

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
2. Dezember 2004 (02.12.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/104635 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01T 1/24**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/001077

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Mai 2004 (19.05.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 23 584.1 20. Mai 2003 (20.05.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686 Munich (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHREIBER, Jürgen** [DE/DE]; Dorfhainer Str. 36, 01189 Dresden (DE). **BAUMBACH, Tilo** [DE/DE]; Bonnhoefer Platz 17, 01159 Dresden (DE). **HIRSCH, Ole** [DE/DE]; Am Jägerpark 38, 01099 Dresden (DE).

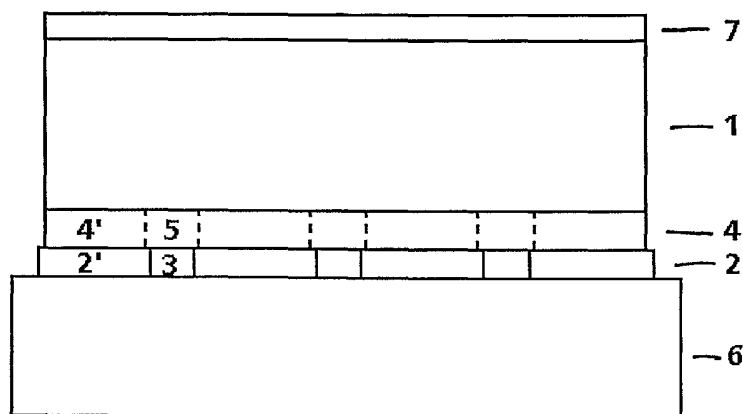
(74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER GBR**; Gostritzer Str. 61-63, 01217 Dresden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ARRANGEMENT FOR DETECTING X-RAY RADIATION AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) Bezeichnung: ANORDNUNG ZUR DETEKTION VON RÖNTGENSTRAHLUNG UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG



(57) Abstract: The invention relates to an arrangement for detecting X-ray radiation and to a method for producing the same. Said arrangement can be used in a wide variety of domains such as non-destructive radiographic testing and medical diagnosis, but also in many security-related applications. The aim of the invention is to obtain a high resolving capacity, reliable use over long operating periods, and a high degree of sensitivity with low production costs. To this end, the inventive arrangement comprises a sensitive layer consisting of a semiconductive material that absorbs X-ray radiation. A covering electrode is electroconductively contacted on one side of the sensitive layer, and the opposite side comprises detector elements that are respectively electrically isolated from each other. Furthermore, the sensitive layer preferably consisting of a polycrystalline semiconductive material contains a barrier layer which, in turn, is preferably an amorphous carbon layer in one form of embodiment. Said barrier layer comprises electroconductive regions which are located on individual detector elements and are separated from each other by separating plates consisting of a dielectric material or having a high specific electrical resistance.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2004/104635 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

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

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Detektion von Röntgenstrahlung und Verfahren zu deren Herstellung, sie kann auf den verschiedensten Gebieten der Technik, wie beispielsweise bei der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, in der medizinischen Diagnostik, aber auch für viele sicherheitsrelevante Anwendungen eingesetzt werden. Aufgabengemäß soll ein hohes Auflösungsvermögen, ein zuverlässiger Einsatz über lange Betriebszeiträume erreicht werden und bei erhöhter Sensitivität eine kostengünstige Herstellbarkeit gegeben sein. Die erfindungsgemäße Anordnung verwendet dabei eine sensitive Schicht aus einem halbleitenden Werkstoff, der Röntgenstrahlung absorbiert. An einer Seite der sensitiven Schicht ist eine Deckelektrode elektrisch leitend kontaktiert und auf der dementsprechend gegenüberliegenden Seite sind Detektorelemente, die jeweils elektrisch zueinander isoliert sind, angeordnet. Außerdem ist zwischen der sensitiven Schicht, die bevorzugt aus einem polykristallinen halbleitenden Werkstoff besteht, eine Barrierschicht, die wiederum in einer Ausführung bevorzugt als eine amorphe Kohlenstoffschicht ausgebildet ist, vorhanden. An der Barrierschicht sind an einzelnen Detektorelementen elektrisch leitende Barrierschichtbereiche vorhanden, die durch Trennstage aus dielektrischem Stoff oder mit erhöhtem spezifischen elektrischen Widerstand voneinander getrennt sind.

Anordnung zur Detektion von Röntgenstrahlung und Ver-
fahren zu deren Herstellung

5 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Detektion
von Röntgenstrahlung sowie ein Verfahren zur Herstel-
lung solcher Anordnungen. Sie kann auf den verschie-
densten Gebieten der Technik, wie beispielsweise bei
der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, in der medi-
zinischen Diagnostik aber auch für viele sicherheits-
10 relevante Anwendungen eingesetzt werden.

Röntgenstrahlungstechnik wird seit längerer Zeit ein-
gesetzt und in der jüngeren Vergangenheit sind Ent-
wicklungen getätigt worden, Röntgenstrahlung in Ver-
15 bindung mit elektronischer Auswertung, als so genann-
te digitale Röntgenpixelsysteme einzusetzen.

Dadurch können durch den Einsatz relativ großformati-
ger Röntgendetektorelemente auf diese auftreffende
20 Röntgenstrahlung orts aufgelöst erfasst und ein digi-
tales Abbild in elektronischer Form zur Verfügung ge-
stellt werden. Die so erhaltenen elektronischen Sig-
nalwerte können gespeichert und ausgewertet werden.
Selbstverständlich ist aber auch eine bildliche Dar-
25 stellung sofort oder nachfolgend zeitversetzt mit
Hilfe von elektronischer Bildwiedergabetechnik (Moni-

tore, Displays) oder auch ein Ausdruck auf Papier möglich.

Für die Herstellung solcher Röntgendetektorarrays sind Untersuchungen erfolgt, um insbesondere geeignete Röntgenstrahlung absorbierende Werkstoffe auswählen zu können.

So hat es sich herausgestellt, dass verschiedene polykristalline, halbleitende Werkstoffe besonders geeignet sind. Dies betrifft beispielsweise CdTe, PbI₂ oder TiBr. Als ganz besonders geeignet hat sich Quecksilberjodid HgI₂ herausgestellt, da dieser polykristalline Werkstoff eine weiter erhöhte Ordnungszahl aufweist und eine deutlich geringere Elektronen-Loch-Paar Bildungsenergie erfordert.

Mit den bezeichneten Werkstoffen ist eine direkte Detektion möglich, so dass damit verbundene Vorteile bezüglich einer erhöhten Sensitivität und einer vereinfachten Auswertbarkeit ausgenutzt werden können.

So sind in EP 0 784 801 B1 entsprechende theoretische Grundlagen erläutert worden. Dort sind außerdem Möglichkeiten beschrieben, wie beispielsweise eine sensitive Schicht aus polykristallinem Quecksilberjodid in hochreiner Form erhalten werden kann.

In diesem Dokument sind auch Möglichkeiten genannt, wie solche Röntgendetektionssysteme aufgebaut sein können.

So kann eine aus polykristallinem Quecksilberjodid gebildete Schicht beidseitig beschichtet werden, wobei zumindest an einer Seite einer solchen polykristallinen Schicht Halbleitertransistorelemente als

Dünnschichttransistoren ausgebildet worden sind.

5 Wegen der chemischen Aggressivität von Quecksilberjodid aber auch den anderen bezeichneten geeigneten polykristallinen Werkstoffen ist es erforderlich, eine passivierende Zwischenschicht einzusetzen.

10 Hierfür wird in EP 0 784 801 vorgeschlagen Paralen oder Humiseal einzusetzen. Diese Stoffe haben jedoch Nachteile wegen ihrer elektrischen Eigenschaften sowie ihrer begrenzten Schutzwirkung bezüglich der eingesetzten Elektrodenwerkstoffe zu den chemisch aggressiven polykristallinen halbleitenden Werkstoffen, so dass das Signal-Rauschverhältnis verschlechtert
15 ist und es zu Ausfällen von einzelnen flächigen Bereichen an einem so ausgebildeten Detektorsystem, z.B. den auch so bezeichneten „dark lines“ kommen kann.

20 Dies führt zu einer deutlich reduzierten Zuverlässigkeit und einer entsprechend reduzierten Nutzungsdauer solcher Röntgendetektionssysteme.

25 Bei diesen bekannten Lösungen ist es außerdem nachteilig, dass zumindest eine solche Passivierungsschicht mittels eines zusätzlichen sich zwingend von anderen Verfahrenstechnologien unterscheidendem Herstellungsschritt ausgebildet werden muss.

30 Bei den bisher bekannten Lösungen müssen außerdem Beschränkungen bei der erreichbaren Auflösung in Kauf genommen werden, da fertigungstechnisch bedingt die einzelnen elektrisch voneinander getrennten detektierenden Flächenbereiche eine Mindestgröße aufweisen
35 müssen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Anordnung zur Detektion von Röntgenstrahlung vorzuschlagen, die ein hohes Auflösungsvermögen, einen zuverlässigen Einsatz über lange Betriebszeiträume erreicht und bei erhöhter Sensitivität kostengünstig herstellbar ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einer Anordnung, die die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist sowie einem Verfahren gemäß Patentanspruch 17 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungsformen und Weiterbildungen der Erfindung können mit den in den untergeordneten Ansprüchen bezeichneten Merkmalen erreicht werden.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Detektion von Röntgenstrahlung weist eine sensitive Schicht aus einem halbleitenden Werkstoff, der Röntgenstrahlung absorbiert, auf. Diese sensitive Schicht kann in Form eines planaren Gebildes ausgebildet sein und ist an zwei sich gegenüberliegenden Seiten eingefasst. So ist auf einer Oberfläche der sensitiven Schicht eine Deckelektrode aus einem elektrisch leitenden Werkstoff elektrisch leitend mit dieser Schicht kontaktiert, die der einfallenden Röntgen- oder auch Gammastrahlung ausgesetzt wird. Eine solche Deckelektrode kann ebenfalls als geschlossenes flächiges Element ausgebildet sein.

An der der Deckelektrode gegenüberliegenden Seite der sensitiven Schicht sind mehrere Detektorelemente, diskret zueinander und gegeneinander elektrisch isoliert, angeordnet. Erfindungsgemäß ist zwischen der sensitiven Schicht und den Detektorelementen eine Barrierschicht ausgebildet worden. Die Schichtdicke dieser Barrierschicht kann auf wenige Nanometer begrenzt sein und sollte eine maximale Schichtdicke von 500 nm, bevorzugt von 100 nm nicht überschreiten. Da-

bei sollte gesichert sein, dass die Barrierschicht
zumindest eine geschlossene Schicht bildet, wobei
dies bereits mit einer minimalen Schichtdicke von 2
bis 3 nm erreichbar ist.

5

Mit der erfindungsgemäß einzusetzenden Barriere-
schicht kann der negative Einfluss aggressive halb-
leitender Werkstoffe gegenüber den Elektroden von
Halbleitertransistorelementen bildenden Werkstoffen
vollständig verhindert werden.

10

Außerdem wirken sich die elektrischen Eigenschaften
einer geeigneten Barrierschicht sehr vorteilhaft auf
die Sensitivität aus. Hierbei ist insbesondere die
äußerst geringe erforderliche Schichtdicke der Bar-
riereschicht günstig, da eine erheblich erhöhte e-
lektrische Leitfähigkeit, ausgehend von der sensiti-
ven Schicht in Richtung zu den Detektorelementen er-
reicht wird.

15

20

Bereits bei der Ausbildung der Barrierschicht gege-
benenfalls aber auch mit einer nachfolgenden Behand-
lung können Barrierschichtbereiche mit erhöhter e-
lektrischer Leitfähigkeit, die wiederum von Trennst-
egen umschlossen sind, ausgebildet werden. Diese
Trennstegen sind entweder aus einem dielektrischen
Stoff gebildet oder weisen gegenüber den Barriere-
schichtbereichen einen deutlich erhöhten spezifischen
elektrischen Widerstand auf. Dabei ist jedem Detek-
torelement ein entsprechender Barrierschichtbereich
lokal zugeordnet ausgebildet und eine elektrische
Trennung durch die Trennstegen und gegebenenfalls zu-
sätzlich elektrisch isolierende Bereiche, die um die
Detektorelemente ausgebildet sind, gewährleistet.

25

30

35

So können Barrierschichtbereiche so dimensioniert

sein, dass das Verhältnis ihrer jeweiligen Schichtdicken in Bezug zu einer maximalen Flächenausdehnung entlang einer Achse von mindestens 1:150 eingehalten werden kann. So kann beispielsweise das Verhältnis der Schichtdicke in Bezug zu einer Flächendiagonale eines in Quadrat- oder Rechteckform ausgebildeten Barriereschichtbereiches dieses Verhältnis ohne weiteres einhalten, wobei auch Verhältnisse von 1:500 oder gar 1:1000 möglich sind.

Die einzelnen Barriereschichtbereiche sollten in Flächenform und in ihren Abmaßen der jeweiligen Gestalt und Größe der ihnen zugeordneten Elektroden von Detektorelementen angepasst sein.

Die einzelnen ein Detektorarray bildenden Detektorelemente mit den Barriereschichtbereichen sollten gegeneinander elektrisch so isoliert sein, dass ein lokales Übersprechen zu benachbarten Elementen verhindert werden kann.

Der spezifische elektrische Widerstand des amorphen Kohlenstoffs kann in den Barriereschichtbereichen im Bereich zwischen 10 und 1000 Ωcm liegen, wobei dies durch Beeinflussung von verschiedenen Parametern bei der Abscheidung solcher Schichten im Vakuum beeinflussbar ist. So können die Anteile an graphitischem Kohlenstoff (Sp_2) und die Anteile an diamantartigem Kohlenstoff (Sp_3) variiert sein, wobei mit ansteigendem Sp_2 -Anteil der spezifische elektrische Widerstand reduziert werden kann. Mit einem erhöhten Sp_3 -Anteil kann die Dichte einer solchen Schicht erhöht werden, wodurch wiederum eine reduzierte Schichtdicke einer solchen Barriereschicht eingesetzt werden kann.

Die Ausbildung einer Barriereschicht kann aber auch

durch galvanische Abscheidung eines geeigneten Metalls oder einer geeigneten Metall-Legierung erfolgen.

5 Dabei kann die Abscheidung unmittelbar auf einem Array, das aus Detektorelementen gebildet ist, erfolgen. Ein hierfür besonders geeignetes Metall ist Palladium, das auch in Verbindung mit Nickel als Palladium-Nickel-Legierung galvanisch abgeschieden werden
10 kann.

Es besteht aber auch die Möglichkeit eine entsprechende dünne Barrierschicht aus Nickel, Gold oder auch Gold/Nickel auszubilden.

15 Bei der galvanischen Ausbildung von Barrierschichten ist es vorteilhaft, nachfolgend eine Planarisierung der Oberfläche der ausgebildeten Barrierschicht, auf die dann wiederum nachfolgend die sensitive Schicht
20 aufgebracht werden soll, durchzuführen.

Die Planarisierung kann beispielsweise durch mechanisch-chemisches Polieren durchgeführt werden.

25 Dabei kann es vorteilhaft und gegebenenfalls auch erforderlich sein, vorab auf die galvanisch abgeschiedene Barrierschicht eine dünne Beschichtung, die aus BCB, Polyimid oder einem anderen resistenten polymeren Kunststoff besteht, auszubilden.

30 Auch bei einer solchen galvanisch abgeschiedenen Metallschicht, gegebenenfalls mit den vorab angesprochenen Zwischenschichten ist lediglich eine Schichtdicke erforderlich, die die gewünschte geschlossene
35 Schicht ausbildet, um die erforderliche Barrierewirkung zu der darüber angeordneten sensitiven Schicht

und eine ausreichend große elektrische Leitfähigkeit zwischen sensitiver Schicht und Detektorelementen gewährleistet.

5 Für die elektrische Isolation der Barriereschichtelemente und gegebenenfalls auch gleichzeitig der jeweiligen Halbleitertransistorelemente können Stege aus einem dielektrischen Werkstoff eingesetzt oder ausgebildet werden. Solche Stege können beispielsweise aus
10 SiO_2 oder organischen Werkstoffen bestehen, die mittels photolithographischer Verfahren erhalten worden sind.

Vorteilhaft können die Stege aus dielektrischem Werkstoff bei der Herstellung eines Arrays einer Mehrzahl
15 von Detektorelementen ausgebildet werden.

Solche Detektorelemente können in Form herkömmlicher Dünnschichttransistoren ausgebildet worden sein.
20

Vorteilhafter ist es jedoch, die Detektorelemente als komplementäre Metalloxidhalbleiterelemente (CMOS) auszubilden. Diese sind als Standardbauelement verfügbar, wobei die einzelnen CMOS's sehr klein dimensioniert werden können und dementsprechend ein sehr
25 hohes Ortsauflösungsvermögen an einer erfindungsgemäßen Anordnung erreicht werden kann. So sind beispielsweise maximale Abmessungen von einzelnen detektierbaren Flächen unterhalb einer Flächengröße von 50
30 x 50 μm erreichbar. Jeder einzelne CMOS kann ein diskretes Messsignal in direkter Form liefern, so dass eine hochaufgelöste flächige Detektion erreicht werden kann. Es können aber auch eine höhere Funktionalität erreicht werden. So kann eine integrierende
35 Messung, eine Erfassung von Einzelereignissen oder eine Energie abhängige Detektion durchgeführt werden.

Es können auch andere Halbleitertransistorelemente, wie z.B. Dünnschicht ASIC's als Detektorelemente eingesetzt werden. Die geeigneten Detektorelemente sind
5 nicht auf die bezeichneten Halbleitertransistorelemente begrenzt.

Neben dieser hohen Ortsauflösung können aber auch eine großflächige Ausbildung einer erfindungsgemäßen
10 Anordnung erreicht werden, wobei hier auch mehrere solcher Anordnungen in Form einer Reihen- und Spaltenanordnung eingesetzt und dadurch eine weiter erhöhte Fläche für eine Röntgenstrahlungsdetektion zur Verfügung gestellt werden kann.

15 Vorteilhaft kann es außerdem sein, wenn eine Zwischenbeschichtung zwischen Barrierschicht und den Detektorelementen ausgebildet worden ist. Hierfür kann beispielsweise Indium-Zinn-Oxid (ITO) eingesetzt
20 werden, um den elektrischen Übergangswiderstand zu reduzieren.

Vor dem Aufbringen der Barrierschichtelemente aus diamantartigem Kohlenstoff kann ein Einplanen der Oberfläche einer Arrayanordnung von Halbleitertransistorelementen mittels BCB (Bencocyclobuten) erfolgen.
25

Die bereits angesprochene Deckelektrode kann unmittelbar auf der Oberfläche der sensitiven Schicht als metallischer Dünnschicht ausgebildet worden sein. Es besteht aber auch die Möglichkeit, eine solche Deckelektrode aus graphitischem Kohlenstoff auszubilden. Hierzu wird eine entsprechende Dispersion (Aquadag) flächig aufgetragen und nach dem Trocknen eine geschlossene Deckelektrode aus graphitischem Kohlenstoff erhalten. Dieser graphitische Kohlenstoff kann
30
35

zusätzlich mit einer dünnen Metallschicht, z.B. Gold überdeckt werden.

5 Die sensitive Schicht kann aus amorphem Selen oder Silicium, aber auch aus mono- oder polykristallinen Werkstoffen gebildet sein.

10 Insbesondere durch die vorteilhaften bereits angesprochenen Eigenschaften der polykristallinenem halbleitenden Werkstoffe für die sensitive Schicht und hier insbesondere von Quecksilberjodid oder auch Bleijodid kann mit deutlich reduzierten Leistungen und insbesondere Strahlungsintensitäten gearbeitet werden, so dass die Strahlungsbelastung im Umfeld
15 deutlich reduziert ist.

Für die verschiedenen Applikationsmöglichkeiten einer erfindungsgemäßen Anordnung kann auch eine gezielte Auswahl der Schichtdicke der sensitiven Schicht getroffen worden sein.
20

So können beispielsweise reduzierte Schichtdicken an sensitiven Schichten, die an erfindungsgemäßen Anordnungen für die medizinische Diagnostik eingesetzt werden, sehr viel kleiner, als bei Anordnungen die
25 z.B. bei der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung eingesetzt werden, sein.

30 So können beispielsweise bei Quecksilberjodidschichten mit einer Dichte von $6,3 \text{ g/cm}^3$, bei Erreichung einer Absorption von mehr als 90% der eingesetzten Röntgenstrahlung in der medizinischen Diagnostik eine Dicke der sensitiven Schicht von 10 bis $20 \mu\text{m}$ bei $E = 5$ bis 30 KeV , bei sicherheitsrelevanten Anwendungen und der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung geeigneter Werkstoffe eine Dicke von 80 bis $650 \mu\text{m}$ bei
35

E = 20 bis 60 KeV und für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung auch Dicken im Bereich 400 bis 1200 μm bei E = 50 bis 150 KeV gewählt werden.

5 Die erfindungsgemäßen Anordnungen können so hergestellt werden, dass Oberflächen von diskret zueinander angeordneten Detektorelementen, die möglichst jeweils ein kontinuierliches Array bilden, mit Barriere-
10 reschicht aus diamantartigem Kohlenstoff im Vakuum beschichtet werden. Darüber wird wiederum eine sensitive Schicht, die aus einem polykristallinen, halbleitenden Werkstoff besteht, der Röntgen- bzw. auch Gammastrahlung absorbiert, aufgebracht.

15 Auf die Oberfläche dieser sensitiven Schicht wird wiederum eine elektrisch leitende Schicht, als Deckelektrode ausgebildet, die die gesamte Oberfläche der sensitiven Schicht überdeckt. Eine Strukturierung einer solchen Deckelektrode in mehrere voneinander elektrisch isolierte Flächenbereiche ist nicht erforderlich.
20

Die einzelnen metallischen Barriereschichtbereiche werden durch Trennstege aus dielektrischem Werkstoff
25 voneinander getrennt. Solche dielektrischen Trennstege können zwischen den einzelnen Detektorelementen, bereits bei der Herstellung eines aus einer Mehrzahl von Detektorelementen bestehenden Arrays ausgebildet werden.

30 Bei der Ausbildung der Barriereschicht aus diamantartigem Kohlenstoff im Vakuum kann ein gepulst erzeugtes Plasma eingesetzt werden, wobei Graphit als Targetwerkstoff eingesetzt werden kann.

35 Das Plasma kann in an sich bekannter Weise mittels

gepulster Laserstrahlung, gepulster Bogenentladung oder in kombinierter Form, als so genanntes Laser-Arc-Verfahren erzeugt werden.

5 Vorteilhaft ist es, innerhalb der Vakuumkammer einen Filter einzusetzen, mit dem so genannte „droplets“ innerhalb der Barrierschichtelemente oder der negative Einfluss von Debris verhindert werden kann.

10 Die Ausbildung der sensitiven und hier insbesondere einer sensitiven Schicht aus Quecksilberjodid oder Bleijodid besteht, kann wie dies in EP 0 784 801 B1 beschrieben ist, erfolgen.

15 Vorteilhaft ist es, eine solche Quecksilberjodidschicht oder Bleijodidschicht mit einem PVD- oder CVD-Verfahren unmittelbar auf der Barrierschicht auszubilden, wobei eine entsprechend geeignete Verfahrensführung diesem Stand der Technik entnommen
20 werden kann.

Insbesondere im letztgenannten Fall, kann nachfolgend die Deckelektrode ebenfalls im Vakuum als metallische Dünnschicht ausgebildet werden.

25 Die sensitive Schicht kann aber auch durch ein Siebdruckverfahren ausgebildet werden.

30 Die einzelnen Detektorelemente können dann jeweils einzeln, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung von Verstärkungsstufen an eine elektronische Auswerteeinheit angeschlossen sein und über diese wiederum die einzelnen Signale in digitaler Form gespeichert, verarbeitet oder als Bild für eine visuelle Auswertung
35 dargestellt werden.

Die erfindungsgemäße Anordnung zeichnet sich dahingehend aus, dass auch bei deutlich reduzierter Röntgenstrahlungsintensität eine hohe Sensitivität, bei gleichzeitig erhöhter Ortsauflösung erreicht werden kann. Außerdem kann ein zuverlässiger Langzeitbetrieb, ohne Ausfall von einzelnen Detektorelementen oder detektierenden Bereichen gesichert werden. Hierbei wirkt es sich besonders günstig aus, dass auf entsprechende Kontaktierungsverfahren, wie das Bonden oder die Flip-Chip-Technik verzichtet werden kann.

Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft näher erläutert werden.

Dabei zeigt:

Figur 1 in schematischer Form einen Aufbau eines Beispiels einer erfindungsgemäßen Anordnung.

Hierbei sind auf einem Substrat diskret zueinander Detektorelemente 2, als CMOS ausgebildet. Diese weisen eine Kontaktfläche 2' aus Aluminium auf. Auf diese ist wiederum die Barrierschicht 4 angeordnet, die aus diamantartigem Kohlenstoff gebildet ist. Die Barrierschicht 4 weist eine Dicke von 20 nm auf. Die Aluminiumkontaktflächen 2' sind hier durch Stege 3 aus Siliziumdioxid getrennt, so dass eine elektrische Isolierung der einzelnen Detektorelemente 2 erreicht wird.

Bei dem hier gezeigten Beispiel wurde eine vollflächige Ausbildung einer Barrierschicht 4 aus amorphem Kohlenstoff durchgeführt und nachfolgend mit einem Laserstrahl, als einem Beispiel für einen geeigneten Energiestrahle, eine lokal gezielte Beeinflussung des

amorphen Kohlenstoffs der Barrierschicht 4 durchgeführt. So können elektrisch leitende Barrierschichtbereiche 4' mit erhöhtem sp_2 - Anteil und diese umschließende Trennstage 5 mit erhöhtem sp_3 - Anteil ausgebildet werden. An den Trennstegen 5 wurde der spezifische Widerstand des Kohlenstoffs auf ca. auf $10^9 \Omega\text{cm}$ erhöht und so mindestens $10^5 \Omega\text{cm}$ erreicht.

Im Anschluss daran wurde eine sensitive Schicht 1 aus Quecksilberjodid ausgebildet. Für mittlere Röntgenenergien kann eine Schichtdicke von ca. $200 \mu\text{m}$ gewählt werden.

Auf die sensitive Schicht 1 wurde Aquadag, als Graphitdispersion aufgetragen, was beispielsweise durch Siebdruck oder Spincoating erreicht werden kann. Nach dem Trocknen ist dann die Deckelektrode 7, aus graphitischem Kohlenstoff gebildet worden.

In ersten Versuchen konnten solche Anordnungen in einer Gesamtflächengröße von ca. $110 \times 110 \text{ mm}$ ausgebildet und eine Flächenauflösung für die Detektion für einzelne Pixels oder Pitches unterhalb von $50 \mu\text{m}$ erreicht werden.

Ausreichende Detektionsempfindlichkeiten konnten bereits mit Röntgenstrahlungsenergien von 30 keV erreicht werden.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Detektion von Röntgenstrahlung mit einer sensitiven Schicht aus einem halbleitenden Werkstoff, der Röntgenstrahlung absorbiert, diese sensitive Schicht an einer Seite mit einer Deckelektrode elektrisch leitend kontaktiert ist und an der dieser gegenüberliegenden Seite der sensitiven Schicht Detektorelemente, die jeweils elektrisch zueinander isoliert sind, angeordnet sind,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zwischen sensitiver Schicht (1) und den Detektorelementen (2) eine Barrierschicht (4) ausgebildet ist,
- die den einzelnen Detektorelementen (2) lokal zugeordnete elektrisch leitende Barrierschichtbereiche (4') aufweist,
- die durch Trennstege (5) aus dielektrischem Stoff oder mit erhöhtem spezifischen elektrischen Widerstand voneinander getrennt sind.
2. Anordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Barrierschicht (4) aus amorphem Kohlenstoff gebildet ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Barrierschichten (4) eine galvanisch abgeschiedene Metallschicht ist und elektrisch leitende Barrierschichtbereiche (4') durch um Detektorelemente (2) ausgebildete Trennstege (5) voneinander elektrisch isoliert sind.

4. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass elektrisch leitende
Barriereschichtbereiche (4') aus amorphem Koh-
lenstoff durch Trennstege (5) aus amorphem Koh-
lenstoff mit erhöhten spezifischem
elektrischem Widerstand umschlossen sind.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Barriereschicht
(4) eine maximale Dicke von 500 nm aufweist.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die Barriere-
schichtbereiche (4') ein Verhältnis ihrer jewei-
ligen Schichtdicke zur maximalen Flächenausdeh-
nung entlang einer Achse von mindestens 1:150
einhalten.
7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, dass der spezifi-
sche elektrische Widerstand der Trennstege (5)
größer als $10^5 \Omega\text{cm}$ ist.
8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, dass galvanisch
ausgebildete Barriereschichtbereiche (4') aus
Palladium, Palladium/Nickel, Wolfram, Gold oder
Gold/Nickel gebildet sind.
9. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Bar-
riereschichtbereichen (4') und Detektorelementen
(2) eine metallische elektrisch leitende Kon-
taktfläche (2') vorhanden ist.
10. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen sen-
sitiver Schicht (1) und Barriereschicht (4) eine

den elektrischen Übergangswiderstand beeinflussende Zwischenschicht ausgebildet ist.

- 5 11. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Barriere-schichtbereiche (4') und Kontaktflächen (2') von Detektorelementen (2) aus Indium-Zinn-Oxid gebildet sind.
- 10 12. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die sensitive Schicht (1) aus HgI_2 oder PbI_2 gebildet worden ist.
- 15 13. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckelektrode (7) aus einer metallischen Dünnschicht und/oder graphitischem Kohlenstoff gebildet ist.
- 20 14. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektorelemente (2), als komplementäre Metalloxidhalbleitertransistorelemente (CMOS) ausgebildet sind.
- 25 15. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektorelemente (2) als Dünnschichttransistoren ausgebildet sind.
- 30 16. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektorelemente (2) jeweils einzeln an eine elektronische Auswerteeinheit (6) angeschlossen sind.
17. Verfahren zur Herstellung einer Anordnung zur Detektion von Röntgenstrahlung, bei dem auf Oberflächen von diskret zueinander angeordneten

Detektorelementen (2) eine Barrierschicht (4) ausgebildet wird;

dabei elektrisch leitende Barrierschichtbereiche (4'), die durch Trennstege (5) elektrisch voneinander getrennt sind, den einzelnen Detektorelementen (2) lokal zugeordnet gebildet sind und

auf der Oberfläche der Barrierschicht (4) eine sensitive Schicht (1), bestehend aus einem halbleitenden Werkstoff, der Röntgenstrahlung absorbiert, aufgebracht und

auf der Oberfläche der sensitiven Schicht (1) eine elektrisch leitende Schicht als Deckelektrode (7) ausgebildet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass elektrisch leitende Barrierschichtbereiche (4') und isolierende Trennstege (5) durch Beeinflussung der Barrierschicht (4) aus amorphem Kohlenstoff mittels eines Energiestrahls ausgebildet werden.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Barrierschicht (4) aus einem gepulst erzeugten Plasma ausgebildet wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma mittels gepulster Laserstrahlung und/oder gepulster Bogenentladung erzeugt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass Barrierschichtbereiche (4') auf einem

Träger für Detektorelemente (2), die durch isolierende Trennstege (5) elektrisch isoliert sind, durch galvanische Abscheidung eines Metalles ausgebildet werden.

- 5 22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass Palladium, Palladium/Nickel, Wolfram, Gold, oder Gold/Nickel abgeschieden werden.
- 10 23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die sensitive Schicht (1) ebenfalls im Vakuum durch ein CVD- oder PVD-Verfahren ausgebildet wird.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die sensitive Schicht (1) aus HgI_2 oder PbI_2 erzeugt wird.
- 15 25. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dass eine den elektrischen Übergangswiderstand beeinflussende Zwischenschicht zwischen Barrierschicht (4) und sensitiver Schicht (1) ausgebildet wird.
- 20 26. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckelektrode (7) aus einer metallischen Dünnschicht und/oder graphitischem Kohlenstoff gebildet wird.
- 25 27. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckelektrode (7) aus graphitischem Kohlenstoff durch Auftrag und nachfolgender Trocknung einer Dispersion ausgebildet wird.
- 30 28. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektorelemen-

te (2) jeweils einzeln an eine elektronische Auswerteeinheit (6) angeschlossen werden.

- 5 29. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche der Barrierschicht (4) vor dem Aufbringen der sensitiven Schicht (1) durch chemisch-mechanisches Polieren und/oder das Aufbringen einer Zwischenschicht planarisiert wird.

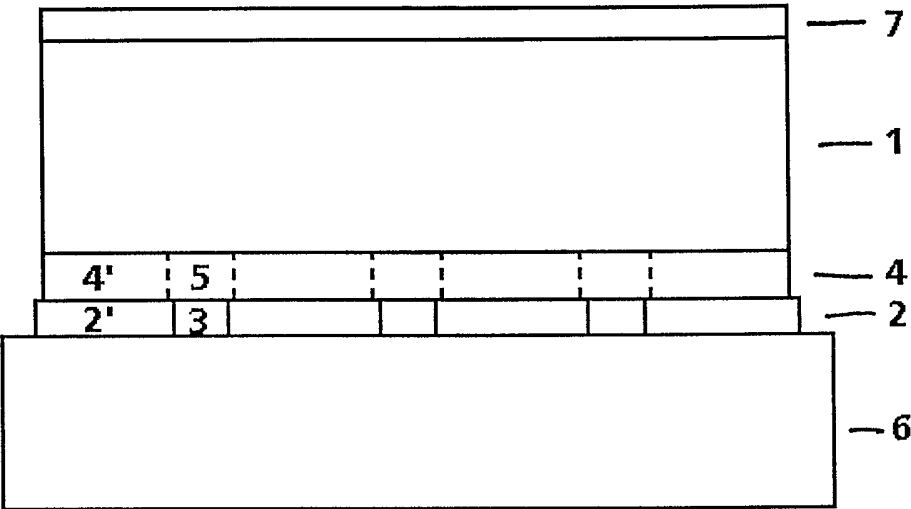


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/001077

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01T1/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01T H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 415 541 A (SHIMADZU CORP) 6 March 1991 (1991-03-06)	1,3,5-8, 10,11, 15,17, 21,22, 25,27,29
Y	the whole document	2,4,12, 14, 18-20, 23,24
X	US 6 285 029 B1 (EL-HANANY URI ET AL) 4 September 2001 (2001-09-04) column 2, line 43 -column 4, line 60 column 6, line 13 - line 23 column 10, line 12 - line 40 figures 2A,4	1,9,13, 16,26,28
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 September 2004

Date of mailing of the international search report

30/09/2004

Name and mailing address of the ISA

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

Authorized officer

Coda, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/001077

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/158207 A1 (HEIKKINEN HANNELE ET AL) 31 October 2002 (2002-10-31) page 1, paragraph 12 -page 3, paragraph 38 page 3, paragraph 44 -page 4, paragraph 67 -----	1,8,17
Y	EP 1 045 450 A (AGILENT TECHNOLOGIES INC) 18 October 2000 (2000-10-18) column 4, paragraph 19 - paragraph 20 column 5, paragraph 26 column 6, paragraph 35 -----	2,4,14, 18-20,23
Y	WO 00/72386 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE ;GLASSER FRANCIS (FR)) 30 November 2000 (2000-11-30) claims 1,7 -----	12,24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/001077

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0415541	A	06-03-1991	DE 69013104 D1	10-11-1994
			DE 69013104 T2	23-03-1995
			EP 0415541 A1	06-03-1991
			JP 3188684 A	16-08-1991
			JP 3370663 B2	27-01-2003
US 6285029	B1	04-09-2001	NONE	
US 2002158207	A1	31-10-2002	GB 2352084 A	17-01-2001
			US 6410922 B1	25-06-2002
			US 2003183770 A1	02-10-2003
			AU 6688600 A	30-01-2001
			WO 0104962 A2	18-01-2001
			US 6215123 B1	10-04-2001
EP 1045450	A	18-10-2000	US 6586812 B1	01-07-2003
			EP 1045450 A2	18-10-2000
			JP 2000340780 A	08-12-2000
			US 2003107100 A1	12-06-2003
WO 0072386	A	30-11-2000	FR 2793954 A1	24-11-2000
			EP 1186058 A1	13-03-2002
			WO 0072386 A1	30-11-2000
			US 6734431 B1	11-05-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001077

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01T1/24

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01T H01L

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

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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 415 541 A (SHIMADZU CORP) 6. März 1991 (1991-03-06)	1, 3, 5-8, 10, 11, 15, 17, 21, 22, 25, 27, 29
Y	das ganze Dokument	2, 4, 12, 14, 18-20, 23, 24
X	--- US 6 285 029 B1 (EL-HANANY URI ET AL) 4. September 2001 (2001-09-04) Spalte 2, Zeile 43 - Spalte 4, Zeile 60 Spalte 6, Zeile 13 - Zeile 23 Spalte 10, Zeile 12 - Zeile 40 Abbildungen 2A, 4 --- -/-	1, 9, 13, 16, 26, 28

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. September 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

30/09/2004

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Coda, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001077

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/158207 A1 (HEIKKINEN HANNELE ET AL) 31. Oktober 2002 (2002-10-31) Seite 1, Absatz 12 -Seite 3, Absatz 38 Seite 3, Absatz 44 -Seite 4, Absatz 67 ----	1,8,17
Y	EP 1 045 450 A (AGILENT TECHNOLOGIES INC) 18. Oktober 2000 (2000-10-18) Spalte 4, Absatz 19 - Absatz 20 Spalte 5, Absatz 26 Spalte 6, Absatz 35 -----	2,4,14, 18-20,23
Y	WO 00/72386 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE ;GLASSER FRANCIS (FR)) 30. November 2000 (2000-11-30) Ansprüche 1,7 -----	12,24

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001077

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0415541	A	06-03-1991	DE 69013104 D1	10-11-1994
			DE 69013104 T2	23-03-1995
			EP 0415541 A1	06-03-1991
			JP 3188684 A	16-08-1991
			JP 3370663 B2	27-01-2003
US 6285029	B1	04-09-2001	KEINE	
US 2002158207	A1	31-10-2002	GB 2352084 A	17-01-2001
			US 6410922 B1	25-06-2002
			US 2003183770 A1	02-10-2003
			AU 6688600 A	30-01-2001
			WO 0104962 A2	18-01-2001
			US 6215123 B1	10-04-2001
EP 1045450	A	18-10-2000	US 6586812 B1	01-07-2003
			EP 1045450 A2	18-10-2000
			JP 2000340780 A	08-12-2000
			US 2003107100 A1	12-06-2003
WO 0072386	A	30-11-2000	FR 2793954 A1	24-11-2000
			EP 1186058 A1	13-03-2002
			WO 0072386 A1	30-11-2000
			US 6734431 B1	11-05-2004