



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012146392/28, 31.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.10.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 31.10.2012

(45) Опубликовано: 10.04.2014 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2465681 C2, 27.10.2012. RU
2007121000 A, 10.12.2008. RU 2120117 C1,
10.10.1998. US 6077721 A, 20.06.2000. US
7153759 B2, 26.12.2006. US 8151852 B2,
10.04.2012. US 2007/0181962 A1, 09.08.2007. US
2012/0142136 A1, 07.06.2012

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-ая Бауманская, 5, МГТУ
им. Н.Э. Баумана, Центр защиты
интеллектуальной собственности (для Е.С.
Халатовой)

(72) Автор(ы):

Цивинский Александр Викторович (умер),
Цивинская Татьяна Анатольевна (RU),
Цыганков Виктор Юрьевич (RU),
Тиняков Юрий Николаевич (RU),
Милешин Сергей Андреевич (RU),
Андреев Константин Александрович (RU),
Борзов Андрей Борисович (RU),
Лихоеденко Константин Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана (МГТУ им.
Н.Э. Баумана) (RU)(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СТРУКТУР И УСТРОЙСТВО
ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к приборостроению и может быть использовано при изготовлении полупроводниковых микроэлектромеханических устройств, а именно малогабаритных датчиков физических величин. Изобретение обеспечивает увеличение количества годных микроэлектромеханических структур за счет совершенствования способа электростатической анодной посадки. В способе изготовления микроэлектромеханических структур путем анодного соединения (анодной сварки) двухслойной структуры из пластины кремния с предварительно очищенной стеклянной подложкой при нагревании их в вакууме и приложении напряжения, предварительно пластину из кремния разделяют на кристаллы, формируют пары структур кремний - стекло, размещают их в кассету вертикально, прижимая

друг к другу, кассету помещают в графитовый нагреватель и нагревают их при температуре от 370°C до 400°C, после чего подают анодное напряжение на стекло в интервале от 200 до 500 вольт для формирования слоя объемного заряда в стекле, прилегающем к поверхности кремния. В устройстве для изготовления микроэлектромеханических структур графитовый столик выполняют с боковыми стенками, в которых, как и в основании графитового столика, установлено не менее двух нагревательных элементов в каждом, на торцах двух противоположных стенок установлены токовводы для подачи анодного напряжения, на основании столика расположена кассета, в которой размещены пары структур кремний - стекло. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 4 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H01L 21/02 (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012146392/28, 31.10.2012

(24) Effective date for property rights:
31.10.2012

Priority:

(22) Date of filing: 31.10.2012

(45) Date of publication: 10.04.2014 Bull. № 10

Mail address:

105005, Moskva, ul. 2-aja Baumanskaja, 5, MGTU
im. N.Eh. Baumana, Tsentr zashchity intellektual'noj
sobstvennosti (dlja E.S. Khalatovoj)

(72) Inventor(s):

Tsivinskij Aleksandr Viktorovich (umer),
Tsivinskaja Tat'jana Anatol'evna (RU),
Tsygankov Viktor Jur'evich (RU),
Tinjakov Jurij Nikolaevich (RU),
Mileshin Sergej Andreevich (RU),
Andreev Konstantin Aleksandrovich (RU),
Borzov Andrej Borisovich (RU),
Likhoedenko Konstantin Pavlovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Moskovskij
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni
N.Eh. Baumana (MGTU im. N.Eh. Baumana)
(RU)

(54) **METHOD OF MAKING MICRO-ELECTROMECHANICAL STRUCTURES AND APPARATUS FOR REALISING SAID METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to instrument-making and can be used in making semiconductor micro-electromechanical devices and specifically miniature sensors of physical quantities. In the method of making micro-electromechanical structures via anodic connection (anodic welding) of a two-layer structure of a silicon plate with a cleaned glass substrate while heating in a vacuum and applying voltage, the silicon plate is first divided into crystals; pairs of silicon-glass structures are formed and placed vertically in a plate holder while being pressed to each other; the plate holder is placed in a graphite heater and heated to temperature ranging from 370°C to 400°C, after which an-

ode voltage is applied across the glass in a range from 200 V to 500 V to form a space-charge layer in the glass adjoining the surface of the silicon. In the apparatus for making micro-electromechanical structures, a graphite table is made with sidewalls in which, like in the base of the graphite table, there are at least two heating elements in each; at the ends of two opposite walls there are current leads for applying anode voltage; at the base of the table there is a plate holder in which pairs of silicon-glass structures are placed.

EFFECT: invention increases the number of non-defective micro-electromechanical structures by improving the electrostatic anodic seeding method.

3 cl, 4 dwg

RU 2 511 282 C1

RU 2 511 282 C1

Изобретение относится к приборостроению и может быть использовано при изготовлении полупроводниковых микроэлектромеханических устройств, а именно малогабаритных датчиков физических величин.

Известны способы изготовления датчиков физических величин на основе объемных кремниевых микроэлектромеханических структур (МЭМС), полученные с помощью метода анодной посадки (см. Баринов И. Микроэлектронные датчики физических величин на основе МЭМС-технологий // Журнал «Компоненты и технологии», 2009, №5).

Датчики физических величин содержат интегральный полупроводниковый преобразователь, который помещают на диэлектрическую подложку или, как правило, стеклянное основание, совпадающее по размеру с кристаллом, на котором расположен интегральный полупроводниковый преобразователь. Отрицательный электрод (катод) подводят к внешней поверхности предварительно очищенной стеклянной пластины, положительный (анод) - к поверхности кремния. Соединяемую сборку нагревают на горячей плите, которая также является анодом, до температуры в диапазоне от 420 до 450°C. Затем прикладываются анодное напряжение в диапазоне от 300 до 1200 В. При повышенной температуре электрический потенциал между соединяемыми деталями вызывает их притягивание до непосредственного контакта и они соединяются почти мгновенно. Процесс анодной посадки производится в вакууме.

Основной проблемой указанного решения является неравномерное присоединение кремниевой и стеклянной пластин на всей площади, подвергающейся анодному сращиванию с одновременным нагревом пластин, что приводит к уменьшению выхода годных микроэлектромеханических элементов.

Наиболее близким известным решением является способ получения микроэлектромеханической структуры методом анодного соединения пластины кремния со стеклянной подложкой (Патент US 6,077,721, МПК H01L 21/00, Н. кл 438/53, опублик. 20.06.2000 г.). В указанном решении для уменьшения шероховатости полупроводниковой пластины применяется травление полупроводниковой пластины через специально вырезанные отверстия в стеклянной пластине до величины 5 мкм и меньше.

Нерешенными остаются следующие проблемы: 1) неравномерное касание поверхностей кремниевой и стеклянной пластин; 2) неравномерно распределенная по объему соединяемых материалов температура разогрева; 3) повреждения кристаллов и стекла при разделении соединенных пластин на отдельные чувствительные элементы; 4) остаточные механические напряжения.

Эти проблемы приводят к потерям до 50% чувствительных элементов, а также увеличивают брак приборов - датчиков физических величин, изготовленных на основе МЭМС технологий: по временной нестабильности сигнала, температурным характеристикам, где данные элементы - пары кристалл кремния (интегральный полупроводниковый преобразователь) - стеклянное основание, соответствующее ему по размеру, используются.

Поставленной задачей является увеличение количества годных микроэлектромеханических структур за счет совершенствования электростатической анодной посадки.

Для достижения поставленной цели:

- в способе изготовления микроэлектромеханических структур, заключающемся в электростатическом анодном соединении в вакууме пластины кремния со стеклянной подложкой, пластину кремния предварительно разделяют на кристаллы, формируют пары структур кремний - стекло, размещают их в кассету вертикально, прижимая друг

к другу, кассету помещают в графитовый столик с нагревателями и нагревают до значений от 370 до 400°C, после чего подают анодное напряжение на полупроводниковый кристалл напряжением от 200 до 500 вольт, которое формирует слой объемного заряда в стекле, прилегающем к поверхности полупроводникового кристалла, и обеспечивает электростатическое анодное соединение полупроводникового кристалла и стекла;

- в устройстве для изготовления микроэлектромеханических структур, содержащем графитовый столик, снабжают его боковыми стенками, в которых, как и в основании графитового столика, установлено не менее двух нагревательных элементов в каждом, на торцах двух противоположных стенок установлены токовводы для подачи анодного напряжения, на основании столика расположена кассета, в которой размещены пары структур кремний - стекло, выполненная с возможностью перемещения и содержащая анод, соединенный с токовводами, при этом кассету выполняют в виде теплостойкого корпуса, боковые стенки которого имеют отверстия для толкателей, против каждого отверстия уложены изоляторы из керамики с прорезями под размер структуры, по их центру установлен анод в виде бруска из теплостойкой стали с полированной поверхностью.

Устройство для проведения электростатического анодного соединения позволяет увеличить количество изготовления МЭМС, ни и качества формируемых структур за счет вертикального размещения этих пар для равномерного нагревания.

Изобретение поясняется чертежом, где:

на фигуре 1 показана кассета для размещения пар структуры кристалл кремния - стекло в двух проекциях;

на фигуре 2 изображено устройство для изготовления микроэлектромеханической структуры;

на фигуре 3 изображена схема проведения процесса электростатической анодной посадки;

на фигуре 4 показаны режимы проведения анодной посадки.

Кассета, в разрезе показанная на фигуре 1, состоит из корпуса 1 из теплостойкой стали. В корпусе против каждого отверстия уложены изоляторы 2 из керамики ХС-22 с прорезями под размер кристалла. В отверстия корпуса по направляющим изоляторов вставляются толкатели 3, концы которых выступают за пределы корпуса. Пластинчатые пружинные зажимы 4 вставляются в зазор между прижимной планкой 5 и толкателями. Прижимная планка крепится на наружной стороне корпуса при помощи винтов 6. По центру изоляторов помещен анод 7, брусок из теплостойкой стали с полированной поверхностью. Полированной стороной к кремнию помещается стекло 8, а в прорези изолятора вплотную к поверхности анода планарной стороной помещается вертикально кристалл 9. Сила прижатия стекла к поверхности кремния фиксируется затягиванием винта отверткой с фиксированным усилием.

Кассету с парами кристалл - стекло для проведения процесса соединения необходимо поместить в устройство - графитовый столик, который одновременно служит катодом.

Графитовый столик показан на фигуре 2. Его основными элементами являются: основание 10, боковые и задняя стенка 11 и 12, токовводы 13 для нагревателей, нагреватели 14, попарно расположенные в основании и всех стенках.

Процесс электростатической анодной посадки с применением разработанных кассеты и графитового столика осуществляется следующим образом.

После размещения устройства для изготовления МЭМС с графитовым столиком с кассетой, содержащей пары кристалл - стеклянное основание, в вакуумную камеру (см.

фигуру 3) электростатическая анодная посадка выполняется в следующих режимах (см. фигуру 4). Из камеры, в которой размещается приспособление, откачивается воздух до 1×10^{-2} мм рт.ст. и включается нагрев до температур от 370 до 400°C. Затем между электродами прикладывается потенциал от 200 до 500 В. При повышенной температуре электрический потенциал между двумя пластинами вызывает тесный их контакт и почти мгновенную анодную посадку. Электростатическое притягивание между стеклянным основанием и кремниевым кристаллом объясняется следующим образом: при повышенной температуре (все же не превышающей точки размягчения стекла) положительные ионы натрия в стеклянном основании становятся подвижными и начинают притягиваться к отрицательному электроду на поверхности стекла, где они нейтрализуются. Более связанные отрицательные ионы кислорода группируются в стеклянном основании ближе к положительному электроду, формируя слой объемного заряда в стеклянном основании, прилегающем к поверхности кремниевого кристалла.

После того как ионы Na^+ дрейфуют по направлению к катоду, наибольшее падение потенциала в стеклянном основании происходит у поверхности, прилегающей к кремниевому кристаллу. В результате две соединяемые детали действуют как параллельные пластины конденсатора, в котором падение большей части потенциала имеет место в воздушном промежутке микронной ширины. Результирующее электростатическое поле между поверхностями стягивает их. Как только кристалл и стеклянное основание входят в контакт, почти весь приложенный потенциал спадает через объемный заряд в стекле. Чрезвычайно высокие поля, которые появляются в этой области, переносят кислород из стеклянного основания к месту соединения с кристаллом кремния. Химическая природа спая, появляющегося в ходе этого процесса, представляет собой тонкий слой диоксида кремния SiO_2 .

Во время анодной посадки технологические режимы, определенные парой температура - анодное напряжение, выдерживаются постоянными. Импульс тока имеет место при включении напряжения, означая дрейф ионов натрия. Очень скоро образуется область объемного заряда и происходит анодная посадка. Хотя процесс скоротечен и необратим, анодное напряжение не выключается при охлаждении в течение одного часа.

Предложенный способ и устройство были опробованы для изготовления датчиков физических величин на основе тензометрических интегральных полупроводниковых преобразователей на кремниевых кристаллах размером 4×4 мм, стеклянных оснований соответствующего размера, которые соединялись электростатической анодной посадкой с помощью разработанных - кассеты и устройства для изготовления МЭМС на следующих режимах: температура 375°C, анодное напряжение 360 В, время проведения процесса 2,5 часа. Общее количество соединенных электростатической анодной посадкой пар кристалл - стеклянное основание 1500 штук.

При соединении полупроводниковых кристаллов и стеклянных оснований выход годных достиг 76%.

Таким образом, реализация предложенного технического решения позволяет увеличить процент выхода годных при изготовлении микроэлектромеханических структур для датчиков физических величин.

Формула изобретения

1. Способ изготовления микроэлектромеханических структур путем анодного соединения (анодной сварки) двухслойной структуры из пластины кремния с предварительно очищенной стеклянной подложкой при нагревании их в вакууме и

приложении напряжения, отличающийся тем, что предварительно пластину из кремния разделяют на кристаллы, формируют пары структур кремний - стекло, размещают их в кассету вертикально, прижимая друг к другу, кассету помещают в графитовый нагреватель и нагревают их при температуре от 370°С до 400°С, после чего подают анодное напряжение на стекло в интервале от 200 до 500 вольт для формирования слоя объемного заряда в стекле, прилегающем к поверхности кремния.

2. Устройство для изготовления микроэлектромеханических структур, содержащее графитовый столик, отличающееся тем, что графитовый столик снабжен боковыми стенками, в которых, как и в основании графитового столика, установлено не менее двух нагревательных элементов в каждом, на торцах двух противоположных стенок установлены токовводы для подачи анодного напряжения, на основании столика расположена кассета, в которой размещены пары структур кремний - стекло, выполненная с возможностью перемещения и содержащая анод, соединенный с токовводами.

3. Устройство для изготовления микроэлектромеханических структур по п.2, отличающееся тем, что кассета выполнена в виде теплостойкого корпуса, боковые стенки которого имеют отверстия для толкателей, против каждого отверстия уложены изоляторы из керамики с прорезями под размер структуры, по их центру установлен анод в виде бруска из теплостойкой стали с полированной поверхностью.

20

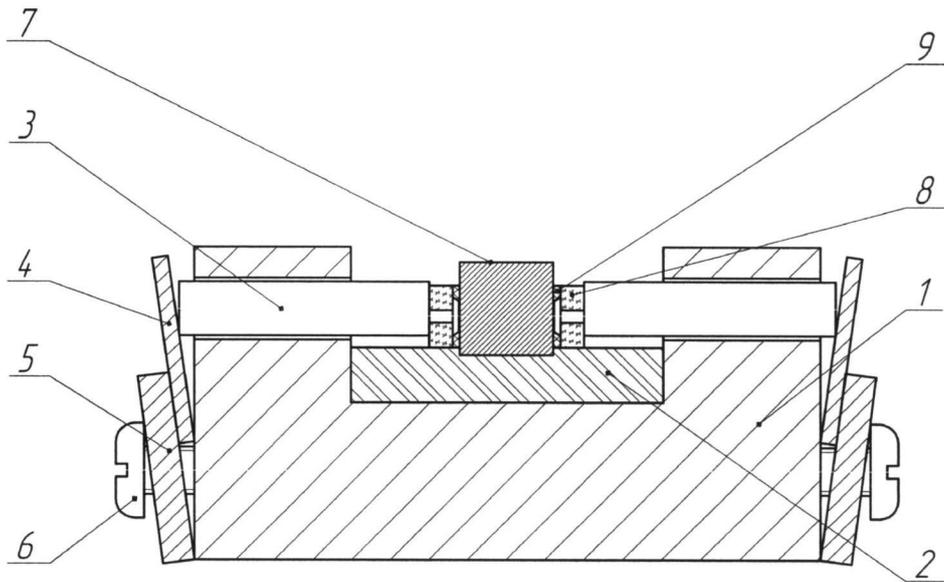
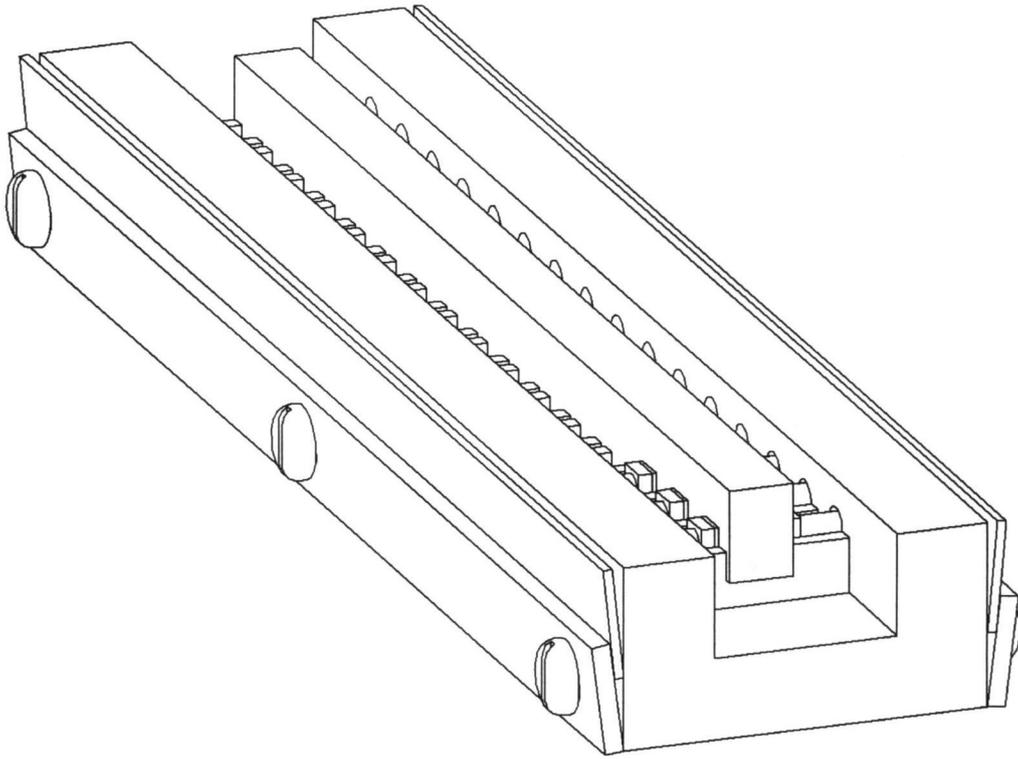
25

30

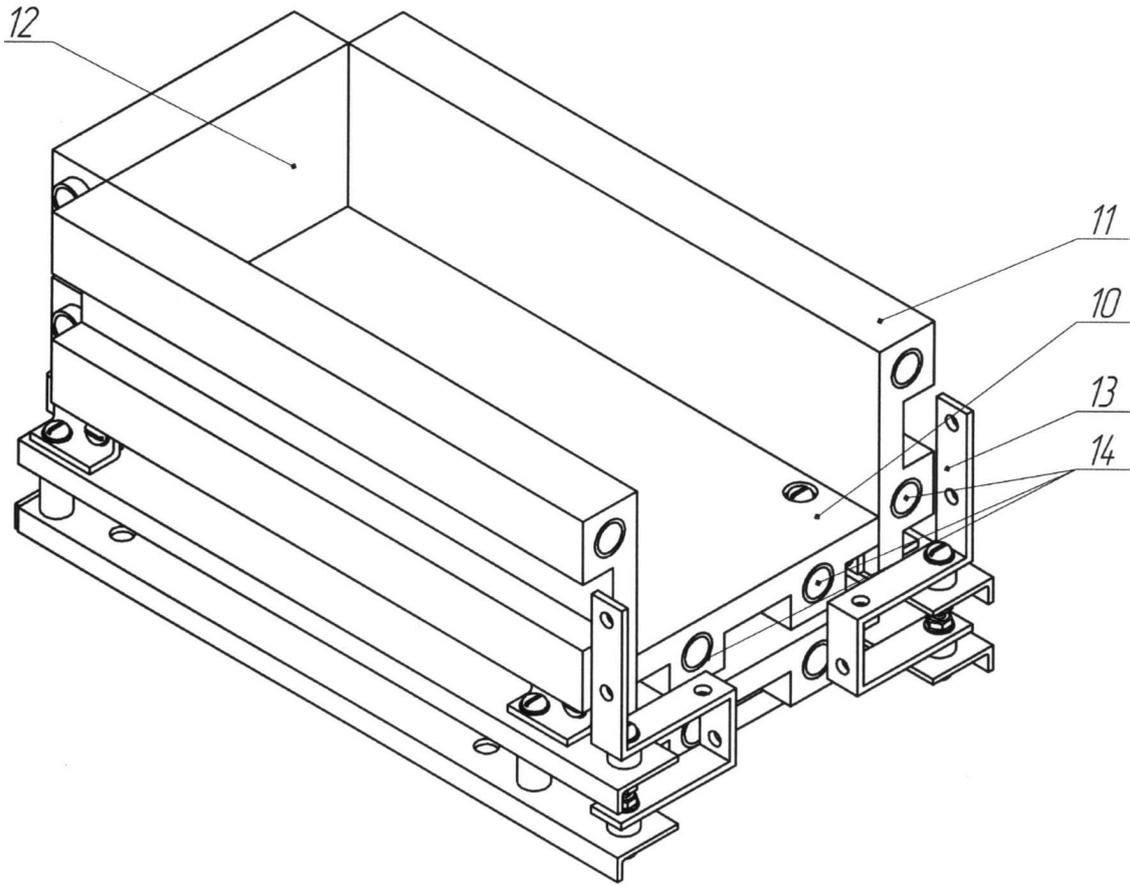
35

40

45



Кассета для размещения пар структур кремний – стекло
Фиг. 1



Устройство для изготовления микроэлектромеханической структуры

Фиг.2

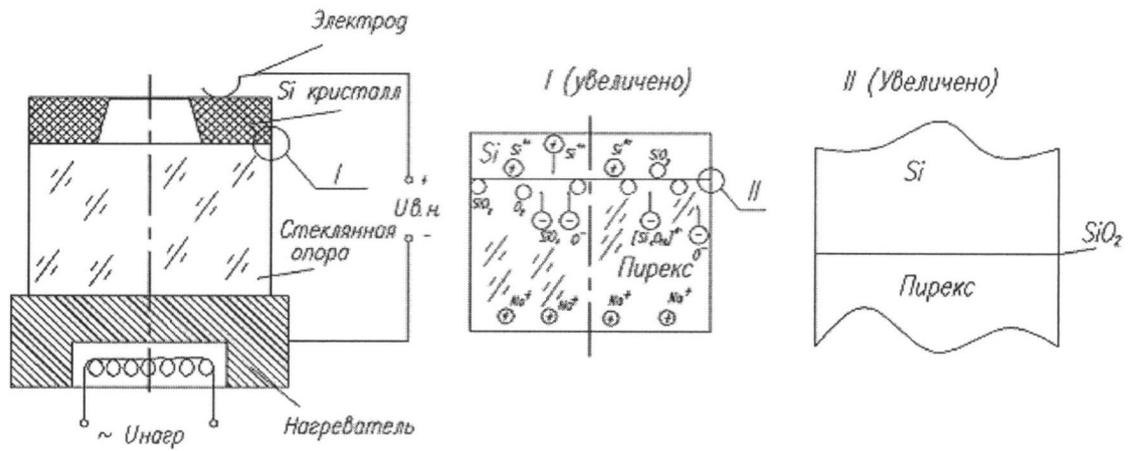
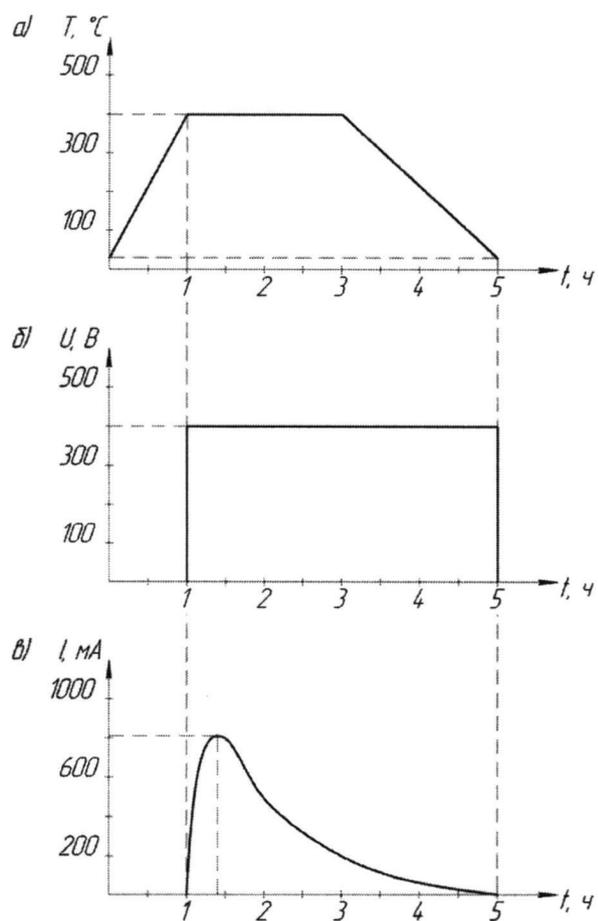


Схема проведения процесса электростатической анодной посадки

Фиг.3



- а) – нагрев графитового столика до 400°C ;
 б) – подача анодного напряжения от 200 до 500 В;
 в) – ток между пластинами от 0 до 750 мА в первые 15 минут и спад
 через объемный заряд в стекле.

Режимы проведения электростатической анодной посадки

Фиг.4