

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4409573号

(P4409573)

(45) 発行日 平成22年2月3日(2010.2.3)

(24) 登録日 平成21年11月20日(2009.11.20)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 1 S	3/094	(2006.01)	HO 1 S	3/094	S
HO 1 S	3/06	(2006.01)	HO 1 S	3/06	Z

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2006-511289 (P2006-511289)	(73) 特許権者	503360115 独立行政法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町四丁目1番8号
(86) (22) 出願日	平成17年3月23日(2005.3.23)	(73) 特許権者	503098724 株式会社オキサイド 山梨県北杜市武川町牧原1747番地1
(86) 国際出願番号	PCT/JP2005/005177	(74) 代理人	100089635 弁理士 清水 守
(87) 国際公開番号	W02005/091448	(72) 発明者	ダスカル トライアン 日本国愛知県岡崎市明大寺字伝馬8番地1 三島ロジ
(87) 国際公開日	平成17年9月29日(2005.9.29)	(72) 発明者	常包 正樹 日本国愛知県岡崎市藪田一丁目12番10 号 エクセル藪田N-201
審査請求日	平成20年3月6日(2008.3.6)		
(31) 優先権主張番号	特願2004-87362 (P2004-87362)		
(32) 優先日	平成16年3月24日(2004.3.24)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体レーザー装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

中央にレーザー発振元素を含む円筒状のコアを有し、該円筒状のコアの周囲に一体化された光ガイドを有し、一方の面がヒートシンクに固着された固体レーザー結晶の前記光ガイドの外側より励起光を導入し、前記円筒状のコアを励起することでレーザー発振を行わせる固体レーザー装置であって、前記光ガイドは前記励起光と直交する入射面と、さらに該直交する入射面に隣接する両方の側に前記励起光と特定の角度をなす入射面とを有し、前記励起光は前記直交する入射面および前記特定の角度をなす入射面とで構成される前記光ガイドの光入射窓に直進し、前記励起光を導入する前記光ガイドの光入射窓によって前記励起光のうち前記特定の角度をなす入射面に入射する励起光が屈折して前記円筒状のコアの方へ曲がることにより、より多くの前記励起光を前記円筒状のコアに取り込むようにしたことを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項2】

請求項1記載の固体レーザー装置において、前記光ガイドの光入射窓が前記光ガイドの外周面の4箇所に等間隔に配置され、前記円筒状のコアを中心に前記光ガイドの光入射窓に4方向から入射する励起光に対し、より多くの励起光を前記円筒状のコアに取り込むようにしたことを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項3】

請求項1又は2記載の固体レーザー装置において、前記光ガイドの光入射窓の入射面の特定の角度がブリュースター角であることを特徴とする固体レーザー装置。

10

20

## 【請求項 4】

中央にレーザー発振元素を含む円筒状のコアを有し、該円筒状のコアの周囲に一体化された光ガイドを有し、一方の面がヒートシンクに固着された固体レーザー結晶の前記光ガイドの外側より励起光を導入し、前記円筒状のコアを励起することでレーザー発振を行わせる固体レーザー装置であって、前記光ガイドは四角筒状の光ガイドであり、該光ガイドは外周に入射面を有する4つの光入射窓を有し、前記円筒状のコアの外周と前記入射窓との距離が小さく、さらに励起光の幅が前記円筒状のコアの直径と略同じサイズであり、前記四角筒状の光ガイドの角部を中心として前記4つの入射面のうち隣接する少なくとも2つの入射面に入射する前記励起光が屈折して前記円筒状のコアの方へ曲がることにより、より多くの励起光を前記円筒状のコアに取り込むようにしたことを特徴とする固体レーザー装置。

10

## 【請求項 5】

請求項 4 記載の固体レーザー装置において、前記励起光が前記円筒状のコアを中心として対向する2つの方向から入射され、前記四角筒状の光ガイドの角部を中心として前記4つの入射面の全てに入射する前記励起光が屈折して前記円筒状のコアの方へ曲がることにより、より多くの励起光を前記円筒状のコアに取り込むようにしたことを特徴とする固体レーザー装置。

## 【請求項 6】

請求項 4 又は 5 記載の固体レーザー装置において、前記光ガイドの光入射窓の入射面と前記励起光との交差角度がブリュスター角であることを特徴とする固体レーザー装置。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、固体レーザー装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来の固体レーザー装置として、結晶の中央部にレーザー発振元素を含むコアを有し、このコアの周囲に励起光を導波するための透明な光ガイドを有する厚さ1mm以下の薄い結晶が配置され、その結晶のレーザー光を出射する面と反対側の面がヒートシンクに固着され、冷却される構造を有するものが示されている（下記特許文献1、非特許文献1、2）。

30

【特許文献1】米国特許第6625193号公報

【非特許文献1】オプティクス・レターズ、27巻（2002年発行）、1791頁

【非特許文献2】アプライド・フィジックス・レターズ、83巻（2003年発行）、4086頁

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

しかしながら、上記した従来技術では、図1および図2に示すように、励起光104を入射する光ガイド102の光入射窓103は、単に励起光104の光軸に対して垂直な平面103Aまたは曲面103Bであり、特に、励起光104をコア101に導くための積極的な構造および効果は有していなかった。

40

## 【0004】

また、励起光をコアに集光するために光ガイドの手前でレンズが用いられていた。しかし、LD（半導体レーザー）の横方向（遅相軸）の光はコヒーレンスが低いためにレンズを用いても励起光を狭い幅に集光することが難しく、特にコアの外形が小さい、またはコアに比べて励起光の幅が大きい場合、励起光の集光効率が低下するという問題があった。

## 【0005】

また図2のように光ガイドの入射窓が曲率を有する場合、励起光は窓で屈折して、光ガイド内でややコアに向かって進行方向が曲げられるため、図1の例に比べより多くの励起

50

光がコアに入射する場合があるが、コアや励起光の幅、コアと励起窓の距離などで最適な曲率が大きく変化し、その許容範囲も狭いために条件によって、ウィンドウ面に最適な曲率が機械的に加工できない場合があった。またウィンドウの表面を高精度に曲率に加工することは製造コストが高くなるという問題もあった。

【0006】

本発明は、上記状況に鑑み、そのままでは結晶のコア部を通過しない励起光に対し、その光が通過する入射面に特定の角度を設け、角度によって光が屈折し曲がることにより、レンズを用いることなく、しかもレンズを用いた場合より効率よく励起光がコア内を透過することができる固体レーザー装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕中央にレーザー発振元素を含む円筒状のコアを有し、この円筒状のコアの周囲に一体化された光ガイドを有し、一方の面がヒートシンクに固着された固体レーザー結晶の前記光ガイドの外側より励起光を導入し、前記円筒状のコアを励起することでレーザー発振を行わせる固体レーザー装置であって、前記光ガイドは前記励起光と直交する入射面と、さらにこの直交する入射面に隣接する両方の側に前記励起光と特定の角度をなす入射面とを有し、前記励起光は前記直交する入射面および前記特定の角度をなす入射面とで構成される前記光ガイドの光入射窓に直進し、前記励起光を導入する前記光ガイドの光入射窓によって前記励起光のうち前記特定の角度をなす入射面に入射する励起光が屈折して前記円筒状のコアの方へ曲がることにより、より多くの前記励起光を前記円筒状のコアに取り込むようにしたことを特徴とする。

【0008】

〔2〕上記〔1〕記載の固体レーザー装置において、前記光ガイドの光入射窓が前記光ガイドの外周面の4箇所等に等間隔に配置され、前記円筒状のコアを中心に前記光ガイドの光入射窓に4方向から入射する励起光に対し、より多くの励起光を前記円筒状のコアに取り込むようにしたことを特徴とする。

【0009】

〔3〕上記〔1〕又は〔2〕記載の固体レーザー装置において、前記光ガイドの光入射窓の入射面の特定の角度がブリュスター角であることを特徴とする。

【0010】

〔4〕中央にレーザー発振元素を含む円筒状のコアを有し、この円筒状のコアの周囲に一体化された光ガイドを有し、一方の面がヒートシンクに固着された固体レーザー結晶の前記光ガイドの外側より励起光を導入し、前記円筒状のコアを励起することでレーザー発振を行わせる固体レーザー装置であって、前記光ガイドは四角筒状の光ガイドであり、この光ガイドは外周に入射面を有する4つの光入射窓を有し、前記円筒状のコアの外周と前記入射窓との距離が小さく、さらに励起光の幅が前記円筒状のコアの直径と略同じサイズであり、前記四角筒状の光ガイドの角部を中心として前記4つの入射面のうち隣接する少なくとも2つの入射面に入射する前記励起光が屈折して前記円筒状のコアの方へ曲がることにより、より多くの励起光を前記円筒状のコアに取り込むようにしたことを特徴とする。

【0011】

〔5〕上記〔4〕記載の固体レーザー装置において、前記励起光が前記円筒状のコアを中心として対向する2つの方向から入射され、前記四角筒状の光ガイドの角部を中心として前記4つの入射面の全てに入射する前記励起光が屈折して前記円筒状のコアの方へ曲がることにより、より多くの励起光を前記円筒状のコアに取り込むようにしたことを特徴とする。

【0012】

〔6〕上記〔4〕又は〔5〕記載の固体レーザー装置において、前記光ガイドの光入射窓の入射面と前記励起光との交差角度がブリュスター角であることを特徴とする。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0013】

本発明によれば、複雑な光学系を必要とせず、固体レーザー装置の光入射窓の入射面を簡単に加工するだけで励起光を効率よく中心のコア部分に集光することができる。特に、高出力励起用LDは集光性が悪いため、本発明による改善の効果は高い。また、入射面の角度等を変化させることで、コア内での励起光の吸収分布を任意に可変とすることができる。

## 【0014】

したがって、レーザーの高い発振効率とビーム品質を得ることができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

10

## 【0015】

中央にレーザー発振元素を含む円筒状のコアを有し、この円筒状のコアの周囲に一体化された光ガイドを有し、一方の面がヒートシンクに固着された固体レーザー結晶の前記光ガイドの外側より励起光を導入し、前記円筒状のコアを励起することでレーザー発振を行わせる固体レーザー装置であって、前記光ガイドは前記励起光と直交する入射面と、さらにこの直交する入射面に隣接する両方の側に前記励起光と特定の角度をなす入射面とを有し、前記励起光は前記直交する入射面および前記特定の角度をなす入射面とで構成される前記光ガイドの光入射窓に直進し、前記励起光を導入する前記光ガイドの光入射窓によって前記励起光のうち前記特定の角度をなす入射面に入射する励起光が屈折して前記円筒状のコアの方へ曲がることにより、より多くの前記励起光を前記円筒状のコアに取り込むようにした。よって、複雑な光学系を必要とせず、結晶の入射面を簡単に加工するだけで励起光を効率よく中心のコア部分に集光することができる。

20

## 【0016】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

## 【実施例】

## 【0017】

図3は本発明の第1実施例を示す固体レーザー装置の要部平面図、図4はレーザー結晶と励起光、およびレーザー共振器の全体を示す断面図である。

## 【0018】

まず、図3において、1はレーザー発振元素を含む円筒状のコア、2はその円筒状のコア1の周囲に配置される光ガイド、3は励起光4を入射させるための光ガイド2の光入射窓であり、3A~3Cは光入射窓3の入射面である。この光入射窓3の入射面3B, 3Cは励起光4に対して角度を持たせることで励起光4が光ガイド2内に入射する際に屈折し、その進行方向がコア1側に向くように構成したものである。

30

## 【0019】

図3のように、励起光4が横方向にほぼ平行に進んでいる場合で、励起光4に対し直交する入射面3Aの幅をWとし、この幅Wがコア1の外形(ここでは直径D)と同等であるとする。励起光4の幅が幅Wより小さい時、幅Wを有する入射面3Aに入射した励起光4Aはそのまま直線的にコア1を透過することになる。一方、励起光4の幅が幅Wより大きい時、幅Wを有する入射面3Aより外側の入射面3Bと3Cに入射する励起光4Bについては、図1に示す従来例のように光入射窓3が励起光4Bに対して垂直であれば、励起光4Bはそのまま進んでコア1を通過しないが、図3に示すように、入射面3B, 3Cに励起光4Bに対して角度を持たせると、励起光4Bは入射面3B, 3Cで屈折し、進行方向が曲がりコア1を透過するようになる。なお、角度、幅Wは、コア1の形状、大きさ、光入射窓3からの中心位置、入射する励起光4の全幅、および横方向の広がり角等に合わせて適切に選択される。

40

## 【0020】

このような構成により、励起光4の幅がコア1の外径より大きくても、簡単な構成でコア1内に励起光4を通過させることができる。

## 【0021】

50

次に、図4において、5はヒートシンク、6はそのヒートシンク5上に形成される高熱伝導性接着層、7はその高熱伝導性接着層6上に形成される全反射膜、8はコア1および光ガイド2上に形成される反射防止膜、9は出力ミラー、10はレーザー発振光、11はヒートシンク、12はそのヒートシンク11に搭載されるLDチップ、13はマイクロレンズ、14, 15は集光レンズである。

【0022】

図4に示すように、積層されたLDチップ12から出た励起光4はそれぞれマイクロレンズ13により進相軸方向がコリメートされ、集光レンズ14を透過し、集光レンズ15で光ガイド2の側面の光入射窓3に集光される。集光レンズ14は励起光4の遅相軸方向を集光する場合に使用される。光入射窓3から光ガイド2内に入射した励起光4は光ガイド2の上下の境界で全反射を繰り返しながら光ガイド2内を伝搬し、円筒状のコア1に到達する。その円筒状のコア1内には励起光4を吸収しレーザー光を誘導放出するレーザー発振元素が添加されており、出力ミラー9と全反射膜7との間でレーザー共振器が構成され、レーザー発振が起こる。円筒状のコア1及び光ガイド2は全反射膜7および高熱伝導性接着層6を介してヒートシンク5に固定されており、円筒状のコア1内で励起光4を吸収した際に発生する熱を効果的に放熱する効果を有している。

10

【0023】

円筒状のコア1の材質としては、例えば、Yb(イッテルビウム)をレーザー発振元素として含むYAG(イットリウム・アルミニウム・ガーネット)、光ガイド2の材料としてはレーザー発振元素を含まないYAGが代表例であるが、発振元素としては、他にNd(ネオジウム)でもよいし、Tm(ツリウム)、Ho(ホロミウム)などの遷移金属でもよい。またCr(クロム)やTi(チタン)でもよいし、それを複数含んでもよい。また、コア1や光ガイド2の母材としてはYAG以外にYVO<sub>4</sub>(イットリウム・バナデート)、GdVO<sub>4</sub>(ガドリウムバナデート)、YLF(イットリウム・リチウム・フロライド)、GGG(ガドリウム・ガリウム・ガーネット)などでもよい。また、材料としては結晶構造であっても良く透光性セラミックであっても良い。励起光4はレーザー発振元素が吸収する波長であればよく、例えば、Yb:YAGコアであれば、940nmまたは970nmが適している。すなわち、使用する円筒状のコア1の材料に応じて励起光の波長が選択される。

20

【0024】

また、円筒状のコア1および光ガイド2の母材は異なるものでもよいが、同じものの方が屈折率が近いために境界での光の損失を抑えることができる。また、コア1と光ガイド2は製造の過程で一体化されている方が取り扱いが容易で、かつ境界での光の損失を抑えることができる。

30

【0025】

高熱伝導性接着層6は有機系、無機系の接着剤でもよいし、Au, Ag, Sn, Sb, In, Pb, Zn, Cuなどを含む金属はんだ材料でも構わない。

【0026】

ヒートシンク5はCu, CuWなどの金属材料をはじめ、ダイヤモンド、SiC, AlN, BeO, CBN, DLCなどの非金属、複合材料でもよい。

40

【0027】

図5は本発明の第2実施例を示す固体レーザー装置の要部平面図である。

【0028】

この図において、21はレーザー発振元素を含む円筒状のコア、22はその円筒状のコア1の周囲に配置される八角筒状の光ガイド、23は励起光4を入射させるための光ガイド22の光入射窓であり、この入射窓23は、全体で八角形状の入射面23A~23Hを構成している。入射面23A、23C、23E、23Gの幅Wは円筒状のコア21の直径Dに等しく、励起光24~27と直交する平面を形成している。一方、入射面23B、23D、23F、23Hは入射面23A、23C、23E、23Gの間を結ぶ平面を形成している。ここで、24は励起光23~26と入射面23B、23D、23F、23Hとのな

50

す角である。

【0029】

この実施例でも、上記した第1実施例と同様に、励起光24～27の幅が入射面23A、23C、23E、23Gの幅Wより大きい場合でも、入射面23B、23D、23F、23Hでの屈折によって、より多くの励起光を円筒状のコア21に取り込むことができる。

【0030】

さらにこの実施例では、1つのレーザー発振元素を含む円筒状のコア21の四方向から励起光24～27を入射窓23を介して光ガイド22に入射して励起するようにしている。

10

【0031】

このように多方面から励起を行うことで、円筒状のコア21内に強い励起を起こすことができるため、高いレーザー出力を得ることができる。この例では励起光は四方向から照射するようにしているが、さらに多くの方向から照射するようにしてもよい。

【0032】

図6は本発明の第3実施例を示す固体レーザー装置の要部平面図である。

【0033】

この図において、31は円筒状のコア、32はこの円筒状のコア31の周囲に配置される四角筒状の光ガイド、33はその光ガイド32の光入射窓、34は励起光である。なお、33A～33Dは光入射窓33の入射面である。

20

【0034】

この実施例では、励起光34に直交する入射面(図3、図5における入射面3A、23A、23C、23E、23Gが対応)が存在しない。ここでは、励起光34と入射面33A～33Dとのなす角は45°である。

【0035】

この実施例は、円筒状のコア31が入射窓33に近く、さらに励起光34の幅が円筒状のコア31の直径と略同じかわずかに大きい場合に有効である。この場合、全ての励起光34が角度θで入射面33A～33Dへ入射し屈折を受け円筒状のコア31を透過することができる。励起光に対し垂直な入射窓がなく面が少ないために加工が簡単で、レーザー装置のコストを下げることができる。

30

【0036】

図7は本発明の第4実施例を示す固体レーザー装置の要部平面図である。

【0037】

この図において、41は円筒状のコア、42はこの円筒状のコア41の周囲に配置される菱形筒状の光ガイド、43はその光ガイド42の光入射窓、44、45は励起光である。なお、43A～43Dは光入射窓43の入射面である。

【0038】

この実施例でも、励起光44、45に直交する入射面(図3、図5における入射面3A、23A、23C、23E、23Gが対応)は存在しない。ここでは、励起光44、45と入射面43A～43Dとのなす角はブリュースター角の28.8°に設定したものである。

40

【0039】

このように構成することにより、励起光44、45の電界の振動方向が図7のA方向であれば、入射窓43に無反射コーティングを行わなくてもほとんどの励起光44、45が光ガイド42内に導入されるため、低価格で効率のよい励起が可能になる。

【0040】

この実施例では、円筒状のコア41に向かって2方向から励起を行うようにしており、また、屈折率1.82のYAGを菱形筒状の光ガイド42の材質としているが、ブリュースター角は光ガイドの材質、屈曲率や励起光の波長などで変化するために実際に使用するガイド材料の組み合わせで適切に設定される。

50

## 【 0 0 4 1 】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

## 【産業上の利用可能性】

## 【 0 0 4 2 】

本発明の固体レーザー装置は、レーザーの高い発振効率とビーム品質を得ることができる固体レーザー装置として利用可能である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 4 3 】

【図 1】従来の固体レーザー装置（その 1）の要部平面図である。

10

【図 2】従来の固体レーザー装置（その 2）の要部平面図である。

【図 3】本発明の第 1 実施例を示す固体レーザー装置の要部平面図である。

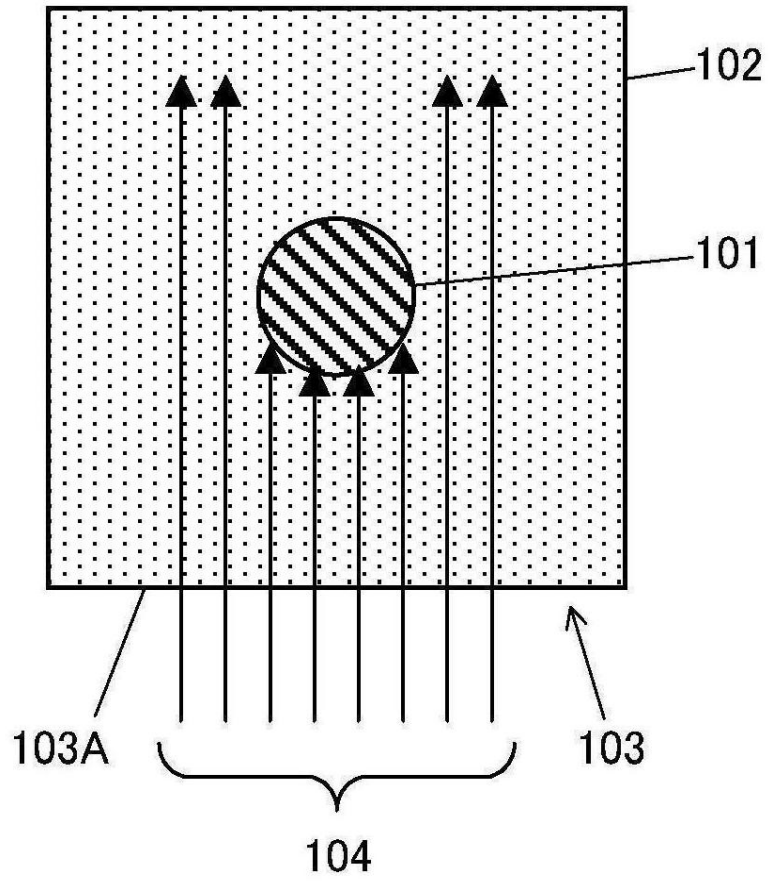
【図 4】本発明のレーザー結晶と励起光、およびレーザー共振器の全体を示す断面図である。

【図 5】本発明の第 2 実施例を示す固体レーザー装置の要部平面図である。

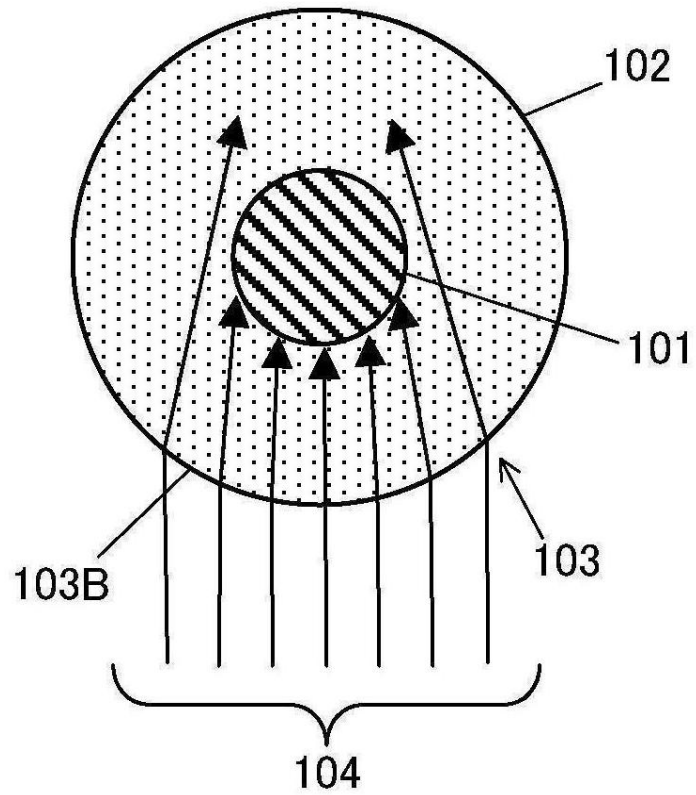
【図 6】本発明の第 3 実施例を示す固体レーザー装置の要部平面図である。

【図 7】本発明の第 4 実施例を示す固体レーザー装置の要部平面図である。

【図1】

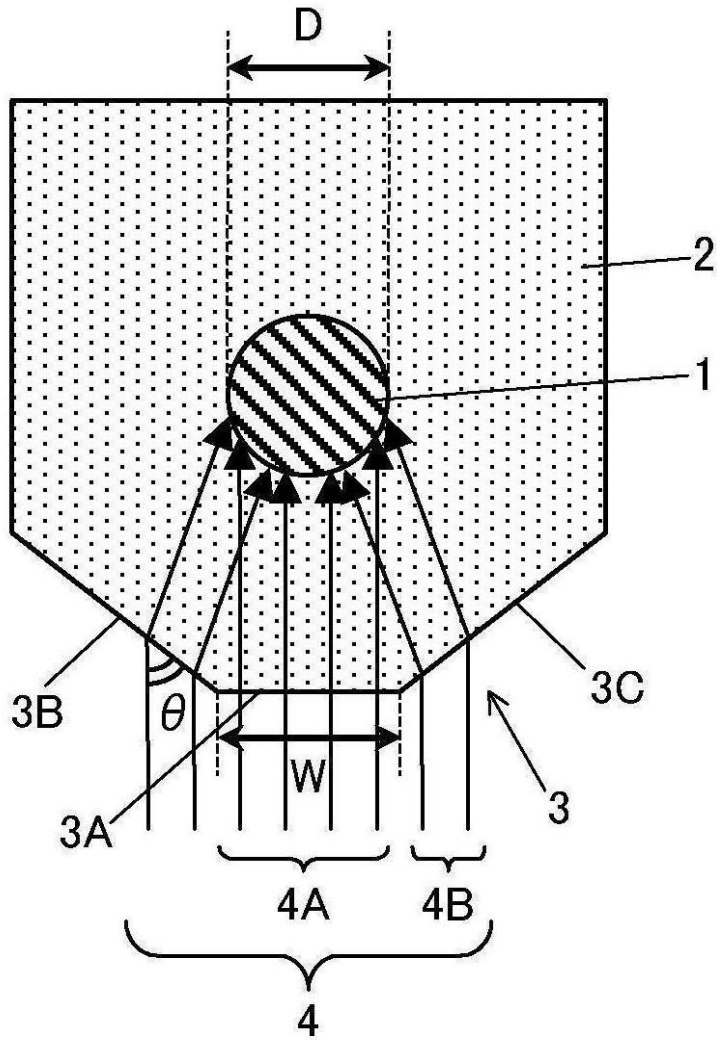


【図2】

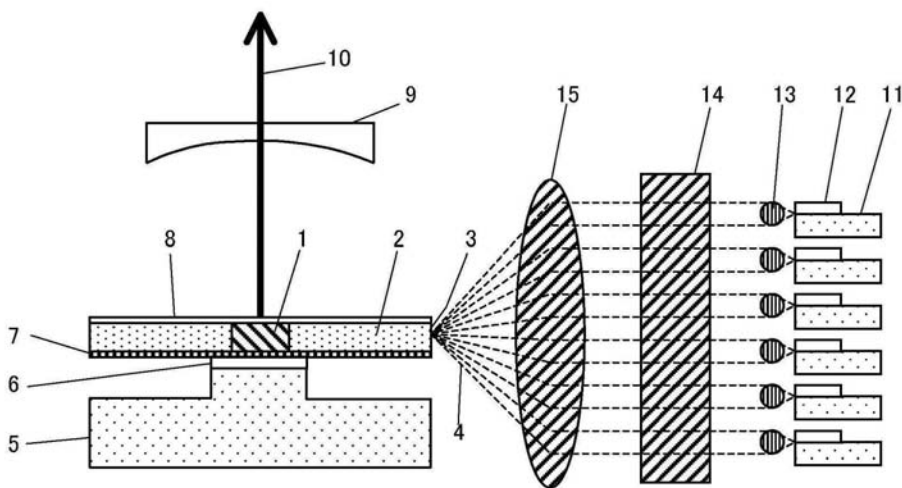




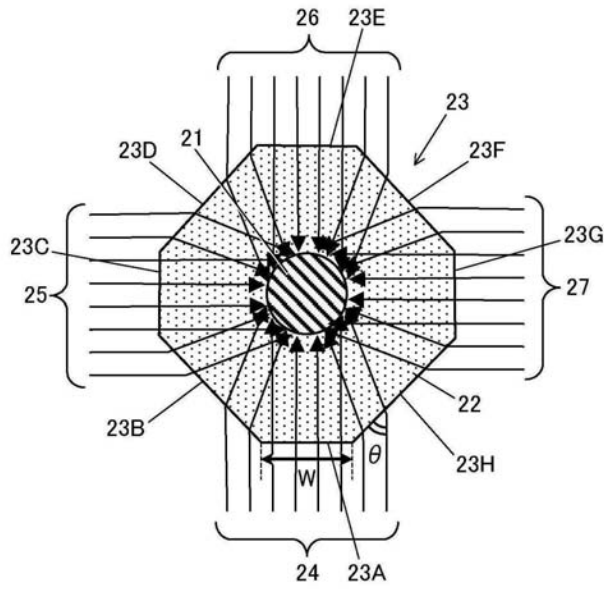
【 図 3 】



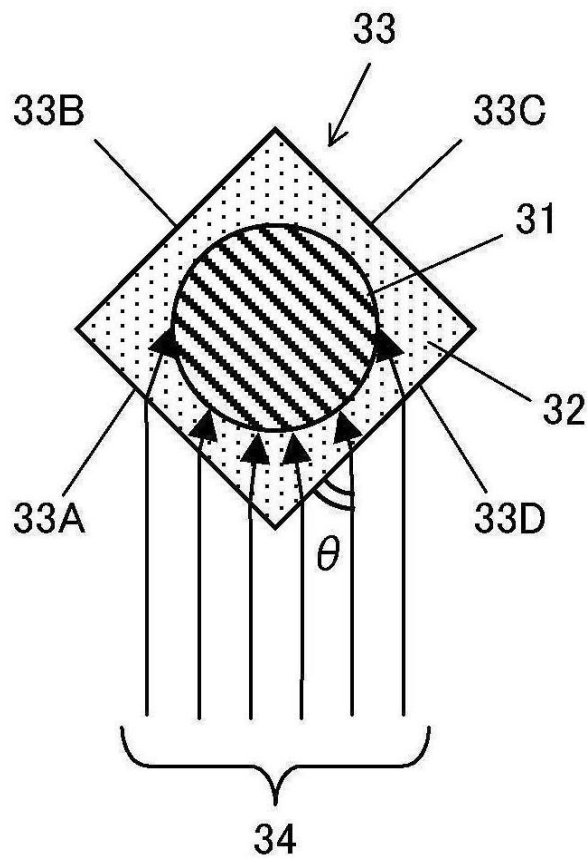
【 図 4 】



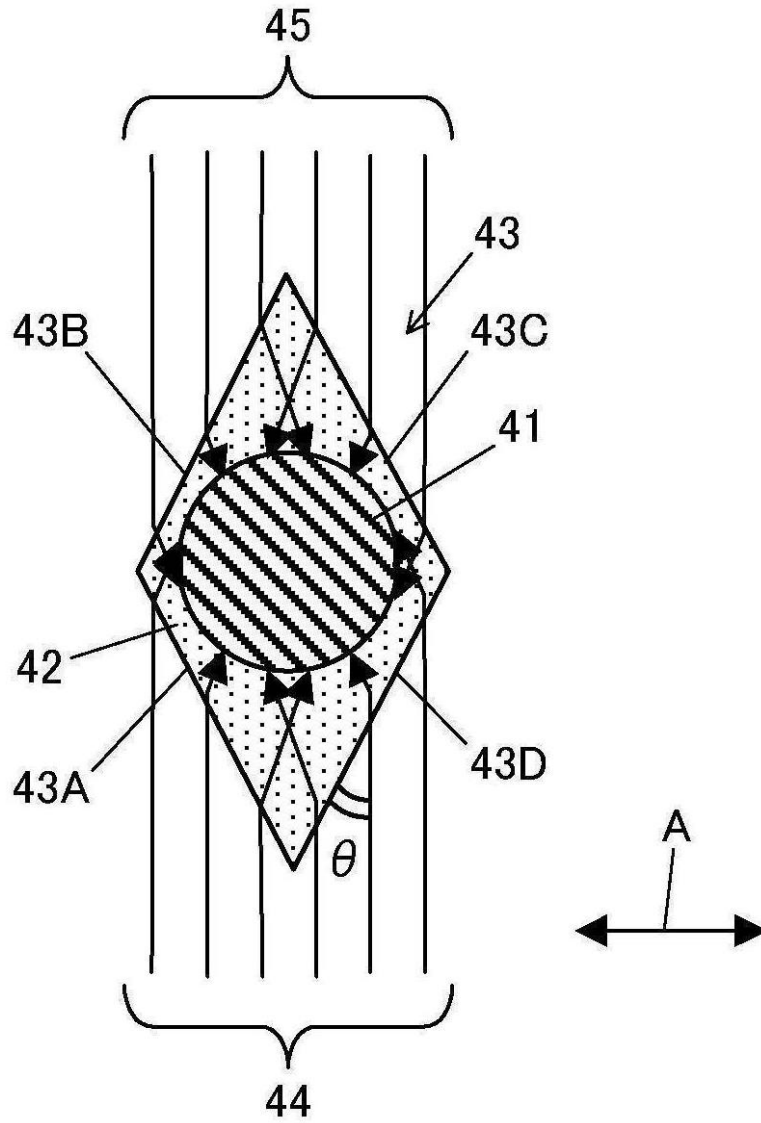
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 平等 拓範

日本国愛知県岡崎市竜美南四丁目14番14号

審査官 瀬川 勝久

(56)参考文献 米国特許第04849036(US,A)

仏国特許出願公開第02670623(FR,A1)

特開平04-056365(JP,A)

特開平08-257050(JP,A)

特開平09-083048(JP,A)

特開2000-012935(JP,A)

John Vetrovecc et al., Progress in the Development of Solid-State Disk Laser, International Symposium on LASE 2004, 米国, 2004年 1月25日, 5332-26

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 3/00-3/02、3/04-3/0959、3/098-3/102、3/105-3/131、3/136-3/213、3/23-3/30、4/00

JSTPlus(JDream2)

CiNii