

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2013年8月1日(01.08.2013)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号

WO 2013/111211 A1

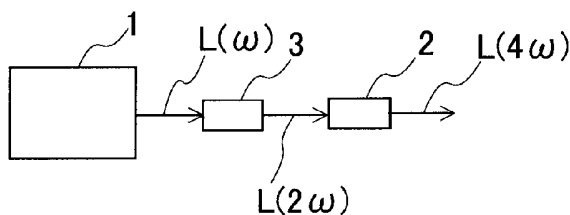
- (51) 国際特許分類:
G02F 1/37 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/005952
- (22) 国際出願日: 2012年9月19日(19.09.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-015136 2012年1月27日(27.01.2012) JP
- (71) 出願人: 大学共同利用機関法人自然科学研究機構 (INTER-UNIVERSITY RESEARCH INSTITUTE CORPORATION NATIONAL INSTITUTES OF NATURAL SCIENCES) [JP/JP]; 〒1818588 東京都三鷹市大沢二丁目2番1号 Tokyo (JP). 株式会社オキサイド (Oxide Corporation) [JP/JP]; 〒4080302 山梨県北杜市武川町牧原1747番地1 Yamanashi (JP).
- (72) 発明者: 平等 拓範 (TAIRA, Takunori); 〒4448585 愛知県岡崎市明大寺町字西郷中38 大学共同利用機関法人自然科学研究機構 分子科学研究所内 Aichi (JP). バンダリ ラケシュ (BHANDARI, Rakesh); 〒4448585 愛知県岡崎市明大寺町字西郷中38 大学共同利用機関法人自然科学研究機構 分子科学研究所内 Aichi (JP). 古川 保典 (FURUKAWA, Yasunori); 〒4080302 山梨県北杜市武川町牧原1747番地1 株式会社オキサイド内 Yamanashi (JP). 宮本 晃男 (MIYAMOTO, Akio); 〒4080302 山梨県北杜市武川町牧原1747番地1 株式会社オキサイド内 Yamanashi (JP). 羽生 真之 (HABU, Masayuki); 〒4080302 山梨県北杜市武川町牧原1747番地1 株式会社オキサイド内 Yamanashi (JP). 田子 毅 (TAGO, Tsuyoshi); 〒4080302 山梨県北杜市武川町牧原1747番地1 株式会社オキサイド内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 大川 宏 (OHKAWA, Hiroshi); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅3丁目2番5号 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: LASER DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ装置

[図2]



(57) Abstract: Provided is an external-resonance laser device for which a nonlinear optical crystal is arranged outside of the resonator, and which has high wavelength conversion efficiency. This laser device is characterized by having: a laser generation means (1) that generates high-intensity laser light; a nonlinear optical crystal (3) to which the high-intensity laser light generated by the laser generation means (1) is incident, and which generates second harmonic wave light; and a different-element flux-less growth nonlinear optical crystal (2) to which the second harmonic wave light generated by the aforementioned nonlinear optical crystal is incident, and which generates fourth harmonic wave light. In addition, the different-element flux-less growth nonlinear optical crystal is not damaged even when high-intensity laser light of 100 MW/cm² or greater is incident.

(57) 要約: 非線形光学結晶を共振器の外に配置する外部共振型で、波長変換効率の高いレーザ装置を提供すること。高強度レーザ光を発生するレーザ発生手段1と、レーザ発生手段1から発生された前記高強度レーザ光が入射されて第2高調波光を発生する非線形光学結晶3と、前記非線形光学結晶から発生された第2高調波光が入射されて第4高調波光を発生する異元素フラックスレス成長非線形光学結晶2とを有し、前記異元素フラックスレス成長非線形光学結晶は100MW/cm²以上の高強度レーザ光が入射されても損傷しないことを特徴とする。



WO 2013/111211 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： レーザ装置

技術分野

[0001] 本発明は、レーザ発振器からのレーザ光を非線形光学結晶で波長変換して波長変換されたレーザ光を出力するレーザ装置に関する。

背景技術

[0002] これまでは、例えば、Qスイッチ型レーザによるナノ秒のジャイアントパルスやモードロックチタンサファイアレーザの超短パルスを用いて高調波を発生させるレーザ装置が開発されている（例えば、特許文献1参照。）。

[0003] また、固体レーザの共振器内に非線形光学結晶を挿入したレーザ装置も報告されている（例えば、特許文献2参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2001-272704号公報

特許文献2：特開平9-232664号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 非線形光学結晶の波長変換効率 η は、次式のように表される。

$$\eta \propto P L^2 d^2$$

[0006] ここで、 P は非線形光学結晶への入射光強度、 L は非線形光学結晶長、 d は非線形光学結晶の非線形係数であり、特にKDP (KH_2PO_4)、BBO ($\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$)、LBO (LiB_3O_5)を用いる。

[0007] したがって、効率 η を大きくするためには、入射光強度 P と非線形光学結晶長 L を大きくし、非線形係数 d の大きな結晶を用いる必要がある。

[0008] 従来のジャイアントパルスQスイッチ固体レーザは、一般に発振器単体ではパルス時間幅がナノ秒オーダーであるため、高強度にするためQスイッチレーザ光をレンズで集光して非線形光学結晶に照射しなければならない。する

と、Lを全部使うことができず有効長はLが集光付近のみになり、大きな結晶を用いても効率を高くすることができない。

[0009] モードロックチタンサファイアレーザは、パルス時間幅がフェムト秒オーダーであるため、同じエネルギーのパルスであれば、それだけ高強度の基本波光となる。しかし、パルス時間幅がフェムト秒オーダーであると、フーリエ限界の関係からスペクトルバンド幅 ($\Delta\lambda$) が広がる。 $\Delta\lambda$ の広い基本波光と位相整合できる非線形光学結晶の長さLは短くなるため、変換効率を高めることができない。

[0010] 非線形光学結晶の結晶成長法にはフラックス成長法とフラックスレス成長法がある。フラックス成長法には、育成すべき結晶の組成と異なる物質をフラックスとして用いる異元素フラックス成長法と、育成すべき結晶と同じ組成の物質をフラックスとして用いる自己フラックス成長法がある。

[0011] これに対し、フラックスレス成長法は、フラックスを使用しないで、結晶を引き上げる速度や引上げ方位などを制御して単結晶を育成させる成長法で、融液成長法とも云われる。

[0012] これまでは、ほとんどの非線形光学結晶が異元素フラックス成長法で作製されていた。例えば、BBO (β -BaB₂O₄) 単結晶の場合、BaB₂O₄ 以外の組成の酸化物融体 (異元素フラックス) 中にBaB₂O₄を融解し、これを徐冷することによって β 相の単結晶を晶出させるという方法がとられていた。フラックスとしては、Na₂B₂O₄、Na₂O、NaF、NaClなどがある。

[0013] 異元素フラックス成長法で作製された非線形光学結晶には、フラックスの成分が不純物として混入するため、結晶品質が低く、不純物が散乱体や吸収の発生原因となることから一般に波長変換効率が低くなる傾向がある。さらに不純物は新たな準位を発生させ、二光子吸収が発生しやすくなるため、波長変換効率を上げるため入射光強度Pを上げると、問題になる場合が多い。

[0014] 固体レーザの共振器内に非線形光学結晶を挿入した内部共振型レーザ装置では、位相整合のために非線形光学結晶の角度を調整すると、共振器のQ値が

低下して発振が不安定になる恐れがある。

[0015] 本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、非線形光学結晶を共振器の外に配置する外部共振型で、波長変換効率の高いレーザ装置を提供することを課題としている。

課題を解決するための手段

[0016] 課題を解決するためになされた本発明のレーザ装置は、高強度レーザ光を発生するレーザ発生手段と、前記レーザ発生手段から発生された前記高強度レーザ光が入射されて第2高調波光を発生する非線形光学結晶と、前記非線形光学結晶から発生された第2高調波光が入射されて第4高調波光を発生する異元素フラックスレス成長非線形光学結晶と、を有し、前記異元素フラックスレス成長非線形光学結晶は 100 MW/cm^2 以上の高強度レーザ光が入射されても損傷しないことを特徴とする。

[0017] パルスエネルギーが同じであればパルス時間幅が短いほどレーザ強度が高くなるが、モードロックレーザのようにパルス時間幅がフェムト秒オーダーであると、レーザ光のスペクトルバンド幅 ($\Delta\lambda$) が広い。 $\Delta\lambda$ の広いレーザ光と位相整合が可能な非線形光学結晶の長さ L は短くなるため、変換効率を高めることができない。

[0018] パルス時間幅がピコ秒～ナノ秒のレーザ光は受動型Qスイッチマイクロチップレーザから容易に発生される。ピコ秒～ナノ秒のレーザ光はスペクトルバンド幅 ($\Delta\lambda$) が狭く、非線形光学結晶の長さ L が大きくても位相整合をとることができるので波長変換効率を高くすることができる。

[0019] また、最近の平等らの技術ではマイクロチップレーザの構成でもミリジュール以上のエネルギーが望めるようになってきたことから高強度 (100 MW/cm^2 以上) であるので、非線形光学結晶に集光照射する必要がなく、非線形光学結晶の長さ L を長くできる。

[0020] また、非線形光学結晶が異元素フラックスレス成長非線形光学結晶であるので、二光子吸収による光損傷が抑制され、波長変換効率を高くすることができる。

- [0021] また、レーザ発生手段から発生された高強度レーザ光が非線形光学結晶で第2高調波光に変換され、異元素フラックスレス成長非線形光学結晶で第4高調波光に変換されるので、紫外レーザ光を効率よく発生することができる。
- [0022] また、前記パルス時間幅は10 ps～5 nsであるとよい。
- [0023] 最近の平等らの技術によるミリジュール以上のマイクロチップレーザーによるパルス時間幅が5 ns以下では、レーザ光強度が高く、入射光強度を上げるためレンズで集光する必要がない。レンズで集光すると、集光付近のみが非線形光学結晶長になり、変換効率を高くすることができない。パルス時間幅が10 ps以上では、スペクトルバンド幅も十分に狭く、結晶長を長くしても位相整合をとり易い。
- [0024] また、前記異元素フラックスレス成長非線形光学結晶は融液（フラックスレス）成長非線形光学結晶又は自己フラックス成長非線形光学結晶であるとよい。
- [0025] 二光子吸収による光損傷が一層抑制され、波長変換効率を一層高くすることができる。
- [0026] また、前記融液（フラックスレス）成長非線形光学結晶は融液（フラックスレス）成長 β -BaB₂O₄（ベータ・バリウムボレイト）であるとよい。
- [0027] 二光子吸収による光損傷がより一層抑制され、波長変換効率をより一層高くすることができる。

発明の効果

- [0028] パルス時間幅がピコ秒～ナノ秒のジャイアントパルス高強度レーザ光はスペクトルバンド幅 ($\Delta\lambda$) が狭く、非線形光学結晶の長さLが長くても位相整合をとることができるので波長変換効率を高くすることができる。また、高強度であるので、非線形光学結晶に集光照射する必要がなく、非線形光学結晶の長さLを長くできる。
- [0029] 非線形光学結晶が異元素フラックスレス成長非線形光学結晶であるので、二光子吸収による光損傷が抑制され、波長変換効率を高くすることができる。

図面の簡単な説明

- [0030] [図1]本発明の実施形態1に係るレーザ装置の概略構成図である。
 [図2]本発明の実施形態2に係るレーザ装置の概略構成図である。
 [図3]実施例1のレーザ装置の概略構成図である。
 [図4]第4高調波変換効率と入射光強度の関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

- [0031] (実施形態1) 本実施形態のレーザ装置は図1に示すように、パルス時間幅がピコ秒～ナノ秒の高強度レーザ光 $L(\omega)$ を発生するレーザ発生手段1と、高強度レーザ光 $L(\omega)$ が入射されて第2高調波光 $L(2\omega)$ を発生する異元素フラックスレス成長非線形光学結晶2と、を有している。ここで、 ω は角周波数であり、波長を λ 、光速を c とすると、 $\omega = 2\pi c / \lambda$ である。したがって、 $L(\omega)$ の波長が λ のとき、 $L(2\omega)$ の波長は $\lambda / 2$ である。
- [0032] レーザ発生手段1としては、パルス時間幅がピコ秒～ナノ秒でピークパワーがサブメガワット以上であればよい。QスイッチバルクYAGレーザ、Qスイッチバルクルビーレーザでもよいが、Qスイッチバルクレーザはパルス時間幅をピコ秒～ナノ秒にすることが難しい。
- [0033] それに対して、Qスイッチマイクロチップレーザは、キャビティ長が短く、パルス時間幅がピコ秒～ナノ秒のレーザ光を容易に発生することができるので、好適である。
- [0034] 異元素フラックスレス成長非線形光学結晶2としては、自己フラックス成長LBO (LiB_3O_5)、自己フラックス成長KTP (KTiOPO_4)、自己フラックス成長YAB ($\text{YAl}_3(\text{BO}_3)_4$)、自己フラックス成長KN (KNbO_3)、自己フラックス成長MgドープLN (Mgドープ LiNbO_3)、自己フラックス成長MgドープLT (Mgドープ LiTaO_3)や、融液(フラックスレス)成長BBO ($\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$)、融液(フラックスレス)成長CLBO ($\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$)、融液(フラックスレス)成長CBO (CsB_3O_5)、融液(フラックスレス)成長YCOB ($\text{YCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$)

）、融液（フラックスレス）成長MgドープLN（MgドープLiNbO₃）、融液（フラックスレス）成長MgドープLT（MgドープLiTaO₃）、融液（フラックスレス）成長LBGO（LaBGeO₅）などを用いることができる。これら結晶は完全単結晶の状態で複屈折を利用して位相整合を取る形態で使用しても良く、あるいは周期的に結晶構造を反転させることで擬似的に位相整合を取る形態で使用しても良い。

[0035] 本実施形態のレーザ装置は異元素フラックスレス成長非線形光学結晶2を有しているので、レーザ発生手段1からのレーザ光L(ω)を第2高調波光L(2ω)に高効率に変換することができる。

[0036]（実施形態2）本実施形態のレーザ装置は、図2に示すように、実施形態1のレーザ装置のレーザ発生手段1と異元素フラックスレス成長非線形光学結晶2の間に非線形光学結晶3を備える点が実施形態1のレーザ装置と相違する。

[0037] 非線形光学結晶3としては、異元素フラックスレス成長非線形光学結晶、異元素フラックス成長非線形光学結晶いずれを用いても良いが、異元素フラックスレス成長非線形光学結晶が好ましい。

[0038] 紫外、極端紫外レーザ光は光子エネルギーが高いため様々な応用が期待されるが、エキシマレーザ等を除くと直接レーザ発振させることが難しい。

[0039] 本実施形態のレーザ装置は、レーザ発生手段1からのレーザ光L(ω)を非線形光学結晶3で第2高調波光L(2ω)に変換し、異元素フラックスレス成長非線形光学結晶2で第4高調波光L(4ω)に変換するので、極短紫外レーザ光を効率よく発生することができる。

[0040] 光子エネルギーが低い（波長が長い）とレーザ発振させやすいため、高強度レーザは近赤外領域（波長が1000nm前後）に集中している。L(ω)の波長 $\lambda = 1064$ nmの場合、L(4ω)の波長は極端紫外の266 nm(= $\lambda / 4$)になる。したがって、本実施形態のレーザ装置から極端紫外レーザ光を効率よく発生することができる。

実施例

- [0041] 実施例のレーザ装置は、実施形態2のレーザ装置の非線形光学結晶3の後にレンズ4を入れて、非線形光学結晶3で波長変換された第2高調波光 $L(2\omega)$ を異元素フラックスレス成長非線形光学結晶2にソフトフォーカスする。
- [0042] レーザ発生手段1は受動Qスイッチマイクロチップレーザであり、11は1.1at.%、[111]カット、 $\phi 5 \times 4$ mmのNd:YAG (Scientific Materials Corp.)である。11aは1064 nmの光に対して高反射率を示し、808 nmの光に対して高透過率を示す膜である。12は初期透過率30%、[100]カット、 $\phi 5 \times 4$ mmの Cr^{4+} :YAG (Scientific Materials Corp.)である。13は出力結合器であり、13aは1064 nmの光に対して50%の透過率を示す膜である。14は、波長808 nm、繰り返し周波数100 Hz、120 Wのレーザ光を発生する励起用半導体レーザである。キャビティ長 $L_c = 11$ mmである。
- [0043] 上記のレーザ発生手段1から波長1064 nm、パルス時間幅365 ps、パルスエネルギー3 mJ、ピークパワー8.2 MW、繰り返し周波数100 Hz、ビーム径1 mm、 $M^2 = 3.5$ のレーザ光 $L(\omega)$ を発生することができた。
- [0044] 非線形光学結晶3に $3 \times 3 \times 10$ mmの異元素フラックス成長LBO (LiB_3O_5)を用いたところ、 $L(\omega)$ が波長1064 nm、ピークパワー7.4 MWのとき波長532 nm、ピークパワー6.3 MWの第2高調波光 $L(2\omega)$ を得た。したがって、非線形光学結晶3の波長変換効率は85%である。
- [0045] 異元素フラックスレス成長非線形光学結晶2に $3 \times 3 \times 6$ mmの融液(フラックスレス)成長BBO ($\beta-BaB_2O_4$)用い、焦点距離 $f = 100$ mmの凸レンズ4の焦点に長さ $L = 6$ mmの中間点を合わせた。焦点での集光スポット径を $2w_0$ ($= 0.82$ mm)とすると、焦点の前後で $2w_0$ の $\sqrt{2}$ 倍の $2\sqrt{2}w_0$ になる焦点からの距離 Z_R ($= 13.7$ mm)をレーザレーン

ジと云い、 $2 Z_R (= 27.4 \text{ mm})$ をコンフォーカルレングスと云う。焦点位置での変換効率を上げるためには焦点距離の短いレンズで集光スポット径を小さくしてその位置の入射レーザ光の強度 (= パワー / 集光スポット面積) 高くすればよいが、焦点距離の短いレンズで集光すると焦点から少し外れるとスポット径が急激に大きくなり (入射光強度が減少し) 焦点から外れた位置での変換効率が低下してしまう。また、焦点位置でも入射光強度が高いため二光子吸収とポンプ消耗の組み合わせで変換効率が低下してしまう。そこで、上記のようにレンズ4として焦点距離の長いレンズを用い、異元素フラックスレス成長非線形光学結晶2の長さLより $2 Z_R$ を長くし、異元素フラックスレス成長非線形光学結晶2の両端面でのスポット径を $2\sqrt{2} w_0$ 未満にした。このような集光照射をソフトフォーカスと呼ぶことにする。

[0046] 融液 (フラックスレス) 成長 BBO ($\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$) 2 に波長 532 nm の第 2 高調波光 L (2ω) をレンズ4で集光照射したときの第 4 高調波光 L (4ω) の変換効率と入射光強度の関係を図4に示す。

[0047] 図4で曲線イが本実施例の場合で、変換効率の飽和が 0.6 GW/cm^2 から起き、変換効率は約 60% に達することがわかる。

[0048] [比較例]

上記実施例のレーザ装置において、融液 (フラックスレス) 成長 BBO ($\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$) 2 を異元素フラックス成長 BBO ($\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$) に変更した以外は、実施例と同じである。

[0049] 異元素フラックス成長 BBO ($\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$) 2 に波長 532 nm の第 2 高調波光 L (2ω) をレンズ4で集光照射したときの第 4 高調波光 L (4ω) の変換効率と入射光強度の関係を図4に示す。

[0050] 図4で曲線ロが本比較例の場合で、変換効率の飽和が 0.3 GW/cm^2 から起き、変換効率が約 35% であることがわかる。

[0051] 異元素フラックス成長 BBO ($\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$) の場合、変換効率の飽和が 0.3 GW/cm^2 と低い強度で起こるのは二光子吸収によるものと考えられる。

符号の説明

- [0052] 1 レーザ発生手段
2 異元素フラックスレス成長非線形光学結晶
3 非線形光学結晶

請求の範囲

- [請求項1] 高強度レーザ光を発生するレーザ発生手段と、
前記レーザ発生手段から発生された前記高強度レーザ光が入射されて第2高調波光を発生する非線形光学結晶と、
前記非線形光学結晶から発生された第2高調波光が入射されて第4高調波光を発生する異元素フラックスレス成長非線形光学結晶と、を有し、
前記異元素フラックスレス成長非線形光学結晶は 100 MW/cm^2 以上の高強度レーザ光が入射されても損傷しないことを特徴とするレーザ装置。
- [請求項2] 前記高強度レーザ光のパルス時間幅は $10\text{ ps} \sim 5\text{ ns}$ である請求項1に記載のレーザ装置。
- [請求項3] 前記異元素フラックスレス成長非線形光学結晶は融液（フラックスレス）成長非線形光学結晶又は自己フラックス成長非線形光学結晶である請求項1または2に記載のレーザ装置。
- [請求項4] 前記融液（フラックスレス）成長非線形光学結晶は融液（フラックスレス）成長 $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ （ベータ・バリウムボレイト）である請求項3に記載のレーザ装置。

補正された請求の範囲
[2013年5月22日(22.05.2013)国際事務局受理]

[請求項1] (補正後)

高強度レーザ光を発生するレーザ発生手段と、
前記レーザ発生手段から発生された前記高強度レーザ光が入射されて第2高調波光を発生する非線形光学結晶と、
前記非線形光学結晶から発生された第2高調波光を集光するレンズと、
前記レンズの焦点に中間付近が位置するように配置された長さがLの異元素フラックスレス成長非線形光学結晶と、を有し、
前記レンズのコンフォーカルレンジは前記Lより長く、前記異元素フラックスレス成長非線形光学結晶は 100 MW/cm^2 以上の高強度レーザ光が入射されても損傷しないことを特徴とするレーザ装置。

[請求項2]

前記高強度レーザ光のパルス時間幅は $10\text{ ps} \sim 5\text{ ns}$ である請求項1に記載のレーザ装置。

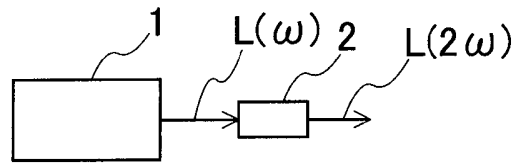
[請求項3]

前記異元素フラックスレス成長非線形光学結晶は融液(フラックスレス)成長非線形光学結晶又は自己フラックス成長非線形光学結晶である請求項1または2に記載のレーザ装置。

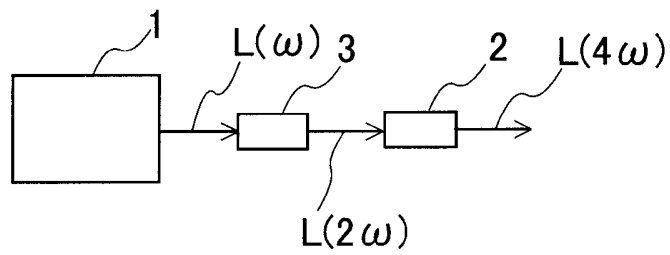
[請求項4]

前記融液(フラックスレス)成長非線形光学結晶は融液(フラックスレス)成長 $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ (ベータ・バリウムボレイト)である請求項3に記載のレーザ装置。

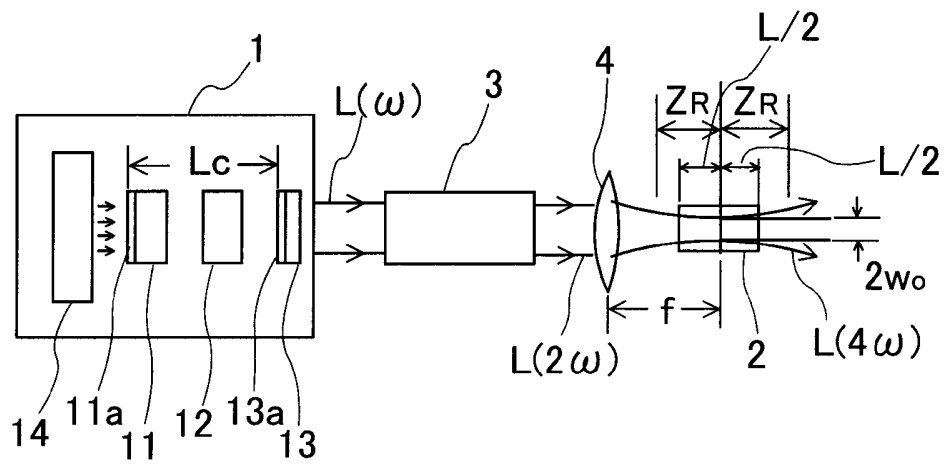
[図1]



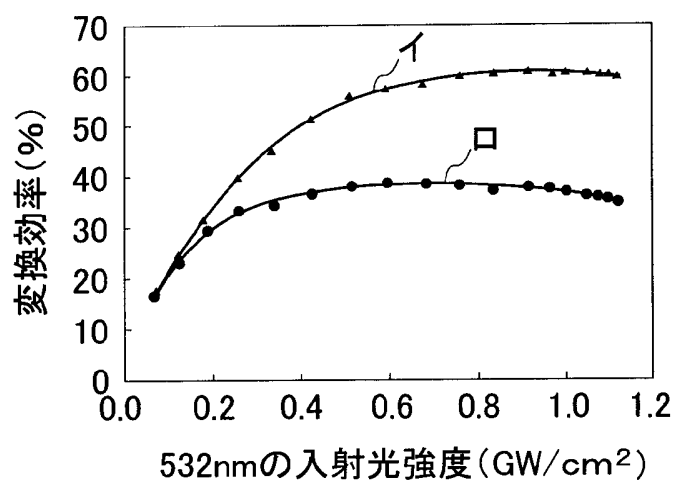
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/005952

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/37(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F1/35-1/39, H01S3/00, 3/109, 5/14, C30B15/00, 29/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII), Science Direct, Scopus

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	Bhandari Rakesh, Takunori TAIRA, "Micro Chip Laser to Flacs Less BBO ni yoru Sento Shutsuryoku 2MW, Hacho 266nm Hikari Hassei", Extended Abstracts, Japan Society of Applied Physics and Related Societies, Vol.59th, 29 February 2012 (29.02.2012), page ROMBUNNO. 17P-E8-17	1-4
Y	JP 2003-50413 A (Sony Corp.), 21 February 2003 (21.02.2003), paragraph [0073] & US 2003/0099262 A1 & US 2003/0198261 A1	1-4
Y	JP 2010-54547 A (Lasertec Corp.), 11 March 2010 (11.03.2010), paragraphs [0023] to [0030]; fig. 1 (Family: none)	1-4

 Further documents are listed in the continuation of Box C.
 See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 October, 2012 (04.10.12)Date of mailing of the international search report
23 October, 2012 (23.10.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/005952

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-69581 A (Fuji Photo Optical Co., Ltd.), 11 March 1994 (11.03.1994), paragraphs [0004] to [0005] (Family: none)	1-4
Y A	JP 2003-285187 A (Hoya Photonics Kabushiki Kaisha), 07 October 2003 (07.10.2003), paragraphs [0023] to [0025] (Family: none)	2 1, 3, 4
Y A	JP 2005-187230 A (Oxide Corp.), 14 July 2005 (14.07.2005), paragraph [0017] (Family: none)	3 1, 2, 4
Y A	JP 2001-322896 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 20 November 2001 (20.11.2001), paragraph [0002] (Family: none)	4 1-3
Y A	KANNAN, C.V., et al., Ferroelectric and NLO Studies on Self-Flux Grown KTiOPO ₄ Single Crystals, Ferroelectrics, 2005, Vol.323, pp.139-144	1-3 4
Y A	JP 7-50442 A (Hoya Corp.), 21 February 1995 (21.02.1995), paragraphs [0016] to [0024], [0031]; fig. 1 (Family: none)	1-3 4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02F1/37(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02F1/35-1/39, H01S3/00, 3/109, 5/14, C30B15/00, 29/30		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII), Science Direct, Scopus		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
P, X	バンダリ・ラケシュ, 平等拓範, マイクロチップレーザーとフラックスレス BBO による尖頭出力 2MW, 波長 266nm 光発生, 応用物理学関係連合講演会講演予稿集, Vol.59th, 2012.02.29, p. ROMBUNNO.17P-E8-17	1-4
<input checked="" type="checkbox"/> C 欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 04.10.2012	国際調査報告の発送日 23.10.2012	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号	特許庁審査官 (権限のある職員) 山本 貴一 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2 X 4086

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2003-50413 A (ソニー株式会社) 2003. 02. 21, 段落【0073】 & US 2003/0099262 A1 & US 2003/0198261 A1	1-4
Y	JP 2010-54547 A (レーザーテック株式会社) 2010. 03. 11, 段落【0023】 - 【0030】, 第1図 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 6-69581 A (富士写真光機株式会社) 1994. 03. 11, 段落【0004】 - 【0005】 (ファミリーなし)	1-4
Y A	JP 2003-285187 A (HOYAフォトニクス株式会社) 2003. 10. 07, 段落【0023】 - 【0025】 (ファミリーなし)	2 1, 3, 4
Y A	JP 2005-187230 A (株式会社オキサイド) 2005. 07. 14, 段落【0017】 (ファミリーなし)	3 1, 2, 4
Y A	JP 2001-322896 A (三菱重工株式会社) 2001. 11. 20, 段落【0002】 (ファミリーなし)	4 1-3
Y A	KANNAN, C.V., et al., Ferroelectric and NLO Studies on Self-Flux Grown KTiOPO_4 Single Crystals, Ferroelectrics, 2005, Vol. 323, pp. 139-144	1-3 4
Y A	JP 7-50442 A (ホーヤ株式会社) 1995. 02. 21, 段落【0016】 - 【0024】, 【0031】, 第1図 (ファミリーなし)	1-3 4