



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 328 004 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
16.07.2003 Bulletin 2003/29

(51) Int Cl.7: **H01J 23/00, H01J 23/033**

(21) Numéro de dépôt: **02102726.3**

(22) Date de dépôt: **11.12.2002**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO

(72) Inventeurs:
• **NUGUES, Pierre**
94117 CX, Arcueil (FR)
• **NESA, Jean-Paul**
94117 CX, Arcueil (FR)

(30) Priorité: **14.12.2001 FR 0116243**

(74) Mandataire: **Lucas, Laurent Jacques et al**
Thales Intellectual Property,
13, avenue du Président Salvador Allende
94117 Arcueil Cedex (FR)

(71) Demandeur: **Thales**
75008 Paris (FR)

(54) Tube électronique à fourreau tubulaire refroidi

(57) L'invention concerne les tubes électroniques amplificateurs fonctionnant en hyperfréquence.

Le tube électronique comporte un fourreau tubulaire allongé (10) à l'intérieur duquel se développe un faisceau d'électrons (12), un carter (28) assurant le main-

tien mécanique du fourreau (10), et des moyens pour assurer un transfert thermique du fourreau (10) vers le carter (28) afin de refroidir le fourreau (10). Les moyens pour assurer le transfert thermique comportent une résine (36) remplissant un volume libre situé entre le fourreau (10) et le carter (28).

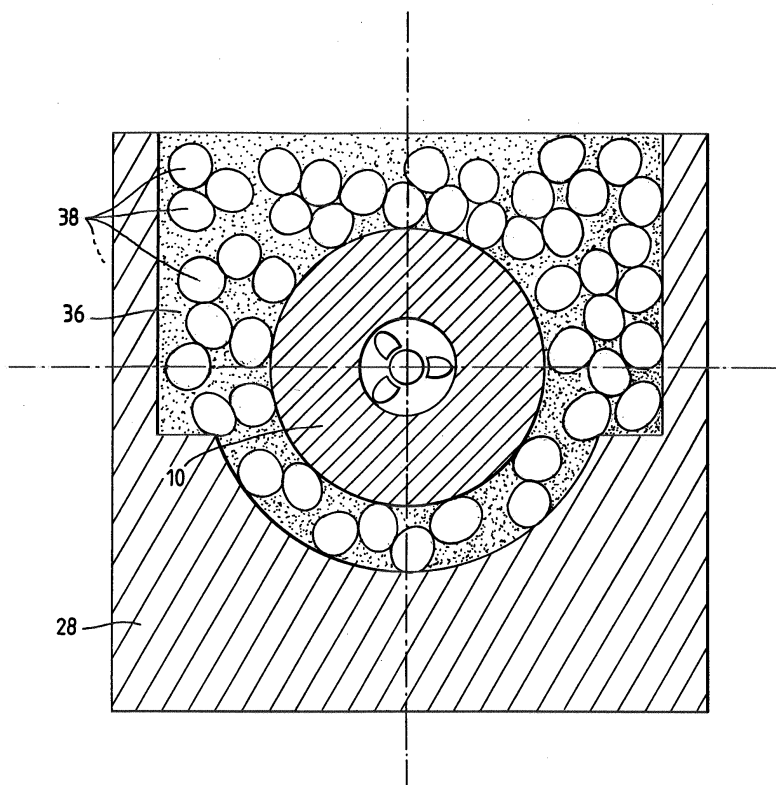


FIG.4

EP 1 328 004 A2

Description

[0001] L'invention concerne les tubes électroniques amplificateurs fonctionnant en hyperfréquence. Elle s'applique plus particulièrement aux tubes à ondes progressives (TOP) appelés aussi TWT (de l'anglais Travelling Wave Tube), et c'est donc à propos d'un tel tube qu'elle sera décrite. De tels tubes servent par exemple à la transmission de signaux de télécommunication entre la terre et les satellites. Ils servent aussi comme émetteurs de puissance dans les radars.

[0002] On rappelle sommairement qu'un TOP est un tube à vide utilisant le principe de l'interaction entre un faisceau d'électrons et une onde électromagnétique hyperfréquence, pour transmettre à l'onde hyperfréquence une partie de l'énergie contenue dans le faisceau d'électrons, de manière à obtenir en sortie du tube une onde hyperfréquence d'énergie plus grande que celle de l'onde injectée à l'entrée du tube.

[0003] La figure 1 rappelle le principe général d'un TOP. Le TOP représenté est un TOP à hélice, mais d'autres types de TOP tels que les TOP à cavités couplées, les TOP à guides repliés en méandres, etc., sont tout aussi bien concernés par l'invention.

[0004] Les TOP comportent un fourreau tubulaire allongé 10 dans lequel le vide est fait, avec à une première extrémité un canon à électrons 11 émettant un faisceau d'électrons 12 et, à une deuxième extrémité, un collecteur 14 ; le collecteur recueille les électrons qui ont cédé une partie de leur énergie de départ à l'onde électromagnétique qu'on veut amplifier. Le faisceau d'électrons 12 est sensiblement cylindrique sur presque toute la longueur du tube entre le canon 11 et le collecteur 14 en suivant un axe 15. Cette forme cylindrique de faisceau est obtenue d'une part, grâce à la forme d'une cathode 16 du canon à électron 11 (cathode convergente en forme de cuvette), et, d'autre part, grâce à des moyens de focalisation magnétique prévus sur toute la longueur du fourreau 10 entre la sortie du canon à électrons 11 et l'entrée du collecteur 14. Dans le canon à électrons 11, c'est la cathode 16 qui émet le faisceau d'électrons 12. Ces moyens de focalisation sont des aimants permanents annulaires 18 aimantés axialement et d'aimantation alternée d'un aimant au suivant ; ces aimants entourent le fourreau 10 et sont séparés les uns des autres par des pièces polaires 20 à forte perméabilité magnétique.

[0005] Dans le cas d'un TOP à hélice, le faisceau d'électrons 12 passe à l'intérieur d'une structure conductrice en hélice 22 le long de laquelle circule l'onde électromagnétique hyperfréquence à amplifier ; l'amplification d'énergie hyperfréquence se produit par interaction entre cette onde et le faisceau d'électrons 12 passant au centre de celle-ci. L'hélice sert à ralentir l'onde hyperfréquence, de telle sorte que sa vitesse, suivant l'axe 15 du faisceau d'électrons 12, soit sensiblement égale à celle du faisceau d'électrons 12.

[0006] Un signal à amplifier de puissance P_e est in-

jecté à une extrémité de la structure conductrice en hélice 22 au travers d'une fiche et d'une fenêtre 24 à l'intérieur du fourreau 10. Un signal amplifié de puissance P_s est extrait à une autre extrémité de la structure conductrice en hélice 22 au travers d'une fiche et d'une fenêtre 26.

[0007] Les figures 2 et 3 montrent plus en détail la façon dont le fourreau 10 est réalisé ainsi la liaison du fourreau 10 avec un carter 28 enfermant l'ensemble du fourreau 10.

[0008] Le fourreau 10 proprement dit est formé des pièces polaires 20 et d'entretoises 30 séparant les pièces polaires 20. Les entretoises 30 sont, par exemple, réalisées dans un alliage à base de cuivre et de nickel amagnétique. Le diamètre extérieur des entretoises 30 est plus faible que celui des pièces polaires 20, ainsi, les aimants 18 dont le diamètre intérieur est sensiblement égal au diamètre extérieur des entretoises 30 sont maintenus entre les entretoises, par exemple au moyen de résine. L'épaisseur des entretoises 30 mesurée suivant l'axe 15 est sensiblement égale à l'épaisseur des aimants 18. L'hélice 22 est située à l'intérieur du fourreau 10 et des bâtonnets diélectriques 32 permettent de supporter mécaniquement l'hélice à l'intérieur du fourreau 10. Les bâtonnets 32 sont allongés suivant l'axe 15 et sont, par exemple, au nombre de trois disposés à 120° autour de l'axe 15. Cette disposition à 120° des bâtonnets 32 est bien visible sur la figure 3.

[0009] Des ailettes 34 maintiennent mécaniquement le fourreau 10 à l'intérieur du carter 28. Les ailettes 34 permettent également d'évacuer vers le carter 28 de la chaleur produite à l'intérieur du fourreau. Les ailettes 34 sont réalisées à partir de tôles métalliques par exemple en alliage de cuivre. Les ailettes 34 sont disposées perpendiculairement à l'axe 15 et elles sont basées d'une part, au bout des pièces polaires 20 et, d'autre part, sur le carter 28.

[0010] En résumé, les fonctions principales du fourreau 10 sont :

- maintenir l'étanchéité entre le vide régnant à l'intérieur du fourreau 10 et l'atmosphère extérieure ;
- maintenir et aligner de l'hélice 22 par l'intermédiaire des bâtonnets diélectriques 32 ;
- évacuer la chaleur produite dans le tube électronique vers l'extérieur.

Cette chaleur provient notamment de :

- l'hélice 22 qui chauffe à la fois sous l'effet du bombardement de certains électrons mal focalisés et par effet joule, en raison des courants hyperfréquences qu'elle transporte ;
- du collecteur 14 qui est relié mécaniquement et donc thermiquement au fourreau 10 ;
- du canon à électrons 11 et plus particulièrement d'une cathode et de son filament de chauffage.

[0011] Dans une réalisation expérimentale, on a constaté que la chaleur émise par les trois éléments cités ci-dessus se répartissait de la façon suivante :

hélice : de 1 à 7 % ;
collecteur : de 78 à 84 % ;
canon à électrons : 15 %.

[0012] En raison de cette répartition, on dispose un plus grand nombre d'aillettes 34 au voisinage du collecteur 14 qu'au voisinage du canon à électrons.

[0013] La réalisation et le montage des ailettes 34 sont compliqués à réaliser. On est notamment tenu d'imposer des tolérances serrées dans les dimensions des pièces polaires 20 et des ailettes 34 afin d'assurer un bon contact mécanique et thermique entre les pièces polaires 20, les ailettes 34 et le carter 28.

[0014] L'invention a pour but de simplifier le maintien mécanique du fourreau 10 par rapport au carter 28 tout en assurant un bon transfert thermique entre le fourreau 10 et le carter 28.

[0015] A cet effet, l'invention a pour objet un tube électronique comportant un fourreau tubulaire allongé à l'intérieur duquel se développe un faisceau d'électrons, un carter assurant le maintien mécanique du fourreau, et des moyens pour assurer un transfert thermique du fourreau vers le carter afin de refroidir le fourreau, caractérisé en ce que les moyens pour assurer le transfert thermique comportent une résine remplissant un volume libre situé entre le fourreau et le carter.

[0016] En supprimant les ailettes 34 décrites précédemment, on peut élargir les tolérances de fabrication des pièces polaires 20. L'utilisation de résine permet également d'assurer le maintien mécanique des aimants 18 et, éventuellement, de shunts magnétiques correcteurs que l'on peut fixer sur les parois extérieures du fourreau 10. Ces shunts ont pour fonction de modifier le champ magnétique créé par les aimants 18 à l'intérieur du fourreau 10.

[0017] De plus, la résine augmente la rigidité du tube électronique monté dans son carter 28.

[0018] La suppression des ailettes améliore la dissipation thermique du fourreau 10 vers le carter 28. Plus précisément, les ailettes formaient des ponts thermiques localisés par lesquels la chaleur circulait. En remplaçant les ailettes par de la résine, le transfert thermique n'est plus localisé, il est plus homogène. Cela permet d'éviter d'éventuels points chauds entre les ailettes 34.

[0019] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, mode de réalisation illustré par le dessin joint dans lequel :

- la figure 1 représente schématiquement le fonctionnement général d'un tube électronique ;
- la figure 2 représente, en coupe par un plan conte-

nant l'axe du faisceau d'électrons, un tube électronique connu ;

- la figure 3 représente en coupe par un plan perpendiculaire à l'axe du faisceau d'électrons, un tube électronique connu ;
- la figure 4 représente en coupe par un plan perpendiculaire à l'axe du faisceau d'électrons, un tube électronique selon l'invention ;

[0020] Pour simplifier la suite de la description, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures.

[0021] Les figures 1 à 3 ont déjà été décrites précédemment pour introduire l'invention.

[0022] Dans le tube électronique représenté sur la figure 4, les ailettes 34 ont été remplacées par une résine 36 remplissant le volume libre situé entre le fourreau 10 et le carter 28. Cette résine, une fois polymérisée, assure à la fois le maintien mécanique du fourreau 10 par rapport au carter 28 ainsi que le transfert thermique de la chaleur émise à l'intérieur du tube électronique vers le carter 28. Un radiateur fixé au carter 28 ou un moyen analogue, non représenté sur la figure 4, permettra, par exemple, d'évacuer cette chaleur par un fluide caloporteur circulant dans le radiateur. La résine peut, par exemple, être formée par du « Stycast 3050 » fourni par Emerson and Cuming, résine à laquelle on rajoute un catalyseur adéquat.

[0023] Avantageusement, on noie dans la résine des granules 38 réalisés dans un matériau dont la résistance thermique est inférieure à celle de la résine. Ces granules permettent d'améliorer le transfert thermique du fourreau 10 vers le carter 28. On peut choisir des granules métalliques par exemple à base d'aluminium.

[0024] Avantageusement, les dimensions des granules 38 sont choisies de telle sorte qu'une dimension caractéristique de ces granules 38, par exemple le diamètre, si les granules 38 sont sensiblement sphériques, est sensiblement égale ou voisine tout en restant inférieure à la plus petite des dimensions du volume libre laissé entre le fourreau 10 et le carter 28. Cette caractéristique est visible sur la figure 4 sur laquelle on distingue des granules pouvant se glisser entre la partie inférieure du fourreau 10 et le carter 28. Dans cette zone, plus les granules 38 ont de grandes dimensions, meilleur sera le transfert thermique entre le fourreau 10 et le carter 28. En effet, en augmentant les dimensions des granules 28, on diminue le nombre de zones de contact entre le fourreau 10 et le carter 28 en passant par les granules. C'est par ces zones de contact que transite de préférence la chaleur. Moins ces zones seront nombreuses, meilleur sera le transfert thermique. On s'est rendu compte qu'en utilisant des granules plus petits ou même de la poudre, la conductivité thermique se rapproche plus de celle de la résine que du matériau constituant la poudre ou les granules. Grâce à cette dimension caractéristique la plus grande possible des granules 38, on n'est obligé de choisir une résine parmi celle ayant

une bonne conductivité thermique. Cette caractéristique libère le choix de la résine.

Revendications

5

1. Tube électronique comportant un fourreau tubulaire allongé (10) à l'intérieur duquel se développe un faisceau d'électrons (12), un carter (28) assurant le maintien mécanique du fourreau (10), et des moyens pour assurer un transfert thermique du fourreau (10) vers le carter (28) afin de refroidir le fourreau (10), **caractérisé en ce que** les moyens pour assurer le transfert thermique comportent une résine (36) remplissant un volume libre situé entre le fourreau (10) et le carter (28), **en ce que** les moyens pour assurer le transfert thermique comportent, noyés dans la résine, des granules (38) réalisés dans un matériau dont la résistance thermique est inférieure à celle de la résine et **en ce qu'une** dimension caractéristique des granules (38) est sensiblement égale tout en restant inférieure à la plus petite des dimensions du volume libre.
2. Tube électronique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le matériau des granules (38) comporte de l'aluminium.

30

35

40

45

50

55

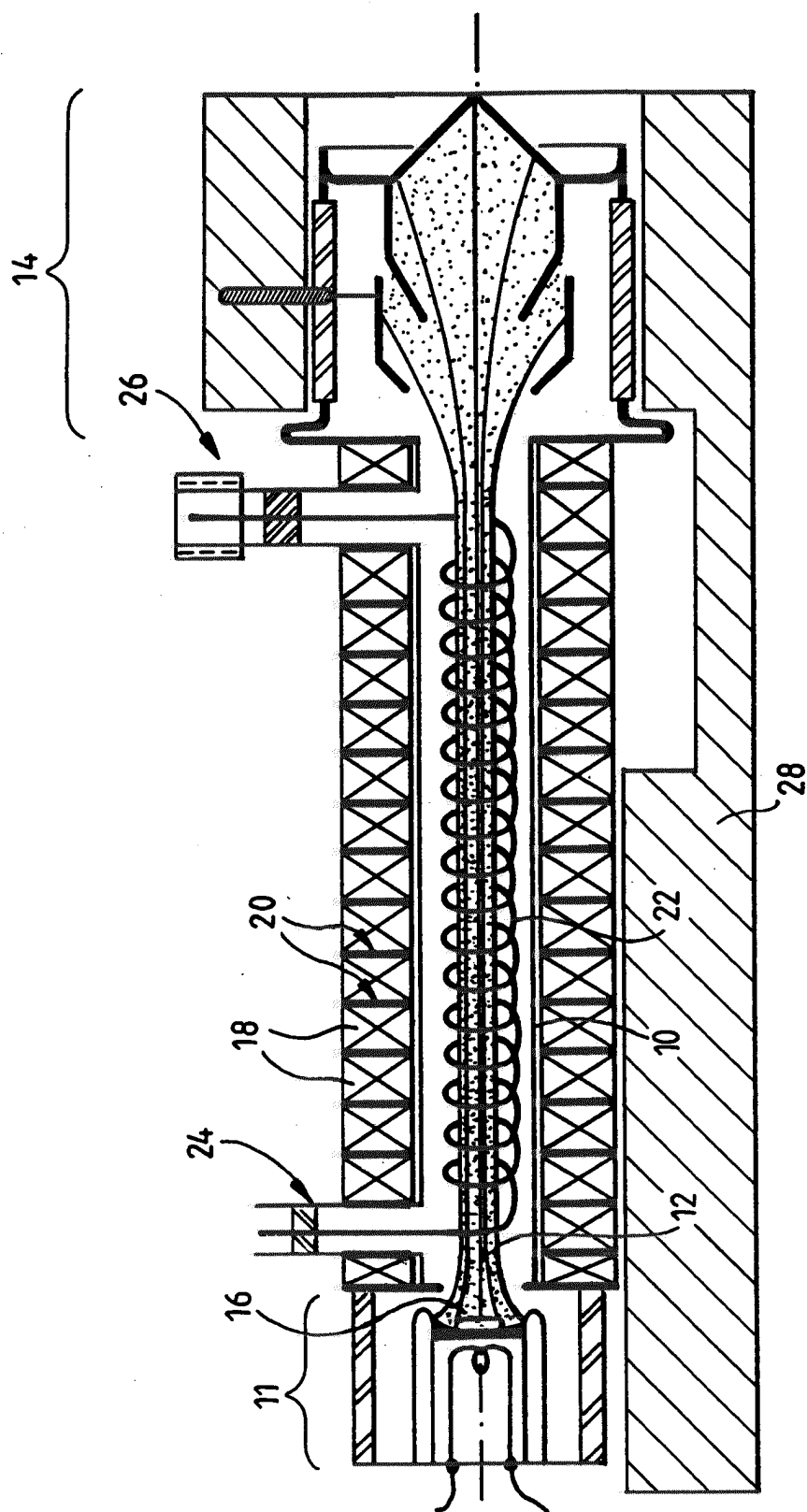
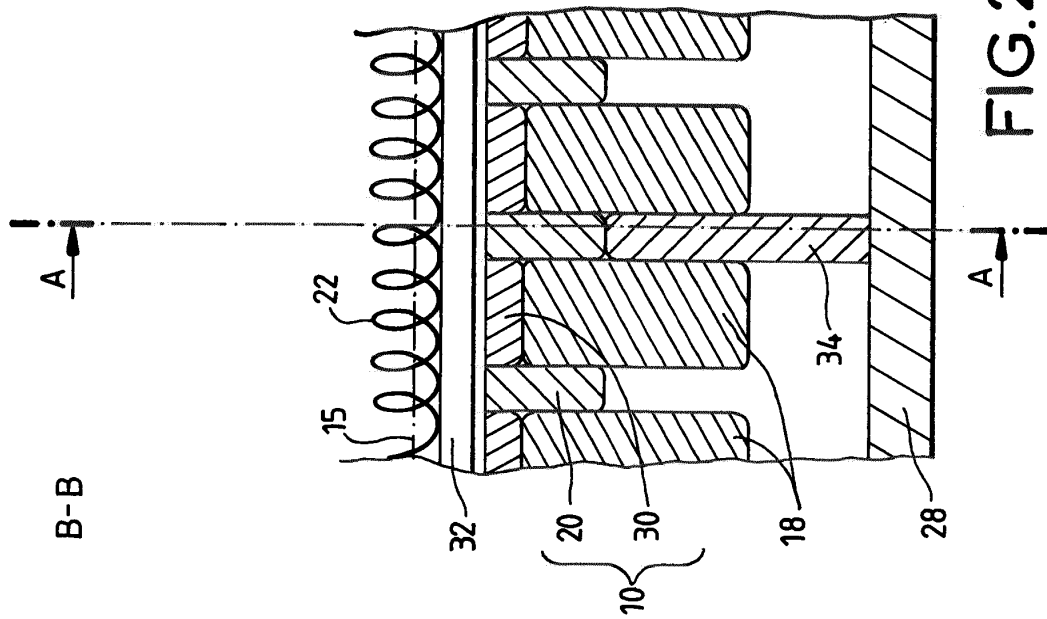
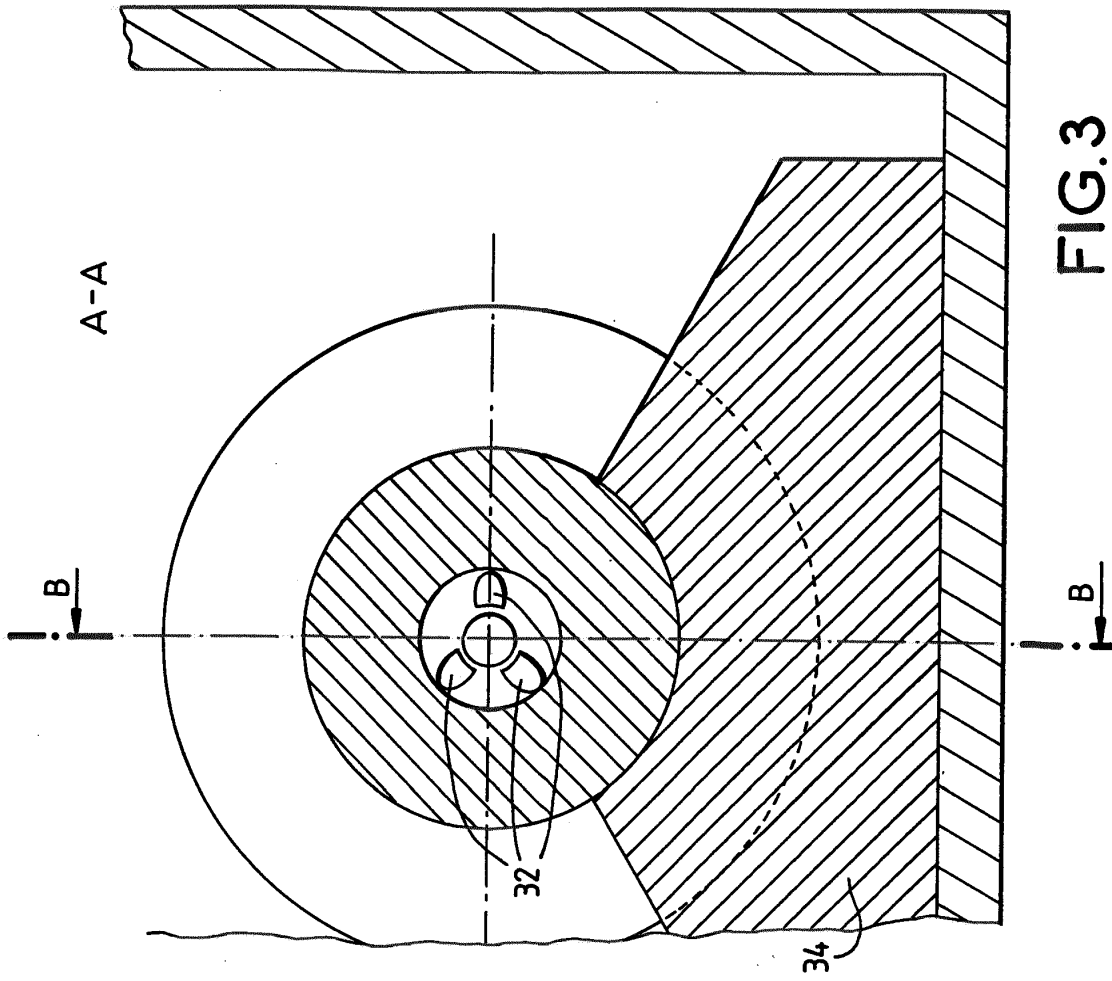


FIG.1



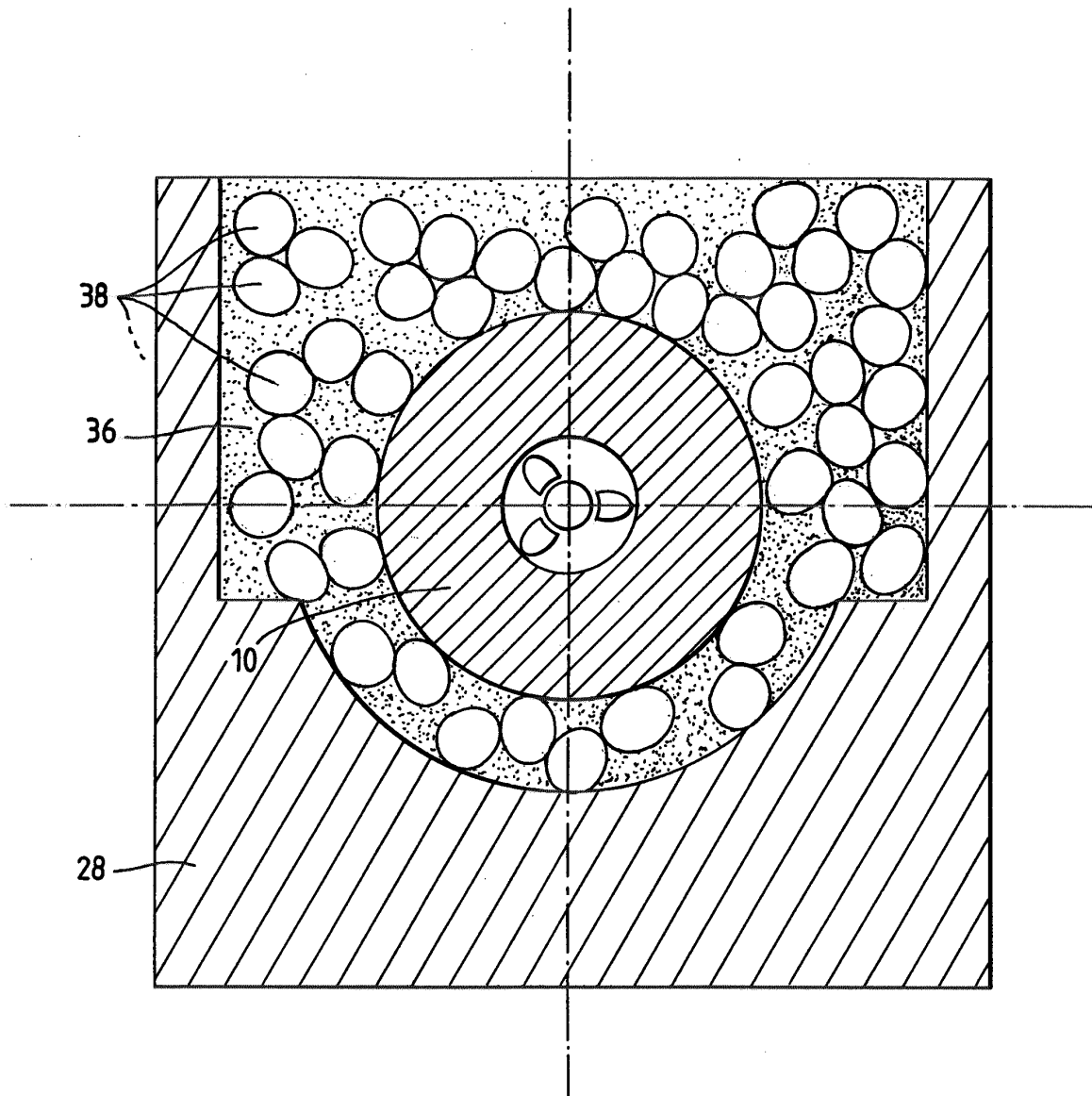


FIG. 4