

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 588 700**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **85 15105**

⑤1 Int Cl⁴ : H 01 S 3/097.

①2 **DEMANDE DE CERTIFICAT D'ADDITION
À UN BREVET D'INVENTION**

A2

②2 Date de dépôt : 11 octobre 1985.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 16 du 17 avril 1987.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés : 1^{re} addition au brevet 84 18183 pris le 29
novembre 1984.

⑦1 Demandeur(s) : *COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRI-
CITE, société anonyme.* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Michel Gastaud.

⑦3 Titulaire(s) :

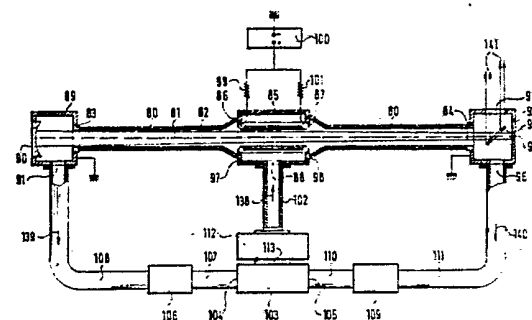
⑦4 Mandataire(s) : Christian Lheureux, SOSPI.

⑤4 Générateur laser à flux gazeux et procédé de fonctionnement de ce générateur.

⑤7 Générateur laser à flux gazeux et procédé de fonction-
nement de ce générateur.

Il comporte deux cathodes 83, 84 annulaires disposées aux
deux extrémités d'un tube 80 à décharge et deux anodes 86,
87 disposées dans la partie médiane du tube, chaque anode 86
étant constituée par une couronne de buses métallique d'injec-
tion de gaz entourant l'axe 81 du tube 80 et reliées électriquement
entre elles, ces buses 86, 87 étant orientées vers l'axe
81 et vers les cathodes annulaires 83, 84 en regard, les axes
d'injection de ces buses étant inclinés sur l'axe 81 du tube 80
d'un angle sensiblement égal à 45 degrés, le gaz injecté étant
aspiré aux deux extrémités du tube 80.

Application aux appareils de soudure.



FR 2 588 700 - A2

D

Générateur laser à flux gazeux et procédé de fonctionnement de ce générateur

La présente invention concerne un générateur laser à flux gazeux et un procédé de fonctionnement de ce générateur, ayant fait l'objet
5 d'un brevet principal déposé le 29 novembre 1984 sous le numéro 84 18 183.

Selon la revendication 1 du brevet principal, ce générateur laser comporte

- 10 - des moyens pour créer une cavité optique résonnante suivant une ligne,
- un tube à décharge disposé dans la cavité suivant ladite ligne et contenant un gaz laser,
- une première et une deuxième électrodes comportant chacune une ouverture centrale, ces électrodes étant disposées dans le tube de manière qu'elles soient en contact avec le gaz laser et que leurs ouvertures soient situées suivant ladite ligne,
- 15 - des moyens d'introduction du gaz laser dans le tube, ces moyens comprenant des canaux d'injection disposés dans la première électrode, orientés vers ladite ligne et vers la deuxième électrode, les axes de ces canaux étant inclinés sur ladite ligne d'un angle sensiblement égal à quarante cinq degrés, le nombre et la section des canaux étant choisis pour que l'injection dans le tube puisse s'effectuer à une
20 vitesse au moins égale à celle du son,
- des moyens d'aspiration du gaz laser hors du tube,
- 25 - des moyens pour relier les première et deuxième électrodes respectivement aux deux bornes d'une source électrique à haute tension, de façon à créer entre ces électrodes une décharge électrique dans le gaz laser, cette décharge provoquant la formation d'un rayonnement laser oscillant suivant ladite ligne dans la cavité et traversant les ouvertures
30 centrales des première et deuxième électrodes
- et des moyens pour faire sortir de la cavité une partie du rayonnement laser, afin de former un faisceau laser.

Dans un mode de réalisation, ce générateur laser peut comporter en outre une troisième électrode identique à la deuxième électrode, et
35 une quatrième électrode identique à la première électrode, ces élec-

trodes étant en contact avec le gaz laser contenu dans le tube. La deuxième et la troisième électrodes sont disposées dans une partie médiane du tube, tandis que la première et la quatrième électrodes sont disposées respectivement dans les deux parties extrêmes du tube. Les axes d'injection des canaux de la quatrième électrode sont orientés vers la partie médiane du tube. Les moyens pour relier les première et deuxième électrodes aux deux bornes d'une source électrique sont capables de porter la troisième électrode au même potentiel que celui de la deuxième électrode, et de porter la quatrième électrode au même potentiel que celui de la première électrode ; de plus, les moyens d'aspiration du gaz laser lors du tube comportent une pompe dont l'entrée est reliée par une canalisation isolante à une ouverture du tube située entre les deuxième et troisième électrodes. La pompe comporte deux sorties reliées respectivement par deux canalisations métalliques à la première et la quatrième électrodes pour alimenter leurs canaux d'injection en gaz laser. Les deuxième et troisième électrodes sont alors connectées électriquement par exemple à la borne positive de la source électrique, la borne négative de la source ainsi que la pompe, les deux canalisations métalliques, et les première et quatrième électrodes étant connectées à la masse de l'installation.

Le générateur laser décrit ci-dessus présente l'inconvénient de nécessiter une canalisation isolante très longue pour éviter tout amorçage électrique à travers le gaz laser entre d'une part la pompe et d'autre part les deuxième et troisième électrodes. Pour avoir une sécurité suffisante à cet égard, la canalisation isolante doit avoir une longueur égale à deux fois celle d'une décharge laser, soit, à titre indicatif, environ deux mètres. Il en résulte un encombrement excessif pour le générateur laser.

La présente invention a pour but de pallier cet inconvénient.

Elle a pour objet un générateur laser à flux gazeux selon la revendication 1 du brevet principal, caractérisé en ce qu'il comporte en outre

. une troisième électrode identique à la deuxième électrode et disposée dans le tube de manière qu'elle soit en contact avec le gaz laser et que son ouverture soit située suivant ladite ligne, les

deuxième et troisième électrodes étant placées respectivement dans une première et dans une deuxième partie extrême du tube,
5 . une quatrième électrode identique à la première électrode, et disposée dans le tube de manière qu'elle soit en contact avec le gaz laser et que son ouverture soit située suivant ladite ligne, les première et quatrième électrodes étant placées dans une partie médiane du tube respectivement du côté de la deuxième électrode et de la troisième électrode, les canaux de la quatrième électrode étant orientés vers ladite ligne et vers la troisième électrode,
10 les axes des canaux de la quatrième électrode étant inclinés sur ladite ligne d'un angle sensiblement égal à quarante cinq degrés . et des moyens pour relier les troisième et quatrième électrodes respectivement aux deux bornes (-, +) de ladite source électrique, de façon à porter la troisième électrode au même potentiel électrique que celui de la deuxième électrode et à porter la quatrième
15 électrode au même potentiel électrique que celui de la première électrode, afin de créer entre la quatrième et la troisième électrode une décharge électrique dans le gaz laser,
- et en ce que
20 . les moyens d'introduction du gaz laser dans le tube comportent un surpresseur muni d'une entrée et d'une sortie, cette sortie étant reliée à travers une première canalisation isolante aux canaux d'injection des première et quatrième électrodes
25 . et les moyens d'aspiration du gaz laser hors du tube comportent une deuxième et une troisième canalisations métalliques reliant respectivement l'entrée du surpresseur aux deux extrémités du tube.
Selon un mode préféré de réalisation du générateur laser, selon la présente invention, les première et quatrième électrodes comportent chacune une pluralité de buses métalliques reliées électriquement entre elles, ces buses étant disposées régulièrement en couronne autour
30 de ladite ligne pour former lesdits canaux d'injection.
Dans ce mode de réalisation, le générateur laser peut comporter une chambre cylindrique isolante à section annulaire, cette chambre étant insérée dans la partie médiane du tube à décharge suivant ladite
35 ligne, les buses des première et quatrième électrodes étant fixées

respectivement à travers des parois isolantes de la chambre situées à ses deux extrémités longitudinales, de manière que ces buses soient en communication avec le volume interne de la chambre, la paroi cylindrique extérieure de la chambre comportant au moins une ouverture
5 raccordée à la première canalisation isolante, la paroi cylindrique intérieure de la chambre ayant un diamètre suffisamment grand pour ne pas intercepter le rayonnement laser oscillant dans la cavité.

Dans un autre mode de réalisation du générateur laser selon l'invention, il comporte en outre un premier et deuxième échangeurs
10 thermiques disposés respectivement en série dans les deuxième et troisième canalisations, et un troisième échangeur thermique disposé à la sortie du surpresseur, ladite canalisation isolante reliant les canaux d'injection à la sortie du troisième échangeur thermique.

Dans un autre mode de réalisation du générateur laser selon l'invention, il comporte en outre d'autres tubes à décharge, les tubes
15 étant disposés optiquement en série à l'intérieur de la cavité suivant ladite ligne, et des boîtiers de liaison reliant les extrémités adjacentes de ces tubes à décharge pour mettre en communication leurs volumes internes, les parties médianes et extrêmes de chaque tube à
20 décharge étant reliées respectivement à la sortie et à l'entrée du surpresseur, les électrodes disposées dans les parties médianes et extrêmes de chaque tube étant reliées respectivement aux deux bornes de ladite source électrique.

Plusieurs formes d'exécution de l'objet de la présente invention
25 sont décrites ci-dessous, à titre d'exemple, en regard des dessins annexés dans lesquels

- la figure 1 représente schématiquement un mode de réalisation d'un générateur laser selon la présente invention,
- la figure 2 est une vue en coupe longitudinale d'une chambre d'alimentation en gaz, insérée dans la partie médiane du tube à décharge du
30 générateur laser illustré par la figure 1,
- la figure 3 représente à plus grande échelle un détail de la chambre illustrée par la figure 2,
- la figure 4 est une coupe par un plan IV-IV du détail de la chambre
35 illustré par la figure 3,

- la figure 5 est une vue de la chambre suivant la flèche V de la figure 4

- et la figure 6 illustre en perspective, un autre mode de réalisation du générateur laser selon l'invention, comportant deux tubes à décharge en série.

Sur la figure 1, est représenté un tube à décharge isolant de grande longueur 80 disposé suivant un axe 81 et contenant un gaz laser 82. Dans les deux parties extrêmes longitudinales du tube 80 sont fixées respectivement deux électrodes annulaires 83 et 84, en contact avec le gaz laser, les ouvertures centrales de ces électrodes étant cylindriques autour de l'axe 81. Dans la partie médiane du tube 80 est insérée une chambre isolante annulaire 85 cylindrique autour de l'axe 81. Dans les parois 97 et 98 de la chambre 85, situées à ses deux extrémités longitudinales, sont fixées respectivement deux couronnes 86 et 87 de 24 buses métalliques mettant chacune en communication les volumes internes de la chambre 85 et du tube 80. Sur la paroi cylindrique extérieure de la chambre 85 est ménagée au moins une ouverture d'entrée de gaz 88.

L'extrémité du tube 80 située du côté de l'électrode 83 est fermée par une enveloppe métallique 89 en contact avec l'électrode 83. A l'intérieur de l'enveloppe 89 est fixé un miroir concave 90 centré sur l'axe 81 et dont la surface réfléchissante est tournée vers la chambre 85. L'enveloppe 89 comporte une ouverture axiale dans laquelle débouche le tube 80 et une ouverture latérale 91 de sortie de gaz.

L'extrémité du tube 80 située du côté de l'électrode 84 est fermée par une enveloppe métallique 92 en contact avec l'électrode 84. A l'intérieur de l'enveloppe 92 est fixé un miroir convexe 93 centré sur l'axe 81 et dont la surface réfléchissante est tournée vers la chambre 85.

Dans le volume interne de l'enveloppe 92, entre l'électrode 84 et le miroir convexe 93 est disposé un miroir plan 94 incliné à 45° sur l'axe 81 et comportant une ouverture centrale traversée par l'axe 81. La paroi de l'enveloppe 92 comporte une fenêtre latérale transparente 95 capable de laisser passer le rayonnement optique renvoyé par le miroir 94. L'enveloppe 92 comporte en outre une ouverture axiale

dans laquelle débouche le tube 80 et une ouverture latérale 96 de sortie de gaz.

Les buses de la couronne 86, fixées dans la paroi 97 de la chambre 85, sont reliées à travers une résistance électrique 99 à la borne positive d'une source 100 de courant électrique haute tension. De même, les buses de la couronne 87 fixées dans la paroi 98 de la chambre 85 sont reliées à travers une résistance électrique 101 à la borne positive de la source 100, les résistances 99 et 101 ayant la même valeur ohmique.

L'ouverture 88 de la chambre 85 est reliée par une canalisation isolante 102 à la sortie d'un échangeur thermique 112 dont l'entrée est reliée par une canalisation métallique 113 à la sortie d'un surpresseur 103 comportant deux entrées 104 et 105. L'entrée 104 du surpresseur 103 est reliée, à travers un échangeur thermique 106, par des canalisations métalliques 107 et 108, à l'ouverture 91 de l'enveloppe 89. De même, l'entrée 105 du surpresseur 103 est reliée à l'ouverture 96 de l'enveloppe 92, à travers un échangeur thermique 109, par des canalisations métalliques 110 et 111. La borne négative de la source 100, ainsi que les enveloppes 89 et 92 en contact avec les électrodes 83 et 84 sont reliées à la masse de l'installation.

Les figures 2 à 5 montrent comment est réalisée la chambre annulaire 85. Les parois de cette chambre comportent deux tubes isolants 114, 115 coaxiaux cylindriques autour de l'axe 81 et deux pièces terminales isolantes identiques 116 et 117 fixées respectivement aux deux extrémités de ces tubes. Chaque pièce terminale telle que 116 a une forme générale de révolution autour de l'axe 81 et comporte une percée cylindrique coaxiale dont le diamètre est sensiblement égal au diamètre intérieur du tube intérieur 115. La pièce 116 comporte une pluralité de conduits internes 118, 119, 120 régulièrement distribués symétriquement de révolution autour de l'axe 81. Chaque conduit part du volume interne 121 de la chambre compris entre les tubes 114 et 115, suivant un axe d'abord parallèle à l'axe 81 puis s'inclinant vers cet axe, pour venir déboucher dans le volume interne 122 du tube 80 suivant un axe d'injection 123 orienté vers l'électrode 84 (figure 1) et faisant un angle 124 de 45 degrés avec l'axe 81. Comme il apparaît sur

la figure 3, chaque pièce terminale 116 peut être constituée de deux parties 128 et 129 pour faciliter la fabrication de ces pièces. Dans l'extrémité du conduit débouchant dans le volume 122 est vissée une buse métallique 125 suivant l'axe 123. Les différentes buses métalliques 125, 126, 127 fixées sur la pièce 116 sont visibles sur la figure 5.

Ces buses sont connectées électriquement entre elles grâce à un conducteur circulaire 130 sur lequel sont soudées les extrémités des buses débouchant dans le volume 122. Le conducteur 130 est relié à la résistance 101 (figure 1) par une connexion non représentée traversant la paroi du tube 80.

Bien entendu, sur l'autre pièce terminale 117 sont fixées aussi des buses métalliques débouchant du côté opposé dans le volume intérieure du tube 80, les axes d'injection de ces buses étant dirigés vers l'électrode 83 (figure 1) et inclinés sur l'axe 81 d'un angle égal à 45°. Ces buses sont reliées électriquement entre elles par un conducteur circulaire identique au conducteur 130.

Dans la paroi cylindrique externe 114 de la chambre 85 sont ménagées par exemple deux ouvertures opposées reliées respectivement par des conduits isolants 131 et 132 à la canalisation isolante 102 (figure 1).

L'insertion de la chambre 85 dans la partie médiane du tube 80 peut être réalisée par un système tel que celui représenté sur la figure 2. Le tube 80 est coupé d'abord en deux parties 133 et 134 d'égales longueurs. Sur l'extrémité coupée de chacune des parties, telle que 133, est soudée une pièce tubulaire de raccordement 135 dont l'extrémité libre est appliquée sur un bossage de la pièce terminale 116. Sur les pièces de raccordement sont fixées des brides 136 et 137 reliées mécaniquement entre elles par des tirants de fixation non représentés.

Le générateur laser décrit ci-dessus et illustré par les figures 1 à 5 fonctionne de la manière suivante.

Le volume intérieur du tube 80 et des diverses canalisations est rempli d'un gaz actif laser tel qu'un mélange de gaz carbonique d'azote et d'hélium. On met en marche le surpresseur 103 pour faire circuler le

gaz dans le sens des flèches 138, 139 et 140. Le gaz comprimé par le surpresseur 103 pénètre dans la chambre 85 et traverse les buses des couronnes 86 et 87 à vitesse sonique pour s'écouler dans le tube 80 vers les enveloppes 89 et 92 d'où il est aspiré dans les canalisations 108 et 111 vers les deux entrées 104 et 105 du surpresseur 103.

Les buses des deux couronnes 86 et 87 connectées au pôle positif de la source de courant 100 constituent deux anodes, alors que les électrodes 83 et 84 reliées au pôle négatif de cette source constituent deux cathodes. Deux décharges électriques sont donc produites dans le gaz circulant dans le tube 80, d'une part entre les électrodes 86 et 83 et d'autre part entre les électrodes 87 et 84.

Il en résulte la formation d'un rayonnement laser oscillant dans la cavité optique résonnante entre les miroirs 90 et 93 dans un volume cylindrique d'axe 81 traversant les ouvertures centrales des électrodes et passant dans le volume intérieur du tube 115 de la chambre 85. Une partie de l'énergie de ce rayonnement est prélevée par le réflecteur annulaire 94 dont l'ouverture intérieure a une surface suffisante pour laisser passer le rayonnement oscillant. Le rayonnement prélevé par le réflecteur 94 sort de l'enveloppe 92 du tube à travers la fenêtre 95 pour former un faisceau laser annulaire 141.

Les échangeurs thermiques 106 et 109 absorbent l'énergie calorifique du gaz produite par les deux décharges électriques, et l'échangeur thermique 112 absorbe la chaleur engendrée par le travail de recompression du surpresseur 103.

La distance entre les deux anodes 86 et 87 est suffisante, par exemple de l'ordre de 50 cm, pour éviter qu'un déséquilibre de tension aux bornes des deux décharges électriques engendre une liaison électrique entre ces deux anodes au détriment de la qualité de la décharge électrique.

On constate que pour des valeurs élevées du courant de décharge, la décharge électrique est particulièrement stable, notamment au niveau des deux anodes, alors que, dans le cas du brevet principal, où l'anode est constituée par un disque métallique continu, la décharge électrique s'amorce sur des secteurs limités et aléatoires de l'anode. La stabilité des décharges dans le cas de l'invention est attribuée aux

conditions aérodynamiques spéciales créées par les zones de dépression gazeuse à la sortie des buses, dans le champ électrique engendré par les électrodes.

De plus, le générateur laser selon l'invention présente l'avantage de fonctionner avec un tube isolant 102 de longueur beaucoup plus faible que celle du tube correspondant dans le brevet principal.

En effet, dans le générateur laser selon la présente invention, la distance d'isolement entre la masse de l'installation (à laquelle est reliée l'échangeur 112) et les anodes 86 et 87 peut être beaucoup plus courte, car le gaz laser contenu dans le tube 102 est comprimé et non ionisé, alors qu'il est à une pression plus basse et ionisé dans le cas du brevet principal. Il en résulte une diminution importante de l'encombrement du laser. A titre indicatif le tube 102 peut avoir une longueur de 20 cm alors que dans le générateur selon le brevet principal, le tube isolant correspondant doit avoir une longueur de deux mètres.

A titre indicatif, la puissance du laser représenté par la figure 1 peut être supérieure à 5 kw pour deux décharges électriques de longueur 80 cm dans un tube de diamètre 7,5 cm.

Pour augmenter la puissance de sortie du laser, il est possible de disposer plusieurs tubes, analogues au tube 80 représenté sur la figure 1, optiquement en série dans une cavité optique résonnante.

Sur la figure 6, deux tubes à décharge 142 et 143, analogues au tube 80 illustré par la figure 1, sont disposés l'un à côté de l'autre parallèlement entre eux, entre deux boîtiers de liaison 144 et 145 sur lesquels les extrémités des tubes sont raccordées. A l'intérieur du boîtier 144 sont disposés deux miroirs placés respectivement suivant les axes des deux tubes et inclinés à 45° pour transmettre le rayonnement laser. A l'intérieur du boîtier 145, sont disposés un miroir concave centré sur l'axe du tube 142 et un miroir convexe centré sur l'axe du tube 143 de manière à délimiter une cavité optique résonnante de type replié suivant une ligne brisée. Le boîtier 145 comporte aussi un miroir plan annulaire, analogue au miroir 94 de la figure 1, et disposé de manière à permettre l'émission d'un faisceau laser annulaire 146 à travers une fenêtre 147 du boîtier 145. Les ouvertures

telles que 88 (figures 1) des chambres d'entrée de gaz des deux tubes 142 et 143 sont reliées par des canalisations 148 et 149 à une extrémité d'un tube d'alimentation 150 dont l'autre extrémité est reliée à la sortie d'un surpresseur 151 entraîné par un moteur 152, à travers un échangeur thermique 153. Les extrémités des tubes 142 et 143 situées du côtés du boîtier 145 sont reliées par des canalisations 154 et 155 à une extrémité d'un tube d'évacuation 156 dont l'autre extrémité est reliée à l'entrée du surpresseur 151 à travers un échangeur thermique 157. De même, les extrémités des tubes 142 et 143 situées du côté du boîtier 144 sont reliées par des canalisations 158 et 159 à une extrémité d'un autre tube d'évacuation 160 dont l'autre extrémité est reliée à l'entrée du surpresseur 151 à travers un échangeur thermique 161. Un groupe de pompage primaire 162 est branché sur la canalisation 156 entre l'échangeur 157 et le surpresseur 151. Une canalisation d'entrée de gaz 163 reliée à un réservoir 164 est raccordée au tube d'alimentation 150.

Pour simplifier la figure 6, l'alimentation électrique du laser n'a pas été représentée. Les anodes et les cathodes (telles que 165) de chaque tube à décharge sont reliées respectivement aux pôle positif et négatif d'une source de courant électrique haute tension, d'une manière analogue à celle représentée sur la figure 1.

Le générateur laser représenté sur la figure 6 fonctionne de la manière suivante.

Au départ, on fait le vide dans le circuit de circulation de gaz à l'aide du groupe de pompage primaire 162. Puis on introduit dans ce circuit par la canalisation 163 un mélange homogène de gaz comportant de l'hélium, de l'azote et du gaz carbonique, de façon à obtenir dans le circuit une pression de l'ordre de 130 torrs. Ensuite, on met en marche le moteur 152 entraînant le surpresseur 151. La pression gazeuse à l'entrée médiane des tubes à décharge s'élève alors à 200 torrs environ, tandis que la pression dans ces tubes est de l'ordre de 50 torrs. Le circuit d'alimentation électrique étant branché, on obtient dans les tubes 142 et 143 des décharges électriques capables d'exciter le gaz actif. Un rayonnement oscillant est formé dans la cavité optique repliée. Ce rayonnement est amplifié dans les tubes à décharge et

traverse sans amplification mais aussi sans absorption les boîtiers de liaison qui contiennent du gaz actif non excité. Pour compenser la dégradation du gaz actif pendant le fonctionnement du laser, on laisse pénétrer en permanence dans le circuit un faible débit de gaz actif
5 prémélangé, à travers la canalisation d'entrée 163.

Le tube 150 est métallique et relié avec les cathodes à la masse de l'installation qui est connectée au pôle négatif de la source d'alimentation électrique. Les anodes étant reliées au pôle positif, les tubes isolants 148 et 149 ont une longueur beaucoup plus courte que
10 dans un générateur laser de ce type utilisant des tubes à décharge selon le brevet principal. Il en résulte donc une diminution d'encombrement importante pour ces types de laser.

Bien entendu, il est possible de réaliser des lasers munis d'une cavité repliée comportant plus de deux tubes. Les boîtiers de liaison
15 sont alors allongés pour pouvoir insérer entre eux des tubes à décharge supplémentaires, parallèles aux tubes 142 et 143. Ces boîtiers comportent évidemment des miroirs de renvoi supplémentaires pour mettre les tubes supplémentaires optiquement en série.

Les générateurs laser selon l'invention peuvent être utilisés
20 pour réaliser des appareils de soudure, de découpe ou de traitement thermique.

25

30

35

REVENDICATIONS

1/ Générateur laser à flux gazeux, selon la revendication 1, du brevet principal, comportant

- 5 - des moyens pour créer une cavité optique résonnante suivant une ligne,
- un tube à décharge disposé dans la cavité suivant ladite ligne et contenant un gaz laser,
- une première et une deuxième électrodes comportant chacune une ouverture centrale, ces électrodes étant disposées dans le tube de manière qu'elles soient en contact avec le gaz laser et que leurs ouvertures soient situées suivant ladite ligne,
- 10 - des moyens d'introduction du gaz laser dans le tube, ces moyens comprenant des canaux d'injection disposés dans la première électrode, orientés vers ladite ligne et vers la deuxième électrode, les axes de ces canaux étant inclinés sur ladite ligne d'un angle sensiblement égal à quarante cinq degrés, le nombre et la section des canaux étant choisis pour que l'injection dans le tube puisse s'effectuer à une
- 15 vitesse au moins égale à celle du son,
- des moyens d'aspiration du gaz laser hors du tube,
- 20 - des moyens pour relier les première et deuxième électrodes respectivement aux deux bornes d'une source électrique à haute tension, de façon à créer entre ces électrodes une décharge électrique dans le gaz laser, cette décharge provoquant la formation d'un rayonnement laser oscillant suivant ladite ligne dans la cavité et traversant les ouvertures centrales des première et deuxième électrodes
- 25 - et des moyens pour faire sortir de la cavité une partie du rayonnement laser, afin de former un faisceau laser, caractérisé
- en ce qu'il comporte en outre
 - 30 . une troisième électrode (83) identique à la deuxième électrode (84) et disposée dans le tube (80) de manière qu'elle soit en contact avec le gaz laser (82) et que son ouverture soit située suivant ladite ligne (81), les deuxième et troisième électrodes (84, 83) étant placées respectivement dans une première et dans une deuxième partie extrême du tube (80),

35

- 5 . une quatrième électrode (86) identique à la première électrode (87), et disposée dans le tube (80) de manière qu'elle soit en contact avec le gaz laser (82) et que son ouverture soit située suivant ladite ligne (81), les première et quatrième électrodes (87, 86) étant placées dans une partie médiane du tube (80) respectivement du côté de la deuxième électrode (84) et de la troisième électrode (83), les canaux de la quatrième électrode (86) étant orientés vers ladite ligne (81) et vers la troisième électrode (83), les axes des canaux de la quatrième électrode (86) étant inclinés sur ladite ligne (81) d'un angle (124) sensiblement égal à quarante cinq degrés
- 10 . et des moyens pour relier les troisième et quatrième électrodes respectivement aux deux bornes (-, +) de ladite source électrique (100), de façon à porter la troisième électrode (83) au même potentiel électrique que celui de la deuxième électrode (84) et à porter la quatrième électrode (86) au même potentiel électrique que celui de la première électrode (87), afin de créer entre la quatrième (86) et la troisième électrode (83) une décharge électrique dans le gaz laser,
- 15 - et en ce que
- 20 . les moyens d'introduction du gaz laser dans le tube comportent un surpresseur (103) muni d'une entrée (104, 105) et d'une sortie, cette sortie étant reliée à travers une première canalisation isolante (102) aux canaux d'injection des première et quatrième électrodes (87, 86)
- 25 . et les moyens d'aspiration du gaz laser hors du tube comportent une deuxième et une troisième canalisations métalliques (107, 108, 110, 111) reliant respectivement l'entrée (104, 105) du surpresseur (103) aux deux extrémités du tube (80).
- 30 2/ Générateur laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que les première (87) et quatrième (86) électrodes comportent chacune une pluralité de buses métalliques (125) reliées électriquement entre elles, ces buses étant disposées régulièrement en couronne autour de ladite ligne (81) pour former lesdits canaux d'injection.
- 35 3/ Générateur laser selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il

comporte une chambre cylindrique isolante (85) à section annulaire, cette chambre étant insérée dans la partie médiane du tube à décharge (80) suivant ladite ligne (81), les buses (125) des première (87) et quatrième (86) électrodes étant fixées respectivement à travers des parois isolantes (98, 97) de la chambre (85) situées à ses deux extré-
5 mités longitudinales, de manière que ces buses soient en communication avec le volume interne (121) de la chambre (85), la paroi cylindrique extérieure (114) de la chambre comportant au moins une ouverture (88) raccordée à la première canalisation isolante (102), la paroi cylin-
10 drique intérieure (115) de la chambre (185) ayant un diamètre suffisamment grand pour ne pas intercepter le rayonnement laser oscillant dans la cavité (90-93).

4/ Générateur laser selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un premier et un deuxième échangeurs thermi-
15 ques (106, 109) disposés respectivement en série dans les deuxième et troisième canalisations (107, 108, 110, 111), et un troisième échangeur thermique (112) disposé à la sortie du surpresseur (103), ladite canalisation isolante (102) reliant les canaux d'injection (86, 87) à la sortie du troisième échangeur thermique (112).

20 5/ Générateur laser selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte d'autres tubes (143) à décharge, identiques audit tube (142) à décharge, les tubes étant disposés optiquement en série à l'intérieur de la cavité suivant ladite ligne, et des boîtiers (144, 145) de liaison reliant les extrémités de ces tubes à décharge pour mettre en
25 communication leurs volumes internes, les parties médianes et extrêmes de chaque tube à décharge étant reliées respectivement à la sortie et à l'entrée du surpresseur (151), les électrodes disposées dans les parties médianes et extrêmes de chaque tube (142, 143) étant reliées respectivement aux deux bornes de ladite source électrique.

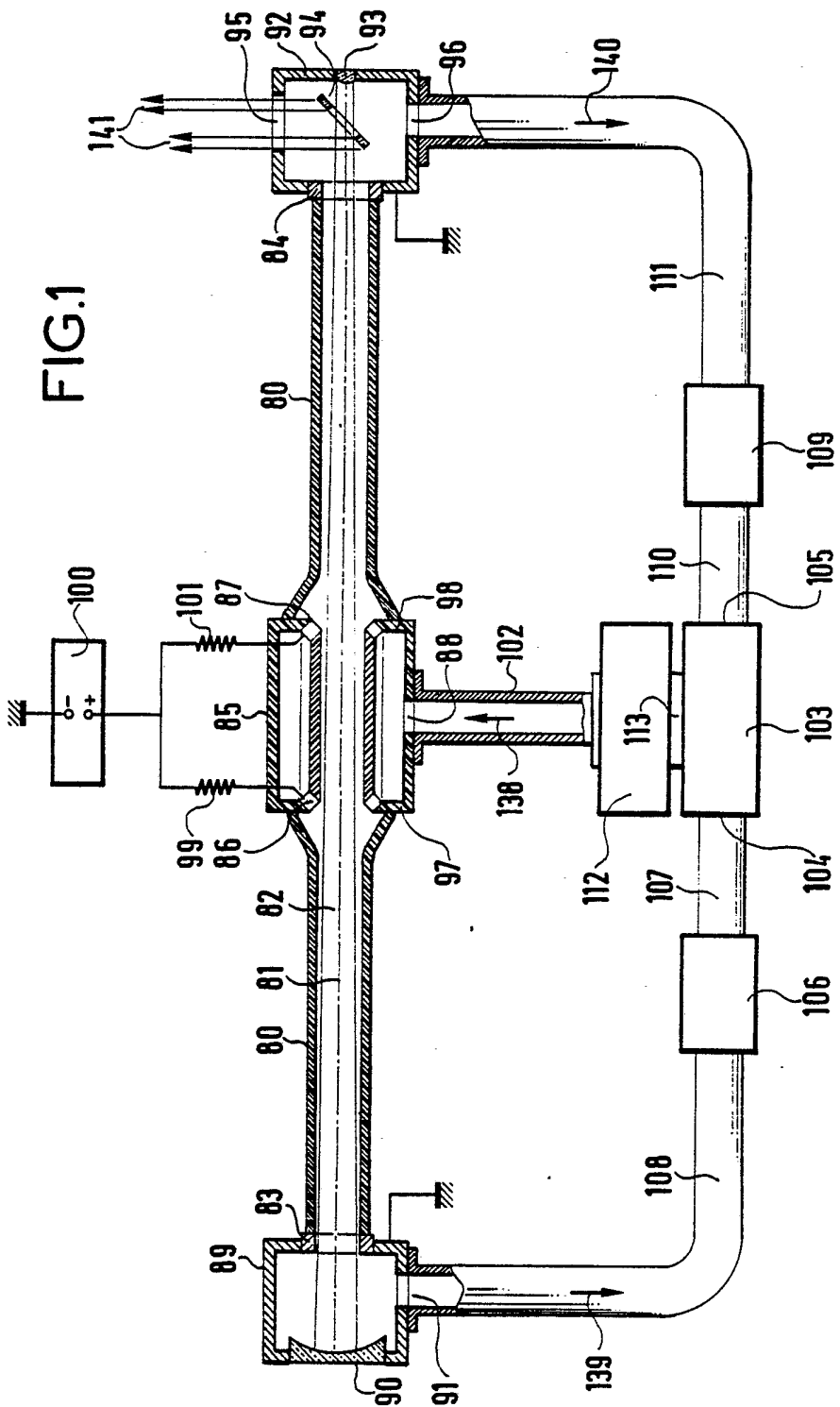


FIG.1

FIG.4

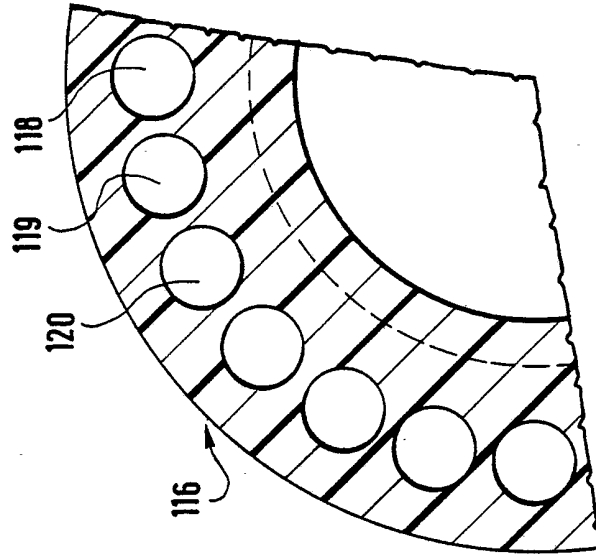


FIG.3

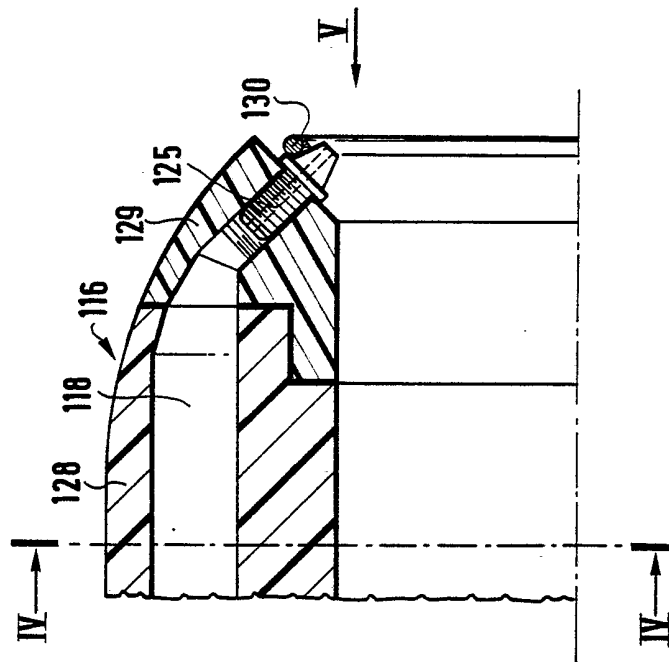
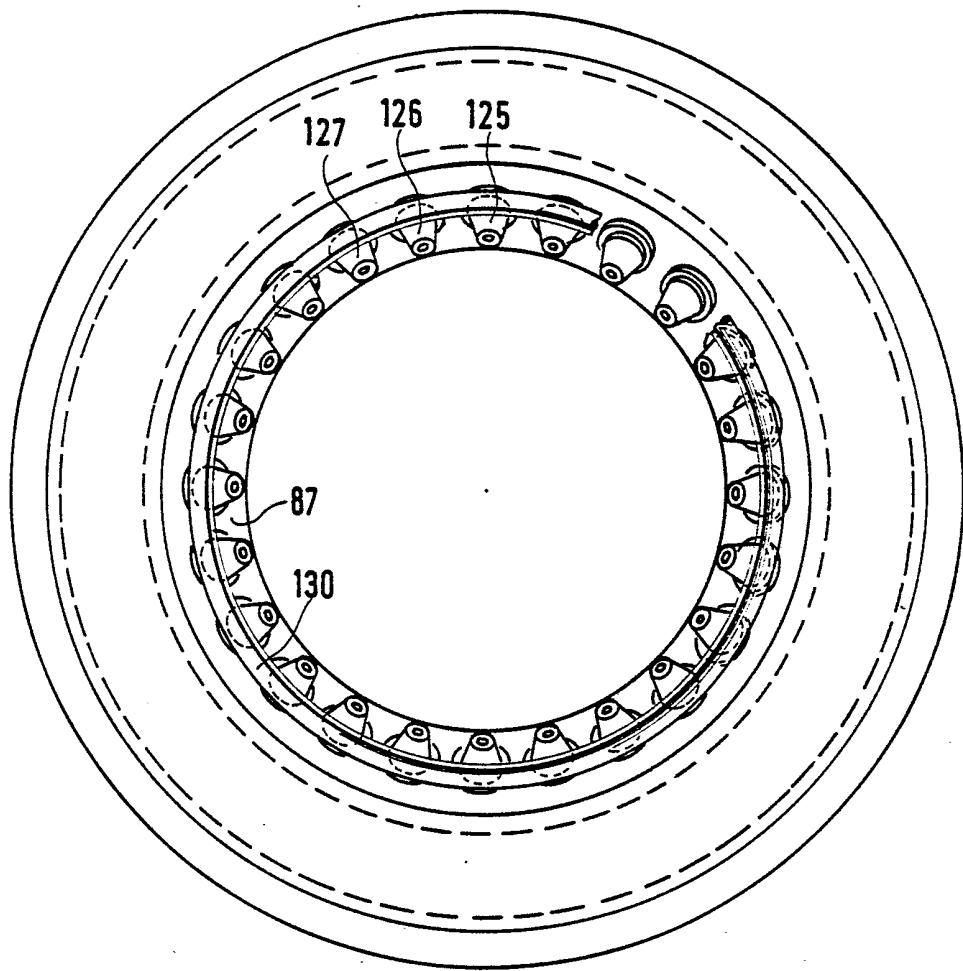


FIG.5



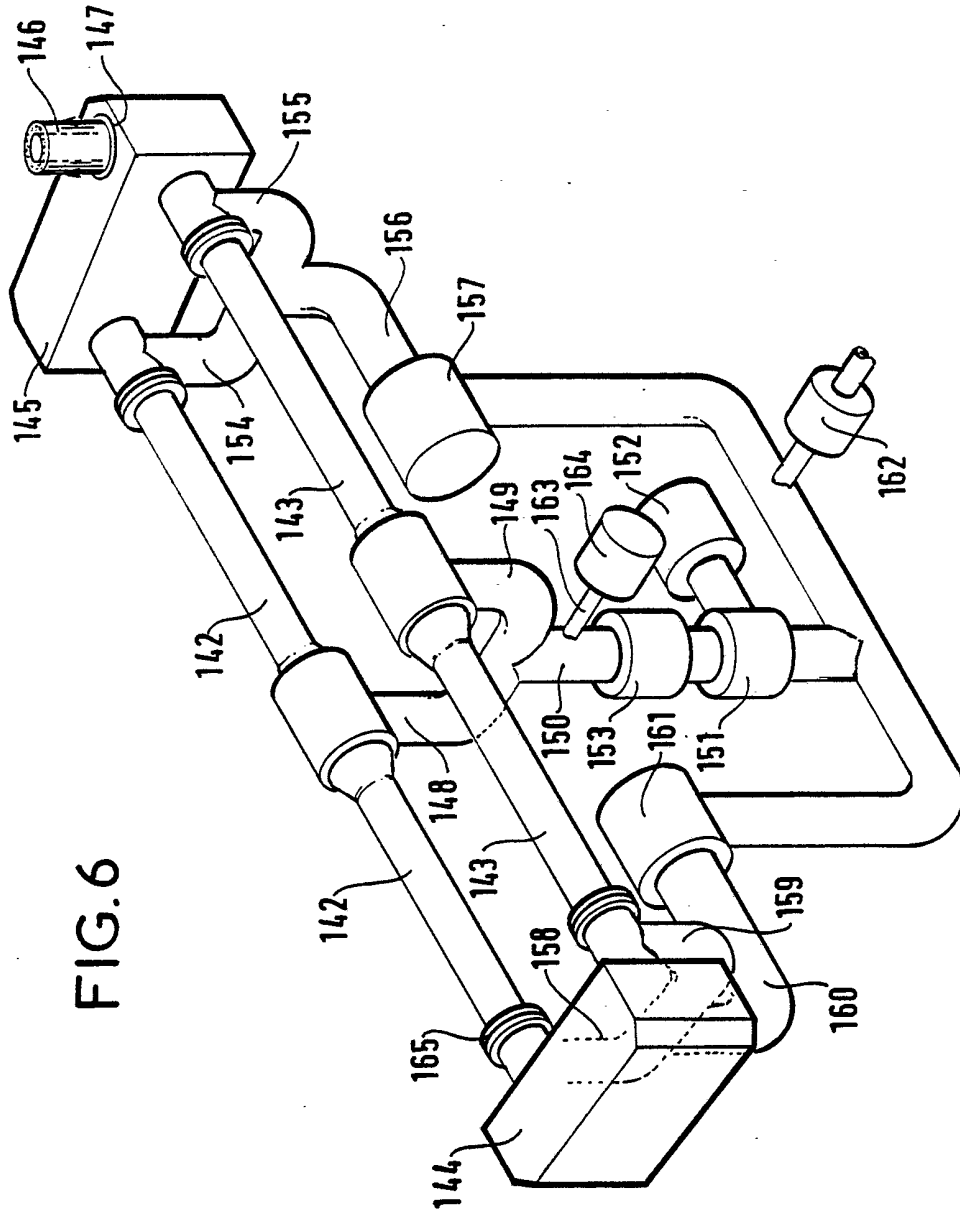


FIG. 6