

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202393427** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2024.06.28

(51) Int. Cl. **C30B 15/14** (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.12.26

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ**

(31) **2022134665**

(32) **2022.12.27**

(33) **RU**

(96) **(RU) 2023.12.26**

(71) Заявитель:
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИТМО" (УНИВЕРСИТЕТ ИТМО)
(RU)**

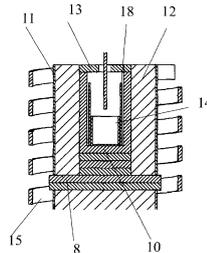
(72) Изобретатель:

**Бауман Дмитрий Андреевич, Панов
Дмитрий Юрьевич, Спиридонов
Владислав Алексеевич (RU)**

(74) Представитель:

Чугорина Е.Ю. (RU)

(57) Изобретение относится к устройствам для выращивания из расплава объемных кристаллов высокотемпературных оксидных материалов (монокристаллов) и может быть использовано в том числе для получения монокристаллов оксида галлия ($\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$). Устройство для выращивания монокристаллов методом Чохральского, включающее ростовую камеру, снабженную цилиндрическим кварцевым корпусом, установленным на подставке, сопряженным с наружным индукционным нагревателем и снабженным расположенной внутри на подставках керамической камерой, внутри которой на дне размещен тигель с ростовым материалом, при этом пространство между корпусом керамической камеры и кварцевым корпусом ростовой камеры снабжено теплоизоляционной засыпкой, а керамическая камера снабжена верхней крышкой, снабженной, по меньшей мере, отверстием для установки штока с зацепом с затравочным кристаллом. При этом между смежными поверхностями тигля и керамической камеры с зазором относительно смежной поверхности керамической камеры размещено переизлучающее цилиндрическое кольцо из однородного тигля материала, высотой, превышающей высоту тигля, и менее высоты внутренней полости керамической камеры. Следствием приведенных отличий является достигаемый технический результат, заключающийся в повышении срока службы ростовой камеры при одновременном обеспечении равномерности прогрева тигля, с поддержанием требуемого градиента температуры над поверхностью расплава и защитой тигля от возникновения коронных разрядов.



A1

202393427

202393427

A1

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ

5 Назначение и область применения

Изобретение относится к устройствам для выращивания из расплава объемных кристаллов высокотемпературных оксидных материалов (монокристаллов) и может быть использовано, в том числе, для получения монокристаллов оксида галлия ($\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$).

10 Предшествующий уровень техники

Как известно, в качестве наиболее широко применяемых, в том числе, в промышленном производстве, способов выращивания монокристаллов являются основанные на методе выращивания кристаллов из расплавов при перемещении кристалла в температурном градиенте, а именно метод Чохральского(CZ) и
15 модифицированный метод Чохральского - метод Степанова (EFG).

По методу Чохральского исходный материал (шихту) загружают в тугоплавкий тигель и нагревают до расплавленного состояния. В настоящее время нагрев обычно осуществляют при помощи СВЧ излучения. Затем затравочный кристалл в виде тонкого стержня диаметром в несколько миллиметров
20 устанавливают в охлаждаемый кристаллодержатель и погружают в расплав. Столбик расплава, осуществляющий связь растущего кристалла с расплавом, поддерживается силой поверхностного натяжения и формирует мениск между поверхностью расплава и растущим кристаллом. При этом граница расплав-кристалл, т.е. фронт кристаллизации, оказывается расположенной над
25 поверхностью расплава. От формы границы расплав-кристалл зависит качество кристалла, т.е. совокупность его оптических, механических и электрических свойств. В процессе вытягивания кристалл вращают с целью перемешивания расплава и выравнивания температуры на фронте кристаллизации (GALAZKA Z. et al., Czochralski growth and characterization of $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ single crystals, "Cryst. Res. Technol.", 2010, 45, No. 12, 1229-1236). В некоторых случаях для снятия
30 возникающих напряжений используют дополнительную печь, через которую проходит выращиваемый кристалл и отжигается. Стенки кристаллизационного аппарата (основного и дополнительного объема печи) представляют собой каналный теплообменник, имеющий в большинстве случаев систему активного

водоснабжения для их охлаждения. Кристаллизационные аппараты по методу Чохральского, как правило, оснащены портами с кварцевыми или сапфировыми окнами для визуального наблюдения процесса (позволяют напрямую видеть ростовой мениск), которые монтируются в стенку печи основного объема.

5 Для формирования кристалла в составе данных конструкций используются подъемные механизмы, где нижний механизм размещается в основном объеме печи и служит для вертикального перемещения водоохлаждаемого штока с платформой, на которой устанавливается тигель с шихтой. Данный механизм также снабжен средствами вращения штока с разной скоростью для перемешивания расплава.

10 Верхний подъемный механизм размещается в вертикальной шахте печи и предназначен для вытягивания були из расплава. По принципу действия он похож с нижним механизмом, и при этом снабжен на свободном конце зацепным механизмом для затравочного кристалла ([URL:https://mrf-furnaces.com/products/crystal-growth-furnaces/](https://mrf-furnaces.com/products/crystal-growth-furnaces/) “CRYSTAL GROWTH FURNACES”).

15 Преимущество метода вытягивания из расплава по сравнению с другими методами заключается в том, что кристалл растет в свободном пространстве без контакта со стенками тигля, при этом достаточно легко можно менять диаметр растущего кристалла и визуально контролировать рост. Методами вытягивания из расплава в настоящее время выращивают большинство монокристаллов

20 полупроводниковых диэлектрических материалов, синтетических лазерных кристаллов и драгоценных камней. В общем случае выращивание монокристаллов полупроводников методом Чохральского можно проводить как в вакууме, так и в атмосфере инертного газа, находящегося под различным давлением.

Способ Степанова и его модификации позволяют получать большую

25 номенклатуру профилей кристаллов металлов, полупроводников и диэлектриков постоянного сечения и изделия более сложных форм, кристаллизуя их непосредственно из расплава. Способ основан на идее капиллярного формообразования. При росте кристалла расплав поступает из тигля по капиллярным каналам специальной фильеры (формообразователя) к ее рабочей

30 поверхности, кромки которой задают контур тонкого слоя расплава (мениска), заключенного между формообразователем и межфазной границей. Поперечное сечение вытягиваемого кристалла определяется геометрией кромок формообразователя. Вытягиванием через щель, находящуюся на поверхности расплава, получают профилированные кристаллы, например трубы, пластины и пр.

Однако, к числу проблем использования вышеуказанных способов выращивания монокристаллов относится формируемый неравномерный градиент температур над поверхностью расплава, вследствие перепада температур на выходе кристалла из тигля высокий риск термического удара, воздействующего на кристалл, что оказывает прямое влияние на его качественные характеристики.

Кроме того, поскольку наиболее востребованным, в связи качественными характеристиками, возможности технологического изготовления, являются применяемые в конструкции устройств выращивания монокристаллов тигли, выполненные из иридия (Ir), еще одной существенной проблемой известных конструкций является проблема разрушения тигля под воздействием окислительной реакции при содержании кислорода, превышающем несколько процентов, в печи с высокой температурой, превышающей 1800°C, что приводит к необходимости замены ростовой камеры (тепловой узел) устройства выращивания монокристалла. Замена ростовой камеры вследствие разрушения тигля из Ir представляет собой большую проблему с точки зрения управления производством и экономики, даже если можно получить высококачественный цилиндрический монокристалл большого диаметра (JP-A-2004-056098; JP-A-2006-312571; JP 2014-221692 A и т.п.)

Из уровня техники известен широкий ряд технических решений, направленных на усовершенствование теплового узла устройств для выращивания монокристаллов из расплава методом Чохральского.

Так, известно устройство для выращивания кристаллов из расплава методом Чохральского, включающее тигель, верхний, нижний и боковой нагреватели, теплоизолирующий экранирующий элемент, выполненный с возможностью разделения входящего потока продувочного газа на первый частичный поток и второй частичный поток таким образом, что первый частичный поток направляется через область расплава, а второй частичный поток направляется вдоль канала внутри теплоизолирующего экранирующего элемента в обход пространства в тигле, расположенного над указанным расплавом, перед выходом его из «горячей зоны» (RU 2456386). Недостатком устройства является то, что при данной конструкции «горячей зоны» температурные градиенты в монокристалле велики, что, в свою очередь, не обеспечивает необходимых условий для получения монокристалла с совершенной структурой.

В устройстве для выращивания монокристалла согласно патенту US 6503322 используют основной нагреватель для получения и нагревания расплава,

размещенный вокруг тигля, и верхний нагреватель для отжига и замедления скорости охлаждения слитка сразу после его кристаллизации, выполненный в виде трубчатого элемента, снабженного продольными прорезями, проходящим параллельно оси трубчатого верхнего нагревателя. Однако конструкция верхнего
5 нагревателя, используемая в данном техническом решении не способна обеспечить равномерное распределение температур в области фронта кристаллизации. Данное устройство предназначено для отжига кристаллов после процесса выращивания по методу Чохральского.

В публикации RU 2419689 раскрыто решение кристаллизатора(устройство
10 для выращивания монокристалла), в котором для создания улучшенных параметров температурного поля и повышения качества изделий, а также снижения расхода электроэнергии и повышения мощности электронагревателей применяются теплоизоляционные экраны с максимальным значением коэффициента отражения теплового потока. При этом данные экраны имеют довольно сложную конструкцию,
15 где два последовательно расположенных листа-экрана соединяются по краям сварными швами с образованием между ними герметичной полости, которая сообщается с каналом для предварительного вакуумирования. Вместе с тем обращенные к центру камеры поверхности листов внутри этой герметичной внутренней полости выполняются зеркальными.

Об усовершенствовании тигля в методе Чохральского также говорится в
20 патентной публикации US5858486, где применяют специализированный композитный материал высокой чистоты, состоящий из армирующих элементов из углеродного волокна в углеродной матрице в конструкции тигля. Таким образом предлагается изолировать основной тигель с расплавом от источников загрязнения
25 по меньшей мере одним композитным компонентом высокой чистоты, то есть применять многослойный тигель, где внутренним тиглем является основной тигель с шихтой, а его оболочкой является армированный тигель из композиционного материал, что снижает риск загрязнения расплава.

Наиболее близким к заявленному решению может быть принято решение,
30 раскрытое в публикации US20220307156, где в известном устройстве выращивания монокристалла по методу Чохральского тепловая (ростовая) зона содержит боковой нагреватель, расположенный на периферии тигля; и отводящий узел, окружающий тигель и расположенный между боковым нагревателем и боковой стенкой тигля и ниже тигля, выполненный с возможностью образования канала для газового потока

с наружной стенкой тигля, причем канал для потока газа соединен с внешней стороной корпуса тепловой зоны для выпуска газа наружу (решение принято в качестве прототипа). При этом, отводящий узел включает боковой теплопроводный цилиндр, сопряженный с нижней теплопроводящей пластиной и выпускной цилиндрический патрубок обеспечивающий вывод газового потока на стенки корпуса тепловой зоны.

К числу недостатков данного решения можно отнести его технологическую сложность, поскольку требуется обеспечить отвод газового потока из ростовой камеры, возрастающий риск нарушения температурного режима роста кристалла при его вытягивании, что может привести к нарушению его качественных характеристик. Кроме того, данное решение не решает вышеуказанную проблему защиты тепловой камеры от повреждений при использовании тигля, выполненного из Ir.

Таким образом, решение данной технической проблемы остается актуальным.

15 Сущность заявленного решения

Техническая проблема, решаемая заявленным изобретением, заключается в предложении технологически простого решения устройства для выращивания монокристаллов, содержащего тигель, выполненный из Ir, обеспечивающего возможность изготовления объемных кристаллов высокотемпературных оксидных монокристаллов, в том числе, монокристаллов оксида галлия (β -Ga₂O₃), с заданными качественными характеристиками и формообразованием.

Технический результат, достигаемый применением заявленного решения заключается в повышении срока службы ростовой камеры, не требуя замены при выходе из строя тигля при одновременном обеспечении равномерности прогрева тигля, с поддержанием требуемого градиента температуры над поверхностью расплава, и защиту тигля от возникновения коронных разрядов.

Заявленный технический результат достигается тем, что используют устройство для выращивания монокристаллов методом Чохральского, включающее ростовую камеру снабженную цилиндрическим кварцевым корпусом, установленным на подставке, сопряженным с наружным индукционным нагревателем и снабженный, расположенной внутри на подставках керамической камерой, внутри которой на дне размещен тигель с ростовым материалом, при этом пространство между корпусом керамической камеры и кварцевом корпусе ростовой камеры снабжено теплоизоляционной засыпкой, а керамическая камера

снабжена верхней крышкой, снабженной, по меньшей мере отверстием для установки штока с зацепом с затравочным кристаллом, отличающееся тем, что между смежными поверхностями тигля и керамической камеры с зазором относительно смежной поверхности керамической камеры, размещено переизлучающее цилиндрическое кольцо из однородного тиглю материала, высотой превышающей высоту тигля и менее высоты внутренней полости керамической камеры.

При этом, в предпочтительном варианте осуществления высота переизлучающего кольца не менее 110 и не более 300% от высоты тигля, а его толщина сопоставима с толщиной смежных стенок тигля.

В еще одном возможном варианте осуществления, кварцевое кольцо и керамическая камера установлены на керамические подставки.

В другом варианте осуществления, теплоизоляционная засыпка выполнена засыпкой из оксида циркония, при это также керамическая камера может быть выполнена из оксида циркония, возможно также выполнение крышки керамической камеры также из оксида циркония.

При этом, при любом варианте осуществления, корпус тигля и переизлучающее кольцо, предпочтительно выполнены из Ir.

Заявленный технический результат также достигается применением устройства для выращивания монокристаллов модифицированным методом Чохральского, включающего ростовую камеру снабженную цилиндрическим кварцевым корпусом, установленным на подставке, сопряженным с наружным индукционным нагревателем и снабженный, расположенной внутри на подставках керамической камерой, внутри которой на дне размещен тигель с ростовым материалом, при этом пространство между корпусом керамической камеры и кварцевом корпусом ростовой камеры снабжено теплоизоляционной засыпкой, а керамическая камера снабжена верхней крышкой, снабженной, по меньшей мере отверстием для установки штока с зацепом с затравочным кристаллом, отличающееся тем, что дополнительно снабжено формообразователем установленным в тигле на дне, а между смежными поверхностями тигля и керамической камеры с зазором относительно смежной поверхности керамической камеры, размещено переизлучающее цилиндрическое кольцо из однородного тиглю материала, высотой превышающей высоту тигля и менее высоты внутренней полости керамической камеры.

При этом, в предпочтительном варианте осуществления, тигель дополнительно снабжен крышкой, снабженной отверстием для позиционирования формообразователя, где формообразователь и крышка тигля выполнены из однородного тиглю материала.

5 Причем, крышка тигля предпочтительно снабжена размещенными с нижней стороны установочными выступами для позиционирования крышки, выполненными с отступом от наружной кромки на ширину стенки тигля, с установкой выступов крышки вплотную к внутренней стенке тигля.

10 В возможном варианте осуществления, нижняя поверхность формообразователя может быть снабжена ножками, с формированием зазора между дном тигля и каналом формообразователя. При этом формообразователь, предпочтительно, представляет собой пластины, сваренные с зазором между ними и имеющие в верхней части на смежных сторонах фаску под углом 45 градусов, зеркально расположенные по отношению друг к другу.

15 В еще одном, возможном варианте осуществления заявленного изобретения, высота переизлучающего кольца составляет не менее 110 и не более 300% от высоты тигля. Причем, толщина переизлучающего кольца, предпочтительно, сопоставима с толщиной смежных стенок тигля. В другом варианте осуществления, керамическая камера, крышка керамической камеры и теплоизоляционная засыпка выполнены из
20 оксида циркония.

Тогда, как при любом варианте осуществления корпус тигля и переизлучающее кольцо, формообразователь и крышка тигля, предпочтительно, выполнены из Ir.

25 Очевидно, что как предыдущее общее описание, так и последующее подробное описание даны лишь для примера и пояснения и не являются ограничениями заявленной группы изобретений.

Любая особенность, касающаяся одного аспекта изобретения, может быть применена к другим аспектам изобретения в любом подходящем сочетании. В частности, признаки аспектов способов могут быть применены к аспектам систем и
30 устройств, и наоборот.

Краткое описание чертежей

Ниже, исключительно в качестве иллюстрирующих примеров, будут описаны предпочтительные особенности изобретения со ссылками на прилагаемые графические фигуры:

фиг.1 – обобщенная схема реализации кристаллизатора для выращивания монокристаллов.

фиг.2 - обобщенная схема устройства согласно заявленному изобретению (метод Чохральского)

5 фиг.3 - обобщенная схема устройства согласно заявленному изобретению (модифицированный метод Чохральского (метод Степанова)).

Следует отметить, что прилагаемые чертежи иллюстрируют только часть некоторых из наиболее предпочтительных вариантов осуществления изобретения и не могут рассматриваться в качестве ограничений его содержания, которое
10 включает и другие варианты его осуществления.

Осуществимость изобретения

В соответствии с заявленным изобретением и информации, раскрытой в описании предшествующего уровня техники, кристаллизатор для выращивания
15 объемных кристаллов высокотемпературных оксидных материалов (монокристаллов), в том числе, монокристаллов оксида галлия (β -Ga₂O₃) состоит из камеры 1, из нержавеющей стали с водяным охлаждением внутри которой располагается тепловая (ростовая) зона для роста кристалла, реализующее
устройство для выращивания монокристаллов (фиг.1).

Тепловая зона состоит из теплоизоляционной подставки и тепловой
20 (ростовой) камеры. Где, теплоизоляционная подставка выполнена состоящей из нижнего корпуса 6, выполненного, например, в виде кварцевой трубы, заполненной теплоизоляционной засыпкой 7, например, из оксида алюминия, расположенной на подставке 5, например, из нержавеющей стали с водяным охлаждением. На кварцевой трубе корпуса 6 сверху расположены два керамических диска 8,
25 являющихся основанием для верхней части тепловой зоны. Верхняя часть тепловой зоны – тепловая (ростовая) камера, состоит из верхнего 11 корпуса ростовой камеры, выполненной в виде, например, кварцевой трубы, внутри которой на керамических подставках 9, например, из оксида алюминия расположена керамическая камера 10, выполненная, например, из оксида циркония.
30 Пространство между кварцевой трубой верхнего 11 корпуса и керамической камерой 10 на подставках 9 заполнено, размещенной по контуру, теплоизоляционной засыпкой 12, выполненной, например, из оксида циркония. Внутри керамической камеры 10 размещен тигель 14, предпочтительно, выполненный из иридия, в который помещается непосредственно ростовой

материал (расплав). Нагрев тигля 14 осуществляется за счет индукционного нагревателя 15, предпочтительно, выполненным с водяным охлаждением (на схеме не показан). Керамическая камера снабжена верхней крышкой 13, являющейся тепловым экраном, предпочтительно, выполненной также, как и корпус камеры и теплоизоляционной засыпки из оксида циркония.

Контроль ростовых процессов, согласно заявленному устройству, осуществляется за счет датчика веса, расположенного внутри подъемного штока 3 подъемного механизма с водяным охлаждением, к которому крепится держатель 4, к которому прикрепляется затравочный кристалл, а также за счет визуального наблюдения с помощью видеокамеры 16. Для визуального контроля в корпусе камеры 1 может быть расположено смотровое окно 17.

Атмосфера роста внутри камеры кристаллизатора 1 контролируется за счет подачи газа через отверстие 2.

Шток 24 над тиглем с датчиком веса, керамическая крышка с отверстием для держателя затравки, обеспечивают позиционирование и погружение затравки в расплав.

Тигель располагается на керамической подставке, под которой располагается теплоизоляция в виде засыпки из Al_2O_3 .

Согласно первому варианту заявленного изобретения, конструкция тепловой камеры дополнительно снабжена переизлучающим цилиндрическим кольцом 18 (фиг.2), выполненным из однородного с тиглем материала, в данном случае - иридия Ir. Кольцо 18 устанавливается снаружи тигля на уровне его дна, практически вплотную к тиглю и с зазором относительно смежной стенки керамической камеры. При этом, для обеспечения необходимого градиента температуры над поверхностью расплава, защиты вытянутого кристалла от термического удара в результате вытягивания(из-за перепада температур) переизлучающее кольцо выполняется выше высоты тигля, но ниже полной высоты керамической камеры по ее внутренней полости, экспериментально был определен наиболее оптимальный диапазон значений, выбираемой высоты кольца составляющий - 110% -300 % высоты тигля и диаметром порядка 110% диаметра тигля.

Принцип действия переизлучающего кольца заключается в следующем: кольцо концентрирует на себе индукционные токи от индуктора (индукционного нагревателя) и нагревается. За счет конвекции тепловая энергия переходит от кольца к тиглю. В результате чего происходит нагрев тигля (не за счет индукции, а за счет

конвекции тепловой энергии), что положительно сказывается, как на равномерности прогрева тигля, так и на защите тигля от возникновения коронных разрядов, разрушающих оснастку (тигель).

5 Применение переизлучающего кольца согласно заявленному изобретению, выполненного, также, как и тигель из Ir, существенно улучшает как технологические параметры процесса выращивания монокристаллов, так и его экономические параметры.

10 Изготовления тигля меньшим по высоте, чем переизлучающее кольцо, позволяет осуществить быстрый и равномерный нагрев тигля, т.к. конструктивные элементы выполнены из однородного материала и сопоставимы по толщине. Равномерный прогрев переизлучающего кольца позволяет обеспечить требуемый градиент температуры, как над поверхностью расплава, так и в зоне вытяжения кристалла, способствуя формированию фронта кристаллизации плоским или слабо выпуклым, а самого кристалла с заданными характеристиками, без дефектов, связанных с термическим ударом в результате его вытягиванием, описанным ранее

15 в рамках рассмотрения предшествующего уровня техники. Выполнение переизлучающего кольца более высоким, чем тигель, в 2-3 раза, создает эффект защитных теплоизоляционных экранов, что также оказывает непосредственное влияние на достижение требуемых оптических свойств монокристаллов.

20 При этом, не менее важную роль в повышении технологичности использования заявленного технического решения является повышение срока службы керамической камеры и ростовой камеры как таковой, поскольку, как уже ранее отмечалось в процессе эксплуатации расплав оксида галлия при температуре плавления со временем разрушает тигель. Переплавка малого по размерам тигля экономически выгодна. Однако, в традиционных конструкциях тепловой камеры, разрушение тигля ведет к необходимости замены камеры как таковой, что является экономически и технологически невыгодно. В заявленном решении переизлучающее кольцо не контактирует с расплавом, и таким образом представляет собой многоразовый элемент конструкции, который не требует замены

25 в ростовой оснастке, состоящей из расходных тиглей малого размера и переизлучающего кольца многоразового использования. Таким образом, применение переизлучающего кольца обеспечивает

– равномерный нагрев тигля;

- получение необходимого градиента температуры над поверхностью расплава;
- защиту вытянутого кристалла от термического удара в результате вытягивания;
- 5 – защиту тигля от воздействия сильных индукционных токов и, как результат, защиту от разрушения;
- продление срока службы ростовой камеры, ограничиваясь необходимостью замены только тигля, как расходного материала.

Заявленное решение также применимо и для модифицированного метода Чохральского, а именно при применении метода Степанова для выращивания 10 монокристаллов.

Согласно данному решению, конструкции ростовой камеры по сравнению с предшествующим решением дополнена формообразователем 19(фильерой), а тигель крышкой 20 (фиг.3). При этом крышка и формообразователь выполнены из 15 однородного тиглем материала, в данном примере осуществления - из иридия Ir.

Иридиевая крышка устанавливается сверху на тигель, закрывая расплав, что позволяет минимизировать переход расплава в газовую фазу в процессе нагрева. Крышка имеет прорезь для формообразователя и обеспечивает его устойчивое положение. Конструкция крышки имеет выступы 22 по нижнему основанию, 20 выполненные в виде ножек, для позиционирования крышки, выполненными с отступом от наружной кромки на ширину стенки тигля. Такое расположение ножек позволяет устанавливать крышку с прилеганием выступов крышки вплотную к внутренней стенке тигля, что позволяет предотвратить сдвиг крышки относительно центрального положения.

25 Формообразователь, в данном варианте осуществления представляет собой пластины, выполненные из материала иридий, сваренные с зазором, и имеющие фаску 21 под 45° градусов в верхней части на каждой пластине, зеркально расположенные относительно вертикальной оси симметрии с формированием внутреннего угла. В нижней части формообразователя находятся ножки 23, 30 необходимые для получения зазора между дном тигля и каналом формообразователя. Зазор между дном тигля и каналом формообразователя необходим для подачи расплава к верхней части формообразователя. Фаски в верхней части формообразователя обеспечивают при этом требуемый локальный

градиент температуры, необходимый для затравления и последующего роста монокристалла. Наличие фасок и их зеркальное расположение на смежных внутренних поверхностях пластин формообразователя, препятствует вытеканию расплава, расплав остается в зоне формообразователя и не растекается по крышке тигля, что способствует формированию монокристалла с заданными характеристиками, без дефектов.

Стабилизированная керамическая зона, включающая в себя керамическую крышку керамической камеры тепловой (ростовой) камеры, обеспечивает выстраивание необходимого температурного режима и минимизацию термических ударов монокристаллического слитка в процессе вытягивания из расплава.

Таким образом, выполнение формообразователя и крышки тигля из однородного с тиглем материалов, иридия, в сочетании с переизлучающим кольцом повышает стабилизацию и равномерность нагрева тигля и расплава в нем. Получение необходимого градиента температуры над поверхностью расплава, защиту вытянутого кристалла от термического удара в результате вытягивания, а также позволяет минимизировать риски необходимости замены ростовой камеры вследствие химической коррозии элементов конструкции ростовой установки, например, парами Ga_2O_3 в процессе эксплуатации, ограничиваясь заменой тигля как расходного материала.

За счет приведенных преимуществ заявленного решения и достигается технический результат.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для выращивания монокристаллов методом Чохральского, включающее ростовую камеру снабженную цилиндрическим кварцевым корпусом, установленным на подставке, сопряженным с наружным индукционным нагревателем и снабженный, расположенной внутри на подставках керамической камерой, внутри которой на дне размещен тигель с ростовым материалом, при этом пространство между корпусом керамической камеры и кварцевом корпусе ростовой камеры снабжено теплоизоляционной засыпкой, а керамическая камера снабжена верхней крышкой, снабженной, по меньшей мере отверстием для установки штока с зацепом с затравочным кристаллом, отличающееся тем, что между смежными поверхностями тигля и керамической камеры с зазором относительно смежной поверхности керамической камеры, размещено переизлучающее цилиндрическое кольцо из однородного тиглю материала, высотой превышающей высоту тигля и менее высоты внутренней полости керамической камеры.

2. Устройство по п. 1 отличающееся тем, что высота переизлучающего кольца не менее 110 и не более 300% от высоты тигля.

3. Устройство по п.2 отличающееся тем, что толщина переизлучающего кольца сопоставима с толщиной смежных стенок тигля.

4. Устройство по п. 1 отличающееся тем, что кварцевое кольцо и керамическая камера установлены на керамические подставки.

5. Устройство по п. 1 отличающееся тем, что теплоизоляционная засыпка выполнена засыпкой из оксида циркония.

6. Устройство по п. 5 отличающееся тем, что керамическая камера выполнена из оксида циркония.

7. Устройство по п.6 отличающийся тем, что крышка керамической камеры выполнена из оксида циркония.

8. Устройство по любому из п.п. 1-7 отличающееся тем, что корпус тигля и переизлучающее кольцо выполнены из Ir.

9. Устройств для выращивания монокристаллов методом Чохральского, включающее ростовую камеру снабженную цилиндрическим кварцевым корпусом, установленным на подставке, сопряженным с наружным индукционным нагревателем и снабженный, расположенной внутри на подставках керамической

камерой, внутри которой на дне размещен тигель с ростовым материалом, при этом пространство между корпусом керамической камеры и кварцевом корпусом ростовой камеры снабжено теплоизоляционной засыпкой, а керамическая камера снабжена верхней крышкой, снабженной, по меньшей мере отверстием для
5 установки штока с зацепом с затравочным кристаллом, отличающееся тем, что дополнительно снабжено формообразователем установленным в тигле на штоке, а между смежными поверхностями тигля и керамической камеры с зазором относительно смежной поверхности керамической камеры, размещено переизлучающее цилиндрическое кольцо из однородного тиглю материала,
10 высотой превышающей высоту тигля и менее высоты внутренней полости керамической камеры.

10. Устройство по п. 9 отличающееся тем, что тигель дополнительно снабжен крышкой, снабженной отверстием для позиционирования формообразователя, где формообразователь и крышка тигля выполнены из
15 однородного тиглю материала.

11. Устройство по п.10 отличающееся тем, что крышка тигля снабжена размещенными с нижней стороны установочными выступами для позиционирования крышки, выполненными с отступом от наружной кромки на ширину стенки тигля, с установкой выступов крышки вплотную к внутренней
20 стенке тигля.

12. Устройство по п. 9, отличающееся тем, что нижняя поверхность формообразователя снабжена ножками, с формированием зазора между дном тигля и каналом формообразователя.

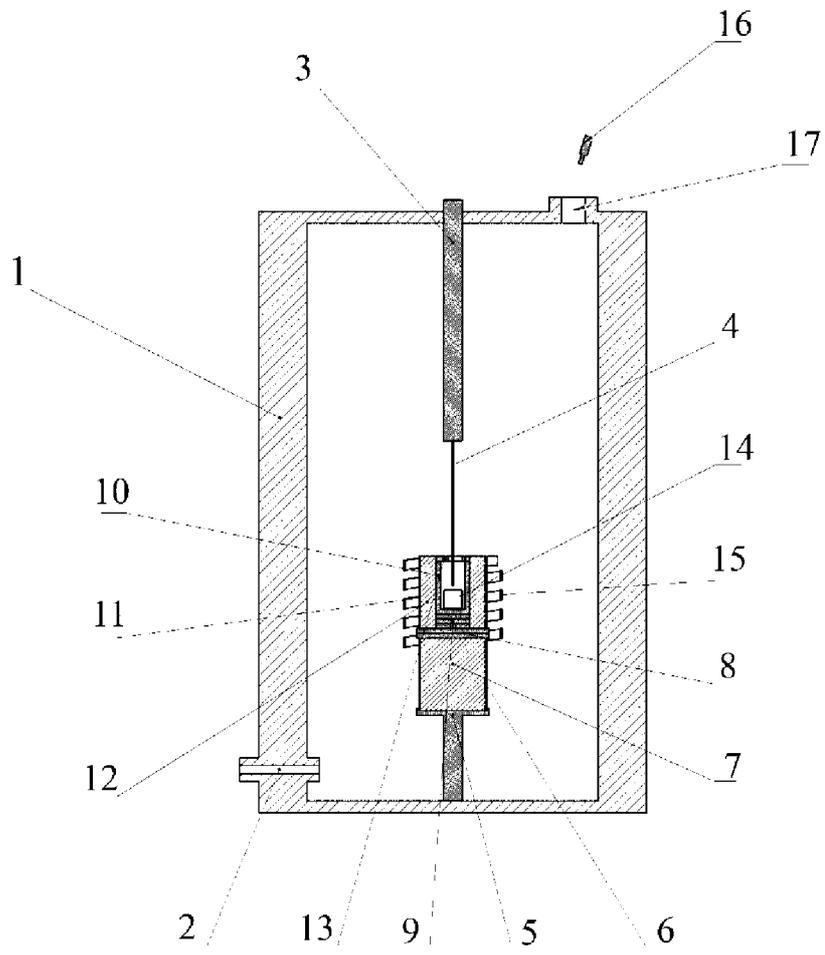
13. Устройство по п.12 отличающееся тем, что формообразователь представляет собой пластины, сваренные с зазором между ними и имеющие в верхней части на смежных сторонах фаску под углом 45 градусов, зеркально расположенные по отношению друг к другу.
25

14. Устройство по любому из п. 9 отличающееся тем, что высота переизлучающего кольца не менее 110 и не более 300% от высоты тигля.

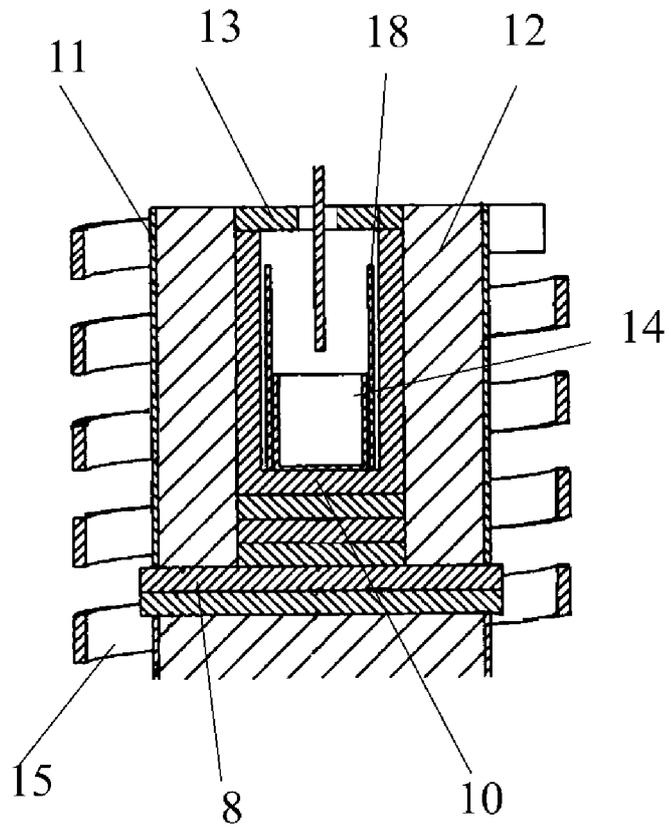
30 15. Устройство по п.14 отличающееся тем, что толщина переизлучающего кольца сопоставима с толщиной смежных стенок тигля.

16. Устройство по п. 14 отличающееся тем, что керамическая камера, крышка керамической камеры и теплоизоляционная засыпка выполнены из оксида циркония.

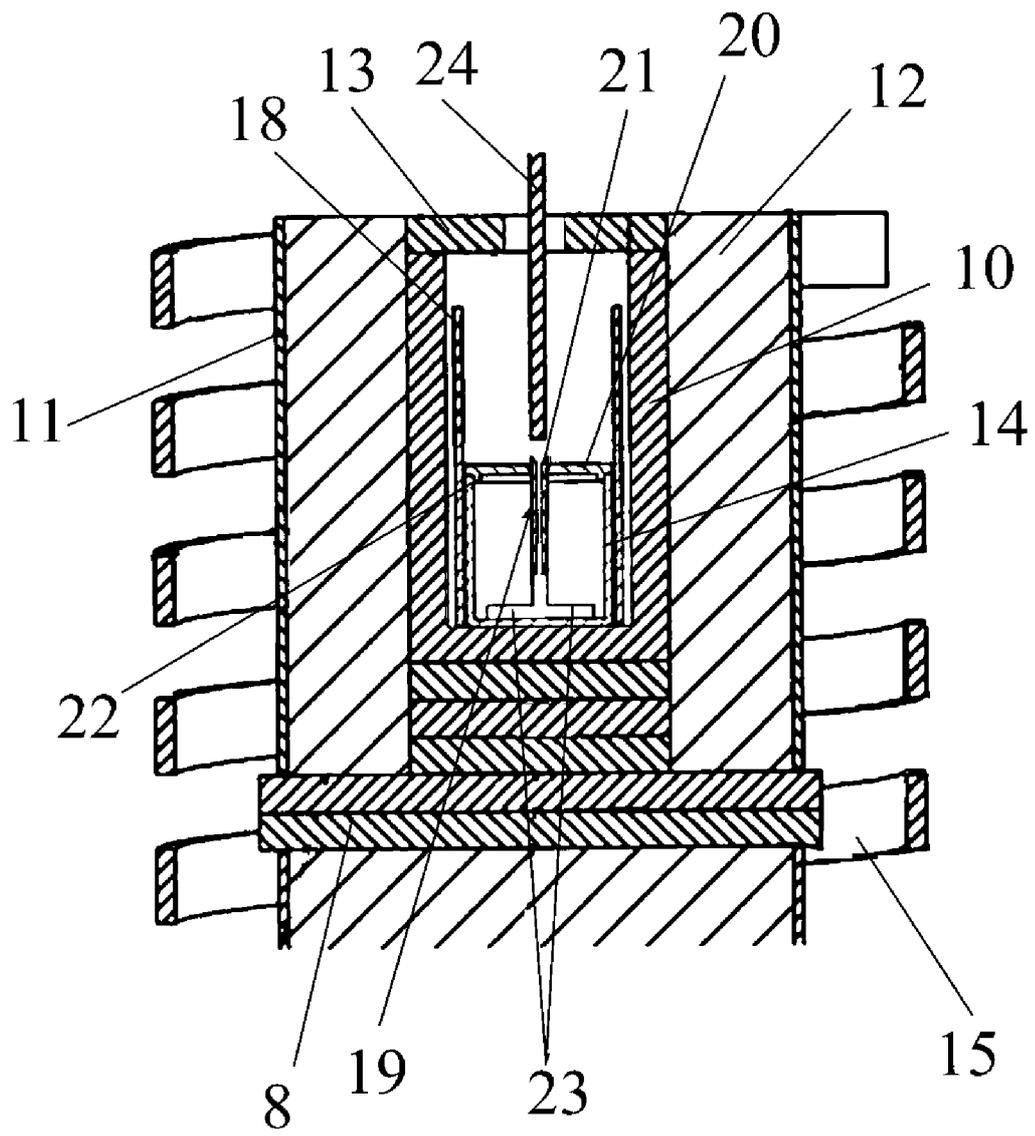
17. Устройство по любому из п.п. 9-16 отличающееся тем, что корпус тигля и переизлучающее кольцо, формообразователь и крышка тигля выполнены из Ir.



Фиг.1



Фиг. 2



Фиг.3

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202393427**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

МПК:

C30B 15/14 (2006.01)

СПК:

C30B 15/14
Y10T 117/1068**Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

C30B 15/00, 15/10, 15/14, 15/16, 15/18, 15/20

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, используемые поисковые термины)
Espacenet, EAPATIS, Google Patents, «Поисковая платформа» Роспатент, Google, Яндекс**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A,D	US 2022307156 A1 (XIAN ESWIN MATERIAL TECHNOLOGY CO LTD et al) 2022-09-29 весь документ	1-17
A	RU 2006118955 A (ИНСТИТУТ КРИСТАЛЛОГРАФИИ ИМЕНИ А.В. ШУБНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК) 2007-12-20 весь документ	1-17
A	RU 2749825 C2 (ФУДЗИКОСИ МЭШИНЕРИ КОРП.) 2021-06-17 весь документ	1-17
A	JP 2003146797 A (SUMITOMO MITSUBISHI SILICON CORP et al) 2003-05-21 весь документ	1-17
A	US 5863326 A (SERMET INC) 1999-01-26 весь документ	1-17
A	US 6210477 B (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 2001-04-03 весь документ	1-17

 последующие документы указаны в продолжении графы

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

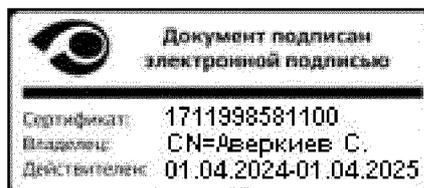
«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: 01 июня 2024 (01.06.2024)

Уполномоченное лицо:
Начальник Управления экспертизы

С.Е. Аверкиев