плотность тока на мишени распыления. Это приводит к ограничению плазмы на небольшой зоне поверхности мишени. Nyberg и др. описывают, что при этом важно перемещать эту зону, с одной стороны, достаточно медленно, чтобы обеспечить в большой степени распыление в «металлическом» режиме, и вместе с тем, с другой стороны, достаточно быстро, чтобы избежать расплавления поверхности мишени.

В свою очередь, Wallin и др. в документе WO 2009010330 описывают способ HiPIMS, осуществляемый в импульсном режиме, причем длительность импульсов лежит в интервале от 2 мкс до 200 мкс. При этом применяют напряжения в диапазоне от 200 В до 2000 В. Прикладывают плотности мощности, составляющие более $200 \text{ Вт}/\text{см}^2$. Генератор, оснащенный импульсным блоком, генерирует соответствующие импульсы мощности. Таким образом, при каждом импульсе магнетронный распылитель создает тлеющий разряд с возрастающим до максимума током, что приводит к максимальной импульсной мощности. Между двумя следующими друг за другом импульсами не осуществляется подача электрической мощности в систему для нанесения покрытия.

Используются потоки кислорода, которые колеблются между 200 и 2000 $\text{см}^3/\text{мин}$ при стандартных условиях. Как раскрывается Wallin и др., на подложке, на которую необходимо нанести покрытие, создаются, таким образом, реактивные условия, при которых мишень одновременно находится по существу в металлическом состоянии, то есть поверхность мишени незначительно покрыта реактивным газом.

Nyberg et al., так же как и Wallin et al., выбирают, следовательно, параметры процесса таким образом, что распыление происходит в металлической mode мишени. В настоящем изобретении предусматривается другое решение. Раскрывается метод осуществления распыления в тлеющем разряде в комбинации с высокими плотностями тока (HiPIMS), составляющими более $0,5 \text{ А}/\text{см}^2$. Для мишени, которая в начале импульса мощности находится в первом промежуточном состоянии между загрязненным и металлическим состоянием, плотность тока или полученная таким образом плотность мощности распыления в комбинации с длительностью импульса выбирают таким образом, что процесс реактивного распыления в конце импульса мощности находится во втором промежуточном состоянии между загрязненным и металлическим состоянием, причем

второе промежуточное состояние имеет по существу более металлический характер, чем первое промежуточное состояние. При этом первое промежуточное состояние может быть также абсолютно загрязненным состоянием, а второе промежуточное состояние может быть также металлическим состоянием. Однако преимущественно

- 5 первое промежуточное состояние по существу не соответствует абсолютно загрязненному состоянию и/или второе промежуточное состояние по существу не соответствует металлическому состоянию. Существенным при этом является, что в отличие от уровня техники, по большей части осуществляется распыление мишени не в металлическом состоянии, а согласно изобретению за счет приложения определенного
- 10 энергетического импульса состояние более или менее загрязненной мишени переходит во время импульса в состояние металлической мишени. Эффективная, по меньшей мере, частичная очистка мишени от загрязнения достигается при этом, с одной стороны, за счет характерной для процесса HiPIMS высокой плотности тока и, с другой стороны, за счет достаточной продолжительности импульса. Пауза между импульсами выбирается
- 15 в данном случае настолько длинной или настолько короткой, чтобы загрязнение мишени соответствовало первому промежуточному состоянию. Очередной импульс, в свою очередь, обеспечивает последующее очищение мишени до второго промежуточного состояния. Длительность импульса согласно изобретению находится в интервале между 50 мкс и 100 мс. Однако собственно стабилизирующий процесс эффект наступает
- 20 примерно выше 500 мкс. Поэтому предпочтительная длительность импульса согласно изобретению находится между 500 мкс и 100 мс, при этом особенно предпочтительная длительность импульса находится между 1 мс и 10 мс, и наиболее предпочтительно длительность импульса составляет от 1 мс до 5 мс.

Как описано выше, согласно изобретению прикладывают определенный

- 25 энергетический импульс. Это может быть достигнуто за счет того, что в отличие от вышеупомянутого уровня техники между следующими друг за другом импульсами на мишени не прекращается подача мощности в систему для нанесения покрытия, а наоборот, к нескольким мишениям поочередно подводится мощность, так что отбор мощности в систему для нанесения покрытия осуществляется по существу непрерывно
- 30 и постоянно в течение нескольких серий импульсов. Так как во время этих серий импульсов отдача мощности не прекращается, то не требуются дополнительных интервалов при подаче мощности. Может быть использован простой генератор постоянного тока, который в серии импульсов постоянно отдает свою мощность в систему для нанесения покрытия. В результате на отдельных мишениях могут быть
- 35 осуществлены очень хорошо определенные и репродуцируемые импульсы мощности. Такой метод подачи последовательных импульсов мощности описан, например, в документе WO 2012/143091 настоящего заявителя. Объект WO 2012/143091 включен в настоящее описание посредством ссылки.

Как результат метода согласно изобретению получается очень стабильный процесс

- 40 без гистерезиса разряда распыления относительно давления реактивного газа и высокая скорость нанесения покрытия. Это относится, в частности, к процессам оксидного распыления, например, при изготовлении оксида алюминия. Другое преимущество способа состоит в высокой плотности тока разряда распыления согласно изобретению, которая повышает ионизацию распыленных частиц.

- 45 Ниже изобретение более детально поясняется в качестве примера на чертежах, на которых изображено.

Фиг. 1 - типовой гистерезис согласно уровню техники.

Фиг. 2 - скриншот импульса мощности согласно изобретению на распыляемом

катоде.

Фиг. 3 - падение скорости в реактивном процессе с кислородом как реактивным газом при использовании с длинными импульсами HiPIMS.

Фиг. 4 - характеристика оптического сигнала для 5-часового процесса нанесения

5 покрытия.

Фиг. 5а-5д - характеристика импульсов напряжения и тока в различных рабочих точках.

Фиг. 6 - изображение возможности регулирования реактивного процесса распыления на основе значений напряжения.

10 На фиг. 2 показан импульс мощности согласно изобретению на распыляемом катоде. В этом примере в качестве материала мишени используется мишень AlCr (70:30) и поддерживается кислородный поток $40 \text{ см}^3/\text{мин}$ при стандартных условиях. На фигуре показано, что напряжение разряда очень чувствительно реагирует на загрязнение 15 поверхности мишени в потоке распыления (Sputterracetrack - рейстрэк распыления):

- В начале импульса мощности уровень напряжения $U_1=400 \text{ В}$. Это соответствует загрязненной (в данном примере окисленной) мишени.

- В конце импульса мощности, который постоянно составляет $500 \text{ Вт}/\text{см}^2$, уровень напряжения $U_2=680 \text{ В}$ соответствует частично окисленному состоянию поверхности 20 мишени.

Из этого можно сделать вывод о том, что часть поверхности мишени, соответствующая потокам плазмы (рейстрек плазмы), во время длительности импульса в начале является окисленной, затем переходит в промежуточное состояние и становится частично окисленной или соответственно металлической.

25 Если применяются длинные импульсы HiPIMS, например 5 мс при мощности импульса, составляющей вновь 500 Вт, то при возрастающем потоке реактивного газа (например, кислорода) наблюдается постоянное падение скорости (см. фиг. 3). Удивительным образом, падение скорости остается равномерным и не приводит к гистерезисной характеристике. Посредством способа согласно изобретению обеспечивается таким образом возможность регулировать рабочую точку при любом 30 состоянии мишени.

Способ согласно изобретению является исключительно стабильным. Чтобы доказать это, процесс нанесения покрытия продолжался с вышеназванными параметрами на протяжении 5 часов, при этом в течение этого времени выбирались различные потоки 35 кислорода и, следовательно, рабочие точки. Начали с металлического слоя, затем следовали различные участки с различными потоками кислорода. На фиг. 4 показана характеристика оптического сигнала плазменной эмиссии HiPIMS на основе линий спектра испускания алюминия и хрома в зависимости от времени. Наглядно показано, что процесс нанесения покрытия протекал в течение всего времени очень стабильно.

40 В дополнение на фиг. 5 показана характеристика импульсов напряжения и тока в различных рабочих точках диаграммы, показанной на фиг. 4. На фиг. 5а показаны характеристики, когда в камеру не подается реактивный газ. Реализуется чисто «металлический» режим. Напряжение остается относительно постоянным. Это относится также к току. На фиг. 5б преобладает поток реактивного газа $50 \text{ см}^3/\text{мин}$ при 45 стандартных условиях. Напряжение разряда начинается при 380 В и заканчивается при 560 В. Таким образом, металлическое состояние поверхности мишени еще не достигнуто. На фиг. 5с преобладает поток реактивного газа, составляющий вначале $45 \text{ см}^3/\text{мин}$ при стандартных условиях, а затем $40 \text{ см}^3/\text{мин}$ при стандартных условиях. Напряжение

разряда в конце импульса повысилось теперь до 580 В, значение заданное металлической поверхностью, но еще не достигнутое. На фиг. 5d поток реактивного газа, наконец, составляет 30 см³/мин при стандартных условиях. При этом потоке реактивного газа разрядное напряжение вначале находится на уровне 400 В, а в конце импульса находится на уровне 700 В, то есть с окончанием импульса предположительно достигается по существу металлическое состояние поверхности мишени. При этом очевидно, что с растущим окислением поверхности мишени падает начальное значение разрядного напряжения импульса мощности. Длительность импульса высокой мощности обеспечивает, что мишень в конце импульса мощности вновь принимает состояние в переходной области между окисленным и металлическим или является металлической, поскольку при полном окислении поверхности мишени напряжение постоянно имело бы низкое начальное значение. Однако в отличие от уровня техники во время импульса не происходит распыления большей части металлической поверхности мишени.

Способ согласно изобретению обеспечивает, кроме того, возможность нового и обладающего изобретательским уровнем регулирования реактивного процесса.

Согласно известному уровню техники регулирование осуществляется либо посредством оптической эмиссии, либо посредством постоянного разрядного напряжения. Эти оба способа можно стабильно использовать в переходной области реактивного процесса. В частности, регулирование напряжения является в целом простым, стабильным и очень чувствительным процессом.

Разрядное напряжение окисленной поверхности мишени, например оксида алюминия или AlCrO_x, находится в диапазоне 300-400 В. Напряжение при частичном окислении соответственно выше, а напряжение при металлическом распылении лежит в диапазоне примерно 600-800 В. Это может быть предпочтительно использовано согласно изобретению для регулирования реактивного процесса в способе с по существу постоянной отдачей мощности во время импульса мощности. Согласно изобретению процесс может регулироваться посредством начального значения напряжения и конечного значения напряжения импульса мощности. Это означает, что реактивный процесс распыления регулируют на базе значения напряжения в начале импульса мощности HiPIMS и соответствующего значения напряжения в конце импульса мощности. Схематично это изображено на фиг. 5.

Следовательно, мощность импульса и длительность импульса реактивного способа распыления HiPIMS согласно изобретению выбирают таким образом, что вначале импульса образуется определенное сильно окисленное состояние мишени и в конце импульса, определенное, по меньшей мере, более слабо окисленное состояние мишени, причем это показано с помощью характеристики напряжения.

Следует также указать на то, что в качестве реактивного газа для способа согласно изобретению используют кислород, азот, C₂H₂, CH₄ и их смеси. Так, при распылении согласно изобретению с кислородом может добавляться, например, азот в качестве второго реактивного газа.

При распылении согласно изобретению с азотом могут добавляться, например, C₂H₂ или CH₄ в качестве второго реактивного газа.

Раскрыт способ реактивного распыления, в котором посредством ионной бомбардировки с поверхности первой мишени выбивается материал и переходит в газовую фазу, при этом к мишени импульсами прикладывается отрицательное напряжение таким образом, что на поверхности мишени возникает электрический ток с плотностью тока, составляющей более 0,5 А/см², так что переходящий в газовую фазу

материал, по меньшей мере, частично ионизирован и в нем создается поток реактивного газа и реактивный газ вступает в реакцию с материалом поверхности мишени. При этом длительность импульсного напряжения выбирают таким образом, что во время импульса напряжения поверхность мишени на месте или местах, по которым протекает ток, большую часть времени, по меньшей мере, частично покрыта смесью реактивного газа с материалом подложки, и, следовательно, поверхность подложки находится в первом промежуточном состоянии, и это покрытие в конце импульса напряжения является меньшим, чем в начале импульса напряжения, и, следовательно, поверхность подложки в конце импульса напряжения находится во втором промежуточном состоянии.

Импульс мощности, сгенерированный напряжением и током, может сохраняться, по меньшей мере, в течение большей части длительности импульса, преимущественно по существу в продолжение всей длительности импульса на постоянной, по существу, амплитуде мощности.

Длительность импульса может находиться между 500 мкс и 100 мс, предпочтительно между 1 мс и 10 мс и особенно предпочтительно между 1 мс и 5 мс.

Пауза или паузы между первым импульсом и более поздним импульсом может/могут быть выбраны таким образом, что в это время реактивный газ может вступать в реакцию с поверхностью мишени настолько, что в начале следующего импульса поверхность мишени относительно покрытия находится по существу в одинаковом промежуточном состоянии, как и в начале первого импульса. Более поздний импульс может быть импульсом, непосредственно следующим за первым импульсом, так что в промежутке между ними нет другого импульса.

Может быть использована, по меньшей мере, одна вторая мишень, и для импульсной нагрузки напряжением подача мощности может переключаться последовательно от первой мишени на вторую мишень и, при необходимости, последовательно на другие мишени, так что во время, по меньшей мере, одной такой последовательности отдача мощности подводящего мощность генератора, которым предпочтительно является генератор постоянного тока, остается непрерывной.

Реактивный способ распыления может регулироваться таким образом, что импульс напряжения прекращается при достижении заранее определенного напряжения, соотнесенного со вторым промежуточным состоянием поверхности мишени.

Регулирование может осуществляться таким образом, что в случае недостижения заранее определенного напряжения в начале импульса, время прерывания выбирают короче, чем предыдущее время прерывания, и в случае превышения заранее определенного напряжения в начале импульса, время прерывания выбирают длиннее, чем предыдущее время прерывания.

Второе промежуточное состояние может быть, по существу, металлическим состоянием или не являться металлическим состоянием поверхности мишени.

Вышеописанный способ распыления применяют предпочтительно для нанесения покрытия на подложки. Однако по причине высокой ионной плотности он может быть использован также и в других способах, например травление распылением, очистка поверхности или ионная имплантация.

45 (57) Формула изобретения

1. Способ реактивного распыления, в котором посредством ионной бомбардировки с поверхности первой мишени выбивается материал и переходит в газовую фазу, при этом к мишени прилагают импульсное отрицательное напряжение таким образом, что

на поверхности мишени возникает электрический ток с плотностью тока, составляющей более $0,5 \text{ A/cm}^2$, так что переходящий в газовую фазу материал, по меньшей мере, частично ионизирован и в нем создается поток реактивного газа, и реактивный газ вступает в реакцию с материалом поверхности мишени, причем во время импульса напряжения поверхность мишени на месте или местах, по которым протекает ток, большую часть времени, по меньшей мере, частично покрыта соединением из реактивного газа и материала мишени и, следовательно, подвергаемая распылению поверхность мишени находится в первом промежуточном состоянии, отличающийся тем, что импульс мощности, произведенный напряжением и током, удерживается, по меньшей мере, в течение большей части длительности импульса, преимущественно, по существу, в продолжение всей длительности импульса на постоянной, по существу, амплитуде мощности, и плотность тока или полученную таким образом плотность мощности распыления и длительность импульса выбирают таким образом, что подвергнутая распылению поверхность мишени в конце импульса мощности находится во втором промежуточном состоянии, в котором покрытие поверхности мишени соединением из реактивного газа и материала мишени в конце импульса мощности является меньшим, чем в начале импульса мощности, и это видно в характеристике напряжения.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в начале импульса мощности измеряют первый уровень напряжения U_1 , а в конце импульса мощности измеряют второй уровень напряжения U_2 , причем $U_2 > U_1$.

3. Способ по одному из пп. 1 или 2, отличающийся тем, что длительность импульса находится между 500 мкс и 100 мс, предпочтительно между 1 мс и 10 мс и особенно предпочтительно между 1 мс и 5 мс.

4. Способ по одному из пп. 1 или 2, отличающийся тем, что период прерывания или периоды прерывания между первым импульсом и более поздним импульсом выбирают таким образом, чтобы в это время реактивный газ вступал в реакцию с поверхностью мишени настолько, что в начале следующего импульса поверхность мишени относительно покрытия поверхности мишени соединением из реактивного газа и материала мишени находится по существу в одинаковом промежуточном состоянии, как и в начале первого импульса.

5. Способ по п. 3, отличающийся тем, что период прерывания или периоды прерывания между первым импульсом и более поздним импульсом выбирают таким образом, чтобы в это время реактивный газ вступал в реакцию с поверхностью мишени настолько, что в начале следующего импульса поверхность мишени относительно покрытия поверхности мишени соединением из реактивного газа и материала мишени находится по существу в одинаковом промежуточном состоянии, как и в начале первого импульса.

6. Способ по п. 4, отличающийся тем, что более поздний импульс представляет собой импульс, непосредственно следующий за первым импульсом, так что в промежутке между ними нет другого импульса.

7. Способ по одному из пп. 1, 2, 5, 6, отличающийся тем, что используют, по меньшей мере, одну вторую мишень и для импульсной нагрузки напряжением ввод мощности переключают последовательно от первой мишени на вторую мишень и, при необходимости, последовательно на другие мишени, так что во время, по меньшей мере, одной такой последовательности отдачу мощности с подводящего мощность генератора, которым предпочтительно является генератор постоянного тока, не прерывают.

8. Способ по п. 3, отличающийся тем, что используют, по меньшей мере, одну вторую мишень и для импульсной нагрузки напряжением ввод мощности переключают последовательно от первой мишени на вторую мишень и, при необходимости, последовательно на другие мишени, так что во время, по меньшей мере, одной такой последовательности отдачу мощности с подводящего мощность генератора, которым предпочтительно является генератор постоянного тока, не прерывают.

9. Способ по п. 4, отличающийся тем, что используют, по меньшей мере, одну вторую мишень и для импульсной нагрузки напряжением ввод мощности переключают последовательно от первой мишени на вторую мишень и, при необходимости, последовательно на другие мишени, так что во время, по меньшей мере, одной такой последовательности отдачу мощности с подводящего мощность генератора, которым предпочтительно является генератор постоянного тока, не прерывают.

10. Способ по одному из пп. 1, 2, 5, 6, 8 или 9, отличающийся тем, что второе промежуточное состояние - это по существу металлическое состояние или неметаллическое состояние поверхности мишени.

11. Способ по п. 3, отличающийся тем, что второе промежуточное состояние - это по существу металлическое состояние или неметаллическое состояние поверхности мишени.

12. Способ по п. 4, отличающийся тем, что второе промежуточное состояние - это по существу металлическое состояние или неметаллическое состояние поверхности мишени.

13. Способ по п. 7, отличающийся тем, что второе промежуточное состояние - это по существу металлическое состояние или неметаллическое состояние поверхности мишени.

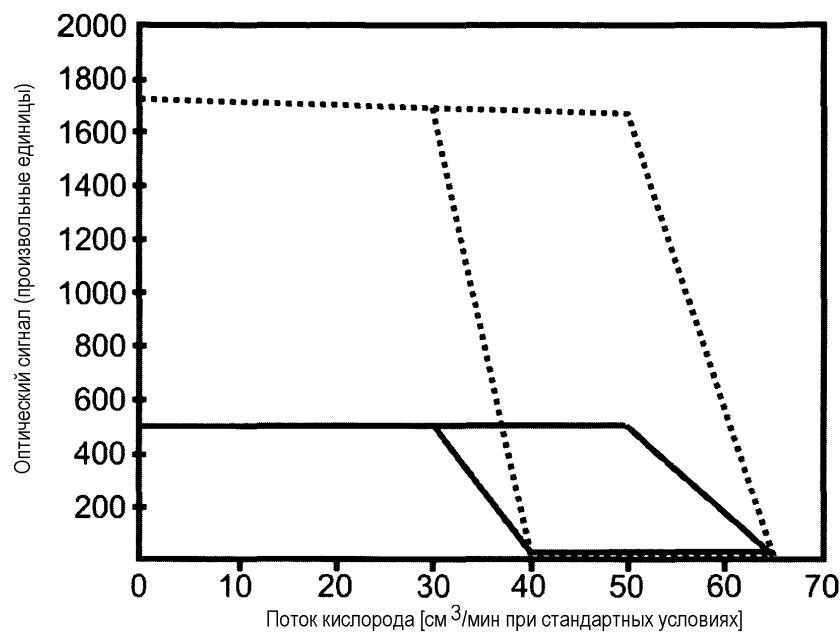
14. Способ регулирования способа реактивного распыления по одному из пп. 1-13, отличающийся тем, что импульс напряжения прекращают при достижении заранее определенного напряжения, соотнесенного со вторым промежуточным состоянием поверхности мишени.

15. Способ по п. 14, отличающийся тем, что второе промежуточное состояние - это по существу металлическое состояние или неметаллическое состояние поверхности мишени.

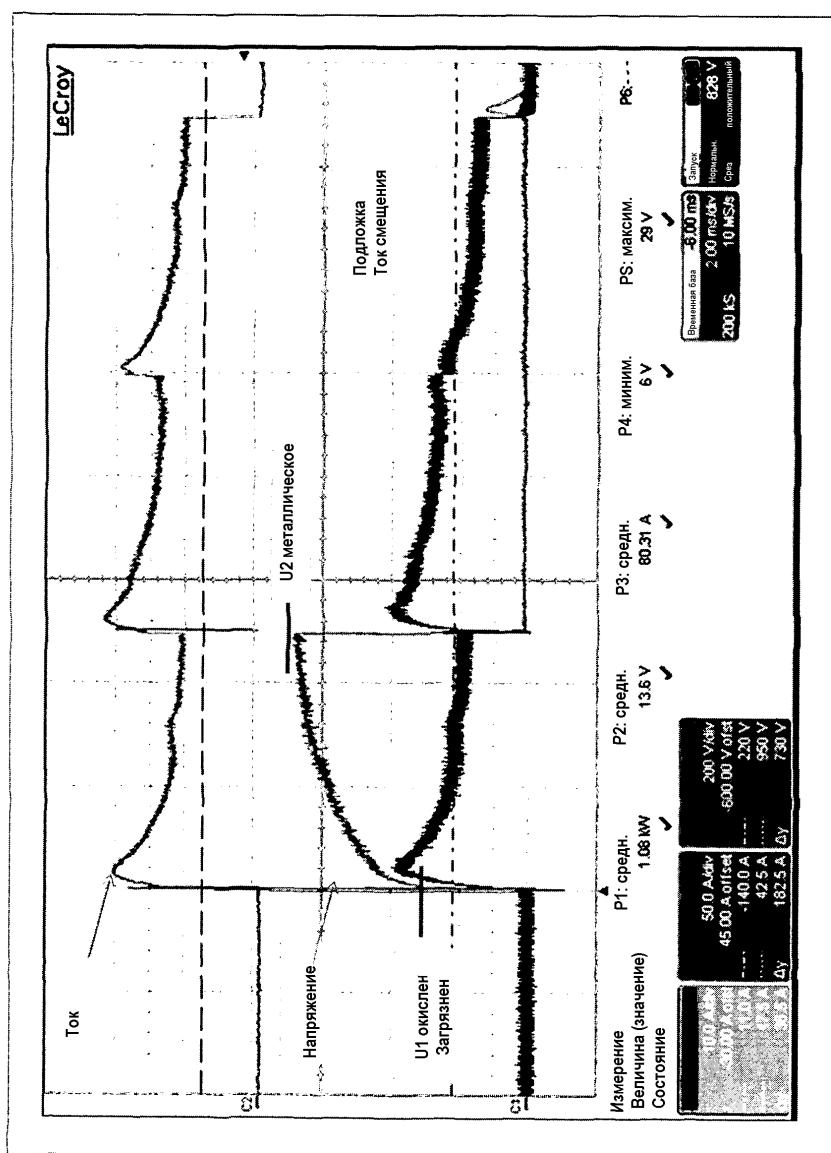
16. Способ регулирования способа реактивного распыления по одному из пп. 1-13, отличающийся тем, что в случае недостижения заранее определенного напряжения в начале импульса период прерывания выбирают короче, чем предыдущий период прерывания, и в случае превышения заранее определенного напряжения в начале импульса период прерывания выбирают длиннее, чем предыдущий период прерывания.

17. Способ по п. 16, отличающийся тем, что второе промежуточное состояние - это по существу металлическое состояние или неметаллическое состояние поверхности мишени.

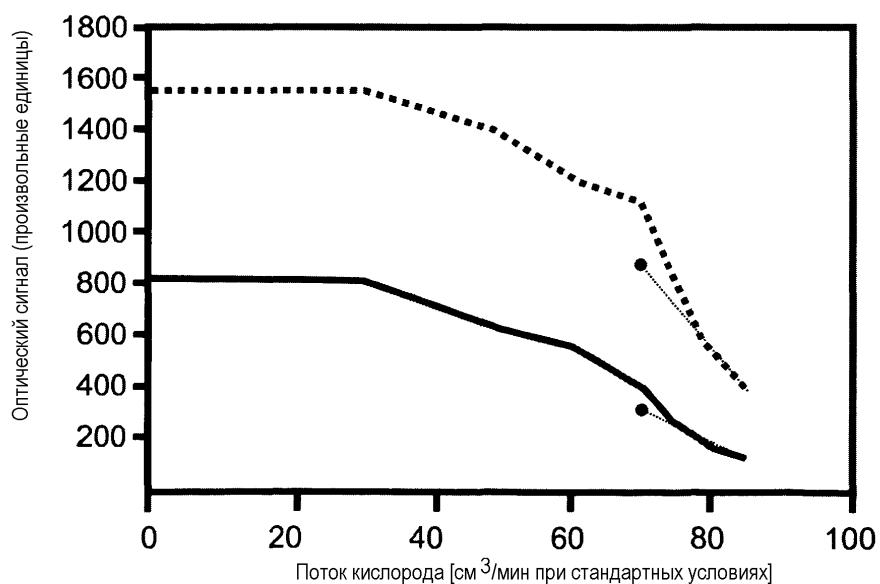
Фиг. 1



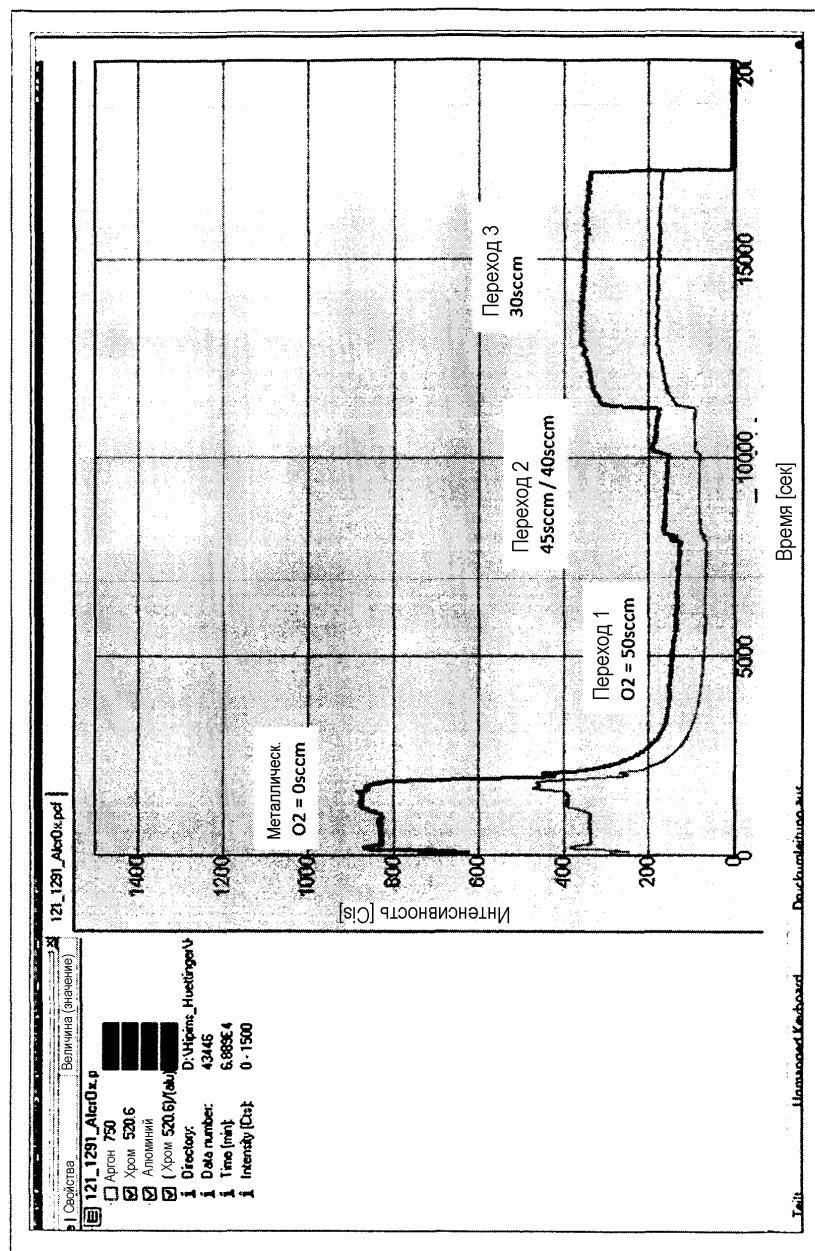
ФИГ. 2



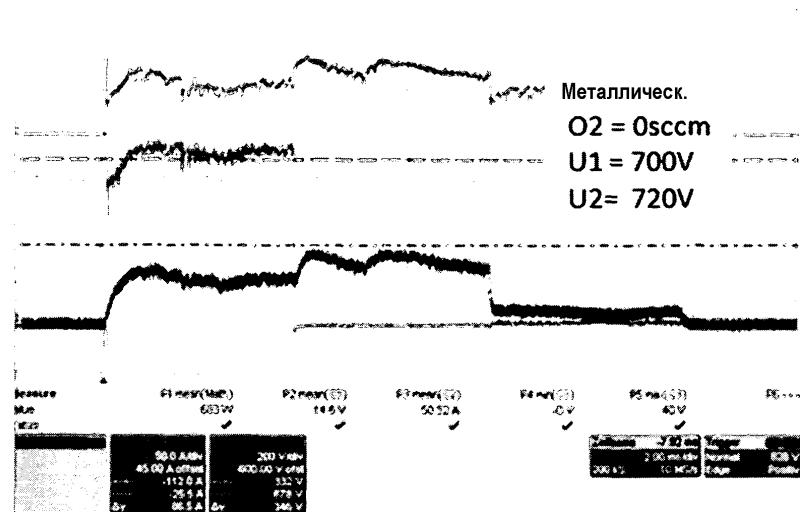
Фиг. 3



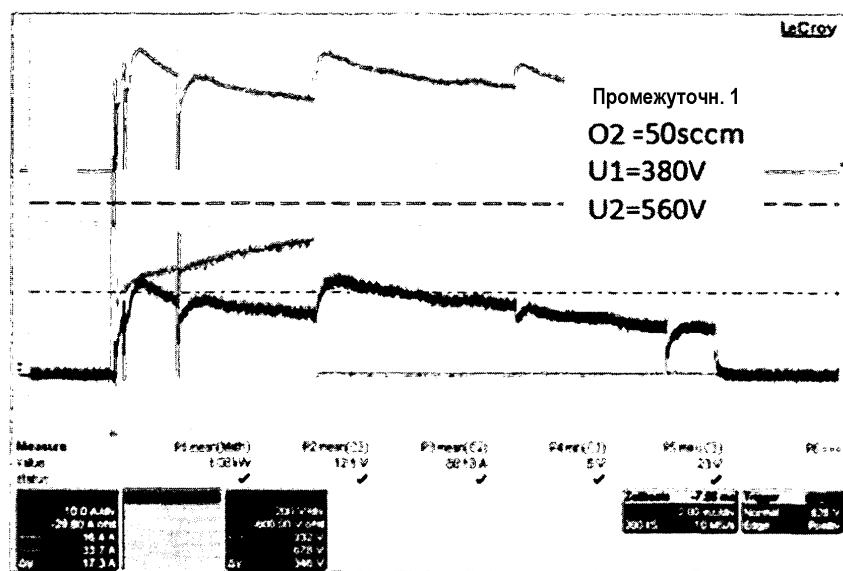
Фиг. 4



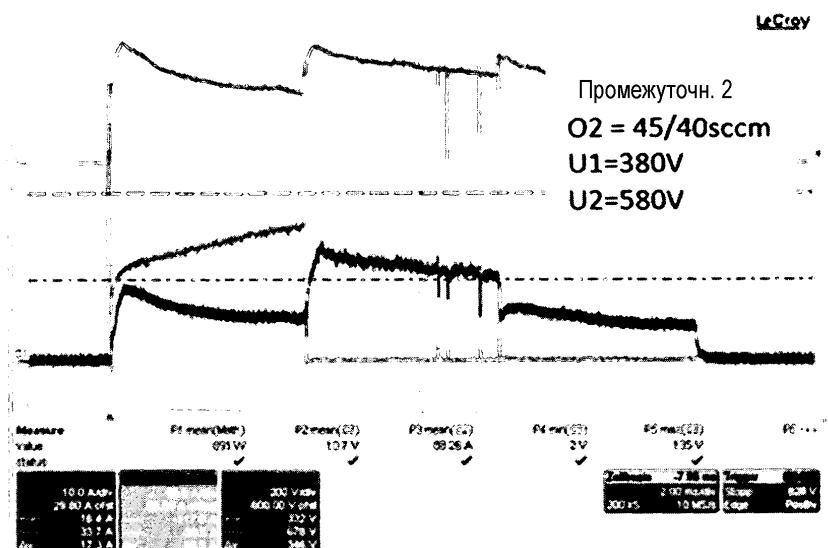
Фиг. 5а



Фиг. 5б



Фиг. 5с



Фиг. 6

