

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: **85105321.5**

⑤① Int. Cl.⁴: **H 01 J 25/00**

⑳ Anmeldetag: **02.05.85**

③① Priorität: **02.10.84 CH 4727/84**

⑦① Anmelder: **EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT (EURATOM), Bâtiment Jean Monnet Plateau du Kirchberg Boîte Postale 1907, L-1019 Luxembourg (LU)**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: **16.04.86**
Patentblatt 86/16

⑦② Erfinder: **Tran, Minh Quang, Dr., CH. du Boisy 49, CH-1007 Lausanne (CH)**
Erfinder: **Bondeson, Anders, Dr., Björcksgatan 44, S-Göteborg (SE)**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **BE DE FR GB IT LU NL**

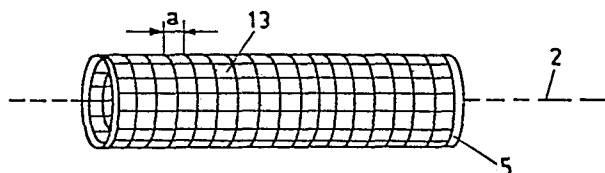
⑦④ Vertreter: **Lück, Gert, Dr. rer. nat., Im See 6, D-7891 Küssaberg 1 (DE)**

⑤④ **Vorrichtung zur Führung eines Elektronenstrahls.**

⑤⑦ Bei einer Microwellenquelle nach dem Prinzip des Gyrotrons wird zur Führung des Elektronenstrahls (2) eine Strahlführung (5) verwendet, die als elektrisch gut leitende Mantelfläche den Elektronenstrahl (2) umschließt.

Zur Dämpfung unerwünschter Wellenmoden innerhalb der Strahlführung sind in der Mantelfläche eine Vielzahl von Dämpfungsöffnungen (13) vorgesehen, deren charakteristische Öffnungsweite (a) oberhalb der Wellenlänge der zu dämpfenden Moden liegt.

Besonders einfach ist die Realisierung einer solchen gedämpften Strahlführung (5), wenn als Material für die Mantelfläche gemäß einer bevorzugten Ausführungsform Drahtgewebe mit entsprechender Maschenweite verwendet wird.



350/84

2.10.84

Ot/SC

- 1 -

Vorrichtung zur Führung eines Elektronenstrahls

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Führung eines Elektronenstrahls in einer nach dem Prinzip des Gyrotrons arbeitenden Mikrowellenquelle gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine solche Vorrichtung ist
5 z.B. aus dem Artikel von J.D. Silverstein et al. in Int. J. Electronics 53 (6), S. 539-546 (1982) bekannt.

Bei einem Gyrotron, wie es in dem vorstehend zitierten Artikel beschrieben ist, wird ein aus einer Elektronenkanone stammender, energiereicher Elektronenstrahl durch
10 ein parallel zur Strahlachse orientiertes, starkes Magnetfeld geschickt. Die Elektronen laufen dann auf Spiralbahnen mit einer von der magnetischen Induktion abhängigen Zyklotronfrequenz um die Strahlachse herum.

Durchquert nun dieser Strahl umlaufender Elektronen einen
15 Mikrowellenresonator geeigneter Abmessungen, so werden in diesem Resonator elektromagnetische Schwingungen angeregt, die aus dem Resonator ausgekoppelt werden können.

Für die Führung des Elektronenstrahls von der Elektronenkanone zum Mikrowellenresonator, der beim Gyrotron als

Hohlraumresonator ausgebildet ist, wird eine Strahlführung (beam duct) verwendet, die als elektrisch leitende, zylindrische Mantelfläche den Strahl umschliesst und durch eine Begrenzung von Raumladungseffekten die ungehinderte
5 Ausbreitung des Elektronenstrahls ermöglicht.

Die in radialer Richtung geschlossene Mantelfläche einer Strahlführung nach dem Stand der Technik stellt jedoch einen Wellenleiter dar. Bei hohen Frequenzen (in der Größenordnung von 100 GHz) und hohen Leistungen (in der Größenordnung von 100 kW) ist der Radius des Elektronenstrahls
10 gross im Vergleich zur Abschneide-Wellenlänge (cut-off wavelength) des kreisförmigen Wellenleitermodes bei der Betriebsfrequenz. Daher können in der Strahlführung unerwünschte Wellenmoden angeregt werden, wenn nicht geeignete
15 Massnahmen zur Dämpfung solcher Moden vorgesehen sind.

Als geeignete Dämpfungsmassnahme ist es bekannt, innerhalb der Strahlführung längs der Strahlachse Stapel aus ringförmigen Platten vorzusehen, die abwechselnd aus absorbierender Keramik (z.B. auf der Basis von SiC) und hochleitfähigem Kupfer bestehen (siehe z.B. Fig. 5 in der eingangszitierten Druckschrift).
20

Eine solche Strahlführung mit stapelförmigen integrierten Wellenfiltern ist jedoch kompliziert im Aufbau und
25 bei der Herstellung mit erheblichem Aufwand verbunden.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine Strahlführung anzugeben, bei der die Dämpfung unerwünschter Wellenmoden mit vergleichsweise einfachen Mitteln erreicht wird.

Die Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art durch die Merkmale aus dem Kennzeichen des Anspruchs
30 gelöst.

Der Kern der Erfindung besteht darin, dass zur Dämpfung unerwünschter Moden in der Mantelfläche der Strahlführung Dämpfungsöffnungen mit hinreichend grosser Oeffnungsweite vorgesehen sind, um eine ausreichende Durchlässigkeit
5 der Mantelfläche für die genannten Moden und damit eine entsprechende Dämpfung zu erzielen.

Besonders vorteilhaft ist es, gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung als Material für die Mantelfläche der Strahlführung Drahtgewebe aus elektrisch
10 gut leitendem Metalldraht mit geeigneter Maschenweite zu verwenden.

Die Erfindung soll nun nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

15 Fig. 1 die schematisierte Darstellung eines Gyrotrons mit einer gedämpften Strahlführung nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel einer Strahlführung nach der Erfindung für ein Gyrotron gemäss Fig. 1;

20 Fig. 3 die prinzipielle Anordnung eines quasi-optischen Gyrotrons mit einer Strahlführung nach der Erfindung; und

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel einer Strahlführung nach der Erfindung für ein quasi-optisches Gyrotron
25 gemäss Fig. 3 (in perspektivischer Darstellung).

Das in Fig. 1 dargestellte Gyrotron bekannter Bauart zur Erzeugung von Mikrowellen hoher Leistung umfasst im wesentlichen eine Elektronenkanone 1, eine Strahlführung 5, einen Hohlraumresonator 6 und einen Ausgangswellenleiter 7.

Die aufgezählten Teile sind in einer nicht eingezeichneten Vakuumkammer untergebracht und von einer ebenfalls nicht eingezeichneten Solenoid-Spule umschlossen, welche das für den Gyrotron-Effekt unabdingbare starke Magnet-

5 feld erzeugt.

Die Elektronenkanone 1 emittiert einen Elektronenstrahl 2. Der Durchmesser des Elektronenstrahls 2 ist mit typischerweise 4 mm für ein 120 GHz-Gyrotron klein gehalten, um eine hohe Effektivität bei der Umwandlung von Strahlener-

10 gie in elektromagnetische Wellenenergie zu erreichen.

Aufgrund der mit dem kleinen Durchmesser verbundenen hohen Raumladungsdichte innerhalb des Elektronenstrahls 2 treten Raumladungseffekte wie z.B. eine Strombegrenzung oder eine Absenkung des Strahlpotentials auf, die den Energie-

15 transport im Strahl begrenzen.

Um eine ungehinderte Ausbreitung des Elektronenstrahls 2 von der Elektronenkanone 1 zum Hohlraumresonator 6, in dem die Wechselwirkung zwischen Strahl und elektromagnetischen Feld erfolgt, zu ermöglichen, ist zwischen beiden

20 die Strahlführung 5 angeordnet, die im Inneren eine Stapelfolge von Metallringen 3 und Keramikringen 4 enthält.

Diese Stapelfolge stellt eine Massnahme zur Dämpfung von unerwünschten Wellenmoden dar, die durch den Elektronenstrahl 2 in der als Wellenleiter wirkenden, geschlossenen

25 Mantelfläche der Strahlführung 5 angeregt werden können. Auf diese Weise wird erreicht, dass ausschliesslich die gewünschten elektromagnetischen Wellen im Hohlraumresonator 6 angeregt und über den Ausgangswellenleiter 7 ausgekoppelt werden.

30 Gemäss der vorliegenden Erfindung wird nun eine Modendämpfung in der Strahlführung 5 auf bedeutend einfachere Weise

dadurch realisiert, dass anstelle des integrierten Stapels aus Metallringen 3 und Keramikringen 4 in der Mantelfläche der Strahlführung eine Vielzahl von Dämpfungsöffnungen vorgesehen sind, die das Austreten elektromagnetischer
5 Felder gestatten und dadurch die Eigengüte Q der Strahlführung auf einen unterkritischen Wert herabsetzen.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für eine Strahlführung, deren Mantelfläche eine Vielzahl von Dämpfungsöffnungen aufweist, ist in Fig. 2 in perspektivischer Sicht wieder-
10 gegeben. Die Strahlführung 5 hat in diesem Ausführungsbeispiel eine zylindrische Mantelfläche aus einem Drahtgewebe oder Drahtnetz, welche den Elektronenstrahl 2 umschliesst. Das Drahtgewebe enthält als Dämpfungsöffnungen 13 die Maschen des Gewebes bzw. Netzes. Die charakteristi-
15 sche Oeffnungsweite a der Maschen ist dabei so gewählt, dass sie ungefähr gleich der oder grösser als die Wellenlänge der zu dämpfenden Wellenmode ist. Auf der anderen Seite ist es im Fall der zylindrischen Strahlführung 5 besonders vorteilhaft, wenn die charakteristische Oeff-
20 nungsweite a kleiner ist als die halbe Differenz zwischen dem Radius der Mantelfläche und dem Radius des Elektronenstrahls 2, weil dann die Führungseigenschaften der Strahlführung 5 besonders ausgeprägt sind. Beide Dimensionierungsvorschriften für die charakteristische Oeffnungsweite
25 a lassen sich für hohe Frequenzen oberhalb 100 GHz leicht erfüllen.

Das Drahtgewebe der Strahlführung 5 aus Fig. 2 besteht vorzugsweise aus Kupfer, Silber oder ähnlichen, elektrisch gut leitenden Materialien. Der Radius der zylindrischen
30 Mantelfläche liegt zwischen 2 und 8 mm und beträgt typischerweise 5 mm, wobei ein Radius des Elektronenstrahls von etwa 2 mm vorausgesetzt ist.

Der genaue Zylinderradius wird durch die maximal mögliche Potentialabsenkung des Elektronenstrahls bestimmt. Liegt

dieser Zylinderradius fest, ergibt sich die charakteristische Oeffnungsweite a aus den oben genannten Dimensionierungsvorschriften.

Neben dem Gyrotron, das in der eingangs zitierten Druckschrift beschrieben und für Wellenlängen im cm-Bereich
5 geeignet ist, sind als Weiterentwicklungen für den Millimeterwellenbereich das quasi-optische Gyrotron und das quasi-optische Gyroklystron bekannt (A. Bondeson et al. in Int. J. Electronics 53 (6), S. 547 ff. (1982)).

10 Bei dem quasi-optischen Gyrotron, das hier als Beispiel herausgegriffen ist, wird gemäss Fig. 3 der von der Elektronenkanone 1 emittierte Elektronenstrahl zur Wechselwirkung mit einem elektromagnetischen Wechselfeld in einen
15 quasi-optischen offenen Resonator 10 geschickt, der aus zwei gegenüberliegenden, konkaven Resonatorspiegeln 8 und 9 besteht. Die Geometrie der Anordnung macht es hierbei erforderlich, in der Mantelfläche der Strahlführung 5, die in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 als Dämpfungsöffnungen 13 Durchgangslöcher in einer leitenden Platte
20 (z.B. aus Blech) aufweist, zusätzliche Durchgangsöffnungen 11 und 12 im Bereich des offenen Resonators 10 vorzusehen, durch welche die Resonatorwellen ungehindert hindurchtreten können.

Die Ausführung einer Strahlführung 5 für ein quasi-optisches Gyrotron gemäss Fig. 3, bei der die Mantelflächen
25 wiederum durch Drahtgewebe realisiert werden, ist in Fig. 4 perspektivisch dargestellt. Die Strahlführung weist senkrecht zur Achse des Elektronenstrahls 2 einen rechteckigen Querschnitt auf, dessen Höhe h konstant ist und z.B. 10 mm
30 beträgt und dessen Breite in der Mitte ein Maximum von z.B. 80 mm erreicht und zu beiden Seiten hin linear abnimmt.

Das Drahtgewebe der Mantelfläche wird vorzugsweise von einem Rahmen 14 gehalten, welcher der Strahlführung 5

die notwendige Stabilität verleiht und zugleich die Durchgangsöffnungen 11 und 12 für die Wellen des offenen Resonators 10 begrenzt.

Die Maschen des Drahtgewebes bilden wiederum die Dämpfungsoffnungen 13, deren charakteristische Öffnungsweite a nach den bereits beschriebenen Dimensionierungsvorschriften bestimmt ist.

In analoger Weise ergibt sich die Ausführung einer Strahlführung für ein quasi-optisches Gyroklystron, mit dem Unterschied, dass in diesem Durchgangsöffnungen für zwei offene, quasi-optische Resonatoren vorgesehen werden müssen.

Insgesamt steht mit der Erfindung eine Moden-gedämpfte Strahlführung für Gyrotrons zur Verfügung, die sich durch einen besonders einfachen und robusten Aufbau auszeichnet und mit entsprechend wenig Aufwand realisiert werden kann.

8

0177668 ..

B e z e i c h n u n g s l i s t e

350/84

1	Elektronenkanone
2	Elektronenstrahl
3	Metallring
4	Keramikring
5	Strahlführung
6	Hohlraumresonator
7	Ausgangswellenleiter
8, 9	Resonatorspiegel
10	offener Resonator
11, 12	Durchgangsöffnung
13	Dämpfungsöffnung
14	Rahmen
a	Öffnungsweite
h	Höhe

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zur Führung eines Elektronenstrahls von einer Elektronenkanone zu einem Mikrowellenresonator in einer nach dem Prinzip des Gyrotrons arbeitenden Mikrowellenquelle, welche Vorrichtung eine Strahlführung
5 aus einem elektrisch leitenden Material umfasst, die den Elektronenstrahl entlang seiner Ausbreitungsrichtung in der Gestalt einer Mantelfläche umschliesst, und welche Vorrichtung innerhalb der Strahlführung Mittel zur Dämpfung unerwünschter Wellenmoden aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungsmittel eine Vielzahl
10 von Dämpfungsöffnungen (13) in der Mantelfläche umfassen, und die charakteristische Oeffnungsweite (a) der Dämpfungsöffnungen (13) grösser oder ungefähr gleich der Wellenlänge der zu dämpfenden Wellenmoden ist.
- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlführung (5) als zylindrische Mantelfläche ausgebildet ist, und die charakteristische Oeffnungsweite (a) der Dämpfungsöffnungen (13) kleiner als die oder ungefähr gleich der halben Differenz zwischen dem Radius der Mantelfläche und dem Radius des
20 Elektronenstrahls (2) ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Radius der zylindrischen Mantelfläche zwischen 2 mm und 8 mm, vorzugsweise etwa 5 mm, beträgt.
- 25 4. Vorrichtung nach Anspruch 1 für eine Mikrowellenquelle mit quasi-optischem, offenen Resonator (10), dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelfläche senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Elektronenstrahls (2) einen rechteckigen Querschnitt mit konstanter Höhe (h) und
30 einer veränderlichen Breite aufweist, und die Mantel-

fläche im Bereich des offenen Resonators (10) mit Durchgangsöffnungen (11, 12) für den ungehinderten Durchgang der Resonatorwellen versehen ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelfläche der Strahlführung im wesentlichen aus einem Drahtgewebe besteht, dessen Maschenweite gleich der charakteristischen Oeffnungsweite (a) ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelfläche der Strahlführung (5) im wesentlichen aus einem mit einer Vielzahl von Durchgangslöchern versehenen Blech besteht, und die Durchmesser der Durchgangslöcher gleich der charakteristischen Oeffnungsweite (a) sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlführung im wesentlichen aus Cu besteht.

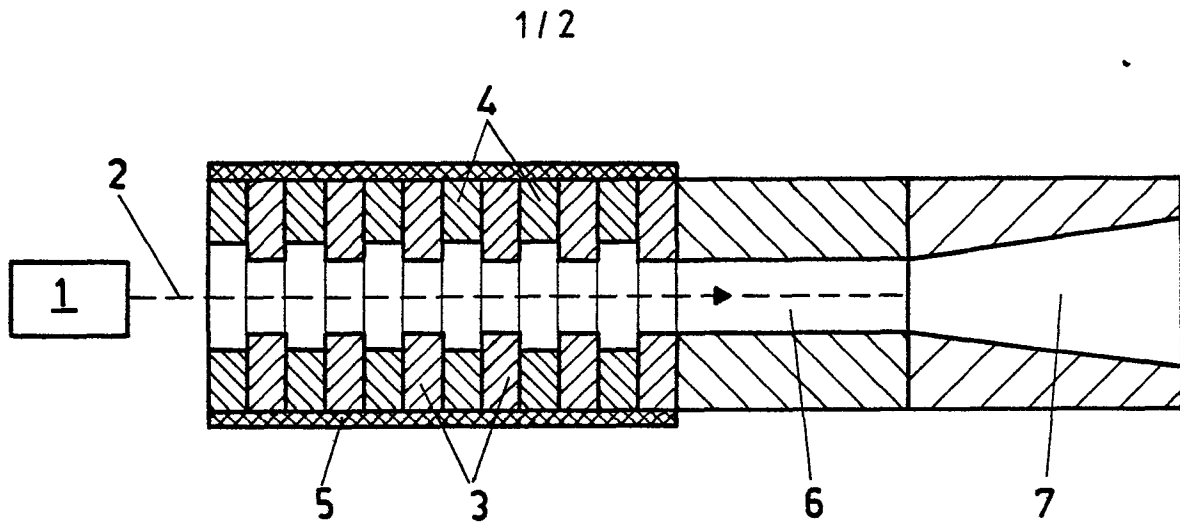


FIG. 1

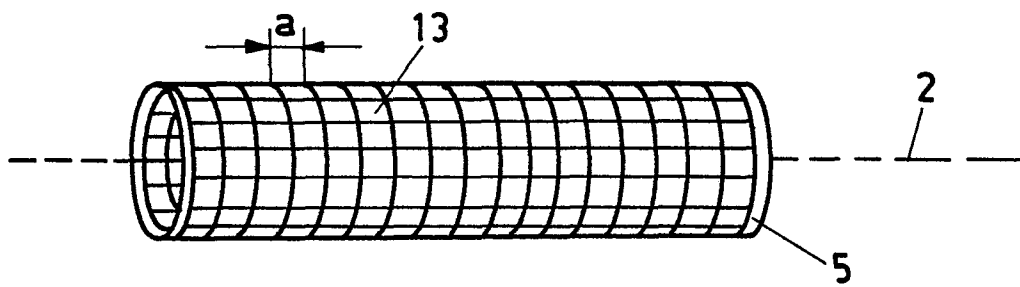


FIG. 2

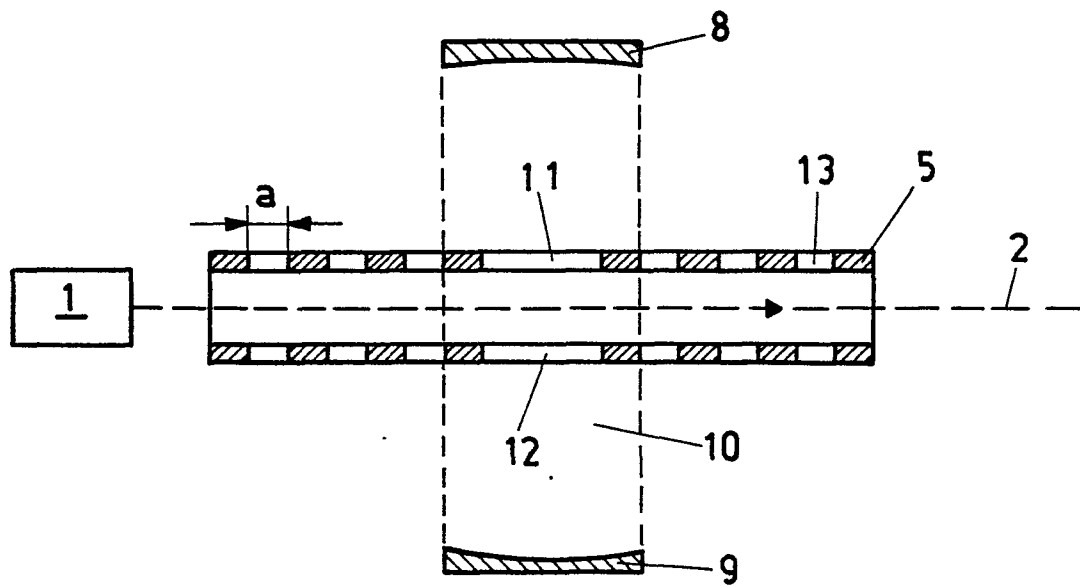


FIG. 3

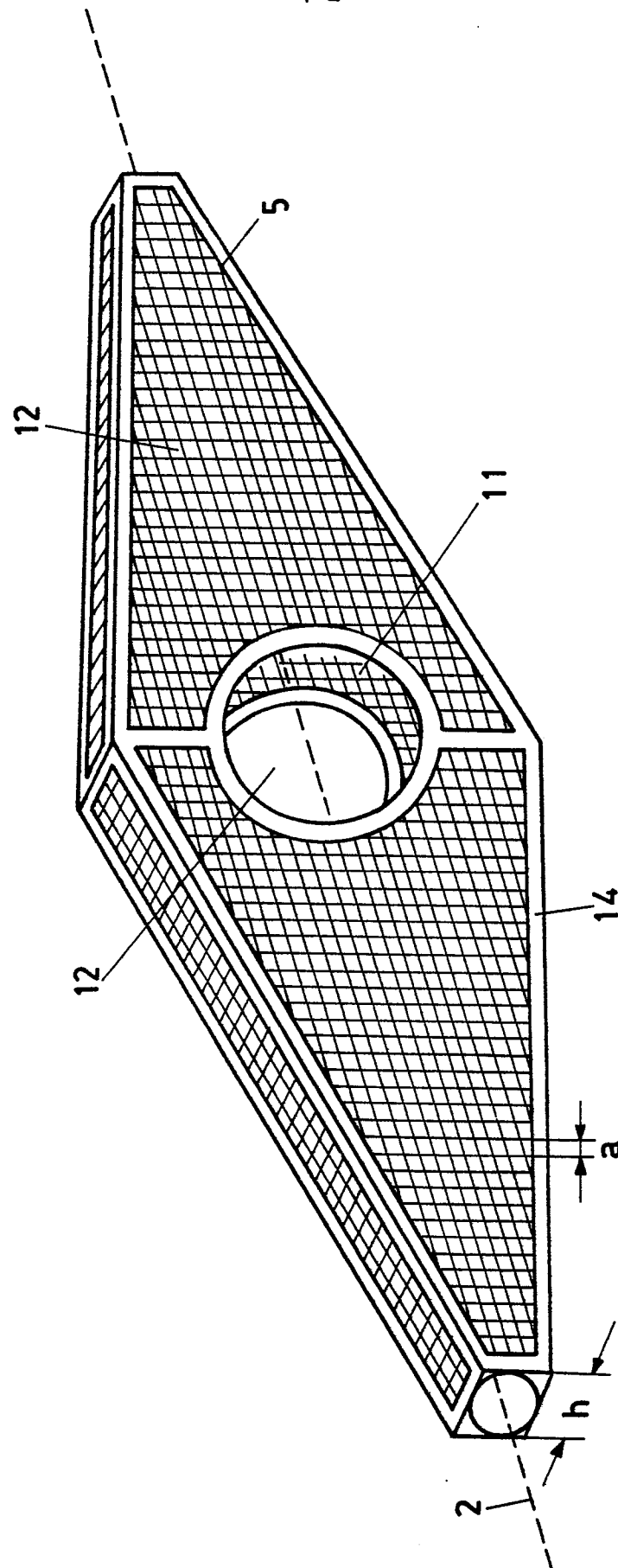


FIG. 4



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 85105321.5														
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)														
P, A	US - A - 4 494 039 (KIM) * Fig. 1-3; Zusammenfassung; Spalte 1, Zeile 8 - Spalte 2, Zeile 68; Spalte 3, Zeile 22 - Spalte 5, Zeile 2 *	1	H 01 J 25/00														
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, unexamined applications, E Sektion, Band 4, Nr. 165, 15. November 1980 THE PATENT OFFICE JAPANESE GOVERNMENT Seite 41 E 34 * Kokai-Nr. 55-113 240 (TOKYO SHIBAURA) *	1															
A	DE - A1 - 3 203 283 (VARIAN) * Fig. 1-2; Zusammenfassung; Seiten 4-6 *	1															
A	SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, Sektion EL, Woche 84/13, 9. Mai 1984 DERWENT PUBLIKATIONS LTD., London V 05 * SU-835 260 (RADIO ELTRN) *	1															
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.																	
Recherchenort WIEN		Abchlußdatum der Recherche 30-12-1985	Prüfer BRUNNER														
<table border="0"><tr><td>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</td><td>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td></tr><tr><td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td><td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td><td>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>A : technologischer Hintergrund</td><td></td></tr><tr><td>O : nichtschriftliche Offenbarung</td><td></td></tr><tr><td>P : Zwischenliteratur</td><td>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td></tr><tr><td>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td><td></td></tr></table>				KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	A : technologischer Hintergrund		O : nichtschriftliche Offenbarung		P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist																
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument																
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument																
A : technologischer Hintergrund																	
O : nichtschriftliche Offenbarung																	
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument																
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze																	