

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50831/2022  
(22) Anmeldetag: 28.10.2022  
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2024

(51) Int. Cl.: **C30B 11/00** (2006.01)  
**C30B 29/20** (2006.01)

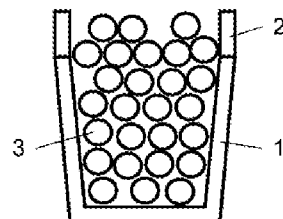
(56) Entgegenhaltungen:  
EP 2657372 A1  
WO 2022140807 A1

(71) Patentanmelder:  
FAMETEC GmbH  
4060 Leonding (AT)

(74) Vertreter:  
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt  
GmbH  
4580 Windischgarsten (AT)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Einkristalls mit verbessertem Füllgrad eines Schmelztiegels**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Züchten zumindest eines künstlich hergestellten Einkristalls (3''), insbesondere eines Saphir-Einkristalls, bei dem ein Schmelztiegel (1) bereitgestellt wird, ein Kragen (2) auf den Schmelztiegel (1) aufgesetzt wird, der Schmelztiegel (1) und zumindest ein Teil des vom Kragen (2) umschlossenen Volumens mit einem Rohmaterial (3) für den Einkristall (3'') befüllt werden, das Rohmaterial (3) aufgeschmolzen wird, der Kragen (2) entfernt wird und der Einkristall (3'') gezüchtet wird.



**Fig. 3**

## **Z u s a m m e n f a s s u n g**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Züchten zumindest eines künstlich hergestellten Einkristalls (3''), insbesondere eines Saphir-Einkristalls, bei dem ein Schmelztiegel (1) bereitgestellt wird, ein Kragen (2) auf den Schmelztiegel (1) aufgesetzt wird, der Schmelztiegel (1) und zumindest ein Teil des vom Kragen (2) umschlossenen Volumens mit einem Rohmaterial (3) für den Einkristall (3'') befüllt werden, das Rohmaterial (3) aufgeschmolzen wird, der Kragen (2) entfernt wird und der Einkristall (3'') gezüchtet wird.

Fig. 3

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Züchten zumindest eines künstlich hergestellten Einkristalls, bei dem ein Schmelztiegel bereitgestellt wird, der Schmelztiegel mit einem Rohmaterial für den zumindest einen Einkristall befüllt wird, das Rohmaterial aufgeschmolzen wird und der zumindest eine Einkristall gezüchtet wird. Insbesondere ist der zumindest eine Einkristall zumindest ein Saphir-Einkristall ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

Beispielsweise werden solche Einkristalle für die Herstellung von Wafern in der Halbleitertechnik eingesetzt. Bekanntlich sind die Qualitätsanforderungen dabei sehr hoch, sodass im Stand der Technik unterschiedliche Verfahren und Vorrichtungen zu deren Herstellung beschrieben wurden. Eine Verfahrensart sieht dabei die Bereitstellung und das Aufschmelzen eines Rohmaterials für den Einkristall in einem Schmelztiegel vor. Der Einkristall wird dann durch kontrollierte Abkühlung der Schmelze im Schmelztiegel selbst erzeugt. Die hierfür verwendeten Vorrichtungen sind unterschiedlich ausgestaltet.

Beispielsweise beschreibt die US 2013/152851 A1 eine Vorrichtung zur Herstellung eines Si-Einkristalls, die eine Isolierkammer aufweist, in welcher der Schmelztiegel oder mehrere Schmelztiegel und Heizelemente neben und oberhalb des Schmelztiegels oder der Schmelztiegel angeordnet sind.

Die WO 2015 067552 A1 beschreibt weiterhin eine Vorrichtung zur Herstellung eines oder mehrerer Saphir-Einkristalle, umfassend eine Kammer, einen darin angeordneten Schmelztiegel, in dem die Aluminiumoxidschmelze enthalten ist, sowie eine Heizung, die außerhalb des Schmelztiegels angeordnet ist, um den Schmelztiegel zu erhitzen.

Generell erfolgt die synthetische oder künstliche Herstellung des Einkristalls ausgehend von einem Roh- oder Basismaterial, welches eine stückige, körnige bis hin zu einer pulverförmigen Struktur aufweisen kann. Problematisch ist dabei, dass beim Befüllen des Schmelztiegels notgedrungen Zwischenräume zwischen den einzelnen Stücken des Rohmaterials entstehen, wodurch der Schmelztiegel nach dem Aufschmelzen des Rohmaterials nur zu einem Teil mit der Schmelze gefüllt ist. Damit ist auch der hergestellte Einkristall kleiner als es die Geometrie des Schmelztiegels eigentlich zulassen würde. Die bekannten Verfahren sind somit wenig wirtschaftlich.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein verbessertes Verfahren zur Herstellung eines Einkristalls anzugeben. Insbesondere soll der Füllgrad des Schmelztiegels erhöht und die Wirtschaftlichkeit des Herstellungsverfahrens verbessert werden.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren zum Züchten zumindest eines künstlich hergestellten Einkristalls, insbesondere eines Saphir-Einkristalls, gelöst, welches die folgenden Schritte umfasst:

- Bereitstellen eines Schmelztiegels,
- Aufsetzen eines Kragens auf den Schmelztiegel,
- Befüllen des Schmelztiegels und zumindest eines Teils des vom Kragen umschlossenen Volumens mit einem Rohmaterial für den Einkristall,
- Aufschmelzen des Rohmaterials,
- Entfernen des Kragens und
- Züchten des Einkristalls.

Durch das temporäre Aufsetzen des Kragens auf den Schmelztiegel kann die Menge an Rohmaterial, die im Schmelztiegel aufgeschmolzen wird, vergrößert werden, da das befüllbare Volumen das vom Schmelztiegel umschlossene Volumen übersteigt. Das im Kragen befindliche Rohmaterial rutscht nach und nach unten in die Schmelze, bis der Kragen entfernt werden kann, ohne dass ein Herausfallen von Rohmaterial aus dem Schmelztiegel befürchtet werden muss. Demzufolge kann der Kragen schon während des Aufschmelzens des Rohmateri-

als, nach dem vollständigen Aufschmelzen des Rohmaterials und vor dem Züchten des Einkristalls oder während des Züchtens oder auch nach dem Züchten des Einkristalls vom Schmelztiiegel entfernt werden. Durch die vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Füllgrad des Schmelztiegels deutlich erhöht und die Wirtschaftlichkeit des Herstellungsverfahrens substantiell verbessert werden. Zudem kann der Kragen wiederverwendet werden, da er nicht in Kontakt mit dem fertigen Einkristall kommt. An dieser Stelle wird auch angemerkt, dass mit dem vorgeschlagenen Verfahren auch eine Vielzahl an (Saphir-) Einkristallen gezüchtet werden kann.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung in Zusammenschau mit den Figuren.

Günstig ist es, wenn das Rohmaterial durch Erhitzen des Schmelztiegels aufgeschmolzen wird. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn nur der Schmelztiiegel erhitzt wird (der Kragen jedoch nicht). Dadurch kommt der Kragen nicht in Berührung mit der Schmelze, wodurch nicht so hohe Anforderung an das Material des Kragens gestellt werden müssen wie an das Material des Schmelztiegels. Das heißt, der Kragen kann aus einem billigeren Material hergestellt sein. Darüber hinaus kann der Kragen auch häufig wiederverwendet werden, da sich kein aufgeschmolzenes Rohmaterial daran festsetzen kann.

Günstig ist es weiterhin, wenn vor dem Befüllen des Schmelztiegels mit dem Rohmaterial ein Keimkristall im Bodenbereich des Schmelztiegels angeordnet wird oder als Boden des Schmelztiegels vorgesehen wird. Auf diese Weise lassen sich besonders hochwertige Einkristalle erzeugen.

Von Vorteil ist es dabei, wenn eine kristallographische a-Achse, c-Achse, m-Achse oder r-Achse des Keimkristalls entsprechend einer sich in Richtung der Höhe der Tiegelwand erstreckende Längsachse des Schmelztiegels ausgerichtet wird. Dadurch kann die Qualität des Einkristalls noch weiter verbessert werden.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 die Bereitstellung eines Schmelztiegels und das Aufsetzen eines Kragens für ein Verfahren zum Herstellen des Einkristalls;

Fig. 2 den Schmelztiegel mit aufgesetztem Kragen;

Fig. 3 die Befüllung des Schmelztiegels und des Kragens;

Fig. 4 das Aufschmelzen des Rohmaterials;

Fig. 5 das Abnehmen des Kragens;

Fig. 6 das Züchten des Einkristalls;

Fig. 7 die Entnahme des Einkristalls aus dem Schmelztiegel;

Fig. 8 eine Anordnung eines Heizelements rund um den Schmelztiegel;

Fig. 9 einen Keimkristall im Bodenbereich des Schmelztiegels und

Fig. 10 einen Keimkristall, welcher den Boden des Schmelztiegels bildet.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen sind, gegebenenfalls mit unterschiedlichen Indizes. Die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen können sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen beziehungsweise gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

Die Fig. 1 bis 7 illustrieren ein Verfahren zum Züchten zumindest eines künstlich hergestellten Saphir-Einkristalls. Die synthetische oder künstliche Herstellung des

Einkristalls erfolgt ausgehend von einem Roh- oder Basismaterial, welches eine stückige, körnige bis hin zu einer pulverförmigen Struktur aufweisen kann.

In einem ersten, in Fig. 1 dargestellten Schritt wird der Schmelztiegel 1 bereitgestellt und ein Kragen 2 auf den Schmelztiegel 1 aufgesetzt. Fig. 2 zeigt einen Zustand, in dem der Kragen 2 bereits auf den Schmelztiegel 1 aufgesetzt ist. In einem zweiten, in Fig. 3 dargestellten Schritt wird der Schmelztiegel 1 und zumindest ein Teil des vom Kragen 2 umschlossenen Volumens mit einem Rohmaterial 3 für den Einkristall befüllt. Durch das temporäre Aufsetzen des Kragens 2 auf den Schmelztiegel 1 kann die Menge an Rohmaterial 3, die im Schmelztiegel 1 aufgeschmolzen wird, vergrößert werden, da das befüllbare Volumen das vom Schmelztiegel 1 umschlossene Volumen übersteigt. Zusätzlich können dabei verschieden große oder verschieden geformte Stücke zur Erreichung eines besseren Füllgrads des Schmelztiegels 1 verwendet werden. In einem weiteren, in Fig. 4 dargestellten Schritt wird das Rohmaterial 3 durch Erhitzen des Schmelztiegels 1 aufgeschmolzen. Insbesondere kann der Schmelztiegel 1 hierfür auch in einem Ofen angeordnet werden. Es entsteht die Schmelze 3'. Das im Kragen 2 befindliche Rohmaterial 3 rutscht dabei nach und nach nach unten in die Schmelze 3', bis der Kragen in einem in Fig. 5 dargestellten Schritt entfernt werden kann, ohne dass ein Herausfallen des Rohmaterials 3 aus dem Schmelztiegel 1 befürchtet werden muss. In einem weiteren Schritt wird der Einkristall 2'' gezüchtet. Fig. 6 zeigt dazu den abgekühlten und erstarrten Einkristall 2''. Fig. 7 zeigt schließlich die Entnahme des Einkristalls 3'' aus dem Schmelztiegel 1, der dabei auch zerstört werden kann.

Durch die vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Füllgrad des Schmelztiegels 1 deutlich erhöht und die Wirtschaftlichkeit des Herstellungsverfahrens substantiell verbessert werden.

Generell kann der Kragen 2 während des Aufschmelzen des Rohmaterials 3, nach dem vollständigen Aufschmelzen des Rohmaterials 3 und vor dem Züchten des Einkristalls 3'' oder während des Züchtens oder nach dem Züchten des Einkristalls 3'' vom Schmelztiegel 1 entfernt werden.

Günstig ist es, wenn das Rohmaterial 3 durch Erhitzen des Schmelztiegels 1 aufgeschmolzen wird. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn nur der Schmelztiegel 1 erhitzt wird, der Kragen 2 jedoch nicht (siehe hierzu auch die Fig. 8).

Dadurch kommt der Kragen 2 nicht in Berührung mit der Schmelze 3', wodurch nicht so hohe Anforderung an das Material des Kragens 2 gestellt werden müssen wie an das Material des Schmelztiegels 1. Das heißt, der Kragen 2 kann aus einem billigeren Material hergestellt sein. Darüber hinaus kann der Kragen 2 auch häufig wiederverwendet werden, da sich kein aufgeschmolzenes Rohmaterial 3 daran festsetzen kann.

Der Schmelztiegel 1 ist in diesem Beispiel einteilig und weist eine Topfform auf. Denkbar wäre aber auch, dass der Schmelztiegel 1 mehrteilig aufgebaut ist und einen Boden und eine gesonderte Tiegelwand aufweist (siehe auch Fig. 10). Weiterhin wird angemerkt, dass die Neigung der Tiegelwände zwar vorteilhaft ist, diese aber grundsätzlich auch rechtwinkelig zum Boden beziehungsweise vertikal ausgerichtet sein können.

Die Tiegelwand ist grundsätzlich rohrförmig ausgebildet und kann die unterschiedlichsten Querschnittformen bezüglich der Längsachse aufweisen. Die Querschnittsform der Tiegelwand hängt vom Querschnitt des herzustellenden Kristalls ab. So kann der Innenquerschnitt z.B. rund, oval oder mehreckig ausgebildet sein. Der mehreckige Querschnitt kann z.B. von einem Quadrat, einem Rechteck, einem Fünfeck, Sechseck, Achteck oder dergleichen gebildet sein.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der obere Endbereich des Schmelztiegels 1 offen ausgebildet. Es kann aber auch ein Deckel für den Schmelztiegel 1 vorgesehen sein.

Es sei an dieser Stelle der Vollständigkeit halber auch erwähnt, dass eine Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristalls 3'' neben dem Schmelztiegel 1 noch weitere Elemente umfassen kann, wie z.B. eine Steuer- und/oder Regeleinheit, etc. Da diese aber dem Stand der Technik entsprechen können, wird in dieser Beschreibung nicht weiter darauf eingegangen, sondern an den hierfür einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

Der synthetisch hergestellte Saphir-Einkristall 3“ weist einen HärteWert von 9 auf der Mohs-Skala auf. Darüber hinaus weisen daraus hergestellte Produkte, wie z.B. Wafer, Uhrgläser, Gehäuse, Leuchtdioden oder dergleichen, eine hohe Kratzfestigkeit auf. Der fertige Einkristall 3“ kann beispielsweise einen Durchmesser von 5 cm und darüber, insbesondere bis zu 50 cm, und eine Höhe von 5 cm und darüber, insbesondere bis zu 80 cm, aufweisen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass diese Werte der Veranschaulichung dienen und den Schutzzumfang nicht beschränkend verstanden werden sollen. Durch Schneiden lässt sich der erhaltene Einkristall 3“ in Wafer schneiden, die im Wesentlichen scheibenförmig ausgebildet sind. Bevorzugt werden Kristalle mit glasklaren Eigenschaften oder aber auch je nach Zusatzstoff mit farbigem Aussehen gebildet.

Fig. 8 zeigt schematisch, wie das Rohmaterial 2 durch Erhitzen des Schmelztiegels 1 aufgeschmolzen werden kann. Konkret ist hierfür ein Heizelement 3 um den Schmelztiegel 1 herum angeordnet. Denkbar wäre natürlich auch, dass weitere Heizelemente im Bodenbereich oder über der Öffnung (oder über einem optionalen Deckel) des Schmelztiegels 1 vorgesehen sind. Die Heizelemente 3 können dem Stand der Technik entsprechend beispielsweise als Widerstandsheizelemente oder als induktive Heizelemente ausgebildet sein. Wie bereits erwähnt, kann der Schmelztiegel 1 beim Erhitzen auch in einem Ofen angeordnet werden. Selbstverständlich können auch mehrere Schmelztiegel 1 gleichzeitig in einem Ofen angeordnet werden, um gleichzeitig mehrere Einkristalle 2“ herzustellen.

Wie erwähnt, ist es von Vorteil, wenn nur der Schmelztiegel 1 erhitzt wird, der Krügen 2 jedoch nicht. Dies wird durch das in Fig. 8 dargestellte Heizelement 4 gewährleistet, da dies nur im Bereich des Schmelztiegels 1 angeordnet ist. Grundsätzlich wäre aber auch denkbar, sowohl den Schmelztiegel 1 als auch den Krügen 2 zu beheizen.

Vor dem Aufheizen und Schmelzen des Rohmaterials 2 kann ein Spülen des Ofens bzw. der Kammer des Ofens, in welcher sich der Schmelztiegel 1 befindet, mittels eines Gases erfolgen. Hierauf kann das Gas abgepumpt und ein Prozessdruck eingestellt werden. Bevor der Prozess gestartet und das Rohmaterial 2

durch Erhitzen zum Schmelzen gebracht wird, kann ein Feuchtigkeitsgehalt des abgepumpten Gases bestimmt werden.

Denkbar ist auch, dass vor dem Befüllen des Schmelztiegels 1 mit dem Rohmaterial 3 ein Keimkristall 5 im Bodenbereich des Schmelztiegels 1 angeordnet wird, so wie das in der Fig. 9 schematisch dargestellt ist. Alternativ kann der Keimkristall 5 auch als Boden des Schmelztiegels 1 vorgesehen sein, so wie das in der Fig. 10 schematisch dargestellt ist. Der Schmelztiegel 1 umfasst dann den Keimkristall 5 und die Tiegelwand 6.

Vorteilhaft ist es, wenn eine kristallographische a-Achse, c-Achse C, m-Achse oder r-Achse des Keimkristalls 5 entsprechend einer sich in Richtung der Höhe der Tiegelwand 6 erstreckende Längsachse des Schmelztiegels 1 ausgerichtet wird, so wie das in den Fig. 9 und 10 schematisch dargestellt ist.

Der Keimkristall 5 kann den Boden des Schmelztiegels 1 vollständig oder teilweise bedecken beziehungsweise vollständig oder teilweise bilden. Bildet der Keimkristall 5 den Boden des Schmelztiegels 1, dann kann er die Tiegelwand 6 auch seitlich überragen. Ist der Keimkristall 5 kleiner als eine Innenabmessung des Schmelztiegels 1, dann kann dieser an einem nach innen ragenden Rand oder auf nach innen ragenden Fortsätzen der Tiegelwand 6 gelagert werden.

Für das Züchten eines Saphir-Einkristalls 3'' wird ein Saphir-Keimkristall 5 eingesetzt, der bereits zuvor künstlich hergestellt wurde. Beim Aufschmelzen des Rohmaterials 3 wird auch der Keimkristall 5 zumindest teilweise (oder auch ganz) aufgeschmolzen und bildet mit der Schmelze 3' bei fortschreitender Abkühlung und Kristallisation einen zusammengehörigen, einstückigen Saphir-Einkristall 3''. Eine Plattenstärke des Keimkristalls 5 kann insbesondere in einem Bereich von 0,5 bis 5 mm liegen.

Ist der Keimkristall 5 glasklar bis durchsichtig ausgebildet, besteht die Möglichkeit durch den Keimkristall 5 hindurch Messungen in den Innenraum des Schmelztiegels 1 vorzunehmen. Ein hierzu vorgesehener Sensor kann beispielsweise dafür ausgebildet sein, die relative Lage einer Grenzschicht zwischen dem erstarrten

Einkristall 3'' und der sich noch oberhalb befindlichen Schmelze 3' und/oder die Lage der Oberfläche der Schmelze 3' zu ermitteln. Sollte z.B. eine Fehlkristallisation und/oder eine Qualitätsabweichung festgestellt werden, kann der weitere Kristallisationsvorgang und das Aufschmelzen des Rohmaterials 3 abgebrochen werden. Beispielsweise kann der Sensor eine Laserdiode sowie eine Fotodiode, insbesondere eine Avalanche Fotodiode oder einen CCD-Chip, aufweisen. Mit Hilfe des Sensors und einer damit verbundenen Steuerung oder Regelung kann der Ablauf bei der Herstellung des Einkristalls 3'' gesteuert oder geregelt werden. Beispielsweise kann, beginnend mit dem Schritt des Kristallwachstums, eine Temperaturdifferenz zwischen einer Schmelzoberfläche und der Grenzoberfläche des wachsenden Einkristalls 3'' wenigstens über eine überwiegende Dauer des Kristallwachstums konstant gehalten werden.

Abschließend wird festgehalten, dass der Schutzbereich durch die Patentansprüche bestimmt ist. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

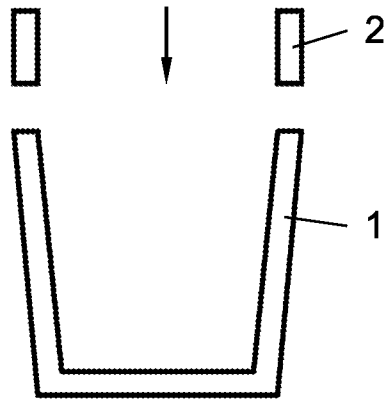
Insbesondere wird auch festgehalten, dass die dargestellten Vorrichtungen in der Realität auch mehr oder auch weniger Bestandteile als dargestellt umfassen können. Teilweise können die dargestellten Vorrichtungen beziehungsweise deren Bestandteile auch unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt sein.

**Bezugszeichenliste**

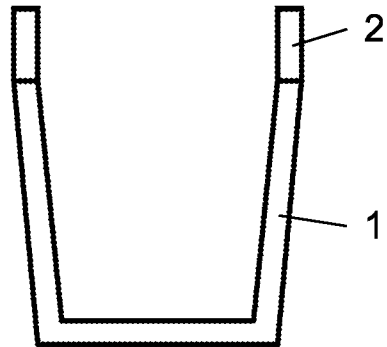
|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| 1   | Schmelztiegel               |
| 2   | Kragen                      |
| 3   | Rohmaterial                 |
| 3'  | Schmelze                    |
| 3'' | Einkristall                 |
| 4   | Heizelement                 |
| 5   | Keimkristall                |
| 6   | Tiegelwand                  |
| C   | kristallographische c-Achse |

## **P a t e n t a n s p r ü c h e**

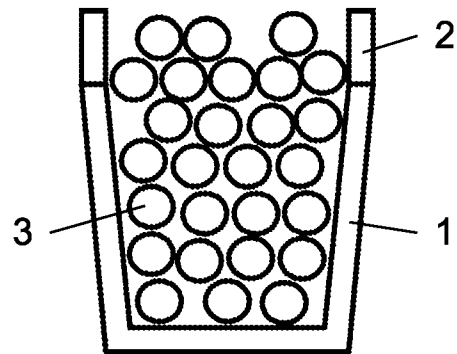
1. Verfahren zum Züchten zumindest eines künstlich hergestellten Einkristalls (3''), insbesondere eines Saphir-Einkristalls, umfassend die Schritte
  - Bereitstellen eines Schmelztiegels (1),
  - Aufsetzen eines Kragens (2) auf den Schmelztiegel (1),
  - Befüllen des Schmelztiegels (1) und zumindest eines Teils des vom Kragen (2) umschlossenen Volumens mit einem Rohmaterial (3) für den Einkristall (3''),
  - Aufschmelzen des Rohmaterials (3),
  - Entfernen des Kragens (2) und
  - Züchten des Einkristalls (3'').
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohmaterial (3) durch Erhitzen des Schmelztiegels (1) aufgeschmolzen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass nur der Schmelztiegel (1) erhitzt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Befüllen des Schmelztiegels (1) mit dem Rohmaterial (3) ein Keimkristall (5) im Bodenbereich des Schmelztiegels (1) angeordnet wird oder als Boden des Schmelztiegels (1) vorgesehen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine kristallographische a-Achse, c-Achse (C), m-Achse oder r-Achse des Keimkristalls (5) entsprechend einer sich in Richtung der Höhe der Tiegelwand (6) erstreckende Längsachse des Tiegels (1) ausgerichtet wird.



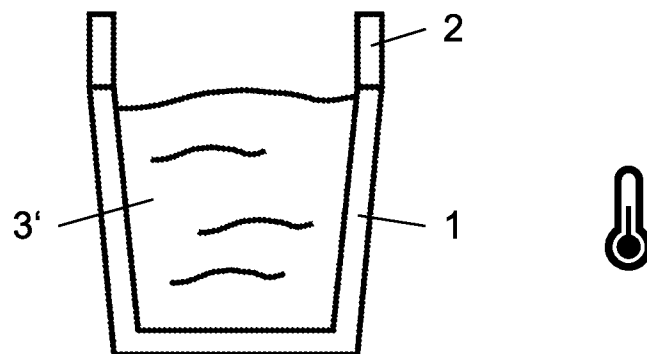
**Fig. 1**



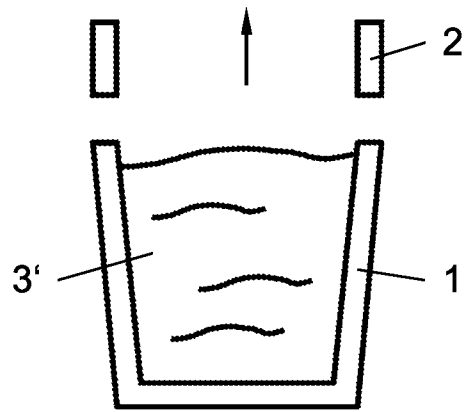
**Fig. 2**



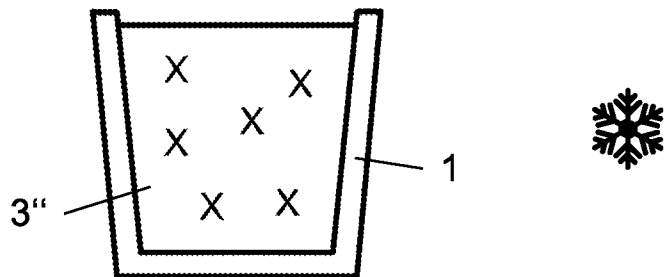
**Fig. 3**



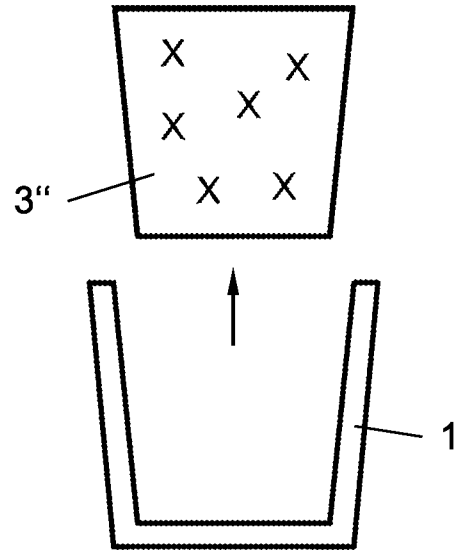
**Fig. 4**



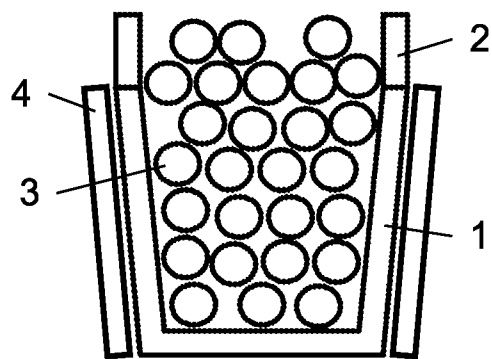
**Fig. 5**



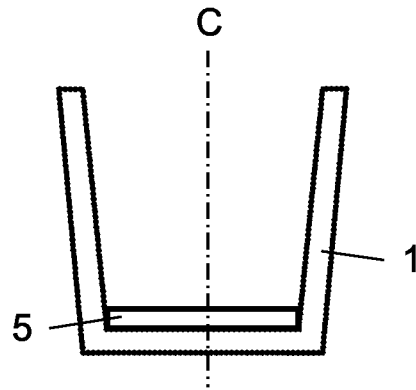
**Fig. 6**



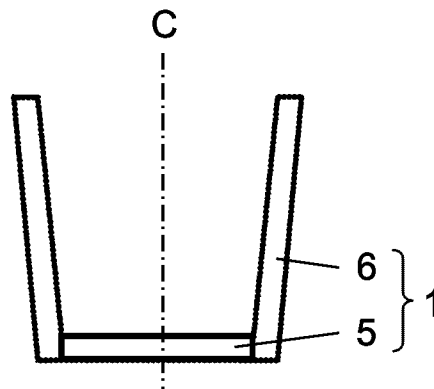
**Fig. 7**



**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Züchten zumindest eines künstlich hergestellten Einkristalls (3''), insbesondere eines Saphir-Einkristalls, umfassend die Schritte
  - Bereitstellen eines Schmelztiegels (1),
  - Aufsetzen eines Kragens (2) auf den Schmelztiegel (1),
  - Befüllen des Schmelztiegels (1) und zumindest eines Teils des vom Kragen (2) umschlossenen Volumens mit einem Rohmaterial (3) für den Einkristall (3''),
  - Aufschmelzen des Rohmaterials (3),
  - Entfernen des Kragens (2) und
  - Züchten des Einkristalls (3''),
 dadurch gekennzeichnet, dass
  - nur der Schmelztiegel (1) erhitzt wird.
  
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Befüllen des Schmelztiegels (1) mit dem Rohmaterial (3) ein Keimkristall (5) im Bodenbereich des Schmelztiegels (1) angeordnet wird oder als Boden des Schmelztiegels (1) vorgesehen wird.
  
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine kristallographische a-Achse, c-Achse (C), m-Achse oder r-Achse des Keimkristalls (5) entsprechend einer sich in Richtung der Höhe der Tiegelwand (6) erstreckende Längsachse des Tiegels (1) ausgerichtet wird.