



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 29 927 T2** 2006.02.09

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 905 480 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 29 927.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 117 031.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **09.09.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.03.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.04.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G01C 19/66** (2006.01)
H01S 3/083 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

927246 **11.09.1997** **US**

(73) Patentinhaber:

Honeywell Inc., Minneapolis, Minn., US

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**Ford, Carol M., Columbia Heights, US; Platt,
William P., Columbia Heights, US**

(54) Bezeichnung: **Feststoff-Flüssigkeits-Interdiffusionsverbindung für Ringlaserkreisel**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Verbindungsverfahren zur Verwendung mit Materialien wie Glas, Quarz, Metall, Keramik und dergleichen. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Verbinden von Ringlaserkreiselbauteilen an das Kreiselgehäuse.

[0002] Bei einer üblichen Form von kompakten Ringlaserkreiseln wird das Gehäuse des Kreisels aus einem Block gebildet, der Glas, Quarz, Keramik oder ein ähnliches Material umfaßt und einen kleinen Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK) aufweist. Am Kreiselgehäuse ist eine Reihe von Bauteilen angebracht, die in der Regel aus Glas oder Metall bestehen, wie Elektroden, Spiegel und Auslesegeräte. Die verschiedenen Bauteile können über abgedichtete Passagen im Gehäuse optisch kommunizieren. Die Passagen des Kreiselgehäuses sind mit einem Lasergas gefüllt, das beim Anlegen von Strom an den Kreisel Laserlicht ausstrahlt.

[0003] Zur Erzeugung der sich in entgegengesetzten Richtungen durch das Kreiselgehäuse bewegenden Laserlichtstrahlen werden ein Kathodenbauteil und zwei Anodenbauteile verwendet. Die Kathode und die Anoden können aus Aluminium, Stahl, Nickel oder einem anderen Metall, das die konstruktiven Anforderungen für den Kreisel erfüllt, bestehen. Bei den anderen Bauteilen, die an dem Kreisel angebracht sind, kann es sich um Glasspiegel oder Glas-Metall-Bauteile handeln, die beispielsweise die Einstellung der Kreiselspiegelposition zur Verbesserung der Kreiselleistung erlauben.

[0004] Die Lebensdauer und Genauigkeit des Kreisels wird zu einem großen Teil dadurch beeinflusst, ob man die Bauteile derart ordentlich mit dem Kreiselgehäuse verbinden kann, daß das Entweichen von Lasergas oder die Kontamination der Kreiselpassagen mit Fremdgasen verhindert wird. Im Idealfall sollte die Abdichtung hermetisch sein, d.h. während der Lebensdauer des Kreisels wird zwischen den Passagen im Kreiselgehäuse und der Atmosphäre nur eine vernachlässigbare Gasmenge ausgetauscht. Daher ist das zur dichten Anbringung der Bauteile am Kreiselgehäuse angewandte Verfahren für die Leistungsfähigkeit des Kreisels von ausschlaggebender Bedeutung.

[0005] Das Verbindungsverfahren kann auch je nach den Bedingungen, unter denen die Verbindungsmaterialien an Qualität verlieren, den Arbeitsbereich des Kreisels beeinflussen. Besonders bedenklich sind Verbindungsmaterialien mit Schmelztemperaturen, die die möglichen Anwendungen des Kreisels (z.B. Ölbohren, für hohe Geschwindigkeiten

oder große Höhen ausgelegte Flugzeuge usw.) einschränken. Außerdem sollte die Verbindung von Bauteilen mit dem Kreiselgehäuse Idealerweise weder vorher abgeschlossene Verarbeitungsschritte beeinträchtigen oder verändern noch nachfolgende Verarbeitungsschritte einschränken.

[0006] Mit diesen Überlegungen im Hinterkopf wurden zahlreiche Verfahren zum Verbinden der Bauteile mit dem Kreiselgehäuse versucht, die jeweils in gewissem Maße erfolgreich waren. So hat sich beispielsweise Hochtemperatur-epoxidharz als effektives Material für Glas-Glas-Verbindungen erwiesen. Indium oder andere Weichmetalle waren in der Regel für Glas-Metall-Verbindungen populär. Beide waren teilweise deshalb effektiv, weil sie flexibel genug sind, um die WAK-Unterschiede der beiden zu verbindenden Materialien zu kompensieren. Andere Verbindungsverfahren, wie abgestufte Verbindungen und die Verwendung von Glasfritten, bei denen eine Anpassung an den WAK der beiden zu verbindenden Materialien versucht wird, waren ebenfalls erfolgreich.

[0007] Leider lassen die Verbindungsverfahren mit Epoxidharz und Weichmetall aufgrund der Flexibilität der Verbindungsmaterialien im allgemeinen ein Ausgasen zu oder liefern keine Verbindung, die die für hochwertige Kreiselgeräte in der Regel gewünschten Druckbereiche aushalten kann. Insbesondere Indium quillt bei wiederholtem Gebrauch des Geräts aus dem Verbindungsbereich heraus, was letztendlich zum Versagen des Kreisels führt. Weder Epoxidharz noch Weichmetall erlauben einen Kreiselbetrieb bei hohen Temperaturen, da die Schmelztemperatur des Verbindungsmaterials die Grenze des Kreiselbetriebsbereichs darstellt. In einigen Fällen ergibt sich sogar eine noch niedrigere Grenze, wenn das Verbindungsmaterial schon unterhalb seiner Schmelztemperatur an Qualität zu verlieren beginnt. Die gleichen Grenzen beeinflussen die Verarbeitungsarten, die der Kreisel nach der Ausbildung der Verbindung durchlaufen kann.

[0008] Bei Glasfritten, die zum Verbinden von zwei identischen Materialien oder Materialien mit fast identischen WAK-Werten verwendet werden, ist weniger Reinigung und Vorbereitung der Verbindungsflächen erforderlich als bei der Ausbildung von Indiumabdichtungen. Bei Verwendung von Glasfritten erhält man bekanntlich betriebssichere und billige hermetische Abdichtungen. Leider ist beim Glasfrittenverbindungsverfahren eine erhöhte Temperatur erforderlich, die die Verarbeitungsarten, die vor dem Verbindungsverfahren in der Nähe des Verbindungsbereichs durchgeführt werden können, erheblich einschränkt. Des Weiteren besteht ein inverser Zusammenhang zwischen der Frittenverbindungstemperatur und dem WAK der verwendeten Fritten, was bedeutet, daß Fritten mit kleinem WAK, der in der Nähe

des WAK der gängigen Kreiselgehäusematerialien liegt, so hohe Verarbeitungstemperaturen haben, daß sie die thermischen Grenzen des Kreiselgehäuses übersteigen. Durch die Verwendung von Fritten wird somit in der Regel eine thermische Fehlanpassung in den Kreisel eingeführt, da ein Kompromiß zwischen der Verbindungstemperatur und dem WAK der Fritte geschlossen werden muß.

[0009] Als letzter Punkt sei angeführt, daß die Kreiselkonstruktion einfacher wäre, wenn man zum Verbinden aller Bauteile mit dem Kreiselgehäuse ein einziges Verbindungsmaterial verwenden könnte. Gegenwärtig werden die einzelnen Verbindungstechniken auf der Basis der Art des zu verbindenden Bauteils angewandt, da keine gemeinsame Verbindungstechnik für alle Bauteilarten bekannt ist.

[0010] So wird beispielsweise in der GB 2 095 604 eine Technik zum Verbinden eines Metallbauteils, wie einer Elektrode aus Aluminiumlegierung, mit einem Glaskeramik-Monoblock eines Laserkreisels beschrieben. Die US 4 595 377 liefert ein weiteres Beispiel für eine Technik zum dichten Anbringen einer Trägerfläche einer Elektrode an einer Lasergehäusefläche eines Kreisels.

KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0011] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Ausbildung einer Verbindung in einem Ringlaserkreisel zwischen einem Substrat und einem Bauteil, wie es in Anspruch 1 definiert ist.

[0012] Das Verfahren kann die Merkmale gemäß einem oder mehreren der abhängigen Ansprüche 2 bis 10 enthalten.

[0013] Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer Verbindungsstruktur, die die Verwendung eines Ringlaserkreisels bei erhöhten Temperaturen ohne Verschlechterung der Verbindung erlaubt und außerdem für alle mit dem Kreiselgehäuse zu verbindenden Bauteile verwendet werden kann. Das Verfahren hat den zusätzlichen Vorteil, daß dabei zur Erzielung dieser Ergebnisse weder erhöhte Temperaturen noch erhöhte Drücke bei der Verarbeitung erforderlich sind.

[0014] Im ersten und zweiten Schritt der vorliegenden Erfindung bringt man auf die Paßfläche des Kreiselgehäuses ein erstes Verbindungsmaterial und auf die Paßfläche des Bauteils ein zweites Verbindungsmaterial auf. Die Verbindungsmaterialien werden so gewählt, daß sie dann, wenn sie bei einer unter der Schmelztemperatur der beiden Verbindungsmaterialien liegenden Temperatur miteinander in Kontakt gebracht werden, eine Legierung bilden, deren Schmelztemperatur über der Schmelztemperatur des niedriger schmelzenden Verbindungsmaterials liegt.

Im dritten Schritt der vorliegenden Erfindung wird die Schicht aus dem ersten Verbindungsmaterial mit der Schicht aus dem zweiten Verbindungsmaterial bei einer Temperatur in Kontakt gebracht, die unter der Schmelztemperatur der Verbindungsmaterialien liegt, wodurch die Legierung gebildet wird.

[0015] Die Effektivität des Verfahrens kann durch Ausbildung einer Paßmaterialschicht zwischen dem Kreiselgehäuse und der Schicht aus dem ersten Verbindungsmaterial und zwischen dem Bauteil und der Schicht aus dem zweiten Verbindungsmaterial verbessert werden. Die Auswahl des Paßmaterials beruht auf dessen Fähigkeit, eine bessere Verbindung mit der Legierung auszubilden als entweder das Kreiselgehäuse oder das Bauteil.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] [Fig. 1a](#) zeigt einen für die Anwendung der vorliegenden Erfindung geeigneten Kreisel.

[0017] [Fig. 1b](#) zeigt eine erweiterte Ansicht der Verbindung zwischen einem der Bauteile und dem Kreiselgehäuse gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0018] [Fig. 1c](#) zeigt eine erweiterte Ansicht einer modifizierten Verbindung zwischen einem der Bauteile und dem Kreiselgehäuse gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0019] [Fig. 2a-Fig. 2c](#) sind Verfahrensdigramme, die die verschiedenen Stufen eines Verfahrens zum Verarbeiten des Substrats gemäß der vorliegenden Erfindung zeigen.

[0020] [Fig. 3a-Fig. 3c](#) sind Verfahrensdigramme, die die verschiedenen Stufen eines Verfahrens zum Verarbeiten des Bauteils gemäß der vorliegenden Erfindung zeigen.

[0021] [Fig. 4a](#) zeigt den für die vorliegende Erfindung entscheidenden Verarbeitungsschritt.

[0022] [Fig. 4b](#) zeigt die durch die bevorzugte erfindungsgemäße Ausführungsform erzeugte Endstruktur.

NÄHERE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0023] [Fig. 1a](#) zeigt eine Form eines für die Anwendung der vorliegenden Erfindung geeigneten Kreisels. Das Kreiselgehäuse 1 ist allgemein dreieckig. Das Kreiselgehäuse besteht aus einem Glas oder glasartigen Material und hat in der Regel einen kleinen WAK. Passagen (nicht gezeigt) im Kreiselgehäuse verbinden Öffnungen im Kreiselgehäuse an jeder Ecke. Die Ecken des Kreiselgehäuses sind abgestumpft, so daß sich an jeder Ecke Paßflächen 3, 4

und **5** für ein Bauteil ergeben. Die Öffnung an jeder Ecke (nicht gezeigt) erlaubt die optische Kommunikation der Bauteile. Die Seiten des Kreiselgehäuses stellen drei verbleibende Paßflächen **6**, **7** und **8** bereit. In dem gezeigten Kreisel sind die Paßflächen **4** und **5** mit einstellbaren Spiegeleinheiten **9** und **10** aus einem Zerodurmaterial zusammengepaßt. Die Paßfläche **3** ist mit einem ebenfalls aus Zerodur bestehenden Auslesespiegel **11** zusammengepaßt. An den Seiten des Kreisels ist die Kathode **12** mit der Paßfläche **7** zusammengepaßt, und die Anoden **13** und **14** sind mit den Paßflächen **6** bzw. **8** zusammengepaßt. Die Kathode und die Anoden bestehen aus einem Material vom Aluminiumtyp. Unterpassagen (nicht gezeigt) sind mit den Passagen zwischen den Ecken des Kreiselgehäuses verbunden und sorgen für die optische Verbindung der Kathode und der Anoden miteinander und mit den Bauteilen an den Ecken.

[0024] [Fig. 1b](#) zeigt eine detaillierte Ansicht einer der im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorgesehenen Verbindungen. Zwischen dem Bauteil **14** und dem Substrat **1** befindet sich eine Legierungsschicht **15**. Die Legierung ist sandwichartig zwischen zwei Paßmaterialschiichten **16** und **17** angeordnet. Nach der bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem Legierungsmaterial um eine Gold-Indium-Legierung und bei dem Paßmaterial um Chrom. [Fig. 1c](#) zeigt eine andere Struktur, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugt wurde. In dieser Struktur sind eine Schicht aus einem der zur Bildung der Legierung verwendeten Verbindungsmaterialien **18** und eine Legierungsschicht **19** sandwichartig zwischen zwei Chromschichten **20** und **21** angeordnet. Das überschüssige Verbindungsmaterial in der Verbindung gewährleistet, wie in Kürze beschrieben werden wird, daß die Verbindung den bestmöglichen Betriebsbereich aufweist, ist aber nicht unbedingt notwendig.

[0025] Zwar ist nur eine detaillierte Ansicht einer der Verbindungen gezeigt, jedoch ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorgesehen, daß die detaillierten Ansichten gemäß den [Fig. 1b](#) oder [Fig. 1c](#) für alle Bauteil-Substrat-Verbindungen des Kreisels **1** gleich sind.

[0026] Die Paßmaterialschiichten **16** und **17** in [Fig. 1b](#) und die Paßmaterialschiichten **20** und **21** in [Fig. 1c](#) sind vorzuziehen, können aber fakultativ sein, wenn die Verbindungseigenschaften des Bauteils und des Substrats mit der Legierung auch ohne diese Schichten akzeptabel sind. Nach der bevorzugten Ausführungsform, bei der eine Gold-Indium-Legierung und ein Zerodursubstrat zur Anwendung kommen, wird das Chrom jedoch vorzugsweise mit-

[0027] Es folgt nun eine nähere Beschreibung der

Eigenschaften verschiedener Schichten. Bei dem Kreiselgehäuse **1**, das als Substrat bezeichnet werden kann und hier auch als solches bezeichnet wird, kann es sich um Quarz, Glas oder eine andere glasartige Substanz mit einem für Ringlaserkreisel geeigneten kleinen WAK handeln. Zwei auf dem Gebiet der Ringlaserkreisel gängige Materialien sind Zerodur und Cervit. Nach der bevorzugten Ausführungsform ist das Kreiselgehäuse aus Zerodur ausgebildet.

[0028] Wie bereits ausgeführt, sind die Paßmaterialschiichten **16**, **17** und **20**, **21** nach der bevorzugten Ausführungsform aus Chrom. Die Chromschicht liefert hervorragende Verbindungseigenschaften gegenüber Zerodur, den Legierungsmaterialien Gold und Indium und den Bauteilmaterialien Aluminium und Zerodur. Statt zu versuchen, den WAK des Materials in der Verbindung anzupassen, wird die Dicke der Chromschicht so dünn gewählt, daß die durch WAK-Diskrepanzen verursachte Belastung des Chroms vernachlässigbar ist. Es ist vorgesehen, daß das Chrom durch ein anderes Paßmaterial mit ähnlichen Eigenschaften wie Chrom ersetzt werden kann. Das gewählte Paßmaterial sollte jedoch bessere Verbindungseigenschaften gegenüber den daran angrenzenden Materialien haben als die angrenzenden Materialien gegenüber einander. So verbinden sich beispielsweise nach der bevorzugten Ausführungsform Gold und Indium nicht gut mit Glas. Chrom verbindet sich dagegen gut mit diesen beiden Materialien.

[0029] In einer richtigen Struktur kann die Paßmaterialschiicht ganz weggelassen werden, wenn die Qualität der Verbindung zwischen den verwendeten Verbindungsmaterialien und dem Glassubstrat und dem Bauteil die Qualitätsanforderungen des Konstrukteurs erfüllt. Man kann auch eine Reihe von Paßmaterialien verwenden, wenn man kein einzelnes Material finden kann, das sich mit beiden angrenzenden Materialien gut verbindet. Vorgesehen ist auch die Verwendung von abgestuften Paßmaterialien, die eine WAK-Anpassung ermöglichen.

[0030] Die Legierungsschicht setzt sich aus einem ersten und einem zweiten Verbindungsmaterial zusammen. In der Regel hat eines der beiden Materialien eine wesentlich niedrigere Schmelztemperatur als das andere. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eines der Verbindungsmaterialien bei einer unter der Schmelztemperatur der beiden Verbindungsmaterialien liegenden Temperatur in das andere hineindiffundieren. Die erhaltene Legierung wird eine höhere Schmelztemperatur aufweisen als das Verbindungsmaterial mit der niedrigen Schmelztemperatur.

[0031] Die bevorzugte Zusammensetzung der Legierungsschicht ist beispielsweise Gold-Indium. Die Schmelztemperatur von Gold beträgt 1064°C und die

Schmelztemperatur von Indium 156°C. Beim Zusammenpassen der beiden Materialien bei ungefähr 40°C bis 90°C diffundiert eines in das andere, wobei sich eine Legierung bildet, die eine deutlich über der Schmelztemperatur von Indium liegende Schmelztemperatur von mindestens 232°C aufweist, die aber bis zu 450°C betragen kann. Wie später noch beschrieben wird, bildet sich die Legierungsschicht nach einem sogenannten SLID-Verfahren (SLID = Solid Liquid Inter-Diffusion), das auf dem Gebiet der Ringlaserkreisel bisher noch nicht in Betracht gezogen worden ist.

[0032] Andere Materialien, die für die Legierung verwendet werden können, sind u.a. Kombinationen von Gold-Silber, Silber-Blei oder Zinn-Indium oder andere Kombinationen, die auf ein SLID-Verfahren abgestellt werden können.

[0033] Bei dem Material für die Bauteile kann es sich u.a. um dem Substratmaterial **18** ähnliches Glas, Aluminium oder Aluminium enthaltende Metalle oder andere Materialien handeln. Nach der bevorzugten Ausführungsform setzen sich die Bauteile unterschiedlich aus Aluminium und Zerodur zusammen.

[0034] Die in [Fig. 1b](#) dargestellte Struktur ist zwar die Idealstruktur, jedoch stellt [Fig. 1c](#) eine realistischere Struktur auf der Grundlage gegenwärtiger Verarbeitungstechnologien dar. Bei der Verarbeitung wird eine Schicht aus jedem der Verbindungsmaterialien ausgebildet, die an die Legierungsschicht **19** und eine der Paßmaterialschichten **20** bzw. **21** angrenzt. In [Fig. 1c](#) ist die mit der Zahl **18** bezeichnete Verbindungsmaterialschicht zwischen den Schichten **19** und **20** ausgebildet gezeigt. Diese Schicht ist auf die geplante Erschöpfung eines der beiden Verbindungsmaterialien vor der Erschöpfung des anderen Verbindungsmaterials während der Ausbildung der Verbindung zurückzuführen.

[0035] Indem man gewährleistet, daß es sich bei dem erschöpften Verbindungsmaterial um dasjenige mit der niedrigsten Schmelztemperatur handelt, wird der Betriebsbereich der Verbindung und somit des Kreisels erweitert, da das Verbindungsverfahren gewährleistet, daß das Material mit der niedrigsten Schmelztemperatur vollständig in der Legierung verbraucht wird. Dadurch kann man die Verbindung bis zur Nähe der Schmelztemperatur der Legierung verwenden.

[0036] So besteht die Legierung beispielsweise nach der bevorzugten Ausführungsform aus Gold und Indium. Indium hat eine Schmelztemperatur von 156°C, und Gold hat eine Schmelztemperatur von 1064°C. Bei der Wahl der Verbindungsmaterialdicke wählt der Konstrukteur daher die Dicke der Goldschicht so, daß gewährleistet ist, daß das Indium vollständig diffundiert. Der zur Gewährleistung dieser

Tatsache verwendete Fehlerspielraum führt zu einer dünnen Goldschicht ohne eindiffundiertes Indium.

[0037] Bei Wahl anderer Verbindungen für die Legierung sollte ein ähnliches Verfahren angewandt werden. Beispielsweise sollte eine Blei-Silber-Verbindung unter Anwendung der erfindungsgemäßen Technik überschüssiges Silber enthalten, damit sich in der Verbindung keine Bleischicht bildet. Für Zinn-Indium sollte überschüssiges Zinn verwendet werden, damit sich keine Indiumschiicht bildet.

[0038] Nun wird ein bevorzugtes erfindungsgemäßes Verfahren beschrieben. Zunächst werden das Substrat und die Bauteile separat verarbeitet. Die [Fig. 2a-Fig. 2c](#) zeigen die Schritte bei dem bevorzugten Verfahren zur Verarbeitung des Kreiselgehäuses oder Substrats gemäß der vorliegenden Erfindung. Das Substrat **10** wird wie an sich bekannt zur Verarbeitung vorbereitet, wie z.B. durch Reinigen und Polieren. Dann wird das Substrat mittels Vakuumabscheidung mit einer Chromschicht **11** versehen. Eine typische Dicke für diese Schicht kann 10 nm (100 Å) betragen, jedoch ist die Dicke der Chromschicht nur insofern wichtig, als sie durch Wärmeausdehnung nur geringfügig beeinflusst wird, wie weiter oben bereits ausgeführt. Als nächstes wird auf der Chromschicht **11** mittels Vakuumabscheidung eine ungefähr 50 nm (500 Å) dicke Goldschicht **12** abgeschieden.

[0039] Die Hinzufügung von Schichten, die die Struktur der vorliegenden Erfindung wie hier beschrieben bilden, braucht nicht durch Vakuumabscheidung herbeigeführt zu werden. Das angewandte Verfahren sollte jedoch homogene Schichten erzeugen, die von Mängeln, die die Effektivität der Schichten als Abdichtung herabsetzen würden, frei sind. Es ist beispielsweise vorgesehen, daß als Verfahren zur Ausbildung der erforderlichen Schichten Vakuumabscheidungstechniken wie Elektronenstrahl-Vakuumabscheidungstechniken, Sputterverfahren, CVD-Verfahren, MOCVD-Verfahren oder dergleichen in Betracht kommen.

[0040] Das Bauteil wird auf ähnliche Art und Weise verarbeitet wie das Substrat. Unter Bezugnahme auf die [Fig. 3a-Fig. 3c](#) wird ein Bauteil **20** wie an sich bekannt zur Verarbeitung vorbereitet. Dann wird das Bauteil mittels Vakuumabscheidung mit einer Chromschicht **21** versehen, die eine ähnliche Dicke aufweist wie die Chromschicht **11** auf dem Substrat. Auf der Chromschicht **21** wird eine ungefähr 25 nm (250 Å) dicke Indiumschiicht **22** abgeschieden. Aufgrund der niedrigen Schmelztemperatur des Indiums muß die Goldschicht so dick sein, daß die Absorption des gesamten Indiums gewährleistet ist. Wie weiter oben bereits ausgeführt, verhindert diese Anforderung, daß nach der Verarbeitung eine Indiumschiicht in der Verbindung verbleibt. Dabei hat sich ein Gold/Indi-

um-Verhältnis von 2:1 als effektiv erwiesen.

[0041] Im letzten und ausschlaggebenden Schritt des Verfahrens, der in [Fig. 4a](#) gezeigt ist, preßt man die Bauteil/Chrom/Indium-Struktur bei etwas höherem Druck als Normaldruck und bei einer Temperatur zwischen 40°C und 90°C (unterhalb der Schmelztemperatur von Indium) ungefähr zwölf Stunden gegen die Substrat/Chrom/Gold-Struktur.

[0042] Der angegebene Druck und die angegebene Zeit für das Verbindungsverfahren sind jedoch für das Verfahren selbst nicht kritisch. Der entscheidende Aspekt des Verfahrens ist die verwendete Temperatur. Chemisch sollte die gewählte Temperatur den Kontaktbereich zwischen der Goldschicht **12** und der Indiumschicht **22** während des letzten Verarbeitungsschritts über die Schmelztemperatur der eutektischen binären Legierung der beiden Verbindungen erhöhen. Wie für den Fachmann ersichtlich sein mag, handelt es sich bei diesem letzten Schritt um ein SLID-Verfahren (SLID = Solid Liquid Inter-Diffusion). Für ein umfassenderes Verständnis von SLID-Verbindungstechniken wird auf „Applications of Solid Liquid Inter Diffusion (SLID) Bonding integrated-circuit applications“ von L. Bernstein et al., Transaction of the Metallurgical Society, Band 236, März 1966, S. 405-412, verwiesen. Des Weiteren werden in der US-PS 5,106,009 von Humpston et al. einige mögliche SLID-Legierungen und die vorgeschlagenen Verarbeitungsbedingungen für diese Legierungen beschrieben. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß die Verwendung der oben beschriebenen Schritte ohne weitere Informationen für den Fachmann zur Ausübung der vorliegenden Erfindung ausreichen.

[0043] Die Verarbeitung des Substrats und des Bauteils kann gleichzeitig oder nacheinander erfolgen. Außerdem wurden die Reinigung und Vorbereitung von Flächen bei dem Verfahren weggelassen, da hierfür normale Verfahren, die dem Fachmann geläufig sind, Anwendung finden. So ist beispielsweise bekannt, daß die Substrat- und Bauteilflächen so frei von Verunreinigungen sein sollten, daß eine effektive Verbindung mit dem Chrom möglich ist, aber nicht die für einen optischen Kontakt notwendige Reinigung erfordern.

[0044] [Fig. 4b](#) zeigt die sich aus dem bevorzugten erfindungsgemäßen Verfahren ergebende Struktur. Es wird eine Legierungsschicht **30** gebildet, ein Teil der Goldschicht **12** bleibt zurück, und die Indiumschicht **22** aus [Fig. 4a](#) ist vollständig in die Legierungsschicht **30** absorbiert worden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausbildung einer Verbindung in einem Ringlaserkreislauf zwischen einem Substrat (**1**) und einem Bauteil (**14**), wobei das Substrat und das

Bauteil jeweils jeweilige Paßflächen, an denen die Verbindung gebildet werden kann, aufweisen, bei dem man:

(a) auf der ersten Paßfläche eine Goldschicht (**12**) abscheidet;
 (b) auf der zweiten Paßfläche eine Indiumschicht (**22**) abscheidet, die wesentlich dünner ist als die Goldschicht; und
 (c) die Goldschicht bei einer Temperatur von ungefähr 40 bis 90° Celsius auf die Indiumschicht preßt, wodurch die Goldschicht und die Indiumschicht eine Gold-Indium-Legierung (**30**) bilden, die als Verbindung zwischen den Paßflächen des Substrats und des Bauteils dient.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Gold-Indium-Legierung (**30**) nach einem SLID-Verfahren gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Goldschicht (**12**) im Überschuß zu einer zum Legieren mit der Indiumschicht (**22**) benötigten Menge bereitgestellt wird, wodurch nach dem Verbinden ein Teil der Goldschicht in der Verbindung verbleibt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Aufpressen der Goldschicht (**12**) auf die Indiumschicht (**22**) bei Normaldruck erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem man ferner:
 (a) vor dem Abscheiden der Goldschicht (**12**) auf der ersten Paßfläche auf der ersten Paßfläche eine Schicht aus einem ersten Paßmaterial abscheidet und
 (b) vor dem Abscheiden der Indiumschicht (**22**) auf der zweiten Paßfläche auf der zweiten Paßfläche eine Schicht aus einem zweiten Paßmaterial abscheidet.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem es sich bei dem ersten Paßmaterial und dem zweiten Paßmaterial um Chrom handelt, wobei das Chrom in der Verbindung eine solche Dicke aufweist, daß die Chromschicht durch Wärmeausdehnung nur geringfügig beeinflusst wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem man die Goldschicht (**12**) und die Indiumschicht (**22**) so wählt, daß Gold und Indium weitgehend im Verhältnis 2:1 vorliegen.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Goldschicht (**12**) eine Dicke von ungefähr 50 nm (500 Angström) und die Indiumschicht (**22**) eine Dicke von ungefähr 25 nm (250 Angström) aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Goldschicht (**12**) im Überschuß zu einer zum Legieren mit

der Indiumschiicht (**22**) benötigten Menge bereitgestellt wird, wodurch nach dem Verbinden ein Teil der Goldschicht (**12**) in der Verbindung zwischen den Paßflächen des Bauteils (**14**) und des Substrats (**1**) verbleibt.

10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Goldschicht (**12**) eine Dicke von ungefähr 50 nm (500 Angström) aufweist, die Indiumschiicht (**22**) eine Dicke von ungefähr 25 nm (250 Angström) aufweist und die erste Paßmaterialschiicht und die zweite Paßmaterialschiicht eine Dicke von ungefähr 10 nm (100 Angström) aufweisen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

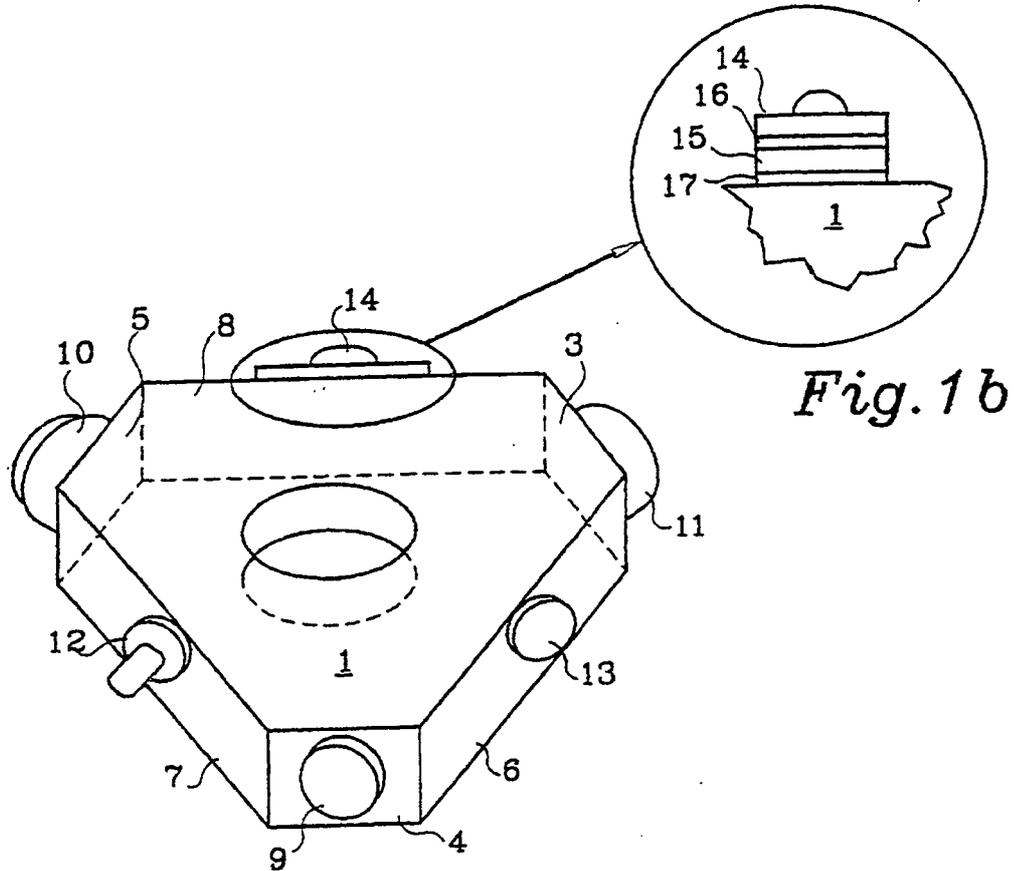


Fig. 1a

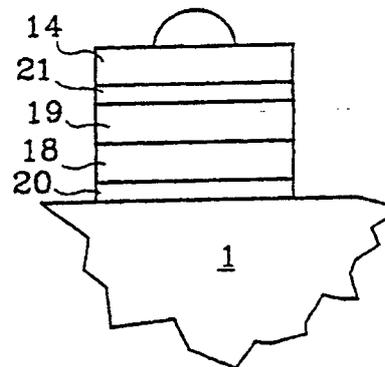


Fig. 1c

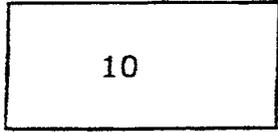


Fig. 2a

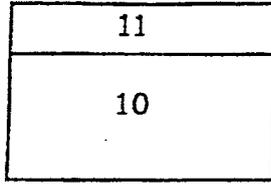


Fig. 2b

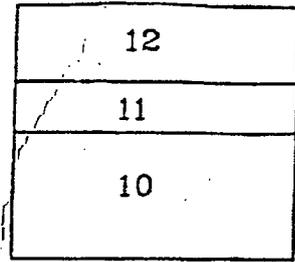


Fig. 2c

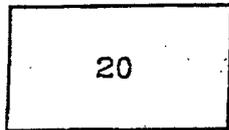


Fig. 3a

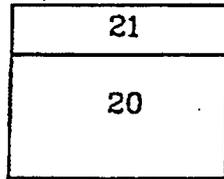


Fig. 3b

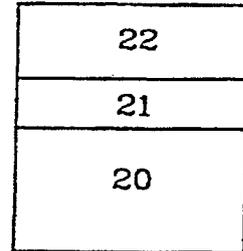


Fig. 3c

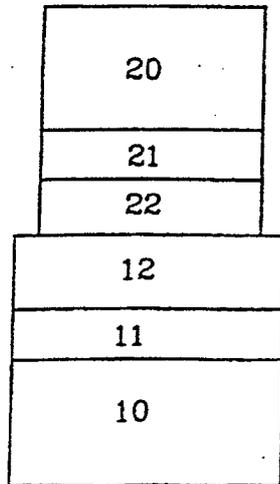


Fig. 4a

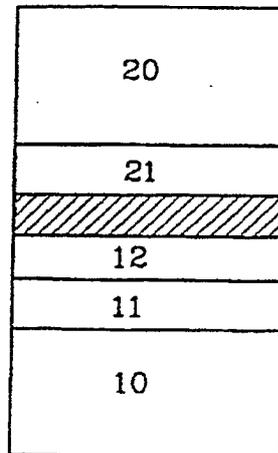


Fig. 4b