

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 10.06.92.

③⑦ Priorité : 14.06.91 US 715907.

④③ Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 18.12.92 Bulletin 92/51.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : AMOCO CORPORATION — US.

⑦② Inventeur(s) : Dixon George Jefferies et Jarmon  
Richard Hugh.

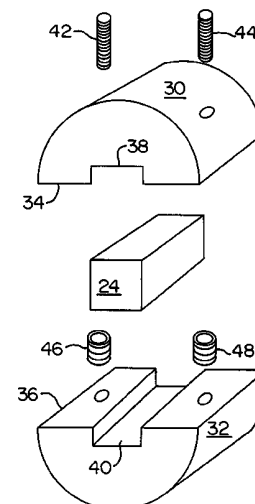
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire : Cabinet Harlé & Phelip.

⑤④ Procédé et dispositif destinés à empêcher la dépolarisation de certains domaines de cristaux ferro-  
électriques en stabilisant un domaine unique dans ces cristaux.

⑤⑦ L'invention a pour objet un procédé et un dispositif  
pour empêcher que des domaines de cristaux ferro-  
électriques ne soient dépolarisés.

Selon l'invention, une contrainte de compression est  
exercée le long d'un axe cristallographique particulier du  
cristal (24).



La présente invention concerne l'application des cristaux ferroélectriques en tant que milieux optiques non linéaires et , plus particulièrement , un procédé et un dispositif destinés à empêcher la dépolarisation de certains domaines de ces cristaux par rapport à un axe cristallographique choisi .

Les lasers miniatures à l'état solide qui produisent une sortie significative dans les régions bleue et verte du spectre de la lumière visible sont hautement souhaitables . Cependant , il existe des problèmes techniques associés à la génération des fréquences fondamentales qui correspondent à ces longueurs d'ondes si l'on utilise des lasers à l'état solide . Par conséquent , les lasers à l'état solide qui produisent des sorties à ces longueurs d'ondes incluent de façon générale des moyens pour générer un harmonique de leurs fréquences fondamentales avec un rendement suffisant pour produire une sortie significative dans les régions bleue ou verte du spectre visible .

Les moyens de génération d'un harmonique de la fréquence fondamentale dans les lasers à l'état solide sont typiquement un milieu optique non linéaire tel qu'un cristal ferroélectrique qui présente des caractéristiques appropriées pour assurer un rendement de conversion élevé dans la génération d'harmoniques d'ordre deux, dans les modulateurs électro-optiques, ainsi que dans d'autres applications optiques non linéaires . Le niobate de potassium ( $\text{KNbO}_3$ ) est un cristal ferroélectrique qui est idéal pour cette application du fait qu'il présente un degré élevé de biréfringence dans les régions visible et proche de l'infrarouge du spectre visible et qu'il présente également l'une des valeurs les plus élevées des coefficients non linéaires pour tout cristal inorganique ( minéral ) . La biréfringence élevée permet l'obtention par le cristal de conditions d'accord de phase dans la région bleue du spectre visible . La valeur élevée du coefficient non linéaire procure

en correspondance un degré élevé de rendement de conversion pour la génération d'harmoniques d'ordre deux , pour le modulateur électro-optique ainsi que pour d'autres applications optiques non linéaires .

5           Par l'utilisation du  $\text{KNbO}_3$  en tant que milieu non linéaire dans des applications de génération d'harmoniques d'ordre deux , des rendements de conversion optiques excédents 40% ont été obtenus avec des lasers à diode à doublement par résonance externe et des puissances de sorties supérieures à 6  
10 mW ont été obtenues à partir d'un laser Nd:YAG de 946 nm doublé de façon interne et pompé par diode, ce laser étant pompé par un laser à diode de 500 mW. Bien que les rendements de conversion de ces dispositifs conviennent , certaines propriétés opto-mécaniques du  $\text{KNbO}_3$  ont rendu son utilisation  
15 peu pratique pour la plupart des applications optiques non linéaires .

Il est avantageux pour tout cristal ferroélectrique utilisé en tant que milieu optique non linéaire , d'avoir ses domaines ferroélectriques polarisés selon une unique direction  
20 . Les cristaux tels qu'obtenus par croissance présentent toujours un certain nombre de domaines ferroélectriques . Ils sont polarisés en un unique domaine , typiquement du fait de l'application d'un champ électrique le long de l'axe polaire , ou axe c , du cristal . Du fait que le  $\text{KNbO}_3$  présente une  
25 structure orthorhombique dans la plaque des températures ambiantes ordinaires, il présente un certain nombre de types différents de domaines , dont certains produisent une distorsion optique qui apparaît au niveau de leurs frontières . Pendant le processus de polarisation, le cristal devient  
30 souvent notablement trouble lorsque ses domaines sont tournés pour occuper successivement différentes orientations avant d'atteindre la direction souhaitée .

Par ailleurs , les cristaux de  $\text{KNbO}_3$  sont susceptibles d'une dépolarisation après le processus de polarisation . La  
35 dépolarisation peut se produire en tant que résultat d'une

contrainte thermique , d'un choc mécanique ou d'une combinaison des deux . La dépolarisation se produit typiquement lorsque le cristal est chauffé au-dessus de 70°C . Afin d'utiliser un cristal de  $\text{KNbO}_3$  pour la génération d'harmoniques d'ordre deux dans des conditions d'accord de phase non critiques avec une fréquence d'harmonique d'ordre deux correspondant à 946 nm, il est nécessaire de faire fonctionner le cristal à une température d'approximativement 180°C . Ceci provoque presque toujours la dépolarisation du cristal lors de son refroidissement, tandis qu'il est ramené dans la plage des températures ambiantes ordinaires . Il est par conséquent nécessaire de minimiser le degré de dépolarisation des cristaux ferroélectriques tels que le  $\text{KNbO}_3$  afin de les utiliser avec succès dans des applications optiques non linéaires pratiques .

Une approche qui a été tentée dans l'effort mené pour minimiser la dépolarisation des cristaux ferroélectriques pendant le recyclage thermique dans ces conditions a mis en jeu l'application d'un champ électrique statique le long de l'axe c du cristal . Cependant , cette procédure n'a pas été mise en oeuvre avec succès et en tout cas , elle n'apporte rien pour minimiser la dépolarisation due aux contraintes mécaniques ou aux chocs .

Une approche qui a été utilisée pour minimiser la dépolarisation due à la contrainte mécanique du montage du cristal fait appel au renforcement ou tamponnage du cristal avec une feuille de zinc . Une autre approche fait appel à la fixation du cristal sur un dispositif de refroidissement thermoélectrique avec un milieu thermiquement conducteur souple . Aucune de ces approches ne convient pour des applications pratiques dans lesquelles la position mécanique du cristal doit être fixée de manière rigide pendant toute la durée de vie du laser au cours de laquelle celui-ci est utilisé et soumis à un grand nombre de cycles thermiques.

Par conséquent , le développement commercial des lasers à l'état solide qui utilisent des cristaux de  $\text{KNbO}_3$  en tant que milieu non linéaire ne s'est pas avéré réalisable .En lieu et place , des efforts ont été faits pour utiliser  
5 d'autres cristaux ferroélectriques moins efficaces , mais plus stables , et pour développer d'autres techniques pour des applications optiques non linéaires .

La présente invention se propose de surmonter les problèmes associés à l'utilisation de cristaux  
10 ferroélectriques tels que le  $\text{KNbO}_3$  en tant que milieu optique non linéaire dans des systèmes à lasers à l'état solide en appliquant une compression le long de l'axe présentant la densité atomique la plus élevée, perpendiculairement à l'axe de densité atomique la plus faible . Le différentiel de  
15 pression entre les axes de densité atomique la plus élevée et de densité atomique la plus faible agit pour préserver l'orientation cristallographique du milieu non linéaire.

Selon le mode de réalisation préféré , dans un système à laser comportant une source laser de longueur d'onde  
20 fondamentale et un milieu cristallin non linéaire pour l'acceptation du rayonnement en provenance de la source laser de longueur d'onde fondamentale , le milieu non linéaire présentant au moins un premier axe cristallographique de densité maximale, un second axe cristallographique de densité  
25 minimale et un domaine initial sensiblement singulier, on minimise la formation de domaines dans le milieu non linéaire qui s'écarte sensiblement du domaine initial par une méthode qui comprend les phases consistant à positionner le milieu non linéaire , pour accepter le rayonnement en provenance de  
30 ladite source laser de longueur d'onde fondamentale , et à comprimer ledit milieu positionné, le long dudit premier axe , pour créer un différentiel de pression entre lesdits premier et second axes qui soit suffisant pour minimiser la formation de domaines qui dérive dudit domaine initial .

Dans le mode de réalisation préféré, le système laser comportant une source laser a une longueur d'onde fondamentale et un milieu cristallin non linéaire pour accepter un rayonnement en provenance de la source laser à la longueur d'onde fondamentale , le milieu non linéaire comportant au moins un premier axe cristallographique de densité maximale , un second axe cristallographique de densité minimale et un domaine initial sensiblement singulier, est caractérisé en ce que le dispositif pour minimiser la formation de domaines dans le milieu non linéaire qui dérive sensiblement du domaine initial comprend : des moyens pour positionner le milieu non linéaire afin d'accepter un rayonnement en provenance de ladite source laser à la longueur d'onde fondamentale ; et des moyens pour comprimer ledit milieu positionné, le long dudit premier axe , afin de créer un différentiel de pression entre lesdits premier et second axes qui soit suffisant pour minimiser la formation de domaines qui dérive dudit domaine initial.

La présente invention sera mieux comprise à la lumière de la description détaillée qui suit de modes de réalisations présentés à titre d'exemple , description que l'on lira en relation avec les dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 est le schéma fonctionnel d'un laser à diode , doublé de façon externe, à autoverrouillage , selon l'art antérieur , qui convient pour être incorporé dans le mode de réalisation préféré de la présente invention;

La figure 2 est une vue en perspective éclatée d'un montage pour un milieu cristallin ferroélectrique non linéaire selon l'art antérieur ;

La figure 3 est une vue en perspective assemblée du montage ( selon l'art antérieur ) représenté sur la figure 2;

La figure 4 est une vue en perspective éclatée d'un montage pour un milieu cristallin ferroélectrique non linéaire selon le mode de réalisation préféré de la présente invention;

La figure 5 est une vue en perspective éclatée du montage assemblé représenté sur la figure 4;

La figure 6 est une vue avant d'un montage pour un milieu cristallin ferroélectrique non linéaire selon un autre mode de réalisation de la présente invention ;  
et

La figure 7 est une vue en coupe de dessus du montage représenté sur la figure 6.

Si l'on se reporte aux dessins dans lesquels des nombres de référence indiquent des parties identiques ou qui se correspondent pour l'ensemble des figures , la figure 1 est un schéma fonctionnel d'un laser à l'état solide à diode doublé de façon externe à autoverrouillage qui convient pour incorporer un mode de réalisation particulier de la présente invention . Le laser à l'état solide à diode doublé de façon externe à autoverrouillage comprend une source laser 2 à une longueur d'onde fondamentale , dans le cas présent une diode laser , qui génère un sous-multiple de la fréquence de sortie souhaitée . Si la fréquence de sortie souhaitée correspond à une longueur d'onde de 432 nm dans la région bleue du spectre visible , la fréquence de sortie de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale est égale de préférence à la moitié de la fréquence de sortie souhaitée, avec une longueur d'onde dans l'infrarouge correspondant à approximativement 864 nm.

La sortie de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale traverse un premier miroir semi-transparent 4 par un chemin optique 6. La sortie de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale qui traverse le premier miroir 4 traverse ensuite un milieu cristallin ferroélectrique non linéaire 8 . Le milieu non linéaire 8 comprend de préférence un cristal en  $\text{KNbO}_3$  bien que le milieu non linéaire puisse aussi comprendre des cristaux analogues qui conviennent à cette fin tels que le  $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{NbO}_3$  ou que le  $\text{Ba}_2\text{NaNbO}_{15}$  . La sortie de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale

est de préférence focalisée dans le volume du milieu non linéaire 8 avec une lentille de focalisation ( non représentée) qui peut être incorporée dans la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale ou qui peut être positionnée le long du chemin optique 6 entre la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale et le milieu non linéaire 8.

La caractéristique non linéaire du milieu non linéaire 8 génère au moins un harmonique d'ordre 2 du rayonnement infrarouge à partir de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale . Puisque la sortie de la source laser à la longueur d'onde fondamentale présente une longueur d'onde d'approximativement 864 nm dans ce cas , l'harmonique d'ordre deux produit par le milieu non linéaire 8 vaut approximativement 432 nm. Les rayonnements à 864 nm et à 432 nm qui sortent du milieu non linéaire 8 se propagent ensuite depuis le milieu non linéaire 8 le long d'un chemin optique 10 qui traverse un second miroir semi-transparent 12.

Le second miroir 12 réfléchit au moins une partie du rayonnement à 864 nm en provenance du chemin optique 10 sur un chemin optique 14. De préférence, le second miroir 12 est sensiblement hautement réflecteur pour la longueur d'onde de 864 nm et il est sensiblement hautement transmetteur pour la longueur d'onde de 432 nm de telle sorte que sensiblement tout le rayonnement à 864 nm soit réfléchi le long du chemin optique 14. Un miroir ou plaque de résonateur passif 16, à cavité en anneau , intercepte le rayonnement à 864 nm le long du chemin optique 14 et le réfléchit le long d'un chemin optique 18.

Le premier miroir 4 intercepte le rayonnement à 864 nm le long du chemin optique 18 et le réfléchit en retour en direction du milieu non linéaire 8 le long du chemin optique 6. Le premier miroir 4 est partiellement transmetteur , au voisinage de 2% , pour le rayonnement à 864 nm qui passe le long du chemin optique 18 et pour le rayonnement à 864 nm qui passe le long du chemin optique 6.



La plaque de résonateur 16 est positionnée pour fournir l'amplitude et la phase appropriées pour le rayonnement à 864 nm réfléchi en retour le long du chemin optique de manière à constituer un chemin de retour positif efficace . Il résulte de cela qu'un chemin de résonateur en anneau à miroir externe est établi pour le milieu non linéaire 8 au moyen du premier miroir 4, du second miroir 12 et de la plaque de résonateur 16.

Du fait que le second miroir 12 est sensiblement hautement transmetteur pour 432 nm, sensiblement la totalité du rayonnement d'harmonique d'ordre deux à 432 nm produit par le milieu non linéaire 8 est transmis au travers du second miroir 12 . Ainsi , cette configuration permet l'obtention d'un rendement de conversion de doublage de fréquence important .

Le milieu non linéaire 8 présente de préférence des faces le long du chemin optique 6 qui sont anti-réfléchissantes à la fois pour le rayonnement à 864 nm et pour le rayonnement à 432 nm. Il est également essentiel que le milieu non linéaire 8 soit monté de façon rigide conformément à la présente invention tel que décrit ci-après afin d'assurer un fonctionnement de génération d'harmonique d'ordre deux stable pour toutes les conditions de fonctionnement .

La réflexion en retour directe depuis la face d'entrée du milieu non linéaire 8 est utilisée commodément pour bloquer la source de laser 2 à la longueur d'onde fondamentale à la résonance du chemin à cavité en anneau externe sans la nécessité d'un chemin de retour distinct . La fréquence de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale et l'inclinaison du milieu non linéaire 8 sont tous deux réglés pour assurer la correspondance du mode spectral de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale et du chemin de cavité en anneau externe .

Afin que la génération d'harmoniques d'ordre deux soit obtenue d'une manière stable à partir du laser à diode doublé

de façon externe à autoverrouillage à résonance externe décrit ci-avant , il est essentiel que le milieu non linéaire 8 soit maintenu selon une orientation fixe par rapport au rayonnement d'entrée en provenance de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale le long du chemin optique 6. Ceci est dû à l'angle d'admission dicté par les longueurs d'ondes utilisées et aux indices de réfraction du milieu non linéaire 8. En outre, la dépendance des indices de réfraction vis-à-vis de la température peut exiger à ce que le milieu non linéaire 8 soit maintenu à une température constante , d'où la nécessité d'un montage qui permette une bonne conductivité et un environnement isotherme . En outre, le milieu non linéaire 8 doit être maintenu de façon rigide pour que la rétroaction en provenance de la face d'entrée du milieu non linéaire 8 qui retourne à la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale assure le verrouillage stable de la fréquence de la source laser 2 sur la fréquence de résonance du chemin à cavité en anneau externe .

Dans le cas où le milieu non linéaire 8 comprend un cristal de  $\text{KNbO}_3$  comme décrit ci-avant, le cristal est apte à former des domaines lorsqu'il est soumis à une contrainte . Ces domaines détruisent la qualité optique du cristal et le rendent inutilisable dans un laser . N'importe quelle sorte de montage rigide exerce ou transfère de façon générale une certaine valeur de contrainte sur le cristal . Cette contrainte peut être due à des dérives thermiques , un choc mécanique ou à une combinaison de ceux-ci .

Un montage de l'art antérieur typique qui peut exercer cette contrainte produite thermiquement ou mécaniquement est représenté sur les figures 2 et 3 . La figure 2 est une vue en perspective éclatée de ce montage et la figure 3 est une vue en perspective du montage assemblé . Ce montage comprend un support 20 qui inclut un canal de retenue 22 sur sa longueur . La surface inférieure du canal 22 est conformée en V pour recevoir en butée deux côtés adjacents correspondants d'un

cristal ferroélectrique 24, tel qu'un cristal de  $\text{KNbO}_3$  . Une clé ou pièce coulissante 26 est montée à l'intérieur du canal 24, avec ses surfaces latérales et une surface de base en forme de V s'appuyant contre , d'une manière conforme , les surfaces latérales correspondantes du canal 22 et les deux autres côtés adjacents du cristal 24 .

Le cristal 24 est maintenu fermement à l'intérieur du montage par fixation entre la pièce coulissante 26 et le support 20 . Ceci est réalisé avec une vis de calage 28 qui produit une force de fixation réglable sur le cristal 24. Cet agencement de montage distribue la force de fixation uniformément le long des quatre surfaces du cristal 24 afin de minimiser la formation de domaines tout en constituant un support rigide .

Dans le but de générer un harmonique d'ordre deux en utilisant un rayonnement à 864 nm comme décrit ci-avant , un jeu de dimensions appropriées pour le cristal 24 est constitué par approximativement 3 x 3 x 6 mm . Le cristal 24 est coupé avec l'axe b et l'axe c tous deux sensiblement parallèles aux dimensions courtes du cristal 30, l'axe a étant sensiblement parallèle à la dimension longue . Le montage représenté sur la figure 2 est orienté de telle sorte que le rayonnement à 864 nm en provenance de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale le long du chemin optique 6 soit sensiblement parallèle à l'axe a . L'axe b dans ce cas est l'axe de l'indice de réfraction le plus élevé qui correspond directement à celui de la cellule en perovskite de base . L'axe c est l'axe polaire du cristal et il correspond à l'axe d'indice de réfraction le plus faible . Qualitativement , la direction de l'axe c est celle de la densité la plus faible et la direction de l'axe b est celle de la densité la plus élevée.

Malheureusement, ce type de montage exerce une contrainte significative sur l'axe c du cristal 24, ce qui fait que le cristal 24 devient susceptible de formations de

domaines épars ou parasites . N'importe quelle valeur de force appliquée suivant l'axe c du cristal 24 provoque de façon générale sa dépolarisation par rapport à l'unique domaine initial en service .

5           Un montage qui constitue un support spécial pour vaincre la formation de domaines épars du fait de contraintes thermiques ou mécaniques est représenté sur les figures 4 et 5. La figure 4 est une vue en perspective éclatée de ce montage et la figure 5 est une vue en perspective du montage  
10           assemblé . Le montage comprend une première section de support 30 et une seconde section de support 32 . La première section de support 30 et la seconde section de support 32 comportent chacune des surfaces adjacentes respectives 34 et 36 entre  
15           lesquelles le cristal 24 est retenu. Chacune des surfaces adjacentes 34 et 36 comporte des canaux de retenue, sensiblement rectangulaires , respectifs 38 et 40 pour retenir le cristal 24 à l'intérieur .

          La première section de support 30 et la seconde section de support 32 sont fixées ensemble au moyen de vis de  
20           calage gauche et droite 42 et 44 , respectivement . Le vissage des vis de calage gauche et droite 42 et 44 provoque l'application d'une pression sur le cristal 24 suivant une direction qui est sensiblement parallèle à la longueur de vis. La première section de support 30 et la seconde section de  
25           support 32 sont maintenues en alignement l'une par rapport à l'autre lorsque les vis de calage gauche et droite 42 et 44 sont desserrées pour le montage du cristal au moyen de ressorts de compression respectifs gauche et droit 46 et 48 qui entourent les tiges des vis de calage gauche et droite 42  
30           et 44 .

          Le cristal 24 est monté à l'intérieur des canaux de retenue 38 et 40 , son axe b étant sensiblement parallèle à la longueur des vis de calage gauche et droite 42 et 44 . Avec le cristal 24 ainsi monté, toute augmentation de la force de  
35           fixation appliquée par les première et seconde sections de

support 30 et 32 comprime le cristal 24 selon un degré substantiel seulement suivant l'axe b . Avec cette configuration, aucune force ou une force faible est appliquée à l'axe b . La pression appliquée suivant l'axe b n'exerce par conséquent pas une force suffisante sur le cristal 24 pour assurer un montage rigide mais elle réduit par ailleurs la formation de domaines épars du fait que le différentiel de pression élevé entre l'axe b et l'axe c agit pour maintenir le domaine unique du cristal 24 tel que fabriqué.

10 L'application d'une pression suivant la direction de l'axe c provoque donc l'ajustement de la forme du cristal 24 pour réduire sa pression interne . Ceci se produit par l'intermédiaire de la formation de domaines autres que son unique domaine initial dans lesquels l'axe polaire c tourne  
15 pour atteindre une autre direction, ce qui dépolarise le cristal 24 à partir de son domaine initial unique . La présente invention minimise la survenue de ce phénomène du fait d'une contrainte thermique ou d'un choc mécanique en produisant une pression significativement plus importante sur  
20 le cristal 24 selon l'axe b que selon l'axe c . Ce différentiel de pression préserve donc l'unique domaine initial du cristal 24 .

Dans l'exemple du mode de réalisation préféré décrit ci-avant , le montage pour le cristal 24 est orienté de telle  
25 sorte que le chemin optique 6 propage de préférence le rayonnement à 854 nm sensiblement suivant l'axe a du cristal 24. En fait , ceci est généralement vrai pour la génération d'harmoniques d'ordre deux à des fréquences qui correspondent à des longueurs d'ondes dans la plage qui va de 850 à 864 nm.  
30 Lorsque la source laser à la longueur d'onde fondamentale présente une fréquence fondamentale inférieure qui correspond à une longueur d'onde plus longue telle qu'une longueur d'onde de l'ordre de 946 nm, il est nécessaire d'effectuer une propagation selon un certain angle par rapport à l'axe situé

dans le plan formé par l'axe a et par l'axe b dans le cristal 24.

Un autre mode de réalisation de la présente invention qui convient pour la mise en oeuvre de la présente invention à de telles longueurs d'ondes plus longues est représenté sur les figures 6 et 7 . La figure 6 est une vue avant de ce montage et la figure 7 est une vue de dessus en coupe du montage assemblé , prise selon une ligne 7-7 de la figure 6 . Dans cet autre mode de réalisation, le cristal ferro-électrique qui est utilisé dans le milieu non linéaire 8 est de préférence coupé et monté de telle sorte que l'angle de l'axe a soit décalé d'un certain angle par rapport à la propagation du rayonnement en provenance de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale le long du chemin optique 6 dans le plan formé par l'axe a et par l'axe b . Cet angle , désigné angle  $\theta$  , dépend de la longueur d'onde du rayonnement mais il se situe au voisinage de  $30^\circ$  lorsque le rayonnement est de l'ordre de 946 nm.

Cet autre mode de réalisation comprend un montage avec un support 50 qui sert à maintenir un cristal de  $\text{KNbO}_3$  52 entre un premier moyen de retenue 54 et un second moyen de retenue 56 , le premier moyen de retenue 54 et le second moyen de retenue 56 étant connectés de façon réglable au support 50 au moyen d'une première vis de calage 58 et d'une seconde vis de calage 60 , respectivement . Le cristal 52 est coupé dans un bloc de telle sorte qu'il comporte une face d'entrée 62 et une face de sortie 64 qui sont sensiblement parallèles à l'axe a du cristal 52. Le cristal 52 est orienté dans le montage de telle sorte que le rayonnement de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale puisse passer le long du chemin optique 2 sensiblement perpendiculairement à la face d'entrée 62 et à la face de sortie 64. Le cristal 52 comporte un premier côté adjacent 66 qui vient en butée contre le premier moyen de retenue 54 et un second côté adjacent 68 qui vient en butée contre le second moyen de retenue 56. Les surfaces du

premier côté adjacent 66 et du second côté adjacent 68 se coupent selon l'angle  $\theta$  par rapport à la direction du rayonnement à travers le cristal 52.

Le premier moyen de retenue 54 et le second moyen de retenue 56 doivent être positionnés lors du montage de telle sorte qu'ils exercent une force distribuée uniformément le long de l'axe b du cristal 52 tout en permettant au rayonnement de traverser une ouverture relativement importante du cristal 52. Ils doivent être montés de manière réglable à l'intérieur du support 50 pour fixer fermement le cristal 52 entre son premier côté adjacent 66 et son second côté adjacent 68. Le premier moyen de retenue 54 et le moyen de retenue droit 56 sont tout particulièrement configurés pour permettre l'orientation requise du cristal 52 à l'intérieur du support 50. La première vis de calage 58 et la seconde vis de calage 60 se vissent dans le support 50 le long d'axes qui sont sensiblement parallèles à l'axe b du cristal monté 52.

Les dimensions requises pour le cristal 52 dépendent de la longueur de la face d'entrée 62 et de la face de sortie 64, de la profondeur d du cristal 52 le long de l'axe de propagation du rayonnement et de l'angle  $\theta$ . La largeur totale w du cristal 52 peut s'exprimer comme suit :

$$w = d \sin (\theta) + l \cos (\theta)$$

La profondeur totale v du cristal 52 peut s'exprimer comme suit :

$$v = d \cos (\theta) + l \sin (\theta)$$

si d vaut 5 mm, si l vaut 3 mm et si  $\theta$  vaut 30 degrés:

$$w = 5 \sin (30) + 3 \cos (30) = 3,366 \text{ mm, et}$$

$$v = 5 \cos (30) + 3 \sin (30) = 5,83 \text{ mm.}$$

Le cristal 52 peut être facilement fabriqué à partir d'un cristal de  $\text{KNbO}_3$  présentant une taille globale d'approximativement 3 x 3,37 x 4,85 mm. Les angles ou coins du cristal 52 sont enlevés le long des plans de la face d'entrée 62 et de la face de sortie 64. La première section de support 54 et la seconde section 56 chevauchent la face

d'entrée 62 et la face de sortie 64 conformément à la relation:

$$\text{chevauchement} = w - 2 l \cos (\theta) = d \sin (\theta) - l \cos (\theta)$$

puisque  $\theta$  vaut  $30^\circ$ :

5 
$$\text{chevauchement} = 5 \sin (30) - 3 \cos (30) = 2,5 - 2,598 =$$
  
$$- 0,098 \text{ mm.}$$

10 Ce chevauchement peut être adapté au moyen de lèvres 70 prévu sur le premier support 52 et sur le second support 56 afin de distribuer la pression sur les régions de chevauchement de la face d'entrée 62 et de la face de sortie 64 suivant l'axe b du cristal 52. Les dimensions pour d'autres longueurs d'onde qui nécessitent une valeur différente de  $\theta$  peuvent être calculées conformément aux relations mentionnées ci-avant .

15 Bien que les modes de réalisation présentés ci-avant soient décrits en utilisant un milieu non linéaire qui comprend un cristal de  $\text{KNbO}_3$  , la présente invention peut s'appliquer à n'importe quel matériau dans lequel l'axe polaire peut être situé le long de plus d'une direction . En  
20 outre , il a été découvert que le cristal peut aussi être retenu par compression suivant l'axe a au lieu de l'axe b moyennant certaines améliorations de l'art antérieur quant aux formations de domaines épars ou parasites.

25 Bien que les modes de réalisation présentés ci-avant illustrent le cas où l'invention est appliquée à un système dans lequel le milieu non linéaire 8 est monté dans une cavité optique externe qui est séparée de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale , l'invention marche également bien avec des systèmes à optique non linéaire à intracavité  
30 dans lesquels le milieu non linéaire 8 est monté dans la cavité optique de la source laser 2 à la longueur d'onde fondamentale 4. Les mêmes agencements de montage que ceux décrits sur les figures 4 à 7 peuvent être utilisés pour ces systèmes à optique non linéaire à intracavité.



Ont été décrits ici un procédé et un dispositif pour minimiser la dépolarisation des cristaux ferroélectriques à partir d'un unique domaine initial en appliquant une contrainte de compression le long d'un axe cristallographique particulier. Il est bien entendu que diverses modifications au niveau des détails, des matériaux, des étapes et des agencements de parties , qui ont été décrits et représentés ci-avant afin d'expliquer la nature de l'invention, peuvent être mises en oeuvre par l'homme de l'art pour autant que le principe et que l'esprit de la présente invention tels que définis dans les revendications soient conservés.

### REVENDEICATIONS

1. Procédé de minimisation de la formation dans un système laser comportant une source laser à une longueur d'onde fondamentale et un milieu cristallin non linéaire pour  
5 accepter un rayonnement en provenance de la source laser à la longueur d'onde fondamentale, le milieu non linéaire comprenant au moins un premier axe cristallographique de densité plus élevée , un second axe cristallographique de densité plus faible et un domaine initial sensiblement unique  
10 , de domaines dans le milieu non linéaire qui dérivent sensiblement du domaine initial, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les opérations de :

positionnement dudit milieu non linéaire afin d'accepter un rayonnement en provenance de ladite source laser  
15 à la longueur d'onde fondamentale ; et

compression dudit milieu positionné, suivant ledit premier axe , afin de créer un différentiel de pression entre lesdits premier et second axes qui suffise à minimiser la formation de domaines qui s'écartent dudit domaine initial.

20 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'opération de positionnement dudit milieu comprend l'opération d'orientation dudit milieu positionné pour faire passer ledit rayonnement à travers ledit milieu positionné, selon un troisième axe cristallographique.

25 3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'opération de positionnement dudit milieu comprend l'opération d'orientation dudit milieu positionné pour faire passer ledit rayonnement à travers ledit milieu positionné, selon un angle prédéterminé par rapport à un plan formé par  
30 ledit premier axe cristallographique et par un troisième axe cristallographique .

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'opération de positionnement comprend l'opération de positionnement dudit milieu non  
35 linéaire à l'intérieur d'une cavité optique résonante qui est

séparée de ladite source laser à la longueur d'onde fondamentale .

5 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'opération de positionnement comprend l'opération de positionnement dudit milieu non linéaire dans une cavité optique résonante de ladite source laser à la longueur d'onde fondamentale.

10 6. Dispositif pour empêcher dans un système laser comportant une source laser à une longueur d'onde fondamentale et un milieu cristallin non linéaire ( 24, 52) pour accepter un rayonnement en provenance de la source laser à la longueur d'onde fondamentale, le milieu non linéaire comportant au moins un premier axe cristallographique de densité plus élevée, un second axe cristallographique de densité plus  
15 faible et un domaine initial sensiblement unique, la formation de domaines dans ledit milieu non linéaire qui dérivent sensiblement du domaine initial, le dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend en combinaison :

20 des moyens (20; 32; 50) pour positionner ledit milieu non linéaire pour accepter un rayonnement en provenance de ladite source laser à la longueur d'onde fondamentale ; et

des moyens (28; ,42, 44; 58,60) pour comprimer ledit milieu positionné, suivant ledit premier axe afin de créer un différentiel de pression entre lesdits premier et second axes  
25 qui suffise pour empêcher toute formation de domaines qui dérivent dudit domaine initial.

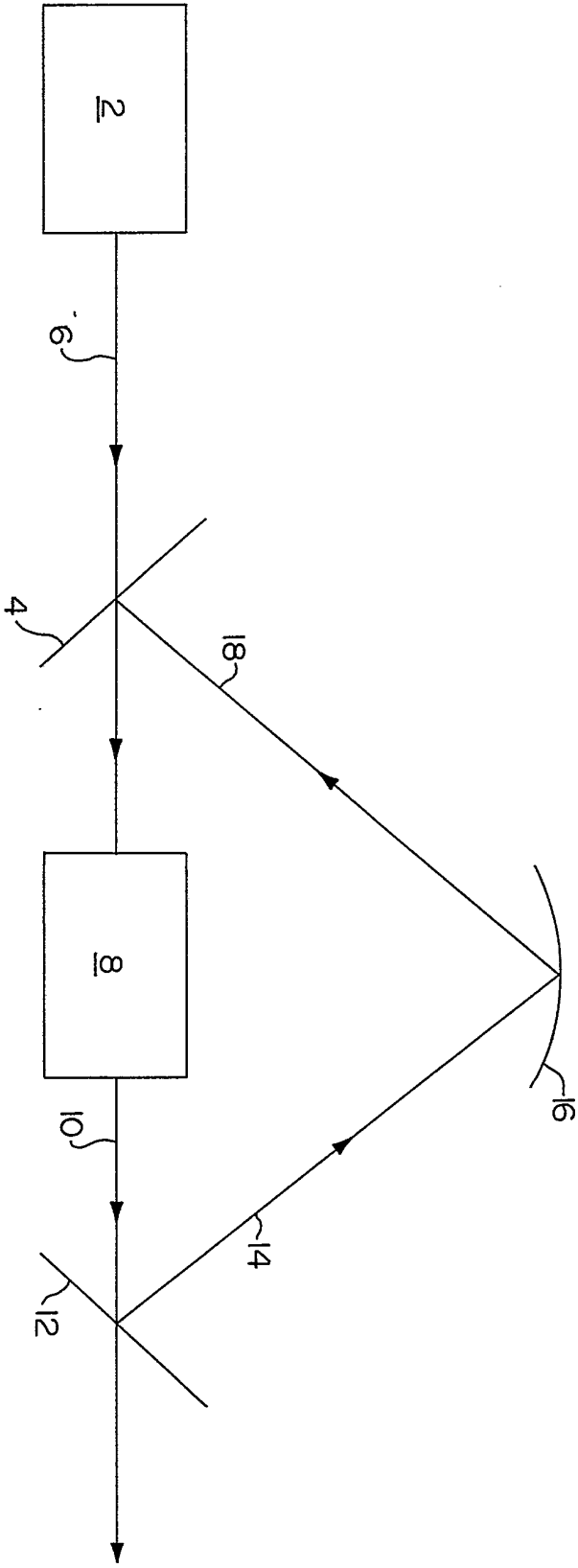
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens pour positionner ledit milieu comprennent des moyens (54, 56) pour orienter ledit milieu positionné afin  
30 de laisser passer ledit rayonnement à travers ledit milieu positionné, selon un troisième axe cristallographique.

8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens pour positionner ledit milieu comprennent des moyens (54, 56) pour orienter ledit milieu positionné pour  
35 laisser passer ledit rayonnement à travers ledit milieu

positionné, selon un angle prédéterminé par rapport à un plan formé par ledit premier axe cristallographique et par un troisième axe cristallographique.

5        9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que les moyens de positionnement comprennent des moyens pour positionner ledit milieu non linéaire à l'intérieur d'une cavité optique résonante qui est séparée de ladite source laser à la longueur d'onde fondamentale .

10       10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que les moyens de positionnement comprennent des moyens pour positionner ledit milieu non linéaire à l'intérieur d'une cavité optique résonante de ladite source laser à la longueur d'onde  
15       fondamentale .



ART ANTERIEUR

FIG. 1

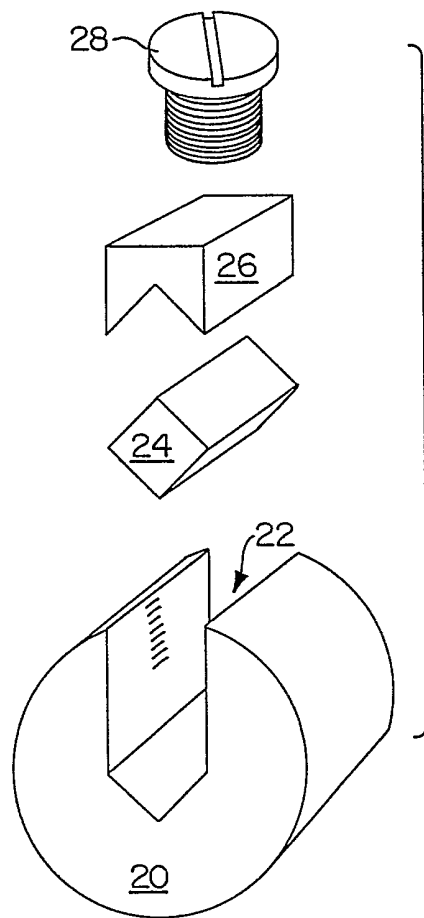


FIG. 2

ART ANTERIEUR

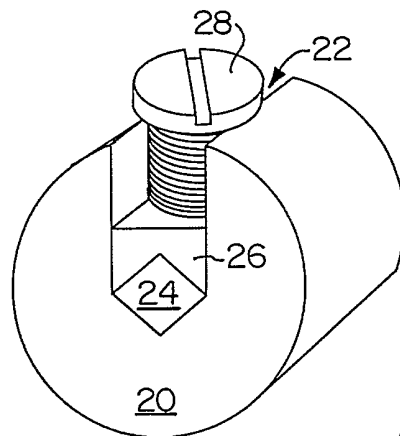


FIG. 3

ART ANTERIEUR

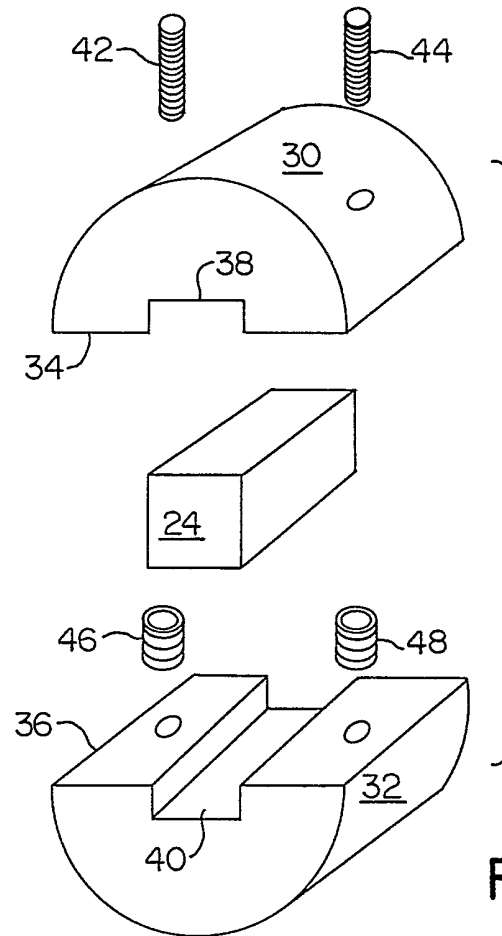


FIG. 4

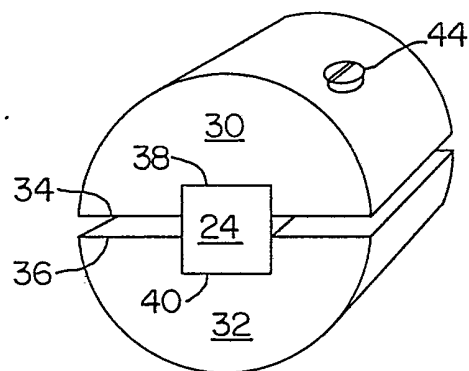


FIG. 5

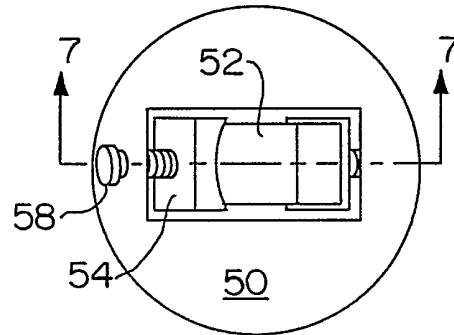


FIG. 6

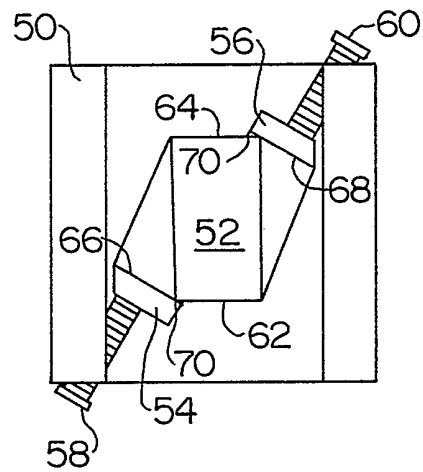


FIG. 7