

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 10084

(54)

Laser compact à haute pression.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.³). H 01 S 3/03.

(22)

Date de dépôt..... 20 mai 1981.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *EUA, 30 juin 1980, n° 164.748.*

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 53 du 31-12-1981.

(71)

Déposant : Société dite : XEROX CORPORATION, société établie selon les lois de l'Etat de
New York, résidant aux EUA.

(72)

Invention de : Shing C. Wang.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Novapat — Cabinet Chereau,
107, bd Pereire, 75017 Paris.

1.

La présente invention concerne des lasers et, en particulier, des lasers qui fonctionnent dans le mode de décharge à luminescence négative.

Des lasers à vapeurs métalliques à colonne positive, tels que les lasers à hélium-cadmium décrits dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4.184.474, ont été mis sur le marché au cours des dernières années. Ces lasers classiques à hélium-cadmium produisent une lumière laser bleue, fonctionnent à de faibles pressions (typiquement dans la gamme comprise entre environ 3 Torr et environ 5 Torr) et ont des longueurs actives typiques comprises entre environ 30 cm et environ 40 cm. Ces longueurs actives relativement importantes sont nécessitées par la puissance du faisceau laser généré car la densité de puissance du faisceau est linéairement proportionnelle à la longueur active. Il est évident que dans la plupart des applications industrielles, la longueur active du tube laser doit être limitée pour diverses raisons, dont le coût et l'espace occupé.

Il serait souhaitable de disposer d'un laser compact (ayant une courte longueur active) qui produise un faisceau laser ayant une puissance suffisamment élevée pour pouvoir être utilisé dans de nombreuses machines telles que des machines à imprimer et des machines à reproduire.

2.

La présente invention concerne un laser à hélium-cadmium à cathode creuse fonctionnant dans le mode de décharge à luminescence négative, où est produit un faisceau laser ayant deux lignes vertes de 5337 \AA et 5378 \AA . Le laser
5 fonctionne à environ 30 Torr, a une longueur active d'environ 5 centimètres (longueur hors-tout du tube d'environ 10 centimètres) et une densité de puissance comprise entre environ 1 milliwatt et environ 5 milliwatts. Le laser fonctionne par collisions à transfert de charge entre ions d'hélium moléculaires et atomes de cadmium neutres; il a un gain
10 élevé par unité de longueur dans la région spectrale désirée pour certains milieux d'enregistrement et présente aussi un niveau élevé de compacité.

Un objet de la présente invention est un laser
15 compact ayant une densité de puissance élevée.

Un autre objet de la présente invention est un laser vert, compact, ayant une densité élevée de puissance.

Un autre objet de la présente invention est un laser nouveau du type ionique, qui a une densité de puissance
20 élevée et une longueur active relativement courte, fonctionnant dans le mode de décharge à luminescence négative.

La présente invention sera bien comprise lors de la description suivante faite en liaison avec les dessins ci-joints dans lesquels :

25 La figure 1 est un diagramme d'énergie de He, He_2^+ et Cd^+ ; et

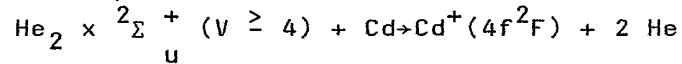
La figure 2 est une vue en coupe du laser de la présente invention.

On procèdera d'abord à une brève description du
30 processus d'excitation de façon à permettre au lecteur de comprendre le fonctionnement du laser de la présente invention.

Le dispositif laser de la présente invention fonctionne dans le mode de décharge à luminescence négative, diverses sortes d'ions moléculaires étant facilement ren-
35 dues disponibles. En particulier, le laser fonctionne dans des mélanges de vapeurs d'hélium et de cadmium, de sorte

3.

que l'excitation de la transition laser verte est accomplie par le processus de collisions à transfert de charge suivant la réaction ci-après :



- 5 où He_2^+ est l'ion d'hélium moléculaire, Cd est le symbole du cadmium et $4f^2F$ est l'état du Cd excité. Les lasers classiques à basse pression à He-Cd fonctionnent d'une manière telle que les processus d'excitation par collisions n'impliquent que des métastables He et des ions He. L'énergie potentielle effective de He_2^+ ($V \geq 4$) est presque en résonance avec les niveaux de Cd^+ (ion cadmium) $4f^2F$ qui garantissent de grands taux de réaction comme cela est indiqué dans le diagramme des niveaux d'énergie de He, He_2^+ et Cd^+ de la figure 1. Comme la formation de He_2^+ est proportionnelle au carré de la pression de He, le taux du pompage sélectif de Cd^+ $4f^2F$ pour la transition laser verte est relevé en conséquence. On a déterminé que dans des agencements de cavité laser et des conditions de fonctionnement constants, la sortie de puissance laser verte augmente superlinéairement avec la pression d'hélium dans la plage de fonctionnement permise par la conception du tube laser spécifique. Le laser vert de la présente invention fonctionne par collision à transfert de charges entre l'ion d'hélium moléculaire et l'atome de cadmium, ce qui est différent des lasers classiques à hélium-cadmium à basse pression où le processus est soit un processus d'ionisation soit un processus de transfert de charge impliquant seulement des ions hélium. La forte dépendance du gain et de la puissance de sortie du laser vis-à-vis de la pression d'hélium permet à la structure du laser d'être plus compacte et efficace et constitue un ensemble à tube robuste, durable, qui permet d'abaisser les coûts unitaires de fabrication.

- En liaison avec la figure 2, un mode de réalisation d'un dispositif à tube laser 10 selon la présente invention est représenté, ce mode utilisant des faces de Brewster 12 et comprenant une enveloppe 11 de tube laser.

Une cathode cylindrique creuse, de courte longueur,

4.

18 est prévue au centre et deux anodes cylindriques 16 (représentées comme constituant une partie de l'enveloppe 11) sont situées symétriquement de chaque côté de la cathode 18. Les anodes 16 et la cathode 18 sont isolées électriquement par des joints cylindriques métal sur céramique 20. Une partie importante de la surface extérieure 22 de la cathode 18 peut être recouverte partiellement de manchons isolants en verre ou en céramique (non représentés) de façon à éviter une décharge électrique dans la surface extérieure de la cathode et promouvoir une décharge effective de sa surface intérieure. Les cathodes, constituées de préférence de molybdène sont reliées thermiquement à l'environnement extérieur par une structure de prolongement 26 et l'enveloppe 11 du tube laser qui est constituée d'acier inoxydable ou de matériau dit Kovar. La structure 26 ayant de préférence une forme cylindrique peut être réalisée séparément et fixée aux cathodes ou constituer une partie de la structure de cathode comme cela est représenté. Ainsi, la chaleur dégagée à l'intérieur des cathodes par suite de la décharge électrique peut être effectivement dissipée dans l'environnement, ce qui permet une puissance d'entrée plus élevée des cathodes lorsqu'une puissance d'excitation plus élevée du laser est nécessaire à l'obtention d'une puissance de sortie plus grande. Cette caractéristique permet au dispositif laser d'être plus compact qu'il ne le serait par ailleurs. Pour le fonctionnement laser avec utilisation de vapeurs métalliques, on prévoit un réservoir 30 contenant le métal particulier 31 à utiliser. Le réservoir 30 est rendu thermiquement non solidaire de l'ensemble constitué par la cathode par un agencement à bobine thermique de sorte que la pression des vapeurs métalliques peut être contrôlée séparément et indépendamment par un moyen d'élément chauffant extérieur (non représenté). Le réservoir 30 est branché à l'intérieur de la cathode 18. Dans le mode de réalisation représenté, un gaz auxiliaire tel que l'hélium est emmagasiné dans un réservoir 32 et acheminé dans l'enveloppe 11 du tube par une canalisation 33. Bien qu'on puisse utiliser des gaz

5.

autres que l'hélium, on ne parlera ci-après que d'hélium étant donné que le laser de la présente invention convient particulièrement comme laser à vapeurs d'hélium-cadmium ou hélium-métal, hélium-gaz rare (tel que l'argon), hélium-halogénures métalliques et laser plus sombre. Dans le cas où du cadmium-métal doit être utilisé comme milieu laser actif, une charge prédéterminée de cadmium-métal 31 est placée dans le réservoir 30 et le réservoir est alors chauffé. Une quantité contrôlée de vapeurs métalliques est libérée dans la partie comprenant la cathode, et transportée de la cathode 18 jusqu'aux anodes 16 par diffusion naturelle. Le trajet des vapeurs est représenté par les références 38 et 40. Ainsi, une densité de vapeur presque uniforme peut être assurée dans toute la cathode 18. Les parties terminales réglables de la face de Brewster sont fixées à chaque extrémité de l'ensemble anode-cathode. Chaque partie comprend une face Brewster 12 et un condenseur 41 de vapeurs métalliques. Le condenseur 41 comprend un flasque flexible 44 et un flasque rigide 45, un agencement 46 agissant en chicane de condensation de façon à éviter la diffusion de vapeurs métalliques telles que des vapeurs de cadmium vers les faces 12. L'agencement 46 comprend une pluralité de disques 43 en Kovar comportant des ouvertures. Le réglage de l'agencement 46 par des vis (non représentées) permet l'ajustement de l'angle Brewster de la face 12, lequel peut compenser les écarts produits par rapport à l'angle correct par le processus d'assemblage final.

Les anodes symétriques 16 contribuent à la décharge principale vers la cathode, ce qui permet d'obtenir une décharge uniforme dans la partie à cathode et empêche aussi le mouvement des vapeurs métalliques vers les faces 12 par effet cataphorétique.

On notera que d'autres milieux lasers actifs pourraient être utilisés, tels que des métaux (par exemple, le zinc et le sélénium), des halogénures métalliques (tels que le chlorure de cuivre et le chlorure de mercure), des gaz rares (tels que l'hélium-argon et l'hélium-azote) et l'iodure de sélénium (lasers du type sombre). L'assemblage préféré

6.

comporte un écartement face à face d'environ 10 cm, un diamètre extérieur de 2,0 cm, un diamètre intérieur de 1,7 cm, une cathode creuse en molybdène 18 d'environ 5 cm de long, d'un diamètre intérieur de 0,3 cm, et d'un diamètre extérieur de 0,9 cm sur chaque côté. La décharge électrique en courant continu entre les anodes 16 et la cathode 18 est maintenue à un niveau de tension compris entre environ 250 et environ 350 volts par des sources de tension 56 et 57, avec un courant variable correspondant compris entre environ 20 et 200 milli-ampères. Les sources de tension 56 et 57 appliquent un potentiel aux anodes 16 par l'intermédiaire de résistances chutrices 59 et 61, respectivement. La décharge à l'intérieur de la cathode 18 s'effectue dans le mode de décharge à luminescence négative. La longueur active (dans ce cas, la longueur de la cathode creuse 18) du dispositif peut être comprise entre environ 2 cm et environ 10 cm et l'action en laser continu a été obtenue simultanément dans deux transitions lasers vertes (5537 \AA et 5378 \AA) avec une pression d'hélium comprise entre environ 4 Torr et environ 50 Torr et une température du cadmium d'environ 310°C . En particulier, un laser d'un milliwatt ayant seulement une longueur active de 5 cm et une transition laser verte a fait l'objet d'expérimentations avec une pression d'hélium d'environ 30 Torr. On a observé une dépendance exceptionnelle de ces transitions vis-à-vis de la pression, la puissance de sortie ainsi que l'émission spontanée étant sensiblement renforcées à des pressions d'hélium élevées, alors que celle de la transition rouge Cd^+ est étouffée avec le même régime de pression. On pense que cet effet s'explique par l'existence éventuelle d'un nouveau canal d'excitation pour la transition verte à des pressions élevées d'hélium impliquant une collision à transfert de charge de l'ion moléculaire He_2^+ avec l'atome de cadmium.

Comme indiqué précédemment, étant donné que la formation de He_2^+ est proportionnelle au carré de la pression d'hélium, le taux de pompage sélectif de $\text{Cd}^+ 4f^2F$ de la transition laser verte est amélioré également en conséquence. On a déterminé que pour des agencements de cavité laser et des

7.

conditions de fonctionnement constants, la puissance de sortie laser verte augmente superlinéairement avec la pression d'hélium dans la plage de fonctionnement permise par la conception de ce tube laser. On pense que des pressions encore
5 plus élevées présenteront un gain et une puissance de sortie beaucoup plus grands selon ce nouveau mécanisme d'excitation.

Grâce à un choix approprié des réflecteurs 60 et 62 qui constituent le résonateur optique, on peut obtenir la ou les longueurs d'onde de sortie souhaitées. Les réflecteurs
10 60 et 62 peuvent être des réflecteurs revêtus d'un diélectrique à couche multiple, le réflecteur 62 étant typiquement prévu pour procéder à une transmission partielle afin de permettre l'extraction du dispositif laser 10 d'une partie 64 du rayonnement cohérent. Le réflecteur 62 peut être
15 un réflecteur à sortie à large bande si la sortie 64 est multicolore.

On notera que dans un autre agencement, les faces Brewster 12 et les réflecteurs optiques 60 et 62 peuvent être remplacés par des sous-ensembles à miroir en une même
20 pièce.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de variantes et de modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art.

REVENDICATIONS

1 - Dispositif laser compact pour la production d'un faisceau laser de sortie où au moins une transition laser verte est excitée, le dispositif fonctionnant dans le mode de décharge à luminescence négative, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une enveloppe remplie de gaz (11) ayant un axe longitudinal;

- une cathode creuse (18) située à l'intérieur de l'enveloppe et disposée coaxialement à l'axe longitudinal, une première électrode d'anode (16) distante d'une extrémité de la cathode creuse, une seconde électrode d'anode (16) distante de l'autre extrémité de la cathode creuse;

- des éléments extrêmes (12) alignés coaxialement, ces éléments et l'enveloppe étant prévus pour constituer une structure renfermant un milieu gazeux; et

- un moyen (56,57) pour appliquer un champ électrique entre les électrodes d'anode (16) et la cathode creuse (18) pour créer une décharge entre les anodes et la cathode creuse, un faisceau laser de sortie ayant au moins une transition laser verte étant ainsi produit.

2 - Dispositif laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que les électrodes d'anode (16) sont isolées électriquement (20) de la cathode creuse.

3 - Dispositif laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que le milieu gazeux comprend des premier et second gaz.

4 - Dispositif laser selon la revendication 3, caractérisé en ce que le premier gaz est l'hélium.

5 - Dispositif laser selon la revendication 4, caractérisé en ce que le second gaz comprend du cadmium.

6 - Dispositif laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que les extrémités de l'enveloppe du tube sont scellées par des faces Brewster (12), et en ce qu'il comprend en outre des réflecteurs (60,62) alignés coaxialement et contigus à chacune des faces Brewster.

.../...

7 - Dispositif laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que les extrémités de l'enveloppe du tube sont fermées par des réflecteurs (60,62), l'un (60) des réflecteurs réfléchissant le faisceau laser et l'autre (62) transmettant partiellement le faisceau laser de sortie.

8 - Dispositif laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que deux transitions lasers vertes de 5337 Å et 5378 Å sont produites.

9 - Dispositif laser selon la revendication 5, caractérisé en ce que la pression d'hélium est comprise entre environ 4 Torr et environ 50 Torr.

10 - Dispositif laser selon la revendication 9, caractérisé en ce que la longueur de la cathode creuse est comprise entre environ 2 centimètres et environ 10 centimètres.

11 - Dispositif laser selon la revendication 10, caractérisé en ce que la puissance du faisceau laser de sortie est comprise entre environ 1 milliwatt et environ 5 milliwatts.

12 - Dispositif laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que les électrodes d'anode (16) constituent une partie de l'enveloppe (11) et sont disposées symétriquement par rapport à la cathode creuse (18) et coaxialement par rapport à l'axe longitudinal.

PL. I/3

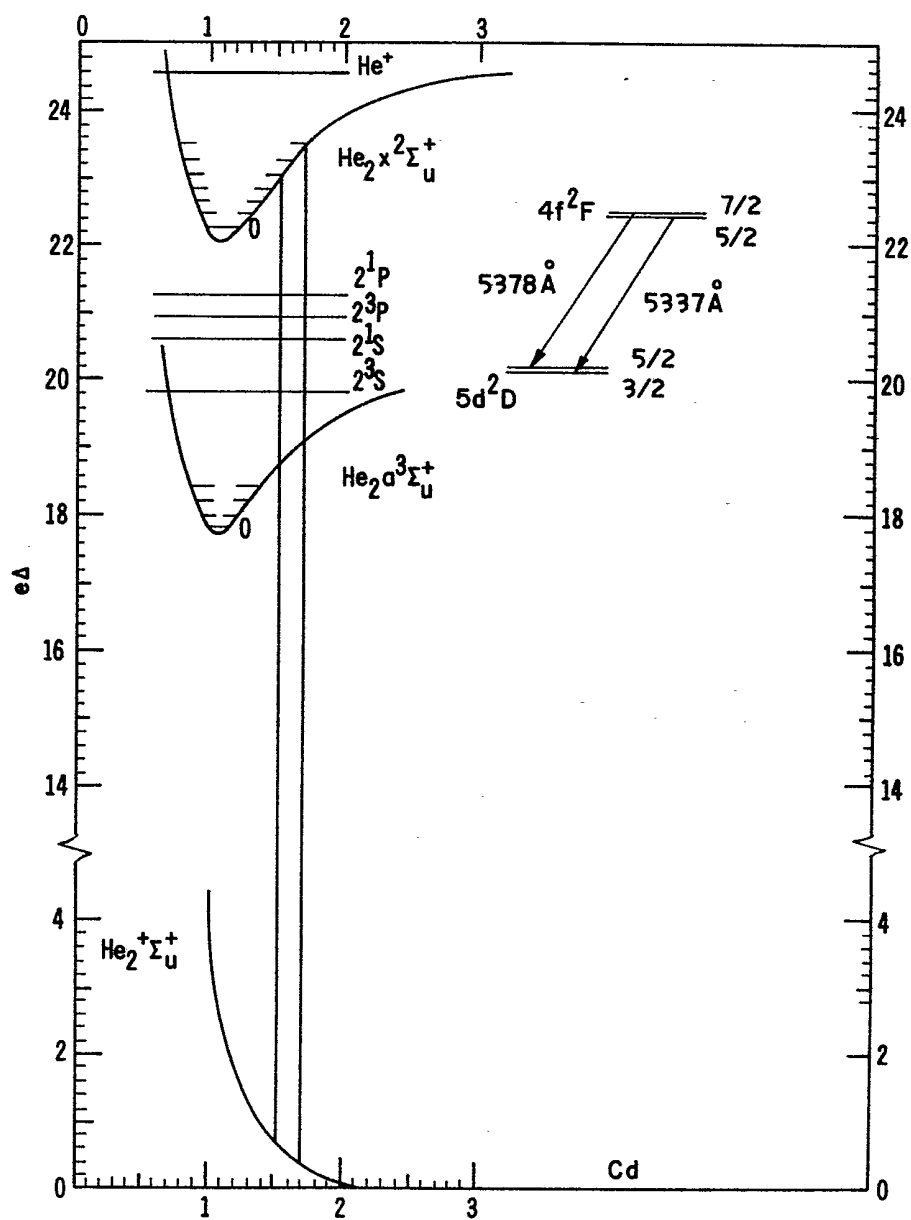


FIG. 1

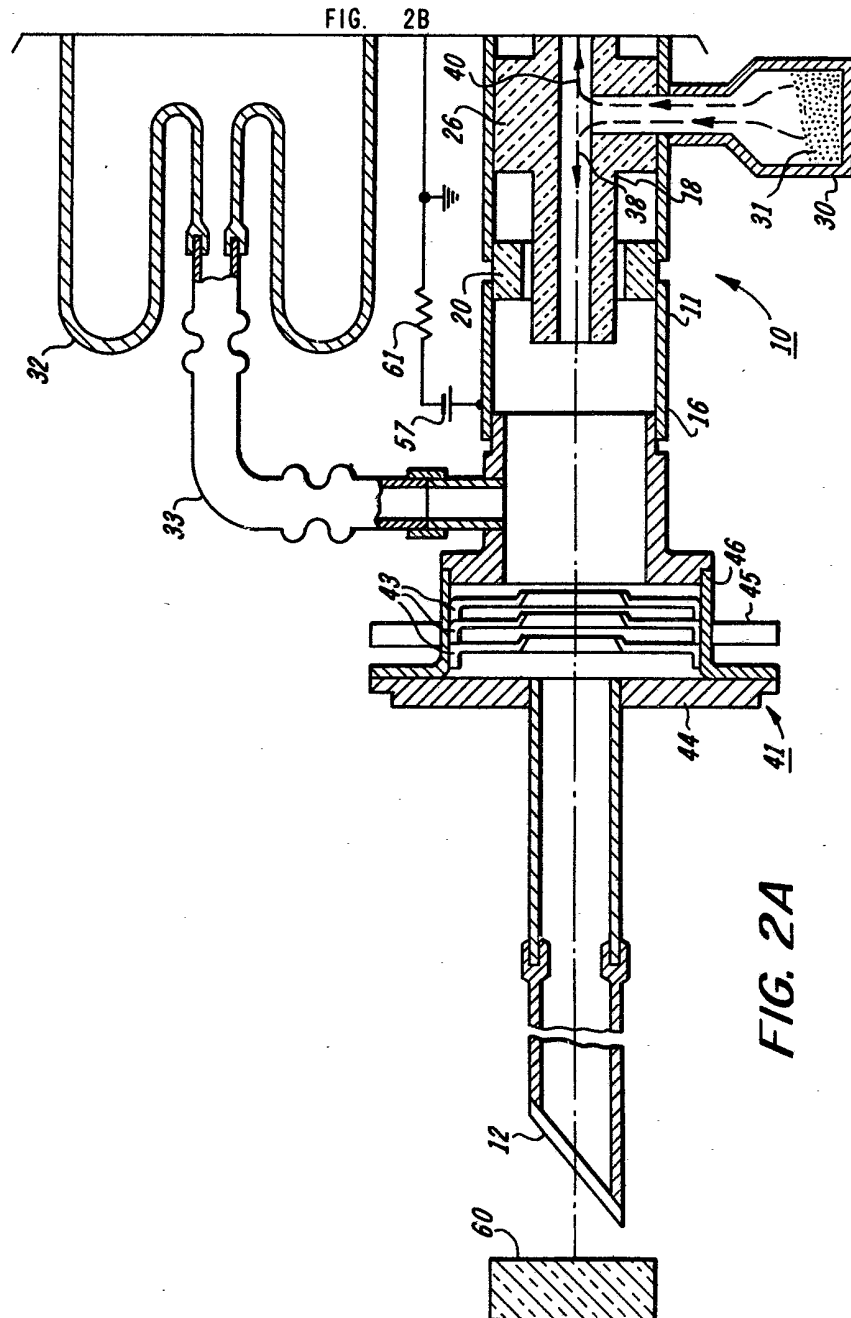


FIG. 2B

