

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.06.91.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 11.12.92 Bulletin 92/50.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : *Société Anonyme dite: COMPAGNIE  
INDUSTRIELLE DES LASERS CILASI — FR.*

72 Inventeur(s) :

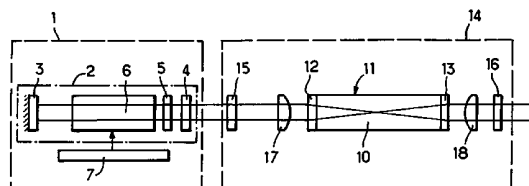
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : SOSPI Bourely Paul.

54 Laser Raman.

57 0017Garcia Frédérique0000I0014Vincent  
Daniel0000I0013Pinson Pierre0000I0020Chiquier Jean-  
Michel0000T0000M0016Cabinet Bonnetat

- Laser à effet Raman (1, 14).  
- Selon l'invention, le rayonnement à effet Brillouin en-  
gendré dans la cavité Raman (14) est ramené dans le laser  
de pompage (1) pour accroître la puissance de sortie  
Raman.



1 La présente invention concerne un laser fournissant un rayonnement obtenu par stimulation d'un milieu produisant un effet Raman.

De façon connue, un laser à effet Raman est constitué d'un  
5 laser de pompage, émettant un rayonnement à une première fréquence optique, qui sert à exciter un milieu, produisant, par effet Raman, un deuxième rayonnement à une deuxième fréquence, de valeur différente de celle de la première.

Le laser de pompage est usuellement constitué d'une première  
10 cavité résonnante contenant un milieu optique amplificateur, et limitée d'un côté par un premier miroir totalement réfléchissant, tandis qu'une partie du rayonnement peut s'échapper de l'autre côté au travers d'un deuxième miroir partiellement transparent. Le taux de réflexion de ce  
15 deuxième miroir détermine le coefficient de surtension de cette première cavité résonnante. Un déclencheur optique est situé sur le trajet optique entre les deux miroirs, et sert à retarder le déclenchement du laser de pompage jusqu'au moment où le milieu à effet laser a reçu suffisamment  
20 d'énergie, ce qui permet ainsi un déclenchement à front plus raide. Ce déclencheur optique peut être un corps dont le facteur de transmission est commandé électriquement, ou bien un corps absorbant saturable, qui devient transparent lorsqu'il a reçu une certaine énergie optique.

25 Le milieu à effet Raman est usuellement un gaz sous pression, tel le méthane, contenu dans une cellule limitée par deux fenêtres opposées. Le premier rayonnement est injecté dans ladite cellule au travers d'une des fenêtres, pour y créer, par effet Raman, ledit deuxième rayonnement. Une  
30 optique convergente, située entre ledit laser de pompage et ladite cellule, sert à focaliser ce premier rayonnement de façon à en augmenter la densité dans un volume limité dudit milieu à effet Raman, et ainsi améliorer le rendement de conversion de l'énergie optique.

1 Le brevet européen EP-A-0 063 205 décrit un tel montage.  
Cependant, ce document indique qu'en plus du rayonnement par  
effet Raman, il se produit aussi un rayonnement par effet  
Brillouin, qui représente un danger pour les organes  
5 optiques du laser de pompage et en diminue l'énergie. Pour  
éliminer ce rayonnement par effet Brillouin, il est utilisé  
un laser polarisé, suivi d'un polariseur et d'une lame quart  
d'onde entre le laser de pompage et la cellule contenant le  
milieu à effet Raman, de façon à bloquer le retour du  
10 rayonnement par effet Brillouin dans le laser de pompage.

Un tel montage impose des contraintes, d'une part du fait de  
la nécessité de choisir un laser polarisé, et d'autre part  
du fait de la nécessité d'implanter un polariseur et une  
lame quart d'onde pour éliminer le rayonnement émis par  
15 effet Brillouin. De plus, un tel montage n'évite pas l'effet  
néfaste du rayonnement créé par effet Brillouin sur le  
rendement de la conversion, dans le milieu à effet Raman,  
entre le rayonnement émis par le laser de pompage et le  
rayonnement Raman qui en résulte, et donc sur la puissance  
20 optique disponible en sortie, à la fréquence Raman.

De même, le brevet US-A-4 821 272 indique également qu'en  
plus du rayonnement par effet Raman, il se produit aussi un  
rayonnement par effet Brillouin, qui est en compétition  
directe avec l'effet Raman, et diminue le rendement de  
25 conversion par effet Raman. Pour éliminer ce rayonnement par  
effet Brillouin, il est inséré un polariseur et une lame  
quart d'onde entre le laser de pompage et la cellule  
contenant le milieu à effet Raman, de façon à bloquer le  
retour du rayonnement par effet Brillouin dans ladite  
30 première cavité résonnante du laser de pompage. Ce même  
document indique un autre montage, compact et parfaitement  
aligné, qui permet de limiter l'énergie émise par effet  
Brillouin, ce qui évite la nécessité d'implanter un

1 polariseur, mais ne permet pas d'éviter entièrement  
l'influence néfaste due à l'effet Brillouin.

Ainsi, cet effet Brillouin impose des contraintes de choix  
de composants et de montage, et diminue le rendement de  
5 conversion par effet Raman, donc la puissance en sortie à la  
fréquence Raman. Aussi, l'objet principal des dispositifs  
connus, est-il d'éliminer autant que possible le rayonnement  
dû à l'effet Brillouin.

La présente invention vise à éviter ces contraintes, et  
10 permet, de plus, d'obtenir une puissance de sortie accrue, à  
la fréquence Raman.

A cet effet, selon l'invention, un premier mode de  
réalisation du laser à effet Raman, comprenant :

- un laser de pompage formé d'une première cavité résonnante  
15 résonnant selon un premier axe optique, limitée respective-  
ment, sur deux côtés opposés, par un premier miroir et un  
deuxième miroir, d'axes optiques alignés avec ledit premier  
axe optique, respectivement totalement réfléchissant et  
faiblement réfléchissant à ladite première fréquence  
20 optique, ladite première cavité résonnante comportant un  
déclencheur optique, capable de retarder la résonance de  
ladite première cavité résonnante, ainsi qu'un milieu  
optique amplificateur pouvant être excité par un moyen  
d'excitation, cette première cavité résonnante fournissant,  
25 au travers dudit deuxième miroir, un premier rayonnement  
optique, à une première fréquence optique ;
- un milieu à effet Raman, contenu dans une cellule,  
recevant ledit premier rayonnement, et fournissant, en  
réponse, un deuxième rayonnement par effet Raman, à une  
30 deuxième fréquence optique, ainsi qu'un troisième rayonne-  
ment, à une troisième fréquence optique, obtenu par effet  
Brillouin ; et

1 - une seconde cavité résonnante, contenant ladite cellule,  
et accordée à ladite deuxième fréquence optique, limitée,  
d'un côté, par un troisième miroir, d'axe optique aligné  
avec ledit second axe optique, totalement transparent à  
5 ladite première fréquence optique et totalement réfléchis-  
sant à ladite deuxième fréquence optique, et limitée, du  
côté opposé, par un quatrième miroir, d'axe optique aligné  
avec ledit second axe optique, totalement transparent à  
ladite première fréquence optique et partiellement  
10 réfléchissant à ladite deuxième fréquence optique, et  
comportant un télescope à foyer réel, d'axe optique aligné  
avec ledit second axe optique, dont le point de focalisation  
est situé dans ledit milieu à effet Raman, est remarquable  
en ce que, à ladite troisième fréquence optique, lesdits  
15 deuxième et troisième miroirs sont transparents, permettant  
ainsi le renvoi dudit troisième rayonnement dans ladite  
première cavité résonnante, et ledit premier miroir est  
réflecteur.

Ainsi, contrairement à ce qui est fait dans la technique  
20 antérieure, le rayonnement créé par effet Brillouin peut  
revenir dans la première cavité résonnante du laser de  
pompage et lui fournir une excitation complémentaire lui  
permettant, en retour, de fournir une énergie plus élevée au  
milieu à effet Raman, donc d'avoir une puissance plus élevée  
25 en sortie du laser à effet Raman. On notera que ce rayonne-  
ment créé par effet Brillouin est par principe retardé par  
rapport au premier rayonnement qui l'engendre, de sorte que  
ce rayonnement Brillouin n'a pas à être bloqué par le  
déclencheur optique avant le déclenchement du laser de  
30 pompage, et que, par contre, il vient renforcer le début de  
l'impulsion dès que ce déclencheur optique laisse passer  
suffisamment du premier rayonnement, ce qui équivaut à  
accélérer l'effet du changement d'état optique de ce déclen-  
cheur optique. Par ailleurs, il n'y a plus à prendre des  
35 mesures d'alignement critique des éléments optiques, comme  
indiqué dans le brevet US-A-4 821 272, pour minimiser le

1 rayonnement par effet Brillouin. De préférence lesdits  
deuxième et troisième miroirs dudit laser à effet Raman sont  
accolés.

La compacité du laser à effet Raman est ainsi améliorée, et  
5 les distorsions de transmission des rayonnements optiques et  
le temps de parcours sont réduits.

Lesdits deuxième et troisième miroirs dudit laser à effet  
Raman peuvent même être confondus.

De ce fait, le nombre de pièces optiques est diminué, ainsi  
10 que les distorsions correspondantes.

Par ailleurs, dans un deuxième mode de réalisation du laser  
à effet Raman conforme à l'invention et comportant :

- un laser de pompage formé d'une première cavité résonnante  
résonnant selon un premier axe optique, limitée respective-  
15 ment, sur deux côtés opposés, par un premier miroir et un  
deuxième miroir, d'axes optiques alignés avec ledit premier  
axe optique, respectivement totalement réfléchissant et  
faiblement réfléchissant à ladite première fréquence  
optique, ladite première cavité résonnante comportant un  
20 déclencheur optique, capable de retarder la résonance de  
ladite première cavité résonnante, ainsi qu'un milieu  
optique amplificateur pouvant être excité par un moyen  
d'excitation, cette première cavité résonnante fournissant,  
au travers dudit deuxième miroir, un premier rayonnement  
25 optique, à une première fréquence optique ;
- un milieu à effet Raman, contenu dans une cellule,  
recevant ledit premier rayonnement, et fournissant, en  
réponse, un deuxième rayonnement par effet Raman, à une  
deuxième fréquence optique, ainsi qu'un troisième rayonne-  
30 ment, à une troisième fréquence optique, obtenu par effet  
Brillouin ;

1 - une seconde cavité résonnante, contenant ladite cellule,  
et accordée à ladite deuxième fréquence optique, limitée,  
d'un côté, par un troisième miroir, d'axe optique aligné  
avec ledit second axe optique, totalement transparent à  
5 ladite première fréquence optique et partiellement  
réfléchissant à ladite deuxième fréquence optique, et  
limitée, du côté opposé, par un quatrième miroir, d'axe  
optique aligné avec ledit second axe optique, totalement  
transparent à ladite première fréquence optique et totale-  
10 ment réfléchissant à ladite deuxième fréquence optique, et  
comportant un télescope à foyer réel, d'axe optique aligné  
avec ledit second axe optique, dont le point de focalisation  
est situé dans ledit milieu à effet Raman ; et  
- un élément optique extracteur, situé sur le trajet optique  
15 entre ladite première cavité résonnante et ladite cellule,  
recevant ledit premier rayonnement issu de ladite première  
cavité résonnante et le transmettant au moins partiellement  
à ladite cellule, on prévoit que, à ladite troisième  
fréquence optique, lesdits deuxième miroir et troisième  
20 miroirs sont transparents, permettant ainsi le renvoi dudit  
troisième rayonnement dans ladite première cavité résonnan-  
te, tandis que ledit premier miroir est réflecteur, et que  
ledit élément optique extracteur est, à ladite troisième  
fréquence optique, apte à permettre le passage dudit  
25 troisième rayonnement vers ladite première cavité résonnan-  
te, et est apte à diriger ledit deuxième rayonnement dans  
une direction autre que celle allant vers la première cavité  
résonnante, lui permettant ainsi de sortir dudit laser à  
effet Raman. Ce deuxième mode de réalisation présente les  
30 mêmes avantages que ceux indiqués pour le premier mode, du  
fait que le rayonnement créé par effet Brillouin peut  
revenir dans la première cavité résonnante du laser de  
pompage et lui fournir une excitation complémentaire lui  
permettant, en retour, de fournir une énergie plus élevée au  
35 milieu à effet Raman, et donc d'avoir une puissance plus  
élevée en sortie du laser à effet Raman.

- 1 Selon un troisième mode de réalisation, le laser à effet Raman selon l'invention, comportant :
- un laser de pompage formé d'une première cavité résonnante résonnant selon un premier axe optique, limitée respectivement, sur deux côtés opposés, par un premier miroir et un deuxième miroir, d'axes optiques alignés avec ledit premier axe optique, respectivement totalement réfléchissant et faiblement réfléchissant à ladite première fréquence optique, ladite première cavité résonnante comportant un déclencheur optique, capable de retarder la résonance de ladite première cavité résonnante, ainsi qu'un milieu optique amplificateur pouvant être excité par un moyen d'excitation, cette première cavité résonnante fournissant, au travers dudit deuxième miroir, un premier rayonnement optique, à une première fréquence optique ;
  - un milieu à effet Raman, contenu dans une cellule, recevant ledit premier rayonnement, et fournissant, en réponse, un deuxième rayonnement par effet Raman, à une deuxième fréquence optique, ainsi qu'un troisième rayonnement, à une troisième fréquence optique, obtenu par effet Brillouin ;
  - une seconde cavité résonnante, contenant ladite cellule, et accordée à ladite deuxième fréquence optique, limitée, d'un côté, par un troisième miroir, d'axe optique aligné avec ledit second axe optique, totalement transparent à ladite première fréquence optique et totalement réfléchissant à ladite deuxième fréquence optique, et limitée, du côté opposé, par un quatrième miroir, d'axe optique aligné avec ledit second axe optique, totalement réfléchissant à ladite première fréquence optique et partiellement réfléchissant à ladite deuxième fréquence optique, et comportant un télescope à foyer réel, d'axe optique aligné avec ledit second axe optique, dont le point de focalisation est situé dans ledit milieu à effet Raman ;
  - un polariseur optique, situé sur le trajet optique entre lesdits deuxième miroir et troisième miroir ; et

1 - une lame quart d'onde, accordée à ladite première  
fréquence, située entre ladite cellule et ledit quatrième  
miroir, est remarquable en ce que, à ladite troisième  
fréquence optique, lesdits deuxième miroir et troisième  
5 miroir et ledit polariseur sont transparents, permettant  
ainsi le renvoi dudit troisième rayonnement dans ladite  
première cavité résonnante, tandis que ledit premier miroir  
est réflecteur.

10 Ce troisième mode de réalisation présente aussi les avanta-  
ges des deux premiers modes de réalisation, du fait que le  
rayonnement créé par effet Brillouin peut revenir dans la  
cavité résonnante du laser de pompage et lui fournir une  
excitation complémentaire lui permettant, en retour, de  
fournir une énergie plus élevée au milieu à effet Raman,  
15 donc d'avoir une puissance plus élevée en sortie du laser à  
effet Raman. En particulier, la partie du premier rayonne-  
ment qui revient de la deuxième cavité résonnante ne peut  
revenir perturber la première cavité résonnante. La partie  
du deuxième rayonnement qui est réfléchi par le troisième  
20 miroir et le quatrième miroir contribue aussi à augmenter le  
rendement.

Il est à noter que ledit laser à effet Raman selon l'un des  
modes de réalisation ci-dessus peut comporter un laser  
YAG:Nd faisant office dudit laser de pompage.

25 Par ailleurs, ledit laser à effet Raman présente l'avantage,  
pour l'ensemble des modes de réalisation indiqués ci-dessus,  
de pouvoir comporter ledit déclencheur optique sous forme  
d'un absorbant saturable.

30 De ce fait, la structure de commande dudit laser est très  
simple. De plus, l'énergie créée par effet Brillouin fournit  
une excitation supplémentaire favorisant la commutation

1 dudit absorbant saturable et l'extraction d'énergie du milieu amplificateur.

De plus, pour l'ensemble des modes de réalisation indiqués ci-dessus, le laser à effet Raman peut comporter un  
5 défecteur, situé sur le trajet optique entre ladite première cavité résonnante et ladite cellule, et apte à défléchir d'un même angle lesdites première et troisième fréquences optiques.

10 Le laser à effet Raman peut ainsi être réalisé sous forme compacte.

Pour ce qui est du milieu à effet Raman et de la cellule le contenant, pour l'ensemble des modes de réalisation indiqués ci-dessus, ledit laser à effet Raman permet d'utiliser une cellule comportant une fenêtre d'entrée et une fenêtre de  
15 sortie laissant passer lesdites première, deuxième et troisième fréquences, tandis que ledit milieu Raman est un gaz.

De ce fait, on peut réaliser ledit laser à effet Raman au moyen d'une cellule de conception classique et d'un gaz  
20 usuel, disponibles dans le commerce.

Il est à noter, pour l'ensemble des modes de réalisation indiqués ci-dessus, qu'au moins une fenêtre de ladite cellule dudit laser à effet Raman peut être constituée d'un miroir.

25 Cela permet ainsi de diminuer le nombre de pièces optiques et de diminuer les distorsions correspondantes.

Pour l'ensemble des modes de réalisation indiqués ci-dessus, ledit laser à effet Raman a aussi l'avantage de pouvoir comporter au moins un élément focalisant et un miroir voisin  
30 réalisés sous la forme d'un seul élément optique.

1 Le nombre de pièces optiques est ainsi diminué et leur distorsion réduite.

Par ailleurs, pour l'ensemble des modes de réalisation indiqués ci-dessus, ledit laser à effet Raman peut avoir au  
5 moins un élément focalisant qui a une distance focale identique pour la première et la deuxième fréquence.

Le trajet des rayonnements à la première et la deuxième fréquence est ainsi le même.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment  
10 l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments identiques ou semblables.

La figure 1 illustre un premier mode de réalisation du laser à effet Raman selon l'invention.

15 La figure 2 montre un deuxième mode de réalisation du laser à effet Raman selon l'invention.

La figure 3 représente un troisième mode de réalisation du laser à effet Raman selon l'invention.

La figure 4 représente les formes d'onde des impulsions  
20 obtenues.

Le laser à effet Raman, selon la présente invention et représenté sur la figure 1, est constitué d'un laser de pompage 1, par exemple du type YAG:Nd, formé d'une première cavité résonnante 2 ayant un premier axe optique, qui est  
25 limitée, d'un côté, par un premier miroir 3, et, du côté opposé, par un deuxième miroir 4, tous deux ayant un axe optique aligné avec ledit premier axe optique. Cette première cavité résonnante 2 contient un déclencheur optique  
5 placé entre le premier miroir 3 et le deuxième miroir 4,

1 et qui a pour fonction de retarder le début des impulsions  
optiques créées par un milieu optique amplificateur 6 situé  
dans ladite première cavité résonnante 2 et d'axe optique  
aligné avec ledit premier axe optique ; ledit milieu optique  
5 amplificateur 6 est susceptible d'être excité par un moyen  
d'excitation 7, tel une lampe à éclairs. Le déclencheur  
optique 5 produit un amortissement de l'oscillation de  
ladite première cavité résonnante 2, de façon à éviter de  
commencer à émettre alors que le milieu optique amplifica-  
10 teur 6 n'a pas encore entièrement absorbé l'énergie venant  
du moyen d'excitation 7. Ce laser de pompage 1 fournit un  
premier rayonnement, sous forme d'impulsions, à une première  
fréquence correspondant à une longueur d'onde de  $1,06 \mu\text{m}$ .  
Ledit premier miroir 3 est totalement réfléchissant à ladite  
15 première fréquence, tandis que ledit deuxième miroir 4  
présente un coefficient de réflexion relativement faible à  
cette première fréquence, et laisse ainsi passer une grande  
partie de ce premier rayonnement vers l'extérieur de ladite  
première cavité résonnante 2.

20 Un milieu à effet Raman 10, constitué, dans cet exemple, de  
méthane sous pression, peut recevoir ledit premier rayonne-  
ment, et est apte à émettre en réponse, par effet Raman, un  
deuxième rayonnement à une deuxième fréquence correspondant  
à une longueur d'onde de  $1,54 \mu\text{m}$ , ainsi qu'un troisième  
25 rayonnement, à une troisième fréquence de valeur voisine de  
celle de ladite première fréquence, par effet Brillouin. Ce  
milieu à effet Raman 10 est contenu dans une cellule 11  
limitée par une première et une seconde fenêtre, respective-  
ment 12 et 13, situées dans deux côtés opposés de cette  
30 cellule 11.

Lesdits troisième et quatrième miroirs ont un même second  
axe optique, sensiblement perpendiculaire aux deux fenêtres  
12 et 13, et cette cellule 11 reçoit, selon ledit second axe  
optique, ledit premier rayonnement optique au travers de la

1 première fenêtre 12. Cette cellule 11 est placée dans une  
seconde cavité résonnante 14, d'axe optique aligné avec  
ledit second axe optique, résonnant à ladite deuxième  
fréquence, et limitée, d'un côté, par un troisième miroir 15  
5 totalement transparent auxdites première et troisième  
fréquences, et totalement réfléchissant à ladite deuxième  
fréquence, et limitée, du côté opposé, par un quatrième  
miroir 16, transparent à ladite première fréquence et  
partiellement réfléchissant à ladite deuxième fréquence.  
10 Dans cette seconde cavité résonnante 14 il est placé,  
respectivement de part et d'autre dudit milieu à effet Raman  
10, un premier élément focalisant 17, tel une lentille,  
ainsi qu'un second élément focalisant 18, tel une lentille,  
faisant converger ou collimatant ce premier rayonnement,  
15 respectivement entrant ou réfléchi, dans un volume de taille  
limitée dudit milieu à effet Raman 10.

Les axes optiques desdits troisième miroir 15, quatrième  
miroir 16, premier élément focalisant 17 et second élément  
focalisant 18 sont alignés avec ledit second axe optique, et  
20 les premier et second éléments focalisants, respectivement  
17 et 18, sont placés de telle façon qu'ils font converger  
vers un même point, situé dans ledit milieu Raman 10, tout  
faisceau de rayons parallèles audit second axe optique et  
dirigé vers ledit milieu à effet Raman 10. La seconde cavité  
25 résonnante 14 comporte ainsi une optique formant télescope,  
constituée des premier et second éléments focalisants 17 et  
18, qui fait converger les rayonnements réfléchis dans cette  
seconde cavité résonnante 14 dans un volume de taille très  
limitée dudit milieu à effet Raman 10.

30 Le premier miroir 3 est réfléchissant à ladite troisième  
fréquence, tandis que le deuxième miroir 4 est au moins  
partiellement transparent à ladite troisième fréquence. Ce  
deuxième miroir 4 peut être un miroir plan, ce qui en  
facilite la réalisation.

1 Sur la figure 2, on a représenté un laser à effet Raman  
selon l'invention, qui comporte les mêmes éléments que ceux  
représentés à la figure 1, avec des propriétés de réflexion  
modifiées pour ce qui concerne certains miroirs, référencés  
5 par un même numéro de même dizaine et unité que celui de la  
figure 1, précédé de la centaine 1. Seule la fonction des  
éléments nouveaux, ou celle des miroirs déjà décrits  
lorsqu'elle diffère, est explicitée ci-dessous.

Un laser de pompage 101, correspondant au laser de pompage  
10 1, comporte des éléments repérés par les références 102 à  
107 respectivement semblables aux éléments repérés par les  
références 2 à 7 et ayant la même fonction. De même, une  
cellule 111 comporte ou est associée à des éléments 112,  
113, 110, 117 et 118 respectivement semblables aux éléments  
15 12, 13, 10, 17 et 18, et ayant la même fonction. Par contre,  
lesdits troisième et quatrième miroirs 15 et 16 sont respec-  
tivement remplacés par des troisième 115 et quatrième 116  
miroirs, ayant la même position relative, mais avec d'autres  
propriétés de réflexion. Ainsi, le troisième miroir 115 est  
20 encore totalement transparent à la première fréquence  
optique, mais est partiellement réfléchissant à la deuxième  
fréquence optique, tandis que le quatrième miroir 116 est  
encore transparent à la première fréquence optique mais est  
totalement réfléchissant à la deuxième fréquence optique.

25 Ce montage comporte, de plus, un défecteur 119, ainsi qu'un  
miroir 120 dichroïque ayant une fonction d'élément optique  
extracteur, situés entre le deuxième miroir 104 et le  
troisième miroir 115, le défecteur 119 ayant pour fonction  
de changer la direction des faisceaux optiques entrant ou  
30 sortant dudit laser de pompage 101, tandis que le miroir 120  
dichroïque a un même effet et, de plus, a ladite fonction  
d'élément optique extracteur séparant le faisceau optique  
l'atteignant en deux faisceaux d'orientations différentes,  
la deuxième fréquence optique pouvant ainsi sortir en le  
35 traversant.

- 1 La figure 3 représente un troisième mode de réalisation d'un laser à effet Raman selon l'invention, qui comporte les mêmes éléments que ceux représentés à la figure 1, avec des propriétés de réflexion modifiées pour ce qui concerne
- 5 certains miroirs, référencés par un même numéro de dizaine et d'unité que celui de la figure 1, précédé de la centaine 2. Seule la fonction des éléments nouveaux par rapport à cette figure 1, ou celle des miroirs déjà décrits lorsqu'elle diffère, est explicitée ci-dessous.
- 10 Un laser de pompage 201, correspondant au laser de pompage 1, comporte des éléments repérés par les références 202 à 207 respectivement semblables aux éléments repérés par les références 2 à 7 et ayant la même fonction, le rayonnement issu de ce laser de pompage 201 étant polarisé par un moyen
- 15 tel une lame polarisante, non représentée. De même, une cellule 211 comporte ou est associée à des éléments 212, 213, 210, 215, 217 et 218 respectivement semblables aux éléments 12, 13, 10, 15, 17 et 18, et ayant la même fonction. Par contre, ledit quatrième miroir 16 est remplacé
- 20 par un quatrième miroir 216, ayant la même position relative, mais avec d'autres propriétés de réflexion. Ainsi, le quatrième miroir 216 est totalement réfléchissant à la première fréquence optique, tout en restant partiellement réfléchissant à la deuxième fréquence optique.
- 25 De plus, un polariseur 221 est situé entre ledit deuxième miroir 204 et ledit troisième miroir 215, tandis qu'une lame quart d'onde 222, accordée à ladite première fréquence, est située entre le second élément focalisant 218 et ledit
- 30 quatrième miroir 216. Ledit polariseur 221 est orienté de façon telle qu'il laisse passer le rayonnement polarisé issu de ladite première cavité résonnante 202.

1 Le fonctionnement du montage de la figure 1 est le suivant.  
Le moyen d'excitation 7 émet une impulsion lumineuse qui  
excite le milieu optique amplificateur 6. Celui-ci, en  
réponse, tend à créer une émission laser amplifiée par la  
5 première cavité résonnante 2 au moyen des premier 3 et  
deuxième 4 miroirs. Cependant, le coefficient de réflexion  
du deuxième miroir 4 étant faible, par exemple de l'ordre de  
20 à 30 pour cent, le coefficient de surtension de cette  
première cavité résonnante 2 est relativement faible, et, de  
10 plus, le déclencheur optique 5 diminue encore cette  
surtension. De ce fait, l'oscillation ne peut prendre  
naissance. Lorsque le déclencheur optique 5 commence à  
devenir transparent, par suite d'une commande électrique ou  
naturellement dans le cas d'un absorbant saturable,  
15 l'oscillation croît très lentement et il laisse passer une  
partie notable du premier rayonnement, ce qui a pour effet  
d'exciter ledit milieu à effet Raman 10, qui produit ledit  
troisième rayonnement par effet Brillouin. Ce troisième  
rayonnement est émis en retour vers ladite première cavité  
20 résonnante 2 et peut y pénétrer, du fait de la transparence  
des miroirs sur son chemin. Ce troisième rayonnement a des  
propriétés de conjugaison de phase qui maintiennent la  
cohérence du faisceau excitant le milieu à effet Raman 10,  
ce qui a pour effet d'apporter et d'extraire une énergie  
25 complémentaire dans ladite première cavité résonnante 2, et  
qui entraîne, en retour, une excitation accrue fournie audit  
milieu à effet Raman 10 qui fournit alors un second  
rayonnement Raman à 1,54  $\mu\text{m}$  de puissance supérieure à celle  
qu'il fournirait si ledit troisième rayonnement par effet  
30 Brillouin était bloqué en retour vers le laser de pompage 1.  
La longueur d'interaction dudit troisième rayonnement avec  
ledit milieu optique amplificateur 6 est accrue du fait que  
ledit premier miroir 3 est réfléchissant à ladite troisième  
fréquence. De plus, la seconde cavité résonnante 14, qui  
comporte ledit télescope 17 et 18, amplifie encore le  
deuxième rayonnement par effet Raman, du fait du passage

1 multiple d'énergie réfléchi dans le volume déjà excité du milieu à effet Raman 10. Les éléments optiques décrits sont, de préférence, placés à proximité les uns des autres, de façon à minimiser les distorsions et les temps de parcours.

5 Dans le deuxième montage représenté à la figure 2, entre le laser de pompage 101 et le troisième miroir 115, sont placés le défecteur 119 et le miroir 120. De ce fait, le second axe optique, relatif à la cellule 111 comportant le milieu à effet Raman 110, peut être désaligné par rapport au premier

10 axe optique, ce qui permet d'avoir un montage plus compact. Le premier rayonnement, issu du laser de pompage 101, est défléchi par le défecteur 119, puis par le miroir 120, y est réfléchi selon le second axe optique, entre dans la cellule 111 et en ressort pour traverser ensuite le second

15 élément focalisant 118 et le quatrième miroir 116. Le deuxième rayonnement émis par le milieu à effet Raman 110 est réfléchi par ce quatrième miroir 116 et peut partiellement traverser le troisième miroir 115 pour atteindre le miroir 120 qu'il traverse partiellement pour sortir du

20 montage et constituer ainsi la sortie du laser à effet Raman. Comme précédemment, le milieu à effet Raman 110 crée un troisième rayonnement, par effet Brillouin, qui est émis en retour vers ledit laser de pompage 101, et qui suit le trajet inverse de celui suivi par ledit premier rayonne-

25 ment, ce qui entraîne le même résultat qu'expliqué initialement.

Le montage représenté sur la figure 3 a un fonctionnement assez voisin de celui représenté à la figure 1, si ce n'est que le premier rayonnement de pompage, après avoir traversé

30 le milieu à effet Raman 210 et à effet Brillouin, est totalement réfléchi par le quatrième miroir 216 et traverse à nouveau ce milieu à effet Raman 210, en y étant collimaté en retour par le second élément focalisant 218, qui focalise le rayonnement au point de focalisation du premier élément

35 focalisant 217, ce qui augmente l'énergie reçue par le

1 volume de taille réduite du milieu à effet Raman 210 situé  
autour dudit point de focalisation et augmente donc son  
émission par effet Raman. Le polariseur 221, orienté de  
façon telle qu'il soit traversé par le premier rayonnement  
5 polarisé issu du laser de pompage 201, sert à éviter que le  
premier rayonnement réfléchi par le quatrième miroir 216 ne  
vienne perturber la première cavité résonnante 202. Pour ce  
faire, le premier rayonnement émis par ladite première  
cavité résonnante 202 atteint le quatrième miroir 216 après  
10 traversée de ce polariseur 221, puis de la lame quart d'onde  
222, accordée à ladite première fréquence, et qui peut être  
placée en tout point du trajet entre la seconde fenêtre 213  
et le quatrième miroir 216. La traversée aller et retour de  
cette lame quart d'onde 222 entraîne une rotation angulaire  
15 de 90 degrés qui empêche la transmission, par le polariseur  
221, du premier rayonnement vers ladite première cavité  
résonnante 202.

Dans l'ensemble des figures, il a été représenté des  
éléments optiques n'ayant en général qu'une seule fonction,  
20 afin de faciliter l'exposé. Cependant, plusieurs éléments  
optiques voisins, c'est-à-dire non séparés par un autre  
élément optique, peuvent être accolés, ce qui peut en  
faciliter le montage. De plus, certains de ces éléments  
optiques voisins peuvent être réalisés sous la forme d'un  
25 seul élément optique ayant les fonctions voulues, ce qui  
simplifie le montage, améliore ses qualités optiques et en  
diminue le coût. En particulier, les premier et second  
éléments focalisants 17 et 18 peuvent être réalisés sous la  
forme d'un miroir ayant les propriétés de réflectivité et  
30 transparence voulues. Les première et seconde fenêtres 12 et  
13 peuvent, pour leur part, être constituées de l'élément  
focalisant voisin, pouvant avoir la fonction de miroir,  
comme expliqué ci-dessus. De même le deuxième miroir 4, le  
troisième miroir 15, le premier élément focalisant 17 et la  
35 première fenêtre 12 peuvent être réalisés sous la forme d'un  
nombre réduit de composants, et éventuellement d'un seul.

1 Il apparaîtra aussi à l'homme du métier qu'un déflecteur  
peut être utilisé dans chacun des montages exposés.

La figure 4 représente les amplitudes  $I$  des formes d'onde  
des rayonnements en fonction du temps  $t$  exprimé en  
5 nanosecondes. La courbe  $C_0$  représente la réponse du laser de  
pompage 1 à  $1,06 \mu\text{m}$  en l'absence de troisième rayonnement  
Brillouin en retour. La courbe  $C_B$  représente la réponse de  
ce laser de pompage 1 à  $1,06 \mu\text{m}$ , en présence du troisième  
rayonnement Brillouin. On observe que cette courbe  $C_B$   
10 présente un front de montée ayant son début  $C_{B1}$  confondu  
avec le front de montée de la courbe  $C_0$ , mais qui est suivi  
d'une fin  $C_{B2}$  de front de montée, à front raide, qui amène  
approximativement un doublement de l'amplitude maximale de  
l'impulsion. L'amplitude de l'impulsion  $C_B$  décroît ensuite,  
15 de façon non monotone en fonction de l'influence de  
l'énergie instantanée d'excitation fournie en retour par le  
troisième rayonnement, après un temps de retard dû au trajet  
aller et retour. La courbe  $C_R$  représente l'amplitude, en  
fonction du temps, de l'impulsion à la deuxième fréquence  
20 RAMAN à  $1,54 \mu\text{m}$ . On observe que cette impulsion présente un  
front montant raide, se produisant en même temps que la fin  
 $C_{B2}$  du front de montée de la courbe  $C_B$ , et qui décroît  
ensuite plus rapidement que cette courbe  $C_B$ , en suivant les  
ondulations de celle-ci. Cette impulsion  $C_R$  présente une  
25 durée utile plus faible que celle de l'impulsion  $C_B$   
l'engendrant, du fait que le milieu Raman 10 a une  
efficacité de conversion à allure exponentielle ; ainsi,  
l'augmentation de l'amplitude maximale de l'impulsion  
d'excitation  $C_B$  a un effet important sur l'amplitude  
30 maximale de l'impulsion Raman  $C_R$ .

REVENDICATIONS

- 1 1 - Laser à effet Raman, comprenant :
- un laser de pompage (1) formé d'une première cavité résonnante (2) résonnant selon un premier axe optique, limitée respectivement, sur deux côtés opposés, par un premier miroir (3) et un deuxième miroir (4), d'axes optiques alignés avec ledit premier axe optique, respectivement totalement réfléchissant et faiblement réfléchissant à ladite première fréquence optique, ladite première cavité résonnante (2) comportant un déclencheur optique (5), capable de retarder la résonance de ladite première cavité résonnante (2), ainsi qu'un milieu optique amplificateur (6) pouvant être excité par un moyen d'excitation (7), cette première cavité résonnante (2) fournissant, au travers dudit deuxième miroir (4), un premier rayonnement optique, à une première fréquence optique ;
- 5
- 10
- 15
- un milieu à effet Raman (10), contenu dans une cellule (11), recevant ledit premier rayonnement, et fournissant, en réponse, un deuxième rayonnement par effet Raman, à une deuxième fréquence optique, ainsi qu'un troisième rayonnement, à une troisième fréquence optique, obtenu par effet Brillouin ; et
- 20
- une seconde cavité résonnante (14), contenant ladite cellule (11), et accordée à ladite deuxième fréquence optique, limitée, d'un côté, par un troisième miroir (15), d'axe optique aligné avec ledit second axe optique, totalement transparent à ladite première fréquence optique et totalement réfléchissant à ladite deuxième fréquence optique, et limitée, du côté opposé, par un quatrième miroir (16), d'axe optique aligné avec ledit second axe optique, totalement transparent à ladite première fréquence optique et partiellement réfléchissant à ladite deuxième fréquence optique, et comportant un télescope (17,18) à foyer réel, d'axe optique aligné avec ledit second axe optique, dont le
- 25
- 30

1 point de focalisation est situé dans ledit milieu à effet  
Raman (10),  
caractérisé en ce que, à ladite troisième fréquence optique,  
lesdits deuxième miroir (4) et troisième miroir (15) sont  
5 transparents, permettant ainsi le renvoi dudit troisième  
rayonnement dans ladite première cavité résonnante (2), et  
ledit premier miroir (3) est réflecteur.

2 - Laser à effet Raman selon la revendication 1,  
caractérisé en ce que lesdits deuxième (4) et troisième (15)  
10 miroirs sont accolés.

3 - Laser à effet Raman selon la revendication 1 ou 2,  
caractérisé en ce que lesdits deuxième miroir (4) et  
troisième miroir (15) sont confondus.

4 - Laser à effet Raman, comprenant :

15 - un laser de pompage (101) formé d'une première cavité  
résonnante (102) résonnant selon un premier axe optique,  
limitée respectivement, sur deux côtés opposés, par un  
premier miroir (103) et un deuxième miroir (104), d'axes  
optiques alignés avec ledit premier axe optique, respective-  
20 ment totalement réfléchissant et faiblement réfléchissant à  
ladite première fréquence optique, ladite première cavité  
résonnante (102) comportant un déclencheur optique (105),  
capable de retarder la résonance de ladite première cavité  
résonnante (102), ainsi qu'un milieu optique amplificateur  
25 (106) pouvant être excité par un moyen d'excitation (107),  
cette première cavité résonnante (102) fournissant, au  
travers dudit deuxième miroir (104), un premier rayonnement  
optique, à une première fréquence optique ;  
- un milieu à effet Raman (110), contenu dans une cellule  
30 (111), recevant ledit premier rayonnement, et fournissant,  
en réponse, un deuxième rayonnement par effet Raman, à une  
deuxième fréquence optique, ainsi qu'un troisième rayonne-  
ment, à une troisième fréquence optique, obtenu par effet  
Brillouin ;

1 - une seconde cavité résonnante (114), contenant ladite  
cellule (111), et accordée à ladite deuxième fréquence  
optique, limitée, d'un côté, par un troisième miroir (115),  
d'axe optique aligné avec ledit second axe optique,  
5 totalement transparent à ladite première fréquence optique  
et partiellement réfléchissant à ladite deuxième fréquence  
optique, et limitée, du côté opposé, par un quatrième miroir  
(116), d'axe optique aligné avec ledit second axe optique,  
totalement transparent à ladite première fréquence optique  
10 et totalement réfléchissant à ladite deuxième fréquence  
optique, et comportant un télescope (117,118) à foyer réel,  
d'axe optique aligné avec ledit second axe optique, dont le  
point de focalisation est situé dans ledit milieu à effet  
Raman (110) ; et

15 - un élément optique extracteur (120), situé sur le trajet  
optique entre ladite première cavité résonnante (102) et  
ladite cellule (111), recevant ledit premier rayonnement  
issu de ladite première cavité résonnante (102) et le  
transmettant au moins partiellement à ladite cellule (111),  
20 caractérisé en ce que, à ladite troisième fréquence optique,  
lesdits deuxième miroir (104) et troisième miroir (115) sont  
transparents, permettant ainsi le renvoi dudit troisième  
rayonnement dans ladite première cavité résonnante (102), et  
ledit premier miroir (103) est réflecteur, et en ce que  
25 ledit élément optique extracteur (120) est apte, à ladite  
troisième fréquence optique, à permettre le passage dudit  
troisième rayonnement vers ladite première cavité résonnante  
(102), et est apte à diriger ledit deuxième rayonnement dans  
une direction autre que celle allant vers la première cavité  
30 résonnante (102), lui permettant ainsi de sortir dudit laser  
à effet Raman.

5 - Laser à effet Raman, comprenant :

- un laser de pompage (201) formé d'une première cavité  
résonnante (202) résonnant selon un premier axe optique,  
limitée respectivement, sur deux côtés opposés, par un  
35 premier miroir (203) et un deuxième miroir (204), d'axes

1 optiques alignés avec ledit premier axe optique, respective-  
ment totalement réfléchissant et faiblement réfléchissant à  
ladite première fréquence optique, ladite première cavité  
résonnante (202) comportant un déclencheur optique (205),  
5 capable de retarder la résonance de ladite première cavité  
résonnante (202), ainsi qu'un milieu optique amplificateur  
(206) pouvant être excité par un moyen d'excitation (207),  
cette première cavité résonnante (202) fournissant, au  
travers dudit deuxième miroir (204), un premier rayonnement  
10 optique, à une première fréquence optique ;  
- un milieu à effet Raman (210), contenu dans une cellule  
(211), recevant ledit premier rayonnement, et fournissant,  
en réponse, un deuxième rayonnement par effet Raman, à une  
deuxième fréquence optique, ainsi qu'un troisième rayonne-  
15 ment, à une troisième fréquence optique, obtenu par effet  
Brillouin ;  
- une seconde cavité résonnante (214), contenant ladite  
cellule (211), et accordée à ladite deuxième fréquence  
optique, limitée, d'un côté, par un troisième miroir (215),  
20 d'axe optique aligné avec ledit second axe optique, totale-  
ment transparent à ladite première fréquence optique et  
totalement réfléchissant à ladite deuxième fréquence  
optique, et limitée, du côté opposé, par un quatrième miroir  
(216), d'axe optique aligné avec ledit second axe optique,  
25 totalement réfléchissant à ladite première fréquence optique  
et partiellement réfléchissant à ladite deuxième fréquence  
optique, et comportant un télescope (217,218) à foyer réel,  
d'axe optique aligné avec ledit second axe optique, dont le  
point de focalisation est situé dans ledit milieu à effet  
30 Raman (210) ;  
- un polariseur optique (221), situé sur le trajet optique  
entre lesdits deuxième miroir (204) et troisième miroir  
(215) ; et  
- une lame quart d'onde, accordée à ladite première  
35 fréquence, située entre ladite cellule (211) et ledit  
quatrième miroir (216),

1 caractérisé en ce que, à ladite troisième fréquence optique,  
lesdits deuxième miroir (204) et troisième miroir (215) et  
ledit polariseur (221) sont transparents, permettant ainsi  
le renvoi dudit troisième rayonnement dans ladite première  
5 cavité résonnante (202), et ledit premier miroir (203) est  
réflecteur.

6 - Laser à effet Raman selon l'une quelconque des  
revendications 1 à 5,  
caractérisé en ce que ledit laser de pompage (1) est un  
10 laser YAG:Nd.

7 - Laser à effet Raman selon l'une quelconque des revendi-  
cations 1 à 6,  
caractérisé en ce que ledit déclencheur optique (5) est un  
absorbant saturable.

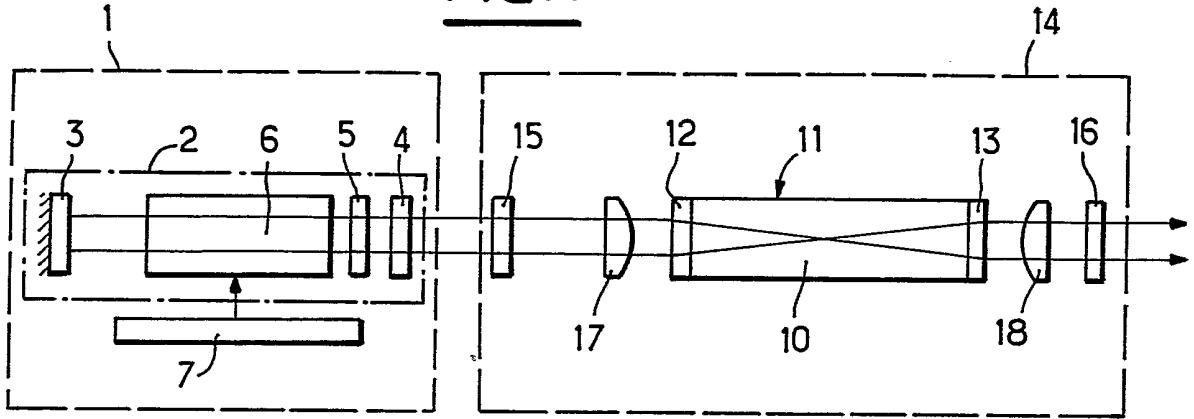
15 8 - Laser à effet Raman selon l'une quelconque des  
revendications 1 à 7, comportant un défecteur (119),  
caractérisé en ce que ledit défecteur (119), situé sur le  
trajet optique entre ladite première cavité résonnante (2)  
et ladite cellule (11), est apte à défléchir d'un même angle  
20 lesdites première et troisième fréquences optiques.

9 - Laser à effet Raman selon l'une quelconque des revendi-  
cations 1 à 8,  
caractérisé en ce que ladite cellule (11) comporte une  
première fenêtre (12), d'entrée, et une seconde fenêtre  
25 (13), de sortie, laissant passer lesdites première, deuxième  
et troisième fréquences, et en ce que ledit milieu à effet  
Raman (10) est un gaz.

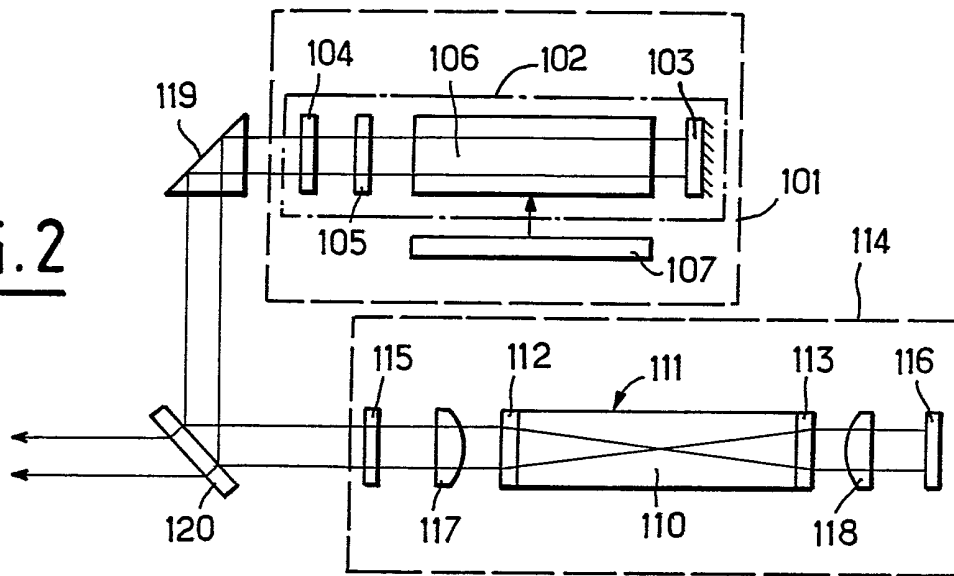
10 - Laser à effet Raman selon l'une quelconque des  
revendications 1 à 9,  
30 caractérisé en ce que ledit deuxième miroir (4) est plan.

- 1 11 - Laser à effet Raman selon l'une quelconque des revendications 1 à 10,  
caractérisé en ce qu'au moins un élément focalisant (17,18)  
et un miroir voisin (15,16) sont réalisés sous la forme d'un  
5 seul élément optique.
- 12 - Laser à effet Raman selon l'une quelconque des revendications 1 à 11,  
caractérisé en ce qu'au moins un élément focalisant (17,18)  
a une distance focale identique pour la première et la  
10 deuxième fréquence.

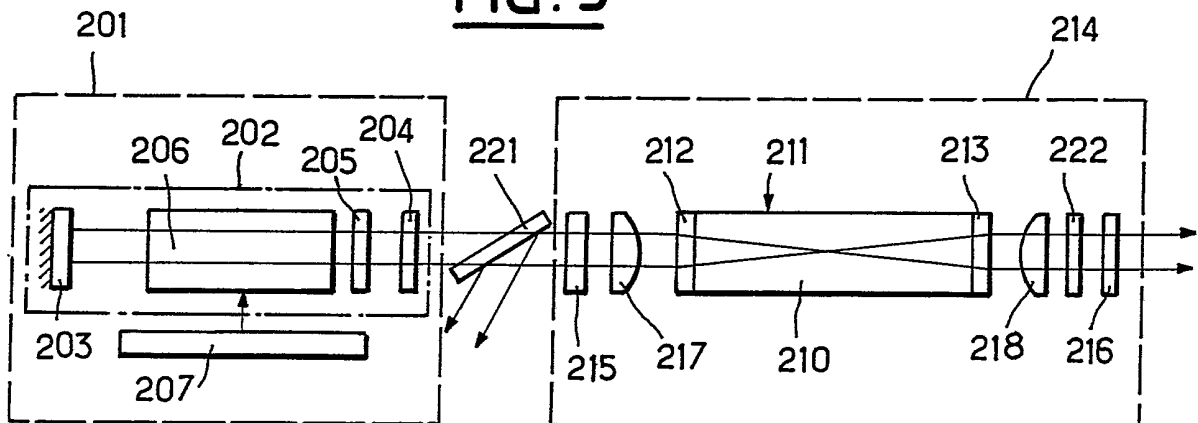
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



2 / 2

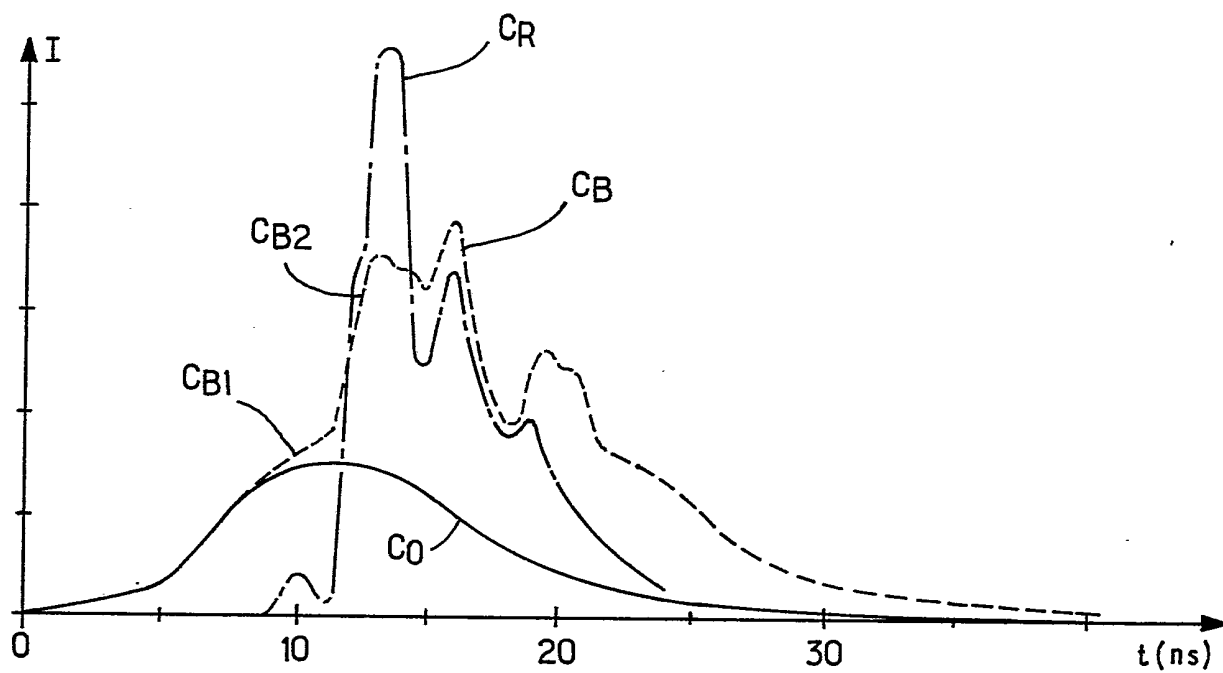


FIG. 4

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FR 9107023  
FA 462280

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS  |   | Revendications concernées de la demande examinée |
|--|---|--|
| Catégorie  | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes     |  |
| A  | WO-A-8 602 784 (HUGHES AIRCRAFT CO.)<br>* abrégé *                                  | 1, 4, 5  |
| D  | & US-A-4 821 272  |  |
| A  | EP-A-0 393 528 (ELOP-ELECTROOPTICS)<br>* colonne 4, ligne 9 - colonne 5, ligne 13 * | 1, 4, 5  |
|  |   | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)       |
|  |   | H01S   |
| Date d'achèvement de la recherche  |   | Examineur  |
| 21 FEVRIER 1992  |   | GALANTI M.                                       |
| <p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>                     Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>                     A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général<br/>                     O : divulgation non-écrite<br/>                     P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>                     E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>                     D : cité dans la demande<br/>                     L : cité pour d'autres raisons<br/>                     &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |   |  |