



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**17.04.2002 Patentblatt 2002/16**

(51) Int Cl.7: **H01J 5/18**, H01J 33/04,  
H01J 35/18

(21) Anmeldenummer: **01124495.1**

(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 10050811**

(71) Anmelder:  
• **Philips Corporate Intellectual Property GmbH**  
**52064 Aachen (DE)**  
Benannte Vertragsstaaten:  
**DE**  
• **Koninklijke Philips Electronics N.V.**  
**5621 BA Eindhoven (NL)**  
Benannte Vertragsstaaten:  
**FR GB**

(72) Erfinder:  
• **Bachmann, Peter Klaus, Dr.**  
**52064 Aachen (DE)**  
• **van Elsbergen, Volker, Dr.**  
**52064 Aachen (DE)**  
• **David, Bernd, Dr.**  
**52064 Aachen (DE)**  
• **Eckart, Rainer Willi**  
**52064 Aachen (DE)**  
• **Harding, Geoffrey**  
**52064 Aachen (DE)**

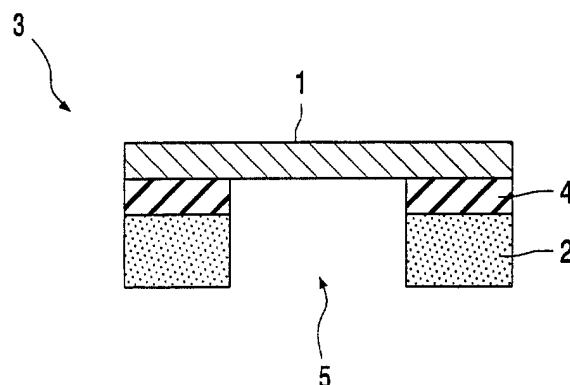
(74) Vertreter: **Volmer, Georg, Dipl.-Ing.**  
**Philips Corporate Intellectual Property GmbH,**  
**Habsburgerallee 11**  
**52064 Aachen (DE)**

(54) **Elektronenstrahltransparentes Fenster**

(57) Die Erfindung betrifft ein elektronenstrahltransparentes Fenster umfassend eine von einem Träger-substrat abgetrennte elektronenstrahltransparente Folie (1, 10, 300a) sowie ein Halteelement (2, 300b) zur Unterstützung eines peripheren Bereichs der elektronenstrahltransparenten Folie im Betriebszustand, wo-

bei das Halteelement (2, 300b) aus einem Material besteht, das einen dem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten des Folienmaterials angepassten linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist.

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



**FIG. 1**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein elektronenstrahltransparentes Fenster sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung, wobei das Fenster eine elektronenstrahltransparente Folie sowie ein Element zur Unterstützung eines peripheren Bereichs der elektronenstrahltransparenten Folie im Betriebszustand umfasst. Zudem betrifft die Erfindung einen Röntgenstrahler.

**[0002]** Derartige 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 ist. In 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 Metall. 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 hier eingesetztes Fenster umfasst beispielsweise eine Diamantfolie, die auf ein Silizium-Trägersubstrat aufgedampft ist, wobei anschließend das Trägersubstrat teilweise zur Erzeugung eines Fensterbereichs bzw. einer Durchlasszone für den Elektronenstrahl entfernt wird. Das so aufgebaute Fenster wird direkt in den Röhrenkolben eingesetzt.

**[0003]** An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass im Sinne dieser Erfindung zwischen den Begriffen Trägersubstrat und Halteelement unterschieden wird. Das Trägersubstrat dient als Abscheidefläche oder Hilfsfläche zur Herstellung der Fensterfolie, das Halteelement zur Positionierungshilfe der Folie für den Betriebszustand.

**[0004]** Es hat sich gezeigt, dass Fenster, wie sie aus der DE 198 21 939 A1 bekannt sind, Druckdifferenzen von mehr als 4 bar nicht gewachsen sind, da bei höheren Druckdifferenzen der Diamantfilm von dem Silizium-Substrat wegen unzureichender Haftung 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.

**[0005]** Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein elektronenstrahltransparentes Fenster und ein entsprechendes Verfahren zu seiner Herstellung zu schaffen, welches als Separationselement unterschiedlichen Bedingungen bzw. schwankenden Bedingungen zwischen zwei Räumen sicher standhalten kann. Insbesondere soll ein Fenster für Überdruck und Vakuumanwendungen bereitgestellt werden, das Druckdifferenzen auch von mehr als 4 bar in seinem Betriebszustand standhält.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch ein elektronenstrahltransparentes Fenster gelöst, das eine von einem Trägersubstrat abgetrennte elektronenstrahltransparente Folie sowie ein Halteelement zur Unterstützung eines peripheren Bereichs der elektronenstrahltransparenten Folie im Betriebszustand umfasst, wobei das Halteelement aus einem Material besteht, das einen dem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten des Folienmaterials angepassten, im Sinne von gleichen oder ähnlichen, linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist.

**[0007]** 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 bestehen, ggf. auch aus Beryllium.

**[0008]** Im Falle der Diamantfolie empfiehlt es sich, dass das Halteelement vorzugsweise aus einem Material mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten kleiner als oder gleich  $9 \times 10^{-6}/\text{K}$  besteht, insbesondere empfiehlt sich die Wahl eines Werkstoffs mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten, welcher im Intervall zwischen  $0,5 \cdot 10^{-6}/\text{K}$  und  $9 \times 10^{-6}/\text{K}$  liegt. Der untere Grenzwert ergibt sich durch den linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Diamant. 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 ca.  $1 \times 10^{-6}/\text{K}$ .

**[0009]** Das Halteelement besteht vorzugsweise aus Materialien wie Molybdän mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen  $5 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ , Wolfram, Titan, Tantal sowie deren niedriglegierte Legierungen, Gläser, Keramiken mit entsprechend niedrigen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten, auch aus Diamant und ggf. aus Materialien, die einen niedrigeren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen als Diamant, insbesondere als Diamant mit polykristalliner Ausbildung.

**[0010]** Nach einer ersten vorteilhaften Ausführungsform bestehen die elektronenstrahltransparente Folie und das Halteelement einstückig aus Diamant. Besonders vorteilhaft erweist sich hier die einstückige Ausführungsform des Fensters mit Halteelement, welche aus einer einstückigen Diamantplatte mit ursprünglicher Dicke von mehr als  $10\mu\text{m}$  gefertigt ist.

**[0011]** Nach einer zweiten alternativen Ausführungsform sind die elektronenstrahltransparente Folie und das Halteelement zweistückig ausgebildet, wobei die Folie mit einer Dicke von weniger als  $10\mu\text{m}$ , vorzugsweise weniger als  $5\mu\text{m}$ , über eine Verbindungsschicht auf dem Halteelement aufgebracht ist. Auch nach der zweiten Ausführungsform

können vorzugsweise sowohl die Folie als auch das Halteelement jeweils aus Diamant oder jeweils aus Molybdän bestehen. Durch gleiche Wahl der Werkstoffe für die Folie und das Halteelement wird eine optimale Anpassung der Wärmeausdehnungsverhalten geschaffen.

**[0012]** Im Gegensatz zu einem konventionellen Fenster, welches aus einem Trägersubstrat mit einer darauf abgeschiedenen Folie besteht und das höheren Druckdifferenzen wegen der im Verhältnis nur gering ausgebildeten Haftkräfte zwischen Trägersubstrat und Folie und somit einem Abschälen der Folie von dem Trägersubstrat nicht standhält, weist das vorgeschlagene Fenster eine sichere Verbindungsschicht auf. Das Material des Halteelementes ist so gewählt, dass sein Werkstoffverhalten an das der Diamantfolie angepasst ist, so dass beide Werkstoffe auf äußere Einflüsse mit ähnlichen Volumenänderungen reagieren. Insgesamt wird ein Fenster erhalten, das Druckdifferenzen von mehr als 4 bar standhält und auch als Separationsmittel für Räume geeignet ist, in denen unterschiedliche Bedingungen herrschen, beispielsweise aufgrund verschiedener Inhalte (unterschiedlich zusammengesetzte Fluide in verschiedenen Aggregatzuständen).

**[0013]** Die Verbindungsschicht der zweistückigen Ausführungsform wird vorzugsweise durch eine Lötsschicht aus einem metallischen Aktivlot oder einem Glaslot geschaffen. Dieses wird auf die Verbindungsflächen des Halteelementes aufgetragen. Die in dem metallischen Aktivlot enthaltenen Karbidbildner wie beispielsweise Titan oder Molybdän reagieren an der Kontaktfläche mit der Folie - im Falle einer Diamantfolie mit dem darin enthaltenen Kohlenstoff - zu Metalkarbid, die eine feste Verbindung zwischen Folie und Halteelement schaffen. Ebenso empfiehlt sich eine Klebstoffschicht, beispielsweise auf Basis eines Epoxydharzes oder eines temperaturbeständigen keramischen Klebers, beispielsweise vertrieben durch die Fa. Aremco. Vorzugsweise kann die Verbindungsschicht auch durch eine kombinierte Kleb-Lötsschicht geschaffen werden, wobei hier insbesondere die Kombination von Glasloten mit Keramikklebstoffen hervorzuheben ist.

**[0014]** Zudem wird vorgeschlagen, dass mindestens eine Oberfläche der strahlungsdurchlässigen Folie mindestens eine - über die Oberfläche der Folie hinausgehende - Verdickung aufweist, deren Dicke mindestens 10% der Foliendicke beträgt. Die vorgeschlagenen Verdickungen im Sinne von mechanischen Verstärkungsrippen oder Verstärkungsmustern sollen bevorzugt, aber nicht einschränkend, eine Dicke aufweisen, die insbesondere kleiner ist als die Gesamtdicke der Folie, mindestens aber 10% der Foliendicke. Die Verdickungen sind regelmäßig - beispielsweise in parallel verlaufenden Verstärkungselementen oder in Form eines Gatters - oder auch unregelmäßig angeordnet. Diese Verdickungen stabilisieren die Folie mechanisch und lassen dennoch Bereiche höherer Transparenz für den Elektronenstrahl zu.

**[0015]** An dieser Stelle sei auf die EP 0 476 827 A1 verwiesen, die röntgenstrahltransparente und damit gattungsfremde Fenster offenbart, weil elektronenstrahltransparente Fenster grundsätzlich andere Rahmenbedingungen für die Transparenz zu erfüllen haben als röntgenstrahltransparente. Hier wird ein Röntgenstrahl-Fenster beschrieben, welches eine röntgenstrahltransparente Folie aus Diamant, ein Trägersubstrat, beispielsweise Silizium, auf dem die Diamantfolie abgeschieden wird, sowie einen Trägerring im Sinne eines Halteelementes zur Unterstützung eines peripheren Bereichs des röntgenstrahltransparenten Folie umfasst. Die Diamantfolie ist zur Erhöhung ihrer mechanischen Festigkeit auf ihrer Oberfläche mit ebenfalls aus Diamant bestehenden Verstärkungs-Kreuzstücken versehen. Der Trägerring besteht aus Aluminium. Zur Herstellung eines solchen Fensters wird ein flaches Trägersubstrat mit einem kohlenstoffhaltigen Gas nach einem Gasphasenabscheidungsverfahren - beispielsweise nach dem CVD-Verfahren (chemical vapor deposition) bedampft, so dass eine Diamantfolie einer Dicke zwischen 0,05 bis 10 µm aufwächst. Es wird eine Maske aufgelegt, die an den Stellen, an denen die Verstärkungsrippen liegen sollen, Aussparungen aufweist, und ansonsten einer Diamantabscheidung entgegenwirkt. Wenn die Dicke der Verstärkungs-Kreuzstücke größer ist als die der Folie, wird die Abscheidung beendet, die Maske entfernt, das Trägersubstrat mittig im späteren Fensterbereich weggeätzt und mit dem Trägerring verbunden. Das Substrat kann auch vollständig weggeätzt und der Trägerring aus Aluminium direkt mit der Diamantfolie verbunden werden.

**[0016]** Als Herstellungsverfahren für die erfindungsgemäß vorgeschlagene einstückige Variante wird vorgeschlagen, in einem ersten Schritt eine einkristalline oder polykristalline Diamantplatte mit einer Dicke zwischen 10 bis 1.000 µm herzustellen und diese Platte in einem mittigen Bereich über eine mindestens dem Querschnitt des Elektronenstrahls entsprechende Fläche bis zu einer für einen Elektronenstrahl durchlässigen Dicke auszudünnen. Dieser Ausdünnvorgang erfolgt vorzugsweise durch eine bekannte Laser- oder Ionenstrahlbearbeitung. Diese Zone weist entsprechend dem Querschnitt des Elektronenstrahls typischerweise rechteckige Dimensionen von kleiner als 5 bis 2 mm auf. Nach einer vorteilhaften Verfahrensvariante kann dieses einstückige Fenster mit Verstärkungselementen versehen werden, indem die mittige Zone der Platte ungleichmäßig ausgedünnt wird. Es empfiehlt sich hierbei, die Kantenbereiche der mittigen Durchlasszone weniger stark auszudünnen, so dass sich die Verdickungen im Außenbereich der ausgedünnten bzw. ausgearbeiteten Zone befinden. Der Durchtritt des Elektronenstrahls durch die Durchlasszone bleibt somit im wesentlichen ungestört. Die Ausdünnung mit unterschiedlichen Bearbeitungstiefen wird über die eingebrachte Leistung gesteuert.

**[0017]** Zudem soll in einer vorteilhaften Ausführungsform elektrisch leitfähiger Diamant zur Anwendung kommen, was beispielsweise durch Dotierung der Diamantfolie bzw. der Diamantplatte mit Bor während der Gasphasenabschei-

dung erreicht wird.

**[0018]** Vorteilhafterweise kommt das vorgeschlagene Fenster in einem Röntgenstrahler mit den Merkmalen des Anspruchs 16 zum Einsatz, sein Einsatz ist aber natürlich nicht auf diese Verwendung beschränkt.

**[0019]** 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 zweistückigen Ausführungsform des erfindungsgemäß vorgeschlagenen elektronenstrahltransparenten Fensters;

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

Figur 3 die Draufsicht der Weiterbildung nach Figur 2;

Figur 4 den Querschnitt einer einstückigen Ausführungsform des erfindungsgemäß vorgeschlagenen elektronenstrahltransparenten Fensters;

Figur 5 den Querschnitt einer Ausführung des Fensters nach Figur 4 mit ungleichmäßiger Diamantfoliendicke;

Figur 6 den Querschnitt einer zweiten Ausführung des Fensters nach Figur 4 mit ungleichmäßiger Diamantfoliendicke;

Figur 7 in einem Diagramm die Abhängigkeit der Fenstergeometrien von dem Berstdruck für herkömmlich aufgebaute Fenster (Dreiecke) und erfindungsgemäße Fenster (Punkte);

Figur 8 einen Röntgenstrahler mit einem elektronenstrahltransparenten Fenster nach der Erfindung.

**[0020]** Figur 1 zeigt den Querschnitt eines zweistückig aus einer Diamantfolie 1 und einem separaten, ringförmigen Halteelement 2 aufgebauten Fenster 3, wobei die Folie 1 und das Halteelement 2 über eine Klebe- oder Lötsschicht 4 miteinander verbunden sind. Die Diamantfolie 1 weist eine Dicke von bis zu  $10\mu\text{m}$  auf und ist für einen Elektronenstrahl transparent. Das Material des Halteelementes 2 ist dadurch gekennzeichnet, dass es ein temperaturbeständiges Metall ist und einen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, dessen Wert vorzugsweise kleiner als  $9 \times 10^{-6}/\text{K}$  und somit ähnlich oder gleich dem Ausdehnungskoeffizienten des Diamants ist. Hierunter fällt beispielsweise Molybdän. Gleichzeitig ist es denkbar, dass die elektronenstrahltransparente Folie aus Molybdän und das Halteelement aus einem hinsichtlich seines Ausdehnungsverhaltens an Molybdän angepassten Werkstoffs hergestellt ist.

**[0021]** 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.

**[0022]** Die Herstellung von dünnen Diamantschichten ist bekannt und erfolgt nach Gasabscheidemethoden. Die Diamantfolie wird dann von dem Trägersubstrat, auf der sie abgeschieden wurde, vollständig befreit - beispielsweise durch Wegätzen oder evtl. durch Abschleifen des Substrates - und mit ihren peripheren Bereichen bzw. Kantenbereichen mit dem Halteelement 2 verbunden, so dass ein transparenter Durchlassbereich 5 entsteht.

**[0023]** Zur mechanischen Stabilisierung der dünnen Diamantschicht 10 wird diese auf ihrer Oberfläche, die von dem Halteelement 2 abgewandt ist, mit Verdickungen 16a,b,c im Sinne von Strukturelementen oder Verstärkungselementen versehen, wie die Ausführungsform in Figur 2 zeigt. Gleiche Bauteile zu Figur 1 sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Diese Verdickungen 16a,b,c bestehen ebenfalls aus Diamant und verlaufen bei dieser Ausführungsform parallel nebeneinander, was in der Draufsicht der Figur 3 verdeutlicht wird. Es sind ebenso Ausführungsformen mit ungleichmäßig angeordneten Verdickungen denkbar; ebenfalls sind andere Geometrien oder Muster, zu denen die Verdickungen angeordnet sind, denkbar. In dem in Figur 2 gezeigten Fenster weisen die Verdickungen 16a,b,c eine dreieckförmige Geometrie auf. In ihrer Dicke erreichen sie nicht die Gesamtdicke der Diamantfolie, sie sollte aber mindestens 10% der Gesamtdicke der Folie betragen. Zudem ist es möglich, beide Oberflächen der Diamantfolie mit Verdickungen oder nur die dem Halteelement zugewandte Oberfläche zu versehen. Es ist jeweils auf ein Gleichgewicht des Einflusses einer mechanischen Stabilisierung sowie ausreichender Bereiche höherer Transparenz als Durchlassbereiche für den Elektronenstrahl zu achten. Die Verdickungen können der Diamantfolie beispielsweise durch entsprechende Strukturierung des zu beschichtenden CVD-Trägersubstrat während des Abscheidenvorgangs geprägt werden. Es ist aber auch möglich, beispielsweise per Laserablation oder mittels eines Ionenstrahls - ausgehend von einer dickeren Folie - Bereiche abzutragen, die die späteren elektronenstrahltransparenten Bereiche bilden.

**[0024]** Neben dem Lösungsprinzip einer festen Verbindung durch Verwendung einer Kleb- oder Lötsschicht zwischen

Diamantfolie und Halteelement aus einem Material mit einem niedrigen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten wird erfindungsgemäß das Lösungsprinzip eines einstückigen Fensters vorgeschlagen, welches gänzlich aus Diamant besteht. Figur 4 stellt einen Querschnitt eines solchen Fensters dar. Die Folie (300a) und das Halteelement (300b) bilden bei dieser Ausführungsform eine Gesamtheit, das Fenster 300. Hierzu wird eine Diamantplatte von einer Dicke größer als 10µm, vorzugsweise bis zu 1.000µm, verwendet, die durch Laser- oder Ionenablation über eine mindestens dem Querschnitt des Elektronenstrahls entsprechende Fläche bis zu einer für Elektronen durchlässigen Dicke ausgedünnt wird. Hierdurch entsteht also der eigentliche Fensterbereich 307 mit dem Halteelement 300b. Neben dieser gleichmäßigen Ausbildung des Fensterbereichs weist die Ausführungsform nach Figur 5, die ebenfalls einstückig aus Diamant hergestellt ist, eine ungleichmäßig verdünnte Diamantplatte und somit einen um Verdickungsbereiche 310a,b verstärkten Durchlassbereich 308 auf. Der Elektronenstrahl kann durch die elektronenstrahltransparenten Bereiche 311a,b,c zwischen den Verdickungen hindurchtreten. Bei der vorteilhaften Ausführungsform nach Figur 6 befinden sich die Verdickungen bzw. die nicht abgearbeiteten Bereiche 312a,b im Außenbereich der ausgearbeiteten Zone bzw. des Durchlassbereichs 309; der Unterschied zum Fenster nach Figur 5 ist mit gestrichelten Linien dargestellt. Bei ausreichender Stabilisierung bleibt der eigentliche Durchlassbereich 309 dennoch ungestört.

**[0025]** Mit Hilfe des Diagramms nach Figur 7 wird deutlich, dass die wie vorgeschlagen aufgebauten Fenster zu den bekannten Fenstern, bestehend aus einem Trägersubstrat mit einer beim Abscheideprozess aufgetragenen Diamantfolie, bessere Druckbeständigkeiten aufweisen. Als Maß hierfür ist der Berstdruck angegeben. Die Dicke und der Durchmesser geben Geometriewerte für das jeweilige Fenster an. Als Durchmesser wird hier die größte Längsabmessung der Fensteröffnung bzw. der Durchlasszone in cm verstanden, die beispielsweise bei Kreisöffnungen dem Durchmesser, bei elliptischen Öffnungen der großen Achse der Ellipse und bei rechteckigen Öffnungen der größten Seitenlänge entspricht. Es ist ersichtlich, dass die Fensterproben mit weniger stark haftenden Folien auf Silizium-Trägersubstraten (Dreiecke) sich bei einem Druck von 3-4bar ablösen. Zum Erreichen höherer Berstdrücke (Kreise) wurde die Diamantfolie erfindungsgemäß vollständig von dem Trägersubstrat gelöst und fest mit einem separaten Halteelement bzw. Fensterhalterung aus einem Material mit einem relativ niedrigen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten über eine separate Verbindungsschicht verbunden oder alternativ einstückig hergestellt. Die gestrichelte Linie entspricht dem experimentell gefundenen Grenzwert für den Berstdruck der Fenster, wobei gilt:

$$\text{Berstdruck(bar)} = 1,3 \times [\text{Dicke}(\mu\text{m}) / \text{Durchmesser (cm)}],$$

und somit eine Abweichung zu der bekannten Abhängigkeit

$$\text{Berstdruck(bar)} = 1 \times [\text{Dicke}(\mu\text{m}) / \text{Durchmesser (cm)}] \text{ festgestellt wurde.}$$

Die Fensterdicke in µm muss demnach größer als das 0,7fache des Produkts aus Durchmesser(cm) und Druckdifferenz zwischen den beiden Seiten des Fensters sein.

**[0026]** Figur 8 gibt einen Überblick über einen Röntgenstrahler 20, der nach dem LIMAX-Verfahren arbeitet, in dem ein erfindungsgemäß vorgeschlagenes Fenster 3 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 vorbeiströmen. 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.

**[0027]** Insbesondere dann, wenn die vorgeschlagenen Fenster zur Anwendung in derartigen Röntgenstrahlern kommen, empfiehlt es sich, einen dotierten Diamanten zu verwenden, um über die 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. Elektronenstrahltransparentes Fenster umfassend eine von einem Trägersubstrat abgetrennte elektronenstrahltransparente Folie (1, 10, 300a) sowie ein Halteelement (2, 300b) zur Unterstützung eines peripheren Bereichs der elektronenstrahltransparenten Folie im Betriebszustand, wobei das Halteelement (2, 300b) aus einem Material besteht, das einen dem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten des Folienmaterials angepassten linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist.
2. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die elektronenstrahltransparente Folie aus Diamant besteht.
3. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die elektronenstrahltransparente Folie aus Molybdän besteht.
4. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Halteelement (2, 300b) aus einem Material besteht mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten unterhalb von  $9 \times 10^{-6}/K$ .
5. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Halteelement (2) aus einem Material besteht, welches aus einer Gruppe der folgenden Materialien wählbar ist: Metalle, wie Molybdän, Wolfram, Titan, Tantal sowie deren niedriglegierte Legierungen, Diamant, Gläser, Keramiken mit entsprechend niedrigen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten.
6. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 2 und 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die elektronenstrahltransparente Folie (300a) und das Halteelement (300b) einstückig aus Diamant bestehen.
7. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die elektronenstrahltransparente Folie (1, 10) und das Halteelement (2) zweistückig ausgebildet sind und die Folie über eine Verbindungsschicht (4) auf dem Halteelement aufgebracht ist.
8. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Verbindungsschicht (4) eine Lötsschicht aus einem metallischen Aktivlot oder einem Glaslot oder eine Klebstoffschicht oder eine kombinierte Kleb-Lötsschicht ist.
9. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** mindestens eine Oberfläche der elektronenstrahltransparenten Folie mindestens eine Verdickung (16a,b,c; 310a,b; 312a,b) aufweist, deren Dicke mindestens 10% der Foliendicke beträgt.
10. Elektronenstrahltransparentes Fenster nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** für die Dicke der Diamantfolie gilt:

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

mit  $\Delta p$  (bar) als Druckdifferenz zwischen den beiden Fensterseiten und mit L als größten Längsabmessung L der Fensteröffnung.

11. Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach Anspruch 2 und 6, umfassend eine

elektronenstrahltransparente Folie (1, 10, 300a) aus Diamant sowie ein Element zur Unterstützung eines peripheren Bereichs der elektronenstrahltransparenten Folie im Betriebszustand, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- 5           Herstellen einer Diamantplatte mit einer Dicke zwischen 10 bis 1.000µm;  
Ausdünnen der Platte über eine mindestens dem Querschnitt des Elektronenstrahls entsprechende Fläche bis zu einer für Elektronen transparenten Dicke zur Bildung einer Durchlasszone (307, 308, 309) mit dem die Durchlasszone umgebenden Halteelement (300b) als Unterstützungselement.
- 10   **12.** Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Durchlasszone (308, 309) der Platte unter Erzeugung von Verdickungselementen (310a,b; 312a,b) zur mechanischen partiellen Stabilisierung der Folie ungleichmäßig ausgedünnt wird.
- 15   **13.** Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Kantenbereiche (312a,b) der mittigen Durchlasszone (309) weniger stark ausgedünnt werden.
- 20   **14.** Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach Anspruch 2 und 7, umfassend eine elektronenstrahltransparente Folie (1, 10, 300a) aus Diamant sowie ein Element zur Unterstützung eines peripheren Bereichs der elektronenstrahltransparenten Folie im Betriebszustand, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:  
  
25           Abscheiden einer elektronenstrahltransparenten Diamantfolie auf einem Trägersubstrat aus einem kohlenstoffhaltigen Gas;  
vollständiges Entfernen des Trägersubstrates von der Diamantfolie, Verbinden eines peripheren Bereichs der Diamantfolie (1, 10) mit einem Halteelement (2) als Unterstützungselement unter Belassen eines Folienfensters, wobei das Halteelement (2) aus einem Material besteht, das einen dem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Diamant angepassten linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist.  
30   **15.** Verfahren zur Herstellung eines elektronenstrahltransparenten Fensters nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Diamantfolie (1, 10) mit dem Halteelement (2) verlötet wird.
- 35   **16.** Röntgenstrahler mit einer Elektronenquelle (23) zur Emission von Elektronen, einem Target aus einem im Betriebszustand des Röntgenstrahlers zirkulierenden flüssigen Metall, das beim Auftreffen der Elektronen Röntgenstrahlung emittiert, und mit einem elektronenstrahltransparenten Fenster nach einem der Ansprüche 1 bis 8 als Trennelement zwischen der Elektronenquelle und dem Target.

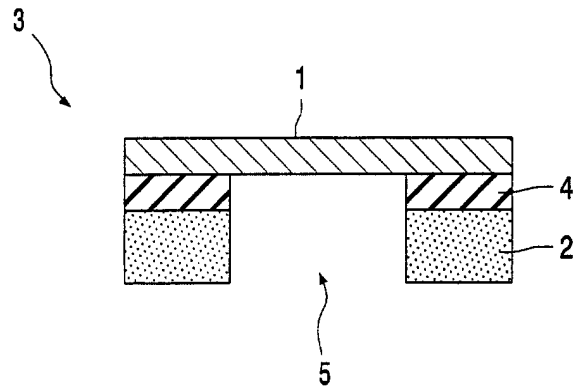


FIG. 1

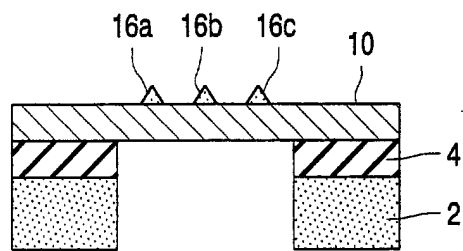


FIG. 2

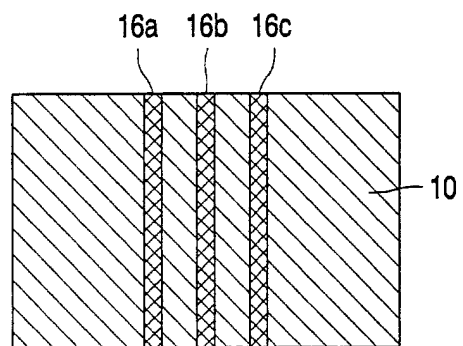


FIG. 3



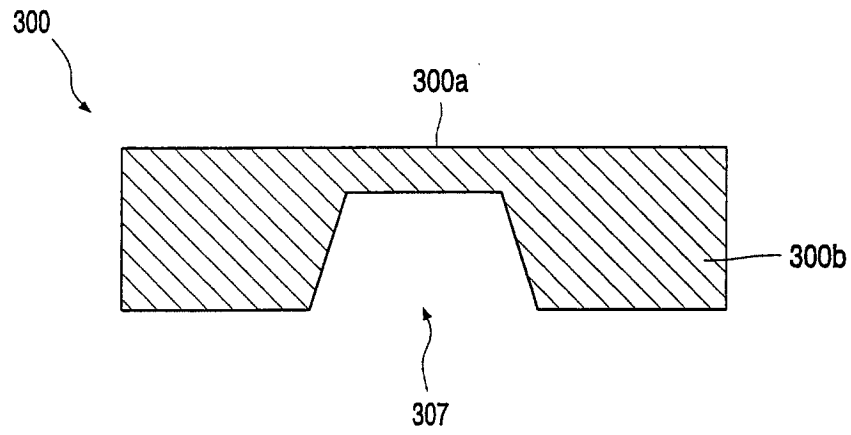


FIG. 4

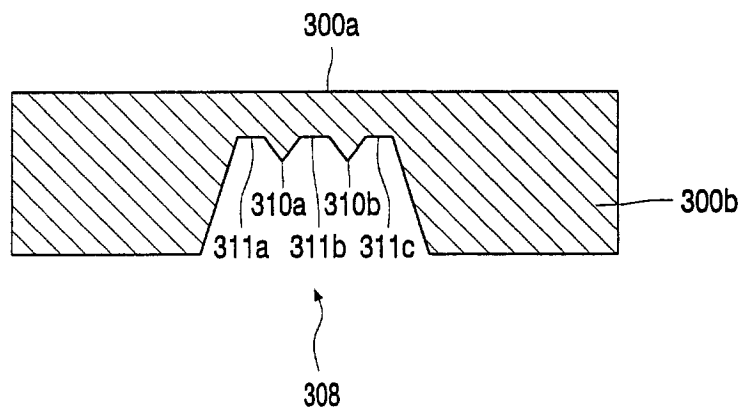


FIG. 5

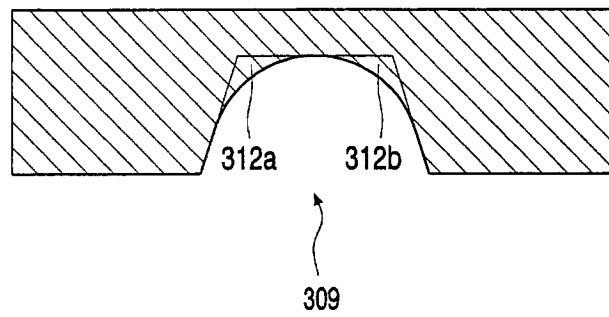


FIG. 6

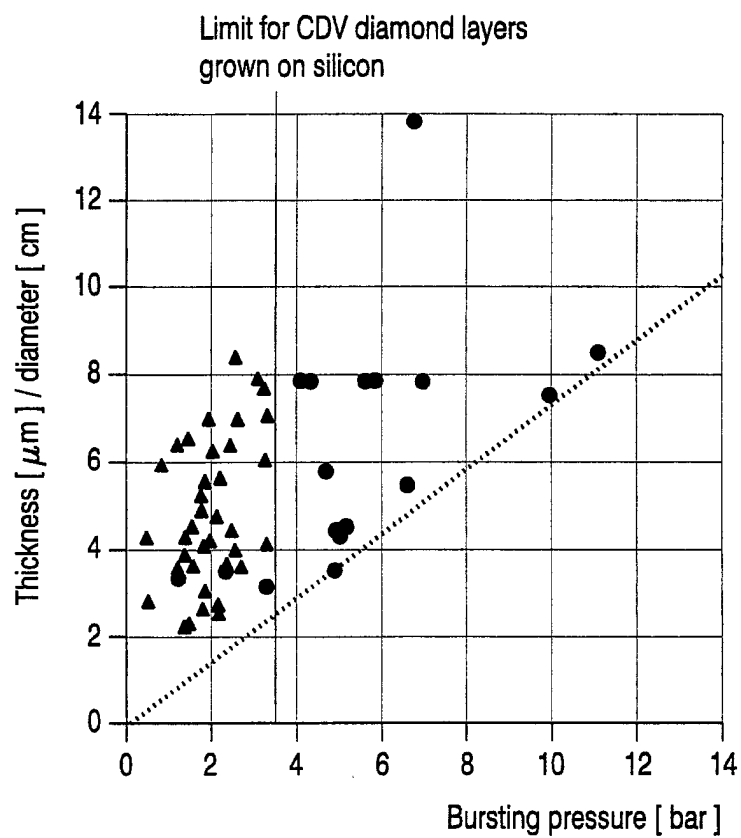


FIG. 7

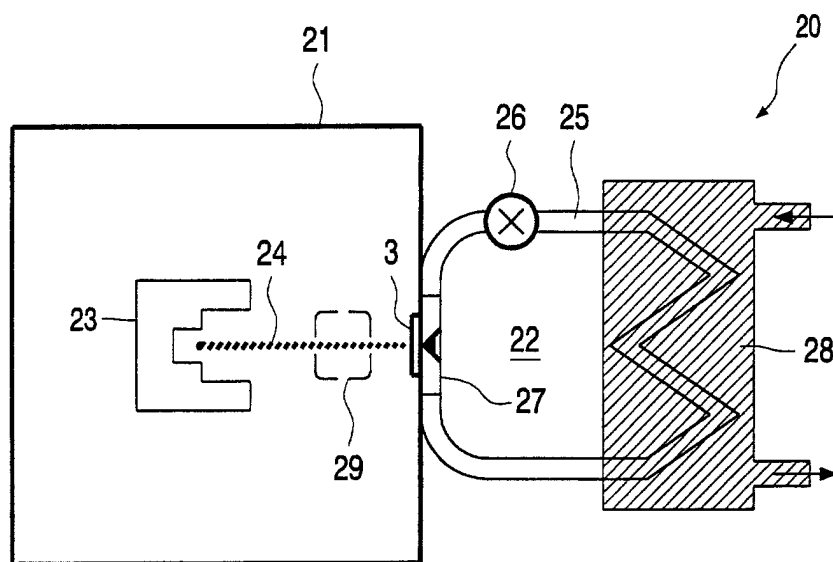


FIG. 8



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 01 12 4495

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE   |   |  |   |
|--|---|--|---|
| Kategorie  | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile   | Betrifft Anspruch  | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)         |
| X  | US 5 612 588 A (WAKALOPULOS GEORGE)<br>18. März 1997 (1997-03-18)   | 1,2,4-9,<br>11,12,14   | H01J5/18<br>H01J33/04<br>H01J35/18              |
| Y  | * Spalte 7, Zeile 9 - Zeile 13 *<br>* Spalte 5, Zeile 18 - Zeile 52 *<br>* Abbildungen 7A,B *   | 3  |   |
| X  | EP 0 761 623 A (GEN ELECTRIC)<br>12. März 1997 (1997-03-12)   | 1,2,4,5,<br>7,8,10,<br>11,14,15  |   |
| Y  | * Spalte 3, Zeile 33 - Zeile 44 *<br>* Spalte 6, Zeile 9 - Zeile 19 *<br>* Spalte 4, Zeile 53 - Spalte 5, Zeile 25; Abbildung 1 *<br>* Spalte 1, Zeile 53 - Spalte 2, Zeile 5 * | 16   |   |
| Y  | EP 0 957 506 A (PHILIPS PATENTVERWALTUNG;<br>KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV (NL))<br>17. November 1999 (1999-11-17)   | 16   |   |
|  | * Spalte 4, Zeile 8 - Zeile 29 *<br>* Spalte 4, Zeile 30 - Zeile 45 *   |  |   |
| X  | EP 0 365 366 A (CRYSTALLUME)<br>25. April 1990 (1990-04-25)   | 1,2,4-6,<br>9,11   | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (Int.Cl.7)<br>H01J |
| Y  | * Spalte 7, Zeile 27 - Zeile 32 *   | 16   |   |
| X  | GB 2 288 272 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY<br>UK) 11. Oktober 1995 (1995-10-11)  | 1,2,4-6,<br>11,12  |   |
| Y  | * Abbildungen 1,2 *<br>GB 1 243 625 A (NOLTINGK B. E., DAVIDSON<br>W. H. T.) 25. August 1971 (1971-08-25)   | 3  |   |
| A  | * Seite 1, Zeile 32 - Zeile 35 *<br>WO 96 18477 A (PHILIPS ELECTRONICS NV;<br>PHILIPS ELECTRONICS NORDEN AB (SE))<br>20. Juni 1996 (1996-06-20)                                 | 1  |   |
|  | * Seite 2, Zeile 3 - Zeile 5 *  |  |   |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt  |   |  |   |
| Recherchenort  | Abschlußdatum der Recherche   | Prüfer   |   |
| MÜNCHEN  | 23. November 2001   | Zuccatti, S  |   |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE  |   | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |   |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |   |  |   |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 01 12 4495

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE   |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Kategorie  | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                       | Betrifft Anspruch                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| A  | EP 0 807 839 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 19. November 1997 (1997-11-19)<br>* Spalte 7, Zeile 26 – Zeile 37 *         | 10  |   |
| P,X  | WO 01 75500 A (BRANDON JOHN ROBERT ;DE BEERS IND DIAMOND (ZA))<br>11. Oktober 2001 (2001-10-11)<br>* das ganze Dokument * | 1,14,15   |   |
|  |   |   | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt  |   |   |   |
| Recherchenort<br><b>MÜNCHEN</b>  |   | Abschlußdatum der Recherche<br><b>23. November 2001</b> | Prüfer<br><b>Zuccatti, S</b>            |
| <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br/> Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br/> A : technologischer Hintergrund<br/> O : mündliche Offenbarung<br/> P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br/> E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br/> D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br/> L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br/> &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> |   |   |   |

EPO FORM 1503.03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 12 4495

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-11-2001

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 5612588 A  | 18-03-1997                    | US 5414267 A                      | 09-05-1995                    |
|   |                               | AU 685350 B2                      | 15-01-1998                    |
|   |                               | AU 4749596 A                      | 24-07-1996                    |
|   |                               | CA 2209593 A1                     | 11-07-1996                    |
|   |                               | EP 0871972 A1                     | 21-10-1998                    |
|   |                               | JP 10512092 T                     | 17-11-1998                    |
|   |                               | WO 9621238 A1                     | 11-07-1996                    |
|   |                               | US 5909032 A                      | 01-06-1999                    |
|   |                               | AT 169424 T                       | 15-08-1998                    |
|   |                               | CA 2163554 A1                     | 08-12-1994                    |
|   |                               | DE 69412261 D1                    | 10-09-1998                    |
|   |                               | DE 69412261 T2                    | 01-04-1999                    |
|   |                               | DK 704102 T3                      | 03-05-1999                    |
|   |                               | EP 0704102 A1                     | 03-04-1996                    |
|   |                               | JP 8510864 T                      | 12-11-1996                    |
|   |                               | KR 269911 B1                      | 16-10-2000                    |
|   |                               | WO 9428573 A1                     | 08-12-1994                    |
|   |                               | US RE35203 E                      | 09-04-1996                    |
| EP 0761623 A  | 12-03-1997                    | EP 0761623 A2                     | 12-03-1997                    |
|   |                               | JP 9175873 A                      | 08-07-1997                    |
| EP 0957506 A  | 17-11-1999                    | DE 19821939 A1                    | 18-11-1999                    |
|   |                               | EP 0957506 A1                     | 17-11-1999                    |
|   |                               | JP 11339702 A                     | 10-12-1999                    |
|   |                               | US 6185277 B1                     | 06-02-2001                    |
| EP 0365366 A  | 25-04-1990                    | AT 98702 T                        | 15-01-1994                    |
|   |                               | DE 68911469 D1                    | 27-01-1994                    |
|   |                               | EP 0365366 A1                     | 25-04-1990                    |
|   |                               | JP 2199099 A                      | 07-08-1990                    |
|   |                               | US 5607723 A                      | 04-03-1997                    |
|   |                               | US 5432003 A                      | 11-07-1995                    |
| GB 2288272 A  | 11-10-1995                    | DE 69500941 D1                    | 04-12-1997                    |
|   |                               | DE 69500941 T2                    | 05-03-1998                    |
|   |                               | EP 0676772 A1                     | 11-10-1995                    |
|   |                               | JP 7294700 A                      | 10-11-1995                    |
| GB 1243625 A  | 25-08-1971                    | KEINE                             |                               |
| WO 9618477 A  | 20-06-1996                    | DE 69507795 D1                    | 25-03-1999                    |
|   |                               | DE 69507795 T2                    | 19-08-1999                    |
|   |                               | EP 0743887 A1                     | 27-11-1996                    |
|   |                               | WO 9618477 A1                     | 20-06-1996                    |
|   |                               | JP 9509501 T                      | 22-09-1997                    |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 12 4495

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-11-2001

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung |    | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |  | Datum der<br>Veröffentlichung |  |
|---|---|-------------------------------|----|-----------------------------------|--|-------------------------------|--|
| EP 0807839  | A | 19-11-1997                    | JP | 9033704 A                         |  | 07-02-1997                    |  |
|   |   |                               | EP | 0807839 A1                        |  | 19-11-1997                    |  |
|   |   |                               | WO | 9704346 A1                        |  | 06-02-1997                    |  |
|   |   |                               | US | 6103401 A                         |  | 15-08-2000                    |  |
| <hr/>   |   |                               |    |                                   |  |                               |  |
| WO 0175500  | A | 11-10-2001                    | WO | 0175500 A1                        |  | 11-10-2001                    |  |
| <hr/>   |   |                               |    |                                   |  |                               |  |

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82