

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро



(43) Дата международной публикации
9 июля 2009 (09.07.2009)

РСТ

(10) Номер международной публикации
WO 2009/084976 A1

(51) Международная патентная классификация:
H01J 9/02 (2006.01) **H01J 1/30** (2006.01)

[RU/RU]; ул. Транспортная, д. 38, кв. 50, Уфа, 450043, Ufa (RU).

(21) Номер международной заявки: РСТ/RU2007/000757

(74) Агент: **ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ЮРИДИЧЕСКАЯ
ФИРМА ГОРОДИССКИЙ И ПАРТНЕРЫ" (LAW
FIRM "GORODISSKY & PARTNERS" LTD.); МИЦ
Александр Владимирович и др., ул. Б. Спасская, д. 25,
строение 3, Москва, 129090, Moscow (RU).**

(22) Дата международной подачи:

28 декабря 2007 (28.12.2007)

(25) Язык подачи:

Русский

(26) Язык публикации:

Русский

(71) Заявитель (для всех указанных государств,
кроме US): **УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ РАН
(ИПСМ РАН) (INSTITUTE FOR METALS SU-
PERPLASTICITY PROBLEMS OF THE RUSSIAN
ACADEMY OF SCIENCES (IMSP RAS)) [RU/RU];
ул. Ст. Халтурина, 39, Уфа, 450001, Ufa (RU).**

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(72) Изобретатели; и

(75) Изобретатели/Заявители (только для US):
**МУЛЮКОВ, Радик Рафикович (MULYUKOV,
Radik Rafikovich) [RU/RU]; ул. Бессонова, д. 29,
кв. 20, Уфа, 450097, Ufa (RU). ЮМАГУЗИН, Юлай
Мухаметович (YUMAGUZIN, Yulai Mukhamet-
ovich) [RU/RU]; ул. Бакалинская, д. 68/3, кв. 95, Уфа,
450022, Ufa (RU). ЗУБАIROV, Линар Раисович
(ZUBAIROV, Linar Raisovich) [RU/RU]; Уфимское
шоссе, д. 6, кв. 45, Уфа, 450104, Ufa (RU). ХИСАМОВ,
Ринат Хамзович (KHISAMOV, Rinat Khamzovich)**

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), европейский патент (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ,
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

[продолжение на следующей странице]

(54) Title: COLD CATHODE AND A METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) Название изобретения: ХОЛОДНЫЙ КАТОД И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

(57) Abstract: The invention relates to electronic engineering, more specifically to the fields thereof using physical phenomenon of electron or ion-electron or cold emission, and discloses a cold cathode and a method for the production thereof. The inventive method for producing a cold cathode involves exposing a metal or alloy cathode billet to severe plastic deformation in such a way that the initial billet structure is converted into a fragmented structure containing nanometric fragments or into a mixed structure containing grains and nanometric fragments. Said method differs in that the cathode billet, after having been exposed to severe plastic deformation, is submitted to low-temperature annealing in order to convert at least some of the above-mentioned fragments into nanometric grains at a temperature equal to or greater than the cathode operational temperature T_{op} . The invention makes it possible to improve a method for producing a cold cathode by using severe plastic deformation and to increase the cathode efficiency by reducing the electron releasing work value.

(57) Реферат: Изобретение относится к электронной технике, более конкретно, к таким её областям, где используется физическое явление электронной или ионно-электронной, или автоэлектронной эмиссии и касается холодного катода и способа его изготовления. Предложен способ изготовления холодного катода, согласно которому заготовку катода из металла или сплава подвергают интенсивной пластической деформации с преобразованием исходной структуры заготовки во фрагментированную структуру, содержащую фрагменты нанометрического размера, или смешанную структуру, содержащую зерна и фрагменты нанометрического размера, отличающийся тем, что после интенсивной пластической деформации заготовку катода подвергают низкотемпературному отжигу для преобразования, по меньшей мере, части упомянутых фрагментов в зерна нанометрического размера при температуре не ниже рабочей температуры Траб катода. Изобретение является усовершенствование способа изготовления холодного катода с использованием интенсивной пластической деформации и позволяет еще более повысить эффективность катода за счет уменьшения значения работы выхода электрона.

WO 2009/084976 A1



Опубликована:

— с отчётом о международном поиске

ХОЛОДНЫЙ КАТОД И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Область техники

Изобретение относится к электронной технике, более конкретно, к таким её областям, где используется физическое явление электронной или ионно-5 электронной, или автоэлектронной эмиссии, и касается холодного катода и способа его изготовления.

Предшествующий уровень техники

Холодные катоды, работающие по принципу вторичной электронной или ионно-электронной эмиссии, или автоэлектронной эмиссии, широко 10 распространены. Они используются в таких устройствах, как вакуумные и газоразрядные приборы, в том числе, оптические квантовые генераторы, гелий-неоновые лазеры, индикаторные приборы, ионные источники. В частности, последние являются, в свою очередь, важной составной частью широко 15 используемых устройств: плазмотронов, масс-спектрометров. Характеристики холодных катодов определяют точность и эффективность работы перечисленных выше устройств. Требования к характеристикам холодных катодов возрастают с развитием микроэлектроники и наноэлектроники.

В большинстве перечисленных выше устройств в качестве холодных катодов используются катоды, изготовленные из алюминия, бериллия, магния, 20 железа, никеля, tantalа, молибдена и других металлов или сплавов на их основе [1]. Выбор определенного материала катода осуществляют, руководствуясь требованиями к его долговечности и эффективности, в последнем случае с учетом такой важнейшей эмиссионной характеристики металла или сплава, как работа выхода электрона. При прочих равных условиях снижение значения работы 25 выхода электрона позволяет получить, например, в ионном источнике, больший ионный ток при меньшем значении приложенного напряжения. Кроме того, например, в газоразрядных приборах, снижение значения работы выхода позволяет уменьшить давление газа и тем самым снизить нагрузку на вакуумную систему прибора, что, в конечном счете, приводит к повышению надежности 30 прибора.

Значения работы выхода электрона для различных материалов, в том числе металлов, приведены в справочной литературе [2].

Известен холодный катод газоразрядного прибора [3], изготовленный практически из чистого алюминия, в который введена присадка из кремния в количестве 0,5-1,65 масс. %.

5 Присадка кремния в алюминии способствует образованию однородной микроструктуры и уменьшению размера зерен, что, в свою очередь, способствует увеличению стойкости оксидного слоя и препятствует распылению катода.

10 Известен холодный катод [4], материал которого, в отличие от [3], содержит также железо в количестве 0,1-2,0 масс. %. Введение присадки железа в сплав алюминия с кремнием уменьшает параметры решетки за счет образования однородного твердого раствора замещения в алюминии. При этом устойчивость к ионной бомбардировке поверхности катода увеличивается, и распыление ещё 15 более уменьшается.

15 Известен холодный катод газоразрядного прибора, в котором в качестве материала катода использован никель с добавлением алюминосиликата цезия или рубидия в количестве 0,5-25 масс. % [5], что обеспечивает возможность устойчивой работы катода в условиях интенсивной ионной бомбардировки, увеличивает эмиссионный ток, в том числе, за счет снижения работы выхода.

20 Способ изготовления катода предполагает для получения заготовки катода использование горячей пластической деформации, а именно: горячей ковки, штамповки, прокатки. Кроме того, катоды могут быть изготовлены с использованием технологических приемов, которые применяют в порошковой металлургии, а именно, путем прессования смеси порошков с получением требуемой конфигурации катода и последующего спекания спрессованной массы [5].

25 Недостатком приемов, связанных с изменением состава сплава путем введения специальных присадок [3, 4, 5], является невозможность изготовления катода с заранее заданными свойствами с высокой степенью точности, что связано с тем, что при разных плавках технологически трудно выдержать один и тот же состав сплава. Именно поэтому в известных решениях количество 30 присадокдается в достаточно широком интервале. Такие катоды не могут быть взаимозаменяемыми при использовании в упомянутых выше современных приборах. Другими словами, возможности способов изготовления холодных

катодов, связанных с изменением состава сплава путем введения специальных присадок для повышения эффективности катода, ограничены. Кроме того, изменение состава любого промышленного сплава экономически крайне невыгодно.

5 В связи с последним утверждением известно использование промышленных алюминиевых сплавов типа Д16, содержащего в масс. %: Al - основа; Cu - 4,3; Mg - 1,5; Mn - 0,6; Fe ≤ 0,5; Si ≤ 0,5, и АД1 (технически чистый алюминий, 99,3 %) в качестве материала холодного катода [6].

10 Для повышения эффективности холодного катода способ его изготовления [6] предполагает использование холодной пластической деформации для упрочнения приповерхностного слоя катода. Пластическая деформация осуществляется путем обкатки рабочей поверхности катода шариковой раскатной головкой. Упрочнение посредством пластической деформации приводит к повышению долговечности катода. Однако отмечается, что данный прием 15 неприемлем для обработки бериллия в связи с его высокой твердостью и хрупкостью. То есть возможности холодной пластической деформации, осуществляющейся указанным образом, также ограничены.

20 Известны катод (катодная мишень) и способ его изготовления [7]. Способ включает этапы, на которых получают заготовку катода из металла или сплава, затем осуществляют холодную деформацию заготовки катода за два этапа до получения требуемой конфигурации катода. Причем на первом этапе осуществляют холодную прокатку заготовки в виде карточки с изменением направления прокатки, что необходимо во избежание получения ярко выраженной текстуры. На втором этапе холодной деформации, предпочтительно 25 формовкой, придают полуфабрикату катода цилиндрическую или чашеобразную форму.

Между этапами холодной деформации заготовка может быть подвергнута термообработке – высокотемпературному отпуску или отжигу с целью снятия внутренних напряжений.

30 В результате такой двухэтапной деформационной обработки катод имеет однородную текстуру и однородную мелкозернистую структуру, с размером зерен 15 мкм и выше.

За счет однородной мелкозернистой структуры достигается равномерность распыления металла с поверхности мишени. Но в известном решении [7] не отражено, как структура катода, в частности размер зерен, может влиять на работу выхода электрона и прочность катода.

5 К недостаткам способа можно отнести то, что операция прокатки является достаточно энергоемкой и трудоемкой, в том числе из-за необходимости менять направление прокатки. Кроме того, холодная прокатка не пригодна для обработки достаточно хрупких металлов, типа бериллия [6].

Таким образом, известные способы изготовления холодного катода с 10 использованием пластической деформации не предполагают наличия технологических приемов, которые могли бы заметно повысить эффективность холодного катода за счет снижения работы выхода, то есть, также как в случае изменения состава сплава, имеют ограничения по технологическим возможностям.

15 О влиянии пластической деформации в различных условиях напряженно-деформированного состояния на работу выхода электрона, известно из [8]. Предлагается методика расчета изменения работы выхода на основе модели её взаимосвязи с электроотрицательностью металлов с учетом формирования нанометрических поверхностных дефектов. Однако возможности использования 20 модели и расчетной методики на её основе при изготовлении катода, характеризующегося пониженным значением работы выхода, тоже ограничены. Причиной этого является, прежде всего, то, что методика, будучи достаточно сложной и громоздкой, учитывает влияние на изменение работы выхода только 25 поверхностных дефектов, которое может быть нейтрализовано при дальнейшей обработке катода или в процессе его эксплуатации.

При этом из [8] известно, что снижение работы выхода соответствует увеличению степени пластической деформации.

Известно, что максимально возможную степень деформации без 30 разрушения заготовки позволяют реализовать специальные методы интенсивной пластической деформации (ИПД) [9, 10].

К наиболее известным специальным методам ИПД можно отнести равноканальное угловое прессование (РКУ-прессование) и кручение под

квазигидростатическим давлением на установке типа наковальни Бриджмена [9, 10]. При использовании указанных методов может быть достигнута степень деформации $e \geq 4$, где e – истинная логарифмическая степень деформации.

С учетом вышеизложенного за ближайший аналог (прототип) предлагаемого в изобретении решения выбран холодный катод и способ его изготовления, известные из [11]. В данном способе деформированием методом ИПД, а именно методом кручения под квазигидростатическим давлением на установке типа наковальни Бриджмена, до истинной логарифмической степени деформации $e \sim 7$ был изготовлен экспериментальный образец катода из вольфрама чистотой 99,99%. При этом в образце была получена структура с нанометрическим размером зерен, около 100 нм. Посредством измерения контактной разности потенциалов была определена работа выхода электрона, точнее разница между работой выхода образца катода, подвергнутого ИПД и имеющего нанометрический размер зерен, и работой выхода образца катода в обычном крупнозернистом состоянии. Было обнаружено, что формирование структуры с нанометрическим размером зерен приводит к снижению работы выхода в металле. Снижение работы выхода для вольфрама с размером зерен около 100 нм составило ~0,8 эВ. Были проведены комплексные исследования образца, в том числе методом просвечивающей электронной микроскопии, а также численное моделирование эксперимента.

Было выявлено, что рассматриваемое специфическое поведение нанокристаллического материала обуславливается, прежде всего, не малым размером зерен, а особым, характеризующимся внутренними напряжениями, «неравновесным» состоянием границ зерен, о чем свидетельствовал диффузный контраст на границах зерен, наблюдаемый посредством электронного просвечивающего микроскопа. Причем значительные, до 1-3%, искажения решетки внутренними напряжениями наблюдались вблизи границ в области шириной порядка 10 нм.

Таким образом, была получена возможность выдвинуть гипотезу о том, что формирование структуры с нанометрическим размером зерен приводит к возникновению трубок тока с пониженной работой выхода. Такая трубка тока включает непосредственно границы зерен и их окрестности шириной около 10 нм.

Кроме снижения работы выхода, ИПД приводит к заметному повышению прочности холодного катода, что может приводить к повышению его долговечности [6].

Кроме того, по сравнению с другими известными способами изготовления 5 холодного катода [6], появляется возможность использования холодной деформации для упрочнения холодного катода из хрупких материалов. Последнее объясняется тем, что ИПД, как правило, осуществляется в условиях всестороннего сжатия, как при РКУ-прессовании, или в условиях, близких к всестороннему сжатию, как при кручении под квазигидростатическим давлением 10 на установке типа наковальни Бриджмена.

Однако дальнейшие эксперименты показали, что при увеличении степени деформации, в частности, образца из того же вольфрама, ИПД не дает ожидаемого, известного из [8], снижения значения работы выхода. А при деформировании методом ИПД, в частности, образца из промышленного 15 алюминиевого сплава АМГ6 (6,3% Mg; 0,6% Mn; Cu<0,1%; Zn<0,2%; Fe<0,4%; Si<0,4%, остальное Al) вообще не удается получить предполагаемого в соответствии с [11] результата.

Таким образом, имеется проблема, связанная с выявлением факторов, влияющих на изменение работы выхода электрона в подвергнутых ИПД образцах 20 катодов, и с необходимостью нахождения приемов, позволяющих максимально использовать преимущества ИПД при изготовлении катодов из различных металлов и сплавов, традиционно используемых для этих целей.

Раскрытие изобретения

Задачей изобретения является усовершенствование способа изготовления 25 холодного катода с использованием интенсивной пластической деформации, позволяющее ещё более повысить эффективность катода за счет уменьшения значения работы выхода электрона, а также расширение технологических возможностей такого способа для изготовления холодных катодов из различных металлов и сплавов.

Поставленная задача решается в том случае, когда способ изготовления 30 холодного катода, согласно которому заготовку катода из металла или сплава подвергают интенсивной пластической деформации с преобразованием исходной

структуры заготовки во фрагментированную структуру, содержащую фрагменты нанометрического размера, или смешанную структуру, содержащую зерна и фрагменты нанометрического размера, отличается тем, что после интенсивной пластической деформации заготовку катода подвергают низкотемпературному отжигу для преобразования, по меньшей мере, части упомянутых фрагментов в зерна нанометрического размера при температуре не ниже рабочей температуры $T_{раб}$ катода.

Под термином «интенсивная пластическая деформация» (ИПД) («Severe Plastic Deformation» или «SPD» в англоязычной литературе) в настоящем изобретении понимают пластическую деформацию металлического материала вплоть до наивысших степеней пластической деформации (вплоть до тысяч процентов) при относительно низких гомологических температурах (в типичном случае ниже 0,3 от температуры плавления), которая приводит к делению зерен в исходной структуре материала.

Предпочтительно, интенсивную пластическую деформацию заготовки катода осуществляют со степенью $e \geq 4$, где e – истинная логарифмическая степень деформации. Следует отметить, что согласно сущности изобретения нижний предел степени деформации e определяется достижением нанометрического размера элементов структуры заготовки катода (т.е. зерен и фрагментов) и обеспечением желаемого эффекта снижения работы выхода. Верхний предел степени деформации e может быть по существу любым и выбирается с целью максимального уменьшения размеров зерен и фрагментов и минимизации затрат на изготовление. Таким образом, предпочтительные пределы степени деформации e составляют от 4 до 20, предпочтительнее – от 5 до 10, а наиболее предпочтительно – от 6 до 8. При этом исходная структура заготовки катода перед интенсивной пластической деформацией может быть по существу любой, такой как зеренная структура (например, крупнозернистая структура с зернами размером намного более 10 мкм или мелкозернистая структура с зернами размером немногим более 1 мкм) или даже частично фрагментированная структура, возможно полученная на предшествующих стадиях деформации, если они желательны.

Предпочтительно, интенсивную пластическую деформацию заготовки

катода осуществляют посредством кручения под квазигидростатическим давлением на установке типа наковальни Бриджмена, что часто позволяет достичь необходимой степени деформации за один переход и, следовательно, позволяет снизить затраты на изготовление.

5 Предпочтительно, низкотемпературный отжиг заготовки катода осуществляют при температуре, выбираемой из интервала температур от $T_{раб}$ до $0,4 \times T_{пл}$, где $T_{пл}$ – температура плавления упомянутого металла или сплава. Поскольку холодный катод в процессе своей эксплуатации может разогреваться, как правило, от комнатной температуры до рабочей температуры порядка от 50 до 10 100°C, то нижний предел температуры отжига должен быть не менее рабочей температуры $T_{раб}$ катода во избежание термической нестабильности его структуры в процессе эксплуатации. Верхний предел температуры отжига ограничивается размером зерен в структуре заготовки, не выходящим из 15 нанометрического диапазона (т.е. не превышает 1 мкм) и определяется максимизацией эффекта снижения работы выхода в результате такого отжига. При температуре отжига выше $0,4 \times T_{пл}$ обычно происходит неприемлемый рост зерен в структуре заготовки, который устраниет, по меньшей мере частично, 20 эффект снижения работы выхода в результате интенсивной пластической деформации. Более предпочтительно, температура отжига выбирается из интервала от $T_{раб}$ до $0,3 \times T_{пл}$, а наиболее предпочтительно – из интервала от $0,1 \times T_{пл}$ до $0,25 \times T_{пл}$.

Предпочтительно, низкотемпературный отжиг заготовки катода осуществляют в течение времени от 1 минуты до 100 часов, а более предпочтительно – от 0,5 часа до 2 часов. При этом следует отметить, что 25 пределы продолжительности отжига согласно изобретению могут быть по существу любыми и выбираются с целью максимизации эффекта снижения работы выхода и минимизации затрат на изготовление при условии, что размер зерен в структуре заготовки не выходит из нанометрического диапазона (т.е. не превышает 1 мкм).

30 При этом следует отметить также, что температуру и продолжительность отжига согласно изобретению предпочтительно выбирают с учетом друг друга. Обычно, чем больше температура отжига, тем меньше продолжительность

отжига, и наоборот.

Предпочтительно, по меньшей мере часть упомянутых фрагментов, преобразуемых в зерна во время низкотемпературного отжига, составляет от 10 до 100%, предпочтительнее – от 20 до 100%, а более предпочтительно – от 30 до 5 100%, от их количества во фрагментированной или смешанной структуре заготовки после интенсивной пластической деформации. При этом следует отметить, что, как правило, чем больше число фрагментов, преобразуемых в зерна в результате отжига, тем больше эффект снижения работы выхода. Поэтому 10 является наиболее предпочтительным, чтобы заготовка катода после низкотемпературного отжига имела преимущественно зеренную структуру, т.е. содержала по меньшей мере 50% зерен, а в наилучшем случае – по существу зеренную структуру, т.е. содержала по меньшей мере 90% зерен.

Предпочтительно, после интенсивной пластической деформации и низкотемпературного отжига осуществляют механическую обработку или 15 обработку давлением заготовки катода, причем при обработке заготовки катода давлением температуру деформации регламентируют, исходя из условия сохранения нанометрического размера зерен. Более того, любую последующую обработку катода, если она необходима, проводят с сохранением 20 нанометрического размера зерен.

Поставленная задача в части устройства решается в том случае, когда 25 холодный катод из металла или сплава, имеющий структуру, содержащую зерна нанометрического размера и полученную в результате интенсивной пластической деформации, отличается тем, что катод имеет преимущественно зеренную структуру с зернами нанометрического размера, полученную способом по любому из вариантов реализации изобретения.

Пояснение сущности изобретения

При интенсивной пластической деформации (ИПД) структура металла или сплава претерпевает значительные видоизменения. Происходит деление исходных зерен с образованием более мелких, чем исходные зерна, фрагментов, 30 которые представляют собой разориентированные области, разделенные несформировавшимися границами дислокационного типа. В процессе рекристаллизации происходит преобразование фрагментов в зерна примерно

такого же размера, как и фрагменты, с образованием между ними границ зеренного типа. При этом образование зерен и соответствующих границ в чистых металлах идет более интенсивно, чем в сплавах, из-за затрудненной в сплавах миграции границ. Далее в ходе ИПД происходит деление вновь образовавшихся 5 зерен. Указанные процессы в течение времени осуществления ИПД происходят одновременно и непрерывно. Поэтому в тот момент времени, когда ИПД прерывают по достижении требуемого размера зерен или фрагментов, в металле или сплаве неизбежно присутствуют как зерна нанометрического размера, так и фрагменты нанометрического размера, то есть металл или сплав имеет после ИПД 10 смешанную структуру или фрагментированную структуру. При этом в силу указанной выше причины фрагментированную структуру имеют, как правило, сплавы. Первая картина была выявлена, в частности, при дополнительных исследованиях структуры образца из вольфрама, а вторая - при исследованиях структуры образца из алюминиевого сплава АМГ6.

15 Исследования посредством электронной микроскопии образцов, подвергнутых ИПД, показали, что увеличение степени деформации выше некоторого значения, зависящего от физических свойств металла или сплава, не приводит к трансформации в процессе ИПД фрагментированной структуры в зеренную структуру. Поэтому возможна ситуация, когда и металл, и сплав после 20 ИПД будут иметь преимущественно фрагментированную структуру (см. приведенную ниже фиг. 10, иллюстрирующую рассматриваемый процесс для образца катода из сплава АМГ6).

Границы фрагментов имеют дислокационную природу, то есть они 25 кристаллографически не сформированы, и остаются такими в процессе и после деформации. Несформировавшиеся границы фрагментов не могут обеспечить дополнительного снижения работы выхода электрона. Более того, работа выхода в образцах катода с полностью фрагментированной после ИПД структурой может не отличаться по значению от работы выхода в образцах катода с крупнозернистой (более 1 мкм) структурой, полученных традиционными 30 методами.

При низкотемпературном отжиге предпочтительно происходит трансформация смешанной структуры в преимущественно зеренную или даже

половину зеренную структуру. Температура отжига, достаточная только для преобразования фрагментов в зерна, не приводит к увеличению размеров элементов структуры. Нанометрический размер зерен остается приблизительно равным размеру фрагментов. Поскольку абсолютного равенства размеров зерен и 5 фрагментов в таком физическом процессе, как трансформация структуры металла или сплава, достичь практически невозможно, размер зерен может быть больше на несколько нанометров, предпочтительно – в пределах ~20-30 нм, размеров фрагментов. Границы образовавшихся зерен нанометрического размера дают дополнительный вклад в снижение работы выхода электрона по сравнению с 10 вкладом, который дает только ИПД, в случае менее фрагментированной структуры, как, например, в способе изготовления катода из вольфрама. При наличии преимущественно фрагментированной после ИПД структуры только отжиг может обеспечить эффект снижения значения работы выхода, известный из [11].

15 После предпочтительного низкотемпературного отжига все еще возможно наличие небольшого количества фрагментов, но уже не влияющих на общую картину возникновения трубок тока и снижения работы выхода.

Рекомендуется температуру низкотемпературного отжига для большинства металлов и сплавов, традиционно используемых для изготовления 20 холодного катода, выбирать равной от примерно $0,1 \times T_{пл}$ до примерно $0,2 \times T_{пл}$. Экспериментально установлено, что такая температура отжига подходит и для практически чистых металлов, таких как никель, вольфрам, титан, молибден, и для сплавов, таких как АМГ6, Э125 и др. Отжиг при более низкой температуре часто не приводит к достаточным изменениям в структуре деформированного 25 образца. Кроме того, холодный катод в процессе эксплуатации может разогреваться, как правило, от комнатной температуры до рабочей температуры порядка 50-100°C, поэтому температура отжига должна быть не менее рабочей температуры катода во избежание термической нестабильности его структуры в процессе эксплуатации.

30 Таким образом, предлагаемый в изобретении способ по сравнению со способом-прототипом позволяет более полно использовать возможности интенсивной пластической деформации для снижения значения работы выхода

электрона. В сочетании с низкотемпературным отжигом ИПД может быть использована для повышения эффективности катода практически из любого металла или сплава, традиционно применяемого для этих целей. Тогда как использование только ИПД не может привести к повышению эффективности катода из металла или сплава, склонного при ИПД к интенсивной фрагментации.

Использование ИПД и низкотемпературного отжига позволяет повысить экономичность предлагаемых в изобретении холодного катода и способа его изготовления по сравнению с прототипом за счет изготовления катода из промышленных сплавов без введения дополнительных присадок для снижения работы выхода электрона.

Кроме того, предлагаемые в изобретении способ и холодный катод сохраняют все другие достоинства прототипа.

А именно, предлагаемый в изобретении способ, так же как и способ-прототип, позволяет повысить прочность холодного катода. Однако, по сравнению с традиционными крупнозернистыми катодами, повышение прочности происходит на несколько меньшую величину, чем в прототипе, за счет частичного снятия наклела от ИПД во время низкотемпературного отжига.

Также как и в прототипе, появляется возможность использования холодной деформации для упрочнения холодного катода из хрупких материалов.

Рекомендуется наиболее экономичный и наименее энергоемкий и трудоемкий вариант реализации предложенного способа, включающий обработку заготовки катода в виде диска посредством кручения под квазигидростатическим давлением на установке типа наковальни Бриджмена. Установка имеет простую конструкцию, при этом необходимую степень деформации можно набрать за один переход.

Установка для РКУ-прессования имеет более сложную конструкцию, и для набора необходимой степени деформации осуществляются несколько переходов, но в результате может быть получена промежуточная заготовка катода в виде прутка заданного диаметра, который методами обработки резанием может быть разделен на полуфабрикаты заданной толщины.

ИПД также может быть использована для консолидации частиц или кластеров атомов, полученных методами, известными из области порошковой

металлургии. Изготовленная подобным образом заготовка может быть использована в качестве заготовки холодного катода. Однако стоимость такого холодного катода будет более высокой, поэтому этот вариант реализации способа представляется экономически наименее целесообразным.

5 Методы ИПД имеют определенные ограничения, связанные с малыми габаритами обрабатываемых заготовок и необходимостью придания им определенной формы: прутка – для РКУ-прессования, или диска – для кручения под квазигидростатическим давлением.

Однако указанное не является ограничением для способа изготовления 10 холодного катода как объекта, имеющего соответствующие методам ИПД малые габариты и тенденцию к дальнейшему уменьшению габаритов. Более того, появляется возможность промышленного использования в сочетании с низкотемпературным отжигом такого метода ИПД, как, например, кручение под 15 квазигидростатическим давлением, который традиционно считался пригодным для обработки образцов из металлов и сплавов только в лабораторных условиях.

Необходимо также отметить, что при работе катода, нагреветого для реализации явления термоэлектронной эмиссии, происходит значительный рост зерен, на фоне которых теряется роль границ зерен как фактора, влияющего на снижения значения работы выхода. Поэтому существенным становится признак 20 способа, отражающий его назначение, т.е. способ изготовления именно холодного катода.

Поскольку полученный нанометрический размер зерен и состояние границ сохраняются в готовом изделии, т.е. холодном катоде, то они являются признаками самого катода как устройства.

25 На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что задачи изобретения решаются только при взаимосвязанном использовании всей совокупности существенных признаков изобретения.

Краткое описание чертежей

Изобретение иллюстрируется следующими графическими материалами, на 30 которых показаны:

Фиг.1 – схема изготовления катода;

Фиг.2 – экспериментальный образец холодного катода (фото);

Фиг.3 – внешний вид диодной ячейки (фото);

Фиг.4 – газовый разряд в диодной ячейке (фото);

Фиг.5 – вольтамперные характеристики диодной ячейки с холодным катодом из никеля;

5 Фиг.6 – вольтамперные характеристики диодной ячейки с холодным катодом из сплава Э125;

Фиг.7 – вольтамперные характеристики диодной ячейки с холодным катодом из сплава АМГ6;

10 Фиг.8 – вольтамперные характеристики диодной ячейки с холодным катодом из вольфрама;

Фиг.9 – структура образца из сплава АМГ6 до ИПД;

Фиг.10 – структура образца из сплава АМГ6 после ИПД;

Фиг.11 – структура образца из сплава АМГ6 после ИПД и отжига при 75°C;

15 Фиг.12 – структура образца из сплава АМГ6 после ИПД и отжига при 150°C;

Фиг.13 – структура образца из сплава АМГ6 после ИПД и отжига при 250°C;

20 Фиг.14 – структура образца из сплава АМГ6 после ИПД и отжига при 300°C;

Фиг.15 – зависимость микротвердости образца холодного катода от размера зерен.

Лучшие варианты осуществления изобретения

Ниже приведены примеры конкретного осуществления изобретения, не 25 ограничивающие сущности изобретения, определяемой исключительно прилагаемой формулой изобретения.

Для изготовления холодного катода согласно способу по данному изобретению могут использоваться, также как, например, в [1], алюминий, бериллий, железо, никель, вольфрам, tantal, молибден, титан, ниобий, цирконий 30 и другие металлы или сплавы на основе этих металлов, то есть традиционно используемые для изготовления холодного катода.

Для иллюстрации способа изготовления холодного катода в качестве

материала холодного катода выбраны технически чистый никель (Ni 99,98 масс. %), технически чистый вольфрам (99,99 масс. %), промышленный сплав алюминия (АМГ6 с номинальным составом в масс. %: 6,3% Mg; 0,6% Mn; Cu<0,1%; Zn<0,2%; Fe<0,4%; Si<0,4%, остальное Al) и промышленный сплав циркония (Э125 с номинальным составом в масс. %: 2,5% Nb; остальное Zr).
5 Приведенные примеры не исчерпывают возможностей использования всех других металлов и сплавов, из которых может быть изготовлен холодный катод.

В силу идентичности приемов способа здесь приводится единий пример изготовления образцов холодных катодов с использованием указанных
10 материалов.

Во всех случаях заготовку катода деформировали методом ИПД, в частности, кручением под квазигидростатическим давлением на установке типа наковальни Бриджмена (Фиг. 1). На фиг. 1 позицией 1 обозначена заготовка катода, а позицией 2 – бойки наковальни.

15 Приведенный пример также не исключает использования других методов ИПД при изготовлении холодного катода, в том числе, в случае разработки новых методов ИПД после создания настоящего изобретения.

Для осуществления ИПД вырезали диск диаметром 10 мм и толщиной 0,2
20 мм из промышленного горячепрессованного прутка из сплава АМГ6, а также слитков из никеля и вольфрама и из сплава Э125.

Заготовки помещали между двумя бойками наковальни и сжимали под давлением Р ~ 7 ГПа при комнатной температуре.

Структуру с элементами в виде преимущественно фрагментов нанометрического размера в заготовках катода из сплавов Э125 и АМГ6, а также
25 в виде фрагментов и преимущественно зерен нанометрического размера в заготовках катода из вольфрама и никеля получили посредством интенсивной пластической деформации. Деформацию всех заготовок осуществляли до достижения истинной логарифмической степени деформации e ~ 7.

Степень деформации определяли по формуле:

30 $e = \ln(\theta \cdot r / l)$,

где θ – угол вращения в радианах, r и l – радиус и толщина заготовки соответственно [10].

С помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) ЛЕМ-2000EX определили степень фрагментации структуры заготовок и размеры элементов структуры.

Средний размер фрагментов и зерен в заготовках катода из никеля и вольфрама составил примерно 100 нм. При этом степень фрагментации структуры заготовки из никеля была большей, чем заготовки из вольфрама.

Средний размер фрагментов в заготовках катода из сплава АМГ6 составил примерно 100 нм.

Средний размер зерен и фрагментов в заготовке катода из сплава Э125 составил примерно 90 нм.

В последних двух заготовках степень фрагментации структуры была значительной.

После ИПД-деформации заготовки катода подвергали низкотемпературному отжигу. Такой отжиг осуществляли при следующих температурах:

- для заготовки из сплава АМГ6 - 150°C;
- для заготовки из сплава Э125 - 300°C;
- для заготовки из никеля - 250°C;
- для заготовки из вольфрама - 500°C.

Время отжига составляло в данном случае примерно 1 час.

После низкотемпературного отжига во всех заготовках была получена преимущественно зеренная структура. Средний размер зерен и их количество в % (измеренные путем статистического анализа количеств зерен и фрагментов в нескольких полях зрения ПЭМ) соответственно составили:

- в заготовке из сплава АМГ6 – примерно 130 нм, более примерно 60%;
- в заготовке из сплава Э125 – примерно 110 нм, более примерно 60%;
- в заготовке из никеля – примерно 120 нм, более примерно 70%;
- в заготовке из вольфрама – примерно 120 нм, более примерно 70%.

Для предотвращения окислительных процессов низкотемпературный отжиг проводили в электрической печи в вакууме.

После ИПД и низкотемпературного отжига все четыре заготовки катода подвергли дополнительной деформации для получения слегка выпукло-вогнутой

формы. При этом заготовки деформировали при комнатной температуре.

Готовые образцы холодного катода имели форму диска диаметром 10 мм и толщиной ~0,1 мм. Вид готового экспериментального образца холодного катода представлен на фиг. 2. Такой катод может быть использован как составная часть 5 ионного источника.

Далее для катодов, изготовленных по способу, приведенному в вышеуказанном примере, проводили измерение работы выхода электрона.

Работу выхода измеряли методом контактной разности потенциалов [12]. По смещению кривых задержки друг относительно друга непосредственно 10 определяли относительное изменение работы выхода $\Delta\phi$ для образцов катода, изготовленных по предлагаемому в изобретении способу и по способу-прототипу.

Для достоверности результатов перед измерением работы выхода проводили очистку поверхности всех образцов непосредственно в измерительной установке, не допуская контакта образца с воздухом, с помощью ионного 15 травления в атмосфере инертных газов.

Погрешность этих измерений составила ~2%.

Для наглядности результаты свели в таблицу:

№	Материал образца	$\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$, эВ
1	Сплав АМГ6	0,3
2	Никель	0,4
3	Сплав Э125	0,3
4	Вольфрам	0,2

ϕ_1 и ϕ_2 – работа выхода электрона холодного катода по изобретению и по прототипу соответственно.

Таким образом, эти измерения показали, что образцы после ИПД и низкотемпературного отжига имеют более низкое значение работы выхода по сравнению с образцами просто после ИПД.

Снижение работы выхода приводит к повышению эффективности холодного катода, например, при его работе в составе ионного источника.

Ионный источник – это электровакуумное устройство для получения 25

направленного потока ионов, действие которого основано на использовании различных видов электрических разрядов в газе (инертных газах, водороде) или парах металла. Простейший ионный источник представляет собой диодную ячейку (фиг. 3, 4), баллон которой наполнен инертным газом, и свойства такого источника определяются взаимодействием электронного потока с газовой средой и электрическим полем между электродами (анодом и катодом).

Эффективность работы ионного источника с холодным катодом характеризуется способностью давать более высокий рабочий ток пучка ионов при меньшем рабочем напряжении, а также однородный по составу пучок ионов и постоянную плотность ионного тока. При одинаковых условиях эффективность работы катода зависит от свойств материала катода, в частности, от работы выхода электрона. Чем ниже работа выхода электрона, тем больше коэффициент вторичной ионно-электронной эмиссии и, как следствие, интенсивность пучка ионов.

Исследования вольтамперных (U-I) характеристик самостоятельного разряда в диодной ячейке с холодными катодами, изготовленными согласно способу по изобретению и способу-прототипу, показали повышение эффективности катодов. Например, ток самостоятельного разряда при напряжении 1 кВ в ячейке с холодным катодом, изготовленным по предлагаемому в изобретении способу, по сравнению с током самостоятельного разряда при таком же напряжении в ячейке с холодным катодом, изготовленным по способу-прототипу:

- из никеля выше на 55 %, см. фиг. 5;
- из сплава Э125 выше на 35 %, см. фиг. 6.;
- из сплава АМГ6 выше на 40 %, см. фиг. 7;
- из вольфрама выше на 25 %, см. фиг. 8.

Вольтамперные характеристики холодных катодов, изготовленных по предлагаемому в изобретении способу и по способу-прототипу, приведены на фиг. 5, 6, 7, 8.

На фиг. 5, 6, 7, 8 кривая 1 - вольтамперная характеристика диодной ячейки с холодным катодом, изготовленным по предлагаемому в изобретении способу соответственно из никеля, сплавов Э125 и АМГ6 и вольфрама; кривая 2 -

вольтамперная характеристика диодной ячейки с холодным катодом, изготовленным по способу-прототипу из тех же материалов.

Как уже было отмечено, исследования микроструктуры образцов проводили на просвечивающем электронном микроскопе ЛЕМ-2000EX.

5 Исследованию подвергались образцы из всех четырех материалов: никеля, вольфрама, сплава АМГ6 и сплава Э125. Во всех случаях получили достоверные результаты, касающиеся эволюции структуры в образцах и подтверждающие возможность решения поставленной задачи изобретения. Для краткости далее приводятся данные (графические материалы) только по сплаву АМГ6.

10 На фиг. 9, 10, 11, 12, 13, 14 приведены структура исследуемого сплава АМГ6 соответственно до ИПД, после ИПД, после ИПД и отжига при температуре $T_{отж} = 75^{\circ}\text{C}$, 150°C , 250°C или 300°C .

15 Перед ИПД сплав АМГ6 имел типичную частично рекристаллизованную структуру горячепрессованного полуфабриката. В матрице присутствовали грубые включения первичных фаз. Химический анализ показал, что состав светлых частиц соответствует фазе $\text{Al}_{10}\text{Mg}_2\text{Mn}$, а темных частиц – Mg_2Si .

20 После ИПД структура матрицы приобрела фрагментированное строение и состояла по существу из элементов-фрагментов со средним размером ~ 100 нм. Неоднородный контраст в теле фрагментов свидетельствовал о наличии сильных искажений кристаллической решетки и высоких внутренних напряжениях, а отсутствие диффузного контраста свидетельствовало о дислокационной природе границ и их несформировавшемся состоянии.

Отжиг при температуре 75°C в течение примерно 1 часа не приводил к заметным изменениям фрагментированной структуры сплава АМГ6.

25 В процессе отжига при температуре 150°C фрагментированная структура трансформировалась в преимущественно зеренную структуру, содержащую $\sim 60\%$ зерен. Процесс сопровождался незначительным укрупнением зерен (до ~ 130 нм). С дальнейшим повышением температуры до 250°C активизировался нормальный рост зерен, формировавший равновесную и равноосную структуру со средним размером зерен ~ 540 нм. Дальнейшее повышение температуры отжига сопровождалось значительным укрупнением зерен. В результате после отжига при 300°C размер зерен увеличился до 2 мкм. Таким образом, в условиях данного

эксперимента температура низкотемпературного отжига по изобретению для сплава АМГб составила от 75°C до 250°C.

Полученные данные позволили также оценить микротвердость образца в различных структурных состояниях. Микротвердость оценивали согласно ГОСТ 5 9450-76.

На фиг. 15 приведена зависимость микротвердости от температуры отжига сплава АМГб и соответственно от размера зерен. Согласно полученной зависимости микротвердость образца холодного катода, подвергнутого ИПД и низкотемпературному отжигу, в 2,5 раза выше, чем образца в крупнозернистом 10 состоянии. В результате в 2,5 раза повышается прочность катода, и как уже было отмечено для ряда сплавов, его долговечность. При этом микротвердость образца после ИПД и низкотемпературного отжига незначительно меньше, чем после только ИПД, из-за частичного снятия деформационного упрочнения (наклепа).

Резкое уменьшение микротвердости, наблюдаемое на фиг. 15 при более 15 высоких температурах (примерно 200-300°C), вызвано описанными выше структурными превращениями и связано со снятием эффектов деформационного упрочнения.

Источники информации:

1. А.С. SU 375709, МПК H01J 9/02, 1/30, 1973.
2. В.С. Фоменко, Справочник «Эмиссионные свойства материалов». Киев, Наук. Думка, 1981.-340с.
- 5 3. А.С. SU 1023947, МПК H01J 1/30, 1991.
4. А.С. SU 1108942 МПК H01J 1/30, 1991.
5. А.С.. SU 1115619, МПК H01J 1/14, 9/02, 1987.
6. Г.Г. Бондаренко и др., «Создание эффективных холодных катодов из алюминия и бериллия», журнал «Перспективные материалы», № 2, 2007, с. 23-28.
- 10 7. Патент РФ 2261288, C23C 14/34, C22F 1/00, C22B 5/12, 2005.
8. С.В. Лоскутов, «Изменение работы выхода электрона при упруго-пластическом деформировании металлов», ФПФ ФИП РСЕ т.1, № 3-4, vol.1, №. 3-4.
9. В.М. Сегал, В.И. Резников, В.И. Копылов и др., «Процессы пластического структурообразования металлов», Минск, «Наука и техника», 1994, 232 с.
- 15 10. Н.А. Смирнова, В.И. Левит, В.И. Пилюгин и др., «Эволюция структуры ГЦК кристаллов при больших пластических деформациях», ФММ, 1986, Т. 61, № 6, с. 1171-1176.
11. Р.Р. Мулюков, Ю.М. Юмагузин, «Работа выхода электронов из нанокристаллического вольфрама», Доклады Академии наук, 2004, том 399, № 6, с.730-732.
- 20 12. Anderson P.A. Phys. Rev. 1952. V.88. P. 655-658.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления холодного катода, согласно которому заготовку катода из металла или сплава подвергают интенсивной пластической деформации с преобразованием исходной структуры заготовки во фрагментированную 5 структуру, содержащую фрагменты нанометрического размера, или смешанную структуру, содержащую зерна и фрагменты нанометрического размера, отличающийся тем, что после интенсивной пластической деформации заготовку катода подвергают низкотемпературному отжигу для преобразования, по меньшей мере, части упомянутых фрагментов в зерна нанометрического размера 10 при температуре не ниже рабочей температуры $T_{раб}$ катода.

2. Способ по пункту 1, отличающийся тем, что интенсивную пластическую деформацию заготовки катода осуществляют со степенью $e \geq 4$, где e – истинная логарифмическая степень деформации.

3. Способ по пункту 1, отличающийся тем, что интенсивную пластическую 15 деформацию заготовки катода осуществляют посредством кручения под квазигидростатическим давлением на установке типа наковальни Бриджмена.

4. Способ по пункту 1, отличающийся тем, что низкотемпературный отжиг заготовки катода осуществляют при температуре, выбираемой из интервала температур от $T_{раб}$ до $0,4 \times T_{пл}$, где $T_{пл}$ – температура плавления упомянутого 20 металла или сплава.

5. Способ по пункту 1, отличающийся тем, что низкотемпературный отжиг заготовки катода осуществляют в течение времени от 1 минуты до 100 часов, а предпочтительно – от 0,5 часа до 2 часов.

6. Способ по пункту 1, отличающийся тем, что по меньшей мере часть 25 упомянутых фрагментов, преобразуемых в зерна во время низкотемпературного отжига, составляет от 10 до 100%, а предпочтительно – более 50%, от их количества во фрагментированной или смешанной структуре заготовки после интенсивной пластической деформации.

7. Способ по пункту 1, отличающийся тем, что после интенсивной 30 пластической деформации и низкотемпературного отжига осуществляют механическую обработку или обработку давлением заготовки катода, причем при обработке заготовки катода давлением температуру деформации регламентируют,

исходя из условия сохранения нанометрического размера зерен.

8. Холодный катод из металла или сплава, имеющий структуру, содержащую зерна нанометрического размера и полученную в результате интенсивной пластической деформации, отличающийся тем, что катод имеет
5 преимущественно зеренную структуру с зернами нанометрического размера, полученную способом по любому из пунктов 1-7.

10

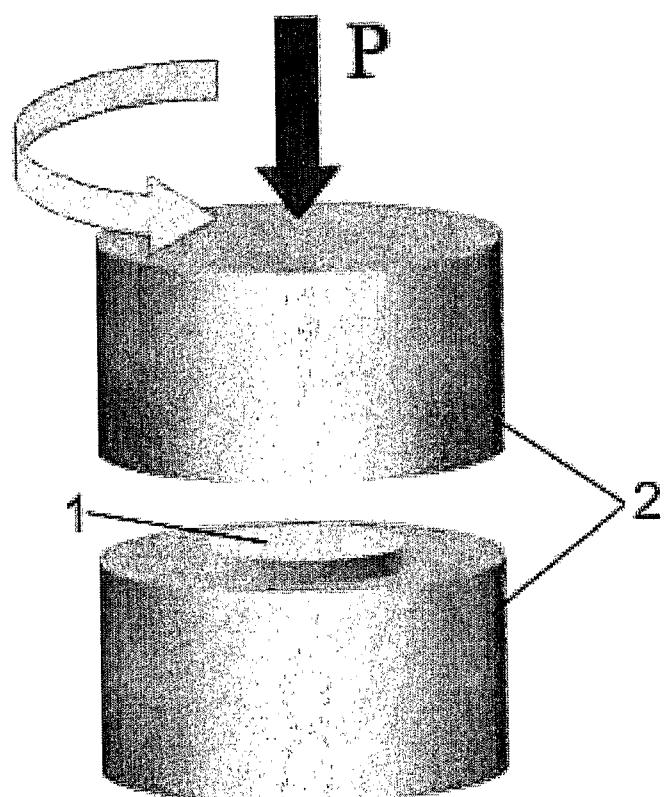
15

20

25

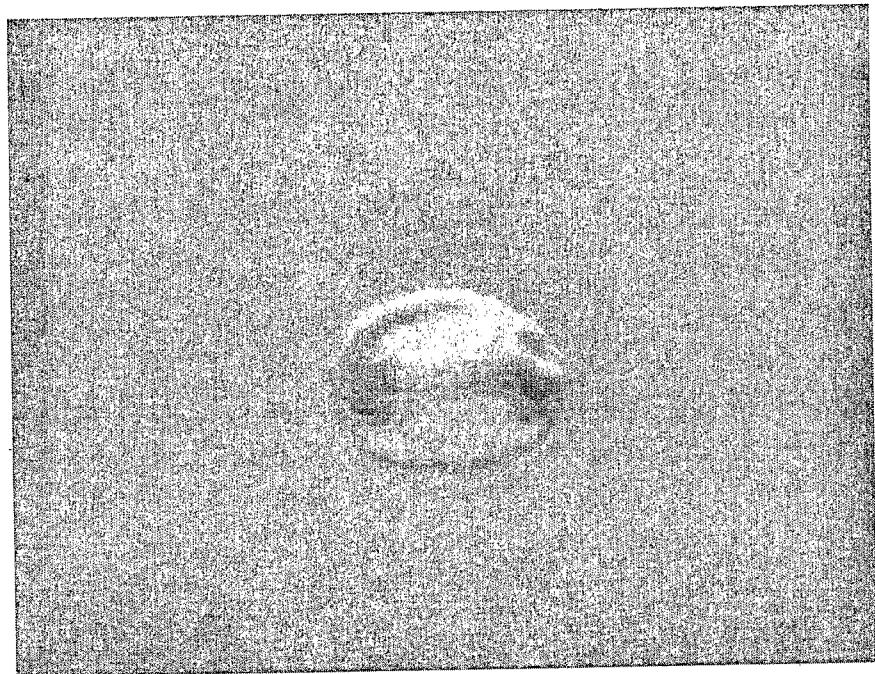
30

1/15



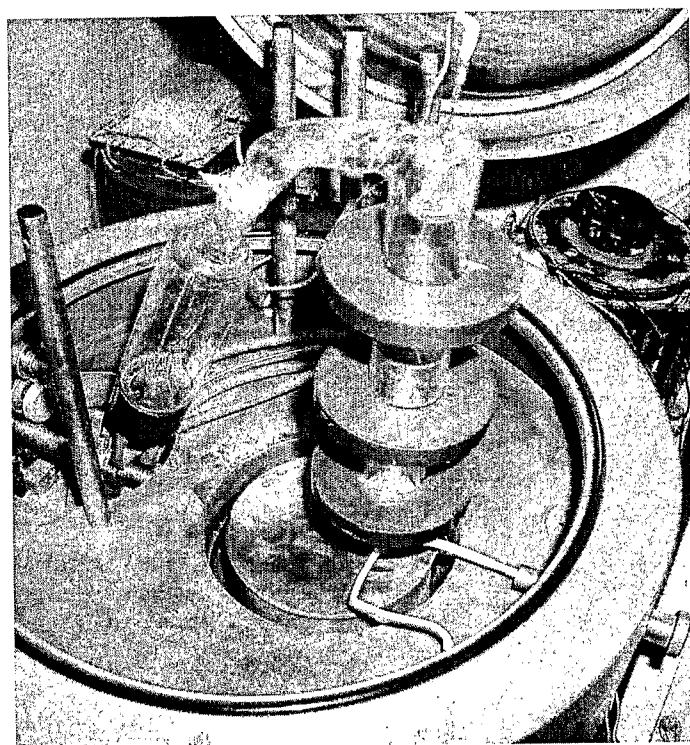
ФИГ. 1

2/15



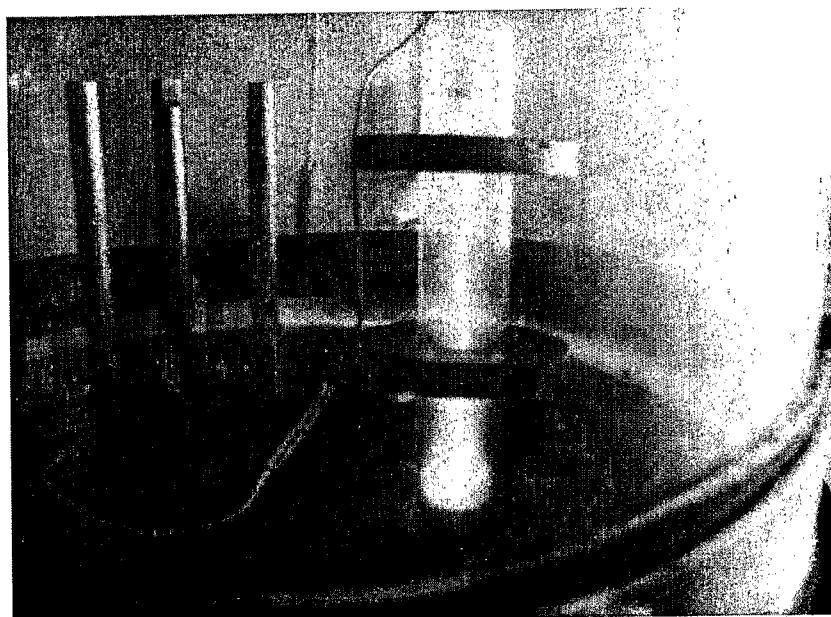
Фиг. 2

3/15



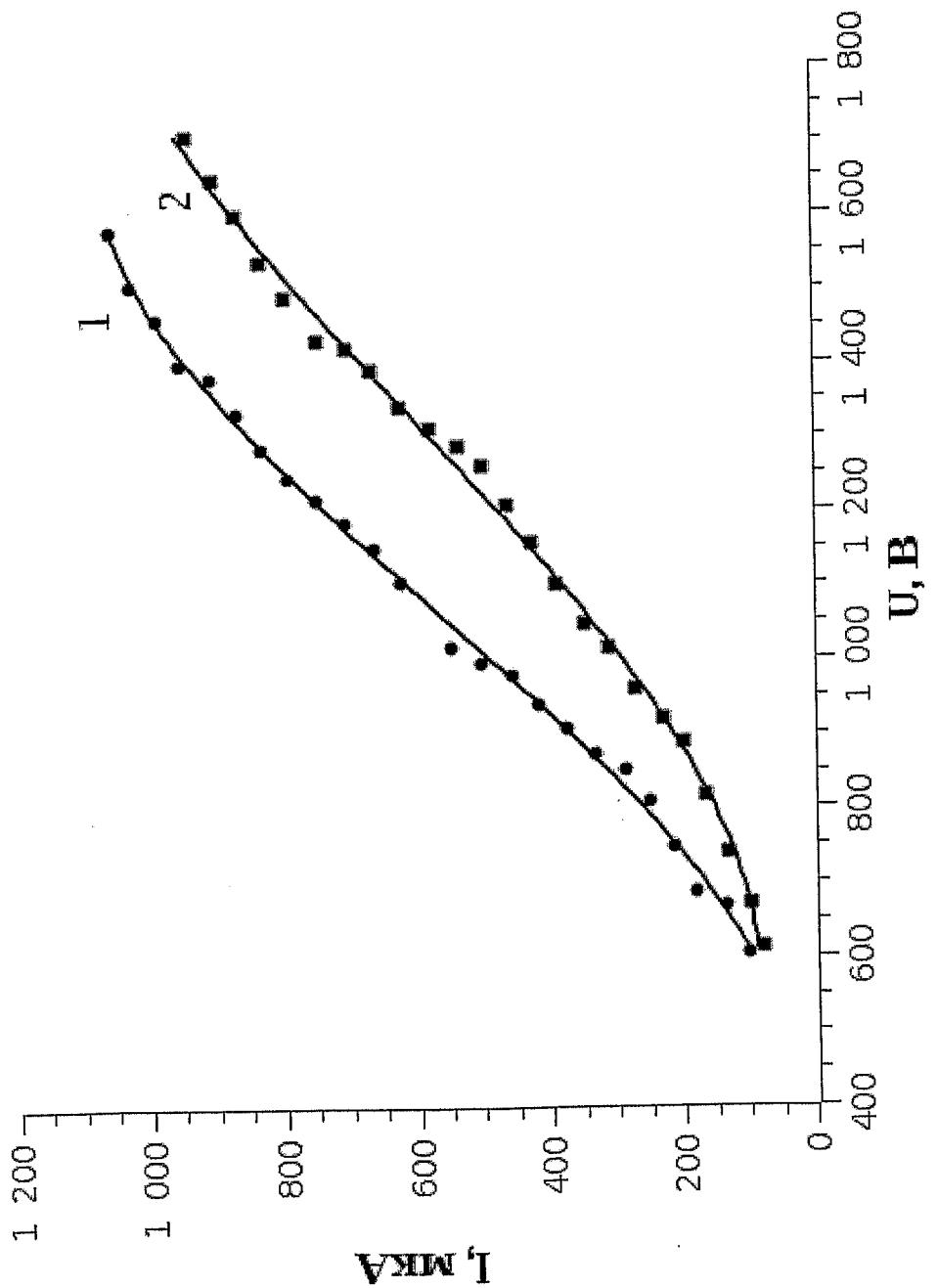
Фиг. 3

4/15



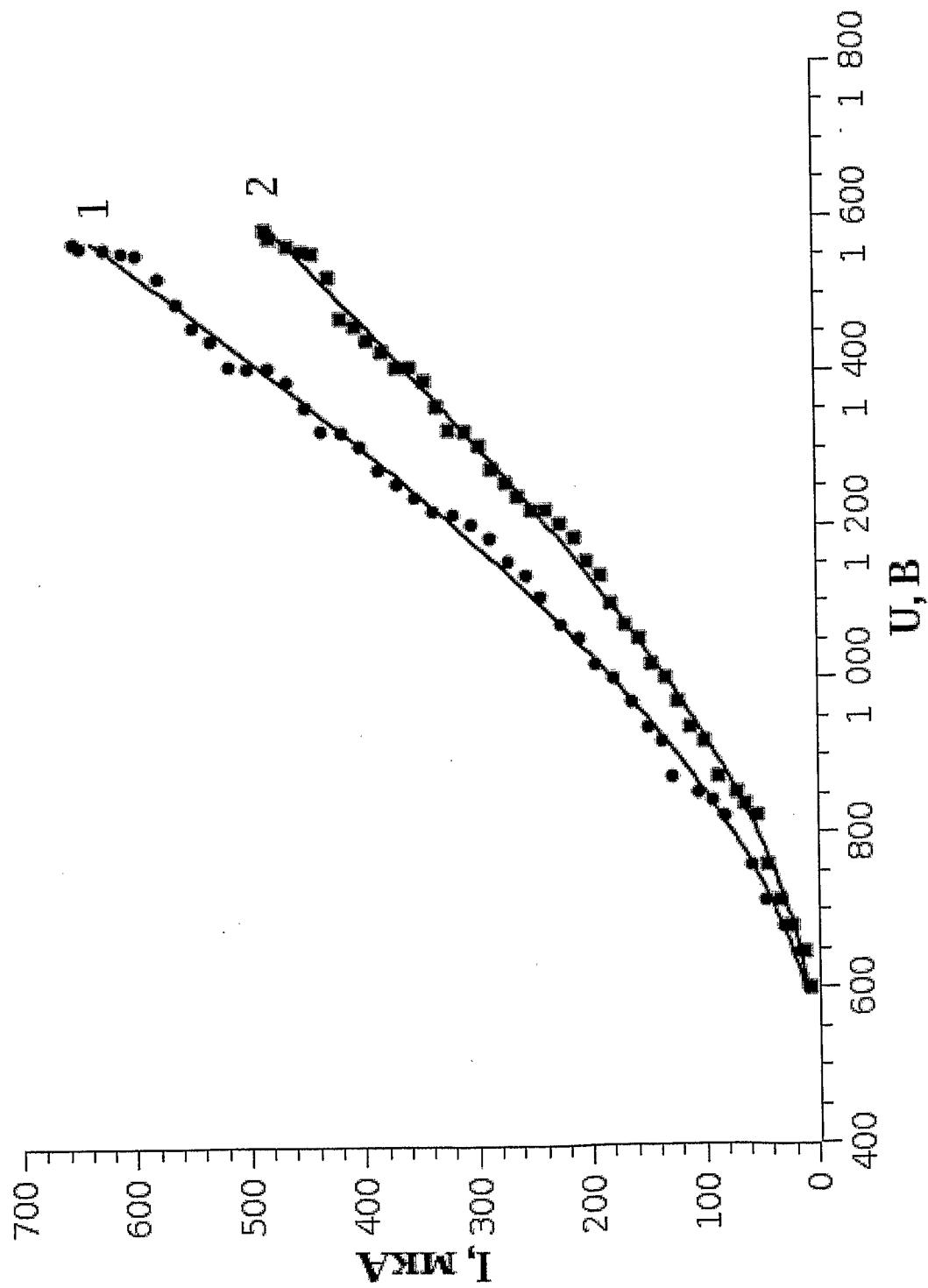
Фиг. 4

5/15



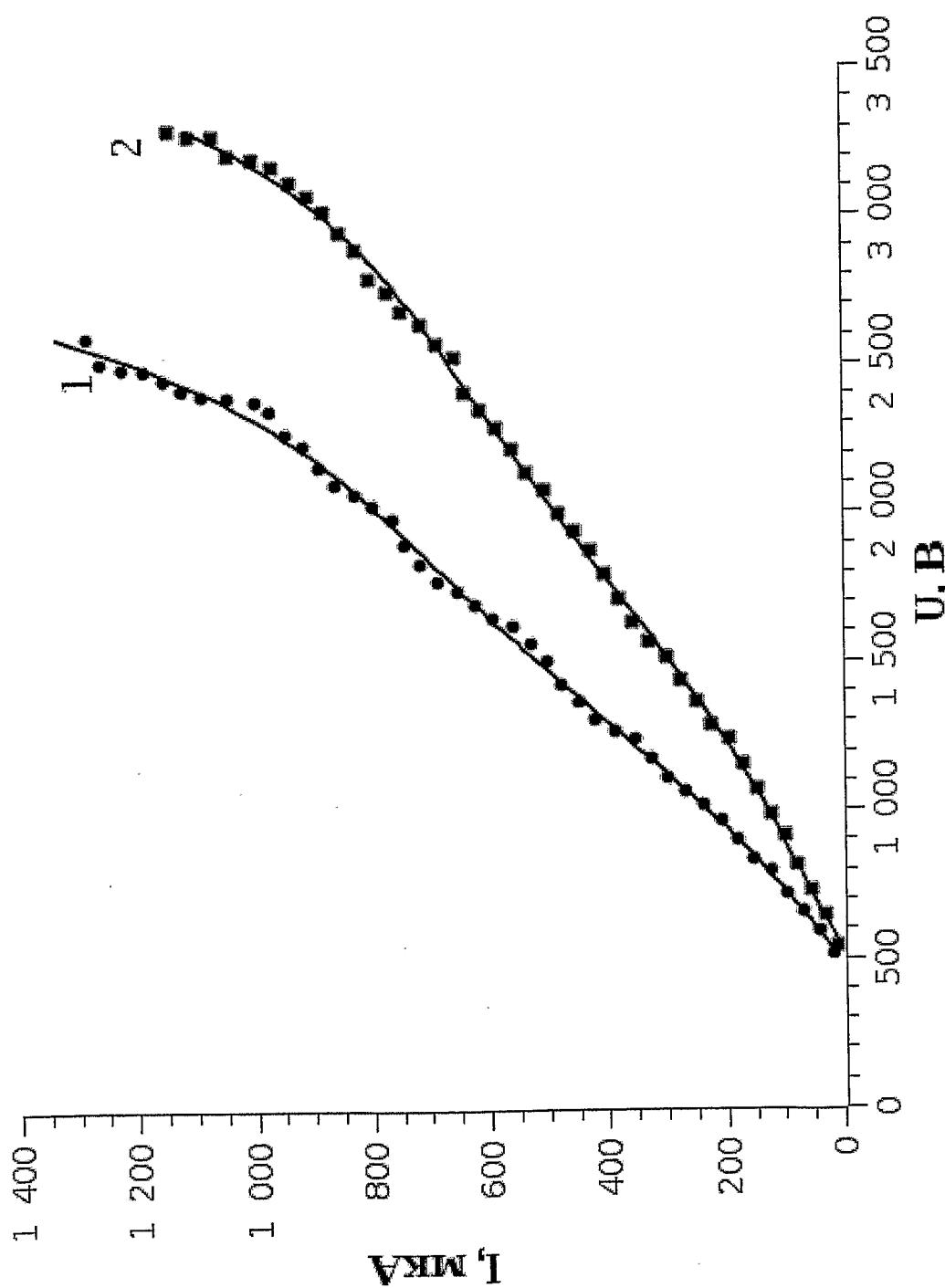
Фиг. 5

6/15



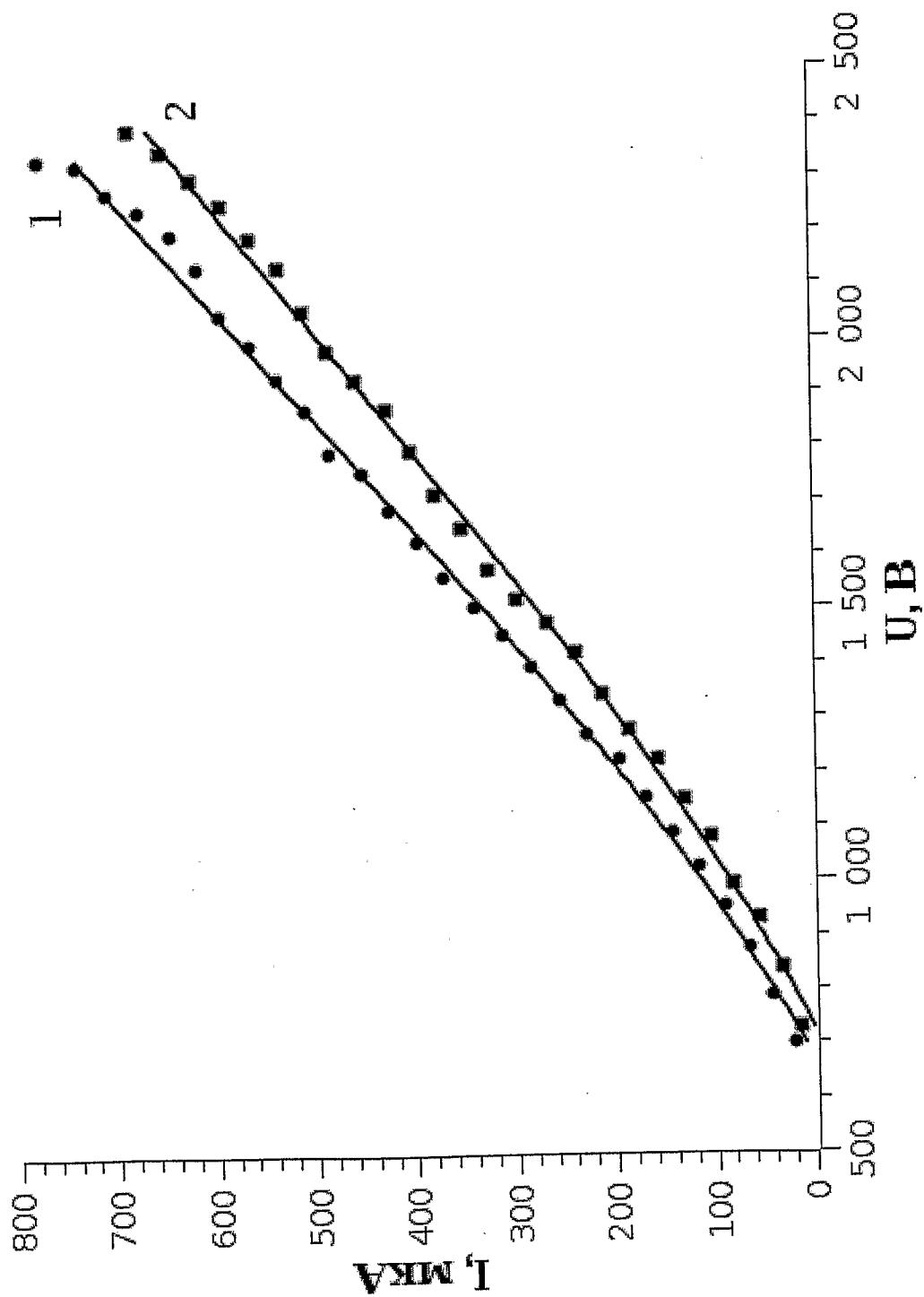
Фиг. 6

7/15



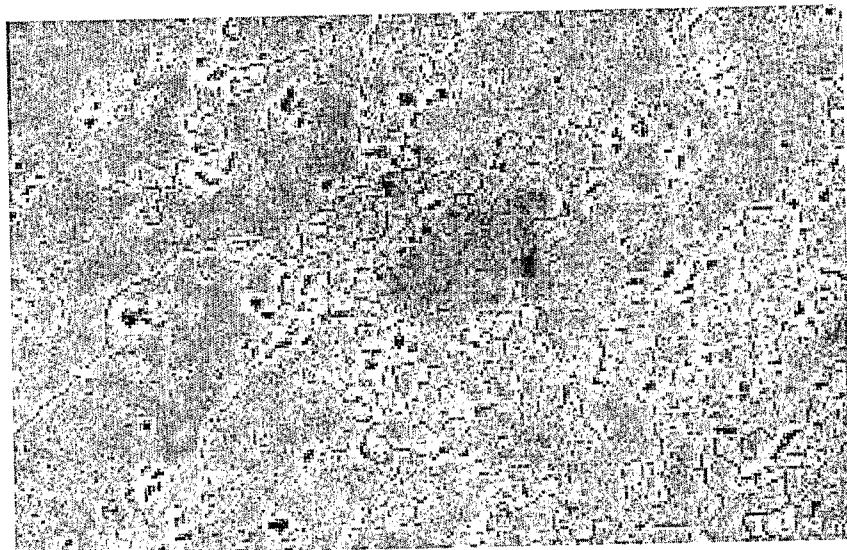
Фиг. 7

8/15



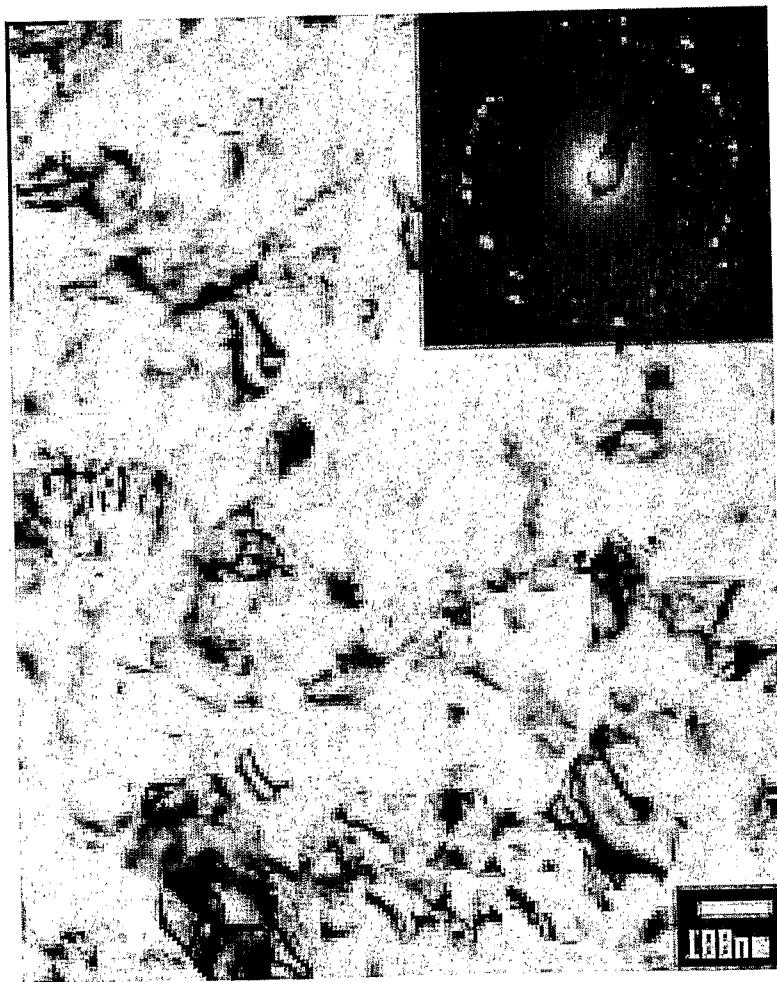
Фиг. 8

9/15



Фиг. 9

10/15



Фиг. 10

11/15



Фиг. 11

12/15



Фиг. 12

13/15



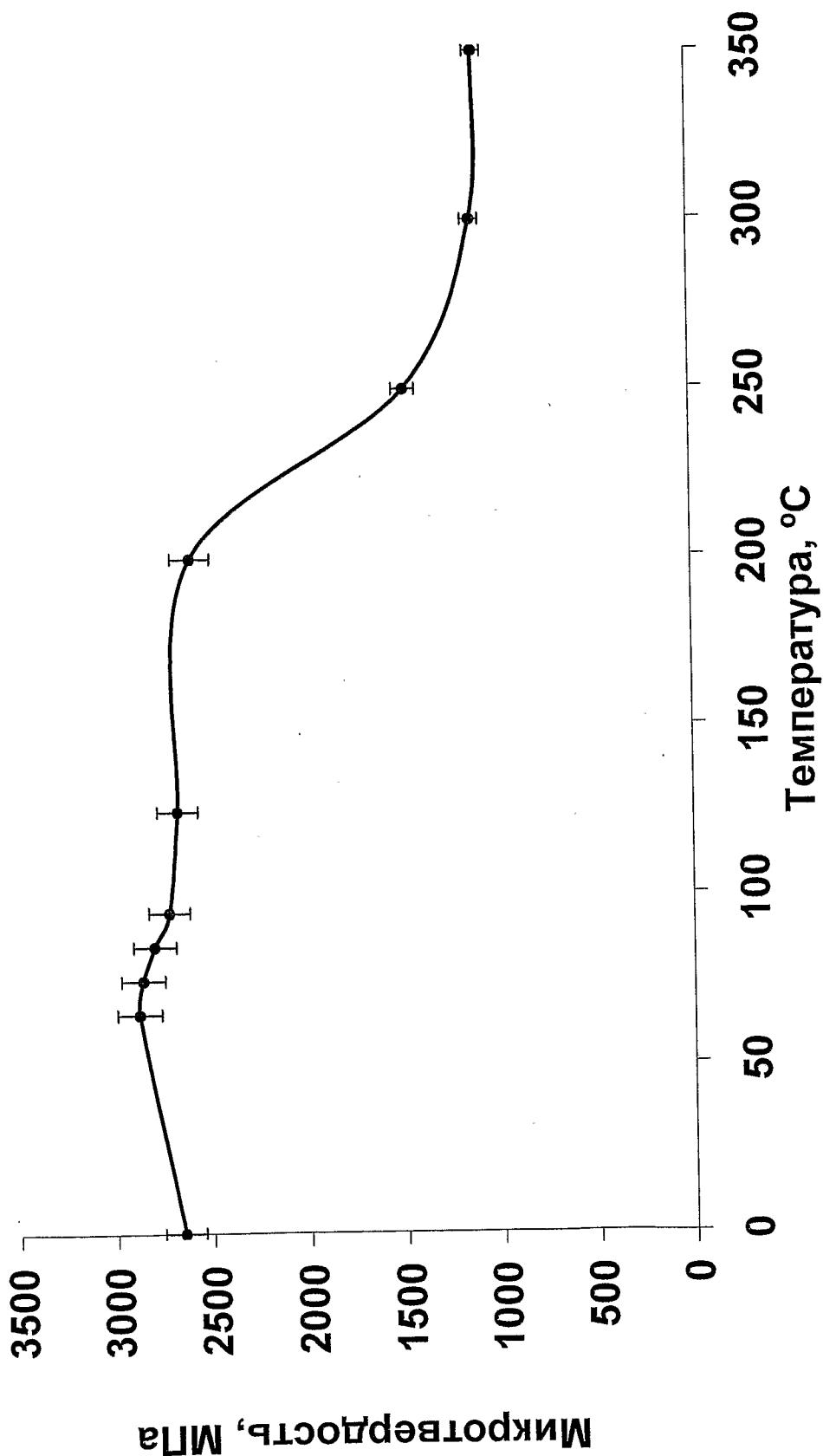
Фиг. 13

14/15



Фиг. 14

15/15



Фиг. 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2007/000757

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		H01J 9/02 (2006.01) H01J 1/30 (2006.01)
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
H01J 9/02, 1/30, 1/304, 19/24, C22F 1/18, B21J 5/00, B21C 23/02		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<p>http://www.fips.ru/, http://ep.espacenet.com/, http://www.uspto.gov/, http://www19.ipdl.inpit.go.jp/</p> <p>(several or intensive plastic deformation billets or cold cathode, method manufacturing cold cathode)</p>		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	MALYUKOV, R.R. et al. Rabota vkhoda elektronov iz nanokristallicheskogo volframa. Doklady akademii nauk, 2004, volume 399, N° 6, page 760-761	1-3,6-8 5 4
Y	RU 2175685 C1 (UFIMSKY GOSUDARSTVENNY AVIATSIONNY TEKHNICHESKY UNIVERSITET) 10.11.2001, the claims	5
A	RU 2237109 C1 (UFIMSKY GOSUDARSTVENNY AVIATSIONNY TEKHNICHESKY UNIVERSITET) 27.09.2004	1-8
A	US 5850755 A (VLADIMIR M. SEGAL) 22.12.1998	1-8
A	US 2240197 C1 (UFIMSKY GOSUDARSTVENNY AVIATSIONNY TEKHNICHESKY UNIVERSITET) 20.11.2004	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input type="checkbox"/> See patent family annex.
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 26 August 2008 (26.08.2008)		Date of mailing of the international search report 04 September 2008 (04.09.2008)
Name and mailing address of the ISA/		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №
PCT/RU 2007/000757

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:		H01J 9/02 (2006.01)
Согласно Международной патентной классификации МПК		H01J 1/30 (2006.01)
В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:		
Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации):		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:		
H01J 9/02, 1/30, 1/304, 19/24, C22F 1/18, B21J 5/00, B21C 23/02		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины): http://www.fips.ru/ , http://ep.espacenet.com/ , http://www.uspto.gov/ , http://www19.ipdl.inpit.go.jp/ (интенсивная пластическая деформация, холодный катод, several or intensive plastic deformation billets or cold cathode, method manufacturing cold cathode)		
С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X	МАЛЮКОВ Р.Р. и др. Работа выхода электронов из нанокристаллического вольфрама. Доклады академии наук, 2004, т. 399, № 6, стр. 760-761	1-3,6-8
Y		5
A		4
Y	RU 2175685 C1 (УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) 10.11.2001, формула	5
A	RU 2237109 C1 (УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) 27.09.2004	1-8
A	US 5850755 A (VLADIMIR M. SEGAL) 22.12.1998	1-8
A	US 2240197 C1 (УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) 20.11.2004	1-8
последующие документы указаны в продолжении графы С.		данные о патентах-аналогах указаны в приложении
* Особые категории ссылочных документов:		
A	документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	T более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение
E	более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	X документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности
L	документ, подвергающий сомнению притязание (я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	Y документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста
O	документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.	& документ, являющийся патентом-аналогом
P	документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	
Дата действительного завершения международного поиска: 26 августа 2008 (26.08.2008)		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 04 сентября 2008 (04.09.2008)
Наименование и адрес ISA/RU ФГУ ФИПС РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30,1 Факс:(499) 243-3337		Уполномоченное лицо: М. Трофимова Телефон № (499) 240-25-91