

19



Europäisches Patentamt  
 European Patent Office  
 Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer: **0 393 485 A1**

12

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21

Anmeldenummer: **90106906.2**

51

Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01J 25/02**

22

Anmeldetag: **10.04.90**

30

Priorität: **19.04.89 CH 1490/89**

71

Anmelder: **ASEA BROWN BOVERI AG**  
 Haselstrasse  
 CH-5401 Baden(CH)

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**24.10.90 Patentblatt 90/43**

72

Erfinder: **Agosti, Giorgio, Dr.**  
 Hardstrasse 41  
 CH-5430 Wettingen(CH)  
 Erfinder: **Mathews, Hans-Günter, Dr.**  
 Gehrenhagweg 11  
 CH-5422 Oberehrendingen(CH)

64

Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE ES FR GB IT LI NL**

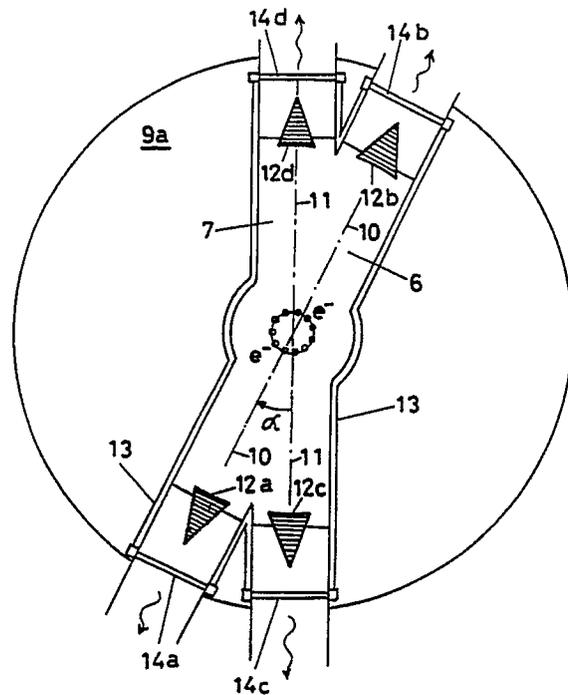
54

**Quasi-optisches Gyrotron.**

57

Ein quasi-optisches Gyrotron zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung in Form von mm-Wellen hat mehrere Resonatoren (6, 7) hoher Leistung. Die Resonatoren (6, 7) umfassen je zwei, auf einer senkrecht zur Elektronenstrahlachse (1) ausgerichteten Resonatorlängsachse (10, 11) liegende Spiegel (12a, 12b resp. 12c, 12d). Die Elektronenstrahlachse (1) ist dabei durch die Bahn der mit einem statischen Magnetfeld zur Gyration gezwungenen Elektronen gegeben. Die Resonatorlängsachsen (10, 11) liegen im wesentlichen in einer zur Elektronenstrahlachse (1) senkrechten, gemeinsamen Ebene und schliessen einen Winkel  $\alpha$  grösser null ein.

Fig.2



EP 0 393 485 A1

## Quasi-optisches Gyrotron

### Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein quasi-optisches Gyrotron zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung in Form von mm-Wellen, bei welchem auf einer Elektronenstrahlachse laufende Elektronen durch ein statisches, parallel zur Elektronenstrahlachse ausgerichtetes Magnetfeld zur Gyration gezwungen werden und in einem Resonator hoher Leistung, welcher zwei, auf einer senkrecht zur Elektronenstrahlachse ausgerichteten, ersten Resonatorlängsachse liegende Spiegel umfasst, ein elektromagnetisches Wechselfeld hoher Leistung anregen, sodass bei den Spiegeln elektromagnetische Strahlung in Form von mm-Wellen ausgekoppelt wird.

### Stand der Technik

Ein quasi-optisches Gyrotron der eingangs genannten Art ist z.B. aus dem Patent CH-664045 oder aus dem Artikel "Das Gyrotron, Schlüsselkomponente für Hochleistungs-Mikrowellensender", H.G. Mathews, Minh Quang Tran, Brown Boveri Review 6-1987, pp. 303-307, bekannt. Dieses Gyrotron hat gegenüber einem konventionellen, zylindrischen Gyrotron den Vorteil, dass es ein Mehrfaches an Leistung erzeugen kann. Der Grund dafür liegt unter anderem in folgenden Tatsachen:

1. Da der Resonator nicht coaxial sondern senkrecht zur Elektronenstrahlachse liegt, kann er unabhängig vom "Klystronteil" dimensioniert werden. Insbesondere kann die Strahlungsbelastung von Resonatorspiegel und HF-Fenster durch Vergrössern des Durchmessers herabgesetzt werden.

2. Die im Resonator vorhandene Energie kann über zwei Ausgänge ausgekoppelt werden.

Grundsätzlich ist es wünschenswert, dass das Gyrotron einen möglichst grossen Wirkungsgrad hat. In den oben zitierten Schriften wird deshalb vorgeschlagen, vor dem Leistungsresonator einen Steuerresonator anzuordnen. Der Steuerresonator paketierte ("Prebunching") die Elektronen so, dass diese im nachfolgenden Leistungsresonator mit geeigneter Phasenlage ankommen.

Neben der Verbesserung des Wirkungsgrades interessiert aber vorallem die effektive Leistung der abgegebenen Strahlung. Es zeigt sich, dass die Entwicklung von Gyrotrons höchster Leistung ( $P > 500$  kW Dauerstrich) ihre Grenzen an der Belastbarkeit der Fenster findet, durch welche die im Resonator erzeugte Strahlung aus der evakuierten

Röhre ausgekoppelt wird. Auch bei optimaler Transparenz müssten sich diese Fenster im angestrebten Leistungsbereich so stark erhitzen, dass sie innert kürzester Zeit brechen würden.

Es ist zwar bekannt, dass sich die Belastungsgrenze hinausschieben lässt, wenn das Fenster aus zwei beabstandeten Scheiben aufgebaut wird, zwischen welchen eine Flüssigkeit zirkuliert und so eine flächenhafte Kühlung schafft. Eine solche Massnahme reicht jedoch bei weitem nicht aus, wenn es darum geht, Strahlungsleistungen im MW-Bereich zu erreichen.

Ein wichtiger Aspekt bei Gyrotrons ist der grosse, aber unvermeidliche Aufwand an Hilfsanlagen (Supraleitende Spulen, Vakuumanlage, Energieversorgung). Dieser sollte natürlich möglichst klein gehalten und gleichzeitig gut genutzt werden können. Dies ist z.B. der Fall, wenn eine Anlage für verschiedene Zwecke genutzt werden kann.

### Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Gyrotron der eingangs genannten Art so auszubilden, dass einerseits höchste Strahlungsleistungen erzeugt werden können, dass andererseits der apparative Aufwand aber minimal gehalten werden kann.

Erfindungsgemäss besteht die Lösung darin, dass mindestens ein weiterer Resonator hoher Leistung vorgesehen ist, welcher mindestens eine weitere Resonatorlängsachse liegende weitere Spiegel umfasst, wobei die weitere Resonatorlängsachse ebenfalls senkrecht zur Elektronenstrahlachse liegt und dabei so ausgerichtet ist, dass erste und weitere Resonatorlängsachse um einen gegebenen Winkel grösser null gegeneinander verdreht sind.

Der Kern der Erfindung liegt darin, dass bei einer gegebenen, maximalen Belastung eines Fensters die auskoppelbare Gesamtleistung vergrössert wird, indem die zum Auskoppeln verfügbare Fensterfläche auf raffinierte Weise vervielfacht wird. Da die Energie des Elektronenstrahls ohne grosse technische Probleme vervielfacht werden kann, kann auch in jedem der weitgehend unabhängigen Leistungsresonatoren ein weiteres Wechselfeld gleicher Stärke aufgebaut werden. Entsprechend der Anzahl der Leistungsresonatoren vervielfacht sich damit die total aufgespeicherte Energie und die zum Auskoppeln zur Verfügung stehende Zahl von HF-Fenstern.

Die erfindungsgemässe Verbesserung wird dabei mit der bisher bekannten Fenstertechnologie

erreicht und beruht wesentlich auf der speziellen Konstruktion des quasi-optischen Gyrotrons.

Ein Vorteil der Erfindung liegt auch darin, dass die gesamte Anlage besser genutzt werden kann, da das quasi-optische Gyrotron mit seinem modularen Aufbau durch den Einbau von Resonatoren mit unterschiedlichen Frequenzen in seinem Anwendungsbereich erweitert werden kann. Dies ist beispielsweise von Bedeutung bei produktionstechnischen Anwendungen.

Es ist zu beachten, dass die erfindungsgemässen Resonatoren eine völlig andere Aufgabe erfüllen, als die bekannten, für das Prebunching der Elektronen zuständigen Steuerresonatoren. Im Gegensatz zu den sogenannten Prebunching-Resonatoren erhöhen nämlich die erfindungsgemässen Leistungsresonatoren nicht den Wirkungsgrad des Gyrotrons, sondern dessen gesamte Strahlungsleistung und Flexibilität

Für die Erfindung gibt es eine Vielzahl vorteilhafter Ausführungsformen. Die wichtigsten sind folgende:

- Gyrotron mit zwei, mit ihren Achsen leicht gegeneinander verdrehten Spiegelresonatoren, welche mit gleicher oder eng benachbarter Frequenz arbeiten;
- Gyrotron mit Resonatoren, welche wahlweise oder gleichzeitig auf verschiedenen harmonischen Frequenzen schwingen;
- Gyrotron, bei welchem die Resonatoren im wesentlichen in derselben Ebene liegen;

Vorzugsweise haben die Resonatoren mindestens einen verkippbaren Spiegel, sodass jeder Resonator durch leichtes Verkippen des Resonatorspiegels deaktiviert werden kann, um den Wirkungsgrad der verbleibenden aktiven Resonatoren zu erhöhen.

Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

### Kurze Beschreibung der Zeichnung

Nachfolgend soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein erfindungsgemässes quasi-optisches Gyrotron; und

Fig. 2 einen Querschnitt durch den Resonatorblock des Gyrotrons.

Die in der Zeichnung verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezeichnungsliste zusammenfassend tabelliert. Grundsätzlich sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

### Wege zur Ausführung der Erfindung

Fig. 1 zeigt den wesentlichen Teil eines erfindungsgemässen quasi-optischen Gyrotrons im Längsschnitt. Entlang einer Elektronenstrahlachse 1 laufen Elektronen  $e^-$  (in Fig. 1 von links nach rechts) auf einer schraubenlinienförmigen Bahn zuerst durch einen Steuerresonator (Prebuncher) 2 - dargestellt durch zwei Spiegel 3a, 3b - und eine Driftzone 4 - abgedeckt durch einen magnetischen Abschirmkörper 5 - bevor sie in einen ersten und einen zweiten Resonator 6 resp. 7 eintreten. Die Elektronen  $e^-$  werden von einer (in Fig. 1 nicht gezeigten) Elektronenkanone erzeugt und beschleunigt.

Zwei supraleitende Spulen 8a, 8b, welche jeweils in einem Behälter 9a resp. 9b untergebracht sind, erzeugen ein statisches, parallel zur Elektronenstrahlachse 1 ausgerichtetes Magnetfeld, durch welches die Elektronen  $e^-$  zur Gyration mit einer entsprechenden Zyklotronfrequenz gezwungen werden. Die Spulen 8a und 8b sind auf der Elektronenstrahlachse in einem ihrem Radius entsprechenden Abstand (sog. Helmholtz-Anordnung) angeordnet. Das Ganze ist in einem (in Fig. 1 nicht gezeigten) evakuierten Gefäss untergebracht.

In der Praxis werden die beiden Spulen 8a, 8b durch eine Tragkonstruktion gegeneinander abgestützt, welche im Spalt zwischen den Spulen 8a, 8b mit Bohrungen für die Resonatoren 6, 7 versehen ist.

Mit Ausnahme der Resonatoren unterscheiden sich die bis anhin beschriebenen Teile im wesentlichen nicht vom Stand der Technik wie er z.B. aus dem oben zitierten Patent CH-664045 hervorgeht. Insofern kann also auf eine ausführliche Erläuterung verzichtet werden. Neu ist hingegen die im folgenden beschriebene Anordnung von Leistungsresonatoren.

Zwischen den beiden Spulen 8a und 8b sind gemäss einer bevorzugten Ausführungsform zwei Resonatoren 6 und 7 hoher Leistung angeordnet. Jeder der beiden Resonatoren 6, 7 umfasst zwei Spiegel 12a, 12b resp. 12c, 12d, welche jeweils auf einer Resonatorlängsachse 10, 11 des jeweiligen Resonators 6, 7 einander gegenüber liegen. Beide Resonatorlängsachsen 10, 11 stehen senkrecht zur Elektronenstrahlachse 1. Ausserdem liegen sie im wesentlichen in einer gemeinsamen Ebene.

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch den Resonatorblock entlang der in Fig. 1 gezeigten Linie. In der Darstellung von Fig. 2 steht also die Elektronenstrahlachse senkrecht zur Zeichenebene, sodass die Elektronen  $e^-$  auf den Betrachter zu laufen.

Die Resonatorlängsachsen 10 und 11 schneiden sich mit der Elektronenstrahlachse 1 und sind gegeneinander um einen Winkel  $\alpha$  grösser null

verdreht. Der Winkel  $\alpha$  ist also der Winkel zwischen einer ersten Ebene, aufgespannt durch erste Resonatorlängsachse 10 und Elektronenstrahlachse 1, und einer zweiten Ebene, aufgespannt durch zweite Resonatorlängsachse 11 und Elektronenstrahlachse 1.

Die Resonatoren 6, 7 sind in einem evakuierten Gefäss 13 untergebracht, welches mit vier, für mm-Wellen transparenten Fenstern 14a, 14b, 14c, 14d versehen ist. Durch jedes dieser Fenster 14a, 14b, 14c, 14d kann die gewünschte elektromagnetische Strahlung austreten.

Die mit genau definierter Zyklotronfrequenz und Phasenlage in die Resonatoren 6, 7 eintretenden Elektronen regen in beiden Resonatoren gleichzeitig je ein elektromagnetisches Wechselfeld an. Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform schwingen die Wechselfelder mit der gleichen Frequenz, welche typischerweise grösser als 100 GHz ist. Dies bedeutet, dass die Spiegel 12a, 12b, 12c, 12d im wesentlichen alle gleich sind und paarweise den selben Abstand zueinander haben.

Jeder Spiegel wird durch eine geeignet am Gefäss 13 angebrachte Halterung fixiert. Da das im Resonator schwingende Wechselfeld jeweils am Rand der Spiegel ausgekoppelt wird, müssen ausserdem Halterung und Hinterseite des Spiegels so ausgebildet sein, dass die elektromagnetische Strahlung möglichst ungehindert durch das jeweils hinter dem Spiegel liegende Fenster austreten kann.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform ist mindestens einer der beiden Spiegel 12a und 12b resp. 12c und 12d der Resonatoren 6 und 7 gegenüber der entsprechenden Resonatorlängsachse beweglich.

Im Beispiel gemäss Fig. 2 sind dies alle Spiegel. Durch eine geeignet ausgeführte Halterung zum Beispiel lassen sich die Spiegel 12a und 12b resp. 12c und 12d (und damit insbesondere auch ihre Spiegelflächen) gegenüber der jeweiligen Resonatorlängsachse 10 resp. 11 kippen und verschieben. Auf diese Weise können die Spiegel eines Resonators aufeinander und auf die Resonanzfrequenz einjustiert werden. Des weitern kann die Güte  $Q_1$  des Resonators 6 herabgesetzt resp. angepasst werden.

Wenn nämlich in beiden Resonatoren 6, 7 gleichzeitig ein Wechselfeld angeregt wird, so kann nicht a priori erwartet werden, dass die beiden Wechselfelder auch gleich stark schwingen. Es ist deshalb in der Praxis notwendig, dass z.B. durch ganz leichtes Verkippen der Spiegel 12a und 12b die beiden Güten  $Q_1$  und  $Q_2$  der beiden Resonatoren 6 und 7 aneinander angepasst werden, sodass über alle vier Fenster 14a, 14b, 14c, 14d eine gleichstarke, maximale Strahlung abgegeben werden kann. In diesem Fall ist die total abgegebene

Strahlung bei vorgegebener maximaler Belastung eines Fensters ebenfalls maximal.

Ein wichtiger Aspekt der Erfindung stellt der Winkel  $\alpha$  dar, unter welchem sich die beiden Resonatorlängsachsen 10 und 11 schneiden. Seine Grösse hat einen wesentlichen Einfluss auf den Wirkungsgrad des Gyrotrons. Dies soll nun näher erläutert werden.

Bei einem quasi-optischen Gyrotron mit nur einem Resonator hoher Leistung müssen Zyklotronfrequenz der Elektronen, Resonanzfrequenz des Resonators und Phasenlage der in den Resonator eintretenden Elektronen aufeinander abgestimmt sein. Insbesondere die Phasenlage der gyrierenden Elektronen wird im Steuerresonator 2 und in der nachfolgenden Driftzone 4 geeignet vorbereitet ("Prebunching"), sodass die Elektronen optimal mit dem im Resonator schwingenden elektromagnetischen Wechselfeld zusammenwirken. Dies garantiert einen optimalen Wirkungsgrad.

Ein wichtiger Faktor bei dieser optimalen Einstellung, ist die korrekte Abstimmung auf die Richtung der Resonatorlängsachse. Dies stellt nun aber ein Problem dar, wenn zwei nichtzusammenfallende Resonatorlängsachsen vorliegen, wie dies bei der Erfindung der Fall ist. Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform wird dieses Problem so gelöst, dass der Winkel  $\alpha$  so klein wie möglich gehalten wird. Wenn nun in beiden Resonatoren 6 und 7 gleichzeitig ein Wechselfeld angeregt werden soll, so wird die Phasenlage der Elektronen so eingestellt, dass sie optimal für die Winkelhalbierende (des kleineren der beiden Winkel  $\alpha$  und  $180^\circ - \alpha$ ) zwischen den beiden Resonatorlängsachsen 10 und 11 ist. Auf diese Weise regen die Elektronen beide Wechselfelder etwa gleich stark an. Eine weitestgehende Gleichverteilung der Energie auf die beiden Resonatoren 6 und 7 kann durch zusätzliches Verkippen der Spiegel in der oben beschriebenen Art erreicht werden.

In Fig. 2 ist andeutungsweise eine Anordnung mit minimalem Winkel  $\alpha$  gezeigt. Er wird bestimmt einerseits durch den Abstand der beiden Spiegel 12a und 12b resp. 12c und 12d eines Resonators 6 resp. 7, andererseits durch den Durchmesser der benachbarten Spiegel 12a und 12c resp. 12b und 12d und den für die Auskopplung der elektromagnetischen Strahlung benötigten Raum zwischen der Wand des Gefässes 13 und dem Rand des jeweiligen Spiegels.

Als Orientierungshilfe für den Winkel  $\alpha$  soll folgendes Zahlenbeispiel dienen. Bei einem Spiegeldurchmesser von 800 mm und einem Spiegeldurchmesser von 65 mm wird ein Innendurchmesser des Gefässes (Bohrung) von etwa 145 mm benötigt. Aus konstruktiv-mechanischen Gründen (Flanschanschlüsse) lässt sich so ein minimaler Winkel  $\alpha$  in der Grössenordnung von  $30^\circ$  realisieren.

ren.

Der Winkel  $\alpha$  kann natürlich auch durch Vergrössern des Spiegelabstandes verkleinert werden. Da wegen des in axialer Richtung divergierenden Wechselfeldes dann auch etwas grössere Spiegel und Fenster erforderlich sind, kann damit auch mehr Leistung ausgekoppelt werden. Diese technischen Vorteile sind von Fall zu Fall gegen die ökonomischen Nachteile des grösseren Raumbedarfs und der höheren Herstellungskosten abzuwägen.

Was bisher für den Fall von Resonatoren gleicher Frequenz gesagt wurde, gilt sinngemäss auch für die im folgenden erläuterten Varianten mit unterschiedlicher Frequenz.

Eine erste Variante besteht darin, dass z.B. der Resonator 7 bei einer Frequenz schwingt, welche sich prozentual nur wenig von derjenigen des Resonators 6 unterscheidet. Die entsprechende Frequenzverschiebung wird z.B. so erreicht, dass der Spiegelabstand eines der beiden nahezu gleichen Resonatoren 6, 7 um maximal eine halbe Wellenlänge des angeregten Wechselfeldes verschoben wird.

Wie gross der Frequenzunterschied zahlenmässig ist, hängt im wesentlichen vom freien Spektralbereich des Resonators ab. Wenn die beiden Spiegel 12a, 12b des Resonators 6 einen Abstand von z.B. 400 mm haben und das elektromagnetische Wechselfeld eine Wellenlänge von 1 mm hat, so haben 800 halbe Wellenlängen zwischen den Spiegeln Platz. Der relative, freie spektrale Bereich ("free spectral range") beträgt somit etwa 1/800 d.h. ca. 0.1 % der Resonanzfrequenz.

Ein mögliches Anwendungsgebiet von Gyrotrons mit sich nur wenig unterscheidenden mm-Wellen ist das Aufheizen eines Plasmas bei der Kernfusion. Insbesondere können auf diese Weise eng benachbarte Bereiche des Plasmas aufgeheizt werden.

Eine zweite Variante sieht einen Resonator 7 mit einer Frequenz vor, welche in einem harmonischen Verhältnis zu derjenigen des Resonators 6 steht. Das eine Wechselfeld schwingt also mit einer Frequenz, welche das mehrfache derjenigen des anderen Wechselfeldes beträgt. Vorzugsweise beträgt das Verhältnis 2:1.

Bisher wurde stets davon ausgegangen, dass die beiden Resonatoren 6 und 7 gleichzeitig in Betrieb sind. Ein erfindungsgemässes quasi-optisches Gyrotron kann aber durchaus auch mit nur einem der beiden Resonatoren betrieben werden. Dies wird insbesondere dann Vorteile bringen, wenn die beiden Resonatoren unterschiedliche Frequenzen haben, welche je auf eine bestimmte Anwendung abgestimmt sind. Mit einem äusserst geringen Zusatzaufwand kann so ein breiter Anwendungsbereich abgedeckt werden. Die vorhandenen

Hilfsapparaturen werden dabei besser ausgenutzt.

Wenn nur einer der beiden Resonatoren in Betrieb ist, so wird der andere durch Verkippen eines seiner Spiegel stillgelegt. Ausserdem wird die Phasenlage der Elektronen optimal auf den laufenden Resonator abgestimmt. Dies garantiert einen optimalen Wirkungsgrad.

Der Winkel  $\alpha$  ist in diesem Fall grundsätzlich keiner Einschränkung unterworfen. Insbesondere können die beiden Resonatorlängsachsen 10 und 11 ohne weiteres senkrecht zueinander ausgerichtet werden ( $\alpha = 90^\circ$ ), was bedienungsmässig äusserst vorteilhaft ist.

Die Resonatorlängsachsen 10, 11 liegen entweder in der selben Ebene (welche senkrecht zur Elektronenstrahlachse steht), oder sind in Richtung der Elektronenstrahlachse leicht verschoben. Wie die geometrische Anordnung im konkreten Fall sein soll, hängt von verschiedenen Faktoren ab. U.a. sind folgende Punkte von Bedeutung:

1. Grundsätzlich müssen alle Leistungsresonatoren zwischen den beiden Spulen in Helmholtz-Anordnung Platz finden.

2. Jeder Resonator 6, 7 muss einen gewissen Abstand zu den Behältern 9a, 9b wahren, damit das im Prinzip seitlich nicht begrenzte Wechselfeld nicht zu stark gestört wird.

3. Wenn die Resonatorlängsachsen um einen geeigneten Abstand verschoben werden, kann erreicht werden, dass die Elektronen für beide Resonatoren die richtige Phasenlage haben.

Aufgrund der beschränkten Breite des Spaltes zwischen den Spulen, werden die Resonatorlängsachsen im wesentlichen in einer gemeinsamen Ebene liegen.

In den anhand der Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen sind zwar immer nur quasi-optische Gyrotrons mit zwei Leistungsresonatoren gezeigt worden. Es ist aber klar, dass sich gemäss der Erfindung Gyrotrons mit drei oder sogar noch mehr Leistungsresonatoren realisieren lassen.

In dem anhand der Figuren erläuterten Ausführungsbeispiel wird bei jedem Spiegel elektromagnetische Strahlung ausgekoppelt. Dies ist jedoch nicht unerlässlich für die Erfindung. In gewissen Anwendungen kann es durchaus erwünscht sein, bei einem oder mehreren Resonatoren nur bei einem Spiegel Leistung auszukoppeln. In diesem Fall ist nur hinter einem der beiden Spiegel ein HF-Fenster angeordnet.

Wenn in der vorliegenden Beschreibung von mm-Wellen gesprochen wird, so ist dies in keinem Fall einschränkend zu verstehen. Damit wird einfach ein Wellenlängenbereich bezeichnet, welcher typischerweise Wellenlängen von etwa 1 mm umfasst und durchaus ein bis zwei Dekaden breit ist.

Es sei darauf hingewiesen, dass der Steuerresonator 2 in Fig. 1 nicht Teil der Erfindung ist. Er

kann durchaus auch weggelassen werden, wenn das resultierende "Prebunching" nicht gewünscht wird.

Abschliessend kann gesagt werden, dass die Erfindung ein quasi-optisches Gyrotron schafft, welches einerseits eine grosse Gesamtleistung abgeben kann und andererseits einen breiten Anwendungsbereich bei minimalem apparativem Aufwand besitzt.

## Ansprüche

1. Quasi-optisches Gyrotron zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung in Form von mm-Wellen, bei welchem

a) auf einer Elektronenstrahlachse (1) laufende Elektronen durch ein statisches, parallel zur Elektronenstrahlachse (1) ausgerichtetes Magnetfeld zur Gyration gezwungen werden und

b) in einem Resonator (6) hoher Leistung, welcher zwei, auf einer senkrecht zur Elektronenstrahlachse (1) ausgerichteten ersten Resonatorlängsachse (11) liegende Spiegel (12a, 12b) umfasst, ein elektromagnetisches Wechselfeld hoher Leistung anregen, sodass bei den Spiegeln (12a, 12b) elektromagnetische Strahlung in Form von mm-Wellen ausgekoppelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass

c) mindestens ein weiterer Resonator (7) hoher Leistung vorgesehen ist, welcher mindestens eine weitere Resonator (7) ebenfalls zwei, auf einer weiteren Resonatorlängsachse (11) liegende weitere Spiegel (12c, 12d) umfasst, wobei die weitere Resonatorlängsachse (11) ebenfalls senkrecht zur Elektronenstrahlachse (1) liegt und dabei so ausgerichtet ist, dass erste und weitere Resonatorlängsachse (11) um einen gegebenen Winkel ( $\alpha$ ) grösser null gegeneinander verdreht sind.

2. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die mindestens eine weitere Resonatorlängsachse (10) im wesentlichen in einer gemeinsamen, senkrecht zur Elektronenstrahlachse ausgerichteten Ebene liegen.

3. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

a) die Resonatorlängsachsen (10, 11) des ersten und des mindestens einen weiteren Resonators (6, 7) einen aufgrund der Durchmesser der Spiegel (12a, 12b, 12c, 12d) minimal möglichen Winkel ( $\alpha$ ) einschliessen und

b) dass die Spiegel (12a, 12b, 12c, 12d) des ersten und des mindestens einen weiteren Resonators (6, 7) so justiert sind, dass in den Resonatoren gleichzeitig je ein elektromagnetisches Wechselfeld angeregt wird und bei allen Spiegeln (12a, 12b, 12c, 12d) elektromagnetische Strahlung in Form von

mm-Wellen ausgekoppelt wird.

4. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Resonator (6, 7) mindestens einen, gegenüber der Resonatorlängsachse (10, 11) beweglichen Spiegel (12a, 12c) zum Einstellen einer Güte und einer Resonanzfrequenz des Resonators (6, 7) aufweist.

5. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonatoren (6, 7) so ausgebildet sind, dass die darin angeregten Wechselfelder mit Frequenzen schwingen, welche in einem harmonischen Verhältnis zueinander stehen.

6. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonatoren (6, 7) so ausgebildet sind, dass die darin angeregten Wechselfelder mit Frequenzen schwingen, welche sich prozentual nur wenig unterscheiden.

7. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die beweglichen Spiegel (12a, 12c) gegenüber der jeweiligen Resonatorlängsachse so eingestellt sind, dass stets nur in einem Resonator (6, 7) ein elektromagnetisches Wechselfeld angeregt werden kann.

8. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

a) genau ein weiterer Resonator (7) vorgesehen ist und dass

b) der Winkel ( $\alpha$ ) zwischen den Resonatorlängsachsen etwa  $30^\circ$  beträgt.

9. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

a) die Resonatoren (6, 7) hoher Leistung zwischen zwei koaxial zur Elektronenstrahlachse (1) ausgerichteten Spulen (8a, 8b) in Helmholtz-Anordnung zur Erzeugung des statischen Magnetfeldes angeordnet sind und dass

b) zur Erhöhung des Wirkungsgrades des Gyrotrons ein Steuerresonator (2) so angeordnet ist, dass die Elektronen zuerst den Steuerresonator (2) und eine Driftzone (4) durchlaufen, bevor sie in die Resonatoren (6, 7) eintreten.

10. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenlage der Elektronen so justiert wird, dass sie in Bezug auf eine Winkelhalbierende der Resonatorlängsachsen (10, 11) optimal ist.

Fig.1

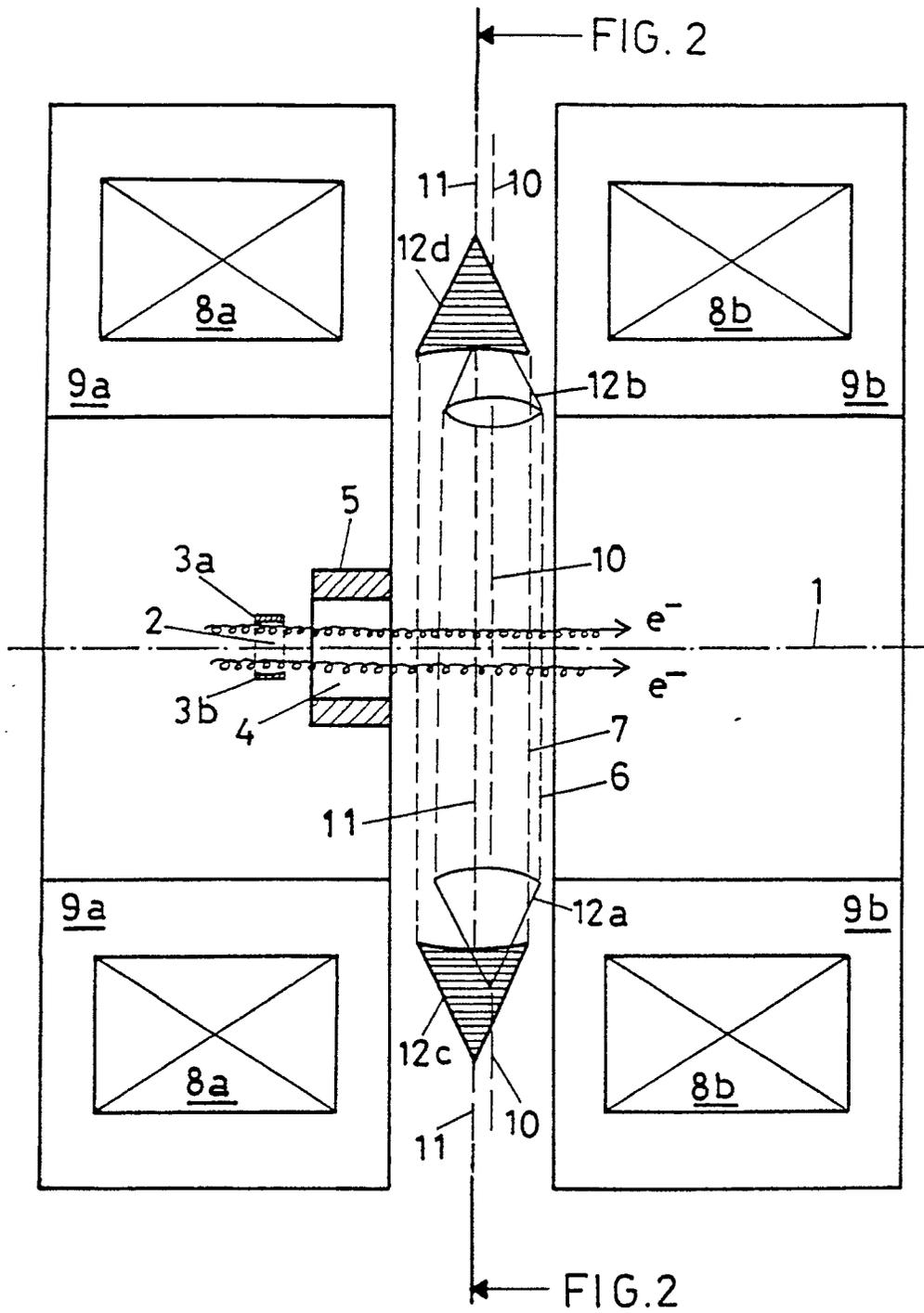
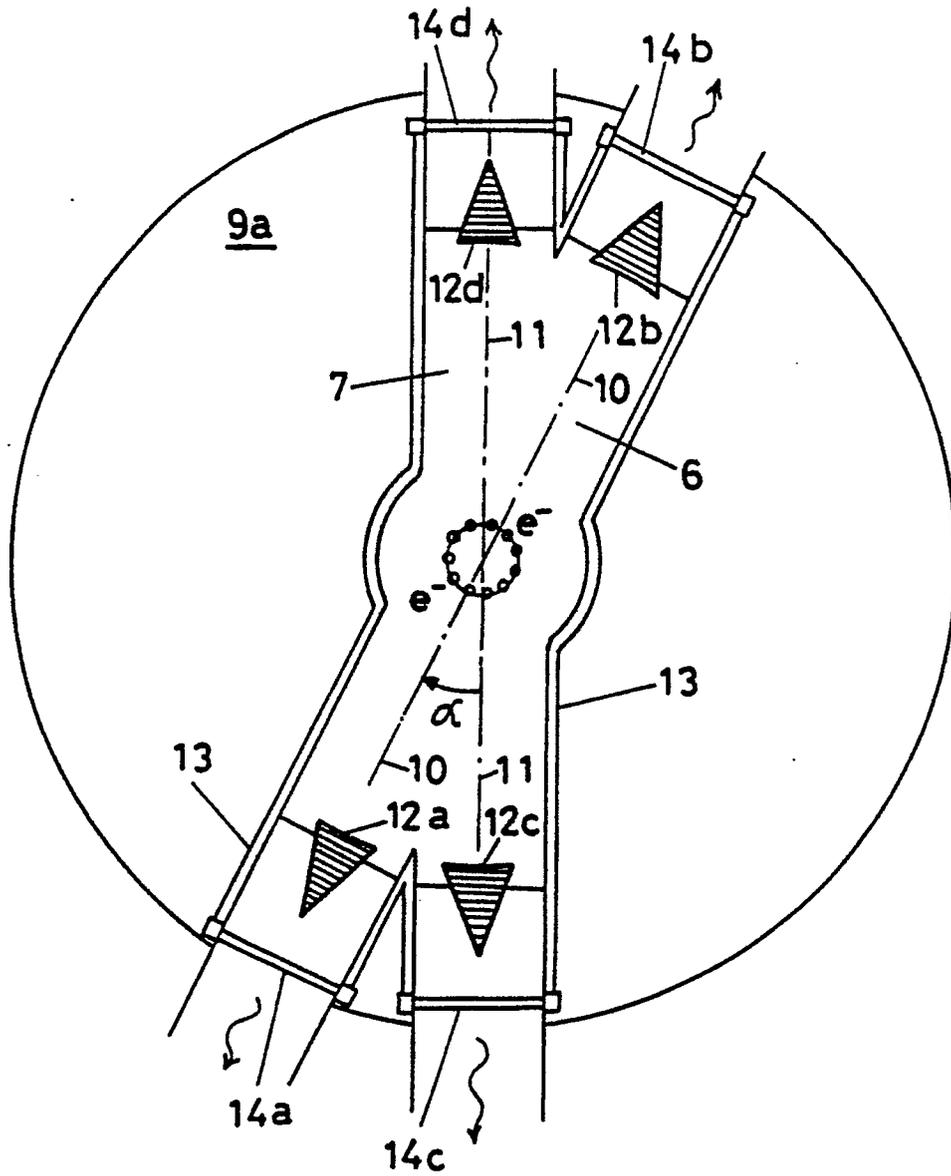


Fig.2





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 10 6906

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	INTERNATIONAL JOURNAL OF INFRARED AND MILLIMETER WAVES vol. 7, no. 11, 1986, Plenum Publishing Corporation Seiten 1813 - 1822; A. PERRENOUD et al.: "Low power measurements of the quality factor of an open resonator with stepped mirrors" * Zusammenfassung * * Seite 1814, Zeilen 2 - 8 *	1	H01J25/02
A	INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS, vol. 61, no. 6, Dezember 1986, LONDON GB Seiten 715 - 727; G. Mourier et al.: "A 100 GHz gyrotron-results and future prospects" * Seite 724, Absatz 4; Figur 8 *	1	
A	US-A-4559475 (MANHEIMER) * Zusammenfassung; Figuren 1, 2 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			H01J
Recherchenort	Abschließdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	06 JULI 1990	MARTIN Y VICENTE M.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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 andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			