

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
7. Juni 2007 (07.06.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2007/062829 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**H01P 11/00** (2006.01)      **H01L 39/24** (2006.01)  
**H05H 7/20** (2006.01)

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **DEUTSCHES ELEKTRONEN-SYNTROTON DESY** [DE/DE]; Notkestrasse 85, 22607 Hamburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/011464

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:  
29. November 2006 (29.11.2006)

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **SINGER, Xenia** [DE/DE]; Böttcherkamp 11a, 22549 Hamburg (DE). **SINGER, Waldemar** [DE/DE]; Böttcherkamp 11a, 22549 Hamburg (DE). **SCHWELLENBACH, Johannes** [DE/DE]; Büchnerstrasse 8, 51429 Bergisch Gladbach (DE). **PEKELER, Michael** [DE/DE]; Broicher Strasse 44, 51429 Bergisch Gladbach (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwälte: **HARBSMEIER, Felix usw.; UEXKÜLL & STOLBERG**, Beselerstr. 4, 22607 Hamburg (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2005 058 398.9

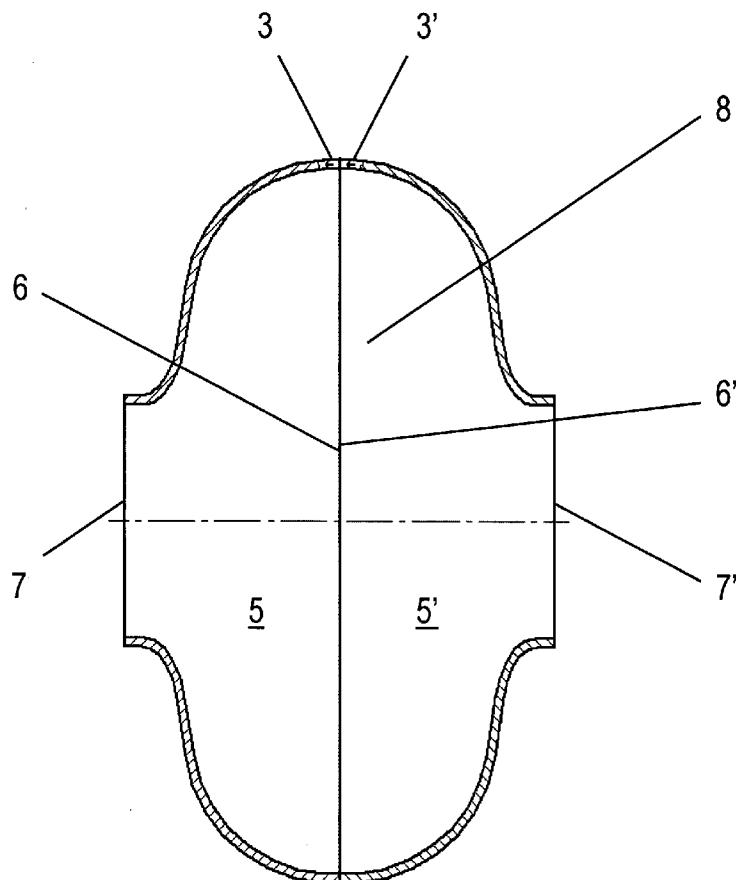
2. Dezember 2005 (02.12.2005) DE

10 2006 021 111.1 5. Mai 2006 (05.05.2006) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCTION OF HOLLOW BODIES FOR RESONATORS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON HOHLKÖRPERN FÜR RESONATOREN



(57) Abstract: A method for production of hollow bodies (8), in particular for radio-frequency resonators, is illustrated and described. The object of producing hollow bodies or a resonator which have or has improved characteristics is achieved by a method having the following steps: provision of a substrate having a monocrystalline area, definition of a slice surface through the substrate, fitting of markings (3, 3') on both sides of the slice surface, production of two wafers by cutting along the slice surface, with the wafers being completely removed from the monocrystalline area, forming of the wafers into half-cells (5, 5'), with the half-cells having a joint surface (6, 6'), and joining of the half-cells together to form a hollow body (8), with the joint surfaces resting on one another and with the markings on the half-cells being oriented with respect to one another on both sides of the joint surface as on both sides of the slice surfaces.

(57) Zusammenfassung: Dargestellt und beschrieben ist ein Verfahren zur Herstellung von Hohlkörpern (8) insbesondere für Hochfrequenzresonatoren. Die Aufgabe, Hohlkörper bzw. einen Resonator herzustellen, die verbesserte Eigenschaften aufweisen, wird durch ein Verfahren mit den

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



- (81) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, 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, LV, LY, MA, MD, 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.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## **Verfahren zur Herstellung von Hohlkörpern für Resonatoren**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Hohlkörpern insbesondere für Hochfrequenzresonatoren.

Hochfrequenzresonatoren, die eine Vielzahl von Hohlkörpern umfassen, werden insbesondere bei Teilchenbeschleunigern eingesetzt, die elektrische Felder dazu verwenden, um geladene Teilchen auf hohe Energien zu beschleunigen.

In solchen Hochfrequenzresonatoren, auch Hohlraumresonatoren genannt, wird eine elektromagnetische Welle angeregt, die geladene Teilchen entlang der Resonatorachse beschleunigt. Das auf diese Weise beschleunigte Teilchen erfährt einen maximal möglichen Energiegewinn, wenn es den Resonator bezüglich der Phase und des Hochfrequenzfeldes so durchfliegt, dass es sich genau dann in der Mitte einer Hohlraumzelle befindet, wenn die elektrische Feldstärke dort ihr Maximum erreicht. Hierbei sind die Hohlraumzellenlänge und die Frequenz so angepasst, dass die Teilchen in jeder Zelle den gleichen Energiegewinn erfahren. Dabei haben supraleitende Resonatoren für die Bereitstellung großer Feldstärken den Vorteil, dass aufgrund des sehr geringen Hochfrequenzwiderstandes weit weniger Energie aufgewendet werden muss.

Eine Methode zur Resonatorherstellung war es lange Zeit, die aus einem polykristallinen Niob-Blech mittels Tiefziehen hergestellten sogenannten Halbhohlkörper miteinander durch Elektronenstrahlschweißen zu verbinden. Aus der DE 37 22 745 A1 ist außerdem ein Verfahren, bei dem Halbzellen aus beschichteten Blechen verbunden werden bekannt. Des Weiteren offenbart dieses Dokument einen danach hergestellten Resonator und insbesondere einen supraleitenden Hochfrequenz-Resonator aus Niob, der mit Kupfer beschichtet ist.

Ferner offenbart die US 5,500,995, mehrzellige Hohlraumresonatoren ohne Schweißnähte zu produzieren, indem auf eine formgebende, entfernbare Substanz, die als Unterlage dient, das gewünschte Material mittels Spinning-Technik aufgebracht und entsprechend verformt wird und die formgebende Substanz anschließend wieder entfernt wird.

Die bei den beiden aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren verwendeten Bleche sind mit einem geeigneten supraleitenden Material beschichtet oder bestehen vollständig aus diesem. Ein bevorzugtes Material ist hierbei das supraleitende Niob, da es zum einen sehr gut bearbeitet werden kann und zum anderen eine hohe kritische Temperatur  $T_c \approx 9,2$  K und ein hohes kritisches Magnetfeld  $H_c \approx 200$  mT (Temperatur bzw. Magnetfeld, oberhalb derer die Supraleitung zusammenbricht) besitzt.

Nach dem Umformen wird das Material in herkömmlicher Weise weiterbehandelt, um eine Oberfläche mit möglichst geringer Rauhigkeit zu erhalten, da es beim Umformen eines polykristallinen Material generell zu einer Aufrauung der Oberfläche kommt. Außerdem soll die innere Oberfläche frei von Verunreinigungen und Fremdpartikeln sein. Denn Oberflächendefekte sind u.a. dafür verantwortlich, dass die Supraleitung zusammenbricht, da die in der Oberflächenschicht des Supraleiters zirkulierenden Ströme, die ein äußeres Magnetfeld daran hindern, ins Innere einzudringen (Meißner-Ochsenfeld-Effekt), unterbrochen werden. Schließlich führt eine raue Oberfläche dazu, dass hier lokal sehr hohe Feldstärken auftreten, was ebenfalls unerwünscht ist.

Eine übliche Methode zur Oberflächenbehandlung ist ein chemisches (Beiz-)Verfahren mit einer Säuremischung, BCP genannt (Buffered Chemical Polishing), wobei HF (48%), HNO<sub>3</sub> (65%) und H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (85%) in einem Verhältnis von 1:1:2 verwendet werden. Da

die Korngrenzen von polykristallinem Material jedoch stärker angegriffen werden als das Material der Körner selbst, liegt nach dieser Behandlung immer noch eine relativ raue Oberfläche vor. Außerdem ist diese Methode vergleichsweise zeitaufwendig. Eine Methode, die bessere Ergebnisse liefert, ist das Elektropolieren ("EP"), wobei HF und H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> im Verhältnis 1:9 verwendet werden und ein elektrisches Feld angelegt wird. Durch das Elektropolieren wird eine sehr glatte Oberfläche auch bei polykristallinem Material erreicht, sodass im Falle von Hohlkörpern aus polykristallinem Niob mittels des Elektropolierens eine Rauhigkeit von 250 nm erreicht werden kann.

Da die Supraleitung an den Korngrenzen eines polykristallinen Materials gestört wird, wurden in neuerer Zeit Versuche bezüglich der Verwendbarkeit von Niob-Ingots (Residual Resistivity Ratio RRR > 250) zur Produktion von Halbzellen mit positivem Ergebnis durchgeführt (P. Kneisel, G. R. Myeni, G. Ciovati, J. Sekutowicz und T. Carneiro; Preliminary Results From Single Crystals and Very Large Crystal Niobium Cavities; Proceedings of 2005 Particle Accelerator Conference, Knoxville, Tennessee, USA). Hierbei sind zur Herstellung eines kleinen Hohlraumresonators zwei Scheiben mittels einer Drahterodiermaschine aus einem grobkristallinen Niob-Ingot geschnitten und dann durch Tiefziehen in die gewünschte Form gebracht worden, ohne dass die kristallinen Eigenschaften verändert worden sind. Auch hier kam es jedoch an den Stellen, an denen die umgeformten kristallinen Scheiben zu einem Hohlkörper zusammengefügt wurden, zu Defektstellen.

Zusätzlich zu der möglichst defektfreien Kristallstruktur in den Hohlraumresonatoren, ist es für die Qualität supraleitender Hohlraumresonatoren sehr wichtig, dass auch an den Verbindungstellen keine Supraleitungsverluste auftreten.

Ein weiterer Faktor, der sich störend auf die Supraleitung auswirkt, ist Wasserstoff, der im supraleitenden Material eingelagert ist. Dieses Problem wird herkömmlicherweise dadurch gelöst, dass eine Wärmebehandlung durchgeführt wird.

Ausgehend vom Stand der Technik ist es daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, bei dem die hergestellten Hohlkörper bzw. der gesamte Resonator verbesserte elektrische Eigenschaften aufweisen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst mit den folgenden Schritten:

- Bereitstellen eines Substrats mit einem einkristallinen Bereich,
- Festlegen einer Schnittfläche durch das Substrat,
- Anbringen von Markierungen beidseitig der Schnittfläche,
- Herstellen von zwei Scheiben durch Schneiden entlang der Schnittfläche, wobei die Scheiben vollständig dem einkristallinen Bereich entnommen sind,
- Umformen der Scheiben zu Halbzellen, wobei die Halbzellen eine Fügefläche aufweisen,
- Zusammenfügen der Halbzellen zu einem Hohlkörper, wobei die Fügeflächen aneinander anliegen und wobei die Markierungen auf den Halbzellen auf beiden Seiten der Fügefläche so zueinander orientiert sind, wie auf beiden Seiten der Schnittflächen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in einem ersten Schritt ein Substrat mit einkristallinem Bereich bereitge-

stellt, welcher in einer bevorzugten Ausführungsform aus supraleitendem Material ist. Ein bevorzugtes Material ist hierbei supraleitendes Niob, da es sehr gut formbar ist und außerdem eine hohe kritische Temperatur  $T_c \approx 9,2$  K und ein hohes kritisches Magnetfeld  $H_c \approx 200$  mT besitzt. Unter „supraleitendem“ Material wird in diesem Zusammenhang ein Material verstanden, das bei geeigneten Umgebungsbedingungen und unterhalb einer kritischen Temperatur supraleitende Eigenschaften hat, also sprunghaft seinen elektrischen Widerstand verliert und unterkritische Magnetfelder aus seinem Inneren verdrängt. Ferner ist der einkristalline Bereich bevorzugt zylindrisch geformt, damit er leicht zugänglich ist.

In einem zweiten Schritt wird wenigstens eine Schnittfläche durch das Substrat festgelegt, und in einem anschließenden dritten Schritt werden beidseitig der Schnittfläche Markierungen angebracht. Bevorzugter Weise werden diese Markierungen gestanzt oder geprägt, da es sich bei supraleitenden Materialien um Metalle handelt, die eine harte Oberfläche besitzen. Die Markierungen sind derart ausgestaltet, dass in dem Substrat benachbarte Bereiche auch nach einer Trennung wieder identifiziert werden können und ihre ursprüngliche Orientierung zueinander wiederhergestellt werden kann. Die Markierungen sind dabei bevorzugter Weise auf der Außenfläche bzw. auf der Umfangsfläche der Scheiben angebracht.

Nachdem die Markierungen angebracht worden sind, werden durch Schneiden entlang der Schnittfläche zwei Scheiben hergestellt, wobei die Scheiben ferner so aus dem Substrat geschnitten sind, dass sie lediglich einkristallines Material aufweisen. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Scheiben ca. 5 mm dick und haben einen Durchmesser bzw. eine Ausdehnung in der Ebene der Schnittfläche von 200 mm.

In einem sich anschließenden Schritt werden die Scheiben zu Halbzellen umgeformt, wobei die Halbzellen eine Fügefläche aufweisen. Diese Fügeflächen dienen dazu, zwei Halbzellen zusammenfügen zu können. In einer bevorzugten Ausführungsform haben die Halbzellen ferner eine parallel zur Fügefläche verlaufende Abschlussfläche, welche es ermöglicht, dass die Halbzelle auch auf der gegenüberliegenden Seite mit einer weiteren Halbzelle verbunden werden kann.

Das Umformen erfolgt bevorzugter Weise durch Drücken, Tiefziehen und gegebenenfalls Walzen, welches bekannte Metallverarbeitungstechniken sind. Die Fläche der Scheibe kann diesbezüglich zuvor vergrößert worden sein, was ebenfalls mit Hilfe der bereits erwähnten Techniken möglich ist.

Bei der Umformung umfasst eine bevorzugte Ausführungsform die Erstellung eines hohlen Kegelstumpfs, welcher zwei parallele offene Endflächen hat. Ferner sind die Halbzellen bevorzugt rotationssymmetrisch geformt, damit Halbzellen möglichst einfach miteinander verbunden werden können.

Alternativ kann das Umformen auch in der Weise erfolgen, dass die Erstellung eines Hohlkegels durch Tiefziehen oder Drücken gegen eine Form umfasst ist, wobei in einer weiter bevorzugten Ausführungsform der größte Durchmesser des Hohlkegels größer oder gleich dem Außendurchmesser der Halbzelle ist. Dies ermöglicht es, den Kegel später mit einer möglichst geringen Anzahl an Bearbeitungsschritten auf die gewünschte Form und Größe der Halbzelle zu bringen, ohne dass die einkristalline Struktur verloren geht.

Bei dem Umformungsschritt ist es möglich, dass eine Scheibe, bevor beispielsweise ein Hohlkegel oder ein Kegelstumpf geformt wird, mittels Walzen oder Drücken zu einer Scheibe umgeformt wird, die einen gegenüber der ursprünglichen Scheibe

vergrößerten Durchmesser hat. Dies ermöglicht es, auch aus Scheiben, die aus einem Ingot mit einem kleinen Durchmesser stammen, einkristalline Halbzellen der gewünschten Größe zu formen.

In einem weiteren Schritt des Verfahrens werden die Halbzellen zu Hohlkörpern zusammengefügt, wobei die Fügeflächen aneinander liegen und die Markierungen auf beiden Seiten der Fügefläche so zueinander orientiert sind, wie auf beiden Seiten der Schnittflächen. Dies bedeutet, dass aus den Scheiben hergestellte Halbzellen entlang der Fügeflächen so aneinander anliegen, wie dies im Substrat vor dem Schneiden der Schnittflächen der Fall war. Hierdurch wird die einkristalline Orientierung in beiden zu Hohlkörpern umgeformten Scheiben beibehalten.

Wegen der Empfindlichkeit von hochreinem Niob gegenüber Verunreinigungen jeglicher Art können die zu fügenden Flächen kurz vor dem Fügen gereinigt werden, was bevorzugt mit einer chemischen Beizbehandlung (mit BCP) geschieht.

Bevorzugt wird das Fügen durch Elektronenstrahlschweißen im Hochvakuum ( $< 10^{-4}$  mbar) und gegebenenfalls bei definierter Restgaszusammensetzung durchgeführt. Diese Technik weist eine hohe Leistungsdichte auf, sodass Bauteile mit einer glatten Naht verschweißt werden können, die 5 bis 7 mm breit ist, da es zu einem lokal begrenzten Energieeintrag kommt.

In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Füge- und/oder Abschlussflächen chemisch behandelt. Dies wird bevorzugt durch eine Beizbehandlung, insbesondere mit BCP (1:1:2), durchgeführt. Hierdurch wird vermieden, dass Fremdmaterial im Bereich der Schweißnaht in das Material eingebracht wird.

Der Hohlkörper wird im Anschluss wärmebehandelt. Hierdurch werden noch bestehende Defekte und die Fügestellen ausgeheilt, der im Material enthaltene Wasserstoff wird ausgetrieben und der RRR Wert, der die Reinheit des bevorzugter Weise verwendeten Niobs beschreibt, wird somit erhöht.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Wärmebehandlung umfasst im Falle eines aus Niob bestehenden Hohlkörpers einen ersten Aufheizungsschritt von 400°C bis 500°C für 2 bis 6 Stunden und einen zweiten Aufheizungsschritt von 750°C bis 850°C, bevorzugt 750°C bis 800°C. Das Ziel des ersten Aufheizungsschrittes ist es, die durch die Umformungen entstandenen Spannungen abzubauen und neu entstandene Kristallisationskeime zu eliminieren. Der zweite Aufheizungsschritt dient zur Entfernung vorhandenen Wasserstoffs aus dem Material und zur Relaxation des gesamten Hohlkörpers. Hierbei bleibt der Einkristall erhalten, da Kristallisationskeime zuvor eliminiert worden waren, sodass kein Kornwachstum durch die Wärmebehandlung auftreten kann.

Die Wärmebehandlung ist abhängig von dem Verformungsgrad  $\epsilon$  des Materials, welcher in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel mit Niob ca. 40% beträgt. Unter dem Verformungsgrad  $\epsilon$  eines Materials wird in diesem Zusammenhang der prozentuale Anteil der Umformung verstanden. Der Verformungsgrad  $\epsilon$  berechnet sich zu

$$\epsilon = \frac{t_0 - t}{t_0} \cdot 100\%,$$

wobei  $t_0$  die Dicke der unverformten Scheibe und  $t$  die Dicke der verformten Scheibe ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, einen einkristallinen Resonator herzustellen, der einkristalline Hohlkörper bzw. Halbzellen umfasst. Solche einkristallinen Resonatoren haben hervorragende elektrische Eigenschaften. Insbeson-

dere sind auch in der einkristallinen Oberflächenschicht des Supraleiters (Niob) zirkulierende Ströme vorhanden, die ein äußeres Magnetfeld daran hindern, ins Innere einzudringen, wodurch eine Supraleitung nicht gestört wird. Zusätzlich können bei einkristallinem Material deutlich geringere Rauhigkeiten insbesondere der inneren Oberfläche erreicht werden, die im Fall von einer abschließenden BCP-Behandlung bei 25 nm liegen. Dies bedeutet eine Verbesserung um einen Faktor 10 gegenüber vergleichbarem polykristallinem Material nach einer aufwendigeren Nachbehandlung.

Die obige Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren gelöst mit den folgenden Schritten:

- Herstellen einer Vielzahl von Hohlkörpern gemäß einem der Ansprüche 2 bis 18 und
- Fügen der Hohlkörper entlang der Abschlussflächen, wobei Halbzellen ursprünglich benachbarter Scheiben im Substrat verbunden werden und wobei die zu den Abschlussflächen benachbarten Markierungen so zueinander zugeordnet sind, wie auf beiden Seiten der Schnittfläche zwischen den Scheiben.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst eine Vielzahl von Hohlkörpern hergestellt und diese anschließend entlang der Abschlussflächen zusammengefügt. Hierbei werden die Hohlkörper immer mit aus benachbarten Scheiben des Rohmaterials hergestellten Hohlkörpern verbunden, wobei die zu den Abschlussflächen benachbarten Markierungen so zueinander zugeordnet sind, wie auf beiden Seiten der Schnittfläche. Hierdurch wird gewährleistet, dass die einkristalline Struktur auch zwischen benachbarten Hohlkörpern erhalten bleibt. In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Oberfläche des Resonators behandelt. Dies wird bevorzugt durch ein chemisches

Verfahren mit BCP (1:1:2) gemacht. Grundsätzlich kann das chemische Verfahren vor oder nach dem Fügen durchgeführt werden. Es ist sehr wichtig, eine innere Oberfläche des Resonatorhohlkörpers derart zu präparieren, dass sie frei von Verunreinigungen und Fremdpartikeln ist, um hohe elektrische Felder ohne Verluste zu erzeugen. Dies geschieht im Anschluss an oder auch ohne eine zuvor erfolgte Wärmebehandlung mit einem chemischen oder elektrischen Standardverfahren.

Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand einer lediglich eine bevorzugte Ausführungsform zeigenden Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines Substrats mit einem einkristallinen Bereich und festgelegten Schnittflächen,

Fig. 2 eine Querschnittsansicht von Scheiben, die durch Schneiden entlang der Schnittfläche hergestellt worden sind,

Fig. 3 eine Querschnittsansicht einer aus einer Scheibe durch Umformen hergestellten Halbzelle,

Fig. 4A eine Querschnittsansicht von Scheiben, die durch Schneiden entlang der Schnittfläche hergestellt worden sind,

Fig. 4B eine Querschnittsansicht einer Scheibe, die durch Umformen auf eine geeignete Größe gebracht worden ist,

Fig. 4C eine Querschnittsansicht eines aus einer Scheibe durch Umformen hergestellten Kegels,

Fig. 5 eine Querschnittsansicht eines Hohlkörpers aus zwei zusammengefügten Halbzellen, und

Fig. 6 eine Querschnittsansicht eines Resonators, der aus einer Vielzahl an Hohlkörpern zusammengefügt ist.

In den Figuren sind die Schritte einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt.

In Fig. 1 ist ein Substrat 1 mit einkristallinem Bereich (schraffiert) gezeigt, das zur Herstellung von Hohlkörpern für Resonatoren bereitgestellt wird. Der einkristalline Bereich hat vorzugsweise eine zylindrische Form, und das Material des Substrats ist bevorzugt aus Niob, da es gut bearbeitet werden kann und eine hohe kritische Temperatur  $T_c \approx 9,2$  K und ein hohes kritisches Magnetfeld  $H_c \approx 200$  mT besitzt. Anschließend werden drei nebeneinander liegende Schnittflächen 2, 2', 2'', die durch das Substrat 1 verlaufen, festgelegt. Beidseitig der Schnittfläche 2' sind Markierungen 3 und 3' auf der Oberfläche des Substrats 1 angebracht, was bevorzugt durch Stanzen oder Prägen realisiert wird. Die Markierungen 3, 3' sind so ausgestaltet, dass sie nach einer Umformung noch sichtbar sind. Eine der Schnittflächen 2, 2', 2'' kann auch ein Ende des Substrats 1 bilden, so dass nur zwei der Schnittflächen festgelegt werden müssen.

Daraufhin werden durch Schneiden entlang der festgelegten Schnittflächen 2, 2' und 2'' Scheiben 4 und 4' hergestellt (siehe Fig. 2), wobei die Scheiben 4, 4' vollständig dem einkristallinen Bereich entnommen sind. Letzteres bedeutet, dass die Scheiben 4, 4' nur einkristallines Material umfassen und evtl. vorhandene polykristalline oder amorphe Bereiche abgetrennt werden. Bevorzugter Weise werden die Markierungen 3, 3' gestanzt oder geprägt, da es sich bei dem Material bevorzugt um ein Metall handelt, das eine harte Oberfläche besitzt. Die

Markierungen 3, 3' sind derart ausgestaltet, dass in dem Substrat 1 benachbarte Bereiche auch nach einer Trennung wieder identifiziert werden können und ihre ursprüngliche Orientierung zueinander wiederhergestellt werden kann.

Beide Scheiben 4 und 4' sind bei dieser bevorzugten Ausführungsform ca. 5 mm dick und haben, da sie vorzugsweise aus einem zylindrischen Einkristall stammen, einen Durchmesser von 200 mm. Im Falle eines nicht-zylindrischen einkristallinen Bereichs haben die Scheiben 4 und 4' eine Ausdehnung in der Ebene der Schnittflächen 2, 2', 2'' von 200 mm.

In Fig. 3 ist eine erste Möglichkeit für den folgenden Schritt des Umformens der Scheibe 4 zu einer Halbzelle 5 dargestellt. Das Umformen der Scheibe 4 erfolgt bevorzugt durch Drücken, Tiefziehen und gegebenenfalls Walzen, wobei die in Fig. 3 im Querschnitt gezeigte Halbzelle 5 und eine in Fig. 5 im Querschnitt gezeigte Halbzelle 5' entsprechend gebildet werden. Auch ein Umformungzwischenschritt, bei dem die Fläche der Scheibe zunächst vergrößert wird und/oder die Erstellung eines hohlen Kegelstumpfes mit zwei parallelen offenen Endflächen, ist möglich. In bevorzugter Weise sind die Halbzellen 5, 5' rotationssymmetrisch. Die Halbzelle 5 weist ferner eine Fügefläche 6 und eine Abschlussfläche 7 auf. Dabei verlaufen die Fügefläche 6 und die Abschlussfläche 7 bevorzugt parallel zueinander. Die Markierung 3 ist so auf der Scheibe 4 angebracht, dass sie nach der Umformung einer Scheibe 4 zu einer Halbzelle 5 noch sichtbar ist.

In Fig. 4 ist eine zweite Möglichkeit für das Umformen der Scheiben 4, 4' dargestellt. Hier umfasst das Umformen die Erstellung eines Hohlkegels durch Tiefziehen oder Drücken, wobei das Drücken gegen eine Negativform erfolgt. Dabei ist es möglich, dass die Scheiben 4, 4', die anfangs einen Durchmesser a haben, vor der Umformung zu beispielsweise einem Kegel oder

einem Kegelstumpf zunächst mittels Walzen oder Drücken zu Scheiben 4 umgeformt werden, die einen Durchmesser b haben, der größer ist als a. Dies ermöglicht es, auch aus Scheiben 4, 4' die aus einem Ingot mit einem kleinen Durchmesser stammen, Halbzellen 5, 5' der gewünschten Größe zu formen. Der größte Durchmesser c des Hohlkegels ist nach dem Umformen größer oder gleich dem Außendurchmesser der Halbzelle 5. Dies ermöglicht es, den Hohlkegel mit einer möglichst geringen Anzahl an Bearbeitungsschritten auf die gewünschte Form und Größe der späteren Halbzelle 5 zu bringen, ohne dass die einkristallinen Eigenschaften des Materials verloren gehen.

In Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht eines Hohlkörpers 8 gezeigt, der aus zwei Halbzellen 5 und 5' mit Markierungen 3 und 3' entlang der beiden Fügeflächen 6 und 6' zusammengefügt worden ist, was vorzugsweise durch Elektronenstrahlschweißen im Hochvakuum ( $< 10^{-4}$  mbar) und ferner bevorzugt bei einer definierten Restgaszusammensetzung geschieht. Mit dieser Technik können die Halbzellen 5 und 5' mit einer glatten Naht verschweißt werden, die 5 bis 7 mm breit ist, wobei es nur zu einem lokal begrenzten Energieeintrag kommt. Außerdem stellt diese Technik sicher, dass die Schweißnaht absolut dicht ist.

Hierbei sind die Fügeflächen 6 und 6' zweier Halbzellen 5 und 5' derart zusammengefügt worden, dass die Halbzellen 5 und 5' aus ursprünglich im Substrat 1 benachbarten Scheiben 4 und 4' nebeneinander angeordnet sind, wobei die zu den Fügeflächen 6 und 6' benachbarten Markierungen 3 und 3' so zueinander angeordnet sind, wie dies auf beiden Seiten der Schnittfläche 2 zwischen den Scheiben 4 und 4' der Fall war. Der aus den zusammengesetzten Halbzellen 5 und 5' bestehende Hohlkörper 8 weist zwei zueinander im Wesentlichen parallel stehende Abschlussflächen 7 und 7' auf. Der aus den Halbzellen 5, 5' hergestellte Hohlkörper 8 besteht über das gesamte Volumen, auch in dem Bereich der früheren Fügeflächen 6, 6', aus einkristal-

linem Material, so dass er gute elektrische Eigenschaften hat und in der Oberflächenschicht des Supraleiters (Niob) zirkulierenden Ströme fließen, die ein äußeres Magnetfeld daran hindern, ins Innere einzudringen, wodurch die Supraleitung gestört wird.

Bevorzugt werden die Fügeflächen 6 und 6' und/oder Abschlussflächen 7 und 7' vor dem Fügen gereinigt. Dabei werden diese Flächen zunächst gespült und in einem Ultraschallbad behandelt, dann vorzugsweise durch ein chemisches Verfahren mit BCP (1:1:2) gebeizt, um Kontaminationen in diesem Bereich zu entfernen, wiederum mit hochreinem Wasser gespült und abschließend im Reinraum getrocknet.

Anschließend kann in einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens eine spezielle Wärmebehandlung des Hohlkörpers 8 erfolgen, die ein Aufheizen über einen Zeitraum von zwei bis sechs Stunden bei 400°C bis 500°C und anschließend ein Aufheizen über einen Zeitraum von einer bis drei Stunden bei 750°C bis 850°C, bevorzugt 750° bis 800°C umfasst. Hierdurch werden noch vorhandene Defekte ausgeheilt. Das Ziel des ersten Aufheizungsschrittes ist es, die durch die Umformungen entstandenen Spannungen abzubauen und neu entstandene Kristallisationskeime zu eliminieren. Der zweite Aufheizungsschritt dient zur Entfernung vorhandenen Wasserstoffs aus dem Material und zur Relaxation des gesamten Hohlkörpers.

Die so hergestellten einkristallinen Hohlkörper 8 haben hervorragende elektrische Eigenschaften, wobei in der einkristallinen Oberflächenschicht des Supraleiters (Niob) zirkulierende Ströme vorhanden sind, die ein äußeres Magnetfeld daran hindern, ins Innere einzudringen, wodurch eine Supraleitung nicht gestört wird. Außerdem können durch das einkristalline Material deutlich geringere Rauhigkeiten insbesondere der inneren

Oberfläche erreicht werden, die im Fall von einer abschließenden BCP-Behandlung bei 25 nm liegen.

Fig. 6 zeigt eine Vielzahl Hohlkörpern 8, 8', 8'', die gemäß dem oben beschriebenen Verfahren hergestellt worden sind und analog zur Fügung zweier Halbzellen 5 und 5' zu einem Hohlkörper 8 an ihren Abschlussflächen 7', 7'', 7''', 7'''' zusammengefügt worden sind, vorzugsweise ebenfalls durch Elektronenstrahlschweißen. Das bedeutet, dass die zu den Abschlussflächen 7, 7', 7'', 7''', 7'''', 7''''' benachbarten Markierungen 3, 3', 3'', 3''', 3'''', 3''''' so zueinander angeordnet sind, wie auf beiden Seiten der Schnittflächen 2 und 2' zwischen den Scheiben 4, 4', aus denen die entsprechenden Halbzellen hergestellt wurden. Der durch das Zusammenfügen einer Vielzahl an Hohlkörpern 8, 8', 8'' hergestellte Resonator 9 kann poliert werden, bevorzugt durch eine chemisches Verfahren mit BCP (1:1:2).

Es sei an dieser Stelle der Vollständigkeit halber erwähnt, dass es selbstverständlich auch möglich ist, zwei Halbzellen 5' und 5'' derart an ihren Abschlussflächen 7' und 7'' zusammenzufügen (s. Fig. 6), dass die benachbarten Markierungen 3' und 3'' der Halbzellen 5' und 5'' eine derartige Orientierung besitzen, wie dies auf beiden Seiten der Schnittfläche zwischen den entsprechenden Scheiben der Fall war. Es ist also denkbar, dass alternativ zunächst hantelförmige Hohlkörper gebildet werden, die dann zu dem Resonator 9 zusammengefügt werden.

Auf diese Weise kann ein einkristalliner Resonator 9 mit verbesserten elektrischen Eigenschaften hergestellt werden. Diese wirken sich derart aus, dass die Qualität der Supraleitung unter geeigneten Umgebungsbedingungen, wie z.B. einer geeigneten Temperatur, erheblich verbessert wird. Des weiteren liegt der Vorteil bei der Verwendung eines einkristallinen Resonators 9

darin, dass bereits durch das einfache chemische Beizverfahren eine viel bessere Oberflächenqualität (Glattheit) erreicht werden kann, auch im Vergleich zum Elektropolieren.

Dies bedeutet, dass es mittels eines einkristallinen Resonators 9 möglich ist, zum einen auf höhere Beschleunigungsfeldstärken zu kommen und zum anderen auch die Präparation zu vereinfachen.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung von Hohlkörpern für Resonatoren, umfassend die folgenden Schritte:
  - Bereitstellen eines Substrats (1) mit einem einkristallinen Bereich,
  - Festlegen einer Schnittfläche (2) durch das Substrat (1),
  - Anbringen von Markierungen (3, 3') beidseitig der Schnittfläche (2),
  - Herstellen von zwei Scheiben (4, 4') durch Schneiden entlang der Schnittfläche (2), wobei die Scheiben (4, 4') vollständig dem einkristallinen Bereich entnommen sind,
  - Umformen der Scheiben (4, 4') zu Halbzellen (5, 5'), wobei die Halbzellen (5, 5') eine Fügefläche (6, 6') aufweisen,
  - Zusammenfügen der Halbzellen (5, 5') zu einem Hohlkörper (8), wobei die Fügeflächen (6, 6') aneinander anliegen und wobei die Markierungen (3, 3') auf den Halbzellen (5, 5') auf beiden Seiten der Fügefläche (6, 6') so zueinander orientiert sind, wie auf beiden Seiten der Schnittflächen (2, 2').
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Halbzellen (5, 5') eine Abschlussfläche (7, 7') aufweisen, die parallel zu den Fügeflächen (6, 6') verläuft.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei das Substrat 1 ein supraleitendes Material aufweist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Substrat 1 Niob aufweist.

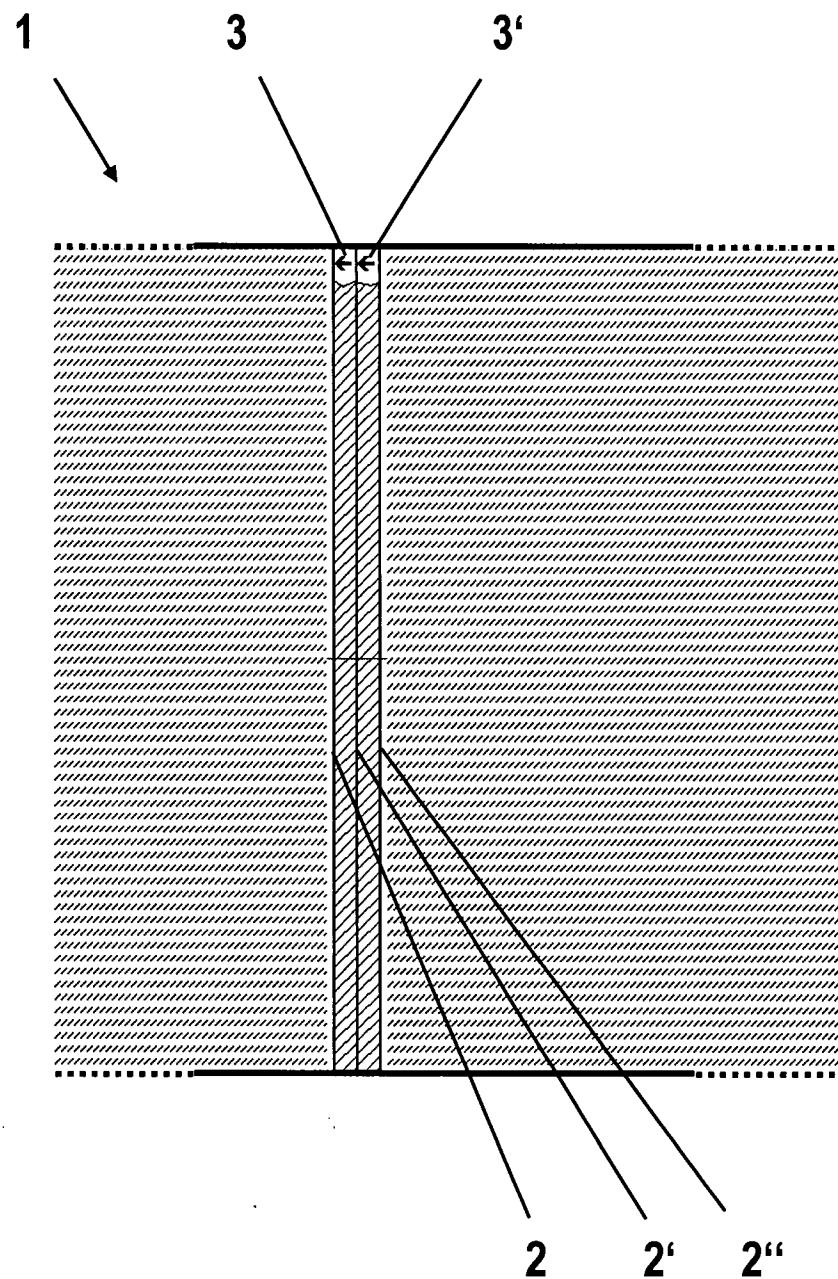
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der einkristalline Bereich zylindrisch ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Markierungen (3, 3') gestanzt oder geprägt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Scheiben (4, 4') ca. 5 mm dick sind und eine Ausdehnung in der Ebene der Schnittfläche (2, 2') von 200 mm haben.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Fläche der Scheiben (4, 4') nach dem Schneiden vergrößert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Umformung durch Drücken, Tiefziehen und gegebenenfalls Walzen erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Umformung eine Erstellung eines hohlen Kegelstumpfs mit zwei parallelen offenen Endflächen umfasst.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Umformen die Erstellung eines Hohlkegels umfasst.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der größte Durchmesser des Hohlkegels größer oder gleich dem Außendurchmesser der Halbzellen (5, 5') ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Halbzellen (5, 5') rotationssymmetrisch sind.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei das Fügen durch Elektronenstrahlschweißen erfolgt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Fügeflächen (6, 6') und/oder die Abschlussflächen (7, 7') vor dem Fügen gereinigt werden.
16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei die Fügeflächen (6, 6') und/oder die Abschlussflächen (7, 7') chemisch gebeizt werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei eine Wärmebehandlung des Hohlkörpers (8) durchgeführt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Wärmebehandlung ein Aufheizen über einen Zeitraum von zwei bis sechs Stunden bei 400°C bis 500°C und anschließend ein Aufheizen über einen Zeitraum von einer bis drei Stunden bei 750°C bis 850°C umfasst.
19. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Wärmebehandlung ein Aufheizen über einen Zeitraum von zwei bis sechs Stunden bei 400°C bis 500°C und anschließend ein Aufheizen über einen Zeitraum von einer bis drei Stunden bei 750°C bis 800°C umfasst.
20. Verfahren zur Herstellung eines Resonators (9), umfassend die Schritte:
  - Herstellen einer Vielzahl von Hohlkörpern (8, 8', 8'... ) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 19,
  - Fügen der Hohlkörper (8, 8', 8'') entlang der Abschlussflächen (7, 7', 7'', 7''', 7''''), wobei Halbzellen (5', 5'', 5''', 5'''' ) ursprünglich benachbarter Scheiben im Substrat (1) verbunden werden und wobei die zu den Abschlussflächen (7, 7', 7'', 7''', 7'''' , 7''''' ) benachbarten Markierungen so zueinander zuge-

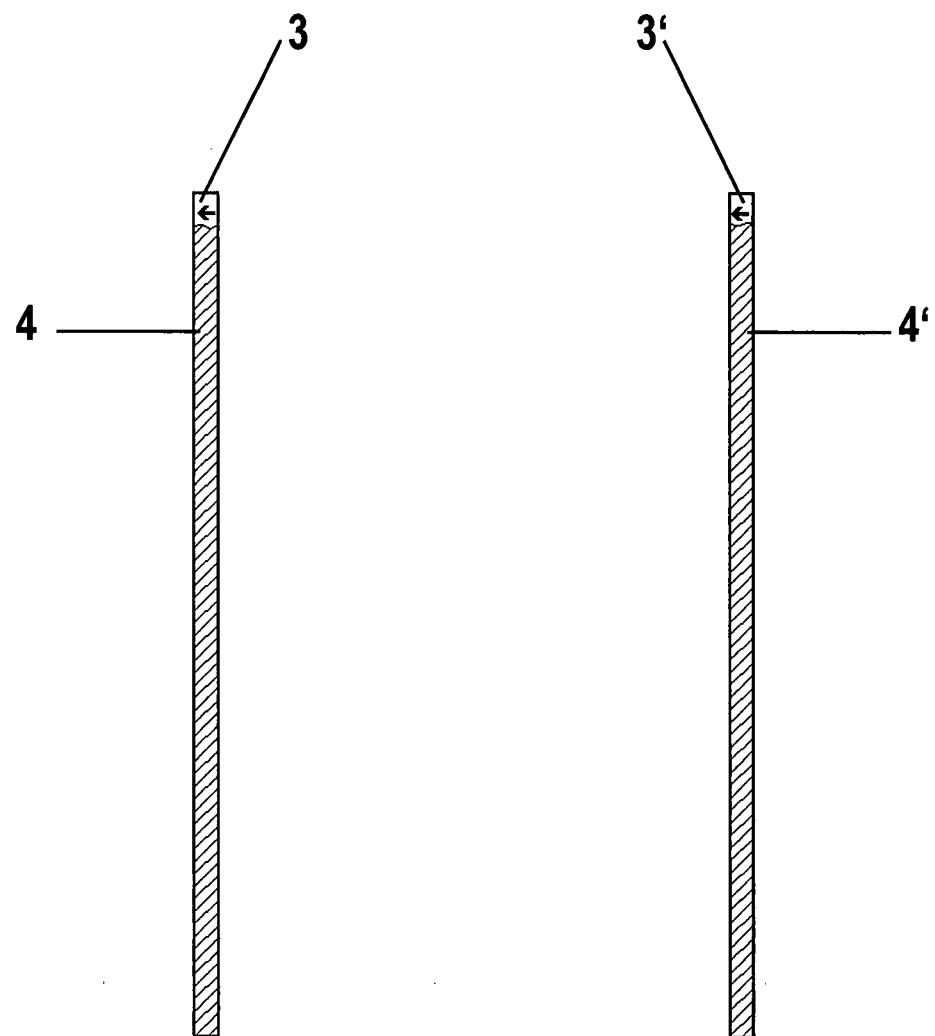
ordnet sind, wie auf beiden Seiten der Schnittfläche (2, 2') zwischen den Scheiben (4, 4').

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Resonator (9) gereinigt wird.
22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Resonator (9) chemisch gebeizt wird.

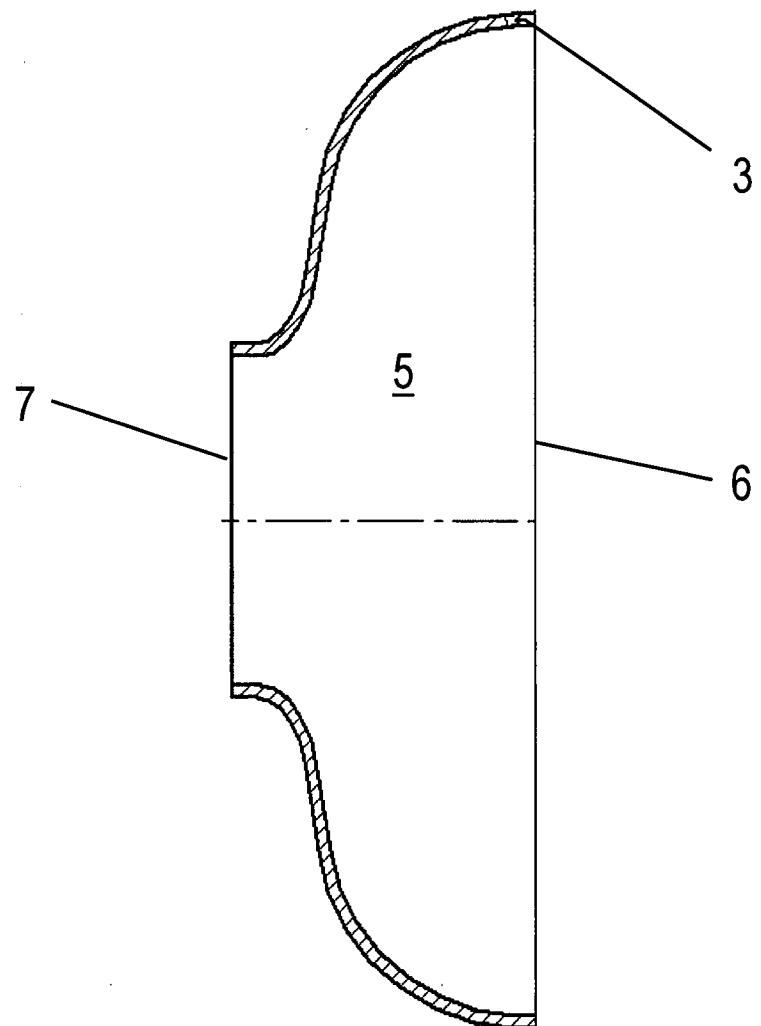
1/6

**Fig. 1**

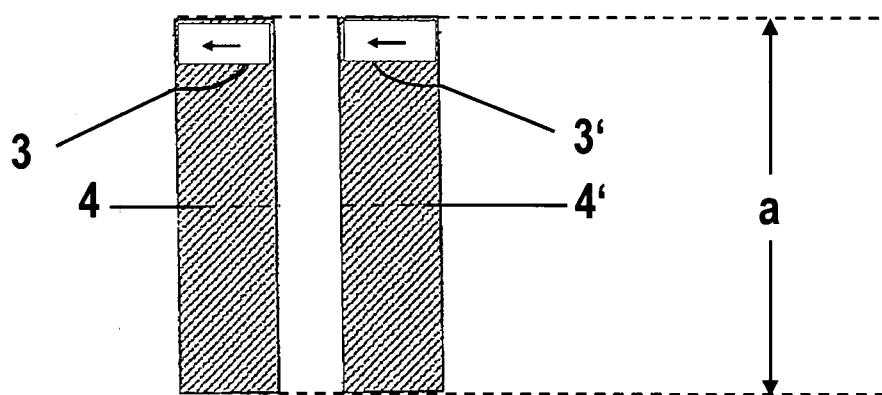
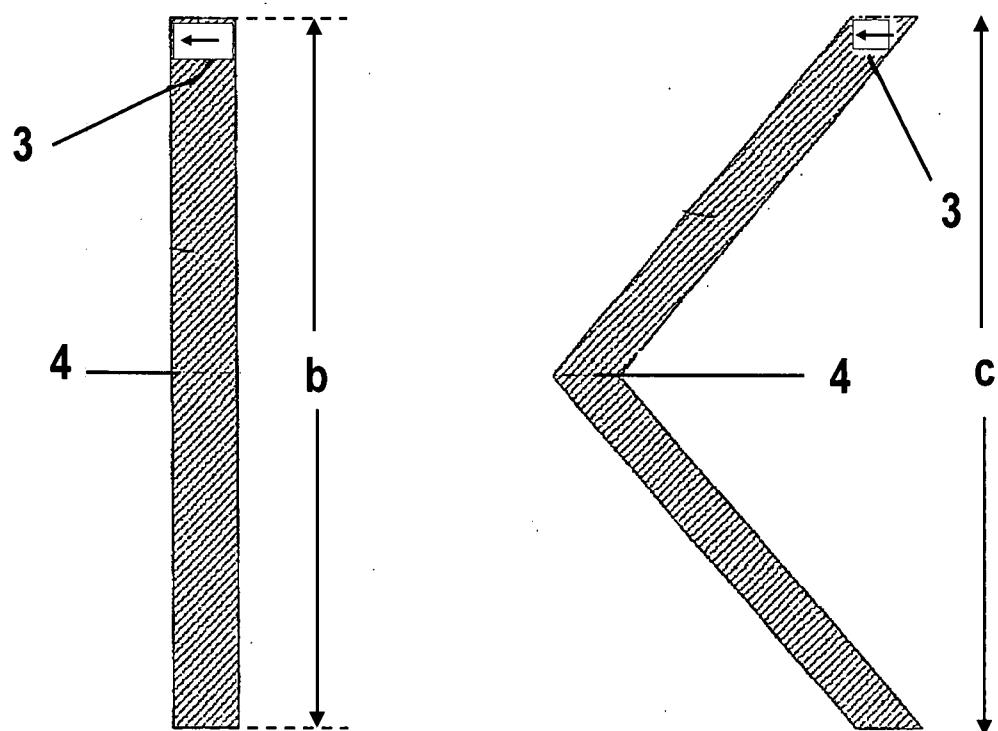
2/6

**Fig. 2**

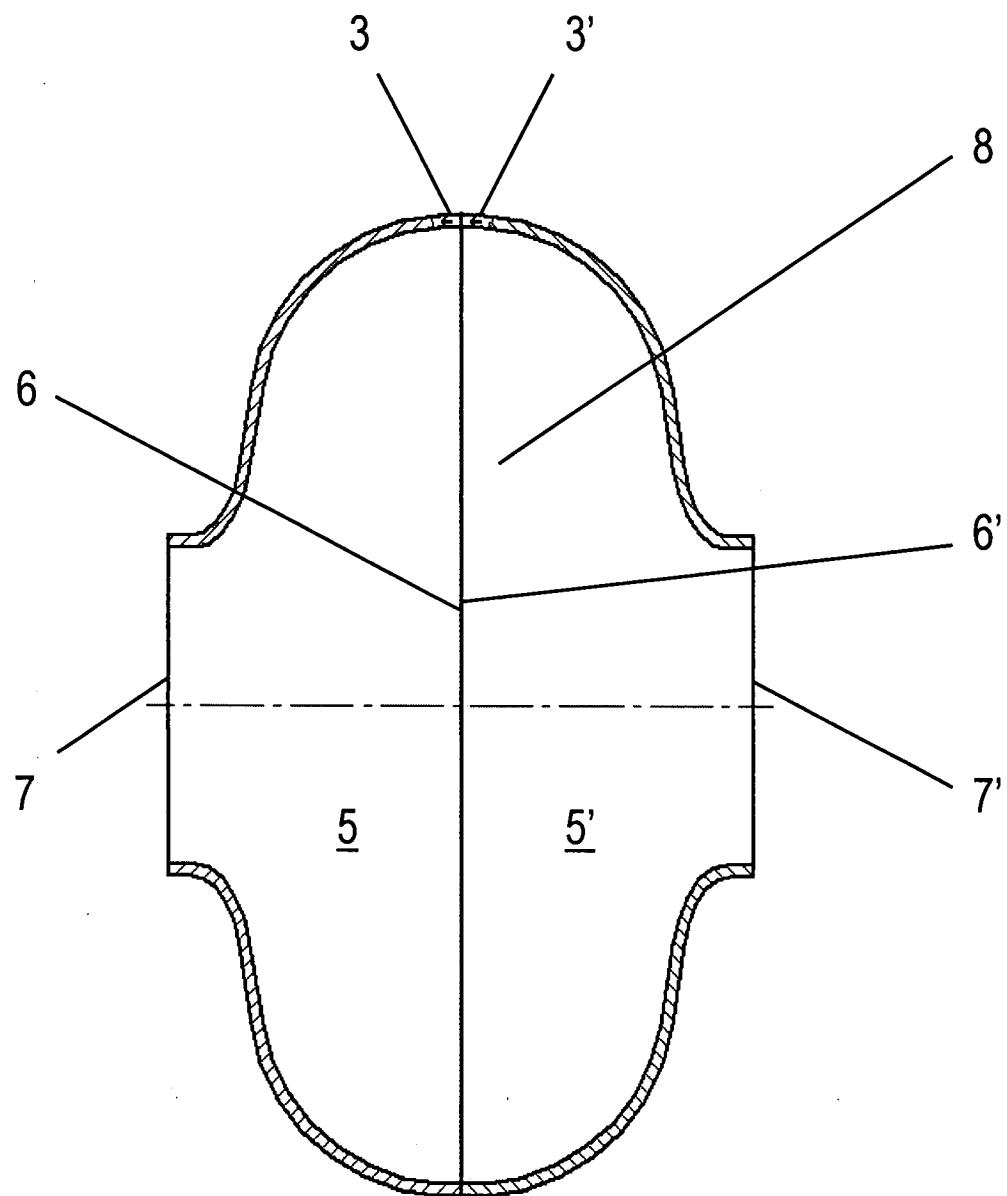
3/6

**Fig. 3**

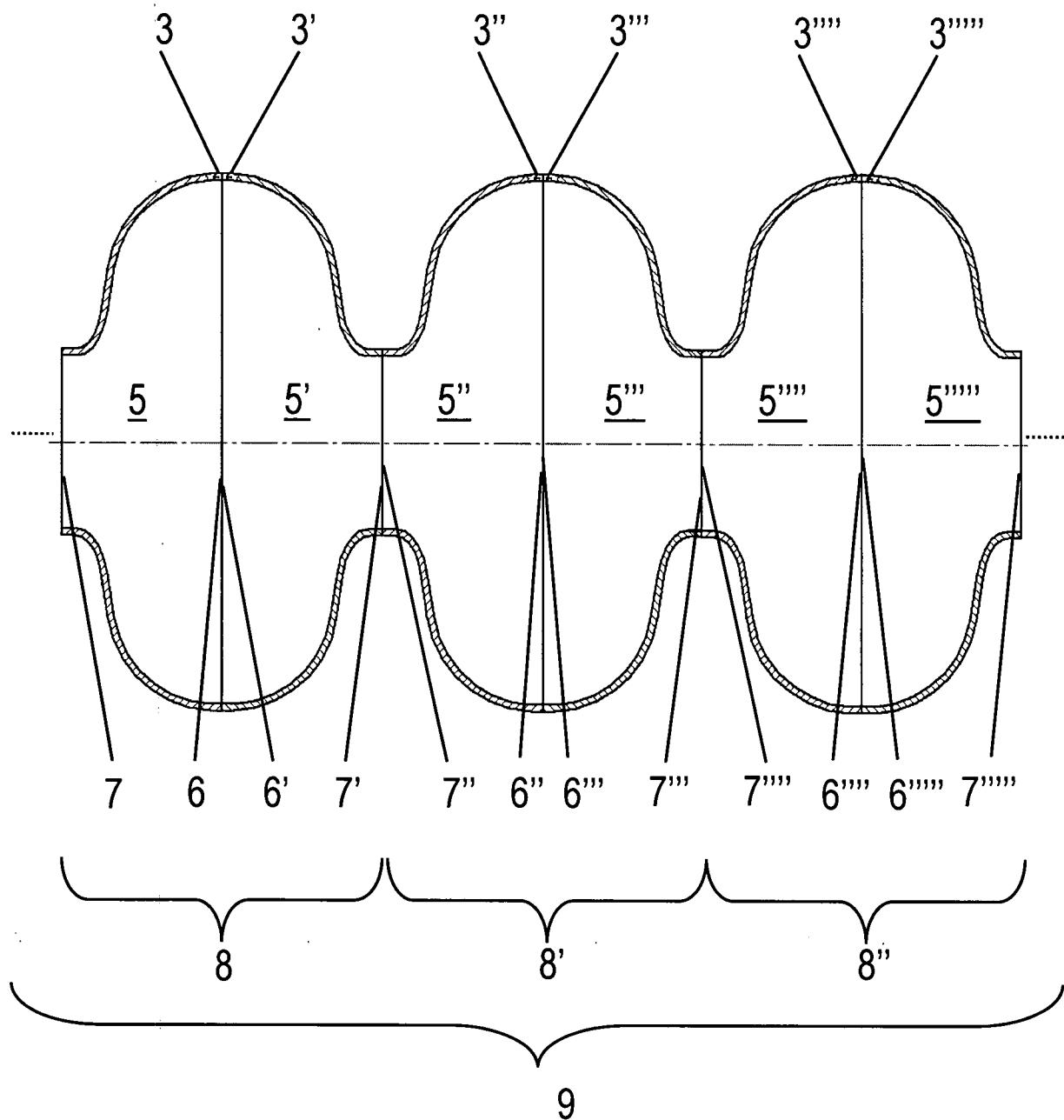
4/6

**A****B****C****Fig. 4**

5/6

**Fig. 5**

6/6

**Fig. 6**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2006/011464

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01P11/00

ADD. H05H7/20

H01L39/24

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)

H01P H05H H01L

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 483 964 A2 (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD [JP]) 6 May 1992 (1992-05-06) page 2, line 17 - page 9, line 52 figures 1-15 abstract ----- DZENUS M ET AL: "Production of superconducting niobium cavities for CEBAF" PROCEEDINGS OF THE PARTICLE ACCELERATOR CONFERENCE. SAN FRANCISCO, MAY 6 - 9, 1991, NEW YORK, IEEE, US, vol. VOL. 1 CONF. 14, 6 May 1991 (1991-05-06), pages 2390-2392, XP010049494 ISBN: 0-7803-0135-8 the whole document ----- -/-	1-14,20
A		1-14,20

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*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)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*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

\*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

\*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.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

31 January 2007

06/02/2007

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

von Walter, Sven-Uwe

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2006/011464
---

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KNEISEL P ET AL: "Preliminary Results From Single Crystal and Very Large Crystal Niobium Cavities" PARTICLE ACCELERATOR CONFERENCE, 2005. PAC 2005. PROCEEDINGS OF THE KNOXVILLE, TN, USA 16-20 MAY 2005, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, 16 May 2005 (2005-05-16), pages 3991-3993, XP010892055 ISBN: 0-7803-8859-3 cited in the application the whole document -----	1-14,20
A	JP 05 266996 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 15 October 1993 (1993-10-15) abstract -----	1-14,20
A	JP 03 135000 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 7 June 1991 (1991-06-07) abstract -----	1,20
A	JP 03 147299 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 24 June 1991 (1991-06-24) abstract -----	1,20

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2006/011464

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 0483964	A2	06-05-1992	CN US	1061316 A 5239157 A	20-05-1992 24-08-1993
JP 5266996	A	15-10-1993	JP	3089085 B2	18-09-2000
JP 3135000	A	07-06-1991	NONE		
JP 3147299	A	24-06-1991	NONE		

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/011464

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. H01P11/00  
 ADD. H05H7/20 H01L39/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
**H01P H05H H01L**

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC**

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 483 964 A2 (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD [JP]) 6. Mai 1992 (1992-05-06) Seite 2, Zeile 17 – Seite 9, Zeile 52 Abbildungen 1-15 Zusammenfassung -----	1-14,20
A	DZENUS M ET AL: "Production of superconducting niobium cavities for CEBAF" PROCEEDINGS OF THE PARTICLE ACCELERATOR CONFERENCE. SAN FRANCISCO, MAY 6 - 9, 1991, NEW YORK, IEEE, US, Bd. VOL. 1 CONF. 14, 6. Mai 1991 (1991-05-06), Seiten 2390-2392, XP010049494 ISBN: 0-7803-0135-8 das ganze Dokument -----	1-14,20 -/-



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts
31. Januar 2007	06/02/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  von Walter, Sven-Uwe
---	---

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2006/011464
---

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	KNEISEL P ET AL: "Preliminary Results From Single Crystal and Very Large Crystal Niobium Cavities" PARTICLE ACCELERATOR CONFERENCE, 2005. PAC 2005. PROCEEDINGS OF THE KNOXVILLE, TN, USA 16-20 MAY 2005, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, 16. Mai 2005 (2005-05-16), Seiten 3991-3993, XP010892055 ISBN: 0-7803-8859-3 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-14,20
A	JP 05 266996 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 15. Oktober 1993 (1993-10-15) Zusammenfassung	1-14,20
A	JP 03 135000 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 7. Juni 1991 (1991-06-07) Zusammenfassung	1,20
A	JP 03 147299 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 24. Juni 1991 (1991-06-24) Zusammenfassung	1,20

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2006/011464

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0483964	A2 06-05-1992	CN 1061316 A US 5239157 A	20-05-1992 24-08-1993
JP 5266996	A 15-10-1993	JP 3089085 B2	18-09-2000
JP 3135000	A 07-06-1991	KEINE	
JP 3147299	A 24-06-1991	KEINE	