

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3789916号

(P3789916)

(45) 発行日 平成18年6月28日(2006.6.28)

(24) 登録日 平成18年4月7日(2006.4.7)

(51) Int. Cl.

H01S 3/04 (2006.01)

F I

H01S 3/04 L

請求項の数 19 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2003-375057 (P2003-375057)	(73) 特許権者	503360115
(22) 出願日	平成15年11月5日(2003.11.5)		独立行政法人科学技術振興機構
(65) 公開番号	特開2005-142242 (P2005-142242A)		埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(43) 公開日	平成17年6月2日(2005.6.2)	(74) 代理人	100089635
審査請求日	平成15年11月5日(2003.11.5)		弁理士 清水 守
		(72) 発明者	常包 正樹
			愛知県岡崎市藪田1-12-10 エクセル藪田N-201
		(72) 発明者	平等 拓範
			愛知県岡崎市電美南4-14-14
		審査官	門田 かつよ

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】

外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、該固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、該円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、該円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円筒状のチューブの冷却媒質を導入する先端と対向する前記円板状の台座の底面との間の距離を前記円筒状のチューブの壁の厚みと前記円筒状のチューブの内径の何れよりも短くすることを特徴とする固体レーザー装置。

10

【請求項2】

請求項1記載の固体レーザー装置において、前記円筒状のチューブの内径よりも該円筒状のチューブの壁の厚みを厚くすることを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項3】

外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、該固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、該円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、該円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円筒状のチューブの先端の前記円板状の台座に相対

20

する面が、該円筒状のチューブの径の中心に向かって緩やかに前記円板状の台座の底面との距離が増加するように凹面形状を成すことを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項4】

外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、該固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、該円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、該円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円筒状のチューブに相対する前記円板状の台座の裏面が凹面形状を成すことを特徴とする固体レーザー装置。

10

【請求項5】

外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、該固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、該円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、該円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円板状の台座の裏面の前記円筒状のチューブからの冷却媒質が導入される面に、断面が多角形または円形の突起または柱を複数個形成することを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項6】

20

外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、該固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、該円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、該円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円板状の台座の裏面の前記円筒状のチューブからの冷却媒質が導入される面に、前記円板状の台座の中心から放射状に配置される突起または壁を複数個形成することを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項7】

外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、該固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、該円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、該円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円板状の台座の前記円筒状のチューブからの冷却媒質が導入される面に、前記円板状の台座の中心から偏倚した位置を中心として放射状に配置される突起または壁を複数個形成することを特徴とする固体レーザー装置。

30

【請求項8】

外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、該固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、該円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、該円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円板状の台座の裏面の前記円筒状のチューブからの冷却媒質が導入される面に突起または壁が配置され、該突起または壁は緩やかな円弧状を有し、前記円板状の台座の中心から外周に向かう任意の直線と交差するように配置されていることを特徴とする固体レーザー装置。

40

【請求項9】

請求項3から8の何れか一項記載の固体レーザー装置において、前記円筒状のチューブの冷却媒質を導入する先端と対向する前記円板状の台座の裏面との間の距離を前記円筒状

50

のチューブの壁の厚みよりも短くすることを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 10】

請求項 9 記載の固体レーザー装置において、前記円筒状のチューブの内径よりも該円筒状のチューブの壁の厚みを厚くすることを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 11】

外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、該固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、該円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、該円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円筒状のチューブが複数個並列に設置され、前記円筒状のチューブ間の隙間より冷却媒質の排出がなされることを特徴とする固体レーザー装置。

10

【請求項 12】

請求項 1 から 11 の何れか一項記載の固体レーザー装置において、前記円板状の台座と前記円筒状の支持部の材質が同じであることを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 13】

請求項 1 から 11 の何れか一項記載の固体レーザー装置において、前記円板状の台座と前記円筒状の支持部の材質が異なることを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 14】

請求項 1 から 11 の何れか一項記載の固体レーザー装置において、前記固体媒質が励起光を吸収し誘導放出光を発生させる元素を含む固体レーザー媒質であることを特徴とする固体レーザー装置。

20

【請求項 15】

請求項 1 から 11 の何れか一項記載の固体レーザー装置において、前記固体媒質が励起光を吸収し誘導放出光を発生させる活性層構造を有する半導体媒質であることを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 16】

請求項 1 から 11 の何れか一項記載の固体レーザー装置において、前記固体媒質がレーザー光を吸収し、レーザー光の強度に応じてその吸収率が変化する過飽和吸収体であることを特徴とする固体レーザー装置。

30

【請求項 17】

請求項 16 記載の固体レーザー装置において、前記過飽和吸収体が Cr を含む YAG であることを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 18】

請求項 16 記載の固体レーザー装置において、前記過飽和吸収体が多層構造を有する半導体媒質であることを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 19】

請求項 1 から 11 の何れか一項記載の固体レーザー装置において、前記固体媒質が照射されたレーザー光の一部を変換し、波長の異なる光を発生する非線形光学素子であることを特徴とする固体レーザー装置。

40

【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、固体レーザー装置の冷却装置としては、下記特許文献 1 に記載されたような技術が知られていた。すなわち、レーザー媒質が固着されたヒートシンク内部に円筒状の空洞を形成し、その内部にチューブを挿入してレーザー媒質が固着された裏面に冷却媒質を流

50

すという構造であった。

【 0 0 0 3 】

また、下記特許文献 2 には、レーザー媒質に直接冷却媒質を接触させるという方法が記載されている。

【特許文献 1】米国特許第 5 5 5 3 0 8 8 号公報

【特許文献 2】米国特許第 6 6 0 0 7 6 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、上記特許文献 1 の構成においては、チューブより導入された冷却媒質が冷却対象面に当たって周囲に広がる際、冷却対象面の周囲に“よどみ領域”が形成されるために、冷却対象面の裏面に設置されたレーザー媒質の周囲まで十分冷却することができないという問題点があった。

10

【 0 0 0 5 】

また、冷却の均一性も低く中央と周囲では冷却効率に大きな差ができるためにレーザー装置の効率やレーザー光の品質が低下してしまう、さらに、出力を増加させるために励起光を強くしたりレーザー媒質の面積を大きくしようとしても、同じく冷却効率やその均一性の低さからレーザー発振特性が低下するなどの問題があった。

【 0 0 0 6 】

このような問題点が発生する原因の一つとして、チューブに相対する面近傍において冷却媒質が周囲に広がるにつれ流速が急速に低下することが挙げられる。また、チューブに相対する面の中央に突起を設けて整流効果を高めるようにしているが、結果的に固体レーザー媒質から冷却媒質までの距離が遠くなるために冷却効率はかえって低下する可能性があった。

20

【 0 0 0 7 】

また、上記特許文献 2 の構成においては、レーザー媒質に直接冷却水が接触するために排熱効果は冷却水の流速に強く依存し、流速の変化によって冷却効率が大きく変化するために、様々な原因に起因する冷却水の流量の微小な変動により得られるレーザー出力がふらつく可能性があった。また、流速は周囲に向かっていくにつれ低下するために冷却効率の均一性にも問題があった。

30

【 0 0 0 8 】

さらに、高い冷却効率を得るためには流速を高める必要があるが、そのためにレーザー媒質に強い応力が加わり結晶が歪んだり、最悪の場合割れたりする可能性があった。

【 0 0 0 9 】

また、経時的にも冷却水に接触している面が削れたり変質したりする可能性があった。その上、冷却水が接触するレーザー媒質側にレーザー共振器ミラーが形成されるためにその表面が平らでなければならず、流速を早める以外に冷却効率を高めることができない問題があった。

【 0 0 1 0 】

本発明は、上記状況に鑑み、高い冷却効率で広い面積にわたり固体媒質を均一に冷却することができる冷却装置を備えた固体レーザー装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔 1 〕本発明によれば、外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、この固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、この円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、この円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円筒状のチューブの

50

冷却媒質を導入する先端と対向する前記円板状の台座の底面との間の距離を前記円筒状のチューブの壁の厚みと前記円筒状のチューブの内径の何れよりも短くすることを特徴とする固体レーザー装置が得られる。この構造により、円筒状のチューブ先端と台座との間の距離が狭くなるため冷却媒質の流速が速まり冷却効率が向上する。

【0012】

〔2〕さらに、本発明によれば、冷却媒質を導入する前記円筒状のチューブの内径よりもこの円筒状のチューブの壁の厚みが厚いことを特徴とする上記〔1〕記載の固体レーザー装置が得られる。円筒状のチューブの壁の厚みを厚くすることで円筒状のチューブ先端と台座との間の冷却媒質の流れが台座の表面に沿う方向に広い範囲で一様になり、流速の低下も小さく抑えられるために広い範囲にわたって高い効率で冷却が可能になる。

10

【0013】

〔3〕さらに、本発明によれば、外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、この固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、この円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、この円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円筒状のチューブの先端の前記円板状の台座に相対する面が、この円筒状のチューブの径の中心に向かって緩やかに前記円板状の台座の底面との距離が増加するように凹面形状を成すことを特徴とする固体レーザー装置が得られる。この構造により、円筒状のチューブより導入された冷却媒質が円周方向に広がる際に、円筒状のチューブ先端と台座との間隔が次第に狭くなるために流速の減少や変化を少なく抑えることができ、高い冷却効率を保ったまま、周囲まで均一な冷却が可能になる。

20

【0014】

〔4〕また、本発明によれば、外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、この固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、この円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、この円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円筒状のチューブに相対する前記円板状の台座の裏面が凹面形状を成すことを特徴とする固体レーザー装置が得られる。この構造により、円筒状のチューブより導入された冷却媒質が円周方向に広がる際に、円板状の台座と円筒状のチューブ先端との間隔が次第に狭くなるため流速の減少や変化を少なく抑えることができ、高い冷却効率を保ったまま、周囲まで均一な冷却が可能になる。

30

【0015】

〔5〕また、本発明によれば、外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、この固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、この円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、この円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円板状の台座の裏面の前記円筒状のチューブからの冷却媒質が導入される面に、断面が多角形または円形の突起または柱を複数個形成することを特徴とする固体レーザー装置が得られる。円板状の台座の冷却媒質が接触する裏面に突起を設けることで冷却媒質と接触表面積が広がり、冷却効率を大幅に高めることができる。

40

【0016】

〔6〕また、本発明によれば、外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、この固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、この円板状

50

の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、この円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円板状の台座の前記円筒状のチューブからの冷却媒質が導入される面に、前記円板状の台座の中心から放射状に配置される突起または壁を複数個形成することを特徴とする固体レーザー装置が得られる。突起または壁を設けることで冷却媒質と接触する円板状の台座の表面積が広がり冷却効率を高めることができる。また突起や壁を放射状に配置することで冷却媒質の流れを一様に円周方向にすることができるため流れの乱れや流速の低下を起こすことが少なく、周囲まで高い冷却効率を維持することができる。

【0017】

〔7〕また、本発明によれば、外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、この固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、この円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、この円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円板状の台座の前記円筒状のチューブからの冷却媒質が導入される面に、前記円板状の台座の中心から偏倚した位置を中心として放射状に配置される突起または壁を複数個形成することを特徴とする固体レーザー装置が得られる。この構造により、円筒状のチューブより導入された冷却媒質は円周方向に広がりながら遠心力により突起に衝突することで冷却効率をより高

【0018】

〔8〕また、本発明によれば、外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、この固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、この円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、この円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円板状の台座の裏面の前記円筒状のチューブからの冷却媒質が導入される面に突起または壁が配置され、この突起または壁は緩やかな円弧状を有し、前記円板状の台座の中心から外周に向かう任意の直線と交差するように配置されていることを特徴とする固体レーザー装置が得られる。この構造により、円筒状のチューブより導入された冷却媒質は円周方向に広がりながら遠心力により突起に衝突することで冷却効率をより高めることができる。

【0019】

〔9〕また、本発明によれば、前記円筒状のチューブの冷却媒質を導入する先端と対向する円板状の台座の裏面との間の距離を、前記円筒状のチューブの壁の厚みよりも短くすることを特徴とする上記〔3〕から〔8〕の何れか一項記載の固体レーザー装置が得られる。この構造により、円筒状のチューブ先端と円板状の台座との間の距離が狭くなるため冷却媒質の流速が速まり冷却効率が向上する。また、上記〔5〕から〔8〕の何れか一項記載の固体レーザー装置においては、円板状の台座に形成した凹凸面の内部にも冷却媒質が浸透し流れるために、冷却効率がさらに向上する。

【0020】

〔10〕また、本発明によれば、前記円筒状のチューブの内径よりもこの円筒状のチューブの壁の厚みを厚くすることを特徴とする上記〔9〕記載の固体レーザー装置が得られる。円筒状のチューブの壁の厚みを厚くすることで円筒状のチューブ先端と円板状の台座との間の冷却媒質の流れが円板状の台座の表面に沿う方向に一様になるために広い範囲にわたって高い効率で冷却が可能になる。

【0021】

〔11〕また、本発明によれば、外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する

10

20

30

40

50

薄い板状の固体媒質と、この固体媒質の一方の面に固着された円板状の台座と、この円板状の台座の外径と同一の外径を有し、前記固体媒質に固着された面の裏面に固定された円筒状の支持部と、この円筒状の支持部の内部に前記円板状の台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置であって、前記円筒状のチューブが複数個並列に設置され、前記円筒状のチューブの間の隙間より冷却媒質の排出がなされることを特徴とする固体レーザー装置が得られる。この構造により、導入された冷却媒質が台座に接触した後、直ちに隣り合う領域から排出されるために、円板状の台座には常に低温の媒質が接触することになり、冷却効率を高めることができる。また、衝突による高い冷却効果も広い領域において行われるために周囲まで広い面積にわたり均一で高い冷却効率を得ることができる。

10

## 【0022】

〔12〕また、本発明によれば、前記円板状の台座と前記円筒状の支持部の材質が同じであることを特徴とする上記〔1〕から〔11〕の何れか一項記載の固体レーザー装置が得られる。

## 【0023】

〔13〕また、本発明によれば、前記円板状の台座と前記円筒状の支持部の材質が異なることを特徴とする上記〔1〕から〔11〕の何れか一項記載の固体レーザー装置が得られる。それぞれに適材を使用することで性能の向上を図ることができる。

## 【0024】

〔14〕また、本発明によれば、前記固体媒質が励起光を吸収し誘導放出光を発生させる元素を含む固体レーザー媒質であることを特徴とする上記〔1〕から〔11〕の何れか一項記載の固体レーザー装置が得られる。固体レーザー媒質は一般に、温度が上昇したり面内での温度分布が不均一になるとレーザー装置の特性が低下するため、本発明によって励起光吸収時における温度上昇が抑えられ、かつ媒質面内での冷却効率の均一性が改善されるので、固体レーザー装置の性能を向上させることができる。

20

## 【0025】

〔15〕また、本発明によれば、前記固体媒質が励起光を吸収し誘導放出光を発生させる活性層構造を有する半導体媒質であることを特徴とする上記〔1〕から〔11〕の何れか一項記載の固体レーザー装置が得られる。半導体媒質は一般に、温度が上昇したり面内での温度分布が不均一になるとレーザー装置の特性が変化したり低下するため、本発明によって励起光吸収時における温度上昇が抑えられ、かつ媒質面内での冷却効率の均一性が改善されるので固体レーザー装置の性能を向上させることができる。

30

## 【0026】

〔16〕本発明によれば、前記固体媒質がレーザー光を吸収し、レーザー光の強度に応じてその吸収率が変化する過飽和吸収体であることを特徴とする上記〔1〕から〔11〕の何れか一項記載の固体レーザー装置が得られる。過飽和吸収体は一般に温度が上昇したり面内での温度分布が不均一になるとレーザー装置の特性が変化したり低下するため、本発明によって励起光吸収時における温度上昇が抑えられ、かつ媒質面内での冷却効率の均一性が改善されるので、固体レーザー装置の性能を向上させることができる。

## 【0027】

〔17〕本発明によれば、前記過飽和吸収体がCrを含むYAGであることを特徴とする上記〔16〕記載の固体レーザー装置が得られる。

40

## 【0028】

〔18〕本発明によれば、前記過飽和吸収体が多層構造を有することを特徴とする上記〔16〕記載の固体レーザー装置が得られる。

## 【0029】

〔19〕本発明によれば、前記固体媒質が照射されたレーザー光の一部を変換し、波長の異なる光を発生する非線形光学素子であることを特徴とする上記〔1〕から〔11〕の何れか一項記載の固体レーザー装置が得られる。

## 【発明の効果】

50

**【 0 0 3 0 】**

本発明によれば、高い冷却効率で広い面積にわたり固体媒質を均一に冷却する固体レーザー装置を得ることができる。

**【 発明を実施するための最良の形態 】****【 0 0 3 1 】**

外部より光を入射することによりその光の一部を吸収するか、または一部を吸収あるいは変換して、入射した光とは波長の異なる光を発生する薄い板状の固体媒質と、この固体媒質の一方の面に固着された台座と、この台座の固体媒質に固着された面の裏面に設けられた円筒状の支持部と、この円筒状の支持部の内部に台座の裏面に向けて冷却媒質を導入するための円筒状のチューブを備えた固体レーザー装置において、この円筒状のチューブの冷却媒質を導入する先端と対向する台座との間の距離を円筒状のチューブの壁の厚みとチューブの内径の何れよりも短くすることを特徴とする固体レーザー装置を得る。これにより、チューブ先端と台座との間の距離が狭くなるため冷却媒質の流速が速まり冷却効率が向上する。

10

**【 0 0 3 2 】**

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 1 】****【 0 0 3 3 】**

図 1 は本発明の第 1 実施例（請求項 1 に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

20

**【 0 0 3 4 】**

この図に示すように、外形直径 10 mm、厚さ 1 mm の銅製の台座 1 上に、厚さ 0.3 mm の固体媒質 5（この実施例においてはレーザー媒質の例として Yb を添加した YAG）を固着する。台座 1 と固体媒質 5 間の面には固着媒質 6 が満たされており、固体媒質 5 を台座 1 に固定すると共に、固体媒質 5 内で発生した熱を効率よく台座 1 に伝える機能を有する。台座 1 の固体媒質 5 を固着した面に相対する裏面は円筒状の支持部 2 に固定されており、この支持部 2 の外形直径は 10 mm、壁の厚みは 1.5 mm で材質はステンレスである。支持部 2 の内部には同じくステンレス製の円筒状のチューブ 3 が挿入されている。チューブ 3 の壁の厚み  $t_2$  は 1 mm であり、円筒状のチューブ 3 の穴 3A の内径  $t_3$  は同じく 1 mm である。円筒状のチューブ 3 の先端と台座 1 との距離  $t_1$  は 0.5 mm で、円筒状のチューブ 3 の壁の厚み  $t_2$  より短く（小さく）、かつ円筒状のチューブ 3 の穴 3A の内径  $t_3$  よりも短い（小さい）。

30

**【 0 0 3 5 】**

このような構成にして、円筒状のチューブ 3 より冷却媒質 4 の例として水を流すと、円筒状のチューブ 3 の上部と台座 1 の間で流速が早まり、冷却効率を向上させることができる。

**【 実施例 2 】****【 0 0 3 6 】**

図 2 は本発明の第 2 実施例（請求項 2 に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

40

**【 0 0 3 7 】**

この図において、台座 1、固体媒質 5、円筒状の支持部 2 は、第 1 実施例におけるものと同一であるので説明は省略する。

**【 0 0 3 8 】**

この実施例では、円筒状の支持部 2 の内部には同じくステンレス製の円筒状のチューブ 11 が挿入されている。チューブ 11 の壁の厚み  $t_5$  は 1.5 mm であり、チューブ 11 の穴 11A の内径  $t_6$  の 0.7 mm よりも厚い。また、チューブ 11 の先端と台座 1 との距離  $t_4$  は 0.5 mm でチューブ 11 の壁の厚み  $t_5$  より小さい。

**【 0 0 3 9 】**

このような構成にして、チューブ 11 より冷却媒質 4（例として水）を流すと、チュー

50



ブ 1 1 の上部と台座 1 の間で流速が早まり、かつ台座 1 のチューブ 1 1 の先端に対向する面に沿って平行に冷却水が流れるため、台座 1 の広い範囲にわたり冷却効率を向上させることができる。

【実施例 3】

【0040】

図 3 は本発明の第 3 実施例（請求項 3 に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

【0041】

この図において、台座 1、固体媒質 5、円筒状の支持部 2 は、第 1 実施例におけるものと同一であるので説明は省略する。

10

【0042】

この実施例では、円筒状の支持部 2 の内部には同じくステンレス製の円筒状のチューブ 1 2 が挿入されている。チューブ 1 2 の壁の厚み  $t_9$  は 2.0 mm でチューブ 1 2 の穴 1 2 A の内径  $t_{10}$  の 0.7 mm よりも厚い。また、チューブ 1 2 の先端は直線的に凹面状（テーパ面 1 2 B が形成されている）になっており、チューブ 1 2 の先端と台座 1 との距離はチューブ 1 2 の中央部  $t_7$  で 0.5 mm、外周部  $t_8$  で 0.3 mm である。

【0043】

このような構成にして、チューブ 1 2 より冷却媒質 4（例として冷却水）を流すことで、冷却媒質 4 がチューブ 1 2 の外周方向に行くに従い流速が低下することを抑えられ、かつ台座に沿って平行に冷却媒質 4 が流れるため台座の広い範囲にわたり均一に冷却効率を向上させることができる。

20

【実施例 4】

【0044】

図 4 は本発明の第 4 実施例（請求項 4 に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

【0045】

この実施例では、円筒状の支持部 2 の内部には同じくステンレス製の円筒状のチューブ 1 3 が挿入されている。このチューブ 1 3 の壁の厚み  $t_{13}$  は 2.0 mm でチューブ 1 3 の穴 1 3 A の内径  $t_{14}$  の 0.7 mm よりも厚い。また、外形直径 10 mm、厚さ 1 mm の銅製の台座 2 1 のチューブ 1 3 に相対する裏面は凹面状（窪み 2 1 A が形成されている）になっており、チューブ 1 3 の先端と台座 2 1 の中央部の距離  $t_{11}$  は 0.5 mm、チューブ 1 3 の先端と台座 2 1 の円周部の距離  $t_{12}$  は 0.3 mm である。

30

【0046】

このような構成にして、チューブ 1 3 より冷却媒質 4（例として水）を流すと、チューブ 1 3 の外周方向へ行くに従い流速が低下することが抑えられ、かつ台座 2 1 のチューブ 1 3 の先端に対向する面に沿って平行に冷却媒質 4 が流れるため台座 2 1 の広い範囲にわたり均一に冷却効率を向上させることができる。

【実施例 5】

【0047】

図 5 は本発明の第 5 実施例（請求項 5 に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図、図 6 はその A - A 線断面図である。

40

【0048】

この実施例では、円筒状の支持部 2 の内部には同じくステンレス製の円筒状のチューブ 1 4 が挿入されている。チューブ 1 4 の壁の厚み  $t_{16}$  は 1 mm でチューブ 1 4 の穴 1 4 A の内径  $t_{17}$  は 1.5 mm である。また、チューブ 1 4 の先端と台座 3 1（凸状に飛び出した先端）との距離  $t_{15}$  は 1 mm である。

【0049】

また、外形直径 10 mm、厚さ 1 mm の銅製の台座 3 1 のチューブ 1 4 に相対する面には、図 6 に示すように高さ 0.5 mm、幅 0.15 mm の断面が正方形の柱 3 1 A が格子状に形成されており、隣接する 2 本の柱 3 1 A と 3 1 A の中心の間隔  $t_{18}$  は 0.3 mm

50

である。

【0050】

このように構成して、チューブ14より冷却媒質4（例として水）を流すと、冷却媒質4に接触する台座31側の実効的な表面積が増加するために冷却効率を大幅に向上させることができる。

【0051】

なお、ここでは、断面が正方形の柱を図示して説明したが、断面が多角形あるいは円形の突起あるいは柱であってもよい。

【実施例6】

【0052】

図7は本発明の第6実施例（請求項5，9，10に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

【0053】

この図において、円筒状の支持部2の内部には同じくステンレス製の円筒状のチューブ15が挿入されている。チューブ15の壁の厚み $t_{20}$ は2mmでチューブ15の穴15Aの内径 $t_{21}$ は0.7mmである。また、チューブ15の先端と台座41（凸状に飛び出した先端）との距離 $t_{19}$ は0.3mmである。また、外形直径10mm、厚さ1mmの銅製の台座41の裏面（チューブ15に相対する面）には高さ1mm、幅0.15mmの断面が正方形の柱14Aが格子状に形成されており、隣接する2本の柱41Aと41Aの中心の間隔は0.3mmである。

【0054】

このように構成して、台座41の冷却媒質4に接触する面にこのような凹凸を設けることで実効的な表面積が増加し、冷却効率を大幅に向上させることができる。また、チューブ15先端を台座41に近づけ、かつチューブ15の壁の厚みを厚くすることで、冷却媒質4が流速を落とすことなく効果的に台座41に設けられた凹凸の間を外周方向に流れるために、さらに冷却効率を高めることができる。

【0055】

なお、ここでは、断面が正方形の柱を図示して説明したが、断面が多角形あるいは円形の突起あるいは柱であってもよい。

【実施例7】

【0056】

図8は本発明の第7実施例（請求項6に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の台座のチューブに対向する面を示す平面図である。

【0057】

この図において、外形直径10mm、厚さ1mmの銅製の台座51の裏面に高さ0.5mm、幅0.2mmの直線状の突起51Aが台座51の中央から周囲に向かって放射状に形成されている。

【0058】

このような構成にして、図7の構成にこの実施例の台座51を適用することで台座51に設けられた凹凸の間まで冷却媒質4が浸透するため、台座51の実効的な表面積が増加するために冷却効率を向上させることができる。かつ、突起51Aは放射状に設けられるため乱流が発生し難く、水の圧力が低く抑えられる。また、図9は本発明の第7実施例の変形例（請求項7に対応）を示す台座のチューブに対向する面を示す図である。この実施例では、突起61Aは放射状に形成されてはいるが、その中心が台座61の中心より所定の寸法だけ偏倚している。

【0059】

このような構成にして、台座61の表面積を増加させるとともに、チューブ15より導入された冷却媒質4は円周方向に広がりながら遠心力により突起61Aに衝突することで冷却効率をより高めることができる。

【0060】

10

20

30

40

50

同じく、図10は本発明の第7実施例の別の変形例(請求項8に対応)を示す台座のチューブに対向する面を示す図である。この実施例では、台座71の裏面には直線状ではなく緩やかな円弧状の突起71Aが形成されている。図9に示した例と同じように、冷却媒質4が円周方向に広がりながら、遠心力により突起71Aに衝突することで冷却効率をより高めることができる。

【実施例8】

【0061】

図11は本発明の第8実施例(請求項11に対応)を示すレーザー装置の冷却装置の断面図、図12はそのB-B線断面図である。

【0062】

この実施例では、外形直径10mm、厚さ1mmの銅製の台座81の裏面には柱81Aが格子状に形成され、かつ円筒状の支持部2の内部には直径0.5mmの円筒状のチューブ16が複数本挿入されており、それぞれより冷却媒質(冷却水)4が台座81に向かって供給される。また、各チューブ16の隙間より冷却媒質(冷却水)4が排出される。

【0063】

このように構成することにより、導入された冷却媒質4が台座81に衝突、接触した後、直ちに隣り合う領域から排出されるために、台座81には常に低温の媒質が接触することになり冷却効率を高めることができる。

【0064】

また、衝突による高い冷却効果も広い領域において行われるために、広い面積にわたり高い冷却効率を得ることができる。

【0065】

なお、以上の実施例において台座の材質として銅、円筒状(あるいは楕円形状、多角形状など)の支持部の材質としてステンレス、円筒状のチューブの材質としてステンレスを用いたが、その他の金属材料、例えば銅タングステン、銅モリブデンや真鍮でも良いし、シリコン、シリコンカーバイド、窒化アルミニウム、窒化硼素、酸化ベリリウム、ダイヤモンドなどの半導体、非金属材料でも良い。またこれら台座、支持部、チューブの材質およびその表面処理、メッキなどはそれぞれ、冷却しようとする固体媒質や固着媒質の熱的、機械的、化学的な性質や台座と支持部との接合方法、さらに内部に流す冷却媒質との接触表面の経年変化などに応じて適切に選択される。

【0066】

また、以上の実施例において台座、支持部、チューブの外形は円筒形を用いたが、本発明の趣旨に基づけば、それらの外形にとらわれることなく、楕円形や長方形、多角形でも構わない。固体媒質の外形やその用途、周囲の機器との整合により最適な形状が選択される。

【0067】

また、以上の実施例において冷却媒質として水を用いたが、冷却に必要な温度や環境に応じて別の媒質でも良い。例えばアルコールやエチレングリコール、液体ナトリウムなどの液体でも良いし、空気や窒素、ヘリウムなどの気体でも良い。

【0068】

また、以上の実施例において固体媒質5の例としてYb(イッテルビウム)を添加したYAG(イットリウムアルミニウムガーネット)を用いたが、その他のレーザー媒質としてNd(ネオジウム)やHo(ホルミウム)、Tm(ツリウム)、Er(エルビウム)、Ce(セリウム)、Pr(プラセオディウム)、Ti(チタン)、Cr(クロム)、V(バナジウム)、Ni(ニッケル)などの元素を含むYAG、YVO<sub>4</sub>(イットリウムバナデート)、YLF(イットリウムリチウムフロライド)、GGG(ガリウムガドリニウムガーネット)、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(サファイア)、アレキサンドライト、GdVO<sub>4</sub>(ガドリニウムバナデート)、LiCAF(ライカフ)、LiSAF(ライサフ)、LuAG、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、GSGG、LuVO<sub>4</sub>などの結晶材料でもよい。またガラスのような非結晶材料でも良く、セラミックのような多結晶でも良い。さらにこれらを組み合わせた

10

20

30

40

50

複合構造体でも良い。

【0069】

また、以上の実施例において固体媒質5の例として、Ga、As、Al、In、N、P、Si、S、Ge、Mgなどを主構成元素とする半導体でも良いし、それらが組み合わさって積層された構造体でも良い。

【0070】

また、以上の実施例において固体媒質5の例として、LiNbO<sub>3</sub>、LiTaO<sub>3</sub>、BBO、LBO、CLBO、KTPなどの非線形光学定数の大きな光学結晶でもよいし、その中に周期的な構造体や導波路や添加物としてMgOやFeを含むものでも良い。

【0071】

固着媒質としてはInやAuSn、PbSnなどの金属製ハンダ剤でも良いし、有機、無機の接着剤でも良い。固体媒質の性質、使用環境などに応じて適切に選択される。

【0072】

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】

【0073】

本発明の固体レーザー装置は、冷却効率が高い固体レーザー装置に適している。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】本発明の第1実施例（請求項1に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

【図2】本発明の第2実施例（請求項2に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

【図3】本発明の第3実施例（請求項3に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

【図4】本発明の第4実施例（請求項4に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

【図5】本発明の第5実施例（請求項5に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

【図6】図5のA-A線断面図である。

【図7】本発明の第6実施例（請求項5, 9, 10に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

【図8】本発明の第7実施例（請求項6に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の台座のチューブに対向する面を示す平面図である。

【図9】本発明の第7実施例の変形例（請求項7に対応）を示す台座のチューブに対向する面を示す図である。

【図10】本発明の第7実施例の別の変形例（請求項8に対応）を示す台座のチューブに対向する面を示す図である。

【図11】本発明の第8実施例（請求項11に対応）を示すレーザー装置の冷却装置の断面図である。

【図12】図11のB-B線断面図である。

【符号の説明】

【0075】

1, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81 台座

2 円筒状の支持部

3, 11, 12, 13, 14, 15, 16 円筒状のチューブ

3A, 11A, 12A, 13A, 14A, 15A 円筒状のチューブの穴

4 冷却媒質

5 固体媒質(YAG)

10

20

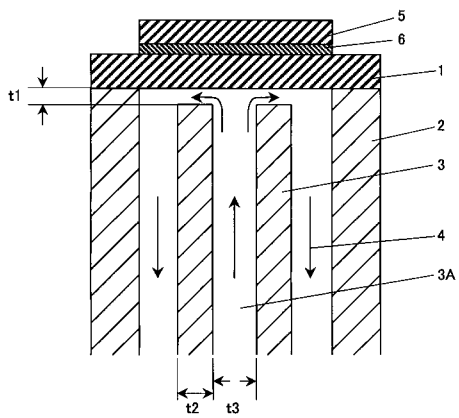
30

40

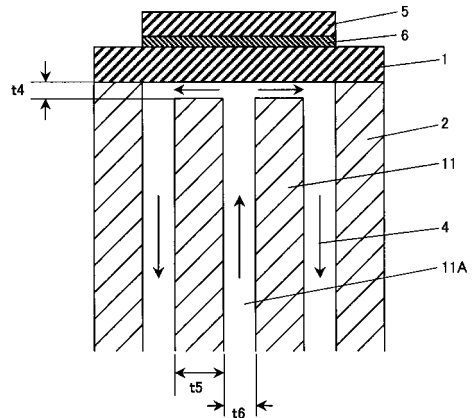
50

- 6 固着媒質
- 1 2 B テーパー面
- 2 1 A 窪み
- 3 1 A , 4 1 A 断面が正方形の柱
- 5 1 A 直線状の突起
- 6 1 A 突起
- 7 1 A 緩やかな円弧状の突起
- 8 1 A 柱

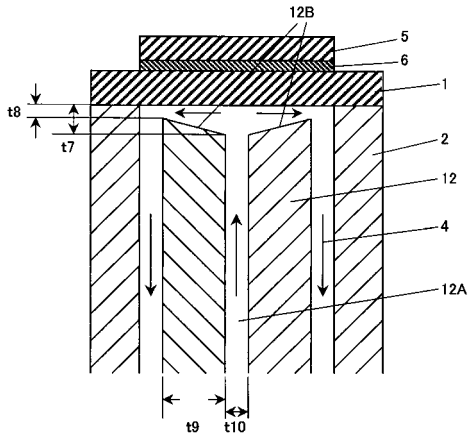
【 図 1 】



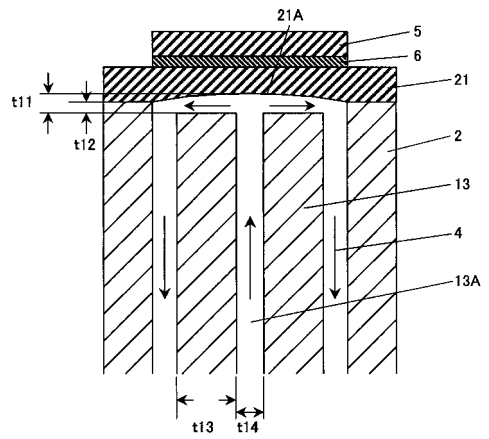
【 図 2 】



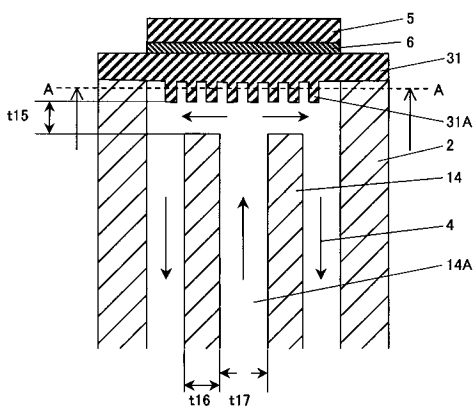
【 図 3 】



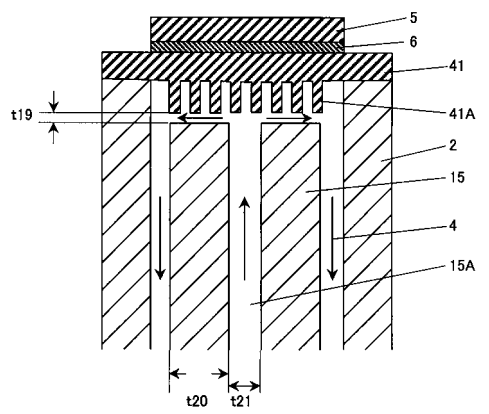
【 図 4 】



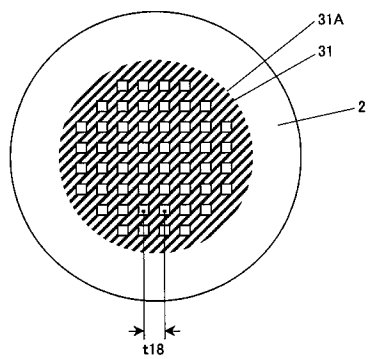
【 図 5 】



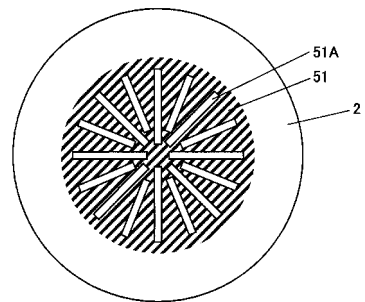
【 図 7 】



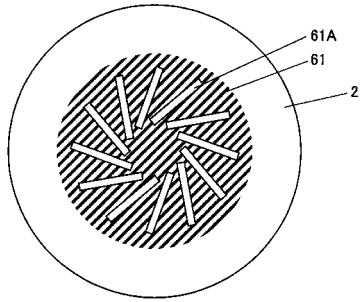
【 図 6 】



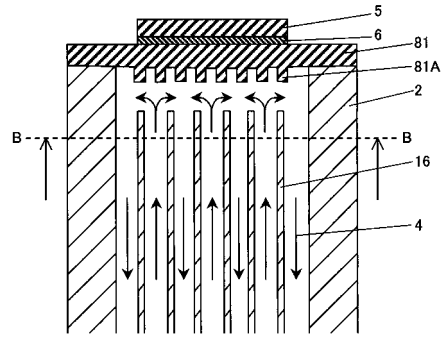
【 図 8 】



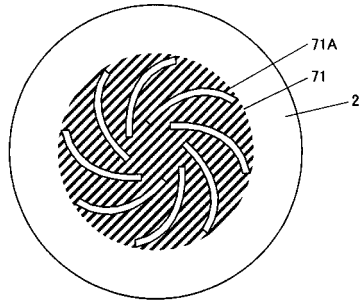
【 図 9 】



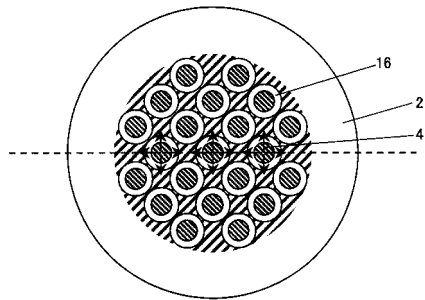
【 図 11 】



【 図 10 】



【 図 12 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 003355 (JP, A)  
特開平08 - 211210 (JP, A)  
特表2003 - 507899 (JP, A)  
米国特許第05553088 (US, A)  
特開平9 - 129986 (JP, A)  
特開平9 - 36467 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01S3/00 - 3/30