



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 281 858 B1**

⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift: **17.07.91**

⑤① Int. Cl.⁵: **H01J 25/02**

②① Anmeldenummer: **88102786.6**

②② Anmeldetag: **25.02.88**

⑤④ **Hochleistungs-Gyrotron zur Erzeugung elektromagnetischer Millimeter- oder Submillimeterwellen.**

③① Priorität: **03.03.87 CH 799/87**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.09.88 Patentblatt 88/37

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
17.07.91 Patentblatt 91/29

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 124 396

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFRARED
AND MILLIMETER WAVES**, Band 7, Nr. 3,
1986, Seiten 427-446, Plenum Publishing
Corp.; **A. PERRENOUD et al.**: "On the design
of open resonators for quasi-optical gyro-
trons"

**INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRO-
NICS**, Band 57, Nr. 6, Dezember 1984, Seiten
977-984, London, GB; **T.A. HARGREAVES et
al.**: "Experimental study of a single-mode
quasi optical gyrotron"

⑦③ Patentinhaber: **Centre de Recherches en Phy-
sique des Plasmas**
21, Avenue des Bains
CH-1007 Lausanne(CH)

⑦② Erfinder: **Bondeson, Anders, Prof.**
Björcksgatan 44
S-412 96 Göteborg(SE)
Erfinder: **Isaak, Bernhard, Dr.**
CH. de Montelly 43B
CH-1007 Lausanne(CH)
Erfinder: **Perrenoud, André**
Rue St. Jean
CH-1260 Nyon(CH)
Erfinder: **Tran, Minh Quang, Dr.**
Ch. du Boisy 49
CH-1004 Lausanne(CH)

⑦④ Vertreter: **Lück, Gert, Dr. rer. nat.**
**c/o ASEA BROWN BOVERI AG Patentabtei-
lung**
CH-5401 Baden(CH)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung elektromagnetischer Millimeter- oder Submillimeterwellen hoher Intensität. Sie betrifft insbesondere ein Hochleistungs-Gyrotron gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1. Das Hochleistungs-Gyrotron ist vorgesehen zur Verwendung bei der Kernfusion zur Heizung des Fusionsplasmas.

Ein Gyrotron der genannten Art ist beispielsweise bekannt aus einem Artikel von T.A. Hargreaves et al., Int. J. Electronics 57, 977 (1984) oder auch aus einem Artikel von A. Perrenoud et al., Int. J. Electronics 57, 985 (1984).

Der durch die beiden Hohlspiegel gebildete Resonator des bekannten Gyrotrons ist ein sogenannter offener Resonator. Die beiden Hohlspiegel sind, zumindest in ihrer näheren Umgebung, nicht von einem Gehäuse oder dergleichen umgeben.

Aus der veröffentlichten Patentanmeldung EP-A1-0 124 396 (Mourier) geht ein Generator für UHF-Wellen hervor. In diesem Generator läuft ein Elektronenstrahl entlang einer x-Richtung. Zwei Spiegel bilden einen quasi-optischen Resonator, dessen Achse in y-Richtung liegt. Ein statisches Magnetfeld wirkt in z-Richtung. Dieser Generator arbeitet damit nach einem völlig anderen Prinzip als das Gyrotron nach Hargreaves oder Perrenoud. Mourier offenbart zwar ein zylindrisches Gehäuse, das den quasi-optischen Resonator vollständig umschliesst. Die Achse des Gehäuses liegt jedoch in z-Richtung und ist mit Absorbern ausgestattet um parasitäre Resonanzen zu verhindern.

In dem Gyrotron durchsetzt ein Hochenergie-Elektronenstrahl den Resonator entlang eines magnetischen Feldes. Dabei bewegen sich die Elektronen des Elektronenstrahls entlang des Magnetfeldes auf spiralförmigen Bahnen mit einer der Zyklotronfrequenz entsprechenden Umlauffrequenz, die zur Stärke des Magnetfeldes proportional ist. Sie wechselwirken mit einem im Resonator aufgebauten elektromagnetischen Wechselfeld.

Die im Resonator angeregten Moden sind vom Typ TEM_{mnp} , wobei die Indizes m und n Transversalmoden und der Index p Longitudinalmoden bezeichnen (vgl. auch H. Kogelnik, 1966, Modes in Optical Resonators; Lasers, Vol. 1, herausgegeben von A.K. Levine, New York: Marcel Dekker, S. 295). In dem bekannten Gyrotron werden nur die longitudinalen TEM_{oop} -Moden selektiert, da sie die geringsten Diffraktionsverluste aufweisen.

Damit die thermische Belastung der Hohlspiegel bei der in Aussicht genommenen Anwendung bei der Kernfusion nicht zu gross wird (die Feldleistung im Resonator kann einige Megawatt betragen) müssen diese eine gewisse Mindestgrösse aufweisen, die wesentlich (um bis zu zwei Grös-

senordnungen) grösser als die Wellenlänge der zu erzeugenden elektromagnetischen Strahlung ist. Das p der im Resonator angeregten Moden liegt dadurch im Bereich zwischen 40 und 400. Dies hat zur Folge, dass der Frequenzabstand zwischen zwei benachbarten Moden TEM_{oop} und TEM_{oop+1} wesentlich kleiner ist als das Instabilitäts-Frequenzband des Gyrotrons, was das Problem einer Moden-Konkurrenz aufwirft (vgl. z.B. Bondeson et al., Infrared and Millimeter Waves 9, 309 (1984)).

Bei dem bekannten Gyrotron ist es jedoch gelungen, den offenen, quasi-optischen Resonator derart auszubilden, dass er modenselektiv ist, d.h. dass in ihm eine TEM_{oop} -Mode allein oder zumindest bevorzugt gegenüber anderen, benachbarten Moden $TEM_{oop\pm 1}$ angeregt wird (vgl. A. Perrenoud et al., Int. Journal of Infrared and Millimeter Waves 7, 427 (1986) und A. Perrenoud et al., Int. Journal of Infrared and Millimeter Waves 7, 1813 (1986)).

Dem Vorteil der erzielbaren Moden-Selektivität der offenen Resonatorstruktur stehen jedoch vor allem zwei Nachteile entgegen:

- Die Auskopplungs-Effizienz des Resonators ist durch hohe Abstrahlverluste an die Umgebung relativ schlecht;
- die hohe Abstrahlung des Resonators beeinflusst störend andere in seiner Umgebung installierte Vorrichtung;
- die in der Umgebung des Resonators installierte Vorrichtung kann sich störend auf die Wirkungsweise des Resonators auswirken.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Hochleistungs-Gyrotron der eingangs genannten Art anzugeben, das hinsichtlich seiner Auskopplungs-Effizienz verbessert ist, in geringerem Masse seine Umgebung störend beeinflusst und dessen Moden-Selektivität dennoch nicht wesentlich beeinträchtigt oder sogar besser ist.

Diese sowie weitere Aufgaben werden gemäss der vorliegenden Erfindung gelöst durch die Angabe eines neuen Hochleistungs-Gyrotrons mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Die Vorteile der Erfindung sind im wesentlichen darin zu sehen, dass es gelungen ist, eine geschlossene Resonatorstruktur anzugeben, welche hinsichtlich ihren Moden-Selektivität mit der bekannten offenen Resonatorstruktur vergleichbar ist.

Die durch das erfindungsgemäss vorgesehene Gehäuse zusätzlich angeregten, sogenannten nichtgaus'schen Moden sind bezüglich ihrer Intensität gegenüber der oder den gewünschten gaus'schen TEM_{oop} -Moden verhältnismässig schwach und tolerierbar.

Durch die Erfindung wird die Auskopplungseffizienz auf 100 % erhöht.

Die Abstrahlung an die Umgebung wird durch das erfindungsgemäss vorgesehene Gehäuse praktisch vollständig verhindert. Andere Geräte, wie

z.B. Ablenkspulen für den Elektronenstrahl oder ein Prebuncher können in unmittelbarer Nähe des Resonators aufgestellt werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen gekennzeichnet.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden ausführlichen Beschreibung insbesondere unter Berücksichtigung der beigefügten Zeichnungen. Es zeigen:

Fig. 1 in geschnittener Darstellung den Resonatorteil eines Hochleistungs-Gyrotrons nach der Erfindung in einem Gehäuse angeordnet und

Fig. 2 in schematisch-perspektivischer Darstellung eine vorteilhafte Geometrie der Hohlspiegel.

Es wird nunmehr auf die Zeichnung Bezug genommen. In Fig. 1 sind mit 1 und 2 zwei Hohlspiegel bezeichnet, welche einander gegenüberliegend in einem Abstand d auf einer optischen Achse angeordnet sind. Die optische Achse fällt in Fig. 1 mit einer Koordinatenachse oder Richtung Y zusammen. Die beiden Hohlspiegel 1 und 2 bilden gemeinsam einen quasi-optischen Resonator.

Den quasi-optischen Resonator durchsetzt in der Mitte zwischen den beiden Hohlspiegeln 1, 2 ein Hochenergie-Elektronenstrahl 3 in Richtung einer Koordinatenachse Z senkrecht zur Richtung Y . Derart ausgerichtet ist auch ein in Fig. 1 nicht dargestelltes, weitgehend homogenes Magnetfeld zwischen den beiden Hohlspiegeln 1 und 2. Die Elektronen des Elektronenstrahls 3 bewegen sich auf spiralförmigen Bahnen um die Magnetfeldlinien. Dies ist durch die spiralförmige Linie in Fig. 1 angedeutet.

Der quasi-optische Resonator von Fig. 1 ist in einem Gehäuse 4 angeordnet. Das Gehäuse 4 ist ein Zylinder, dessen Achse mit der optischen Achse der Hohlspiegel 1, 2 zusammenfällt. Es ist, wenigstens überwiegend, elektrisch leitfähig. Die Länge des Gehäuses erstreckt sich über etwas mehr als den Abstandsbereich d zwischen den Hohlspiegeln 1, 2. Das Verhältnis vom Durchmesser des Gehäuses 4 zum Durchmesser der Spiegel 1, 2 ist ein von der jeweiligen Anwendung abhängiger Parameter. Bei einem Resonator mit 2 % Diffraktionsverlusten gemäss einem Wert von ca. 1,4 für dieses Verhältnis, um die unerwünschten, nicht gaus'schen Moden zu unterdrücken. Gleiches gilt, falls die elektromagnetische Feldleistung nur an einem Ende ausgekoppelt wird. An seinen Enden weist das zylindrische Gehäuse 4 Anschlussflansche 4.1 auf. An die Anschlussflansche sind nur abschnittsweise dargestellte Mikrowellenleiter 5 angeflanscht. Ueber den Mikrowellenleiter 5 werden die im quasi-optischen Resonator erzeugten elek-

tromagnetischen Wellen dem Ausgang des Gyrotrons zugeführt. Das Gehäuse 4 weist schliesslich noch Durchtrittsöffnungen 4.2 für den Elektronenstrahl 3 auf.

Durch das Gehäuse 4 wird die Abstrahlung von elektromagnetischer Strahlung in die Umgebung des quasi-optischen Resonators bzw. des Hochenergie-Gyrotrons praktisch vollständig verhindert und eine optimale Auskopplungs-Effizienz erreicht.

Durch den gewählten Radius des zylindrischen Gehäuses 4 und den dadurch sich ergebenden Abstand der Gehäusewand von den Hohlspiegeln 1 und 2 sind die durch das Vorhandensein des Gehäuses 4 zusätzlich angeregten nicht gaus'schen Moden gegenüber den gewünschten gaus'schen TEM_{oop} -Moden tolerierbar klein.

Die erstrebte Modenreinheit lässt sich insbesondere dadurch verbessern, dass Hohlspiegel 1, 2 mit hohen negativen g -Faktoren bis zu -0.8 verwendet werden. Der g -Faktor ist definiert durch $g := 1 - d/R$, wobei d den gegenseitigen Abstand der Hohlspiegel 1 und 2 und R ihren Krümmungsradius bedeuten.

Weiter verbessern lässt sich die Modenreinheit durch selektive Dämpfung der unerwünschten, nichtgaus'schen Moden. Rechnungen zeigen, dass die stärksten dieser Moden vornehmlich in einem Abschnitt im Bereich der Mitte zwischen den beiden Hohlspiegeln 1, 2 an der inneren Wand des Gehäuses 4 einmal reflektiert werden. Durch Ausbildung zumindest der inneren Oberfläche des Gehäuses 4 in diesem Abschnitt in der Mitte zwischen den beiden Hohlspiegeln 1, 2 in einer elektromagnetischen Wellen dämpfenden Weise, können demnach in einfacher Weise die unerwünschten nichtgaus'schen Moden selektiv unterdrückt werden.

In Fig. 1 sind mehrere Möglichkeiten dargestellt, wie das Gehäuse 4 bzw. seine innere Oberfläche im genannten Abschnitt in der Mitte zwischen den beiden Hohlspiegeln 1, 2 ausgebildet werden kann. Es soll jedoch verstanden werden, dass jeweils nur eine der vier dargestellten Möglichkeiten tatsächlich verwendet wird. Die Möglichkeiten sind:

- Zur Erzielung einer Absorption kann die innere Oberfläche des Gehäuses 4 im genannten Abschnitt mit einer elektromagnetischen Wellen gut absorbierenden Schicht 4.3 versehen sein. Die Absorptionsfähigkeit dieser Schicht sollte jedenfalls wesentlich grösser als die Absorptionsfähigkeit der Gehäusewand ausserhalb dieser Schicht sein. Alternativ kann die ganze Gehäusewand im genannten Abschnitt aus einem solchen Material bestehen, vgl. 4.4.
- Zur Erzielung eines Streueffektes kann

die innere Oberfläche des Gehäuses 4 im genannten Abschnitt mit einer grösseren Rauigkeit als ausserhalb dieses Abschnitts versehen sein, vgl. 4.5. Die Oberfläche könne auch gezahnt, profiliert oder in noch anderer Weise strukturiert sein.

- Die Gehäusewand kann im genannten Abschnitt auch mit Löchern oder Bohrungen 4.6 versehen sein.

Die Ausdehnung D des genannten, in besonderer Weise ausgebildeten Abschnitts des Gehäuses 4 in Richtung Y der optischen Achse der beiden Hohlspiegel 1, 2 sollte sich vorzugsweise über maximal etwa 1/5 des Abstandsbereiches (d) zwischen den Hohlspiegeln erstrecken.

Eine entscheidende Verbesserung der Modenreinheit kann schliesslich noch dadurch erzielt werden, dass Hohlspiegel 1, 2 verwendet werden, die eine stufige Struktur aufweisen, wie dies für den Hohlspiegel 1 in Fig. 1 beispielsweise dargestellt ist. Die Hohlspiegel sollten insbesondere zwei um ein oder mehrere ganz Vielfache der halben Wellenlänge der gewünschten Strahlung stufenförmig gegeneinander versetzte Spiegelflächen aufweisen. Die Radien der gegeneinander versetzten Spiegelflächen, in Fig. 1 mit r_{11} und r_{12} bezeichnet, sollten relativ zueinander so bemessen sein, dass auf alle Spiegelflächen der gleiche Energiefluss entfällt.

Zusätzlich zur Verbesserung der Modenreinheit könnten die vorgenannten Massnahmen auch zu einer Optimierung anderer Parameter, beispielsweise zu einer Verringerung des Radius r_4 des Gehäuses 4 dienen.

Durch Verwendung von Hohlspiegeln 1, 2 mit einer von der sphärischen Geometrie abweichenden Geometrie lässt sich der elektromagnetische Wirkungsgrad des Gyrotrons nach der Erfindung verbessern. Insbesondere sind Hohlspiegel von Vorteil, welche, wie in Fig. 2 beispielsweise dargestellt, in zwei zueinander senkrechten Richtungen X und Z unterschiedliche Krümmungsradien R_x , R_z aufweisen. Die Richtung Z von Fig. 2 soll mit der Z-Richtung von Fig. 1 übereinstimmen.

Andererseits können die Hohlspiegel 1, 2 wie anhand des Hohlspiegels 2 in Fig. 1 beispielsweise dargestellt, in zwei Hälften in Z-Richtung unterschiedliche Krümmungsradien R_{21} , R_{22} aufweisen.

Patentansprüche

1. Hochleistungs-Gyrotron zur Erzeugung elektromagnetischer Millimeter- oder Submillimeterwellen mit
 - a) einem quasi-optischen Resonator, welcher durch zwei auf einer optischen Achse einander gegenüberliegend angeordnete Hohlspiegel (1, 2) gebildet ist, und
 - b) einem den Resonator umgebenden zylindrischen Gehäuse (4), welches wenigstens abschnittsweise elektrisch leitfähig ist, dadurch gekennzeichnet, dass

c) die Achse des Gehäuses mit der optischen Achse der beiden Hohlspiegel (1, 2) zusammenfällt, so dass die Abstrahlung von elektromagnetischer Strahlung in die Umgebung des quasi-optischen Resonators praktisch vollständig verhindert und eine optimale Auskopplungs-Effizienz erreicht ist.

2. Hochleistungs-Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wand des Gehäuses (4) von der optischen Achse der beiden Hohlspiegel (1, 2) einen Abstand aufweist, der etwa dem 1,4-fachen des Radius (r_{11} , r_2) des Hohlspiegels entspricht an dessen Ende die Feldleistung ausgekoppelt wird.
3. Hochleistungs-Gyrotron nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die g-Faktoren der Hohlspiegel (1, 2) negative Werte bis -8 aufweisen.
4. Hochleistungs-Gyrotron nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Gehäuse (4) in Richtung der optischen Achse der beiden Hohlspiegel (1, 2) mindestens über den Abstandsbereich (d) zwischen den Hohlspiegeln erstreckt.
5. Hochleistungs-Gyrotron nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass an das Gehäuse (4) zumindest einseitig in Richtung der optischen Achse der beiden Hohlspiegel (1, 2) ein Mikrowellenleiter (5) anschliessbar ist.
6. Hochleistungs-Gyrotron nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (4) in einem sich in Richtung der optischen Achse der beiden Hohlspiegel (1, 2) erstreckenden, in der Mitte zwischen den Hohlspiegeln angeordneten Abschnitt in einer der nachfolgenden Weisen ausgebildet ist:
 - Die innere Oberfläche des genannten Abschnittes ist mit einer Schicht (4.3) aus einem Material versehen, welches elektromagnetische Wellen stärker absorbiert als das Material des Gehäuses ausserhalb des genannten Abschnittes;
 - die innere Oberfläche des genannten Abschnittes ist profiliert, z.B. in Form einer sphärischen Einbuchtung, deren Radius mehrere Wellenlängen beträgt, oder mit einer grösseren Rauigkeit versehen als die Oberfläche des Gehäuses (4) ausserhalb des genannten Abschnittes;

- im genannten Abschnitt sind Löcher (4.6) in der Gehäusewand vorgesehen.

7. Hochleistungs-Gyrotron nach Anspruchs 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschnitt sich maximal über etwa 1/5 des Abstandsbereiches (d) zwischen den Hohlspiegeln (1, 2) erstreckt.
8. Hochleistungs-Gyrotron nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlspiegel (1, 2) zur Begünstigung der Ausbildung einer einzelnen, gewünschten TEM_{oop}-Mode jeweils mindestens zwei um ein oder mehrere ganze Vielfach der halben Wellenlänge der gewünschten TEM_{oop}-Mode stufenförmig gegeneinander versetzte, zueinander konzentrisch angeordnete Spiegelflächen aufweisen, deren Flächen relativ zueinander so bemessen sind, dass auf sie etwa der gleiche Energiefluss entfällt.
9. Hochleistungs-Gyrotron nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlspiegel (1, 2) eine von der sphärischen Geometrie abweichende Geometrie aufweisen, welche durch zwei unterschiedliche Krümmungsradien (R_x, R_z) in zwei zueinander senkrechten Richtungen charakterisiert ist und/oder bei welcher die Krümmungsradien in (R_{z1}, R_{z2}) in Richtung des magnetischen Feldes in zwei Hälften der Hohlspiegel unterschiedlich sind.

Claims

1. High-intensity gyrotron for generating electromagnetic millimetre or submillimetre waves, having
 - a) a quasi-optical resonator, which is formed by two concave reflectors (1, 2) arranged opposite one another on an optical axis, and
 - b) a cylindrical housing (4), surrounding the resonator, which is at least partially electrically conductive,
 characterised in that
 - c) the axis of the housing coincides with the optical axis of the two concave reflectors (1, 2), so that the emission of electromagnetic radiation into the environment of the quasi-optical resonator is virtually completely prevented and an optimum coupling-out efficiency is achieved.
2. High-intensity gyrotron according to Claim 1, characterised in that the wall of the housing (4) has a spacing from the optical axis of the two concave reflectors (1, 2) which corresponds to approximately 1.4 times the radius

(r₁₁, r₂) of the concave reflector at the end of which the field power is coupled out.

3. High-intensity gyrotron according to one of Claims 1 or 2, characterised in that the g-factors of the concave reflectors (1, 2) have negative values down to -8.
4. High-intensity gyrotron according to one of Claims 1 to 3, characterised in that the housing (4) in the direction of the optical axis of the two concave reflectors (1, 2) extends at least over the spacing range (d) between the concave reflectors.
5. High-intensity gyrotron according to one of Claims 1 to 4, characterised in that a microwave conductor (5) can be connected to the housing (4) on at least one side in the direction of the optical axis of the two concave reflectors (1, 2).
6. High-intensity gyrotron according to one of Claims 1 to 5, characterised in that the housing (4) is constructed in a section, which extends in the direction of the optical axis of the two concave reflectors (1, 2) and is arranged in the middle between the concave reflectors, in one of the following ways:
 - The inner surface of the said section is provided with a layer (4.3) of a material which absorbs electromagnetic waves more strongly than the material of the housing outside the said section;
 - the inner surface of the said section is profiled, for example in the form of a spherical indentation whose radius is a plurality of wavelengths, or is provided with a greater roughness than the surface of the housing (4) outside the said section;
 - holes (4.6) are provided in the housing wall in the said section.
7. High-intensity gyrotron according to Claim 6, characterised in that the section extends over at most approximately 1/5 of the spacing range (d) between the concave reflectors (1, 2).
8. High-intensity gyrotron according to one of Claims 1 to 7, characterised in that in order to favour the formation of a single, desired TEM_{oop} mode, the concave reflectors (1, 2) each have at least two reflecting surfaces offset, step-wise with respect to one another, by one or a plurality of integral multiples of the half wavelength of the desired TEM_{oop} mode and arranged concentrically with respect to

one another, the surfaces of which are dimensioned relative to one another such that approximately the same energy flux is incident on them.

9. High-intensity gyrotron according to one of Claims 1 to 8, characterised in that the concave reflectors (1, 2) have a geometry departing from spherical geometry, which is characterised by two different radii of curvature (R_x , R_z) in two mutually perpendicular directions and/or in which the radii of curvature (R_{21} , R_{22}) in the direction of the magnetic field differ in two halves of the concave reflectors.

Revendications

1. Gyrotron de grande puissance pour la production d'ondes électromagnétiques millimétriques ou submillimétriques, comportant :
 - a) un résonateur quasi optique, qui est formé par deux miroirs concaves (1, 2) montés face à face sur un axe optique, et
 - b) un boîtier cylindrique (4) entourant le résonateur, qui, au moins dans une section, est conducteur électrique,
 - caractérisé en ce que
 - c) l'axe du boîtier coïncide avec l'axe optique des deux miroirs concaves (1, 2), de sorte que la dissipation du rayonnement électromagnétique dans l'environnement du résonateur quasi optique est en substance entièrement évitée et qu'une efficacité de découplage optimale est atteinte.
2. Gyrotron de grande puissance suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la paroi du boîtier (4) est située à une distance de l'axe optique des deux miroirs concaves (1, 2) qui correspond environ à 1,4 fois le rayon (r_{11} , r_2) du miroir concave à l'extrémité où la puissance de champ est découplée.
3. Gyrotron de grande puissance suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les facteurs g des miroirs concaves (1, 2) présentent des valeurs négatives allant jusqu'à -0,8.
4. Gyrotron de grande puissance suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le boîtier (4) s'étend dans la direction de l'axe optique des deux miroirs concaves (1, 2) au moins sur la distance (d) séparant les deux miroirs concaves.
5. Gyrotron de grande puissance suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'un conducteur d'hyperfréquences

(5) peut être raccordé au boîtier (4), au moins d'un côté, dans le sens de l'axe optique des deux miroirs concaves (1, 2).

6. Gyrotron de grande puissance suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le boîtier (4) est réalisé de l'une des manières suivantes dans une section s'étendant dans le sens de l'axe optique des deux miroirs concaves (1, 2) et disposée au milieu entre ces miroirs concaves :
 - la surface intérieure de ladite section est pourvue d'une couche (4.3) d'une matière qui absorbe plus fortement les ondes magnétiques que la matière du boîtier située en dehors de ladite section;
 - la surface intérieure de ladite section est profilée, par exemple sous la forme d'une anfractuosité sphérique, dont le rayon est égal à plusieurs longueurs d'ondes, ou est pourvue d'une rugosité plus forte que celle de la surface du boîtier (4) à l'extérieur de ladite section;
 - des perforations (4.6) sont prévues dans la paroi du boîtier, dans ladite section.
7. Gyrotron de grande puissance suivant la revendication 6, caractérisé en ce que la section s'étend au maximum sur environ 1/5 de la distance (d) séparant les miroirs concaves (1, 2).
8. Gyrotron de grande puissance suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les miroirs concaves (1, 2), en vue de favoriser le développement d'un mode TEM_{00p} souhaité individuel, comportent chacun au moins deux surfaces de miroir disposées concentriquement l'une à l'autre et décalées l'une par rapport à l'autre par un échelon correspondant à un ou plusieurs multiples entiers de la demi-longueur d'onde du mode TEM_{00p} souhaité, les surfaces de miroir étant dimensionnées l'une par rapport à l'autre de telle sorte qu'environ le même flux d'énergie leur soit attribué.
9. Gyrotron de grande puissance suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les miroirs concaves (1, 2) présentent une géométrie s'écartant de la géométrie sphérique, qui est caractérisée par deux rayons de courbure différents (R_x , R_z) dans deux directions perpendiculaires l'une à l'autre et/ou dont les rayons de courbure en (R_{21} , R_{22}) dans le sens du champ magnétique sont différents dans deux moitiés des miroirs concaves.

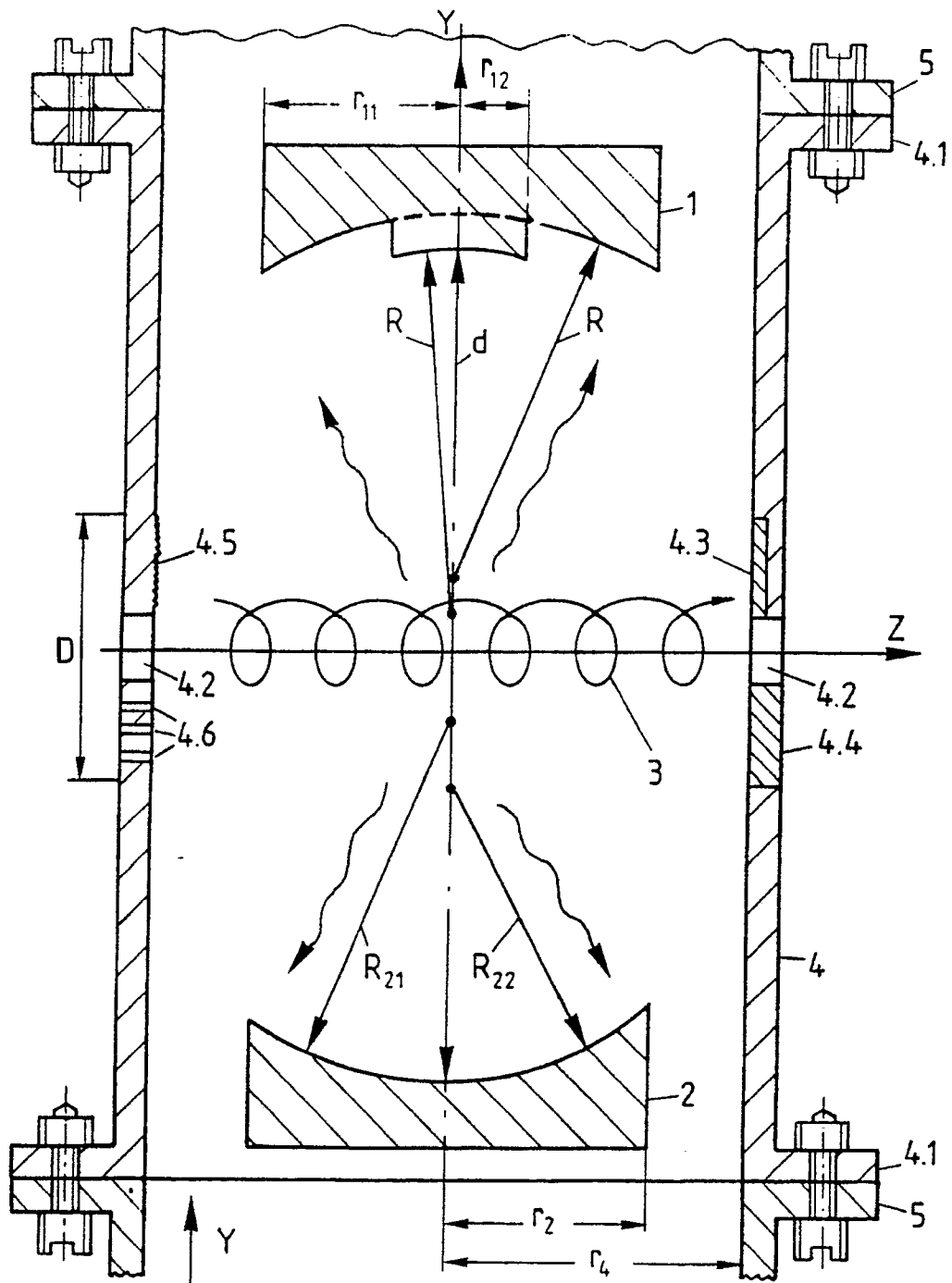


FIG. 1

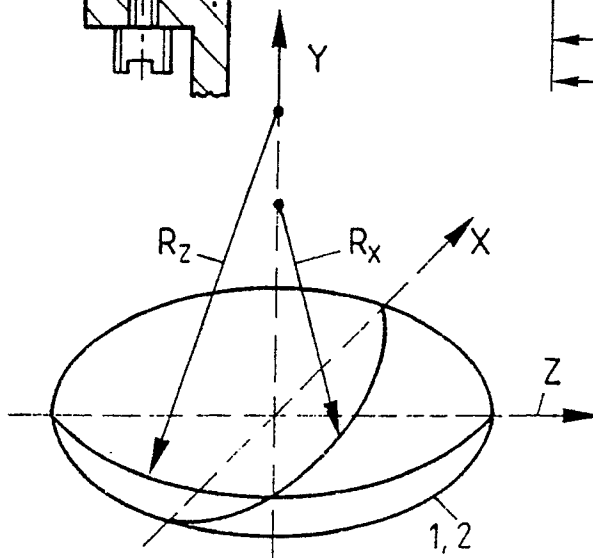


FIG. 2