(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication : **0 324 667 B1**

(12) # FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet : **21.09.94 Bulletin 94/38**

(51) Int. Cl.[5] : **H01J 23/027**

(21) Numéro de dépôt : **89400031.4**

(22) Date de dépôt : **05.01.89**

(54) **Collecteur d'électrons pour tube électronique.**

(30) Priorité : **13.01.88 FR 8800299**

(43) Date de publication de la demande : **19.07.89 Bulletin 89/29**

(45) Mention de la délivrance du brevet : **21.09.94 Bulletin 94/38**

(84) Etats contractants désignés : **DE FR GB IT**

(56) Documents cités :
FR-A- 991 127
FR-A- 1 105 382
FR-A- 1 404 711
FR-A- 2 568 057
FR-E- 56 298
GB-A- 819 682
US-A- 2 869 018
US-A- 3 538 366
US-A- 4 668 894

(73) Titulaire : **THOMSON-CSF**
173, Boulevard Haussmann
F-75008 Paris (FR)

(72) Inventeur : **Mourier, Georges**
Thomsom - CSF
SCPI - 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)
Inventeur : **Faillon, Georges**
Thomson - CSF
SCPI - 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

(74) Mandataire : **Guérin, Michel et al**
THOMSON-CSF
SCPI
B.P. 329
50, rue Jean-Pierre Timbaud
F-92402 Courbevoie Cédex (FR)

EP 0 324 667 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention a pour objet un collecteur d'électrons pour tube électronique. Elle trouve une application dans la réalisation de tubes hyperfréquences du genre gyrotrons, klystrons, tubes à ondes progressives, etc.

Un gyrotron est un générateur d'ondes hyperfréquences dont la structure est représentée schématiquement sur la figure 1. Cette structure comprend un canon à électrons 10, une section 12 de compression magnétique, une cavité 14 et un collecteur 16 servant également de guide de sortie.

Un solénoïde (non représenté) crée un champ magnétique 20 donnant aux électrons émis par le canon des trajectoires hélicoïdales 22.

La partie extrême 16 comprend une paroi métallique 23, chargée de collecter les électrons à leur sortie du tube. Cette collection s'effectue sur un secteur annulaire 24. Un tel secteur peut avoir, par exemple, 10 cm de diamètre et 10 cm de hauteur. Pour un faisceau d'électrons transportant une puissance de 2MW, la densité de puissance dissipée dans ce secteur sera de 6,37 kw/cm^2.

Une telle densité est considérable. Elle nécessite donc un refroidissement énergique de la paroi. Ce refroidissement est obtenu en général par une circulation d'eau, à l'aide d'une installation volumineuse et encombrante.

La présente invention a justement pour but de remédier à cet inconvénient. A cette fin, elle propose un dispositif selon la revendication 1 qui permet d'étaler la zone d'impact des électrons le long de la paroi collectrice et de créer un champ magnétique axial d'amplitude périodique dans le temps de manière à réduire ainsi la densité de puissance dissipée.

Un tel champ a pour effet de coucher les trajectoires des électrons pour les rendre quasi parallèles à la paroi. La zone d'impact se trouve alors considérablement allongée.

Il est connu par le document FR-A-1 404 711 d'utiliser, pour un collecteur d'électrons, un champ magnétique axial légèrement divergent mais statique et invariable dans le temps. Il est également connu, par le document US-A-3 538 366, d'utiliser plusieurs bobines le long d'un tube électronique pour focaliser un faisceau électronique. Un autre dispositif connu de l'art antérieur est décrit par le document FR-A-991 127, qui enseigne l'utilisation d'un champ magnétique transverse, périodiquement variable et prévoit à cet effet des bobines alimentées par le courant du secteur ou d'un champ magnétique tournant.

Dans un autre domaine technique, celui des électroaimants, il est également connu, notamment par le document FR-A-1 105 382, que l'on peut faire varier l'amplitude d'un champ magnétique crée par la circulation d'un courant électrique dans une bobine en faisant varier l'amplitude du courant.

L'invention propose un dispositif ayant les caractéristiques énumérées dans la revendication 1.

Le champ magnétique peut être obtenu par tout moyen et, par exemple, par un enroulement ayant un nombre de tours par unité de longueur qui décroît le long du collecteur dans le sens de déplacement des électrons.

Un tel enroulement peut être tronconique. Mais on peut utiliser également une bobine cylindrique coaxiale à une bobine conique; ou encore une juxtaposition de bobines de même diamètre intérieur mais de diamètre extérieur décroissant, etc.

L'effet d'étalement spatial obtenu peut être combiné à un effet de balayage périodique. A cette fin, le courant parcourant l'enroulement peut être formé d'une composante continue et d'une composante variable périodique.

De préférence, la composante variable a la forme d'un signal triangulaire.

Le dispositif de l'invention peut être utilisé pour tous les tubes électroniques de puissance tels que les klystrons, les tubes à ondes progressives, etc. Il est cependant particulièrement bien adapté au gyrotron parce que, dans ce cas, le faisceau d'électrons remplit un tube qui, d'une part, présente une épaisseur mince et, d'autre part, ne peut être modifié à volonté puisqu'il forme en même temps le guide d'ondes de sortie.

De toute façon, les caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui va suivre. Cette description se rapporte à des exemples de réalisation donnés à titre explicatif et non limitatif. Elle se réfère à des dessins annexée sur lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, représente un gyrotron selon l'art antérieur,
- la figure 2 représente, en coupe, un collecteur auquel peut s'appliquer l'invention, dans une variante adaptée au gyrotron,
- la figure 3 montre les variations du courant d'alimentation d'un enroulement,
- La figure 4 montre un collecteur auquel peut s'appliquer l'invention, dans une variante adaptée à un klystron à faisceau non modulé,
- la figure 5 montre un collecteur auquel peut s'appliquer l'invention, dans une variante adaptée à un klystron à faisceau modulé,
- la figure 6 illustre une variante à deux bobines,
- la figure 7 est un exemple de circuit d'alimentation d'un dispositif à plusieurs bobines.

Le collecteur représenté sur la figure 2 est disposé à l'extrémité d'un gyrotron dont on ne voit que l'enroulement principal 32. Le collecteur comprend une paroi conductrice 34, de forme légèrement évasée. Le guide ainsi constitué est fermé par une fenêtre 35 transparente à l'onde engendrée. Selon l'invention, cette paroi est disposée dans une bobine 36 qui, dans l'exemple illustré, est unique et présente la forme

d'un tronc de cône. Cette bobine crée un champ magnétique légèrement décroissant lorsqu'on s'éloigne du tube (c'est-à-dire vers la droite sur la figure 2). Les lignes d'induction 37 sont donc légèrement divergentes vers la droite. Vers la gauche, elles se raccordent aux lignes d'induction de l'enroulement principal 32.

Dans ces conditions, les électrons du faisceau 38 vont s'enrouler autour de ces lignes ; le faisceau va s'évaser faiblement et venir frapper la paroi 23 de manière quasi tangentielle. La zone d'impact 40 se trouve alors allongée et la densité de puissance dissipée diminuée.

Si le courant I circulant dans l'enroulement 36 présente une composante continue Io et une composante variable périodique I1, comme représenté sur la figure 3, on obtiendra, en outre, un balayage de la zone d'impact, au rythme de la composante périodique. Ainsi, une grande partie (voire la totalité) de la face intérieure de la paroi 23 collectera les électrons, ce qui réduit encore la densité moyenne de puissance dissipée.

Sur la figure 3, la composante I1 présente la forme d'un signal triangulaire de période T. Mais d'autres formes sont naturellement possibles (en dents de scie ou en sinusoïde).

Le temps de pénétration ou de sortie du champ magnétique dans un collecteur d'épaisseur d est de l'ordre de 1/140 $\sqrt{d}$ secondes ou d est exprimé en cm. De même, pour la chaleur, le temps de traversée est de l'ordre de $\sqrt{d}$ secondes.

Pour un collecteur de 1 cm d'épaisseur, on pourra prendre T=0,1 seconde, ce qui correspond à une fréquence de balayage de 10 Hz. Pendant cette durée T, le champ magnétique pourra entrer et sortir du collecteur, tandis que la paroi sera refroidie de manière à peu près constante dans le temps.

Dans le collecteur d'un tube du genre klystron, le faisceau diverge plus brutalement que dans un gyrotron. Mais le problème reste le même, en ce sens qu'à certains endroits, les densités de puissance peuvent être très importantes et dépasser 1 kW/cm^2 en continu ou en moyenne. Cette situation risque de limiter la durée de vie du tube (grossissement des cristaux, dégazages, fusion, ...) en supposant un refroidissement raisonnablement efficace (eau avec une vitesse de plusieurs mètres par seconde, hypervapotron avec une vitesse de l'ordre du mètre par seconde, etc.).

Sur beaucoup de tubes hyperfréquences, cette densité et, donc, ce risque, sont réduits par l'accroissement du diamètre du collecteur. Mais, bien entendu, sur des klystrons de grande dimension on se heurte vite à des contraintes d'encombrement.

L'adjonction de l'enroulement permet, d'étaler le faisceau sur une plus grande surface de collecteur et donc de réduire la densité de puissance ou de chaleur. C'est ce qui est représenté sur les figures 4 et 5.

La figure 4 représente, de manière schématique, un collecteur 34 adapté à un klystron (partie a) avec des faisceaux d'électrons référencés F1, F2 et la densité de puissance dissipée P, exprimée par exemple en kW/cm^2, le long du collecteur (partie b).

Les pointes Z1 et Z2 qui apparaissent sur la courbe en trait pointillé de la partie b correspondent au cas où les faisceaux ne sont pas étalés. Elles disparaissent ou sont fortement estompées en cas d'étalement des faisceaux pour laisser place à des zones Z'1 et Z'2 représentées en trait continu.

La figure 4 correspond au cas où le faisceau n'est pas modulé par la haute fréquence ; en d'autres termes le klystron fonctionne en "diode", cavité d'entrée non excitée. Ce peut être le cas lors de la mise en route d'une installation, à certains moments du cycle d'une machine scientifique (synchrotron, plasma, ...), d'un émetteur de télécommunications travaillant à faible régime (faible nombre des communications...). Si, au contraire, le faisceau d'électrons est modulé, la zone d'impact balaye déjà au rythme de la fréquence de modulation, une surface plus ou moins importante du collecteur. L'invention permet d'aller encore plus loin, comme illustré sur la figure 5 et d'étaler encore les zones Z1 et Z2 (en pointillé), en zones larges Z'1 et Z'2 (en train continu). Il est alors possible de réaliser des tubes très puissants, en évitant les problèmes évoqués plus haut ou de réaliser des tubes de puissance plus modeste mais avec des collecteurs de faibles dimensions.

La figure 6 illustre un exemple apte à la réalisation d'un collecteur selon l'invention, dans le cas d'un klystron. Ce dernier comprend une cavité de sortie 50 avec deux tubes de glissement 52, 54, un iris de sortie 56 et un guide d'onde de sortie 58. Le collecteur 60 est séparé du klystron par une plaque 61. Il comprend une paroi conductrice 62 entourée de deux bobines 66 et 68 dont la forme est apte à créer un champ divergent. Ces bobines sont alimentées en phase ou de manière déphasée. Des moyens de refroidissement comprennent une entrée de liquide réfrigérant 72, de l'eau par exemple, une enceinte étanche 73 en forme de chicane, et une sortie 74.

Un circuit d'alimentation électrique possible pour alimenter un dispositif à plusieurs bobines est représenté sur la figure 7. Un secteur mono- ou triphasé 80 alimente un redresseur 82 et un générateur de synchronisation et de commande 84. Des ondulateurs monophasés 86-1, 86-2, ..., 86-n reçoivent une tension continue d'alimentation provenant du redresseur 82 et un signal de synchronisation provenant du générateur 84. Ils délivrent des tensions V1, V2, ..., Vn comprenant une composante alternative déphasée d'un ondulateur au suivant. Ces tensions sont appliquées aux n bobines d'un collecteur selon l'invention.

Revendications

1. Collecteur d'électrons pour tube électronique, ce collecteur comprenant une paroi conductrice (23) apte à recevoir sur sa face intérieure un faisceau d'électrons (22) issu du tube (10, 12, 14) sur une zone d'impact en forme d'anneau (24) d'une hauteur faible le long d'un axe du collecteur en comparaison de la longueur du collecteur le long de son axe, ce collecteur étant caractérisé par le fait qu'il comprend en outre, autour de la paroi (23), au moins une enroulement (36) coaxial à l'axe du collecteur et un circuit d'alimentation pour appliquer à cet enroulement un courant comportant une composante continue et une composante variable périodique dans le temps, cet enroulement étant apte à créer un champ magnétique (37) axial d'amplitude variable périodique dans le temps, faiblement divergent dans le sens de déplacement du faisceau d'électrons.

2. Collecteur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'enroulement (36) comprend un nombre de tours par unité de longueur qui décroît le long du collecteur dans le sens de déplacement des électrons.

3. Collecteur selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'enroulement (36) est de forme tronconique.

4. Collecteur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la composante variable (11) a la forme d'un signal triangulaire.

5. Collecteur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'enroulement est constitué par un jeu de plusieurs bobines (66, 68) juxtaposées.

6. Collecteur selon la revendication 5, caractérisé par le fait que ladite composante variable périodique est déphasée d'une bobine à la suivante.

Patentansprüche

1. Elektronenkollektor für eine Elektronenröhre, der eine leitende Wand (23) besitzt, auf deren Innenseite ein von der Röhre (10, 12, 14) kommender Elektronenstrahl (22) in einer ringförmigen Auftreffzone (24) einer verglichen mit der Länge des Kollektors entlang von dessen Achse geringen Höhe entlang der Achse des Kollektors auftreffen kann, dadurch gekennzeichnet, daß der Kollektor weiter mindestens eine zur Achse des Kollektors koaxiale Wicklung (36) um die Wand (23) herum und eine Speiseschaltung aufweist, die an diese Wicklung einen Strom mit einer Gleichkomponente und einer periodisch mit der Zeit variablen Komponente anlegt, wobei diese Wicklung ein axiales Magnetfeld (37) einer zeitlich periodisch variablen Amplitude erzeugen kann, das in Richtung der Verschiebung des Elektronenstrahls geringfügig divergierend wirkt.

2. Kollektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung (36) eine entlang des Kollektors in Richtung der Verschiebung der Elektronen abnehmende Anzahl von Windungen je Längeneinheit besitzt.

3. Kollektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung (36) kegelstumpfförmig ist.

4. Kollektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die variable Komponente (11) die Form eines Dreiecksignals besitzt.

5. Kollektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung aus einem Satz von mehreren nebeneinanderliegenden Spulen (66, 68) besteht.

6. Kollektor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die periodisch variable Komponente von einer Spule zur nächsten in der Phase verschoben ist.

Claims

1. Electron collector for electron tube, this collector comprising a conducting wall (23) cable of receiving, on its inner face, an electron beam (22) coming from the tube (10, 12, 14) on a ring-shaped impact zone (24) with a short height along an axis of the collector compared to the length of the collector along its axis, this collector being characterized in that it furthermore comprises, around to the wall (23), at least one winding (36) coaxial with the axis of the collector and a supply circuit for applying to this winding a current including a continuous component and a component which is periodically variable with time, this winding being capable of creating an axial magnetic field (37) whose amplitude is periodically variable with time, which diverges slightly in the direction of movement of the electron beam.

2. Collector according to Claim 1, characterized in that the winding (36) comprises a number of turns per unit length which decreases along the collector in the direction of movement of the electrons.

3. Collector according to Claim 2, characterized in

that the winding (36) is of frustoconical shape.

4. Collector according to Claim 1, characterized in that the variable component (11) has the form of a triangular signal.

5. Collector according to Claim 1, characterized in that the winding consists of a set of several juxtaposed coils (66, 68).

6. Collector according to Claim 5, characterized in that the said periodically variable component is phase-shifted from one coil to the next.

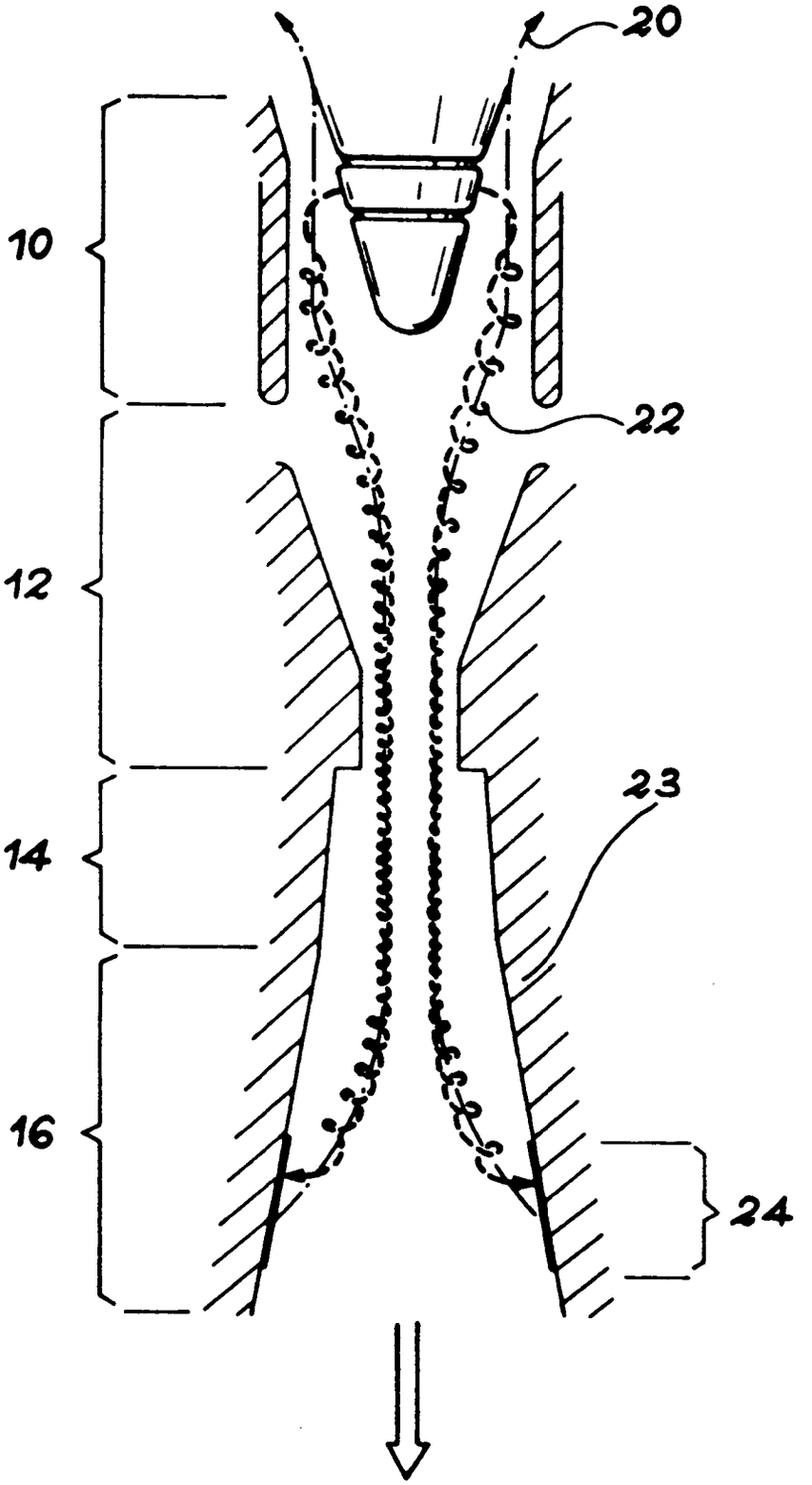


FIG. 1

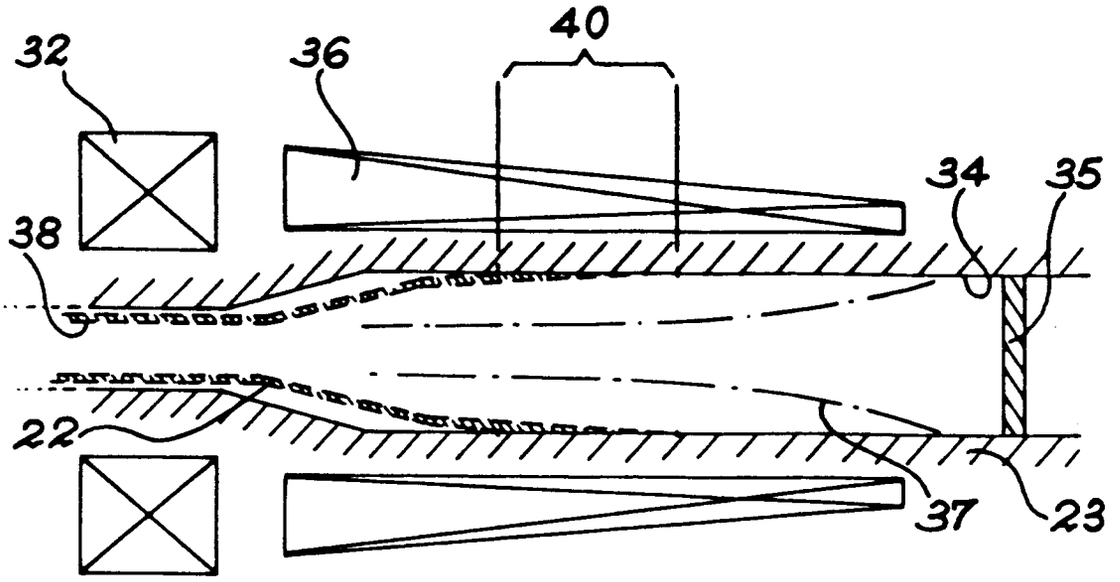


FIG. 2

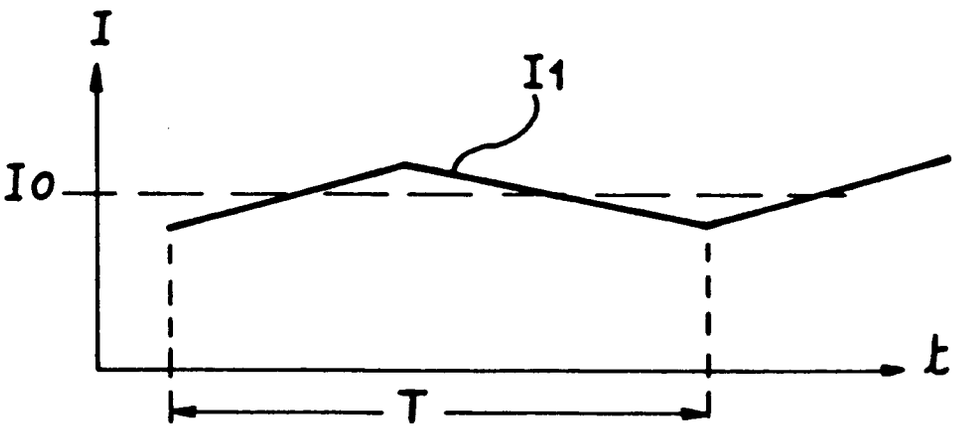


FIG. 3

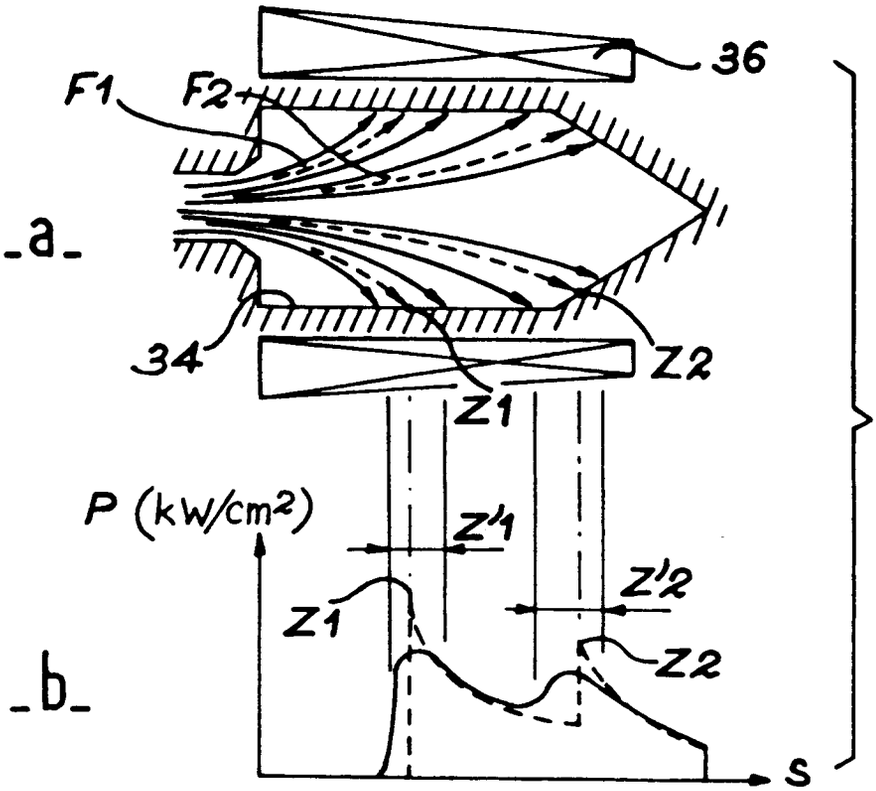

36
F1
F2
a
34
Z2
Z1
P (kW/cm²)
Z'1
Z'2
Z1
Z2
b
s

FIG. 4

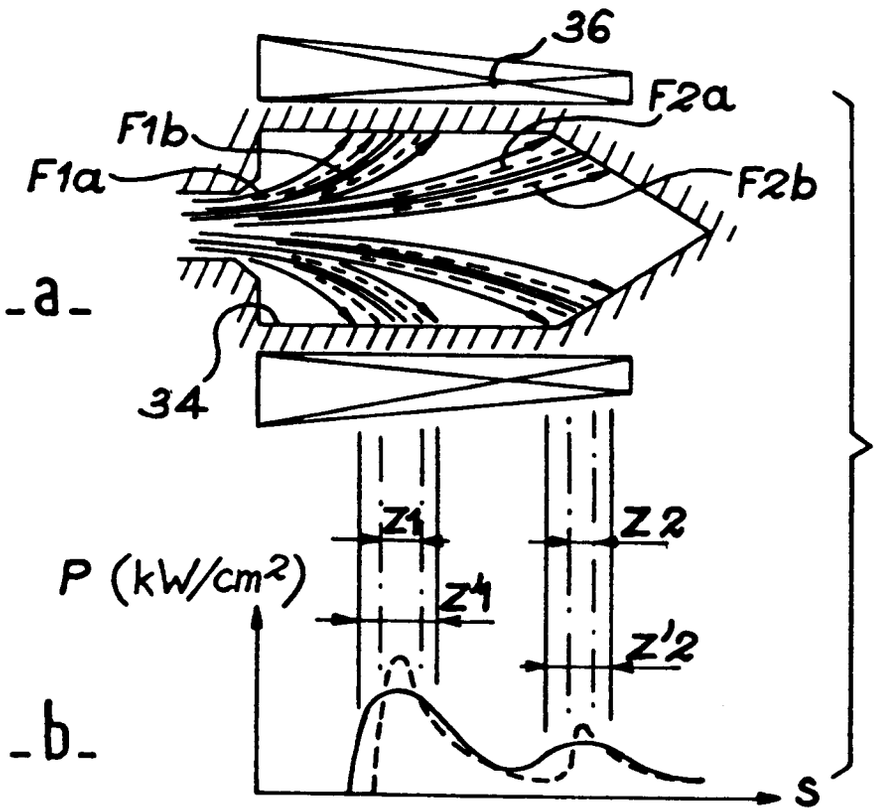

36
F2a
F1b
F1a
F2b
a
34
Z1
Z2
P (kW/cm²)
Z'1
Z'2
b
s

FIG. 5

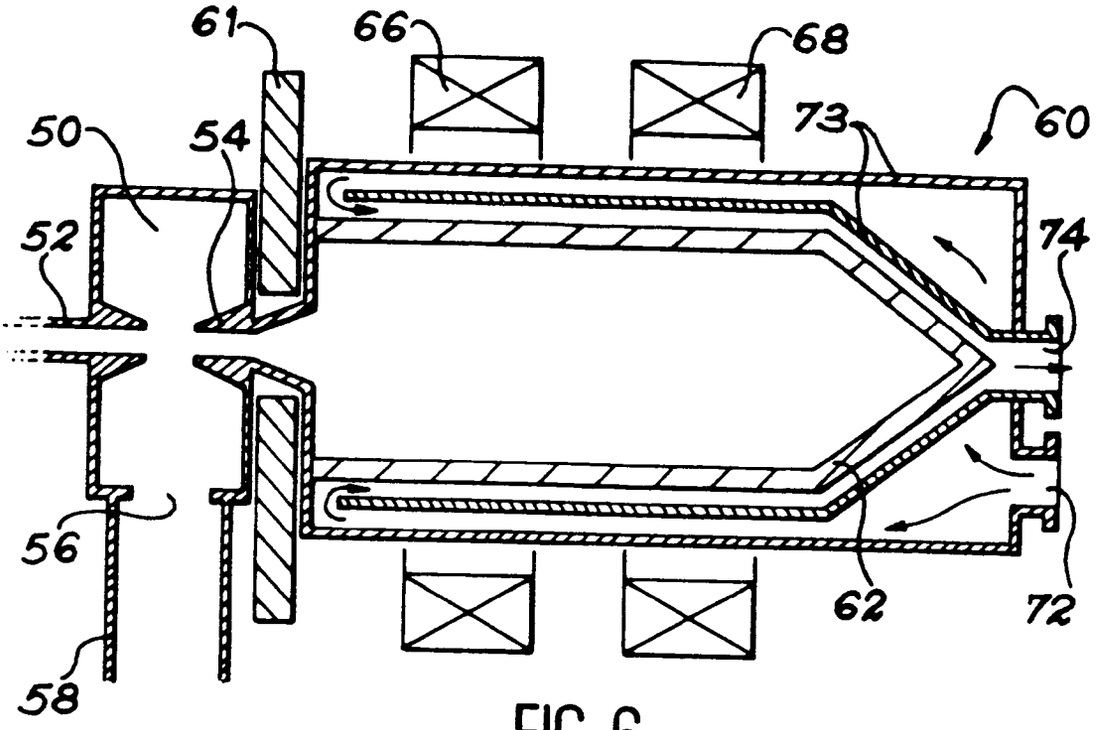


FIG. 6

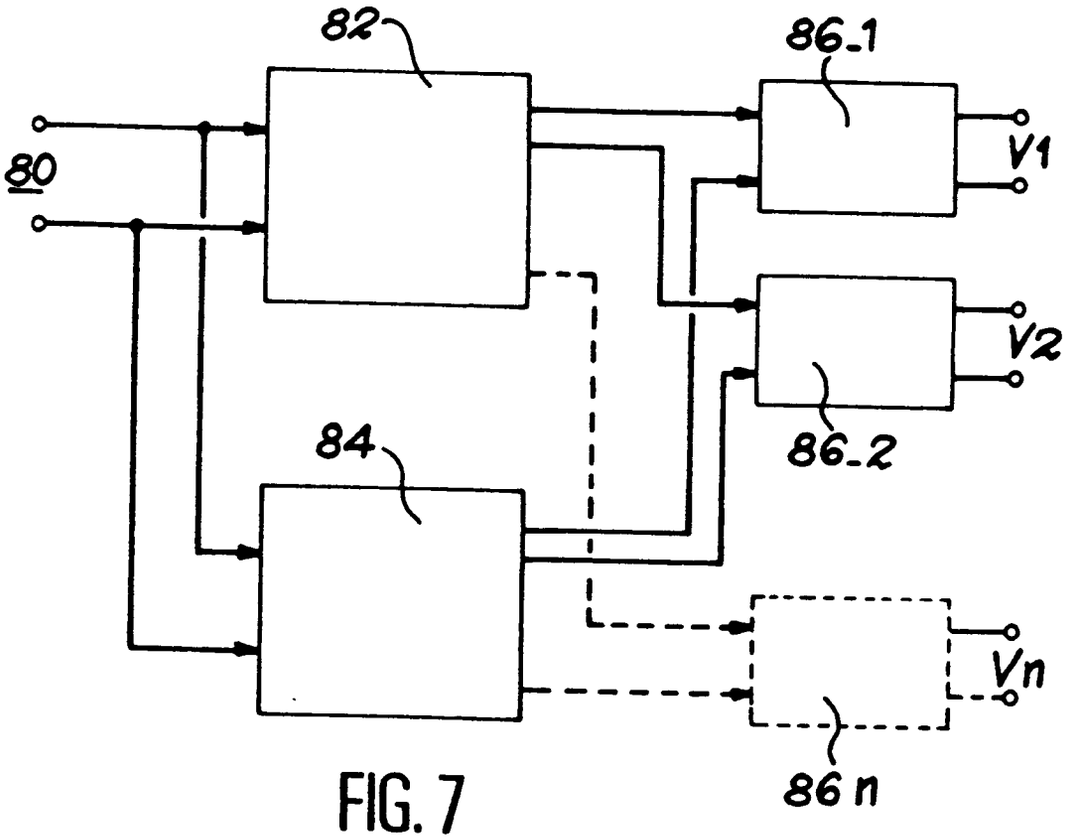


FIG. 7