



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 028 449 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.08.2000 Patentblatt 2000/33

(51) Int. Cl.⁷: **H01J 35/08**

(21) Anmeldenummer: **00200428.1**

(22) Anmeldetag: **03.02.2000**

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

(30) Priorität: **12.02.1999 DE 19905802**

(71) Anmelder:
• **Philips Corporate Intellectual Property GmbH
52064 Aachen (DE)**

• **Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven (NL)**

(72) Erfinder: **Harding, Geoffrey
52064 Aachen (DE)**

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

(54) **Röntgenröhre**

(57) Es wird eine Röntgenröhre mit einer Einrichtung zur Erzeugung und Fokussierung eines Elektronenstrahls (5) auf ein Targetmaterial beschrieben. Ausgehend von der Problematik einer unzulässigen Erhitzung der Anode (3) bei einer Steigerung der Elektronenstrahldichte dient erfindungsgemäß ein gasförmiges, in einer Kammer (6) eingeschlossenes Targetmaterial zur Erzeugung der Röntgenstrahlung, das wesentlich stärker erhitzt werden kann, ohne daß die Anode beschädigt wird.

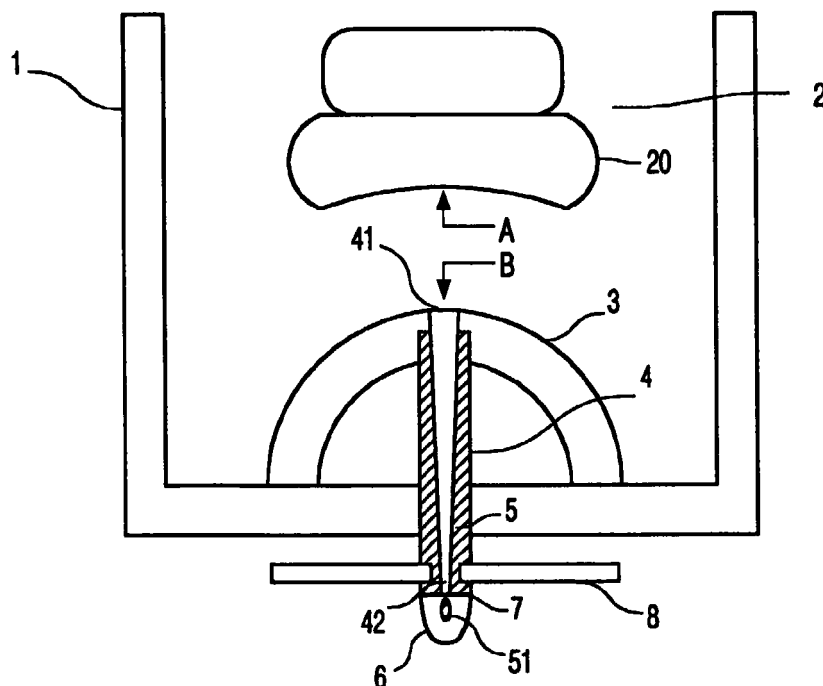


FIG. 1

EP 1 028 449 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Röntgenröhre mit einer Einrichtung zur Erzeugung und Fokussierung eines Elektronenstrahls auf ein Target.

[0002] Eine Röntgenröhre dieser Art ist zum Beispiel aus der DE 195 44 203 bekannt. Die mit einer Elektronenquelle (Kathode) erzeugten Elektronen werden in Richtung auf eine Anode beschleunigt und treten dort in einen sich konisch verengenden Durchtrittskanal ein, an dessen Ausgang sich das Target befindet. Der Elektronenstrahl wird durch diese Anordnung mit einem sehr kleinen Fokus und einer relativ hohen Elektronendichte auf das Target gerichtet, so daß Röntgenstrahlen mit hohem Wirkungsgrad erzeugt werden.

[0003] Eine mit dieser Anordnung an sich mögliche, erhebliche Steigerung der Röntgenstrahldichte (das heißt der Anzahl der pro Flächeneinheit des Targets emittierten Photonen) im Vergleich zu bekannten Röntgenröhren wird jedoch durch die damit verbundene Erhöhung der Anodentemperatur begrenzt. Wenn diese Temperatur nämlich in den Bereich der Schmelztemperatur des Anodenmaterials gelangt, steigt der Dampfdruck an, so daß elektrische Entladungen zwischen Anode und Kathode auftreten können.

[0004] Weiterhin vermindert sich die thermische Leitfähigkeit der Anode mit steigender Temperatur. Dies führt wiederum dazu, daß die Wärmeleitung von dem Elektronen-Brennpunkt in und durch das Anodenmaterial geringer wird und die Temperatur im Brennpunkt weiter ansteigt, so daß die Schmelztemperatur des Anodenmaterials noch schneller erreicht und überschritten werden kann. Eine Zerstörung der Anodenoberfläche ist dann die unmittelbare Folge. Aus diesen Gründen muß sichergestellt sein, daß die Brennpunktstemperatur bei Röntgenröhren dieser Art etwa 1500°C nicht übersteigt, so daß in wesentlichem Maße auf die an sich mögliche weitere Steigerung der Röntgenstrahldichte verzichtet werden muß.

[0005] Da eine Verminderung der Anodentemperatur durch Strahlungskühlung infolge der elektromagnetischen Emission aus der Anode praktisch keine Rolle spielt, besteht nur die Möglichkeit, entweder die Anode zum Beispiel mit einem Kühlmittel (Wasser o.ä.) zu kühlen, oder diese ständig zu drehen, so daß der betreffende Bereich in dem Elektronen-Brennpunkt nur für eine relativ kurze Zeit erwärmt wird und sich dann wieder abkühlen kann.

[0006] Durch diese Maßnahme kann die Brennpunktstemperatur auf etwa 2200°C gesteigert werden, ohne daß die Anode beschädigt wird. Da die durch thermische Emission abgestrahlte Energie proportional zu der vierten Potenz der Anoden-Oberflächentemperatur ist, arbeiten solche Röhren mit sich drehender Anode im wesentlichen mit einer Strahlungskühlung. Die genannten Maßnahmen sind allerdings entweder relativ aufwendig oder nur von begrenzter Wirkung.

[0007] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe

zugrunde, eine Röntgenröhre der eingangs genannten Art zu schaffen, mit der eine wesentlich höhere Röntgenstrahldichte erzeugt werden kann.

[0008] Gelöst wird diese Aufgabe gemäß Anspruch 1 bei einer solchen Röntgenröhre dadurch, daß das Target ein zumindest im Betriebszustand der Röntgenröhre gas- oder dampfförmiges Material enthält, das unter Überdruck in einer für Elektronen- und Röntgenstrahlung zumindest teilweise durchlässigen Kammer eingeschlossen ist.

[0009] Indem nun das Target von der Anode getrennt und weitgehend thermisch isoliert ist, kann die Elektronendichte im Brennpunkt des Elektronenstrahls wesentlich erhöht werden, so daß auch eine wesentlich höhere Röntgenstrahldichte erzielbar ist, ohne daß die Anodentemperatur unzulässig hohe Werte annimmt.

[0010] Als Material könnte dabei in der Kammer ein Edelgas mit einer ausreichend hohen Ordnungszahl vorhanden sein, z.B. Xenon, das sowohl im Betriebszustand als auch in den Betriebspausen gasförmig ist. Anspruch 2 beschreibt demgegenüber die Verwendung eines Schwermetalls, das in den Betriebspausen (d.h. bei etwa Zimmertemperatur) fest oder flüssig sein kann, und das sich im Betriebszustand (d.h. bei vergleichsweise hohen Temperaturen) in einem dampfförmigen Aggregatzustand befindet. Eine vorteilhafte Ausgestaltung ist in Anspruch 3 angegeben.

[0011] Das Eintrittsfenster gemäß Anspruch 4 und insbesondere dessen Dimensionierung gemäß Anspruch 5 hat den Vorteil, daß einerseits die hindurchtretenden Elektronen einen Energieverlust von nur etwa fünf Prozent erleiden, und daß andererseits das Fenster Druckdifferenzen von bis zu 100 bar standhalten kann.

[0012] Eine Beschichtung des Eintrittsfensters gemäß Anspruch 6 oder 7 hat den Vorteil, daß es auch bei einer eventuellen unbeabsichtigten Erhöhung des Betriebsdruckes innerhalb der Kammer durch das Hochtemperatur-Plasma nicht angegriffen und eingetrübt wird.

[0013] Die Verwendung von Quecksilber mit der in Anspruch 8 genannten Menge hat einen besonders guten Wirkungsgrad zur Folge.

[0014] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform anhand der Zeichnung. Es zeigt:

Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch eine solche Ausführungsform;

Fig. 2 eine Ansicht gemäß Pfeil A in Figur 1 und

Fig. 3 eine Ansicht gemäß Pfeil B in Figur 1.

[0015] Eine Röntgenröhre 1 weist gemäß Figur 1 eine Kathode 2 und eine Anode 3 auf. Die Kathode umfaßt im wesentlichen den Katodenkopf 20 mit einem Heizfaden 21 (Fig. 2), der durch eine Stromversorgungseinrichtung (nicht dargestellt) mit einem entsprechenden Heizstrom beaufschlagt wird. Die der Kathode

2 gegenüberliegende Anode 3 ist im wesentlichen halbkreisförmig, so daß zwischen der Kathode 2 und der Anode 3 ein radiales elektrisches Feld erzeugt wird.

[0016] Durch die Anode 3 verläuft ein Kanal 4 mit einer Eintrittsöffnung 41 für die Elektronen, die der Kathode 2 gegenüberliegt. Der Kanal 4 ist mit seiner Austrittsöffnung 42 auf ein Diamantfenster 7 einer Kammer 6 gerichtet, die das Target enthält.

[0017] Die Eintrittsöffnung 41 des Kanals 4 ist größer, als die Austrittsöffnung 42. Der Kanal verengt sich in Richtung auf die Austrittsöffnung (konischer Verlauf) und ist vorzugsweise derart angeordnet und ausgebildet, daß die in den Kanal eintretenden Elektronen unter einem Winkel von maximal 1° auf eine Oberfläche des Kanals treffen. In diesem Fall werden die Elektronen elastisch in Richtung auf die Austrittsöffnung 42 reflektiert, ohne daß durch diesen Aufprall bereits Röntgenstrahlung erzeugt wird und wesentliche Energieverluste auftreten. Auch dies trägt dazu bei, den Wirkungsgrad der Röntgenröhre zu erhöhen, da auch diejenigen Elektronen, die eine zu dem Heizfaden der Kathode tangential Geschwindigkeitskomponente aufweisen, in den Brennpunkt 51 gestreut werden.

[0018] Das Diamantfenster 7 der Kammer 6 hat vorzugsweise einen freien Durchmesser von 1 mm und eine Dicke von etwa $10\ \mu\text{m}$. Es ist bekannt (siehe Tabellen des Energieverlustes und der Reichweiten von Elektronen und Positionen in M.J. Berger und S.M. Seltzer, NBS/NSS Report 39, 1964), daß Elektronen mit einer Energie von etwa 200 keV beim Hindurchtreten durch ein solches Fenster einen Energieverlust von nur etwa 5% erleiden. Da ferner das Diamantmaterial eine niedrige Ordnungszahl ($Z = 6$) hat, werden die Elektronen beim Hindurchtreten durch das Fenster nur mit sehr kleinen Winkeln gestreut so daß der Elektronenstrahl im wesentlichen unbeeinflusst in die Kammer 6 eintritt.

[0019] Im Bereich der Austrittsöffnung 42 des Kanals 4 befindet sich schließlich eine Kühleinrichtung 8.

[0020] Im Betriebszustand emittiert die Kathode 2 in bekannter Weise Elektronen, die in dem radialen elektrischen Feld der Anode in Richtung auf diese beschleunigt werden und durch die Eintrittsöffnung 41 in den Kanal 4 eintreten. Der Kanal 4 wirkt als Kollimator und konzentriert die Elektronen in Form eines Elektronenstrahl 5 in einen Brennpunkt 51. Dieser Brennpunkt liegt innerhalb der Kammer 6, so daß das dort befindliche Targetmaterial (zum Beispiel Quecksilber) verdampft und der Druck in der Kammer bei der Betriebstemperatur der Röntgenröhre im wesentlichen dem in einer Hochdruck-Gasentlastungslampe (etwa 50 bar) entspricht.

[0021] Die Weglänge der Elektronen beträgt in einem Quecksilberdampf mit einem Druck von 50 bar mehrere Millimeter. Somit entsteht direkt hinter dem Diamantfenster ein linienartiger Brennpunkt mit einer Länge von etwa 5 mm in Ausbreitungsrichtung der Elektronen und einer Breite von etwa 2 mm senkrecht dazu.

[0022] Der Betriebsdruck innerhalb der Kammer 6 sollte unter Berücksichtigung folgender Randwerte optimiert werden: wenn der Druck zu niedrig ist, diffundieren die Elektronen zu weit aus dem Brennpunktsbereich heraus, so daß der Brennpunkt relativ groß wird. Wenn der Druck andererseits zu hoch ist, liegt die Innenseite des Diamantfensters zu nahe an dem Hochtemperatur-Plasma, so daß sie möglicherweise davon angegriffen wird und eine Umwandlung in Kohlenstoff auftritt. Der Betriebsdruck sollte also zwischen diesen beiden Werten liegen.

Als zusätzliche Maßnahme kann das Diamantfenster auch mit einer oder mehreren dünnen Metallschichten zum Beispiel aus Titan und/oder Platin beschichtet werden, um auf diese Weise einen Schutz vor dem Plasma zu schaffen.

[0023] Figur 2 zeigt eine Draufsicht auf die Kathode 2 gemäß Pfeil "A" in Figur 1 und läßt den eigentlichen Heizfaden 21 erkennen. In Figur 3 ist schließlich eine Draufsicht auf die Anode 3 gemäß Pfeil "B" gezeigt, in deren Zentrum die Eintrittsöffnung 41 des Kanals 4 liegt.

[0024] Mit der erfindungsgemäßen Röntgenröhre kann eine wesentlich höhere Röntgenstrahldichte erzielt werden, ohne daß die Anode auf unzulässig hohe Werte erhitzt wird. Die in der Kammer 6 entstehende Wärme wird ausschließlich durch Strahlungskühlung abgeführt.

Patentansprüche

1. Röntgenröhre mit einer Einrichtung zur Erzeugung und Fokussierung eines Elektronenstrahls auf ein Target, dadurch gekennzeichnet, daß das Target ein zumindest im Betriebszustand der Röntgenröhre gas- oder dampfförmiges Material enthält, das unter Überdruck in einer für Elektronen- und Röntgenstrahlung zumindest teilweise durchlässigen Kammer (6) eingeschlossen ist.
2. Röntgenröhre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Target ein Schwermetall enthält.
3. Röntgenröhre nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Schwermetall Quecksilber ist, dessen Menge so gewählt ist, daß es unter Einwirkung des Elektronenstrahls (5) verdampft und ein Gas mit einem Druck von etwa 50 bar bildet.
4. Röntgenröhre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammer (6) aus Quarzglas ist und ein Eintrittsfenster (7) für den Elektronenstrahl (5) aus Diamant aufweist.
5. Röntgenröhre nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, daß das Eintrittsfenster (7) eine Dicke von etwa 10 µm und einen Durchmesser von etwa 10 mm aufweist.

6. Röntgenröhre nach Anspruch 4, 5
dadurch gekennzeichnet, daß das Eintrittsfenster (7) mit mindestens einer Metallschicht beschichtet ist.
7. Röntgenröhre nach Anspruch 6, 10
dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschicht Titan oder Platin enthält.
8. Röntgenröhre nach Anspruch 1, 15
dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Erzeugung und Fokussierung eines Elektronenstrahls eine Kathode (2) und eine Anode (3) mit einem konischen Durchtrittskanal (4) aufweist, dessen der Kathode zugewandte Eintrittsöffnung (41) größer ist als seine Austrittsöffnung (42), und der 20
so angeordnet und ausgebildet ist, daß die Elektronen unter einem Winkel von maximal etwa 1 Grad auf eine Oberfläche des Durchtrittskanals (4) treffen.

25

30

35

40

45

50

55

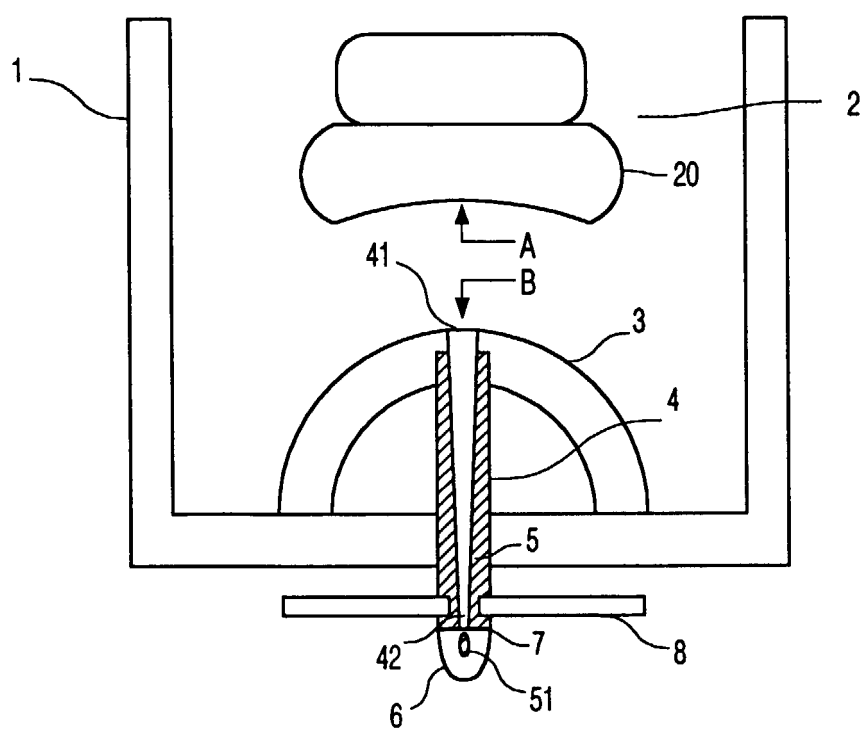


FIG. 1

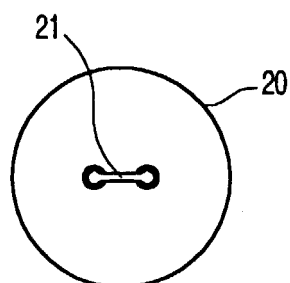


FIG. 2

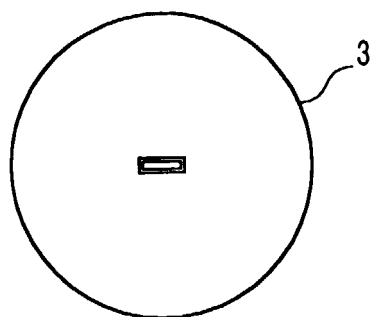


FIG. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 20 0428

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
Y	EP 0 777 255 A (PHILIPS PATENTVERWALTUNG ;PHILIPS ELECTRONICS NV (NL)) 4. Juni 1997 (1997-06-04) * Anspruch 1 *	1	H01J35/08
A,D	& DE 195 44 203 A		
Y	J.A.BEARDEN ET AL.: "design of a mercury vapor target x-ray tube" THE REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, Bd. 35, Nr. 12, Dezember 1964 (1964-12), Seiten 1681-1683, XP002133830 * Seite 1681 - Seite 1683 *	1	
P,A	EP 0 957 506 A (PHILIPS PATENTVERWALTUNG ;KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV (NL)) 17. November 1999 (1999-11-17) * Ansprüche 1-4 *	1,2	
A	EP 0 239 882 A (SIEMENS AG) 7. Oktober 1987 (1987-10-07) * Ansprüche 1-4 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
A	US 2 665 390 A (M.J.ZUNICK ET AL.) 5. Januar 1954 (1954-01-05) * Anspruch 1 *	1	H01J
A	US 1 946 336 A (C.G. SMITH) 6. Februar 1934 (1934-02-06) * Seite 2, Zeile 1-11; Anspruch 1 *		
A	FR 741 148 A (TELLEZ-PLASENCIA) 4. Februar 1933 (1933-02-04) *résumé*	1	
A	US 4 538 291 A (IWAMATSU SEIICHI) 27. August 1985 (1985-08-27) * Ansprüche 1,4,5 *	1,4	
		-/-	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28. März 2000	Prüfer Van den Bulcke, E
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1608 03.02 (P04003)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 20 0428

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	SU 1 368 924 A (UNIV VORONEZH) 23. Januar 1988 (1988-01-23) *Zusammenfassung*	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 115 (E-247), 29. Mai 1984 (1984-05-29) & JP 59 029331 A (FUJITSU KK), 16. Februar 1984 (1984-02-16) * Zusammenfassung *	1	
A	US 2 923 852 A (F.R.SCOTT ET AL.) 2. Februar 1960 (1960-02-02)		
A	DE 890 246 C (H.CHANTRAINE)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28. März 2000	
		Prüfer Van den Bulcke, E	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1803 03/88 (P04008)

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

EP 00 20 0428

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 Daten des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-03-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0777255	A	04-06-1997	DE	19544203 A	05-06-1997
			JP	9171788 A	30-06-1997
EP 0957506	A	17-11-1999	DE	19821939 A	18-11-1999
			JP	11339702 A	10-12-1999
EP 0239882	A	07-10-1987	US	4737647 A	12-04-1988
			AT	50378 T	15-02-1990
			JP	62234854 A	15-10-1987
US 2665390	A	05-01-1954	GB	714470 A	
			NL	88347 C	
			NL	171866 B	
US 1946336	A	06-02-1934	KEINE		
FR 741148	A	04-02-1933	DE	616288 C	
US 4538291	A	27-08-1985	JP	1620078 C	30-09-1991
			JP	2043319 B	27-09-1990
			JP	58158842 A	21-09-1983
			JP	1303627 C	28-02-1986
			JP	58080249 A	14-05-1983
			JP	60028104 B	03-07-1985
			JP	1692489 C	27-08-1992
			JP	3054423 B	20-08-1991
			JP	58080250 A	14-05-1983
SU 1368924	A	23-01-1988	KEINE		
JP 59029331	A	16-02-1984	KEINE		
US 2923852	A	02-02-1960	KEINE		
DE 890246	C		KEINE		

EPO FORM P0461

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