

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-507084

(P2007-507084A)

(43) 公表日 平成19年3月22日(2007.3.22)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)
HO 1 S 3/06 (2006.01)		HO 1 S 3/06		5 F 1 7 2
HO 1 S 3/094 (2006.01)		HO 1 S 3/094	S	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2006-515748 (P2006-515748)	(71) 出願人	505468233 ヴィジョン クリスタル テクノロジー アクチエンゲゼルシャフト ドイツ連邦共和国 ゲクセ リューゲンシ ユタインヴェーク 27
(86) (22) 出願日	平成16年3月24日 (2004.3.24)	(74) 代理人	100061815 弁理士 矢野 敏雄
(85) 翻訳文提出日	平成18年1月23日 (2006.1.23)	(74) 代理人	100094798 弁理士 山崎 利臣
(86) 国際出願番号	PCT/EP2004/003098	(74) 代理人	100099483 弁理士 久野 琢也
(87) 国際公開番号	W02004/114480	(74) 代理人	100114890 弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ ンハルト
(87) 国際公開日	平成16年12月29日 (2004.12.29)		
(31) 優先権主張番号	10328115.0		
(32) 優先日	平成15年6月20日 (2003.6.20)		
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		
(31) 優先権主張番号	10355216.2		
(32) 優先日	平成15年11月26日 (2003.11.26)		
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体レーザー媒質

(57) 【要約】

本発明は光学的に使用される領域内に設けられ、単斜晶系の基本セルからなる固体レーザー媒質に関する。この場合、この固体レーザー媒質は、少なくとも光学的に使用される領域内の各箇所において実質的に同じ結晶学的座標系に基づいており、さらに光学的に使用される領域内で化学的組成に関して相違している少なくとも2つのドメイン領域を有し、前記光学的に使用される領域は、少なくとも1つの活性ゾーンと、少なくとも1つの不活性ゾーンを有している。本発明による固体レーザー媒質は有利には、少なくとも光学的に使用される領域において、単斜晶系の基本セルの構成要素としてタングステンとカリウム及びノ又はルビジウムを有している。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学的に使用される領域内に設けられ、単斜晶系の基本セルからなっており、少なくとも光学的に使用される領域内の各箇所において実質的に同じ結晶学的座標系に基づいており、

さらに光学的に使用される領域内で化学的組成に関して相違している少なくとも2つのドメイン領域を有していることを特徴とする、固体レーザー媒質。

【請求項 2】

前記光学的に使用される領域は、少なくとも1つの活性ゾーンと、少なくとも1つの不活性ゾーンを有している、請求項1記載の固体レーザー媒質。

10

【請求項 3】

前記固体レーザー媒質は、少なくとも光学的に使用される領域において、単斜晶系の基本セルの構成要素としてタングステンとカリウム及び/又はルビジウムを有している、請求項1又は2記載の固体レーザー媒質。

【請求項 4】

前記固体レーザー媒質は、少なくとも光学的に使用される領域において、単斜晶系の基本セルの構成要素として、イットリウム Y, サマリウム Sm, ユウロピウム Eu, ガドリニウム Gd, テルビウム Tb, ジスプロシウム Dy, ホルミウム Ho, エルビウム Er, ツリウム Tm, イッテルビウム Yb, ルテチウム Lu のグループうちの少なくとも1つの元素を有している、請求項3記載の固体レーザー媒質。

20

【請求項 5】

前記固体レーザー媒質は、少なくとも光学的に使用される領域において、イットリウム Y, サマリウム Sm, ユウロピウム Eu, ガドリニウム Gd, テルビウム Tb, ジスプロシウム Dy, ホルミウム Ho, エルビウム Er, ツリウム Tm, イッテルビウム Yb, ルテチウム Lu の代わりに、ランタン La, セリウム Ce, プラセオジウム Pr, ネオジウム Nd, プロメチウム Pm のグループからなる少なくとも1つの元素を構成要素として有している、請求項4記載の固体レーザー媒質。

【請求項 6】

少なくとも光学的に使用される領域が、 $K Y b (W O_4)_2$ か若しくは Yb 置換基の $K Y b (W O_4)_2$ からなり、この場合置換原子は、請求項5に述べたものであり、 $K Y b (W O_4)_2$ は、低温変態である、請求項1から5いずれか1項記載の固体レーザー媒質。

30

【請求項 7】

少なくとも2つのドメイン領域の間の化学的組成変化が唯一の方向性で経過する、請求項1から6いずれか1項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 8】

光学的に使用される領域の不活性ゾーンにおいて、イットリウム Y、ガドリニウム Gd、ルテチウム Lu のグループからなる元素 X が組成において $K_x R b_y X (W O_4)_2$ を含んでおり、この場合 $x = 0 - 1$ 、 $y = 1 - 0$ 、 $y + x = 1$ である、請求項2から7いずれか1項記載の固体レーザー媒質。

40

【請求項 9】

前記組成は、 $K X (W O_4)_2$ 、 $K_x R b_y X (W O_4)_2$ 又は $R b X (W O_4)_2$ であり、この場合 $x = 0 - 1$ 、 $y = 1 - 0$ 、 $y + x = 1$ である、請求項8項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 10】

活性ゾーンにおいて $L n_x K Y b_y (W O_4)_2$ が含まれており、この場合ルテチウム Lu は、イットリウム Y, サマリウム Sm, ユウロピウム Eu, ガドリニウム Gd, テルビウム Tb, ジスプロシウム Dy, ホルミウム Ho, エルビウム Er, ツリウム Tm, イッテルビウム Yb, ルテチウム Lu のグループからなる少なくとも1つの元素であり、この場合 $x = 0 - 1$ 、 $y = 1 - 0$ 、 $y + x = 1$ である、請求項2から9いずれか1項記載の

50

固体レーザー媒質。

【請求項 1 1】

$RE_x KYb_y (WO_4)_2$ が $REK(WO_4)_2$ 、 $RE_x KYb_y (WO_4)_2$ 若しくは $KYb(WO_4)_2$ であり、この場合 $x = 0 - 1$ 、 $y = 1 - 0$ 、 $y + x = 1$ である、請求項 1 0 項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 1 2】

前記固体レーザー媒質は、エピタクシー、特に分子線エピタクシー、溶液エピタクシー、水熱成長、CVD、スパッタリング、拡散ボンディング等によって形成された置換原子を伴う領域を有している、請求項 1 から 1 1 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 1 3】

前記置換原子を伴う領域は、層状構成において約 $50 \mu m$ の厚さ、特に $30 \mu m$ の厚さを有している、請求項 1 2 記載の固体レーザー媒質。

【請求項 1 4】

請求項 1 から 1 3 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質を有していることを特徴とする、コヒーレントな電磁放射を生成する装置、特にレーザー装置。

【請求項 1 5】

レーザー、特にディスクレーザー又はチップレーザーのために用いることを特徴とする、請求項 1 から 1 3 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質の適用。

【請求項 1 6】

導波路、ミラー又はブラッグ反射器として用いることを特徴とする、請求項 1 から 1 3 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質の適用。

【請求項 1 7】

そのミラーがブラッグ反射器として構成されている導波路として用いることを特徴とする、請求項 1 から 1 3 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質の適用。

【請求項 1 8】

増幅媒体を有している、コヒーレントな電磁放射、特にレーザー放射を増幅するための装置において、

前記増幅媒体が、請求項 1 から 1 3 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質を有していることを特徴とする装置。

【請求項 1 9】

前記装置は、パルス制御された電磁放射、特にレーザー放射を増幅するために構成されている、請求項 1 8 記載の装置。

【請求項 2 0】

前記装置は、再生増幅器 (46) として構成されている、請求項 1 8 記載の装置。

【請求項 2 1】

前記増幅媒体は、共振器内部に配設されている、請求項 1 8 記載の装置。

【請求項 2 2】

前記増幅媒体は、共振器外部に配設されている、請求項 1 8 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体レーザー媒質に関する。

【背景技術】

【0002】

固体レーザーの生成に対しては、例えばガーネット YAG、バナデート YVO、フッ化物 YLF、サファイア Sa 及びガラスからなる、結晶形態の固体レーザー媒質が用いられる。これらの結晶においては、例えばドープとしてイオンが用いられており、この場合には、ガスレーザーに比べて、これらのイオンの濃度が高められており、そのため固体レーザー媒質を用いることによってより高い出力が達成できる。ドープのためのイオンとしては、例えば使用される結晶に化学的性質が類似している元素が適している。そのため固体

10

20

30

40

50

レーザーに使用される多くの結晶はイットリウム Y を含んでおり、これは希土類イオンによって容易に置き換えられる。この希土類元素としては、セリウム Ce, プラセオジウム Pr, ネオジウム Nd, プロメチウム Pm, サマリウム Sm, ユロピウム Eu, ガドリニウム Gd, テルビウム Tb, ジスプロシウム Dy, ホルミウム Ho, エルビウム Er, ツリウム Tm, イッテルビウム Yb, ルテチウム Lu の 13 元素があげられる。結晶内のドーピングイオンとして通常これらのイオンは 3 価の形態で存在する。

【0003】

固体レーザーのための結晶の選択における主な特徴は、その熱伝導度である。なぜなら結晶においては、励起エネルギーのかなりの部分が熱に置き換えられるからである。結晶中の不均質な温度分布は、屈折率の変化につながりかねない。これはレンズ作用によって引き起こされ、固体レーザーの共振器特性を敏感に変動させ得る。最も重要な固体レーザーは、ネオジウムレーザーであり、ここでは Nd^{3+} イオンによってレーザー放射が生成されている。この Nd^{3+} イオンは、YAG 結晶において頻繁にもたらされており、これは高い光学的強度と適切な機械的及び熱的特性を有している。そのためこの種の YAG 結晶は、連続的に発光するレーザーにもパルス状に発生するレーザーにも用いることが可能である。例えば Nd:YAG 結晶の実質的な欠点は、結晶断面に亘って変化する強い複屈折であり、これは励起による熱の結果として生じる。この複屈折によりレーザービームが偏光され、高出力レーザーの場合のビーム品質は著しく損なわれる。このことは、偏光を維持する結晶の適用を要する。

10

【0004】

しかしながらこの種の偏光を維持する結晶の適用、若しくはポンプ源と結晶の間の適合層の適用は、レーザー出力の制限につながる。なぜなら境界面において自然放射増幅光 (ASE) の内部全反射が生じるからである。これは不所望な結晶の加熱を引き起こす。

20

【0005】

固定レーザーに使用するその他の材料にはガラス、例えばケイ酸塩若しくはリン酸塩ガラスがあり、これらも例えば Nd^{3+} イオンを用いてドーピング可能である。この種のガラスは、イオンによってより高濃度にドーピング可能である。そのためそれらは高出力 Nd レーザーシステムに用いられる。

【0006】

さらに結晶としてタンゲステンがレーザー材料の製造に用いられることも公知である。この場合は例えば希土類元素イオンによってドーピング可能である。μm 領域の放射を伴う固体レーザーの製造のために適しているドーピング材料としては、例えばイッテルビウム Yb が公知である。このようなレーザーは、例えば波長が 0.9 ~ 1 μm のインジウム亜ヒ酸ガリウムレーザーダイオードを用いて励起が可能であり、そのため簡素なエネルギー源、例えば 965 ~ 980 nm の波長のダイオードを結晶の励起のために用いることが可能である。イッテルビウム Yb を用いたドーピングは、ネオジウム Nd を用いたドーピングよりもはるかに有利である。特に有利には、レーザー配位欠陥が比較的僅かなため結晶内の熱の発生も比較的少ない。さらに非常に大きな吸収係数が薄い結晶層の適用を可能にしている。

30

【0007】

結晶の厚みの低減によって、隣接する 2 つの縦モードの位相偏差は、空間ホールバーニング効果が発生しない位に小さくなる。このことは単一周波数のレーザー放射に結び付く。

40

【0008】

別の観点からみると、結晶の厚みは、励起エネルギーの十分な成分を吸収するためには、十分に大きくなければならない。したがってそのようなモードに対して求められる最小の厚みは、結晶のドーピングレベルに依存する。 $1.4 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ サイズのドーピングに対しては、100 μm よりも薄い厚みが達成できる。

【0009】

しかしながら 100 μm よりも薄い厚みを有した結晶は、その製造においてそう簡単にいくものではなく、そのためこの種の結晶を用いた高出力レーザーの製造は非常に複雑で

50

かつ高価なものとなる。

【0010】

発明の開示

発明が解決しようとする課題

本発明が基礎とする課題は、特に簡単かつ低コストで高出力レーザーの製造を可能にする、固体レーザー媒質を提供することである。

【0011】

前記課題は、請求項1の特徴部分に記載された本発明によって解決される。

【0012】

発明を実施するための最良の形態

本発明の別の有利な実施例及び改善例は従属請求項に記載されている。

10

【0013】

本発明において“光学的使用領域”とは、その都度の光学的適用に利用される固体レーザー媒質の領域と理解されたい。例えばこの固体レーザー媒質がレーザーを形成するならば、その光学的使用領域とは、例えばポンプ源のポンプ放射によって掌握される領域であり、及び/又は生成されたレーザー放射に通過される領域である。

【0014】

また本発明において“ドメイン(Domaene)領域”とは、少なくとも1つの基本的なセルからなる化学的に定められた組成領域と理解されたい。

【0015】

さらに本発明で“活性ゾーン”とは、例えば光学的適用のもとで、そのつどの波長領域毎に光学的吸収が行われる領域と理解されたい。それに対して不活性ゾーンにおいては、例えば光学的適用の場合そのつどの波長領域毎の吸収は何も行われない。

20

【0016】

本発明による結晶は、単結晶構造を有し得る。この場合例えば第1のドメイン領域は、適切な方法によって第2の不活性ドメイン領域上に設けることができる。

【0017】

またそのつどの要求に応じて、3つ以上のドメイン領域を設けることも可能である。

【0018】

本発明によれば、2つの専用領域が同じ原材料からなるものならば、固体レーザー媒質は単斜晶系の基本セルからなる。その場合この固体レーザー媒質は光学的使用領域において、各箇所にて実質的に同じ結晶学的座標系を有する。

30

【0019】

しかしながら本発明によれば、本発明に従って設けられる少なくとも2つのドメイン領域を、単斜晶系の基本セルからなる別個の要素として製造することも可能である。この場合、ドメイン領域の結合は本発明によれば次のように行われる。すなわち固体レーザー媒質の光学的使用領域内の各箇所において実質的に同じ結晶学的座標系が存在するように行われる。

【0020】

また本発明によれば、2つのドメイン領域を、それらの化学的組成に関して互いに異なる出発材料から製造することも、少なくとも2つのドメイン領域から組成された固体レーザー媒質が単斜晶系の基本セルからなっていることが保証される限り可能である。この場合固体レーザー媒質の光学的使用領域内の各箇所において実質的に同じ結晶学的座標系が存在する。

40

【0021】

有利にはドメイン領域の一方はレーザー活性ゾーンを形成し、それに対して他のドメイン領域は、パッシブゾーン、つまり不活性ゾーンを形成する。その場合レーザー活性ゾーンにはレーザー効果が現れ、それに対して不活性ゾーンは、例えばレーザー活性ゾーンの支持部として用いられ得る。例えば不活性ゾーンは、レーザー活性ゾーンとポンプ源の間の所定の間隔を設定するためのスペーサを形成し得る。

50

【0022】

本発明によって得られる特に有利な利点は、本発明による固体レーザー媒質が、レーザーとして活用される場合に、ポンプ源と固体レーザー媒質の間の高価な適合層ないし適応光学系を必要とすることなしに、ポンプ源と直接接続できることである。ポンプ源の放射方向における不活性ドメイン領域の厚みの適切な選択によって、例えばレーザー活性ゾーンをポンプ源に直接固定することも可能となる。その場合には、不活性ドメイン領域の厚みは次のように選択可能である。すなわち、ポンプ源の発散するポンプ放射がレーザー活性ドメインゾーンにおいて所望の形式で実質的に円形のビーム輪郭を有するように選択可能である。

【0023】

特に有利には、カリウム - イッテルビウム - タングステン（以下ではKYbWとも称する）の適用によって、980nmのもとで約13.3μmの極端に短い吸収長が得られる。さらにKYbWの利点は、非常に僅かなレーザー配位欠陥である。

10

【0024】

以下の明細書では、本発明による固体レーザー媒質の実施例を概略的な図面に基づいて詳細に説明する。これらの図面のうち、

図1は、ポンプ源として典型的なダイオードレーザーの遠近領域の放射特性を表した図であり、

図2は、従来技術によるケーシング内部に配設されたレーザーの部分破断図であり、

図3は、レーザー形態の本発明による固体レーザー媒質の第1実施例の概略的な断面図であり、

20

図4は、レーザー形態の本発明による固体レーザー媒質の第2実施例を図3と同じように概略的に表した図であり、

図5は、導波路の形態の本発明による固体レーザー媒質の第3の実施例を図3と同じように概略的に表した図であり、

図6は、高出力ディスクレーザーの形態の本発明による固体レーザー媒質の第4の実施例を図3と同じように概略的に表した図であり、

図7は、ブラッグ反射器の形態の本発明による固体レーザー媒質の第5の実施例を図3と同じように概略的に表した図であり、

図8は、本発明によるショートパルスレーザーの実施例を概略的に表した図であり、

30

図9は、本発明による再生式増幅器の実施例を概略的に表した図である。

【0025】

実施例

以下ではまず図1から図3について述べる。図1には、ポンプ源としてのダイオードレーザーの遠近領域の放射特性が表されている。図1からもわかるように、ポンプ源は、異なった放射輪郭を有しており、この放射輪郭は、ポンプ源から所定の間隔をおいてほぼ円形である。

【0026】

図3には、本発明による固体レーザー媒質の第1実施例が示されており、この固体レーザー媒質は、当該実施例においては第1のドメイン領域1と第2のドメイン領域2を有し、これらは当該実施例において単結晶構造を形成している。第1のドメイン領域1はこの実施例では不活性ドメイン領域を形成し、カリウム - イッテルビウム - タングステンからなっている。それに対して第2のドメイン領域2は、レーザー活性ドメイン領域を形成し、同じくカリウム - イッテルビウム - タングステンからなっている。

40

【0027】

この固体レーザー媒質の上方表面4と下方表面3には、レーザー共振器を形成するために反射層がコーティングされている。

【0028】

本発明による固体レーザー媒質は、付加的な適応光学系なしで従来のレーザーダイオード5を用いてポンピングができ、さらにレーザーとして利用できる。図1に示されている

50

ように、レーザーダイオード5の放射（これはレーザー活性ドメイン領域2のポンピングのために用いられる）は、異なっており、放射断面は楕円形に形成される。この場合の近接領域の放射特性と遠方領域の放射特性は異なっており、通常その発散角度は約30度である。回折作用に基づいてこの放射は、ダイオードのPN接合部に対して垂直な領域において最も強く発散する。PN接合部からさらに離れた遠方領域においては、放射フィールドは、再び楕円形になるが、しかしながらここではその長軸がPN接合部に対して垂直となる。近接領域と遠方領域の間において、PN接合部から約275 μm 離れた所のポンプ放射は、実質的に円形の断面を有するようになる。

【0029】

本発明による固体レーザー媒質は、直接レーザーダイオード5に固定されるか又はレーザーダイオード5のすぐ近くに設けられる。つまりレーザーダイオード5の放射断面がほぼ円形となる配置構成である。この場合不活性ドメイン領域1は、レーザーダイオード5に向いており、それに対してレーザーの活性ドメイン領域2はレーザーダイオード5とは反対側に向いている。この場合レーザーダイオード5とレーザー活性ドメイン領域2の間隔は、次のように選択される。すなわちレーザーダイオード5のビーム放射がレーザー活性ドメイン領域2へ入射する際に実質的に円形の放射断面を有するよう選択される。レーザー活性ドメイン領域の極端に短い吸収長に基づいて、理想的な円形放射断面からの当該レーザー活性ドメイン領域2に沿った放射断面形状のずれは、実質的には何ら影響を及ぼさない。

【0030】

図3に示されている配置構成のさらなる利点は、レーザーダイオード5の放射発散によって引き起こされる固体レーザー媒質内の熱的緊張が低減されることである。

【0031】

それにより本発明による固体レーザー媒質は、図2に示されているような従来のレーザーにおいてほこりよけとして慣用的に用いられていた窓に代えて、レーザー活性ドメイン領域2のポンピング（光励起）のために用いられるレーザーダイオード5に直接結合される。この場合特に当該実施例の不活性ドメイン領域は、レーザー活性ドメイン領域の機械的な支持体として用いられる。その上さらにこの不活性ドメイン領域は、例えばレーザー活性ドメイン領域2のポンピングによる放射の実質的に円形な放射断面を得るために必要とされるレーザーダイオード5とレーザー活性ドメイン領域2の間隔を維持するために、レーザー活性ドメイン領域2とレーザーダイオード5の間のスペーサとして用いることもできる。

【0032】

図4には、本発明による固体レーザー媒質の第2実施例がレーザーの形態で示されている。この固体レーザー媒質は、不活性な第1のドメイン領域1と活性（ここではレーザー活性）な第2のドメイン領域2を有している。このレーザー活性なドメイン領域2は、この第2実施例においては、約50 μm の厚さを有しており、この場合のポンピング（光励起）には、図には示されていないがレーザーダイオードが用いられている。当該実施例では、レーザー活性なドメイン領域2がイッテルビウムと付加的な10%未満のツリウム（Tm）によってドーピングされている。イッテルビウムYbとツリウムTmの混合ドーピングによって、900~1000nmの波長の光励起が可能となる。この場合のレーザー放射は、2 μm の波長を有する。

【0033】

図5には、本発明による固体レーザー媒質の第3実施例が示されており、これは第1のドメイン領域10を有しており、この領域は約40 μm の厚さを有し、1at-%NdでドーピングされたKYbWからなっている。このドメイン領域10は、カリウム-イッテルビウム-タングステン（KYW）からなる2つのドメイン領域12と14の間に設けられている。KYWの屈折率は、KYbWの屈折率よりも少ないので、第1のドメイン領域10は、導波路を形成する。図5に示されている固体レーザー媒質は、例えば1.4 μm のもとで放射するチップレーザーと結び付けて利用することが可能である。

10

20

30

40

50

【0034】

第2のドメイン領域12, 14の一方は、熱抵抗を低減するために特に薄く形成される。ポンピング放射の吸収は、準共振的にNdに移行される。共振器ミラーは、 $1.06\ \mu\text{m}$ のもとで透過され、第2のレーザー遷移の場合に $1.35\ \mu\text{m}$ のもとで強く反射される。

【0035】

図6には、本発明による固体レーザー媒質のさらなる実施例が示されており、この実施例では高出力のディスクレーザーを形成している。この固体レーザー媒質は、当該実施例では、レーザー活性な第1のドメイン領域22を有しており、この領域は当該実施例では、KYbWからなっている。さらにこの固体レーザー媒質は、第1のドメイン領域22に結合する第2のドメイン領域24を有しており、この第2のドメイン領域は、当該実施例では不活性に構成され、カリウム・ルテチウム・イットリウム・タングステン($\text{KLu}_x\text{Y}_{1-x}\text{W}$)からなり、第1のドメイン領域22に対する機械的な支持体として用いられている。その上さらにこの第2のドメイン領域24は、ASE(自然放射増幅光)によって引き起こされる損失を低減するために、インデックス整合媒質(index matching medium)として用いられている。

10

【0036】

ASEによって生じた損失の低減に関しては、米国特許出願US 6,347,109号明細書が参照され、その内容がここでは本願発明の関連事項として引用される。

【0037】

第2のドメイン領域24とは反対側の第1のドメイン領域22には、層状に積層された複数のミラー群26が設けられており、これらのミラー群26は、交互にKYWとKYbWからなっており、ここではKYWとKYbWの屈折率における比較的大きな相違が利用されている。ミラー26の反射が不十分である場合には、第1のドメイン領域22とは反対側のミラー26にさらに誘電性のミラー28を設けてもよい。この誘電性ミラー28では、必要とされる反射全体のうちの一部しか形成する必要がないので、このミラー28を特に薄く構成してもよい。このことはその熱抵抗を著しく低減することとなる。

20

【0038】

このようにすれば、高出力のディスクレーザーを簡単かつ低コストに製造できることが実現される。

【0039】

図7には、本発明による固体レーザー媒質のさらに別の実施例が示されており、これは第1のドメイン領域32を有し、これはKYbWからなっている。この固体レーザー媒質はさらに第2のドメイン領域34を有しており、これはKYWからなっている。この固体レーザー媒質は、当該実施例では分布ブラグ反射器を形成しており、そこでは複素的屈折率の変調が実部も虚部も有している。

30

【0040】

本発明による固体レーザー媒質は、多種多様に用いることが可能である。特に本発明による固体レーザー媒質は、レーザーに好適に用いることができる。例えば整合光学系を持たないチップレーザー、単一周波数で作動する特に高出力の超薄型ディスクレーザー、平面導波路レーザー、自然放射増幅光による損失のない高出力レーザーなどに有利に適用可能である。

40

【0041】

特に本発明による教示は、薄型ディスクレーザーの実現を可能にする。なぜなら例えばKYbWの特に短い吸収長に基づいてレーザー活性ドメイン領域を通るポンピング放射の唯一の透過が十分可能になるからである。それにより従来のディスクレーザーではレーザー媒質を通るポンピング放射の多重透過の生成に必要とされていた複雑な装置構成が省略できる。

【0042】

各実施例において設けられている不活性ドメイン領域は、レーザー活性ドメイン領域の機械的な支持体として、屈折率の制御ないし整合のために、若しくは高い立方-非線形性

50

の生成のために用いることが可能である。

【0043】

図8には、本発明によるショートパルスレーザー36の実施例が示されており、この実施例は、本発明による固体レーザー媒質を有しており、この固体レーザー媒質は当該実施例では多層に形成されている。さらにこの固体レーザー媒質は、レーザー活性ドメイン領域2を有しており、このレーザー活性ドメイン領域2は、ここではサンドイッチ状に2つの不活性ドメイン領域1, 1の間に配設されている。不活性ドメイン領域1, 1のレーザー活性ドメイン領域2とは反対側の面には、コーティング38, 40が施されている。固体レーザー媒質の冷却のために、冷却体42が設けられており、この冷却体42は、コーティング40の不活性ドメイン領域1とは反対側の面に結合されている。固体レーザー媒質のレーザー活性ドメイン領域2のポンピングに対しては、当該実施例ではレーザーダイオード44が設けられており、このダイオードが光励起ビームをレーザー活性ドメイン領域2に放射している。

10

【0044】

レーザー共振器を形成するためには、図には示されていないミラーを設けてもよく、それらの間で当該ショートパルスレーザー36の作動中にレーザー放射が発振される。構成部品の数とショートパルスレーザー36の製造コストを低く抑えるために有利には、それらのミラーが固体レーザー媒質の端面に例えば蒸着によって直接結合される。

【0045】

図8に示されている装置構成は、レーザー活性ドメイン領域2を通るレーザー放射の単一若しくは多重の遷移によってレーザー放射の強化を可能にする。これに対する付加的なミラーは、基本的には不要である。

20

【0046】

図9には、本発明によるレーザービームを増幅するための装置が示されており、この装置は当該実施例では再生増幅器46として構成されている。この再生増幅器46は、増幅媒体として固体レーザー媒質48を有しており、この固体レーザー媒質は例えば図8に示された固体レーザー媒質のように構成されていてもよい。再生増幅器46は、レーザー共振器を有しており、その共振ミラー50, 52の間に固体レーザー媒質48が増幅媒体として配設されている。この再生増幅器46は、さらに光学的スイッチ54と、偏光ビームスプリッタ56を有しており、ここでの光学的スイッチ54は、レーザー共振器内で増幅されたパルス若しくはパルス列を所望の増幅が達成されると同時に出力結合させるために用いられている。増幅すべきレーザービーム58と増幅されたレーザービーム60の分離のために、光学的なアイソレータ62が設けられている。再生増幅器の構造とその機能特性は当業者にとっては一般に公知なものであるため、ここではその詳細な説明は省く。

30

【0047】

本発明による固体レーザー媒質は、再生増幅器を簡単かつ低コストで実現させ得る。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】ポンプ源として典型的なダイオードレーザーの遠近領域の放射特性を表した図

【図2】従来技術によるケーシング内部に配設されたレーザーの部分破断図

40

【図3】レーザー形態の本発明による固体レーザー媒質の第1実施例の概略的な断面図

【図4】レーザー形態の本発明による固体レーザー媒質の第2実施例を図3と同じように概略的に表した図

【図5】導波路の形態の本発明による固体の第3の実施例を図3と同じように概略的に表した図

【図6】高出力ディスクレーザーの形態の本発明による固体レーザー媒質の第4実施例を図3と同じように概略的に表した図

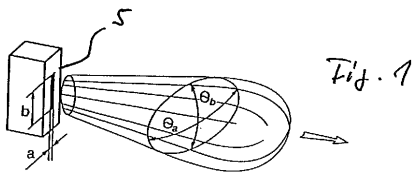
【図7】分布ブラグ反射器の形態の本発明による固体レーザー媒質の第5実施例を図3と同じように概略的に表した図

【図8】本発明によるショートパルスレーザーの実施例を概略的に表した図

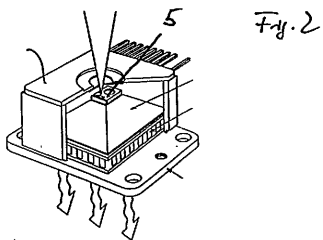
50

【図9】本発明による再生増幅器の実施例を概略的に表した図

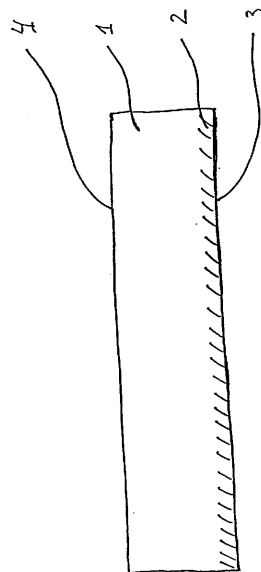
【図1】



【図2】



【図3】



【 図 4 】

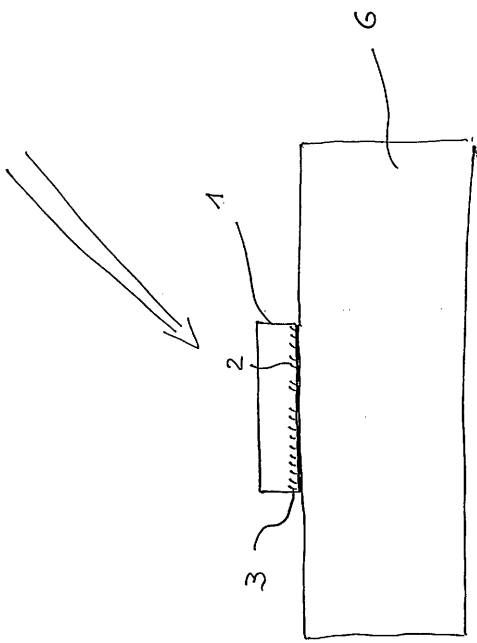


Fig. 4

【 図 5 】

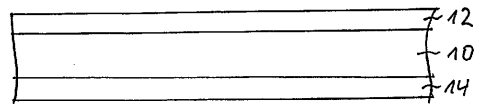


FIG. 5

【 図 6 】

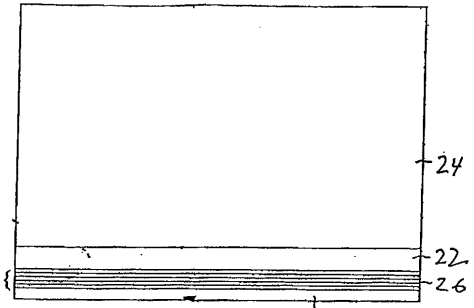


FIG. 6

【 図 7 】

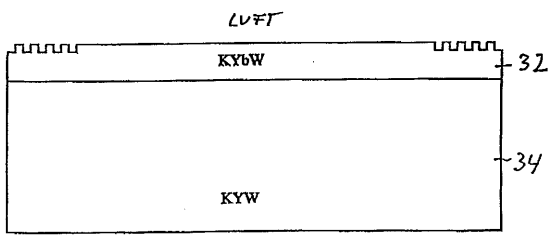


FIG. 7

【 図 8 】

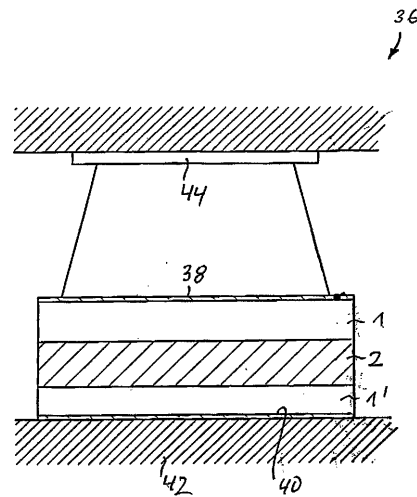


FIG. 8

【図 9】

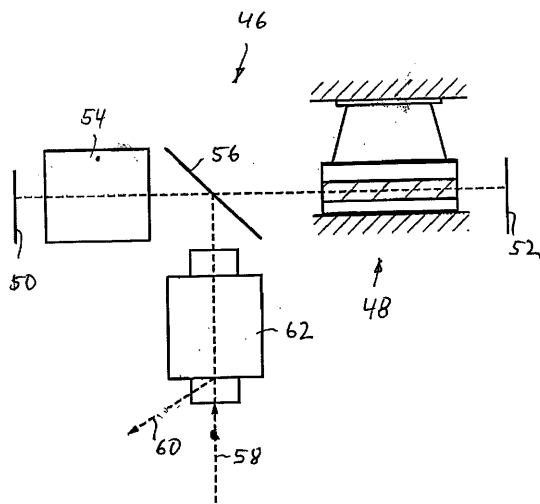


FIG. 9

【手続補正書】

【提出日】平成18年2月21日(2006.2.21)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

光学的に使用される領域内に設けられ、単斜晶系の基本セルからなっており、
 少なくとも光学的に使用される領域内の各箇所において実質的に同じ結晶学的座標系に基づいており、

さらに光学的に使用される領域内で化学的組成に関して相違している少なくとも2つのドメイン領域を有しており、

前記光学的に使用される領域は、少なくとも1つの活性ゾーンと少なくとも1つの不活性ゾーンを有していることを特徴とする、固体レーザー媒質。

【請求項2】

前記固体レーザー媒質は、少なくとも光学的に使用される領域において、単斜晶系の基本セルの構成要素としてタンゲステンとカリウム及び/又はルビジウムを有している、請求項1記載の固体レーザー媒質。

【請求項3】

前記固体レーザー媒質は、少なくとも光学的に使用される領域において、単斜晶系の基本セルの構成要素として、イットリウム Y, サマリウム Sm, ユウロピウム Eu, ガドリニウム Gd, テルビウム Tb, ジスプロシウム Dy, ホルミウム Ho, エルビウム Er, ツリウム Tm, イッテルビウム Yb, ルテチウム Lu のグループうちの少なくとも1つの

元素を有している、請求項 2 記載の固体レーザー媒質。

【請求項 4】

前記固体レーザー媒質は、少なくとも光学的に使用される領域において、イットリウム Y , サマリウム Sm , ユウロピウム Eu , ガドリニウム Gd , テルビウム Tb , ジスプロシウム Dy , ホルミウム Ho , エルビウム Er , ツリウム Tm , イッテルビウム Yb , ルテチウム Lu の代わりに、ランタン La , セリウム Ce , プラセオジウム Pr , ネオジウム Nd , プロメチウム Pm のグループからなる少なくとも 1 つの元素を構成要素として有している、請求項 3 記載の固体レーザー媒質。

【請求項 5】

少なくとも光学的に使用される領域が、 $KYb(WO_4)_2$ か若しくは Yb 置換基の $KYb(WO_4)_2$ からなり、この場合置換原子は、請求項 4 に述べたものであり、 $KYb(WO_4)_2$ は、低温変態である、請求項 1 から 4 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 6】

少なくとも 2 つのドメイン領域の間の化学的組成変化が唯一の方向性で経過する、請求項 1 から 5 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 7】

光学的に使用される領域の不活性ゾーンにおいて、イットリウム Y、ガドリニウム Gd、ルテチウム Lu のグループからなる元素 X が組成において $K_x Rb_y X(WO_4)_2$ を含んでおり、この場合 $x = 0 - 1$ 、 $y = 1 - 0$ 、 $y + x = 1$ である、請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 8】

前記組成は、 $KX(WO_4)_2$ 、 $K_x Rb_y X(WO_4)_2$ 又は $RbX(WO_4)_2$ であり、この場合 $x = 0 - 1$ 、 $y = 1 - 0$ 、 $y + x = 1$ である、請求項 7 項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 9】

活性ゾーンにおいて $Ln_x KYb_y(WO_4)_2$ が含まれており、この場合ルテチウム Lu は、イットリウム Y , サマリウム Sm , ユウロピウム Eu , ガドリニウム Gd , テルビウム Tb , ジスプロシウム Dy , ホルミウム Ho , エルビウム Er , ツリウム Tm , イッテルビウム Yb , ルテチウム Lu のグループからなる少なくとも 1 つの元素であり、この場合 $x = 0 - 1$ 、 $y = 1 - 0$ 、 $y + x = 1$ である、請求項 1 から 8 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 10】

$RE_x KYb_y(WO_4)_2$ が $REK(WO_4)_2$ 、 $RE_x KYb_y(WO_4)_2$ 若しくは $KYb(WO_4)_2$ であり、この場合 $x = 0 - 1$ 、 $y = 1 - 0$ 、 $y + x = 1$ である、請求項 9 項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 11】

前記固体レーザー媒質は、エピタクシー、特に分子線エピタクシー、溶液エピタクシー、水熱成長、CVD、スパッタリング、拡散ボンディング等によって形成された置換原子を伴う領域を有している、請求項 1 から 10 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質。

【請求項 12】

前記置換原子を伴う領域は、層状構成において約 $50 \mu m$ の厚さ、特に $30 \mu m$ の厚さを有している、請求項 11 記載の固体レーザー媒質。

【請求項 13】

請求項 1 から 12 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質を有していることを特徴とする、コヒーレントな電磁放射を生成する装置、特にレーザー装置。

【請求項 14】

レーザー、特にディスクレーザー又はチップレーザーのために用いることを特徴とする、請求項 1 から 12 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質の適用。

【請求項 15】

導波路、ミラー又はブラッグ反射器として用いることを特徴とする、請求項 1 から 1 2 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質の適用。

【請求項 1 6】

そのミラーがブラッグ反射器として構成されている導波路として用いることを特徴とする、請求項 1 から 1 2 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質の適用。

【請求項 1 7】

増幅媒体を有している、コヒーレントな電磁放射、特にレーザー放射を増幅するための装置において、

前記増幅媒体が、請求項 1 から 1 2 いずれか 1 項記載の固体レーザー媒質を有していることを特徴とする装置。

【請求項 1 8】

前記装置は、パルス制御された電磁放射、特にレーザー放射を増幅するために構成されている、請求項 1 7 記載の装置。

【請求項 1 9】

前記装置は、再生増幅器(46)として構成されている、請求項 1 7 記載の装置。

【請求項 2 0】

前記増幅媒体は、共振器内部に配設されている、請求項 1 7 記載の装置。

【請求項 2 1】

前記増幅媒体は、共振器外部に配設されている、請求項 1 7 記載の装置。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/EP2004/003098
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01S3/16 H01S3/16		
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) IPC 7 H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX, PAJ, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KAMINSKII A A ET AL: "NEW CRYSTALLINE LASERS FOR THE 1-MUM WAVELENGTH RANGE" QUANTUM ELECTRONICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, WOODBURY, NY, US, vol. 26, no. 1, January 1996 (1996-01), pages 1-2, XP000553777 ISSN: 1063-7818	1-4
A	abstract page 1, left-hand column	5-22
X	US 3 203 902 A (SODEN RALPH R ET AL) 31 August 1965 (1965-08-31)	1
A	column 2, line 37 - line 44 -/--	4,5,10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document 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 8 February 2005		Date of mailing of the international search report 25/02/2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Bésuelle, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/003098

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GRABTCHIKOV A S ET AL: "Passively Q-switched 1.35µm diode pumped Nd:KGW laser with V:YAG saturable absorber" OPTICAL MATERIALS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V. AMSTERDAM, NL, vol. 16, no. 3, April 2001 (2001-04), pages 349-352, XP004231484 ISSN: 0925-3467	1-5
A	abstract	6-22
X,P	EP 1 365 489 A (FUNDACIO URV UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI) 26 November 2003 (2003-11-26)	1-3
A,P	abstract	4-22
A	BRUNNER F ET AL: "DIODE-PUMPED FEMTOSECOND YB:KGD(WO4)2 LASER WITH 1.1-W AVERAGE POWER" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, vol. 25, no. 15, 1 August 2000 (2000-08-01), pages 1119-1121, XP000968506 ISSN: 0146-9592	4,5,10
A	abstract	
A	GUOFU WANG ET AL: "CRYSTAL GROWTH OF KY(WO4)2:ER3+,YB3+" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 116, no. 3/4, 1 February 1992 (1992-02-01), pages 505-506, XP000265340 ISSN: 0022-0248	1-22
	the whole document	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/EP2004/003098

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3203902	A	31-08-1965	NONE
EP 1365489	A	26-11-2003	ES 2187262 A1 16-05-2003
			CA 2437101 A1 08-08-2002
			EP 1365489 A1 26-11-2003
			JP 2004523116 T 29-07-2004
			US 2004055525 A1 25-03-2004
			WO 02061896 A1 08-08-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT		Internationales Aktenzeichen PCT/EP2004/003098
A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 H01S3/16 H01S3/16		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H01S		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX, PAJ, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	KAMINSKII A A ET AL: "NEW CRYSTALLINE LASERS FOR THE 1-MUM WAVELENGTH RANGE" QUANTUM ELECTRONICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, WOODBURY, NY, US, Bd. 26, Nr. 1, Januar 1996 (1996-01), Seiten 1-2, XP000553777 ISSN: 1063-7818	1-4
A	Zusammenfassung Seite 1, linke Spalte	5-22
X	US 3 203 902 A (SODEN RALPH R ET AL) 31. August 1965 (1965-08-31)	1
A	Spalte 2, Zeile 37 - Zeile 44	4,5,10
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Februar 2005		25/02/2005
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Bésuelle, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/003098

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GRABTCHIKOV A S ET AL: "Passively Q-switched 1.35µm diode pumped Nd:KGW laser with V:YAG saturable absorber" OPTICAL MATERIALS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V. AMSTERDAM, NL, Bd. 16, Nr. 3, April 2001 (2001-04), Seiten 349-352, XP004231484 ISSN: 0925-3467	1-5
A	Zusammenfassung	6-22
X,P	EP 1 365 489 A (FUNDACIO URV UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI) 26. November 2003 (2003-11-26)	1-3
A,P	Zusammenfassung	4-22
A	BRUNNER F ET AL: "DIODE-PUMPED FEMTOSECOND YB:KGD(WO4)2 LASER WITH 1.1-W AVERAGE POWER" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, Bd. 25, Nr. 15, 1. August 2000 (2000-08-01), Seiten 1119-1121, XP000968506 ISSN: 0146-9592	4,5,10
A	Zusammenfassung	
A	GUOFU WANG ET AL: "CRYSTAL GROWTH OF KY(WO4)2:ER3+,YB3+" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, Bd. 116, Nr. 3/4, 1. Februar 1992 (1992-02-01), Seiten 505-506, XP000265340 ISSN: 0022-0248 das ganze Dokument	1-22

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

 Internationales Aktenzeichen
 PCT/EP2004/003098

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3203902	A	31-08-1965	KEINE
EP 1365489	A	26-11-2003	ES 2187262 A1 16-05-2003
			CA 2437101 A1 08-08-2002
			EP 1365489 A1 26-11-2003
			JP 2004523116 T 29-07-2004
			US 2004055525 A1 25-03-2004
			WO 02061896 A1 08-08-2002

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 230100044

弁護士 ラインハルト・アインゼル

(72)発明者 トドール キリロフ

ドイツ連邦共和国 バルジングハウゼン アム クックスベルク 3

Fターム(参考) 5F172 AE01 AL07 AM02 AM09 EE13