

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-299774

(P2007-299774A)

(43) 公開日 平成19年11月15日(2007.11.15)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1S 3/06 (2006.01)	HO1S 3/06 B	4C026
HO1S 3/042 (2006.01)	HO1S 3/04 L	5F172
HO1S 3/094 (2006.01)	HO1S 3/094 S	
HO1S 3/00 (2006.01)	HO1S 3/00 B	
A61B 18/20 (2006.01)	A61B 17/36 350	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2006-41870 (P2006-41870)
 (22) 出願日 平成18年2月20日 (2006.2.20)

(71) 出願人 591108455
 有限会社岡本光学加工所
 神奈川県横浜市磯子区原町8番34号

(71) 出願人 505435279
 村原正秀
 神奈川県鎌倉市二階堂935

(71) 出願人 303045188
 村原 正隆
 神奈川県鎌倉市二階堂935

(72) 発明者 村原正隆
 神奈川県鎌倉市二階堂935

Fターム(参考) 4C026 AA02 AA03 AA04 BB08 DD03
 DD06 FF17
 5F172 AM08 DD07 EE14 EE15 EE16
 NN06 NQ32 NS01 NS18 ZZ03

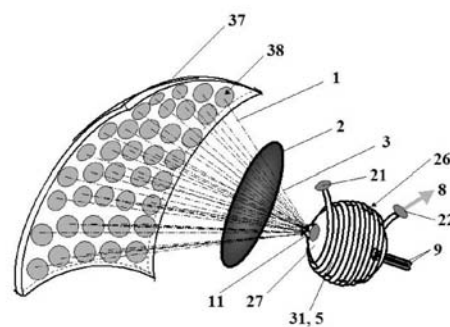
(54) 【発明の名称】 高密度光励起ファイバーレーザー装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】本発明によれば、冷却水で満たされた円形ガラス容器の外壁に沿って並べたファイバーレーザーに、集光された高密度半導体レーザーダイオード光をファイバーの光軸に対して垂直方向から入射するため、レーザー媒質やクラッドが熱破壊を起こさない高出力高効率光励起ファイバーレーザー装置であり、さらにフォトニック結晶ファイバーレーザーにより柔軟性があり曲げ耐力に富むファイバーレーザーは血管内ファイバーレーザーメスを提供することができる。

【解決手段】集光された高密度半導体レーザーダイオード光を冷却水で満たされた円形ガラス容器の内部から容器外壁に並べたフォトニック結晶ファイバーレーザーに側面から入射する。このファイバーレーザーの両端には反射膜と反射防止膜を有する平面石英ガラスをシリコンオイルの光酸化により光接着する。

【選択図】 図14



【特許請求の範囲】

【請求項1】

高密度光入射窓を有する円形容器の内部が冷却水で満たされた円形ガラス容器、あるいはその円形ガラス容器の外側に冷却水槽を備した二重構造容器であり、その内側の円形ガラス容器の外壁に沿って並べたファイバーレーザーをアモルファスシリカガラスで固定し、そのファイバーレーザーの両端面を夫々シリコンオイルの光酸化で石英ガラス板と接着して、反射膜や反射防止膜を施すことを特徴とする高密度光励起ファイバーレーザー装置。

【請求項2】

前記円形ガラス容器が円筒あるいは球面あるいはトロイダル面を有する石英ガラスから成ることを特徴とする請求項1に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。 10

【請求項3】

前記円形ガラス容器の中心軸に平行あるいは斜め方向に複数本のファイバーを外壁に沿って密に並べ、その複数本のファイバーレーザー群を末端で束ねて集合ビームを形成することを特徴とする請求項1および2に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。

【請求項4】

前記円形ガラス容器の外壁の円周に沿って1本または複数本の柔軟性のあるファイバーレーザーが密に巻かれ、1本のファイバーレーザーによる単ビームあるいは複数本のファイバーレーザーを末端で束ねて集合ビームを形成することを特徴とする請求項1および2に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。 20

【請求項5】

前記ファイバーレーザーがコアの外周にシリコンオイルの光酸化で形成したクラッドから成るファイバーか、あるいはプリフォームから線引きして外皮を被覆しないファイバーレーザーから成ることを特徴とする請求項1に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。

【請求項6】

前記アモルファスシリカガラスとはシリコンオイルの光酸化によって形成したシリカガラスを意味し、円形ガラス容器外壁に沿って並べたファイバーレーザーがアモルファスガラスによって容器外壁に固定されていることを特徴とする請求項1、2に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。 30

【請求項7】

前記ファイバーレーザーの末端面のレーザー出力側には反射防止膜を、他方面には反射膜を施した石英ガラス板をシリコンオイルで光接着するか、あるいはシリコンオイルで石英板を光接着した後反射防止膜あるいは反射膜を夫々蒸着することを特徴とする請求項1に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。

【請求項8】

前記円形ガラス容器外壁とファイバーレーザーとを固定したアモルファスシリカ膜上、あるいはその円形ガラス容器の外側に備した二重構造容器の外壁のいずれか一方をアルミやプラチナあるいは金や銀などの金属反射膜で覆うことを特徴とする請求項1に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。 40

【請求項9】

前記高密度光とは1個または複数個の半導体レーザーダイオードアレイからの発光群をレンズやミラーで集光した高密度光あるいはランプなどの輻射光を集光した高密度光であることを特徴とする請求項1に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。

【請求項10】

前記ファイバーレーザーの第一クラッドが複数本の空孔細管を有するフォトニック結晶ファイバーレーザーであることを特徴とする請求項1および4に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。

【請求項11】

前記ファイバーレーザーがフォトニック結晶ファイバーレーザーであり、このフォトニッ 50

ク結晶ファイバーレーザーで発生した高出力光を増幅しながら被照射体に導くために第一クラッド上に第二クラッドとしてアモルファスシリカガラスやプラスチックをコーティングした導波路部とレーザー励起部とを一体化したファイバーであることを特徴とする請求項1および10に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。

【請求項12】

前記ファイバーレーザーがフォトニック結晶ファイバーレーザーであり、このレーザー出力と導波路部とを一体化したファイバーレーザーの導波部を注射針から血管に挿入あるいは内視鏡に挿入してレーザーメスとして用いることを特徴とする請求項1、10、11に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。

【請求項13】

前記ファイバーレーザーがフォトニック結晶ファイバーレーザーであり、このファイバーレーザーの末端の出力窓に非線形素子を取り付けて紫外線を発生させた後、注射針から血管に挿入したりあるいは内視鏡に挿入して組織や血管内の異物を光化学的に変質させることを特徴とする請求項1、12に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。

【請求項14】

前記冷却水が水または液体レーザー媒質から成ることを特徴とする請求項1に記載の高密度光励起ファイバーレーザー装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高密度光励起ファイバーレーザー装置に関する。

【背景技術】

【0002】

固体レーザーや液体レーザーなどの光励起源はXeやKrフラッシュランプや半導体レーザーがある。XeやKrフラッシュランプによる励起には楕円鏡の2つの焦点の一方にランプを、他方にレーザーロッドを配置する方法が取られている。また半導体励起では固体レーザーヘッドやロッドの極近傍に光学系を介さず半導体レーザーを置く。とくに高出力レーザーでは光源とレーザー媒質の間に冷却水を流す事が多い。

【0003】

ファイバーレーザーは励起光の閉じ込めや吸収が可能であり、コア部の体積容量が大きく、断面の直径に対する長さが比大きいいため表面積が大きくなる。このため冷却能率が高くなる。半導体レーザーの発振波長はファイバーレーザー媒質の吸収帯に近接しているため、高効率レーザー発振が期待できる。非特許文献1によるとYbをドープしたダブルクラッドファイバーレーザーは975nmに吸収があるため、100 μ で20メートルのファイバーに2.2Wの高出力半導体レーザーダイオードで光励起して1.3Wの出力、すなわち63%の高効率を出している。さらに、非特許文献2によるとコア径40 μ 、長さ12メートルのYb⁺³ドープダブルクラッドファイバーレーザー端面の一方のクラッドに発振波長975nmの半導体レーザーダイオードスタックから0.6kW、他方側から1.2kW、合計1.8kWを投入して1.2kWの出力、すなわち83%の効率を出している。このようにほとんどがファイバーレーザー端面の一方のクラッドに半導体レーザーダイオード光を入れる方式が取られているが、円柱体すなわち丸棒の外周部にファイバーレーザーを巻き丸棒に半導体レーザーダイオード光を射入射してファイバーレーザーを励起する方法が特許文献1に開示されている。以上述べたようにファイバーレーザーでは高い励起効率を有する半導体レーザーダイオードが採用されている。

【特許文献1】特願平 10 - 350306 (特開平 11 - 284255)

【特許文献2】特願 2003 - 298158 (特開 2005 - 070245)

【特許文献3】特願 2005 - 251257

【特許文献4】特願 2003 - 298124 (特開 2005 - 070243)

【特許文献5】特願 2005 - 035353

【非特許文献1】伊藤秀明他；三菱電線工業時報 第101号 p 21-24 (2004)

10

20

30

40

50

【非特許文献2】Y. Jeong 他 ; Optics Express, Vol. 12(25), p6088-6092 (2004)

【非特許文献3】村原正隆、 “ エキシマレーザーの加工への応用 ”、 塑性と加工 / Vol.27, 934-942 (1986)

【非特許文献4】村原正隆他 ; "Photochemical adhesion of fused silica glass for UV transmittance", Proc. of SPIE Vol.5647, p224 (2005)

【非特許文献5】村原正隆他 ; "Hard protective waterproof coating for high-power laser optical elements" OPTICS LETTERS / Vol.30(24) / Dec.15, 3416-3418(2005)

【非特許文献6】遠山修、遠藤秀明、山口俊一郎 ; “ フォトニック結晶ファイバーの製作技術 ” レーザー研究、34 (1) p7-11 (2006)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ファイバーレーザーは励起光の閉じ込めや吸収が可能であり、コア部の体積容量が大きく、断面の直径に対する長さが比大きいいため表面積が大きくなり、冷却能率も高い。しかし、集光された高密度光を一気にダブルクラッドの第一クラッドに入れようとするときファイバー自体を熱融解してしまう。そこで現状では複数個の半導体レーザー光を夫々複数の分岐された第一クラッドからファイバーの光軸に沿って光を入れる方式が取られている。しかしこれでは装置が煩雑で経済性にかける。

【0005】

高密度光を一気に入射する目的で、本願発明では、半導体レーザーダイオード光群をレンズで集光して高密度光とし、その光を冷却水の入った円形ガラス容器内部に集光し、その円形ガラス容器の外壁に固定されたファイバーレーザーの側面から入射して高効率な高密度光直接励起を行う。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明者は、上記目的を達成すべく鋭意研究した結果、冷却水で満たされた二重管構造の容器のうち少なくとも内管が円筒あるいは球またはトロイダル面を有するガラス容器であり、その内管の外壁に沿って並べたファイバーレーザーをアモルファスシリカガラスで固定し、その円形ガラス容器の内壁から冷却水を介して集光された高密度光を側面入射する。

【0007】

本発明ではファイバーレーザーの光軸の側面から励起光を入射するため、レーザー媒質よりも屈折率が低い透明な板の中にレーザー媒質を埋め込み、帯状ファイバーレーザー群を円形ガラス容器の内管の外壁に接着固定する。この目的のために接着力に富み、低屈折率、透明性、耐水性、低応力性、強硬度、弾力性に優れたアモルファスシリカガラス膜をシリコンオイルの光酸化により形成する。一般にファイバーレーザー用ファイバーはダブルクラッドの外皮に被覆が被されているが、この被覆と第2クラッドのないファイバーを円形ガラス容器外壁にアモルファスシリカガラスで固定してコアのレーザー媒質に側面から光が入るようにする。

【0008】

代表的シリコンオイルであるジメチルシロキサンシリコンオイル(-O-Si(CH₃)₂)_n は空気中で193nmのArFレーザー光を照射するとガラス化してSiO₂硬質膜ができることは本願発明者により非特許文献3で開示している。さらに本願発明者はこれらシリコンオイルを空気中でXe2エキシマランプ光を照射して石英ガラスが強接着し、耐熱性、紫外線透過性に優れていることが特許文献2、3および非特許文献4で開示している。さらに石英ガラスの表面にシリコンオイルをスピンコーティングしてそれに空気中でXe2エキシマランプ光を照射すると、耐水性、耐硬度、水中で完全反射防止膜に成ることも特許文献4、5および非特許文献5で開示している。

【0009】

ファイバーレーザーを構成するクラッド外面が円形ガラス容器の外壁に固着させるための

10

20

30

40

50

接着剤兼コーティング膜の屈折率がクラッドと同じか低ければレーザー媒質を効率よく光励起できる。そこで本発明ではプリフォームを線引きした一般のファイバーレーザーの他に、シリコンオイルの光酸化によって形成するアモルファスシリカガラスの形成過程を、ファイバーレーザー形成プロセスに導入する。すなわちコアとしてレーザー媒質から成る直径数ミクロンから数ミリ程度のロッドの外周に、クラッドを形成するためにシリコンオイルを塗布した後、酸素雰囲気中でXe2ランプ光を照射し光硬化させながら引き上げる。この形成プロセスでは熱によるファイバーの細線化は行わない。

【0010】

一般に光ファイバーやファイバーレーザーは曲げ強度が低い。このため許容曲率半径は大きく設定されている。したがって糸や銅線を円筒や球の外壁に沿ってコイル状に巻くのと
10
同じ方法を、光ファイバーやファイバーレーザーで実施することは難しい。そこで円筒ガラス容器の円筒軸に平行あるいは斜め方向にプリフォームを線引きした一般のファイバーレーザーを配列し、円筒容器終端を過ぎたところでそれら並べられた全てのファイバーレーザーを束ねて集合ビームを形成する。これによって大きな曲率を保ちながらファイバーを一箇所で束ねる事ができる。この手法を用いれば、クラッドがシリコンオイルの光酸化により形成したアモルファスシリカガラスから成るコア径が大きいファイバーレーザーにも適用できる。

【0011】

許容曲率半径が小さく柔軟性のあるファイバーレーザーが存在すれば、円筒あるいは球面
20
あるいはトロイダル面を有する石英ガラスから成る容器の外壁の円周に沿って1本または複数本のファイバーレーザーを密に巻くことが可能である。とくにガラス容器が球型の場合は積分球として入射光を全てトラップできるためファイバーレーザー用光励起装置として最適である。非特許文献6によるとフォトニック結晶ファイバーは複数本のエアホールがファイバー軸方向に沿って伸び、ファイバー断面内に屈折率が周期的に変化する構造を持つファイバーである。このファイバーの製法の一つとしてキャピラリー法があるが、これはコアロッドの周りにエアホールを構成するキャピラリー（石英細管）を多数束ね、それをサポート管に挿入し、これをプリフォームとして線引きする事により外径125ミクロンメートル程度のファイバーに加工される。そのコアと空孔を含むクラッドにより得られる非常に大きい比屈折率差により、超広帯域シングルモード動作、高非線形、分散制御、偏波保持、低曲げ損失性等の独特の特性を得る事ができる他、多数の微細なエア
30
ホールを有する断面積構造を有するため、ファイバーの柔軟性が良くなり曲率半径が小さくなると考える。このフォトニック結晶ファイバーのコア部をレーザー媒質に置き換えれば、柔軟性に富み、コア内に光の閉じ込め効果が高く、効率の高いファイバーレーザー発振が期待できる。

【0012】

クラッドが複数本の空孔を有するフォトニック結晶ファイバーレーザーの場合はファイバーが柔軟性に富み極度の曲げにも耐性がある。このため血管内や内視鏡手術のレーザーメスや紫外線による局所的な光化学反応光源として使える。一般に動脈注射針の内径は0.4から0.57ミリメートル、外径は0.65から0.8ミリメートルであり、輸血用では内径0.78から0.94ミリメートル、外径で1.1から1.2ミリメートルである。然るにファイバーレーザー外
40
径を0.5から0.9ミリメートル内外にすれば、ファイバーレーザーを注射針から動脈や静脈に挿入することができ、レーザーメスとして狭心症や心筋梗塞あるいは脳梗塞の原因としての、血管内の血栓、凝固塊、脂肪塊、石灰片、腫瘍塊などを熱切除あるいは光化学的切除することができる。内視鏡の先端部に柔軟性に富み極度の曲げにも耐性がある柔軟性があるフォトニック結晶ファイバーレーザーを取り付ければ、気管支や肺、食道、胃、十二指腸までの上部消化管、小腸、大腸、肛門などの下部消化管あるいは肝臓、胆嚢、膵臓などのポリプ、腫瘍、癌細胞、結石、悪性粘膜などの切除や出血止めあるいはアニサキス、義歯などの異物の溶解などに使われる。これらをレーザーメスとして使うためには一本の長尺フォトニック結晶ファイバーレーザーを用い、光励起部と光導波路部を一体構造とし、レーザー媒質に直接励起光を入力するための高密度光励起ファイバーレーザー装置か
50

ら出力されるレーザー光を被照射体に繋ぎ目なしで連続して導くための導波路として、高密度光励起ファイバーレーザー媒質としてのコアロッドの周りにエアホールを構成する第一クラッドの上に第二クラッドとしてアモルファスシリカガラスやプラスチックをコーティングしその上部をプラスチックで被覆する。

【0013】

ファイバーレーザー導波路の末端の出力窓にシリコンオイルを用いてBB0やCLB0などの非線形素子を光接着し、さらに非線形素子を血液中や体液中で耐性を持たすためアモルファスシリカガラス膜をコーティングして、紫外線を生じさせ、注射針から血管に挿入したりあるいは内視鏡に挿入して組織や血管内の異物を光化学的に変性する。

【0014】

シリコンオイルは二重管構造のガラス容器内管の外壁とそれに沿って並べたファイバーレーザーの接着およびコーティングにも使われる。ガラス容器内管の外壁に沿って並べたファイバーレーザーにシリコンオイルを浸透させた後、酸素雰囲気中でXe2エキシマランプ光を石英ガラスの容器の外側あるいは内側あるいは両方から照射してガラス容器の外壁とファイバーレーザーとを光接着し、耐水性、紫外線透過、耐熱性にも優れた接着と保護膜が出来る。特にシリコンオイルの光酸化によって形成した保護膜は耐水性に優れた硬質膜であるため、高速冷却水に耐性を有する。

【0015】

シリコンオイルはファイバーレーザーの端面で共振器を構成する反射膜や反射防止膜を有する平面ガラス窓材の接着に使われる。ファイバーレーザーの端面にシリコンオイルを塗布し、ファイバーレーザーの端面と垂直に平面研磨された石英ガラスを圧着した状態で被接着面の反対面からXe2エキシマランプ光を照射して両者を光接着した後、レーザー出力側には反射防止膜を、その反対端には反射膜を蒸着することによりレーザー出力の減衰を抑え、かつ、レーザー耐性を持たせることができる。同様の接着を予め反射防止膜あるいは反射膜を施した石英ガラス面をシリコンオイルで光接着することもできる。

【0016】

内部あるいは外部が冷却水で満たされる二重管構造容器のうち少なくとも内管が円筒あるいは球またはトロイダル面を有する石英ガラスから成るガラス容器を作り、その内管の外壁に沿ってファイバーレーザーを密に並べる。そしてガラス容器内壁から冷却水を介して高密度光を側面から励起する。レンズやミラーで集光された半導体レーザーダイオード光やランプ光などの輻射光はこのガラス容器の中心軸上の延長線上、すなわちガラス管容器末端に付けられた合成ガラス製窓の前あるいは後で集光され、冷却水とガラス管容器を介してファイバーレーザーの側面からレーザー媒質を励起する。この合成石英製ガラス窓は容器内部で光を有効に散乱させるため用途に応じ平面でも凸レンズでもあるいは凹レンズでも良い。さらにこのガラス容器内に投入された高密度光を外に漏らさず全ての光をファイバーレーザー励起に用いるために円形ガラス容器の内管外壁に固定されたファイバーレーザーの上表部分にコーティングされたアモルファスシリカ膜上にはアルミやプラチナあるいは金や銀などの金属反射膜で覆う。これによりこの構造によりガラス容器に入射した光の全てが容器内でトラップされる。このように光をトラップするためのガラス容器としては柔軟性の無いファイバーを使う場合には円筒型が相応しいが、ファイバーに柔軟性があれば積分球をなす球型ガラス容器が最適である。この様にガラス容器内管の中に満たされた水は冷却水としての役割も然ることながら本発明者が非特許文献6で開示したように屈折率1.33の水の中では屈折率1.42近傍の石英ガラスは完全反射防止効果が在るためファイバーレーザーへの光励起にも欠かせない。ここで円形ガラス容器に相似形を成す外管を作り二重管構造にし、かつ、内管外壁には金属反射膜を施さず、外管外壁に金属反射膜を蒸着し、外管の内側と内管の外壁に固定したファイバーレーザーとの間に冷却水を循環すれば、冷却水としての役割も然ることながら、内管側からファイバーレーザーに入射された高密度光の漏れ光が外管外壁の金属膜で反射され、再度冷却水による完全反射防止効果が発揮されてファイバーの裏面からレーザー媒質を励起する。このように内管外壁には金属反射膜を施さなければ冷却水による金属膜の剥離が皆無となる。また内管外壁に金

10

20

30

40

50

属反射膜を施す場合でも冷却を内管の外壁がファイバー媒質を直接冷却水で冷却する時は外管の形状材質には拘らず単なる冷却外箱をそなえれば良いし、除熱が内管で処理できる場合には内管の外壁からの冷却は必要ない。

【0017】

1個または複数個の半導体レーザーダイオード素子を平面状または球面上に並べたレーザーアレイからの発光群をレンズで集光した高密度半導体レーザー光あるいは集光されたハロゲンランプ光を冷却水で満たされた円形ガラス容器の内管から冷却水を介して入射することによりガラス容器内管外壁に固定されたファイバーレーザーを高温から保護し高効率でレーザー媒質を励起できる。これにより従来ファイバーレーザーの第一クラッドに分歧ファイバーを多数付け夫々に半導体レーザーダイオードと冷却部を取り付けていたが、本発明により、1つの冷却槽に多段の半導体レーザーダイオードをレンズで集光して入力できるため効率が高く経済的である。

10

【0018】

冷却水の代わりに液体レーザー媒質を循環させることにより、ランプ励起色素レーザーが出来、この発振光でレーザー媒質を効率よく励起することが出来る。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、冷却水で満たされた円形ガラス容器の外壁に沿って並べたファイバーレーザーに、集光された半導体レーザー光やランプ光などの輻射光をファイバーの光軸に対して垂直方向から側面入射するため、従来のファイバーレーザーのように第一クラッドにのみ集光された高密度光を入射する場合と比較して、レーザー媒質やクラッドの熱破壊を起こすことは無く、冷却も容易であるため経済的であり、高出力高効率ファイバーレーザー装置を提供することができる。

20

【0020】

シリコンオイルの光酸化によるアモルファスガラス化を利用して、ファイバーレーザーと円形ガラス容器との接着、比較的太いレーザー媒質の周囲のクラッド作成あるいはファイバーレーザー媒質の端面と平面石英ガラスの光接着により、レーザー出力の減衰を抑え、かつ、レーザー耐性を有する高出力高効率光励起ファイバーレーザー装置を提供することができる。

【0021】

コアとしてのレーザー媒質の周りに多数本のエアホールが存在するクラッドから成るフォトニック結晶ファイバーレーザーは、コアと空孔を含むクラッドにより得られる大きな比屈折率差と多数の微細エアホールがファイバーの柔軟性を良くするため、この結晶ファイバーを積分球ガラス容器に密に巻いたファイバーレーザーはコア内に光の閉じ込める効果が高く、効率の良いファイバーレーザーを提供することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明の実施の形態を図1～図18に基づいて説明する。

【0023】

図1で本発明の高密度光励起ファイバーレーザー装置の動作原理を説明する。二重管構造円筒ガラス容器10の内管4の外壁に沿って並べたファイバーレーザー5にガラス容器の中心軸に沿って半導体レーザー光やランプなどの輻射光1がミラーやレンズ2で集光され高密度光3と成って、ファイバーレーザー5の軸方向と垂直になる方向から入射する。円筒ガラス容器内管4と外管7には冷却水出入口9から冷却水を循環させる。

40

【0024】

図2はファイバーレーザーを円筒管外壁に密に並べたファイバーレーザー装置でファイバー裏面側に金属反射膜蒸着を施した断面図である。ファイバーレーザー5はコアとしてのレーザー媒質12とクラッド13から成る。二重管構造円筒型ガラス容器10の内管4の外壁にはシリコンオイルを光酸化させたアモルファスシリカガラス15により複数本のファイバーレーザー5を接着とコーティングにより固定する。このアモルファスシリ

50

カ膜上皮にアルミや白金、金などの金属反射膜 16 をコーティングした後保護膜として再度アモルファスシリカガラス膜をコーティングする。この金属反射膜の役割は円筒ガラス容器 4 の内壁から冷却水 17 を介してファイバーレーザー 5 の励起に使われなかった光を再度レーザー媒質に戻すことである。さらに二重管構造円筒型ガラス容器 10 の内管 4 には高密度光を入射するための窓 11 と冷却水中の散乱光をファイバー媒質の励起に再利用するための反射鏡 14 が装着されている。さらに外管 7 と金属反射膜 16 との間は冷却水 17 を循環させ、レーザー媒質の発熱を抑制する。

【0025】

図 3 は円筒容器外管外壁に金属反射膜を蒸着した場合のファイバーレーザーを円筒管外壁に密に並べたファイバーレーザー装置の断面図である。図 2 の金属反射膜は内管外壁のアモルファスシリカ膜上皮にアルミや白金、金などの金属反射膜 16 をコーティングしたが、高速流量の冷却水により金属反射膜が剥離することもある。この金属反射膜の長寿命化を満たすために金属反射膜 16 を二重管構造円筒型ガラス容器 10 の外管外壁に蒸着する

10

【0026】

図 4 は大口径ファイバーレーザー断面図である。ファイバーレーザーを構成するクラッド外面が円形ガラス容器の外壁に固着させるための接着剤兼コーティング膜の屈折率がクラッドと同じか低ければレーザー媒質を効率よく光励起できる。そこで本発明では特許文献 4、5 および非特許文献 5 で開示したシリコンオイルの光酸化によって形成するアモルファスシリカガラスの形成過程を、ファイバーレーザー形成プロセスに導入する。すなわちファイバーレーザーのプリファームを製造する時の寸法の Er、Yb、Nd などの希土類元素をドープしたレーザー媒質や Nd YAG レーザーあるいはセラミックレーザーなどのロッドから成る直径数ミクロンから数ミリ程度のロッド 12 あるいは 18 の外周に、クラッド 13 や 19 を形成するためにシリコンオイルを塗布した後、酸素雰囲気 Xe2 ランプ光を照射し光硬化させながら室温で引き上げるもので、熱によるファイバーの細線化は行わない大口径ファイバーレーザー 20 である。

20

【0027】

図 5 は二重管構造円筒ガラス容器 10 の内管外壁 4 に沿って並べた複数本の外皮を被覆しないコアとクラッドのみから成る一般のファイバーレーザー 5 または大口径ファイバー 20 を末端で束ね集合ビーム 6 にしてレーザーの高出力化を狙ったものである。内管 4 の内側および外管 7 の内側には冷却水 17 を循環させるための冷却水入出力口 9 を備える。この二重管構造円筒ガラス容器 10 の両端の一方には高密度光の入射窓 11 を他方には励起光の漏れ光を有効利用するための反射鏡 14 が施されてある。

30

【0028】

図 6 は二重管構造円筒ガラス容器 10 の内管 4 の外壁に沿って 1 本の長尺ファイバーレーザー 5 あるいは柔軟性があり曲げ耐性があるフォトニック結晶ファイバーレーザー 31 をコイル状に巻いたものである。ファイバーレーザーの両端の一方は反射膜付石英ガラス板 21、他方側にはレーザー出力のための反射防止膜付石英ガラス窓 22 がシリコンの光酸化接着により接合されている。円筒容器 10 の内管 4 の内側と外管 7 の内側には冷却水 17 を循環させるための冷却水入出力口 9 を備える。

【0029】

図 7 は二重管構造トロイダル型ガラス容器 23 の内管 25 の外壁に沿って 1 本の長尺ファイバーレーザー 5 あるいは 31 をコイル状に巻いたものである。ファイバーレーザーの両端の一方は反射膜付石英ガラス板 21、他方側にはレーザー出力のための反射防止膜付石英ガラス窓 22 がシリコンの光酸化接着により接合されている。トロイダル型容器 23 の内管 25 の内側と外管 23 の内側には冷却水 17 を循環させるための冷却水入出力口 9 を備える。

40

【0030】

図 8 は二重管構造球型ガラス容器（積分球）26 の内管 27 の外壁に沿って 1 本の長尺ファイバーレーザー媒質 5 あるいはフォトニック結晶ファイバーレーザー 31 をコイル状に巻いたものである。集光された高密度光は石英ガラス窓 11 から冷却水で満たされた積分

50

球に閉じ込められ、全ての光は球型容器 27 の外壁に巻かれたレーザー媒質を励起する。ファイバーレーザー上のアモルファスシリカ膜にはアルミや白金、金などの金属反射膜がコーティングされている。ファイバーレーザーの両端の一方は反射膜付石英ガラス板 21、他方側にはレーザー出力のための反射防止膜付石英ガラス窓 22 がシリコンの光酸化接着により接合されている。さらにファイバーレーザー球型容器 27 の内側および外箱 28 冷却水を循環させるための冷却水出入り口 9 を備えている。

【0031】

図 9 は二重管構造円筒ガラス容器 10 の内管 4 の外壁に沿って 2 本の長尺ファイバーレーザー 5 あるいはフォトニック結晶ファイバーレーザー 31 をコイル状に巻き、高出力化を図り、かつ、2 ビームを出力するものである。ファイバーレーザーの両端の一方は反射膜付石英ガラス板 29、他方側にはレーザー出力のための反射防止膜付石英ガラス窓 23 がシリコンの光酸化接着により接合されている。円筒型容器 10 の内管 4 の内側と外管 7 の内側には冷却水 17 を循環させるための冷却水入出力口 9 を備える。

10

【0032】

図 10 はファイバーレーザー媒質 12 の周囲に空孔 32 を並べた第一クラッドのみを有するフォトニック結晶ファイバーレーザー断面図である。外径 12 ミリメートル、内径 10 ミリメートル程度の石英管の中心部に外径約 2.5 ミリメートルレーザー媒質であるコアロッドを入れ、その周囲に外径 1.5 ミリメートル、内径 1 ミリメートル内外の石英管を密に並べるか、あるいは外径 12 ミリメートルの石英丸棒 33 の中心部にコアロッド 12 を入れるための穴を開けレーザー媒質を挿入し、同時にその周囲にエアホール 32 に成るための複数個の穴を開け、プリフォーム 31 を作る。このプリフォームの中の細管が入っている場合は細管間の隙間を減圧し、細管内を加圧し、中心部がレーザーロッドであり周囲がドリルホールの場合はレーザー媒質周囲を減圧し、ドリルホール部を加圧しながら高温雰囲気で行い外径 125 ミクロンメートル、レーザー媒質直径 25 ミクロンメートル内外のフォトニック結晶ファイバーレーザーができる。

20

【0033】

図 11 は図 10 で線引きしたフォトニック結晶ファイバーレーザー 31 に第二クラッドとしてのシリコンオイルによる光酸化膜 35 とプラスチック製被覆 36 を被せた導波路 34 の断面図である。

【0034】

図 12 はフォトニック結晶ファイバーレーザー 31 と導波路 34 を一体化したファイバーモード図である。レーザー媒質 12 と空孔 32 を多数有する第一クラッド 33 は一体物で、第二クラッドが存在しない部分のフォトニック結晶ファイバーレーザー 31 の側面から励起された光は導波路 34 の第一クラッド 33 に入り第二クラッドで反射されてファイバーレーザー媒質 12 を僅かではあるが励起する。シリコンの光酸化を利用してフォトニック結晶ファイバーレーザー 31 の末端には反射膜付石英ガラス板 29 を、導波路 34 の末端には反射防止膜付石英ガラス窓 23 を接着し、導波路 34 側の反射防止膜付石英ガラス窓 23 からレーザー光が出力される。

30

【実施例 1】

【0035】

図 13 に示すように半導体レーザーダイオード固定台 37 に取り付けられた半導体レーザーダイオード 38 から出力される高出力半導体レーザー光 1 をレンズ 2 で集光した高密度光 3 を内管の内側と外管の内側が冷却水出入り口 9 で循環するように製作した二重管構造の石英ガラス容器 10 (二重管の外管を省略) に入射する。外管 10 の外径は 15 mm、長さ 100 mm、内管の外径は 5 mm、長さ 90 mm である。この内管の外壁の中心軸に平行に直径 0.125 mm のファイバーレーザー 5 を約 1500 本並べ、ファイバーレーザー群の片端には反射膜を蒸着した石英ガラス板 29 と高密度光を容器内に入れるための合成石英ガラス窓 11 を付け、他端の 1500 本のファイバーレーザーを束ねた出力側には反射防止膜を蒸着した石英ガラス窓 30 を、大気中で夫々シリコンオイル (KF96-1000: 信越化学工業製) と Xe2 エキシマランプ光を 60 分照射して光接着した後、高密度光をガラス容器

40

50

の窓に入射する。

【実施例 2】

【0036】

図 1 4 に示すように半導体レーザーダイオード固定台 3 7 に取り付けられた半導体レーザーダイオード 3 8 から出力される高出力半導体レーザー光 1 をレンズ 2 で集光した高密度光 3 を積分球型ガラス容器 2 6 の内管 2 7 の内側と外箱の内側に冷却水出入り口 9 から水を循環するように製作した二重管構造の石英ガラス容器（外箱を省略）である。積分球 2 6 の内球 2 7 の直径は 5 0 mm である。この内球の外壁に直径 125 ミクロンメートルのフォトニクス結晶ファイバーレーザーを約 600 回巻く。ファイバーレーザーの片端には反射膜を蒸着した石英ガラス窓 2 1 を、他端の出力側には反射防止膜を蒸着した石英ガラス窓 2 2 を、大気中で夫々シリコンオイル（KF96-1000: 信越化学工業製）と Xe2 エキシマランプ光を 60 分照射して光接着した後、高密光をガラス容器の窓に入射する。

10

【実施例 3】

【0037】

図 1 7 に示すように口径 5 0 0 mm、焦点距離 1 0 0 0 mm のフレネルレンズ 2 で集光された Xe-Hg ランプ光 5 を、積分球型ガラス容器 2 6 の内管 2 7 の内側と外箱（省略）の内側に冷却水出入り口 9 から水を循環する。積分球の内球径は 5 0 mm である。この内球の外壁に直径 125 ミクロンメートルのフォトニック結晶ファイバーレーザー 3 1 を約 600 回巻く。ファイバーレーザーの片端には反射膜を蒸着した石英ガラス窓 2 1 を、他端の出力側には反射防止膜を蒸着した石英ガラス窓 2 2 を、大気中で夫々シリコンオイル（KF96-1000: 信越化学工業製）と Xe2 エキシマランプ光を 60 分照射して光接着した後、高密光をガラス容器の窓に入射する。

20

【実施例 4】

【0038】

図 1 8 は血管内血栓除去用ファイバーレーザーメスの概略図である。半導体レーザーダイオード群 3 8 からの出力光 1 はレンズ 2 で高密度光 3 に集光され、合成石英製入射窓 1 1 より冷却水を介して積分球型ガラス容器内部にトラップされる。球型ガラス容器 2 7 の内球径は 5 0 mm である。この内球の外壁に直径 125 ミクロンメートルのフォトニック結晶ファイバーレーザー 3 1 を約 600 回巻き、残り約 3 メーターのフォトニック結晶ファイバーにはシリコンオイルを光酸化させた後プラスチック被覆を施し、最大外径 0.45 ミリメートルの導波路兼ファイバーレーザーメス 4 0 を製作した。これを内径 0.5 ミリメートル、外径 0.7 ミリメートルの一般的静脈や動脈注射針 4 2 から動脈や静脈の血管 4 1 に挿入する事が可能である。

30

【産業上の利用可能性】

【0039】

本発明によれば、冷却水で満たされた円形ガラス容器の外壁に沿って並べたファイバーレーザー媒質に、集光された高密度半導体レーザーダイオード光をファイバーレーザーの光軸に対して垂直方向から入射するため、従来のファイバーレーザーのようにレーザー媒質やクラッドが熱破壊を起こすことの無い高出力高効率ファイバーレーザー装置を提供することができる。

40

【0040】

シリコンオイルの光酸化によるガラス化を利用して、ファイバーと円形ガラス容器の接着と表面コーティングができるに止まらず、ファイバーレーザー媒質の端面と平面石英ガラスの光接着により、レーザー出力の減衰を抑え、かつ、レーザー耐性を有する高出力高効率光励起ファイバーレーザー装置を提供することができる。

【0041】

ファイバーレーザーのクラッド部に複数本の微細空孔を形成したフォトニック結晶ファイバーレーザーを用いることにより柔軟性があり曲げ耐性に優れたファイバーレーザーができ、血管内に挿入することができるファイバーは心筋梗塞や脳梗塞の治療用レーザーメスとして臨床医学に大きく貢献することができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】高密度光励起ファイバーレーザー装置の動作原理図

【図2】ファイバーレーザーを円筒管外壁に密に並べたファイバーレーザー装置断面図（ファイバー裏面側に金属反射膜蒸着）

【図3】ファイバーレーザーを円筒管外壁に密に並べたファイバーレーザー装置の断面図（円筒容器外管外壁に金属反射膜蒸着）

【図4】大口径ファイバーレーザー断面図

【図5】ファイバーレーザーを複数本円筒容器内管の軸に平行に並べ円筒容器内管の外壁に固定し、ファイバーレーザーの両端を束ねたタイプのファイバーレーザー装置模式図

【図6】1本の長尺ファイバーレーザーを円筒容器内管の外壁に巻いたコイルタイプのファイバーレーザー装置模式図

【図7】1本の長尺ファイバーレーザーをトロイダル型容器内管の外壁に巻いたコイルタイプのファイバーレーザー装置模式図

【図8】1本の長尺ファイバーレーザーを積分球型容器内管の外壁に巻いたコイルタイプのファイバーレーザー装置模式図

【図9】2本の長尺ファイバーレーザーを円筒容器内管の外壁に巻いたコイルタイプのファイバーレーザー装置模式図

【図10】ファイバーレーザー媒質の周囲に空孔を並べたフォトニック結晶ファイバーレーザー断面図（第1クラッドのみ）

【図11】ファイバーレーザー媒質の周囲に空孔を並べたフォトニック結晶ファイバーレーザー導波路断面図（第2クラッドと被覆装着）

【図12】フォトニック結晶ファイバーレーザーと導波路を一体化したファイバー模式図

【図13】レンズで点集光された高密度半導体レーザーダイオード光を複数本のファイバーレーザーを並べた円筒管型ファイバーレーザーに照射するための装置（冷却水用外管容器を省力した図である）（実施例1）

【図14】レンズで点集光された高密度半導体レーザーダイオード光を積分球型容器内管の外壁に1本の長尺ファイバーレーザーを巻いたコイルタイプのフォトニック結晶ファイバーレーザーに照射するための装置（冷却水用外箱を省力した図である）（実施例2）

【図15】円筒容器内管の外壁に沿って1本の長尺フォトニック結晶ファイバーレーザーを巻いたコイルタイプのファイバーレーザーにフレネルレンズで集光されたランプ光を照射する装置（冷却水用外箱を省力した図である）（実施例3）

【図16】血管内血栓除去用ファイバーレーザーメス（実施例4）

【符号の説明】

【0043】

- 1 平行光
- 2 集光レンズ
- 3 高密度光
- 4 二重管構造円筒型容器内管
- 5 ファイバーレーザー
- 6 ファイバーレーザー集合ビーム
- 7 二重管構造円筒型容器外管
- 8 レーザー光
- 9 冷却水出入り口
- 10 二重管構造円筒型容器
- 11 高密度光入射窓
- 12 コア（レーザー媒質）
- 13 クラッド
- 14 高密度光反射鏡
- 15 アモルファスシリカガラス（シリコンオイルの光酸化膜）

10

20

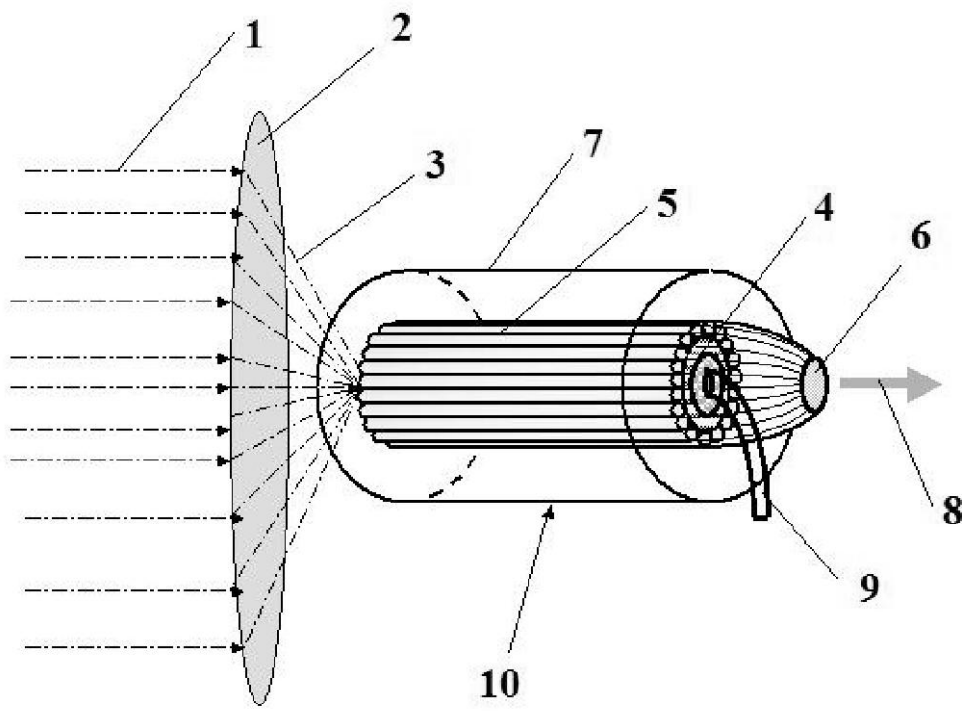
30

40

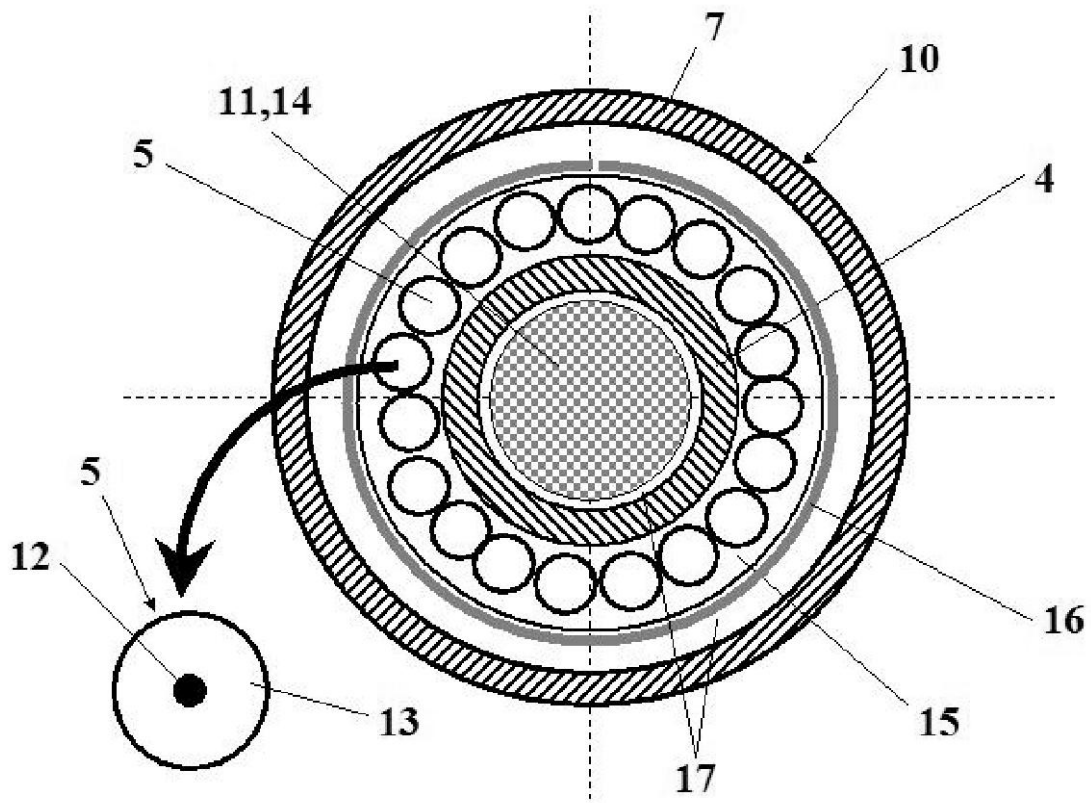
50

- 1 6 金属反射膜
- 1 7 冷却水
- 1 8 コア（レーザー媒質・ロッド）
- 1 9 クラッド（アモルファスシリカガラス・シリコンオイルの光酸化膜）
- 2 0 大口径ファイバーレーザー
- 2 1 1本用ファイバーレーザー反射鏡（反射膜付き）
- 2 2 1本用ファイバーレーザー出力窓（反射防止膜付き）
- 2 3 二重管構造トロイダル型容器
- 2 4 二重管構造トロイダル型容器外管
- 2 5 二重管構造トロイダル型容器内管 10
- 2 6 球型ガラス容器（積分球）
- 2 7 球型ガラス容器内管
- 2 8 外箱（冷却水槽）
- 2 9 複数本用ファイバーレーザー反射鏡（反射膜付き）
- 3 0 複数本用ファイバーレーザー出力窓（反射防止膜付き）
- 3 1 フォトニクス結晶ファイバーレーザー
- 3 2 空孔（エアホール）
- 3 3 第1クラッド
- 3 4 フォトニクス結晶ファイバーレーザー導波路
- 3 5 第2クラッド 20
- 3 6 フォトニクス結晶ファイバーレーザー導波路被覆
- 3 7 半導体レーザーダイオード固定台
- 3 8 半導体レーザーダイオード
- 3 9 フォトニクス結晶ファイバーレーザーメス
- 4 0 血管
- 4 1 注射針

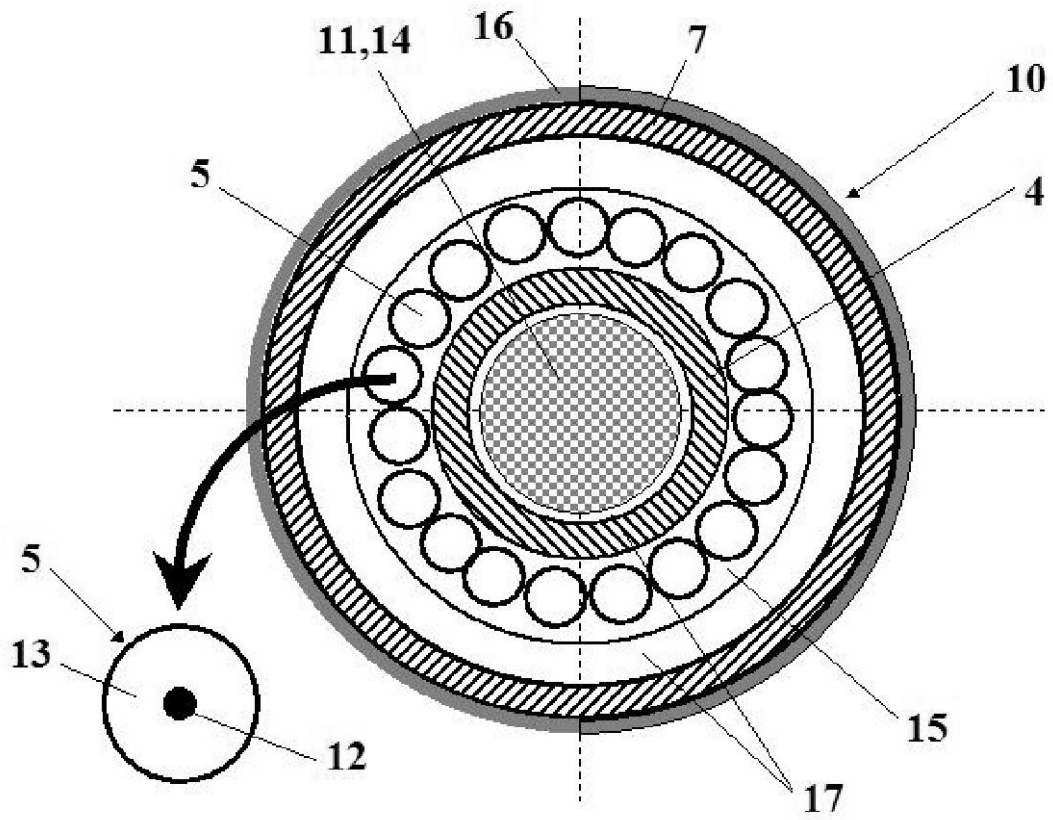
【図 1】



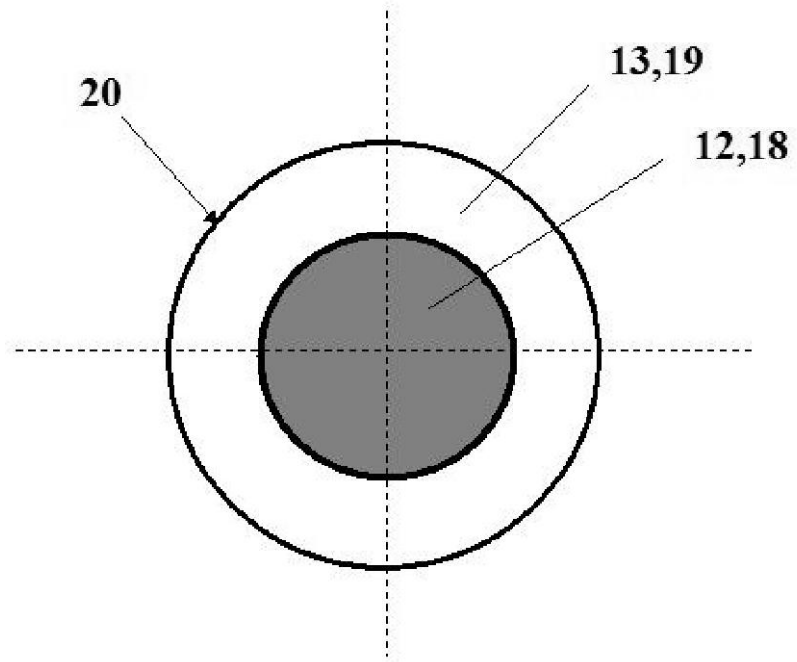
【 図 2 】



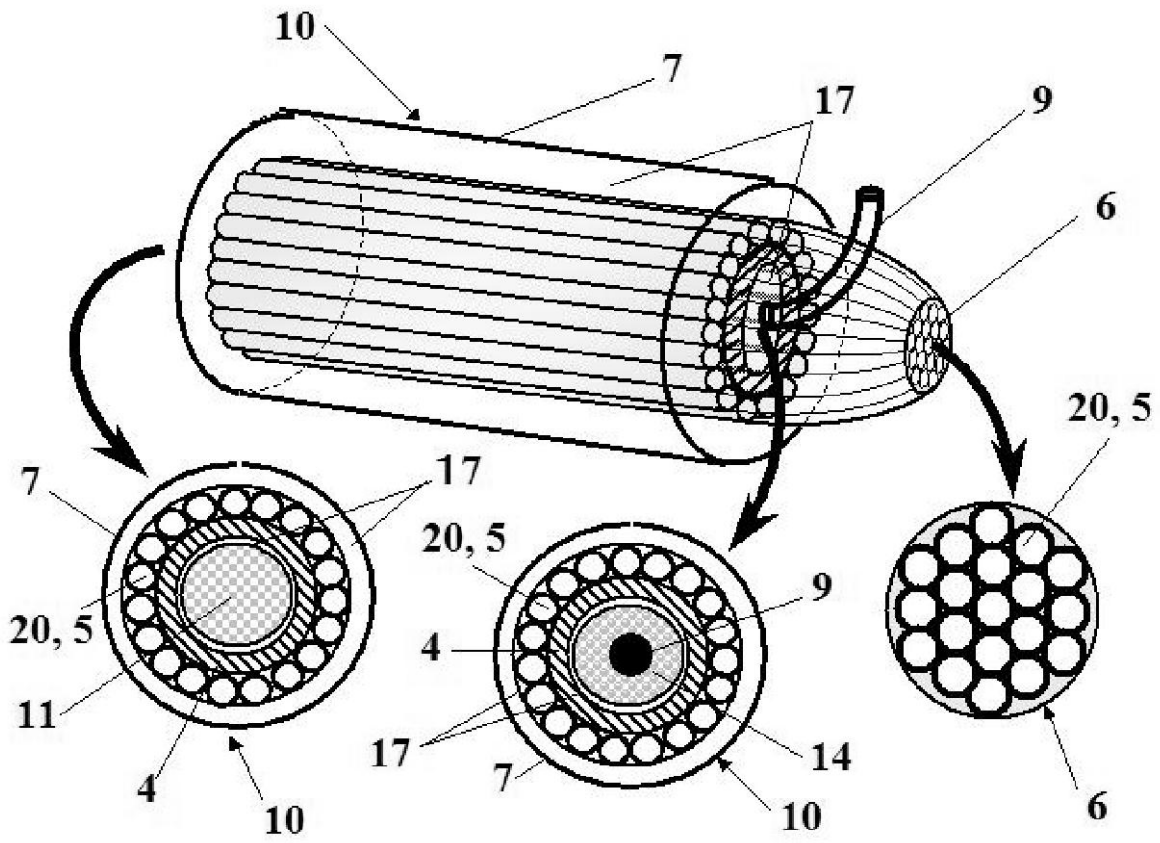
【図3】



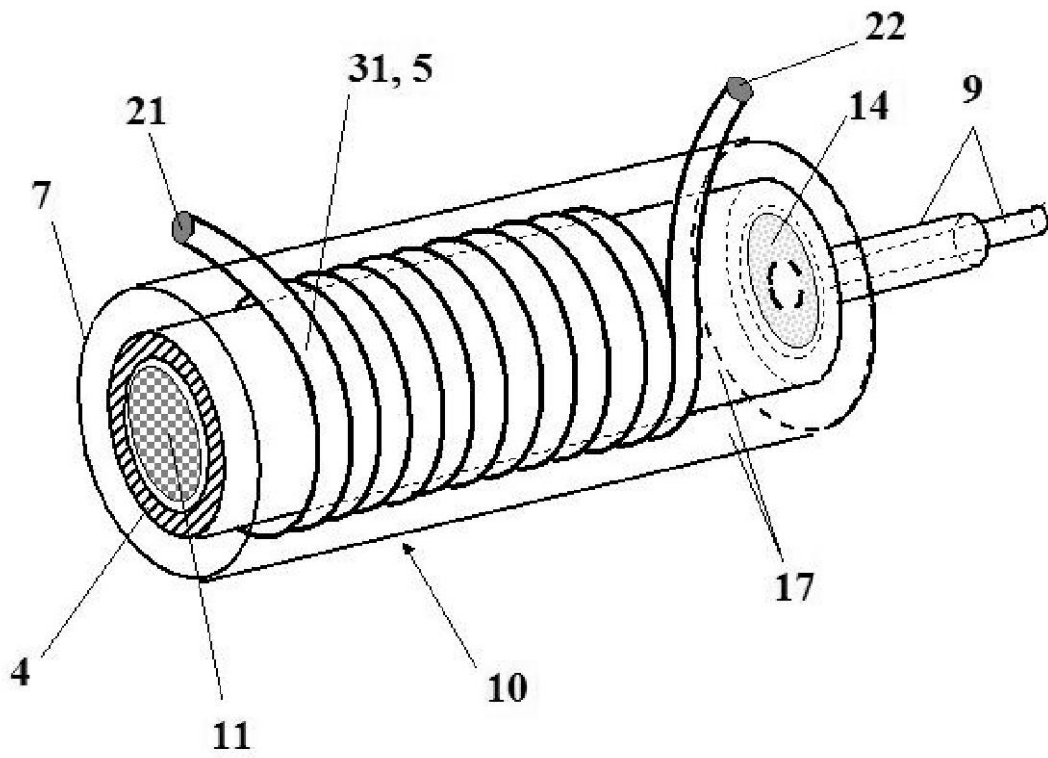
【 図 4 】



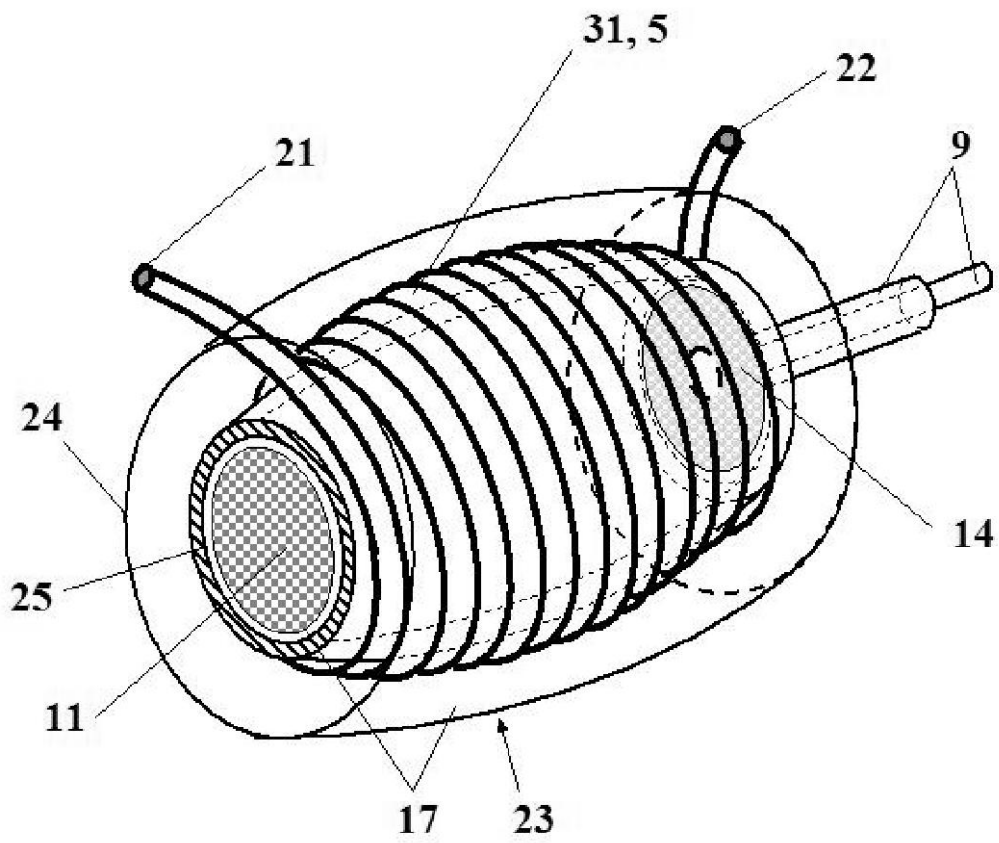
【 図 5 】



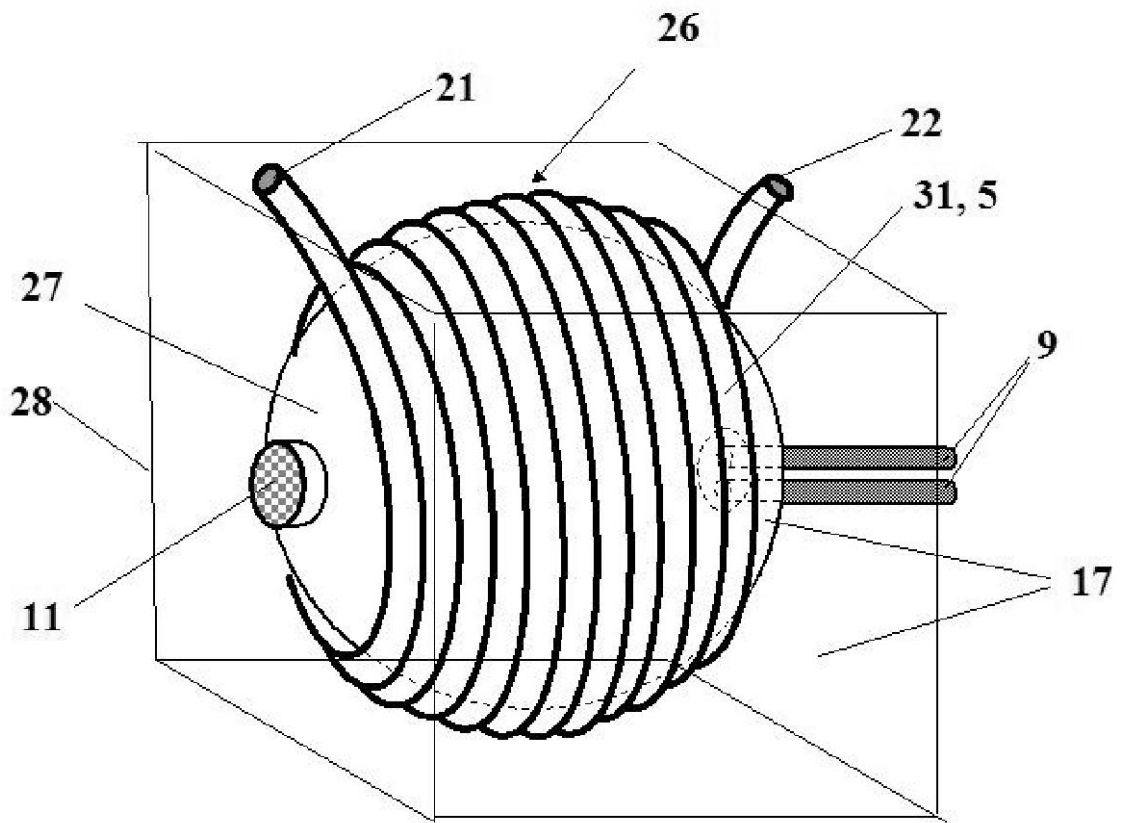
【図6】



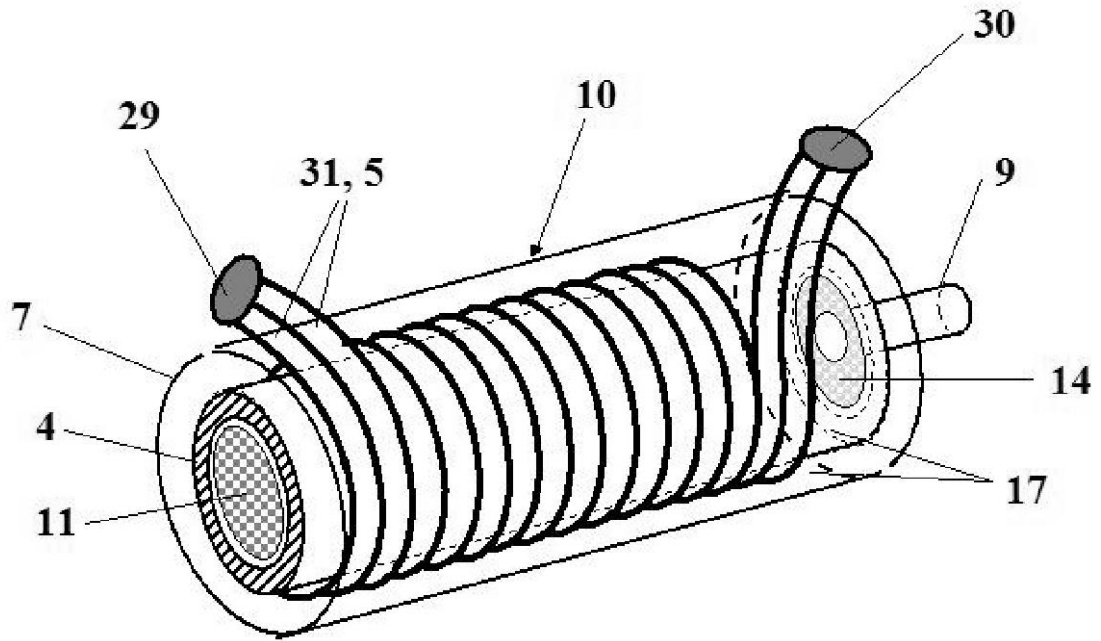
【図7】



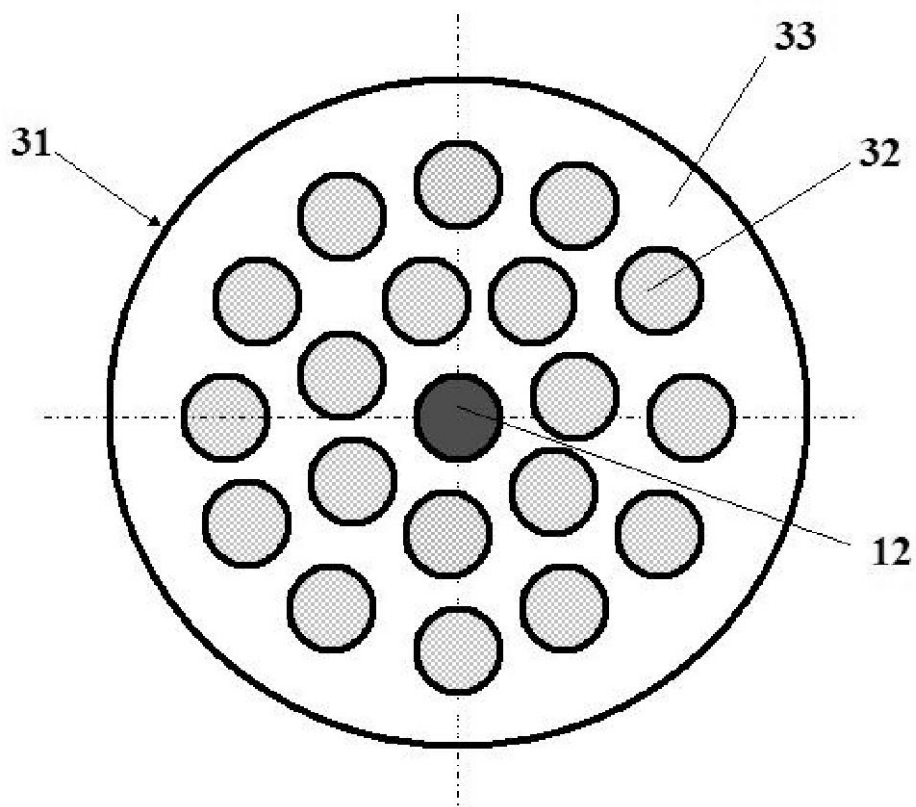
【 図 8 】



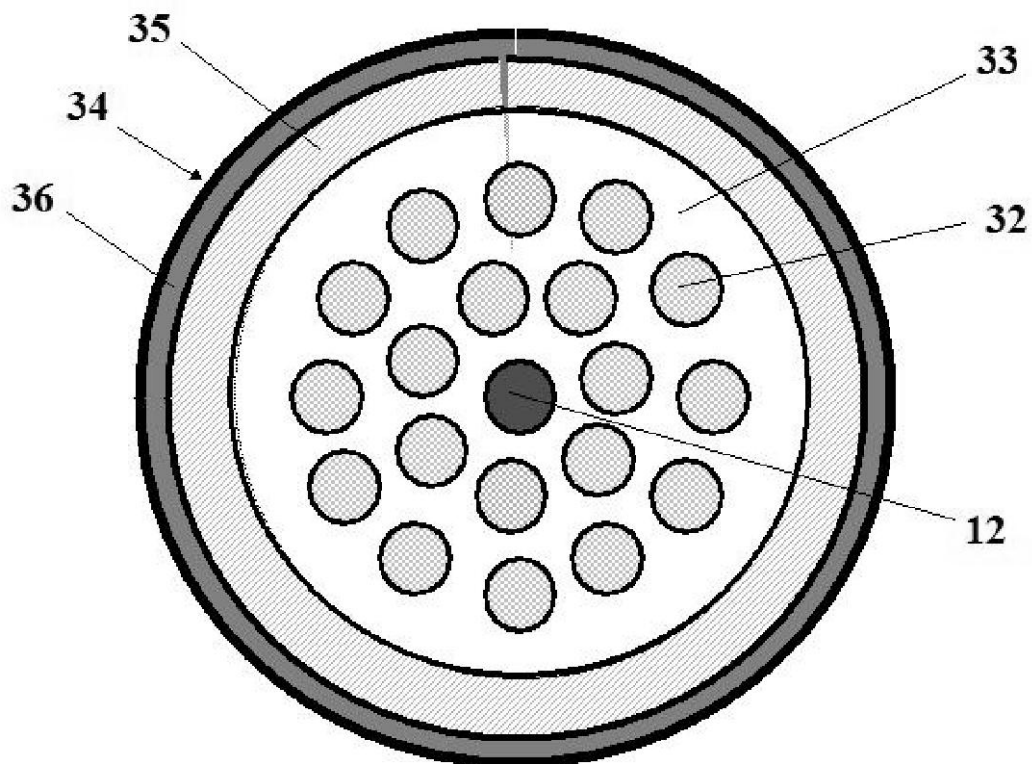
【 図 9 】



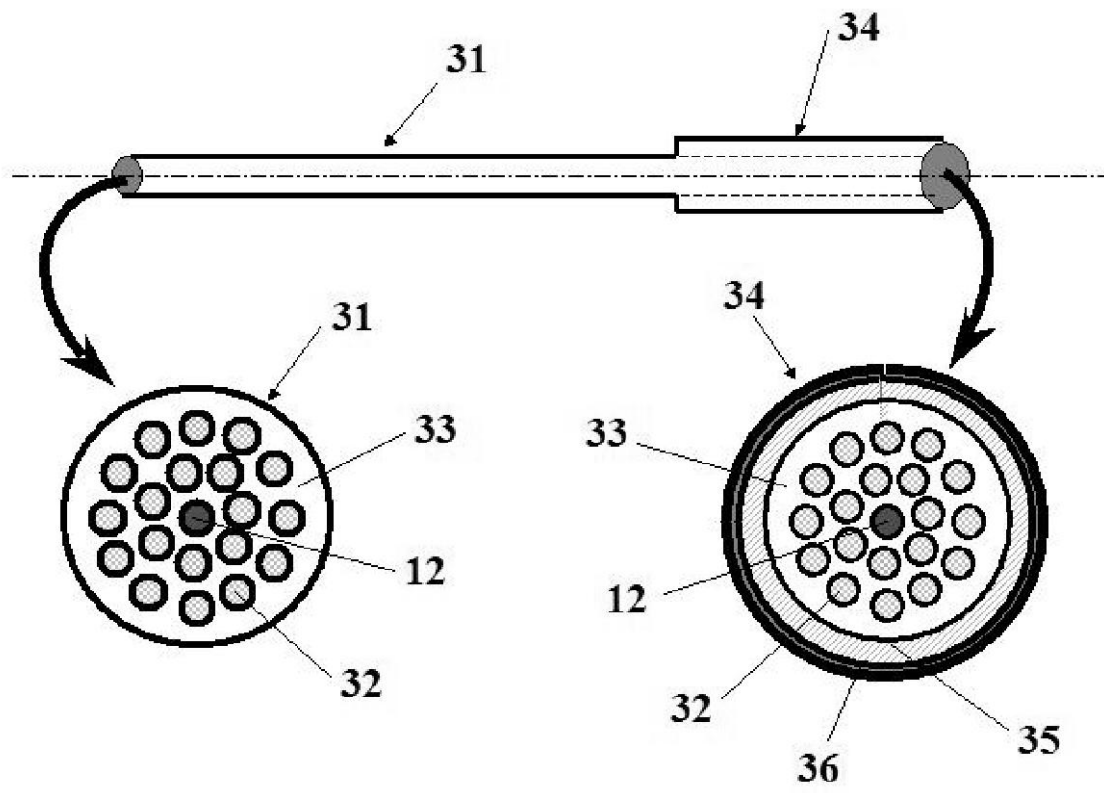
【図10】



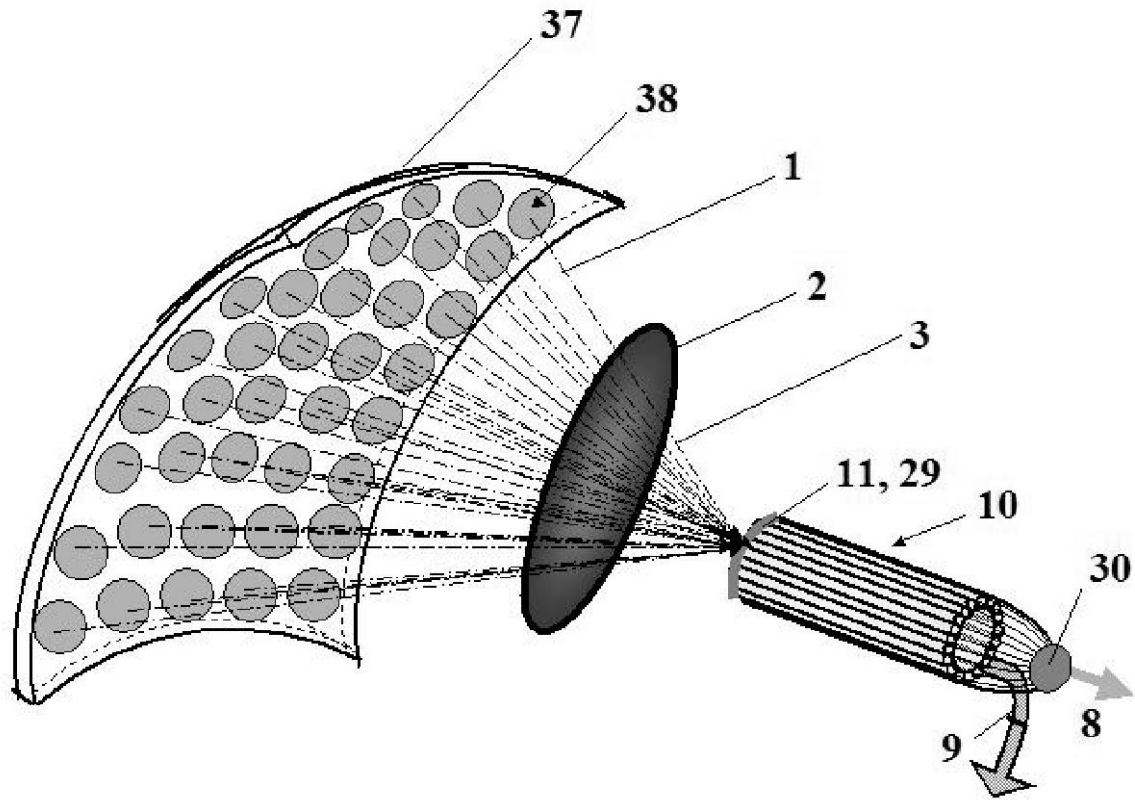
【図 11】



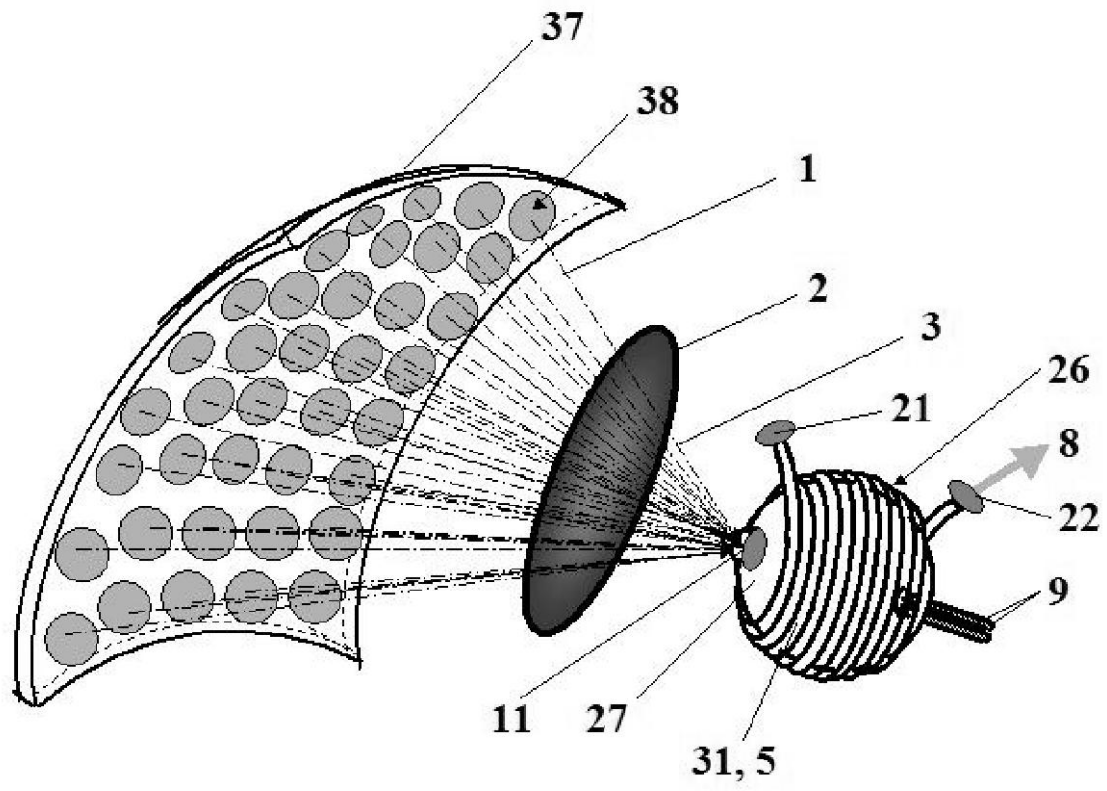
【 図 1 2 】



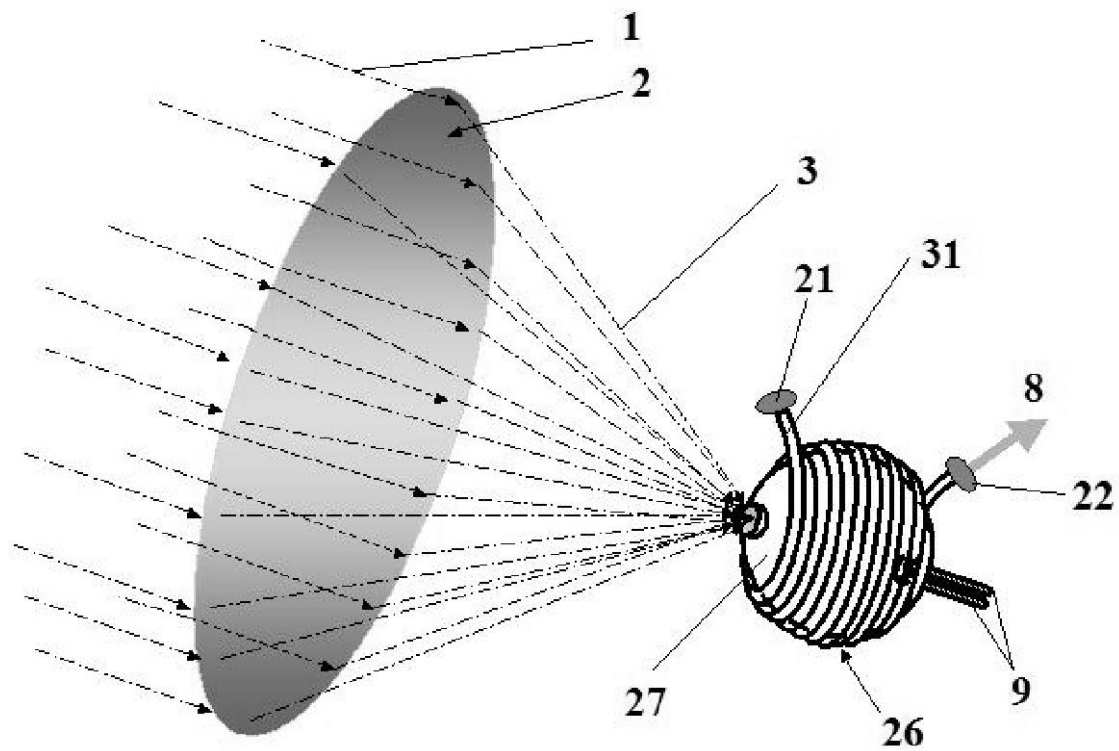
【図 13】



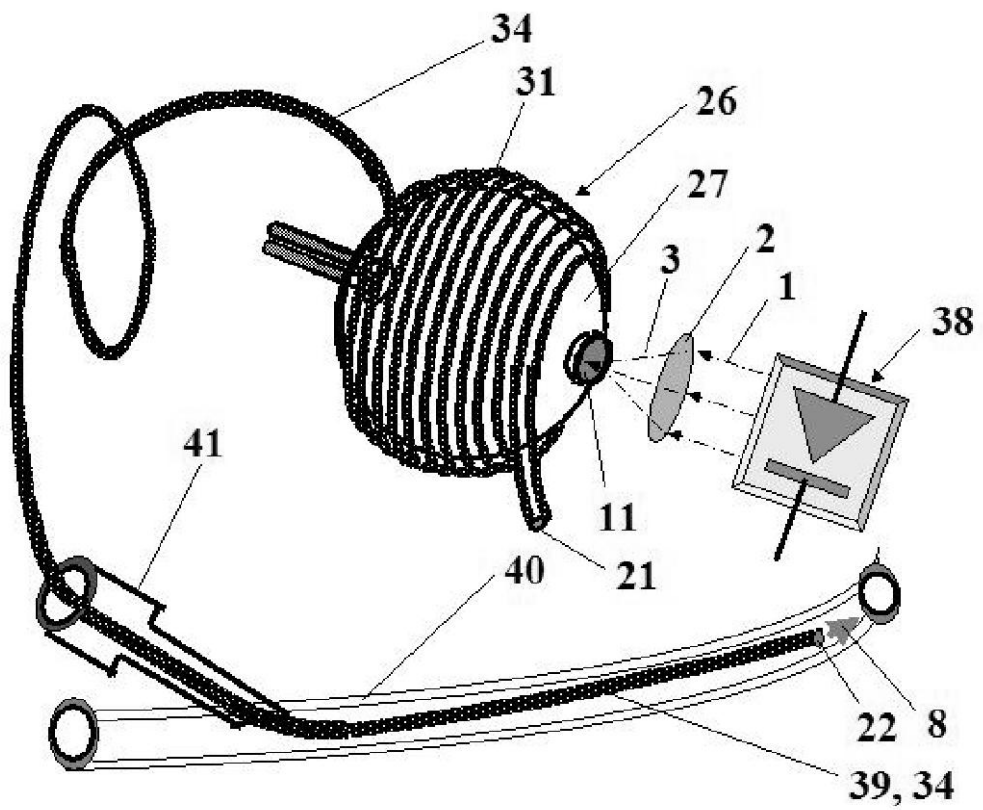
【 図 1 4 】



【図 15】



【図 16】



专利名称(译)	高密度光激发光纤激光器		
公开(公告)号	JP2007299774A	公开(公告)日	2007-11-15
申请号	JP2006041870	申请日	2006-02-20
[标]申请(专利权)人(译)	村原正秀 村原 正隆		
申请(专利权)人(译)	有限会社冈本光学加工所 村原正秀 村原 正隆		
[标]发明人	村原正隆		
发明人	村原正隆		
IPC分类号	H01S3/06 H01S3/042 H01S3/094 H01S3/00 A61B18/20		
FI分类号	H01S3/06.B H01S3/04.L H01S3/094.S H01S3/00.B A61B17/36.350 A61B18/22 H01S3/042 H01S3/067 H01S3/0941		
F-TERM分类号	4C026/AA02 4C026/AA03 4C026/AA04 4C026/BB08 4C026/DD03 4C026/DD06 4C026/FF17 5F172 /AM08 5F172/DD07 5F172/EE14 5F172/EE15 5F172/EE16 5F172/NN06 5F172/NQ32 5F172/NS01 5F172/NS18 5F172/ZZ03		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

根据本发明，高密度半导体激光二极管光聚焦在沿垂直于纤维光轴的方向沿着装有冷却水的圆形玻璃容器的外壁布置的纤维激光器上。它是一种高功率，高效率的光激发光纤激光器，不会因为入射而引起激光介质和覆层的热破坏，并且由于光子晶体光纤激光器而具有柔性并具有高抗弯曲性的光纤激光器提供了一种血管内光纤激光刀。可以的 SOLUTION：聚集的高密度半导体激光二极管光从装满冷却水的圆形玻璃容器的内部从侧面入射到布置在容器外壁上的光子晶体光纤激光器。通过硅油的光氧化，将具有反射膜和抗反射膜的平板石英玻璃光学地粘附到该光纤激光器的两端。 [选择图]图14

