



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.04.2002 Patentblatt 2002/16

(51) Int Cl.7: **B81B 3/00**, B81B 7/00,
H01J 33/04

(21) Anmeldenummer: **01124511.5**

(22) Anmeldetag: **12.10.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **13.10.2000 DE 10050810**

(71) Anmelder:

- **Philips Corporate Intellectual Property GmbH**
52064 Aachen (DE)
Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
- **Koninklijke Philips Electronics N.V.**
5621 BA Eindhoven (NL)
Benannte Vertragsstaaten:
FR GB

(72) Erfinder:

- **Bachmann, Klaus, Dr.**
Habsburgerallee 11, 52064 Aachen (DE)
- **Beckmann, Manfred**
Habsburgerallee 11, 52064 Aachen (DE)
- **Flisikowski, Peter**
Habsburgerallee 11, 52064 Aachen (DE)
- **Harding, Geoffrey**
Habsburgerallee 11, 52064 Aachen (DE)

(74) Vertreter: **Volmer, Georg, Dipl.-Ing. et al**
Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Habsburgerallee 11
52064 Aachen (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters sowie elektronenstrahltransparentes Fenster**

(57) Die Erfindung betrifft ein elektronenstrahltransparentes Fenster umfassend eine elektronenstrahltransparente Folie (1; 101) sowie ein Element (2; 102) zur Unterstützung eines peripheren Bereichs (1a, 1b) der elektronenstrahltransparenten Folie im Betriebszustand aus einem Material, welches einen größeren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten als der des Folienmaterials aufweist, mit einer Zwischenschicht (4; 104a,b) zwischen der Folie (1; 101) und einem Halteelement (2; 102) als Unterstützungselement, die aus einem Material besteht mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten, der, gesehen über den Bereich der Verarbeitungstemperaturen, gleich oder ähnlich ist zu dem linearen Wärmeausdehnungskoeffizient des Folienmaterials und kleiner ist als der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials des Halteelementes.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters und einen Röntgenstrahler mit einem elektronenstrahltransparenten Fenster.

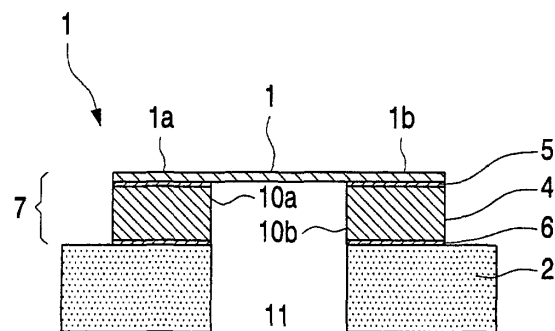


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters sowie ein elektronenstrahltransparentes Fenster, umfassend eine elektronenstrahltransparente Folie sowie ein Element zur Unterstützung eines peripheren Bereichs der elektronenstrahltransparenten Folie im Betriebszustand aus einem Material, welches einen größeren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten als der des Folienmaterials aufweist. Zudem betrifft die Erfindung einen Röntgenstrahler mit einem solchen Fenster.

[0002] Derartige elektronenstrahltransparente Fenster finden überall dort Anwendung, wo empfindliche Objekte von äußeren Bedingungen abgeschirmt werden sollen, aber trotzdem noch eine ausreichende Transparenz zum Durchtritt des Elektronenstrahls gewährleistet sein soll. Aus der DE 198 21 939 A1 ist die Verwendung derartiger Fenster in einer Röntgenröhre mit einem flüssigen Metalltarget vorgeschlagen worden, welche auch LIMAX-Röntgenröhre (LIMAX= Liquid Metal Anode X-ray Tube) genannt wird. Ein solcher Röntgenstrahler besteht im wesentlichen aus einer Elektronenquelle und einem Target aus einem im Betriebszustand des Strahlers zirkulierenden Flüssigmetall. Das Flüssigmetall ist in einem Pumpenkreislauf enthalten und wird von einem Verteilerkopf über eine Edelstahlplatte in einen Auffangtopf gepumpt. Der Elektronenstrahl trifft auf das über die Edelstahlplatte fließende flüssige Metall und erzeugt darin Röntgenstrahlung. Mit Hilfe des Fensters wird erreicht, dass der Vakuumraum der Elektronenquelle und das Target voneinander in zwei unabhängige Räume getrennt werden, so dass das Target insgesamt weniger empfindlich hinsichtlich der Strömungsart und der Wahl des Flüssigmetalls wird. Ein derartiges Fenster umfasst beispielsweise eine 1µm dicke Diamantschicht, die auf einem Silizium-Trägersubstrat nach dem CVD-Verfahren aufgedampft wird, wobei anschließend das Trägersubstrat teilweise zur Erzeugung eines Fenster- bzw. Durchlassbereichs entfernt wird. Das so aufgebaute Fenster wird direkt in den Röhrenkolben eingesetzt.

[0003] Es hat sich gezeigt, dass derartig hergestellte Fenster Druckdifferenzen von mehr als 4 bar, wie sie beispielsweise in einer LIMAX-Röntgenröhre nach der DE 198 21 939 A1 auftreten, nicht gewachsen sind, da bei höheren Druckdifferenzen der Diamantfilm von dem Trägersubstrat, welches gleichzeitig als Halteelement dient, abreißt und somit das Fenster birst. Der Berstdruck wird insbesondere bei LIMAX-Röhren während der Startphase des Röhrenbetriebs erreicht, bei dem Druckdifferenzen von mehr als 4 bar auftreten.

[0004] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters sowie ein elektronenstrahltransparentes Fenster vorzuschlagen, welche die oben genannten Nachteile nicht aufweisen.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der

eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass eine elektronenstrahltransparente Folie, vorzugsweise mit einer Dicke kleiner als 10µm und besonders vorzugsweise kleiner als 5µm hergestellt wird, und dass diese Folie mit dem Halteelement über eine Zwischenschicht verbunden wird, die aus einem Material besteht mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten, der, gesehen über den Verarbeitungstemperaturbereich, gleich oder ähnlich dem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten des Folienmaterials ist und der kleiner ist als der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials des Halteelementes, und dass die Zwischenschicht das unterschiedliche Wärmeausdehnungsverhalten des Halteelementes gegenüber der Folie - während des Verbindungsvorgangs - abpuffert.

[0006] Aufgrund dieser Verbindungstechnik wird ein Fenster mit einer Folie von hoher mechanischer Festigkeit erreicht, wobei die Folie fest mit dem Halteelement verbunden ist, was sich vorteilhaft auf die Standzeit des Fensters sowie seine Belastungsgrenzen auswirkt.

[0007] Grundsätzlich eignet sich das vorgeschlagene Verfahren auch zum Verbinden der Folie mit dem Halteelement bei Raumtemperatur, seine besonderen Vorteile zeigt es aber bei Verbindungsprozessen mit Wärmeeinfluss, beispielsweise dem Löten mit Löt- bzw. Verbindungsbildungstemperaturen von > 100°C, üblicherweise 400-900°C. Indem die Folie über die schützende Zwischenschicht und somit über einen Spannungspuffer mit dem Halteelement verbunden wird, wird vermieden, dass sich die Folie beim Abkühlen aufgrund der Schrumpfwirkung des Halteelementes wegen seines größeren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten deformiert oder faltet. Durch die ebene, kaum oder nicht deformierte dünne Folie bzw. Fensteroberfläche werden fluiddynamische Totwassergebiete beim Einbringen des erfindungsgemäßen Fensters in strömende Medien vermindert oder gänzlich vermieden, was sich insbesondere günstig auf die Kühleigenschaften des Fensters auf zu kühlende Fluide, die an der Fensteroberfläche vorbeistreichen, auswirkt. Das so hergestellte bzw. aufgebaute Fenster eignet sich für den Einsatz als Separationsmittel in Überdruck- oder Unterdruckräumen, insbesondere für Druckdifferenzen größer 0,1 bar, insbesondere über 4 bar, oder auch als Separationsmittel von Räumen mit unterschiedlichen Inhalten, wie unterschiedlich zusammengesetzte Gase oder Flüssigkeiten.

[0008] Die erfindungsgemäße Herstellung kann nach einem Ein-Schritt- oder nach einem Zwei-Schritt-Verfahren erfolgen. Nach der ersten Verfahrensvariante werden die elektronenstrahltransparente Folie, die Zwischenschicht und das Halteelement in einem gemeinsamen Schritt miteinander verbunden. Nach der zweiten Verfahrensvariante wird in einem ersten Schritt die elektronenstrahltransparente Folie mit der Zwischenschicht zum Erhalt eines Schichtenpakets verbunden, und anschließend wird in einem zweiten Schritt dieses Schichtenpaket mit dem Halteelement verbunden.

[0009] Die Verbindung selbst erfolgt vorzugsweise über geeignete Kleb- oder Lötsschichten. Als Lötverfahren kommen alle bekannten Verfahren in Frage, insbesondere das Löten mit einem metallischen Aktivlot oder einem Glaslot. Des weiteren sind Klebstoffverbundschichten, insbesondere wärmeaktivierte Klebstoffe, oder auch kombinierte Kleb-Lötsschichten denkbar. Vorzugsweise sollen auch keramische Kleber (beispielsweise vertrieben durch die Fa. Aremco) zur Anwendung kommen. In Abhängigkeit der gewählten Kleber und Lote sind dann die Verarbeitungstemperaturen zu wählen, die beispielsweise zwischen Raumtemperatur und Verbindungstemperatur, beispielsweise des Aktivlots, liegen.

[0010] Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird vorgeschlagen, die dünne elektronenstrahltransparente Folie mit einer Zwischenschicht zu verbinden, deren Dicke gleich oder vorzugsweise größer ist als die Dicke der Folie, um ein Schichtenpaket höherer Steifigkeit zu erhalten, wobei dieses Schichtenpaket über eine Verbindungsschicht (Kleb- oder Lötsschicht) mit dem Halteelement verbunden wird.

[0011] Die dünne Folie wird in einem ersten Schritt über die Zwischenschicht stabilisiert, und die Verbindung mit dem Halteelement, dessen linearer Wärmeausdehnungskoeffizient größer ist als der Koeffizient des Materials der elektronenstrahltransparenten Folie, erfolgt anschließend über diese Zwischenschicht bzw. das Schichtenpaket. Diese dickere Zwischenschicht bzw. das Schichtenpaket übernimmt aufgrund ihrer höheren Steifigkeit einen großen Teil der aufgrund der Ausdehnungskoeffizientenunterschiede entstehenden Spannungen und schützt somit die dünne elektronenstrahltransparente Folie.

[0012] Nach einer weiteren Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass die elektronenstrahltransparente Folie mit einer ersten Teilzwischenschicht und anschließend mit mindestens einer zweiten Teilzwischenschicht verbunden wird. Es ist ebenfalls möglich, zuerst die Zwischenschicht aus mindestens zwei Teilzwischenschichten herzustellen, die anschließend mit der elektronenstrahltransparenten Folie verbunden wird. Insgesamt wird jeweils ein Schichtenpaket hergestellt, welches mit dem Halteelement verbunden wird.

[0013] An dieser Stelle sei erwähnt, dass aus der DE 43 01 146 A1 ein Lichtstrahlen durchlassendes Vakuumtrennfenster und somit ein gattungsfremdes Fenster bekannt ist, wobei das Licht eine Röntgen-, eine Infrarot-, eine sichtbare und eine ultraviolette Strahlung ist. Das Vakuumfenster besteht aus einer die Strahlung durchlassenden Dünnschicht mit einem Trägerelement, das diese Dünnschicht trägt. Zwischen der Dünnschicht und dem Trägerelement befindet sich eine Schicht, durch die auf die Dünnschicht wirkenden Spannungen, die aufgrund von Unterschieden des Wärmeausdehnungskoeffizienten der Materialien des Trägerelementes und der Dünnschicht, die nicht während des Herstellungsvorgangs, sondern während des Wärmebehand-

lungsvorgangs zur Einstellung eines ultrahohen Vakuums (thermisches Trocknen) entstehen, reduziert werden. Diese Zwischenschicht soll aus einem Metall oder einer Legierung bestehen, das/die eine Flüssigkeit in dem Temperaturbereich produziert, der der Anwendungstemperatur entspricht. Insbesondere werden Gallium, eine Gallium-Indium-Legierung oder eine Gallium-Zinn-Legierung als flüssiges Metall bzw. flüssige Legierung für diese Zwischenschicht vorgeschlagen, welche bei den Anwendungstemperaturen eine ausreichende Viskosität und Oberflächenspannung und zusätzlich einen niedrigen Dampfdruck aufweisen. Im Gegensatz hierzu ist die erfindungsgemäß vorgeschlagene Zwischenschicht im Betriebszustand fest.

[0014] Nach der Erfindung wird der periphere Bereich der elektronenstrahltransparenten Folie im Sinne des Kantenbereichs mit dem Halteelement über die Zwischenschicht verbunden, die ebenso wie das Halteelement mit einer Öffnung versehen ist, d.h. sie ist beispielsweise ebenfalls ringförmig ausgebildet. Dabei ist es nicht unbedingt notwendig, dass die an die Durchlasszone für den Elektronenstrahl angrenzenden Kanten der Zwischenschicht bzw. der Teilzwischenschichten rechtwinklig zur Längsachse der Folie ausgebildet sind, sie können auch schräg oder gekrümmt verlaufende Kantenverläufe aufweisen. Grundsätzlich ist es auch denkbar, dass die Zwischenschicht zusammen mit der Folie elektronenstrahltransparent ist und sich wie die Folie flächig erstreckt.

[0015] Erfindungsgemäß wird ein gattungsgemäßes elektronenstrahltransparentes Fenster weitergebildet mit einer Zwischenschicht, die aus einem Material besteht mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten, der gleich oder ähnlich, vorzugsweise größer, ist als der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient des Folienmaterials und kleiner ist als der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials des Halteelementes, jeweils über den Bereich der Verarbeitungstemperatur gesehen.

[0016] Vorzugsweise besteht die elektronenstrahltransparente Folie aus Diamant mit einer Dicke nicht größer als $10\mu\text{m}$. Nach einer vorteilhaften Ausführungsform kann die Folie auch aus Molybdän, die bis zu $3\mu\text{m}$ dünn sein kann, bestehen, ggf. auch aus Beryllium.

[0017] Im Falle einer Diamantfolie weist das Material der Zwischenschicht einen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, der kleiner ist als $5 \times 10^{-6}/\text{K}$; vorzugsweise soll der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient höchstens das Vierfache des linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Diamant, der bei ca. $0,5 \times 10^{-6}/\text{K}$ liegt, betragen. Der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient des Ideal-Diamanten als Ein- oder Monokristall liegt bei $0,5 \times 10^{-6}/\text{K}$, bei der Herstellung nach dem CVD-Verfahren und damit verbundenen polykristallinen Ausbildung steigt der Koeffizient bis auf einen Wert von $1 \times 10^{-6}/\text{K}$.

In Kombination mit einem passenden Kleber oder Lot sind als Materialien für die Zwischenschicht neben Dia-

mant insbesondere Quarzglas, Silizium, Si_3N_4 , SiO_2 sowie SiC sowie Werkzeugkeramiken mit niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen $1,5\text{-}2 \times 10^{-6}/\text{K}$, wie beispielsweise SiAlON, geeignet. Eingeschlossen sind auch Werkstoffe, deren linearer Wärmeausdehnungskoeffizient kleiner ist als der von insbesondere technisch hergestelltem Diamant. Bevorzugte Werkstoffe für das Halteelement sind in Anspruch 15 angegeben. Es sind alle möglichen Kombinationen der Werkstoffe von Folie, Zwischenschicht und Halteelement denkbar und erfindungswesentlich.

[0018] Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Zwischenschicht soll eine Dicke aufweisen, die gleich oder größer als die Foliendicke ist. Die Dicke beläuft sich vorzugsweise auf Werte zwischen 5 bis $5.000\mu\text{m}$.

[0019] Um die Wärmespannungen noch besser in der Zwischenschicht-Brücke abzapfend, empfiehlt es sich, die Zwischenschicht in Teilzwischenschichten aufzugliedern und mindestens eine der Teilzwischenschichten mit einem Kühlelement zu versehen. Ein solches Kühlelement kann beispielsweise ein Kühlkanal sein, der mittels eines Lasers in die Schicht eingearbeitet wird. Als Kühlflüssigkeit kommen Fluide wie Wasser, Öl, flüssige Metalle etc. in Frage. Falls das elektronenstrahltransparente Fenster in einem LMAX-Röntgenstrahler eingesetzt wird, kann der Kühlkanal vorteilhaft in dessen Kühlkreislauf integriert sein.

[0020] Um eine Ablenkung des Elektronenstrahls zu reduzieren bzw. zu vermeiden, empfiehlt es sich im Falle einer Diamantfolie, durch Dotierung, beispielsweise mit Bor, den elektrischen Widerstand des Diamants, insbesondere der strahlungsdurchlässigen Diamantfolie, zu reduzieren.

[0021] Ferner soll für die Dicke der elektronenstrahltransparenten Diamantfolie gelten: $\text{Fensterdicke}(\mu\text{m}) > 0,7 L (\text{cm}) \times \Delta p(\text{bar})$ mit $\Delta p(\text{bar})$ als Druckdifferenz zwischen den beiden Fensterseiten und mit L als größten Längsabmessung L der Fensteröffnung, wobei L bei Kreisöffnungen dem Durchmesser, bei elliptischen Öffnungen der großen Achse der Ellipse und bei rechteckigen Öffnungen der größten Seitenlänge entspricht. Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der die in den Figuren dargestellten Ausführungsformen der Erfindung näher erläutert werden. Neben den oben aufgeführten Kombinationen von Merkmalen sind auch Merkmale alleine oder in anderen Kombinationen erfindungswesentlich. Es zeigen jeweils schematisch:

Figur 1 den Querschnitt einer Ausführungsform des erfindungsgemäß vorgeschlagenen elektronenstrahltransparenten Fensters;

Figur 2 den Querschnitt einer Weiterbildung der Ausführungsform nach Figur 1;

Figur 3 einen Röntgenstrahler mit einem elektronenstrahltransparenten Fenster nach der Erfin-

dung.

[0022] Figur 1 zeigt den Querschnitt eines aus der Diamantfolie 1 und einem separaten, ringförmigen, Halteelement 2 aufgebauten Fenster 3. Bei der gezeigten Ausführungsform ist die dünne elektronenstrahltransparente Diamantfolie 1 über eine einschichtige Zwischenschicht 4, hier aus Diamant, mit dem Halteelement 2 verbunden. Die Zwischenschicht 4 weist eine größere Dicke als die Diamantfolie 1 auf, die bis zu $10\mu\text{m}$ dick sein kann. Die Verbundschichten 5 und 6 sind entweder Kleb- oder Lötsschichten. Das Material des Halteelementes 2 ist dadurch gekennzeichnet, dass es aus einem temperaturbeständigen Werkstoff, vorzugsweise Metall, besteht, beispielsweise aus Aluminium, Kupfer, Molybdän oder Wolfram bzw. niedriglegierter Legierungen dieser Metalle oder aus rostfreiem Stahl. Hervorzuheben ist, dass das Halteelement 2 nicht bei der eigentlichen Herstellung der Diamantfolie im Sinne eines Trägersubstrates beteiligt war, sondern erst nach der Herstellung der Diamantfolie mit dieser verbunden wird. An dieser Stelle sei daraufhingewiesen, dass im Sinne dieser Erfindung zwischen den Begriffen Trägersubstrat und Halteelement unterschieden wird. Das Trägersubstrat dient als Abscheidefläche zur Herstellung der Fensterfolie, das Halteelement zur Positionierungshilfe der Folie für den Betriebszustand.

[0023] Die Herstellung von dünnen Diamantschichten bzw. der Zwischenschicht aus Diamant ist bekannt und erfolgt üblicherweise nach Gasabscheidemethoden. Die dünne Diamantfolie 1 wird von dem Trägersubstrat, auf der sie abgeschieden wurde, vollständig befreit - beispielsweise durch Wegätzen oder evtl. durch Abschleifen des Trägersubstrates - und mit ihren peripheren Bereichen 1a, 1b bzw. Kantenbereichen mit der ebenfalls nach diesem Verfahren hergestellten Zwischenschicht 4 aus Diamant verklebt oder verlötet.

[0024] Erfindungsgemäß wird ein Ein-Schritt- sowie ein Zwei-Schritt-Verfahren zur Herstellung des Fensters bzw. seine Verbindung mit dem Halteelement vorgeschlagen. Bei der ersten Verfahrensvariante werden nach einer Ausführungsform die Folie, die Zwischenschicht und das Halteelement, jeweils mit einer Lötsschicht als Verbindungsschicht, als Gesamteinheit in den Lötöfen eingeführt und dort auf etwa 900°C je nach Lot aufgeheizt. Beim sich anschließenden Abkühlen verfestigt sich das Lot bereits bei 800°C . Die Bestandteile des Fensters, d.h. die Folie, die Zwischenschicht und das Halteelement, werden hierdurch relativ zueinander fixiert. Beim weiteren Abkühlen schrumpft das Halteelement wegen seines größeren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten im Verhältnis zu der Diamantfolie stark und würde die Diamantfolie deformieren. Die Zwischenschicht liegt aber unterhalb von 800°C wegen des erstarrten Lots bereits fest und hält die Spannungen von der Folie fern. Die Schrumpfwirkung des Halteelementes wird durch die Zwischenschicht abgepuffert, die aus einem Material mit einem dem Diamant

gleichen oder ähnlichen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten besteht.

[0025] Alternativ wird die Diamantschicht mit der Zwischenschicht zu einem Schichtpaket, hier mit 7 bezeichnet, verklebt, welches anschließend über eine Kleb- oder Lötsschicht 6 mit dem Halteelement 2 verbunden wird. Aufgrund der gleichen oder annähernd gleichen Ausdehnungskoeffizienten treten bei dem Verbindungsprozess trotz der notwendigen höheren Temperaturen keine oder nur sehr geringe Spannungen in der dünnen Diamantfolie 1 auf. Die Zwischenschicht 4 nimmt, insbesondere, wenn sie dicker ist als die dünne elektronentransparente Diamantfolie 1, aufgrund ihrer höheren Steifigkeit die bei dem Verbundprozess entstehenden Wärmespannungen auf und puffert somit die empfindliche dünne Diamantfolie 1.

[0026] Nach der in Figur 2 gezeigten bevorzugten Ausführungsform des elektronenstrahltransparenten Fensters 300 besteht dieses in Reihenfolge aus einer Diamantfolie 101 mit einer Dicke kleiner als 10 µm, vorzugsweise kleiner als 5 µm, einer ersten Kleb- oder Lötsschicht 105, einer ersten Teilzwischenschicht 104a aus Diamant, einer zweiten Kleb- oder Lötsschicht 106, einer zweiten Teilzwischenschicht 104b aus Diamant mit einem eingearbeiteten Kühlelement 108, das als Kühlkanal mit ovalem Querschnitt ausgebildet wird und von einer Flüssigkeit, beispielsweise Wasser oder Öl durchflossen wird, sowie einer dritten Kleb- oder Lötsschicht 109, die die zweite Teilzwischenschicht 104b mit dem Halteelement 102 verbindet. Die beiden Teilzwischenschichten 104a, 104b bilden mit der dünnen Diamantfolie 101 ein Schichtenpaket 107 oder einen Schichtenstapel. Alternativ ist auch bei diesem Fensteraufbau das oben beschriebene Ein-Schritt-Herstellungsverfahren denkbar.

[0027] Während bei der Ausführungsform nach Figur 1 die ebenfalls wie das Halteelement 2 ringförmige Zwischenschicht 4 rechtwinklig zu der Längsachse der Diamantfolie verlaufende Kanten 10a, b entlang der Durchlasszone 11 für die Elektronenstrahlung aufweist, ist die erste Teilzwischenschicht 104a nach der Ausführungsform nach Figur 2 mit schrägen Kanten 110a, b ausgebildet, die sich zur Durchlasszone 111 für den Elektronenstrahl hin verengen. Die Geometrie des Halteelementes und die der Zwischenschicht ist natürlich nicht auf eine ringförmige Ausbildung beschränkt; es sind alle Geometrien mit einer - vorzugsweise mittigen - Öffnung denkbar. Ebenso wie bei der Ausführungsform nach Figur 1 sind die - hier - Teilzwischenschichten 104a, b dicker als die Diamantfolie 101. Es empfiehlt sich, die Kleb- und Lötverbindung 109 zwischen dem Diamantschichtenpaket 107 und dem Halteelement 102 ebenfalls dicker als die Verbindungsschichten 105, 106 zwischen den Diamantschichten 101, 104a, b auszubilden.

[0028] Figur 3 gibt einen Überblick über einen Röntgenstrahler 20, der nach dem LIMAX-Verfahren arbeitet, in dem ein erfindungsgemäß vorgeschlagenes Fen-

ster 3 (schematisch dargestellt) mit den beschriebenen Weiterbildungen bevorzugt zum Einsatz gelangen kann. Der Röntgenstrahler setzt sich aus dem Röntgenkolben 21 und einem Flüssigmetall-Kreislauf-System 22 zusammen. Der Röntgenkolben 21 ist durch das Fenster 3 vakuumdicht abgeschlossen. In dem Vakuumraum des Röntgenkolbens 21 befindet sich eine Elektronenquelle in Form einer Kathode 23, die im Betriebszustand einen Elektronenstrahl 24 emittiert, der durch das Fenster 3 hindurch auf ein flüssiges Metall trifft, welches über eine Stahlplatte geführt wird. Hierzu ist das Flüssigmetall-Kreislauf-System 22 vorgesehen, welches sich zusammensetzt aus einem Rohrleitungssystem 25, in dem das flüssige Metall von einer Pumpe 26 angetrieben wird, um in einem Abschnitt 27 an der Außenseite des Fensters 3 vorbeizuströmen. Nach Passieren des Abschnitts 27 gelangt es in einen Wärmetauscher 28, aus dem die erzeugte Wärme mittels eines geeigneten Kühlkreislaufts abgeführt wird. Durch die Wechselwirkung der durch das Fenster hindurchtretenden Elektronen mit dem flüssigen Metall entsteht Röntgenstrahlung (d.h. das flüssige Metall dient als Target), die durch das Fenster 3 und ein Röntgenstrahlen-Austrittsfenster 29 im Kolben 21 hindurch austritt.

[0029] Insbesondere dann, wenn die vorgeschlagenen Fenster zur Anwendung in derartigen Röntgenstrahlern kommen, empfiehlt es sich, eine dotierte Diamantfolie zu verwenden, um über die erzeugte Leitfähigkeit ein Aufladen des Fensters im Betrieb und somit ein Ablenken, ein Abbremsen oder ein Stoppen des Elektronenstrahls zu verhindern. Für einen Dotiervorgang eignet sich Bor, um den spezifischen Widerstand auf weniger als 1.000 Ohm cm zu reduzieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters (3, 300), umfassend eine elektronenstrahltransparente Folie (1; 101) sowie ein Element (2; 102) zur Unterstützung eines peripheren Bereichs (1a, b) der elektronenstrahltransparenten Folie im Betriebszustand aus einem Material, welches einen größeren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten als der des Folienmaterials aufweist,

gekennzeichnet durch die Schritte:

Herstellen einer elektronenstrahltransparenten Folie (1; 101),

Verbinden der elektronenstrahltransparenten Folie (1; 101) mit einem Halteelement (2; 102) als Unterstützungselement über eine Zwischenschicht (4; 104a, b), die aus einem Material besteht mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten, der, gesehen über den Bereich der Verarbeitungstemperaturen, gleich oder ähnlich ist zu dem linearen Wärmeaus-

dehnungskoeffizient des Materials der Folie und kleiner ist als der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials des Halteelementes, wobei die Zwischenschicht (4; 104a,b) das unterschiedliche Wärmeausdehnungsverhalten des Halteelementes (2; 102) gegenüber der Folie (1; 101) abpuffert.

2. Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die elektronenstrahltransparente Folie (1; 101), die Zwischenschicht (4; 104a, 104b) und das Halteelement (2; 102) in einem gemeinsamen Schritt miteinander verbunden werden.

3. Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

dass in einem ersten Schritt die elektronenstrahltransparente Folie (1; 101) mit der Zwischenschicht (4; 104a,b) verbunden wird zum Erhalt eines Schichtenpakets (7; 107) und dass in einem zweiten Schritt dieses Schichtenpaket mit dem Halteelement (2; 102) verbunden wird.

4. Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Verbindung der Folie (1; 101) über die Zwischenschicht (4; 104a,b) mit dem Halteelement (2; 102) sowie die Verbindung des Schichtenpakets (7; 107) untereinander über Klebe- oder Lötsschichten (5; 6; 105; 106; 109) erfolgt.

5. Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die elektronenstrahltransparente Folie (101) mit einer ersten Teilzwischenschicht (104a) und anschließend mit mindestens einer zweiten Teilzwischenschicht (104b) zu einem Schichtenpaket verbunden wird und das Schichtenpaket mit dem Halteelement verbunden wird.

6. Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,**

dass eine erste Teilzwischenschicht mit mindestens einer zweiten Teilzwischenschicht verbunden und anschließend diese mit der elektronenstrahltransparenten Folie verbunden werden und dass das Schichtenpaket mit dem Halteelement verbunden wird.

7. Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach einem der Ansprüche 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Teilzwischenschichten (104a, 104b) jeweils so hergestellt oder bearbeitet werden, dass sie aufgrund ihrer Kantengeometrie oder ihrer Ausmaße unterschiedlich große Öffnungen und somit unterschiedlich geformte oder große Durchlasszonen (111) definieren.

8. Elektronenstrahltransparentes Fenster umfassend eine elektronenstrahltransparente Folie (1; 101) sowie ein Element (2; 102) zur Unterstützung eines peripheren Bereichs (1a, 1b) der elektronenstrahltransparenten Folie im Betriebszustand aus einem Material, welches einen größeren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten als der des Folienmaterials aufweist,

gekennzeichnet durch eine Zwischenschicht (4; 104a,b) zwischen der Folie (1; 101) und einem Halteelement (2; 102) als Unterstützungselement, die aus einem Material besteht mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten, der, gesehen über den Bereich der Verarbeitungstemperaturen, gleich oder ähnlich ist zu dem linearen Wärmeausdehnungskoeffizient des Folienmaterials und kleiner ist als der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials des Halteelementes.

9. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die elektronenstrahltransparente Folie aus Diamant besteht.

10. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die elektronenstrahltransparente Folie aus Molybdän besteht.

11. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Material der Zwischenschicht einen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, der kleiner ist als $5 \times 10^{-6}/K$.

12. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Material der Zwischenschicht aus einem Material besteht, welches aus einer Gruppe der folgenden Materialien wählbar ist: Diamant, Quarzglas, Silizium, Si_3N_4 , SiO_2 , SiC, Keramiken mit niedrigen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten, wie SiAlON.

13. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Zwischenschicht (4; 104a, 104b) eine Dicke aufweist, die größer als die Foliendicke ist.

strahlers zirkulierenden flüssigen Metall mit einem elektronenstrahltransparenten Fenster nach einem der Ansprüche 8 bis 17 als Trennelement zwischen der Elektronenquelle und dem Target.

14. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 8, 5

dadurch gekennzeichnet,

dass die Zwischenschicht mindestens eine Teilzwischenschicht (104a, 104b) umfasst und mindestens eine der Teilzwischenschichten ein Kühlelement (108) aufweist. 10

15. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 8, 15

dadurch gekennzeichnet,

dass das Halteelement (2; 102) aus einem Material besteht, welches aus einer Gruppe der folgenden Materialien wählbar ist: Metalle, wie Molybdän, Wolfram, Aluminium, Kupfer, Stahl, Titan, Tantal sowie deren niedriglegierte Legierungen, Gläser, Keramiken. 20

16. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 9, 25

dadurch gekennzeichnet,

dass es umfasst

eine Diamantfolie (101) mit einer Dicke kleiner als 10 µm, vorzugsweise kleiner als 5µm, eine erste Kleb- oder Löttschicht (105), 30
eine erste Teilzwischenschicht aus Diamant (104a),
eine zweite Kleb- oder Löttschicht (106),
eine zweite Teilzwischenschicht (104b) aus Diamant mit einem eingearbeiteten Flüssigkeits-Kühlkanal, 35
eine dritte Kleb- oder Löttschicht (109), die die zweite Teilzwischenschicht (104b) mit dem Halteelement (102) verbindet. 40

17. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 9, 45

dadurch gekennzeichnet,

dass für die Dicke der elektronenstrahltransparenten Diamantfolie gilt: 45

$$\text{Fensterdicke}(\mu\text{m}) > 0,7 L (\text{cm}) \times \Delta p (\text{bar})$$

mit Δp (bar) als Druckdifferenz zwischen den beiden Fensterseiten und 50
mit L als größten Längsabmessung L der Fensteröffnung.

18. Röntgenstrahler mit einer Elektronenquelle (23) zur Emission von Elektronen und einem beim Auftreffen der Elektronen Röntgenstrahlung emittierenden Target aus einem im Betriebszustand des Röntgen- 55

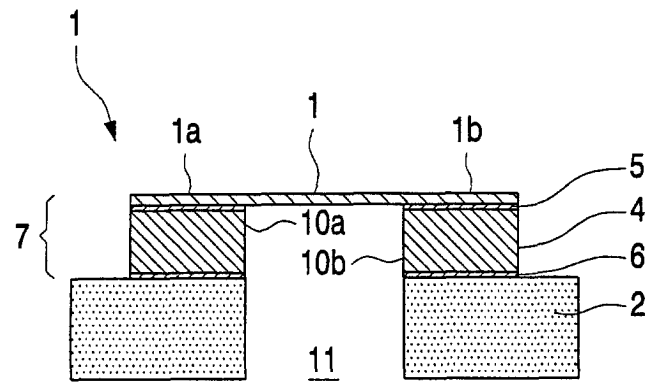


Fig.1

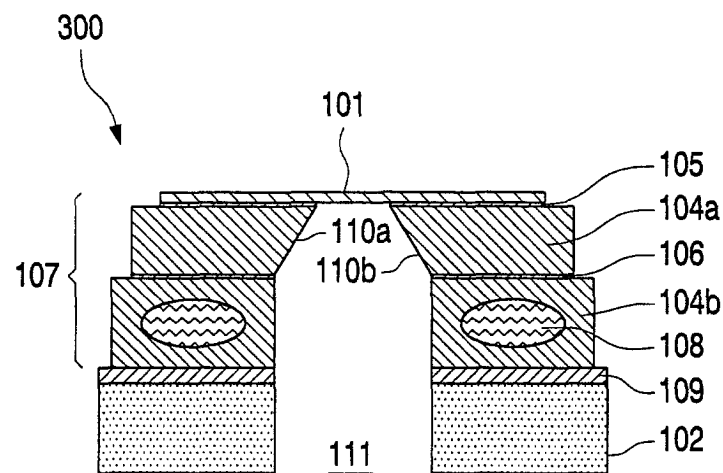


Fig.2

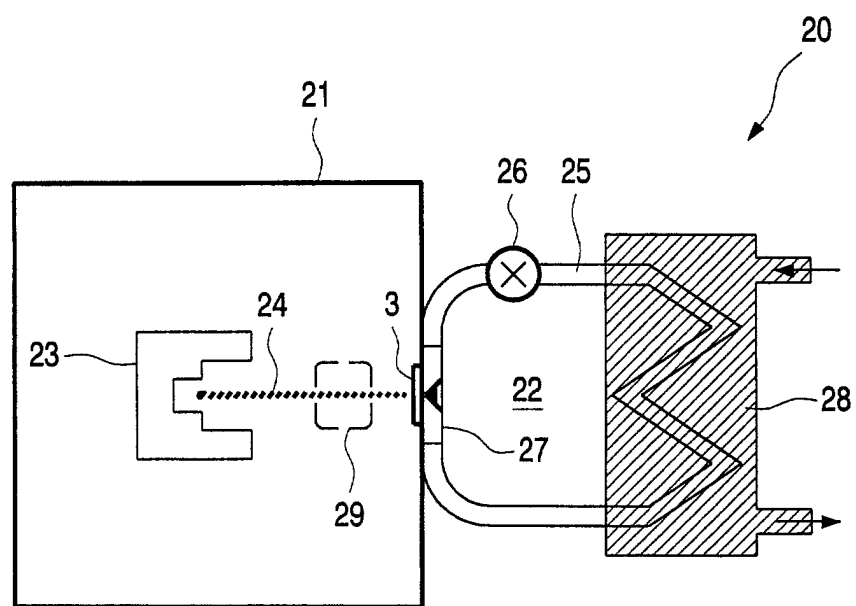


Fig.3