



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

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

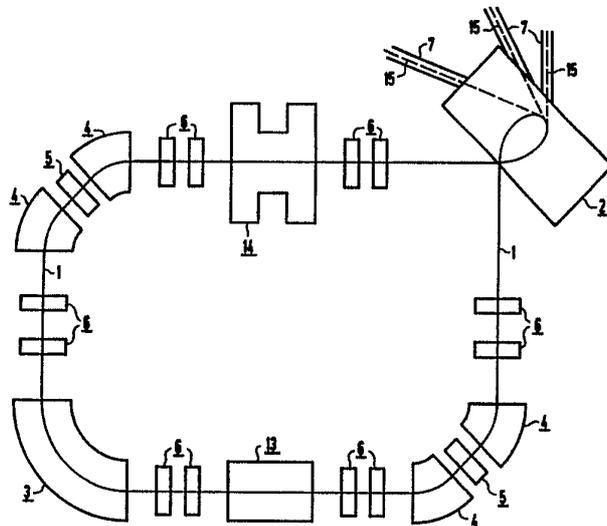
<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>5</sup> : <b>H05H 13/04, 7/04</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 92/03028</b> (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>20. Februar 1992 (20.02.92)</b></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE90/00605 (22) Internationales Anmeldedatum: 6. August 1990 (06.08.90) (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : ANTON, Frank [DE/DE]; Florastr. 2, D-5300 Bonn (DE). JAHNKE, Andreas [DE/DE]; Don-Bosco-Str. 1, D-8550 Forchheim (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-8000 München 22 (DE).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent)*, DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.  Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>

(54) Title: SYNCHROTRON RADIATION SOURCE

(54) Bezeichnung: SYNCHROTRONSTRAHLUNGSQUELLE

(57) Abstract

The invention relates to a synchrotron radiation source with a beam guidance system to accelerate and store an electron or positron particle beam on a closed orbit (1), whereby, to generate the synchrotron radiation (15), the beam guidance system has at least one achromatic mirror magnet (2) made up of superconducting windings (8, 9) and in which the orbit (1) is deflected through about 270°. Other parts of the beam guidance system like bending (3, 4) and focussing (5, 6) magnets need not necessarily consist of superconducting components. The synchrotron radiation source of the invention makes it possible to use all the advantages of superconductors while largely avoiding their drawbacks since the use of superconducting components is restricted to the components specifically designed to generate the synchrotron radiation (15).



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Synchrotronstrahlungsquelle mit einem Strahlführungssystem zur Beschleunigung und Speicherung eines Teilchenstrahls aus Elektronen oder Positronen auf einer geschlossenen Bahn (1), wobei das Strahlführungssystem zur Erzeugung der Synchrotronstrahlung (15) mindestens einen etwa achromatischen Spiegelmagneten (2) aufweist, der aus supraleitfähigen Wicklungsanordnungen (8, 9) gebildet ist und in dem die Bahn (1) um etwa 270° gekrümmt ist. Weitere Bestandteile des Strahlführungssystems wie Ablenkmagnete (3; 4) und Fokussierungsmagnete (5; 6) müssen nicht unbedingt aus supraleitfähigen Komponenten aufgebaut sein. Die erfindungsgemäße Synchrotronstrahlungsquelle gestattet die Nutzung sämtlicher Vorteile der Supraleiter unter weitestgehender Vermeidung der damit verbundenen Nachteile, da die Verwendung supraleitender Komponenten auf die speziell auf die Erzeugung der Synchrotronstrahlung (15) zugeschnittenen Bestandteile beschränkbar ist.

\* Siehe Rückseite

**\* BENENNUNGEN VON "DE"**

Bis auf weiteres hat jede Benennung von "DE" in einer internationalen Anmeldung, deren internationaler Anmeldetag vor dem 3. Oktober 1990 liegt, Wirkung im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland mit Ausnahme des Gebietes der früheren DDR.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MN	Mongolei
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BJ	Benin	GR	Griechenland	PL	Polen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU <sup>+</sup>	Soviet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE*	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

+ Es ist noch nicht bekannt, für welche Staaten der früheren Sowjetunion eine Benennung der Sowjetunion gilt.

## 1 Synchrotronstrahlungsquelle

Die Erfindung betrifft eine Synchrotronstrahlungsquelle mit einem Strahlführungssystem zur Beschleunigung und Speicherung  
5 eines Teilchenstrahls aus Elektronen oder Positronen auf einer geschlossenen Bahn.

Synchrotronstrahlungsquellen dieser Art, wobei unter anderem aus supraleitfähigen Wicklungsanordnungen gebildete Magneten  
10 verwendet werden, sind nicht nur für vielerlei Anwendungen in der physikalischen Forschung bestimmt, sondern sie werden auch als Röntgenquellen zu Zwecken der Lithographie, insbesondere bei der Halbleiterchipherstellung, eingesetzt.

15 Die Synchrotronstrahlung entsteht dann, wenn ein Teilchenstrahl aus Elektronen oder Positronen von einer geraden Bahn abgelenkt wird. In der Regel wird der Teilchenstrahl in einem Strahlführungssystem auf einer geschlossenen Bahn geführt (gespeichert), und es wird die Synchrotronstrahlung verwendet,  
20 die in den zur Krümmung der Bahn notwendigen Ablenkmagneten entsteht. Für besonders effiziente Erzeugung von Synchrotronstrahlung sollte die Bahn mit möglichst kleinem Krümmungsradius gekrümmt sein; dazu sind relativ hohe Magnetfelder erforderlich, die in wirtschaftlicher Weise  
25 praktisch nur mit supraleitfähigen Magneten erzeugbar sind.

Synchrotronstrahlungsquellen mit supraleitfähigen Magneten werden z. B. in der EP-C-0 208 163, der EP-A-0 277 521 sowie der DE-A-31 48 100 beschrieben. Im einfachsten Fall, siehe  
30 DE-A-31 48 100, besteht die Synchrotronstrahlungsquelle aus einem Elektronen-Speicherring mit supraleitfähigem Magnetsystem. Eine derartige Synchrotronstrahlungsquelle ist besonders kompakt, jedoch ist die tatsächliche Realisierung aufgrund der sehr beengten Platzverhältnisse schwierig.  
35 Entsprechend wird in der EP-A-0 208 163 vorgeschlagen, das Strahlführungssystem für den Elektronenstrahl nicht ringförmig

- 1 auszubilden, sondern zwei beabstandet voneinander angeordnete  
supraleitende Ablenkmagnete vorzusehen, wodurch die  
Teilchenbahn eine "Rennbahn"-Form erhält mit zwei geraden  
Bahnabschnitten, in denen Einrichtungen zur Beschleunigung  
5 sowie zur Injektion und/oder Extraktion der Teilchen angeordnet  
werden können. Weiterbildungen einer derartigen Synchrotron-  
strahlungsquelle sind beispielsweise der EP-A-0 277 521  
entnehmbar.
- 10 Der DE-A-31 48 100 und der EP-A-0 277 521 sind auch Hinweise  
zur Ausbildung einer Synchrotronstrahlungsquelle zur Verwendung  
bei Prozessen wie Röntgenlithographie und Röntgenmikroskopie,  
insbesondere unter dem Aspekt der Wahl der Energie der  
einzuspeichernden Teilchen und der entsprechenden Auslegung der  
15 Magnete, zu entnehmen. Speziell die Verwendung von Synchrotron-  
strahlungsquellen zur Herstellung integrierter Schaltkreise  
oder dergleichen mit Strukturen im Submikrometerbereich ist ein  
wichtiges industrielles Anwendungsgebiet.
- 20 Als unter Umständen nachteilig an den bekannten Konfigurationen  
ist die problematische Handhabung der supraleitenden Magneten  
zu sehen; einerseits sind an die mechanische Auslegung der  
Magneten höchste Anforderungen zu stellen, was entsprechend  
hohe Herstellungskosten nach sich zieht, und andererseits ist  
25 die Beaufschlagung supraleitender Magnete mit zeitlich vari-  
ierendem Strom (wie z. B. erforderlich bei der Beschleunigung  
eines Teilchenstrahls auf eine vorgegebene Energie), unter  
anderem aufgrund der dabei entstehenden Wirbelströme in den  
Haltestrukturen der Magnete, sehr schwierig. Darüber hinaus ist  
30 es in der Regel wünschenswert, in einem Strahlführungssystem  
zur Speicherung eines Teilchenstrahls Einrichtungen zur  
Fokussierung des Teilchenstrahls vorzusehen, um gute  
Strahleigenschaften über längere Zeiträume hinweg zu sichern  
und Intensitätsverluste nach Möglichkeit zu vermeiden. Aus der  
35 GB-A-2 015 821 geht ein Strahlführungssystem hervor, das mit  
vier achromatischen Ablenkmagneten aufgebaut ist und keinerlei

1 Fokussierungseinrichtungen enthält. Achromatische  
Ablenkmagnete, die auch als Spiegelmagnete bezeichnet werden  
können, werden z. B. beschrieben in dem Aufsatz "Achromatic  
Magnetic Mirror for Ion Beams" von H. A. Enge, Rev. Sci.  
5 Instr. 34 (1963) 385. Ein Strahlführungssystem gemäß der  
GB-A-2 015 821 ist zur Speicherung eines Teilchenstrahls über  
längere Zeiträume hinweg nicht geeignet; der Teilchenstrahl  
geht nach wenigen Umläufen in dem Strahlführungssystem  
verloren, wenn er vorher nicht zur Weiterleitung extrahiert  
10 wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer  
Synchrotronstrahlungsquelle mit einem Strahlführungssystem, das  
sowohl die Beschleunigung als auch die längerfristige  
15 Speicherung eines Teilchenstrahls aus Elektronen oder  
Positronen erlaubt und in dem die Verwendung supraleitender  
Magnete weitestgehend einschränkbar ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird eine Synchrotronstrahlungsquelle  
20 angegeben, die ein Strahlführungssystem zur Speicherung eines  
Teilchenstrahls aus Elektronen oder Positronen auf einer  
geschlossenen Bahn aufweist, wobei das Strahlführungssystem  
mindestens einen etwa achromatischen Spiegelmagneten enthält,  
der aus supraleitfähigen Wicklungsanordnungen gebildet ist und  
25 in dem die Bahn um etwa  $270^\circ$  gekrümmt ist.

Gemäß der Erfindung kann die Verwendung von Supraleitern  
beschränkt werden auf diejenigen Komponenten des  
Strahlführungssystems, die speziell zum Zwecke der  
30 Synchrotronstrahlungserzeugung vorgesehen sind; konkret enthält  
die erfindungsgemäße Synchrotronstrahlungsquelle zumindest  
einen Spiegelmagneten, der Wicklungsanordnungen aus  
supraleitfähigen Strängen aufweist und in dem die Bahn um etwa  
 $270^\circ$  gekrümmt ist, wobei sie sich selbst in einem  
35 Kreuzungspunkt kreuzt, dessen Lage weitgehend unabhängig von  
der Energie des die Bahn durchlaufenden Teilchenstrahls ist

1 (diese Eigenschaft begründet das Attribut "achromatisch").  
Während der Beschleunigung eines in das Strahlführungssystem  
injizierten Teilchenstrahls auf eine vorgegebene Endenergie  
braucht der einen achromatischen Spiegelmagneten durchsetzende  
5 elektrische Strom nicht verändert zu werden; beim Betrieb einer  
erfindungsgemäßen Synchrotronstrahlungsquelle können daher im  
wesentlichen alle Probleme vermieden werden, die mit der  
Veränderung der magnetischen Erregung eines supraleitenden  
Magneten verbunden sind. Durch den großen Ablenkwinkel des  
10 Spiegelmagneten von  $270^\circ$  ergibt sich ein großer Winkelbereich,  
in den die erzeugte Synchrotronstrahlung abgestrahlt wird;  
mithin kann eine Synchrotronstrahlungsquelle gemäß der  
Erfindung von vielen Benutzern gleichzeitig in Anspruch  
genommen werden.

15

Das übrige Strahlführungssystem einer erfindungsgemäßen  
Synchrotronstrahlungsquelle kann in konventioneller Technik  
aufgebaut werden, wobei Ablenkmagnete (Dipole) und  
Fokussierungsmagnete (Quadrupole) entsprechend einschlägiger  
20 Kenntnis beliebig miteinander kombiniert werden können. Dabei  
ist es unter Umständen vorteilhaft, den minimalen  
Krümmungsradius jedes Ablenkmagneten größer zu wählen als den  
minimalen Krümmungsradius des Spiegelmagneten; damit wird die  
Erzeugung von Synchrotronstrahlung in den Ablenkmagneten  
25 reduziert. Dies bedeutet eine Verringerung der Anforderungen an  
die Leistungsfähigkeit der in dem Strahlführungssystem  
vorzusehenden Beschleunigungseinrichtungen, die den durch die  
Erzeugung der Synchrotronstrahlung bedingten Energieverlust in  
den umlaufenden Strahlen kompensieren müssen, und auch kleinere  
30 Anforderungen an die aus Strahlenschutzgründen erforderlichen  
Abschirmungen der Ablenkmagnete.

In günstiger Weiterbildung der Erfindung ist das in dem  
Spiegelmagnet erzeugbare Magnetfeld gekennzeichnet durch einen  
35 Feldindex, der zwischen etwa 0,8 und etwa 1,5 liegt. Das  
Magnetfeld in einem Spiegelmagneten ist entlang einer ersten

1 Richtung konstant, und es ist veränderlich in einer zweiten  
Richtung senkrecht zur ersten Richtung derart, daß es zu einer  
bestimmten Potenz der Eindringtiefe, gemessen entlang der  
zweiten Richtung vom Eintrittspunkt an, proportional ist. Der  
5 Feldindex ist dabei der diese Potenz bezeichnende Exponent -  
weitere Ausführungen hierzu sind dem erwähnten Aufsatz von H.  
A. Enge zu entnehmen. Mit einem Feldindex der genannten Größe  
sind die Eigenschaften der Achromatizität am günstigsten  
erzielbar; insbesondere kann mit einem solchen Feldindex ein  
10 vollkommen afokaler Spiegelmagnet erhalten werden.

Günstig ist es weiterhin, den Spiegelmagneten so auszulegen,  
daß die Bahn in dem Spiegelmagneten um  $270^\circ$  gekrümmt wird.

15 Vorteilhaft ist es weiterhin im Rahmen sämtlicher Ausgestaltung  
der Erfindung, den Spiegelmagneten mit mindestens einem  
Strahlrohr zur Auskopplung der Synchrotronstrahlung zu  
versehen. Mittels eines solchen Strahlrohrs kann die  
Synchrotronstrahlung sicher aus der Synchrotronstrahlungsquelle  
20 zu ihrem Bestimmungsort geführt werden.

Synchrotronstrahlung zur Verwendung im Rahmen der  
Röntgenlithographie und dergleichen wird günstigerweise  
erzeugt von einem Teilchenstrahl, der aus Elektronen oder  
25 Positronen mit kinetischer Energie zwischen jeweils etwa 400  
MeV und etwa 2000 MeV erzeugt wird.

Als untere Grenze für den Krümmungsradius eines nicht speziell  
zur Erzeugung von Synchrotronstrahlung bestimmten  
30 Ablenkmagneten im Rahmen einer Synchrotronstrahlungsquelle für  
Zwecke der Röntgenlithographie oder dergleichen ist ein Wert  
von etwa 1 m zu nennen. Durch ausreichend hohe Krümmungsradien  
kann die in den Ablenkmagneten erzeugte Synchrotronstrahlung  
auf einer insbesondere aus Strahlenschutzgründen unbedenklichen  
35 Intensität gehalten werden, so daß durch einfache  
Abschirmmaßnahmen ein wirksamer Strahlenschutz erzielbar ist.

- 1 Selbstverständlich ergeben sich durch Ablenkmagnete mit großen Krümmungsradien gewisse Einbußen an die Kompaktheit der Synchrotronstrahlungsquelle; zur Anpassung des Strahlführungssystems an konkrete räumliche Gegebenheiten (unter Umständen  
5 eine dreidimensionale Strahlführung) steht jedoch eine Fülle gestalterischer Möglichkeiten zur Verfügung, die im Rahmen vollständig supraleitender Synchrotronstrahlungsquellen in solcher Freiheit praktisch unrealisierbar wären.
- 10 In günstiger Ausbildung der Erfindung unterbleibt in dem Spiegelmagneten die Verwendung ferromagnetischer Joche im Bereich der gekrümmten Teilchenbahn im Inneren des Spiegelmagneten, und es werden ferromagnetische Bauteile  
15 Bauteile zeigen bereits in moderat hohen Magnetfeldern deutliche Sättigungserscheinungen, so daß die Magnetfeldstärke in Anordnungen mit solchen Bauteilen auf Werte von höchstens etwa 2 Tesla beschränkt werden muß; die Auslegung eines Spiegelmagneten ohne ferromagnetische Bestandteile ermöglicht  
20 besonders hohe Felder, damit besonders kleine Krümmungsradien und besonders hohe Ausbeute an Synchrotronstrahlung.

Die weitere Erläuterung der Erfindung erfolgt anhand der in der  
25 Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele. Im einzelnen zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung der Synchrotronstrahlungsquelle nach der Erfindung;  
Figur 2 und Figur 3 Skizzen zur Auslegung der  
30 Wicklungsanordnungen in einem Spiegelmagneten zur Verwendung gemäß der Erfindung.

Figur 1 zeigt schematisiert die Gesamtauslegung der erfindungsgemäßen Synchrotronstrahlungsquelle. Die Bahn 1,  
35 entlang der die zu beschleunigenden und/oder zu speichernden Elektronen oder Positronen sich bewegen, wird bestimmt durch

- 1 die verschiedenen Komponenten des Strahlführungssystems. Zu dem  
Strahlführungssystem gehören insbesondere der Spiegelmagnet 2,  
in dem die Teilchenbahn um  $270^\circ$  abgelenkt und in einer Schleife  
geführt wird, sowie Ablenkmagnete 3, 4 und Fokussierungsmagnete  
5, 6. Die Ablenkmagnete 3, 4 produzieren im wesentlichen  
magnetische Dipolfelder zur Krümmung der Bahn 1; sie können  
ausgeführt werden sowohl als einteilige Ablenkmagnete 3 als  
auch als Kombinationen mehrerer Ablenkmagnete 4, wobei  
gegebenenfalls besondere Fokussierungsmagnete 5 hinzukombiniert  
10 werden können. Die Auswahl der Ablenkmagnete 3, 4 ist den  
jeweiligen Erfordernissen des Einzelfalls anzupassen; dabei  
kann über die Zahl der vorzusehenden Ablenkmagnete 3, 4, wie  
auch über den Ablenkwinkel jedes Ablenkmagneten, frei verfügt  
werden. Weiterhin weist das Strahlführungssystem Fokussierungs-  
15 magnete 5, 6 auf, die der Formung des Querschnitts des  
Teilchenstrahls dienen und Intensitätsverlusten entgegenwirken.  
Dies ist um so mehr erforderlich, als eine industrielle  
Anwendung der Synchrotronstrahlungsquelle die Bereitstellung  
von Synchrotronstrahlung 15 in langfristig möglichst gleich-  
20 bleibender Art und Stärke erfordert. Je nach Anforderung werden  
gepaarte Fokussierungsmagnete 6 und/oder in Verbindung mit  
Ablenkmagneten 4 stehende Fokussierungsmagnete 5 eingesetzt.  
Selbstverständlich können in das Strahlführungssystem weitere  
Komponenten einbezogen werden, beispielsweise Einrichtungen zur  
25 Lageregelung des Teilchenstrahls in einer Ebene senkrecht zur  
jeweiligen Strahlrichtung. Üblich sind Einrichtungen zum Aufbau  
des Teilchenstrahls, beispielsweise ein Strahlinjektor 13,  
sowie Einrichtungen zur Beschleunigung der Teilchen und zur  
Kompensation ihres durch Erzeugung der Synchrotronstrahlung 15  
30 eintretenden Energieverlustes, beispielsweise ein Hochfrequenz-  
Resonator 14. Synchrotronstrahlung 15 wird erfindungsgemäß aus  
dem Spiegelmagneten 2 ausgekoppelt und durch Strahlrohre 7 der  
jeweiligen Verwendung zugeführt.
- 35 Figur 2 zeigt eine Wicklungsanordnung 8 aus supraleitfähigen  
Wicklungen 10, wie sie zur Bildung eines Spiegelmagneten 2

1 eingesetzt werden könnte. Die Darstellung ist lediglich als  
Skizze zu betrachten; die konkrete Auslegung der Wicklungen 10  
ist mit üblichen Methoden den an den Spiegelmagneten 2 zu  
stellenden Anforderungen anzupassen. Jede Wicklung 10 weist  
5 einen Hauptabschnitt 11 auf, der parallel zu der die Bahn 1  
enthaltenden Ebene, über dem die Bahn 1 enthaltenden Bereich  
des Spiegelmagneten 2, angeordnet ist. Die Hauptabschnitte 11  
sind in gewissen Abständen voneinander angeordnet, so daß das  
gewünschte Feld in der Ebene der Bahn 1 erzielt wird. Die  
10 Wicklungen 10 sind geschlossen mittels Rückführabschnitten 12,  
die in abseits von der Bahn 1 liegenden Bereichen im  
Spiegelmagneten angeordnet sind. Zusätzlich zu der  
Wicklungsanordnung 8 sind Abschirmelemente 16 dargestellt, die  
einerseits die Bahn 1 außerhalb des Spiegelmagneten 2 von  
15 dessen Magnetfeld abschirmen und andererseits das durch die  
Rückführabschnitte 12 erzeugte Feld von der Bahn 1 fernhalten.

Figur 3 zeigt die räumliche Anordnung zweier Wicklungsanord-  
nungen 8, 9 zur Bildung eines Spiegelmagneten. Der Aufbau der  
20 Wicklungsanordnungen 8, 9 mit Hauptabschnitten 11 und  
Rückführabschnitten 12 wurde bereits erläutert; die obere  
Wicklungsanordnung 8 und die untere Wicklungsanordnung 9 sind  
im wesentlichen deckungsgleich mit gewissem Abstand  
übereinander angeordnet, und die Teilchen bewegen sich etwa in  
25 der mittig zwischen oberer Wicklungsanordnung 8 und unterer  
Wicklungsanordnung 9 liegenden Ebene. Das Abschirmelement 16  
weist eine Öffnung 17 auf, durch die ein Teilchen in das von  
den Wicklungsanordnungen 8, 9 erzeugte Magnetfeld eintritt. Die  
Rückführabschnitte 12 der Wicklungsanordnungen 8, 9 sind  
30 jeweils zusammengefaßt zu kompakten Rückführstäben; damit kann  
den mechanischen Anforderungen an supraleitende  
Magnetanordnungen optimal Rechnung getragen werden.

Die Erfindung liefert eine Synchrotronstrahlungsquelle, die  
35 unter Nutzung sämtlicher Vorteile der Supraleiter deren  
Nachteile weitestgehend vermeidet. Die Synchrotronstrahlungs-

1 quelle ist leicht handhabbar und ermöglicht die Erzeugung von  
Synchrotronstrahlung mit langfristig konstanten, besonders  
günstigen Parametern.

5

10

15

20

25

30

35

## 1 Patentansprüche

1. Synchrotronstrahlungsquelle mit einem Strahlführungssystem zur Speicherung eines Teilchenstrahls aus Elektronen oder  
5 Positronen auf einer geschlossenen Bahn (1), wobei das Strahlführungssystem mindestens einen etwa achromatischen Spiegelmagneten (2) aufweist, der aus supraleitfähigen Wicklungsanordnungen (8, 9) gebildet ist und in dem die Bahn (1) um etwa 270° gekrümmt ist.

10

2. Synchrotronstrahlungsquelle nach Anspruch 1, wobei das Strahlführungssystem Ablenkmagnete (3; 4) und/oder Fokussierungsmagnete (5; 6) aufweist, die aus nicht supraleitfähigen Wicklungsanordnungen gebildet sind.

15

3. Synchrotronstrahlungsquelle nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Bahn (1) in jedem Ablenkmagneten (3, 4) und in dem Spiegelmagneten (2) jeweils einen minimalen Krümmungsradius aufweist und der minimale Krümmungsradius der Bahn (1) in dem  
20 Spiegelmagneten (2) kleiner ist als der minimale Krümmungsradius der Bahn (1) in jedem Ablenkmagneten (3, 4).

4. Synchrotronstrahlungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Spiegelmagnet (2) einen Feldindex zwischen  
25 etwa 0,8 und etwa 1,5 aufweist.

5. Synchrotronstrahlungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem Spiegelmagneten (2) die Bahn (1) um  
30 270° gekrümmt ist.

30

6. Synchrotronstrahlungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Spiegelmagnet (2) mit mindestens einem Strahlrohr (7) zur Auskopplung von Synchrotronstrahlung (15) versehen ist.

35

7. Synchrotronstrahlungsquelle nach einem der vorhergehenden

- 1 Ansprüche, wobei die Bahn (1) durch eine Einrichtung für die Zuführung von Energie in den Teilchenstrahl, insbesondere einen Hochfrequenz-Resonator (14), geführt ist.
- 5 8. Synchrotronstrahlungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem Strahlführungssystem Elektronen oder Positronen mit kinetischer Energie zwischen jeweils etwa 400 MeV und etwa 2000 MeV speicherbar sind.
- 10 9. Synchrotronstrahlungsquelle nach Anspruch 8, wobei jeder Ablenkmagnet (3, 4) einen Krümmungsradius hat, der größer als etwa 1 m ist.
- 15 10. Synchrotronstrahlungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Spiegelmagnet (2) keine ferromagnetischen Bestandteile im Bereich der Bahn (1) im Inneren des Spiegelmagneten (2) aufweist.
- 20 11. Synchrotronstrahlungsquelle nach Anspruch 10, wobei  
a) der Spiegelmagnet (2) zwei einander kongruente Wicklungsanordnungen (8, 9) aufweist, die einander im wesentlichen deckungsgleich gegenüberliegend und voneinander beabstandet angeordnet sind und zwischen denen die Bahn (1) verläuft;  
b) in jeder Wicklungsanordnung (8, 9) eine Vielzahl von  
25 Wicklungen (10) vorliegt, deren jede einen etwa geraden Hauptabschnitt (11) aufweist;  
c) alle Hauptabschnitte (11) jeder Wicklungsanordnung (8, 9) im wesentlichen parallel zueinander und beabstandet voneinander angeordnet sind.
- 30 12. Synchrotronstrahlungsquelle nach Anspruch 11, wobei  
a) in jeder Wicklungsanordnung (8, 9) jede Wicklung (10) einen etwa geraden Rückführabschnitt (12) aufweist;  
b) alle Rückführabschnitte (12) jeder Wicklungsanordnung (8, 9)  
35 zu einem Rückführstab vereinigt sind.

1 13. Synchrotronstrahlungsquelle nach Anspruch 11 oder 12, wobei  
jede Wicklungsanordnung (8, 9) etwa eben ist.

5 14. Verwendung einer Synchrotronstrahlungsquelle nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche zur Erzeugung von Röntgenstrahlung für  
einen Prozeß der Röntgenlithographie oder Röntgenmikroskopie.

10

15

20

25

30

35

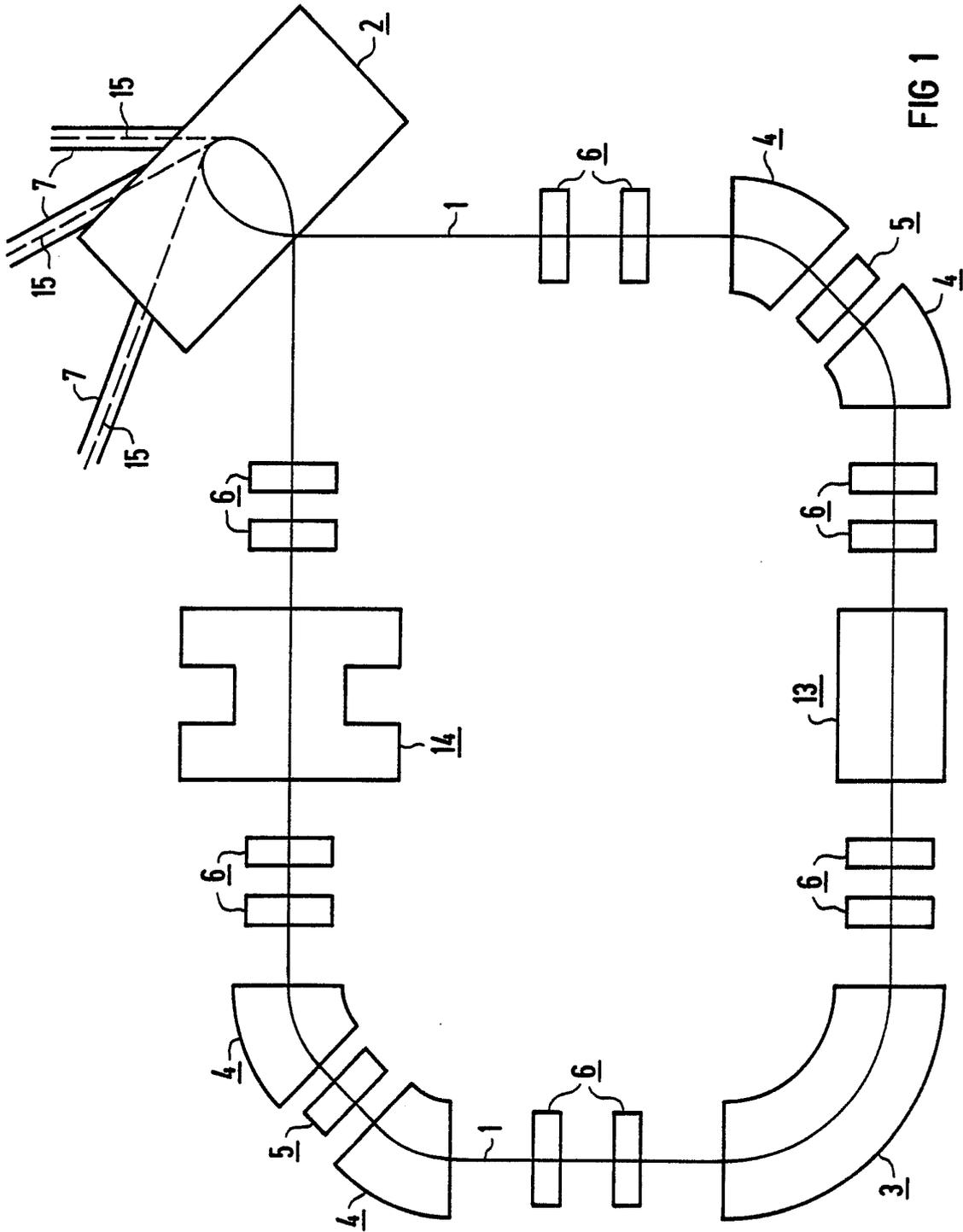


FIG 1

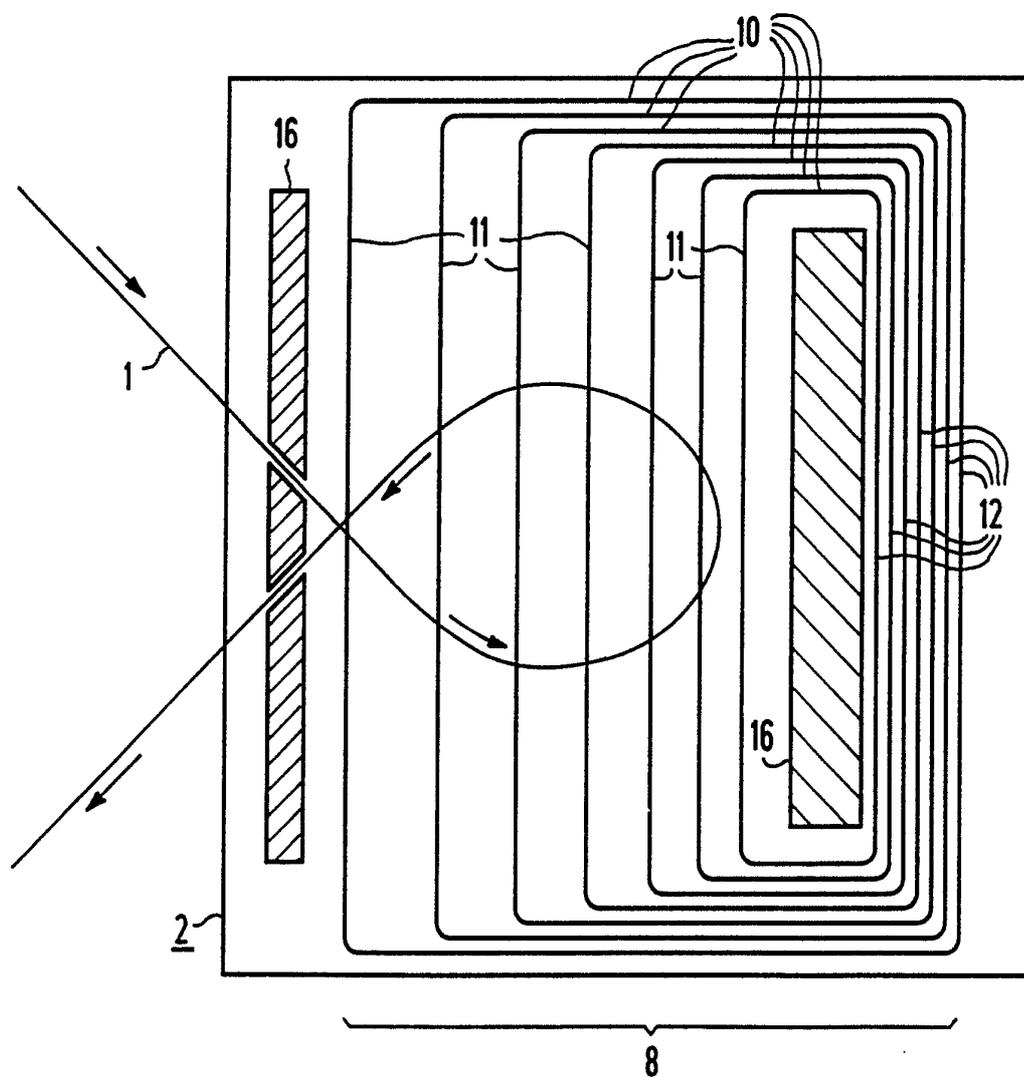


FIG 2

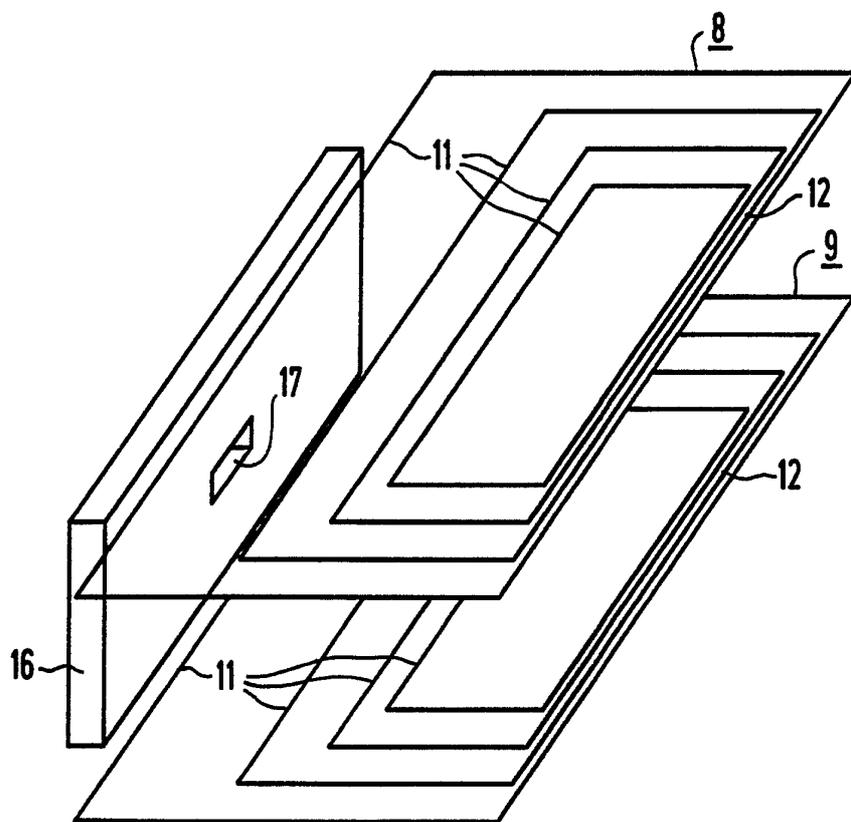


FIG 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 90/00605

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (If several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. <sup>5</sup> H05H 13/04 ; H05H 7/04		
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. <sup>5</sup>	H05H 13/00 ; H05H 7/00 ; G21K 1/00	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <sup>9</sup>		
Category *	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
A	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION -B vol. 30, No. 1, February 1988, AMSTERDAM pages 105-109; MOSER H O ET AL: "NONLINEAR BEAM OPTICS WITH REAL FIELDS IN COMPACT STORAGE RINGS" see page 105; figure 1 see page 106; right-hand column; figures 3-5 --	1,2,3,7,14
A	DE, A, 3704442 (MITSUBISHI DENKI K K) 13 August 1987 see columns 1-5; figures 5,6 --	1,2,3,6,7
A	GB, A, 2109989 (VARIAN ASSOCIATES INC) 08 June 1983 see abstract; figures 2,3 see pages 1-2, left-hand column --	1
A	GB, A, 2015821 (RADIATION DYNAMICS LTD) 12 September 1979 see page 1; figures 1,3 (cited in the application) --	1
A	US, A, 3781732 (WOLLNIK H) 25 December 1973 see column 4, paragraph 2; figures 7a,7b -----	11,13
<p>* Special categories of cited documents: <sup>10</sup></p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"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.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
05 April 1991 (05.04.91)	15 May 1991 (15.05.91)	
International Searching Authority EUROPEAN PATENT OFFICE	Signature of Authorized Officer	

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. PCT/DE 90/00605**

SA 39027

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.  
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 05/04/91

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A-3704442	13-08-87	JP-A- 62186500	14-08-87
		JP-A- 62193100	24-08-87
		JP-A- 62243299	23-10-87
		US-A- 4737727	12-04-88
GB-A-2109989	08-06-83	US-A- 4425506	10-01-84
		CA-A- 1192676	27-08-85
		DE-A- 3242852	26-05-83
		FR-A, B 2516390	20-05-83
		JP-A- 59031500	20-02-84
GB-A-2015821	12-09-79	None	
US-A-3781732	25-12-73	DE-A, C 2107770	19-10-72

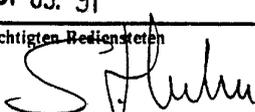
EPO FORM P0079

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 90/00605

<b>I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS</b> (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) <sup>6</sup>		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Kl. 5                    H05H13/04 ; H05H7/04		
<b>II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff <sup>7</sup>		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. 5	H05H13/00 ; H05H7/00 ; G21K1/00	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen <sup>8</sup>		
<b>III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN</b> <sup>9</sup>		
Art. <sup>9</sup>	Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup>	Betr. Anspruch Nr. <sup>13</sup>
A	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION - B vol. 30, no. 1, Februar 1988, AMSTERDAM Seiten 105 - 109; MOSER H O ET AL: "NONLINEAR BEAM OPTICS WITH REAL FIELDS IN COMPACT STORAGE RINGS" siehe Seite 105; Figur 1 siehe Seite 106, rechte Spalte; Figuren 3-5 ---	1, 2, 3, 7, 14
A	DE,A,3704442 (MITSUBISHI DENKI K K) 13 August 1987 siehe Spalten 1 - 5; Figuren 5, 6 ---	1, 2, 3, 6, 7
A	GB,A,2109989 (VARIAN ASSOCIATES INC) 08 Juni 1983 siehe Zusammenfassung; Figuren 2, 3 siehe Seiten 1 - 2, linke Spalte ---	1
-/--		
<p><sup>10</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
<b>IV. BESCHIEINIGUNG</b>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
05.APRIL 1991	15. 05. 91	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Rechensteten	
EUROPAISCHES PATENTAMT	HULNE S. L. 	

III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art °	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GB,A,2015821 (RADIATION DYNAMICS LTD) 12 September 1979 siehe Seite 1; Figuren 1, 3 (in der Anmeldung erwähnt) ---	1
A	US,A,3781732 (WOLLNIK H) 25 Dezember 1973 siehe Spalte 4, Absatz 2; Figuren 7a, 7b ---	11, 13

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

PCT/DE 90/00605

SA 39027

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

05/04/91

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A-3704442	13-08-87	JP-A- 62186500	14-08-87
		JP-A- 62193100	24-08-87
		JP-A- 62243299	23-10-87
		US-A- 4737727	12-04-88
GB-A-2109989	08-06-83	US-A- 4425506	10-01-84
		CA-A- 1192676	27-08-85
		DE-A- 3242852	26-05-83
		FR-A, B 2516390	20-05-83
		JP-A- 59031500	20-02-84
GB-A-2015821	12-09-79	Keine	
US-A-3781732	25-12-73	DE-A, C 2107770	19-10-72

EPO FORM P0473