

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **90109716.2**

51 Int. Cl.⁵: **H01J 25/02**

22 Anmeldetag: **22.05.90**

30 Priorität: **23.06.89 CH 2349/89**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.12.90 Patentblatt 90/52

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL

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

72 Erfinder: **Mathews, Hans-Günter, Dr.**
Gehrenhagweg 11
CH-5422 Oberehrendingen(CH)

54 **Quasi-optisches Gyrotron.**

57 Bei einem quasi-optischen Gyrotron erzeugen zwei Spulen (3a, 3b) in Helmholtz-Anordnung ein statisches, parallel zu einer Elektronenstrahlachse (2) ausgerichtetes Magnetfeld. Dadurch werden die auf der Elektronenstrahlachse (2) parallel zum Magnetfeld laufenden Elektronen zur Gyration gezwungen und regen in einem quasi-optischen Resonator ein elektromagnetisches Wechselfeld an. Der Resonator umfasst zwei, auf einer Resonatorachse (5) einander gegenüberliegend angeordnete Spiegel (4a, 4b). Die Resonatorachse (5) ist zwischen den zwei Spulen (3a, 3b) senkrecht zur Elektronenstrahlachse (2) ausgerichtet. Die Spiegel weisen einen gegenseitigen Abstand auf, welcher viel grösser als eine halbe Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung ist. Zur Erzeugung breitbandiger Strahlung wird mindestens ein Spiegel (4b) durch einen Vibrator (10) hochfrequent um mindestens etwa eine halbe Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung bewegt.

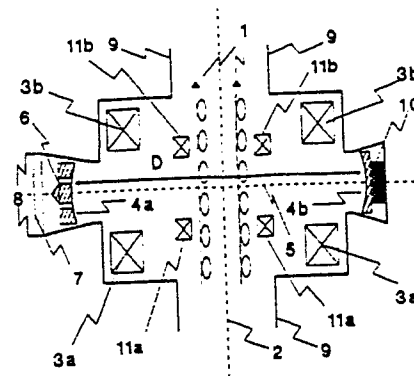


Fig. 1

Quasi-optisches Gyrotron

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein quasi-optisches Gyrotron zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung im Millimeter- und Submillimeterbereich, bei welchem entlang einer Elektronenstrahlachse laufende Elektronen durch ein statisches, parallel zur Elektronenstrahlachse ausgerichtetes Magnetfeld zur Gyration gezwungen werden und in einem quasi-optischen Resonator, welcher zwei, auf einer senkrecht zur Elektronenstrahlachse ausgerichteten Resonatorachse einander gegenüberliegend angeordnete Spiegel umfasst, ein elektromagnetisches Wechselfeld anregen, sodass aus dem Resonator die elektromagnetische Strahlung ausgekoppelt werden kann.

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. Mit einem solchen Gyrotron lässt sich elektromagnetische Strahlung in einem Frequenzbereich von typischerweise mehr als 100 GHz mit grosser Leistung erzeugen.

Alle bisher bekannten Hochleistungsquellen für Millimeter- und Submillimeterwellen zeichnen sich dadurch aus, dass sie bei einer festen Frequenz und mit einer äusserst geringen Bandbreite arbeiten. Beim quasi-optischen Gyrotron beispielsweise beträgt diese Bandbreite nur wenige MHz. Bei gewissen nachrichtentechnischen Anwendungen (z.B. bei den sogenannten "electronic countermeasures") ist es aber mitunter erforderlich, dass hochfrequente Strahlung grosser Bandbreite zur Verfügung gestellt werden kann.

Wenn es beispielsweise darum geht, eine elektromagnetische Nachrichtenverbindung zu stören oder zu verunmöglichen, dann genügt es nicht, mit einem Störsender hoher Leistung aber fester Frequenz zu interferieren. Es ist nämlich bekannt, dass einem derartigen "Jamming" durch systematisches Frequenzhüpfen aus dem Weg gegangen werden kann.

Wenn nun aber ein breites Frequenzband mit dem Störsender abgedeckt werden kann, dann muss auch das Frequenzhüpfen versagen.

Darstellung der Erfindung

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, ganz allgemein eine Millimeterquelle grosser Bandbreite und hoher Leistung anzugeben.

Insbesondere ist es auch Aufgabe der Erfindung, ein quasi-optisches Gyrotron der eingangs genannten Art anzugeben, welches Strahlung in Form von Millimeter- und Submillimeterwellen mit einer relativ grossen Bandbreite erzeugen kann.

Erfindungsgemäss besteht die Lösung darin, dass die Spiegel des quasi-optischen Resonators einen gegenseitigen Abstand aufweisen, welcher viel grösser als eine halbe Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung ist und Mittel zum hochfrequenten Variieren des Abstandes der Spiegel vorgesehen sind, welche ein Variieren des Abstandes um mindestens etwa eine halbe Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung bewirken.

Vorzugsweise wird die Strahlung in Form von Pulsen, welche eine Pulsdauer von nicht mehr als etwa 10 ns haben, erzeugt. Die Mittel zum hochfrequenten Variieren arbeiten dabei mit einer Frequenz, welche viel grösser als die inverse Pulsdauer ist. Typischerweise liegt sie in der Grössenordnung eines Mehrfachen der inversen Pulsdauer.

Wenn die Strahlung bei einem Spiegel aus dem Resonator ausgekoppelt wird, dann ist es von Vorteil, wenn der andere Spiegel auf einem Vibrator befestigt ist und mit einer Vibrationsamplitude bewegt wird, welche nicht weniger als etwa eine halbe Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung beträgt.

Für gewisse Ausführungsformen ist es von Vorteil, wenn zwei Vibratoren vorgesehen sind, d.h. für jeden Spiegel einen. In diesem Fall arbeitet jeder Vibrator mit einer Vibrationsamplitude die etwa einem Viertel einer halben Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung entspricht.

Um die mittlere Bandbreite der elektromagnetischen Strahlung noch zu vergrössern, können Mittel zum Erzeugen eines langsam sich ändernden Hilfsmagnetfeldes, welches dem statischen Magnetfeld überlagert ist, vorgesehen sein.

Weitere vorteilhafte 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 zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines quasi-optischen Gyrotrons; und

Fig. 2a-c eine grafische Darstellung des Spektrums der erzeugten Strahlung.

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 die zur Erläuterung der Erfindung wesentlichen Teile eines erfindungsgemässen quasi-optischen Gyrotrons. Eine in der Figur nicht gezeigte Elektronenkanone injiziert Elektronen in Form eines z.B. ringförmigen Elektronenstrahls 1. Die Elektronen laufen entlang einer Elektronenstrahlachse 2. Zwei Spulen 3a und 3b sind auf der Elektronenstrahlachse 2 in einem ihrem Radius entsprechenden Abstand (sog. Helmholtz-Anordnung) angeordnet. Sie erzeugen ein statisches, parallel zur Elektronenstrahlachse 2 ausgerichtetes Magnetfeld, welches die Elektronen zur Gyration zwingt.

Zwischen den beiden Spulen 3a, 3b ist ein quasi-optischer Resonator angeordnet. Er besteht aus zwei sphärischen, kreisförmigen Spiegeln 4a und 4b, welche auf einer Resonatorachse 5 einander gegenüberliegend angeordnet sind. Die Resonatorachse 5 steht dabei senkrecht zur Elektronenstrahlachse 2.

Die Elektronen regen im quasi-optischen Resonator ein elektromagnetisches Wechselfeld an, so dass bei einem der beiden Spiegel 4a, welcher zu diesem Zweck z.B. mit geeigneten ringförmigen Auskoppelschlitzten 6 versehen ist, die gewünschten Mikrowellen ausgekoppelt und durch ein Fenster 7 und einen Wellenleiter 8 zu einem Verbraucher geführt werden können. Die beiden Spulen 3a, 3b, der Resonator und natürlich der Elektronenstrahl 1 befinden sich in einem Gefäss 9 im Hochvakuum.

Die bis jetzt beschriebenen Teile des quasi-optischen Gyrotrons sind bereits bekannt (z.B. aus dem oben zitierten Artikel von Mathews und Tran) und bedürfen deshalb keiner weiteren Erläuterung. Was hingegen neu ist, sind die nachfolgend zu erläuternden Mittel zum hochfrequenten Variieren des Abstandes der Spiegel.

Die beiden Spiegel 4a, 4b des Resonators haben einen gegenseitigen Abstand D. Dieser Abstand D bestimmt im stationären Fall bekanntlich die möglichen Resonanzfrequenzen des Resonators. Sie sind durch die Bedingung gegeben, dass der Abstand D ein ganzzahliges Vielfaches einer

halben Wellenlänge des elektromagnetischen Wechselfeldes betragen muss. Gemäss der Erfindung ist nun der Abstand viel grösser als eine halbe Wellenlänge. Dadurch können im Resonator durch die Elektronen mehrere nebeneinanderliegende Resonanzfrequenzen gleichzeitig angeregt werden.

Fig. 2a zeigt eine Darstellung dieses Sachverhalts im Frequenzbereich. Auf der Abszisse ist die Frequenz f aufgetragen. Die oben genannte Resonanzbedingung führt zu einer Reihe von Resonanzfrequenzen f_i , $i = 1, 2, \dots$, welche jeweils einen Frequenzabstand $df = c/2D$ (c = Lichtgeschwindigkeit) und eine sehr geringe Resonanzbreite $\delta f = f_i/Q$ (Q = Güte des Resonators) haben.

Im stationären Betrieb ist im Resonator in der Regel ein einziger starker Mode vorhanden, welcher bei einer der möglichen Resonanzfrequenzen f_i (z.B. $i = 3$) schwingt. Dies trifft jedoch für den nichtstationären Fall nicht zu. Modellrechnungen und Versuche haben nämlich gezeigt, dass das quasi-optische Gyrotron im "Multimodenbetrieb" anschwingt. Während des Anschwingens werden im Resonator also gleichzeitig mehrere verschiedene Resonanzfrequenzen angeregt. Die entsprechenden Moden haben dabei eine fluktuierende Energie, sie "bekämpfen" sich quasi. Typischerweise konkurrieren etwa 10 Moden während des Einschwingvorganges (d.h. f_i , $i = 1, \dots, 10$).

Nach einer gewissen Zeit geht das Gyrotron in den stationären Zustand über, in welchem ein Mode mit einer bestimmten Resonanzfrequenz dominiert.

Zur erfindungsgemässen Erzeugung breitbandiger Strahlung sind nun Mittel zum hochfrequenten Variieren des Abstandes D der Spiegel vorgesehen. In der Ausführungsform von Fig. 1 ist einer der Spiegel 4b, vorzugsweise derjenige, bei welchem keine Strahlung ausgekoppelt wird, auf einem Vibrator 10 befestigt. Der Vibrator 10 ist beispielsweise am Gefäss 9 fixiert. Er bewegt den Spiegel 4b mit einer Vibrationsamplitude, welche etwa einer halben Wellenlänge entspricht, auf der Resonatorachse 5 hin und her.

Der Effekt des Vibrators 10 lässt sich anhand der Fig. 2a erläutern. Die äusserst schmalen Resonanzfrequenzen $f_1, f_2, \dots, f_6$, deren Lage durch den Abstand D der Spiegel bestimmt ist, verschieben sich aufgrund der Variation des Abstandes D auf der Frequenzachse hin und her. Wenn nun der Abstand D um eine halbe Wellenlänge variiert, dann verschieben sich die Resonanzfrequenzen je um den Frequenzabstand df . Wenn somit im nichtstationären Betrieb beispielsweise sechs Resonanzfrequenzen $f_1, \dots, f_6$ gleichzeitig schwingen, hat die Vibration des Spiegels zur Folge, dass ein ganzes Frequenzband $B(H_0)$ abgedeckt wird.

Das Variieren des Abstandes erfolgt mit einer

grossen Geschwindigkeit, resp. einer hohen Frequenz. Es ist dabei nicht unbedingt nötig, dass der Abstand mit einer fest vorgegebenen, hohen Frequenz variiert. Unter Umständen kann es auch vorteilhaft sein, den Spiegel beliebig periodisch oder auch stochastisch zu vibrieren. In jedem Fall wird die erzeugte elektromagnetische Strahlung aufgrund der fluktuierenden Energie der verschiedenen Moden die gewünschte Bandbreite $B(H_0)$ statisch abdecken.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform arbeitet das quasi-optische Gyrotron im Pulsbetrieb, sodass Strahlung in Form von Pulsen einer Pulsdauer von nicht mehr als etwa 10 ms erzeugt wird. Der Vibrator arbeitet dann bei einer Vibrationsfrequenz, die viel grösser als die inverse Pulsdauer von etwa $1/10\text{ms} = 100\text{ Hz}$ ist. Bei einem solchen Pulsbetrieb kann sich nie ein stationärer Zustand einstellen. Die erzeugte Strahlung weist somit stets eine maximale Bandbreite $B(H_0)$ auf.

Die Vibrationsfrequenz liegt vorzugsweise in einem Bereich von mehreren 100 Hz bis zu einigen kHz. Im konkreten Fall spielen die Grösse der geforderten Vibrationsamplitude und die mechanischen Schwingungseigenschaften des Spiegels eine massgebliche Rolle bei der Festlegung der Vibrationsfrequenz. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass im Fall niedriger Vibrationsfrequenzen (einige 100 Hz) der entsprechende Spiegel mit Vorteil stochastisch bewegt wird.

Das hochfrequente Variieren des Abstandes D der Spiegel 4a, 4b um zumindest eine halbe Wellenlänge kann natürlich auch erreicht werden, indem jeder der beiden Spiegel 4a und 4b auf einem eigenen Vibrator befestigt ist. Jeder der beiden Vibratoren arbeitet dann vorzugsweise mit einer Vibrationsamplitude von nur noch einem Viertel der Wellenlänge. Diese zweite Ausführungsform der Erfindung ist insbesondere dann erstrebenswert, wenn grosse Vibrationsamplituden gefordert sind.

Vorzugsweise werden als Vibratoren als solche bekannte piezoelektrische Schwingungsgeber eingesetzt.

Gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind zusätzlich Mittel zum Erzeugen eines langsam sich ändernden Hilfsmagnetfeldes vorgesehen. Dieses hat die Aufgabe, das statische Magnetfeld in seiner Feldstärke zu modulieren, sodass sich die Gyrationfrequenz der Elektronen langsam, d.h. von Puls zu Puls, ändert und die mittlere Bandbreite der ausgekoppelten elektromagnetischen Strahlung zusätzlich verbreitert wird. Das Hilfsmagnetfeld ist somit dem statischen Magnetfeld überlagert. Es hat im wesentlichen die selbe Richtung und eine Feldstärke die klein im Verhältnis zu derjenigen des statischen Magnetfeldes ist.

Fig. 1 zeigt beispielhaft, wie diese Mittel zum

Erzeugen eines Hilfsmagnetfeldes realisiert werden können. Zwei Hilfsspulen 11a und 11b sind in Helmholtz-Anordnung coaxial zur Elektronenstrahlachse 2 beidseitig der Resonatorachse 5 angeordnet. Damit erzeugen sie in achsennaher Umgebung der Elektronenstrahlachse 2 das gewünschte, ebenfalls im wesentlichen parallel zur Elektronenstrahlachse 2 ausgerichtete, langsam sich ändernde Hilfsmagnetfeld.

Anhand der Figuren 2a-c soll nun die Wirkung des überlagerten Hilfsmagnetfeldes erläutert werden. Fig. 2a zeigt das Spektrum der elektromagnetischen Strahlung, wenn das Hilfsmagnetfeld verschwindet, d.h. bei einer Magnetfeldstärke H_0 - (statisches Magnetfeld). Fig. 2b zeigt das Spektrum, wenn das Hilfsmagnetfeld den Wert $+dH$ annimmt, d.h. bei einer gesamten Magnetfeldstärke $H_0 + dH$. Die aufgrund des stärkeren Magnetfeldes höhere Gyrationfrequenz der Elektronen führt dazu, dass im Resonator höhere Moden angeregt werden. Die nach oben verschobene Bandbreite $B(H_0 + dH)$ umfasst nun z.B. die Resonanzfrequenzen $f_3, \dots, f_8$. Wenn andererseits das Hilfsmagnetfeld den Wert $-dH$ annimmt, wie in Fig. 2c dargestellt, dann verschiebt sich die Bandbreite $B(H_0 - dH)$ nach unten, da nun z.B. die Resonanzfrequenzen $f_{-1}, \dots, f_{-4}$ angeregt werden. Insgesamt wird damit im Zeitmittel die Bandbreite der elektromagnetischen Strahlung zusätzlich vergrössert.

Das Hilfsmagnetfeld lässt sich im allgemeinen nicht so schnell ändern, dass die oben beschriebene Vergrösserung der mittleren Bandbreite innerhalb eines einzigen Pulses zustande kommen kann. Die Verschiebung wirkt sich aber von Puls zu Puls aus und führt über mehrere Pulse gemittelt zur beschriebenen Bandbreitenvergrösserung. Diese liegt typischerweise in der Grössenordnung von 10 - 20% der Bandbreite $B(H_0)$, d.h. ohne Hilfsmagnetfeld.

Zur Verdeutlichung des Effektes der Erfindung, soll noch ein kleines Zahlenbeispiel angegeben werden. Es wird dabei angenommen, dass die elektromagnetische Strahlung des Gyrotrons eine mittlere Frequenz (Grundfrequenz) von 150 GHz haben soll. Die Wellenlänge (im Vakuum) beträgt dann etwa 2 mm. Bei einem Abstand der Spiegel von $D = 400\text{ mm}$ beträgt der Frequenzabstand $\Delta f = 0.375\text{ GHz}$. Beim Anschwingen von typischerweise 10 Resonanzfrequenzen ergibt sich somit eine Bandbreite $B(H_0) = 3.75\text{ GHz}$, was etwa 2.5% der mittleren Frequenz von 150 GHz entspricht. Das erfindungsgemässe quasi-optische Gyrotron erzeugt somit Millimeter- und Submillimeterwellen, deren Bandbreite gegenüber dem Stand der Technik um etwa einen Faktor 10^3 grösser ist.

Bisher wurde immer davon ausgegangen, dass der Abstand um etwa eine halbe Wellenlänge variiert. Es ist klar, dass bei kleineren Veränderungen

(wesentlich weniger als eine halbe Wellenlänge) nicht der gesamte Spektralbereich der gegebenen Bandbreite abgedeckt werden kann. Vielmehr bestehen freie Lücken. Es liegt jedoch durchaus im Rahmen der Erfindung, den Abstand z.B. periodisch oder unregelmässig um mehr als eine halbe Wellenlänge zu variieren, da auch so die ganze Bandbreite abgedeckt wird.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch die Erfindung eine breitbandige Quelle hoher Leistung für Millimeter- und Submillimeterwellen geschaffen worden ist, welche sich im Besonderen für den Einsatz in Störsendern eignet.

Bezeichnungsliste

- 1 - Elektronenstrahl;
- 2 - Elektronenstrahlache;
- 3a, 3b - Spulen;
- 4a, 4b - Spiegel;
- 5 - Resonatorachse;
- 6 - Auskoppelschlitz;
- 7 - Fenster;
- 8 - Wellenleiter;
- 9 - Gefäss;
- 10 - Vibrator;
- 11a, 11b - Hilfsspulen.

Ansprüche

1. Quasi-optisches Gyrotron zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung im Millimeter- und Submillimeterbereich, bei welchem

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

b) in einem quasi-optischen Resonator, welcher zwei, auf einer senkrecht zur Elektronenstrahlachse ausgerichteten Resonatorachse einander gegenüberliegend angeordnete Spiegel umfasst, ein elektromagnetisches Wechselfeld anregen, sodass aus dem Resonator die elektromagnetische Strahlung ausgekoppelt werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass

c) die Spiegel des quasi-optischen Resonators einen gegenseitigen Abstand aufweisen, welcher viel grösser als eine halbe Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung ist und

d) Mittel zum hochfrequenten Variieren des Abstandes der Spiegel vorgesehen sind, welche ein Variieren des Abstandes um mindestens etwa eine halbe Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung bewirken.

2. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

a) die elektromagnetische Strahlung in Form von Pulsen einer Pulsdauer von nicht mehr als etwa 10 ms erzeugt wird und dass

b) die Mittel zum hochfrequenten Variieren des Abstandes bei Vibrationsfrequenzen arbeiten, welche ein Mehrfaches der inversen Pulsdauer betragen.

3. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum hochfrequenten Variieren des Abstandes einen Vibrator umfassen, welcher einen Spiegel des Resonators entlang der Resonatorachse mit einer Vibrationsamplitude bewegt, welche mindestens so gross wie etwa eine halbe Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung ist.

4. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum hochfrequenten Variieren des Abstandes für jeden der beiden Spiegel des Resonators je einen Vibrator umfassen, welcher den jeweiligen Spiegel des Resonators entlang der Resonatorachse je mit einer Vibrationsamplitude bewegt, welche mindestens so gross wie etwa ein Viertel der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung ist.

5. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Vibratoren piezoelektrische Schwingungsgeber sind.

6. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Strahlung eine Frequenz von mehr als etwa 100 GHz aufweist.

7. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spiegel einen gegenseitigen Abstand von mehr als etwa 100 halbe Wellenlängen haben.

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

a) das statische Magnetfeld durch zwei koaxial zur Elektronenstrahlachse in Helmholtz-Anordnung ausgerichtete Spulen erzeugt wird und

b) der Resonator zwischen den beiden Spulen angeordnet ist.

9. Quasi-optisches Gyrotron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zum Erzeugen eines langsam sich ändernden Hilfsmagnetfeldes vorgesehen sind, welches dem statischen Magnetfeld überlagert ist.

Fig. 1

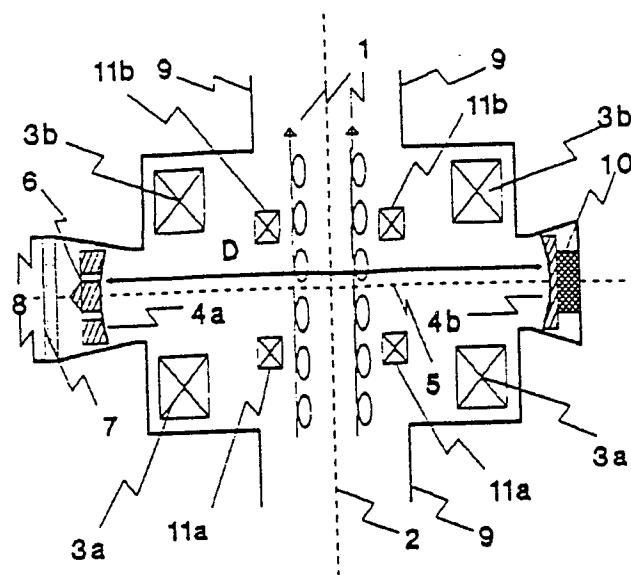


Fig. 2a

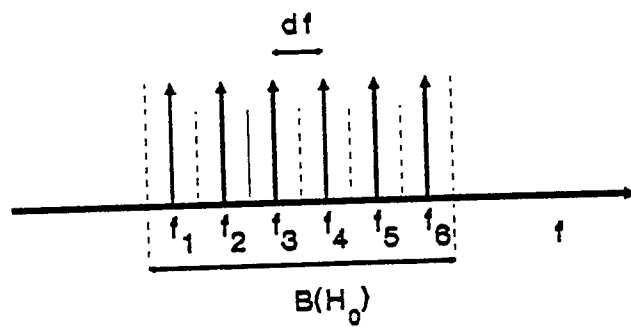


Fig. 2b

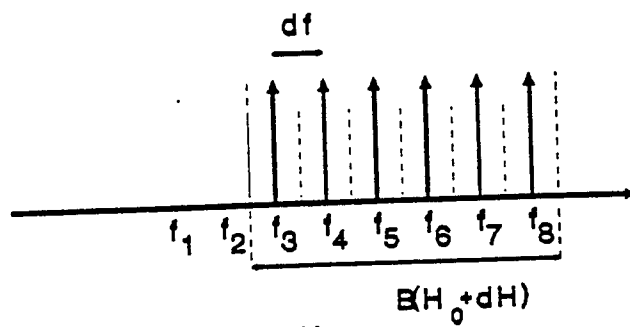
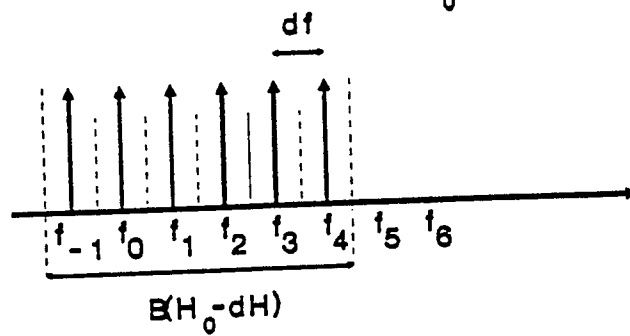


Fig. 2c





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 10 9716

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 ELECTRONICS. vol. 57, no. 6, Dezember 1984, LONDON GB Seiten 787 - 799; V. L. GRANATSTEIN: "High average power and high peak power gyrotrons: present capabilities and future prospects" * Seite 791, Absatz 3; Figur 4 * * Seite 792, Zeilen 7 - 8 * ---	1, 6-8	H01J25/02
A	FR-A-891692 (PATELHOLD) * Seite 2, Zeilen 65 - 69; Figuren 1, 3 * * Seite 2, Zeilen 86 - 92 * ---	1, 5, 9	
A	US-A-2383343 (RYAN) * Spalte 1 * ---	1	
A	INTERNATIONAL ELECTRON DEVICES MEETING, Techni- cal Digest, 6-9 December 1987, Washington, D.C. K.E. KREISCHER et al.: "Operation of a step tuna ble, megawatt gyrotron", pages 804 to 807 *Zusammenfassung* -----	2, 6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			H01J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 03 SEPTEMBER 1990	Prüfer MARTIN Y VICENTE M.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mchtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			