

(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2010-207409

(P2010-207409A)

(43) 公開日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A 6 1 B 18/20 (2006.01)	A 6 1 B 17/36 3 5 0	4 C 0 2 6
A 6 1 B 17/56 (2006.01)	A 6 1 B 17/56	4 C 1 6 0

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2009-57042 (P2009-57042)	(71) 出願人	505125945
(22) 出願日	平成21年3月10日 (2009.3.10)		学校法人光産業創成大学院大学
			静岡県浜松市西区呉松町1955番1
		(74) 代理人	100121441
			弁理士 西村 電平
		(74) 代理人	100113468
			弁理士 佐藤 明子
		(74) 代理人	100154704
			弁理士 齊藤 真大
		(72) 発明者	下北 良
			静岡県浜松市西区呉松町1955番1 学
			校法人光産業創成大学院大学内
		Fターム(参考)	4C026 AA02 FF17 FF22
			4C160 LL01

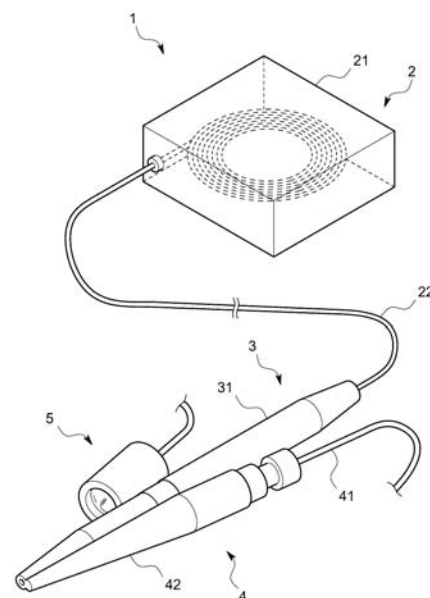
(54) 【発明の名称】 骨切断装置

(57) 【要約】

【課題】迅速かつ容易に骨だけを選択的に切断することができる骨切断装置を提供する。

【解決手段】レーザ光を照射することにより骨を切断するための装置であって、1000～1500nmのレーザ光を、ピーク出力10～70W/cm²で射出する光源を備えているようにした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光を照射することにより骨を切断するための装置であって、
1000～1500nmのレーザ光を、ピーク出力10～70W/cm²で射出する光源を備えていることを特徴とする骨切断装置。

【請求項 2】

前記光源は、ファイバーレーザである請求項 1 記載の骨切断装置。

【請求項 3】

不活性ガス噴出部を備えている請求項 1 又は 2 記載の骨切断装置。

【請求項 4】

距離センサを備えている請求項 1、2 又は 3 記載の骨切断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、容易かつ迅速に骨だけを選択的に切断することができる骨切断装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

開頭手術は脳神経外科手術の基本的手技であり、開頭手術が行われる疾患としては、例えば、脳内出血、くも膜下出血等が挙げられる。

【0003】

脳は極めて柔らかい組織であり、200mmH₂O（1.96×10³Pa）程度の圧力が加わると破壊されてしまう。このため、脳出血においては発症後6時間以内にその25%が死亡し、くも膜下出血においては発症後8時間以内にその35%が死亡する。従って、その治療は一刻を争うものである。

【0004】

従来、開頭手術を行うには、図3に示すように、まず、頭皮Sを孤状に切開し、切開した皮膚弁及びその下の筋膜や腱膜を剥離して、頭蓋骨BSを露出させ、次いで、頭蓋骨穿孔用に構成したドリルである穿孔器で小さな穴（バーホール）Hをいくつか開け、これらの穴を繋ぐように図中の破線Dに沿って、電動式糸鋸に類する器具（ボーンソー）を使用して骨片を切断し、必要に応じて鑿等を使用して当該骨片を頭蓋骨から切り離して、骨窓を形成する。このような骨窓の形成には、通常約10～15分を要する。

【0005】

このような開頭作業では、ドリル等の機械的な器具を用いて開頭するため、患者の頭を専用の固定器で強く固定しておく必要がある。また、頭蓋骨は患者の血液等の体液で非常にすべりやすい状態となっており、しかも他の組織（特に脳）を傷つけてはならないため、施術には細心の注意が必要とされる。

【0006】

そして、開頭後は、硬膜を切り開き、疾患に応じて適宜処置を行う。すなわち、脳出血の場合、顕微鏡下に脳内血腫を除去したり、くも膜下出血の場合、脳動脈瘤の根元に金属性のクリップをかけたりする。

【0007】

脳への処置後に骨窓を閉じるためには、取り外した骨片の損傷が少ない場合であっても、削り代が大きく骨片が小さくなってしまうので、そのままでは骨弁と頭蓋骨との間に大きな隙間が生じて骨片が落ち込んでしまうという不具合がある。このため、高価なチタン製のプレートに形成された固定具を用いて、骨片と頭蓋骨とを強固に固定し、ドリルにより開けられた穴にもそれを覆うように金属製の蓋をする。しかしながら、鑿等を使用して骨片を切り出すため、破損させずに骨片を切り出すことは難しい。切り出した骨片の損傷が激しい場合はそのまま使用することはできないので、豚や牛等の骨が代替品として使用されることが多く、その場合、これら異物に対して拒絶反応が起こる可能性が高い。

10

20

30

40

50

【0008】

従って、従来の開頭手術は、患者にとっては、高侵襲な手法であり肉体的負担が大きく、術後の感染症や拒絶反応の危険性も高く、また、医師にとっても、複数工程にわたる開頭作業は、経験や勘に頼らざるを得ない点も多いため、肉体的・精神的負担が大きく、医療ミスも誘発されやすい。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

そこで本発明は、上記現状に鑑み、迅速かつ容易に骨だけを選択的に切断することができる骨切断装置を提供すべく図ったものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者は、鋭意検討の結果、特定の波長のレーザ光を、特定のピーク出力で照射することにより、骨と周囲の組織との間にレーザ光を遮断する部材を設けなくとも、周囲の組織を傷つけることなく、骨だけを選択的に切断可能であることを見出し、当該知見に基づき本発明を完成させるに至った。なお、本発明において、「骨」には軟骨も含まれる。

【0011】

すなわち本発明に係る骨切断装置は、レーザ光を照射することにより骨を切断するための装置であって、 $1000\sim1500\text{ nm}$ のレーザ光を、ピーク出力 $10\sim70\text{ W/cm}^2$ で射出する光源を備えていることを特徴とする。

【0012】

このようなものであれば、水への吸収率が $20\sim30\%$ 程度と低い $1000\sim1500\text{ nm}$ のレーザ光を、ピーク出力 $10\sim70\text{ W/cm}^2$ で照射することにより、周囲の組織に損傷を与えることなく、骨だけを選択的に、かつ、 2 mm/s 程度の速度で迅速に切断することが可能である。このため、本発明に係る骨切断装置を開頭手術に用いた場合は、頭皮の切開後、頭蓋骨に穴を開けることなく、レーザ光を照射する1工程だけで、脳を傷つけずに、頭蓋骨のみを迅速に切断し切り取ることが可能である。

【0013】

また、 $1000\sim1500\text{ nm}$ のレーザ光を、ピーク出力 $10\sim70\text{ W/cm}^2$ で切断対象の骨に照射すると、骨を透過したレーザ光の出力は約 30 W/cm^2 以下程度に低下しているので、周囲の組織は全く損傷を受けない。このため、骨とその周囲の組織との間に、レーザ光を遮断する部材を設ける必要は全くない。

【0014】

また、本発明に係る骨切断装置を用いた開頭手術では、従来のように患者の頭を強く固定しなくとも、安全かつ正確に骨片を切り出すことができる。

【0015】

更に、レーザ光を照射することにより骨を切断するので、削り代はごく僅かであり、切り出した骨片の炭化が抑制され、物理的破損・劣化も少ない。このため、固定具等を使用しなくとも、切り出した骨片を切断箇所そのまま再接合させることも可能である。

【0016】

従って、このような本発明に係る骨切断装置を用いた開頭手術は、ドリル、電動式糸鋸、鑿等の機械的な器具を使用する従来の開頭手術に比べて、はるかに低侵襲であって患者の肉体的負担が軽く、術後の感染症や拒絶反応の危険性も低い。また、医療ミスの誘発要因も少ない開頭手術を実施することができるので、医師の肉体的及び精神的負担も大幅に軽減される。

【0017】

また、前記光源はファイバーレーザであることが好ましい。ファイバーレーザは、光ファイバに希土類を添加してファイバ自体をレーザ媒体としたものであり、光ファイバを巻いて使用することにより、光路長はそのままに保ちながら、レーザ発振に必要な空間を大幅に縮小することができる。

10

20

30

40

50

【0018】

更に、骨の熱変性をより効果的に抑制するためには、窒素ガス等の不活性ガス噴出部を備えていることが好ましい。

【0019】

加えて、レーザ光の焦点位置を正確に制御するためには、距離センサを備えていることが好ましい。

【0020】

なお、本発明に係る骨切断装置の用途は開頭手術に限定されず、骨を切断する工程が含まれる用途であつたらいずれであってもよく、また、医療以外の用途であってもよい。

【発明の効果】

10

【0021】

このように本発明によれば、低侵襲な手段により骨の切断を行うことが可能となるので、患者の肉体的負担が大幅に軽減され、また、術後に感染症が発症する危険性を低下することもできる。更に、骨片の損傷・劣化が少ないので、固定具等を使用しなくとも、切断箇所にも再度接合することも可能となる。加えて、医師の骨切断作業の負担も大幅に軽減される。また、本発明によれば、迅速に骨を切断することが可能であるので、一刻を争う事態において極めて優位である。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の一実施形態に係る骨切断装置の模式的全体図である。

20

【図2】同実施形態におけるレーザ光射出部及び窒素ガス噴出部の内部構造を示す模式的縦端面図である。

【図3】従来の開頭手術の概要を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下に、本発明の一実施形態を、図面を参照して説明する。

【0024】

本実施形態に係る骨切断装置1は、図1に示すように、ディスク型ファイバーレーザ2の基端部を筐体21内に收容してなるレーザ装置2と、ディスク型ファイバーレーザ2の先端に設けられ光学系32を内蔵したレーザ光射出部3と、切断対象の骨に対して窒素ガスを噴出する窒素ガス噴出部4と、切断対象の骨との距離を測定するための距離センサ5と、を備えている。

30

【0025】

レーザ装置2は、筐体21と、筐体21内に基端部が收容されたディスク型ファイバーレーザ22と、からなるものである。

【0026】

筐体21は、内部にディスク型ファイバーレーザ22を收容する空間を有する中空のもので、例えば、外形が幅60×奥行き50×高さ25（cm）程度のコンパクトな大きさのものである。

【0027】

40

ディスク型ファイバーレーザ22は、光ファイバにErやYb等の希土類を添加してファイバ自体をレーザ媒体とするファイバーレーザを巻いて使用することにより、光路長はそのままに保ちながら、レーザ発振に必要な空間を大幅に縮小したものである。ファイバーレーザは、励起から発振、伝送までが光ファイバの中で行われるため、衝撃に強く、小型かつ軽量である。ディスク型ファイバーレーザ22は、1000～1500nmのレーザ光Lを、10～70W/cm²のピーク出力で射出するものである。ディスク型ファイバーレーザ22は、切断箇所の発熱を抑えられる点から、単パルスレーザであることが好ましい。

【0028】

ディスク型ファイバーレーザ22の先端部は筐体21の外部に出ており、レーザ光射出

50

部 3 の基端部に接続してある。

【0029】

レーザ光射出部 3 は、図 2 に示すように、ディスク型ファイバーレーザ 2 2 から導入されたレーザ光 L を、先端部に設けた射出口 3 1 c から射出するものであり、ボディ 3 1 と、ボディ 3 1 内部に収容された光学系 3 2 からなるものである。

【0030】

ボディ 3 1 は、長尺状をなす中空のもので、円筒状の把持部 3 1 a とテーパ状の遮光筒 3 1 b とを備えており、施術者が把持部 3 1 a の側周面を片手で把持して操作できる程度の大きさと重さを有する。そして、その基端部には、ディスク型ファイバーレーザ 2 2 の先端を接続するための接続ポートが設けられており、その先端部には、ディスク型ファイバーレーザ 2 2 の先端から出て内部を通過してきたレーザ光 L を外部に射出するための射出口 3 1 c が開口している。

10

【0031】

光学系 3 2 は、ディスク型ファイバーレーザ 2 2 から拡開して射出されたレーザ光 L を平行にするコリメータレンズ 3 2 a、及び、レーザ光 L を収斂させるレンズ 3 2 b を、レーザ光 L 入射側からこの順で直列に配置したものである。レンズ 3 2 b としては、例えば、平凸レンズ、アクロマティックレンズ、対物レンズ等を用いることができ、焦点距離 f としては、 $f = 2 \sim 100 \text{ mm}$ である。

【0032】

窒素ガス噴出部 4 は、切断対象の骨に対して $2 \sim 15$ 気圧の窒素ガスを噴出して当該骨を冷却し熱変性を抑制するためのものであり、チューブ 4 1 を介して図示しない窒素ガス供給源に接続されており、内部にガス流路 4 2 a が形成されたボディ 4 2 を備えている。

20

【0033】

図 2 に示すように、レーザ光射出部 3 の遮光筒 3 1 b と窒素ガス噴出部 4 のボディ 4 2 とは一体成形されており、遮光筒 3 1 b の内部はその先端部近傍で窒素ガス噴出部 4 のガス流路 4 2 a と連通しており、窒素ガス供給源から供給された窒素ガスは、レーザ光 L とともに遮光筒 3 1 b の先端に設けられた射出口 3 1 c から外部に噴出する。

【0034】

距離センサ 5 は、切断対象である骨との距離を測定するものであり、例えば、骨を完全に切断する場合は骨の骨髓中心にレーザ光 L の焦点が位置するように、また、骨質のみを剥離する場合は骨質中心にレーザ光 L の焦点が位置するように、レーザ光射出部 3 の把持位置を調整するためのものである。しかしながら、骨髓中心を目標焦点位置とした場合、上下 20 mm 程度デフォーカスしても周囲の組織を傷つけることなく骨のみを切断することが可能である。なお、レーザ光射出部 3 の射出口 3 1 c と切断対象である骨との距離は、窒素ガスが効率的に切断部位を冷却できるよう、 $2 \sim 20 \text{ mm}$ 程度であるのが好ましく、 5 mm 前後であるのがより好ましい。

30

【0035】

このような距離センサ 5 としては、例えば、赤外線半導体レーザを光源とする光学式のものが用いられる。

【0036】

次に、このように構成した骨切断装置 1 を用いて開頭手術を行う方法について説明する。

40

【0037】

医師は、まず、頭皮を切開し頭蓋骨を露出させ、次いで、距離センサ 5 で距離を測定しながら、露出させた頭蓋骨にレーザ光射出部 3 の先端を近づけて、又は、接触させて、 $1000 \sim 1500 \text{ nm}$ のレーザ光 L を $10 \sim 70 \text{ W/cm}^2$ の範囲内で切断対象の骨の厚みにより適宜選択されたピーク出力で、連続的 (CW) 又は間欠的 ($100 \text{ ns} \sim 5 \mu \text{s}$ のパルス波) に射出しながら、開頭範囲の輪郭に沿ってレーザ光射出部 3 を移動させる。これにより、頭蓋骨だけが選択的に切断され、脳をはじめとする他の組織は全く損傷を受けない。この際、レーザ光 L 照射部分を冷却するため、及び、骨の削りかすを吹き飛ばす

50

ために、0.4 MPa程度の窒素ガスを窒素ガス噴出部4から噴出しながら切断作業を行う。なお、当該開頭手術においては、予め頭蓋骨に穴を開ける必要はない。

【0038】

従って、このように構成した本実施形態に係る骨切断装置1によれば、水への吸収率が20~30%程度と低い1000~1500 nmのレーザ光Lを、ピーク出力10~70 W/cm²で照射することにより、周囲の組織に損傷を与えることなく、骨だけを選択的、かつ、2 mm/s程度の速度で迅速に切断することが可能である。このため、開頭手術に用いた場合は、頭皮の切開後、頭蓋骨に穴を開けることなく、レーザ光Lを照射する1工程だけで、脳を傷つけずに、頭蓋骨のみを迅速に切断し切り取ることが可能である。

【0039】

また、1000~1500 nmのレーザ光Lを、ピーク出力10~70 W/cm²で切断対象の骨に照射すると、骨を透過したレーザ光Lの出力は約30 W/cm²以下程度にまで低下しているので、周囲の組織は全く損傷を受けない。このため、骨と周囲の組織との間に、レーザ光Lを遮断する部材を設ける必要は全くない。

【0040】

また、本実施形態に係る骨切断装置1を用いた開頭手術では、従来のように患者の頭を強く固定しなくとも、安全かつ正確に骨片を切り出すことができる。

【0041】

更に、レーザ光Lを照射することにより骨を切断するので、削り代はごく僅かであり、切り出した骨片の物理的破損・劣化も少ない。このため、固定具等を使用しなくとも、切り出した骨片を切断箇所そのまま再接合させることも可能となる。

【0042】

従って、このような本実施形態に係る骨切断装置1を用いた開頭手術は、ドリル、電動式糸鋸、鑿等の機械的な器具を使用する従来の開頭手術に比べて、はるかに低侵襲であって患者の肉体的負担が軽く、術後の感染症や拒絶反応の危険性も低い。また、医療ミスの誘発要因も少ない開頭手術を実施することができるので、医師の肉体的及び精神的負担も大幅に軽減される。

【0043】

また、本実施形態に係る骨切断装置1は、窒素ガス噴出部4を備えているので、切断対象の骨の熱変性をより効果的に抑制することができる。なお、ボーンソーにより骨を切断するときは流水を用いて熱変性を予防することが多く、この場合水の回収作業が煩雑であったが、本実施形態では窒素ガスにより骨を冷却するのでそのような回収作業が不要であり、また、水を使用した場合、水そのものによるレーザ光Lの吸収、反射の可能性もあるが、窒素ガスを用いた場合はそのような問題は生じない。

【0044】

更に、本実施形態に係る骨切断装置1は、距離センサ5を備えているので、レーザ光Lの焦点位置を正確に制御することができ、精度の高い位置決めを行うことができ、延いては、安全性の高い骨切断手術を行うことができる。このため、患者及び医師双方の負担を軽減することができる。

【0045】

更に、本実施形態では光源としてファイバーレーザを巻いてディスク型にしたディスク型ファイバーレーザ22を用いているので、面積の広い側面に複数の励起用半導体レーザを配置して高強度励起することが可能であり、高出力化が実現できる。

【0046】

なお、本発明は前記実施形態に限られるものではない。

【0047】

例えば、本発明における光源としては、1000~1500 nmのレーザ光Lを射出するものであればディスク型ファイバーレーザに限られず、例えば、Nd:YAGレーザ等を用いることもできる。

【0048】

レーザ光射出部３は施術者により直接把持されなくともよく、例えば、ロボットアームにより把持されたレーザ光射出部３を施術者が遠隔操作してもよい。

【００４９】

また、本発明に係る骨切断装置の用途は開頭手術に限定されず、骨を切断する工程が含まれる用途であつたらいずれであってもよく、また、医療以外の用途であってもよい。

【００５０】

その他、前述した実施形態や変形実施形態の一部又は全部を適宜組み合わせてもよく、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であるのは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【００５１】

本発明を適用することにより、低侵襲な手段により骨の切断を行うことが可能となるので、患者の肉体的負担が大幅に軽減され、また、術後に感染症が発症する危険性を低下することもできる。更に、骨片の損傷・劣化が少ないので、固定具等を使用しなくとも、切断箇所にも再度接合することも可能となる。加えて、医師の骨切断作業の負担も大幅に軽減される。

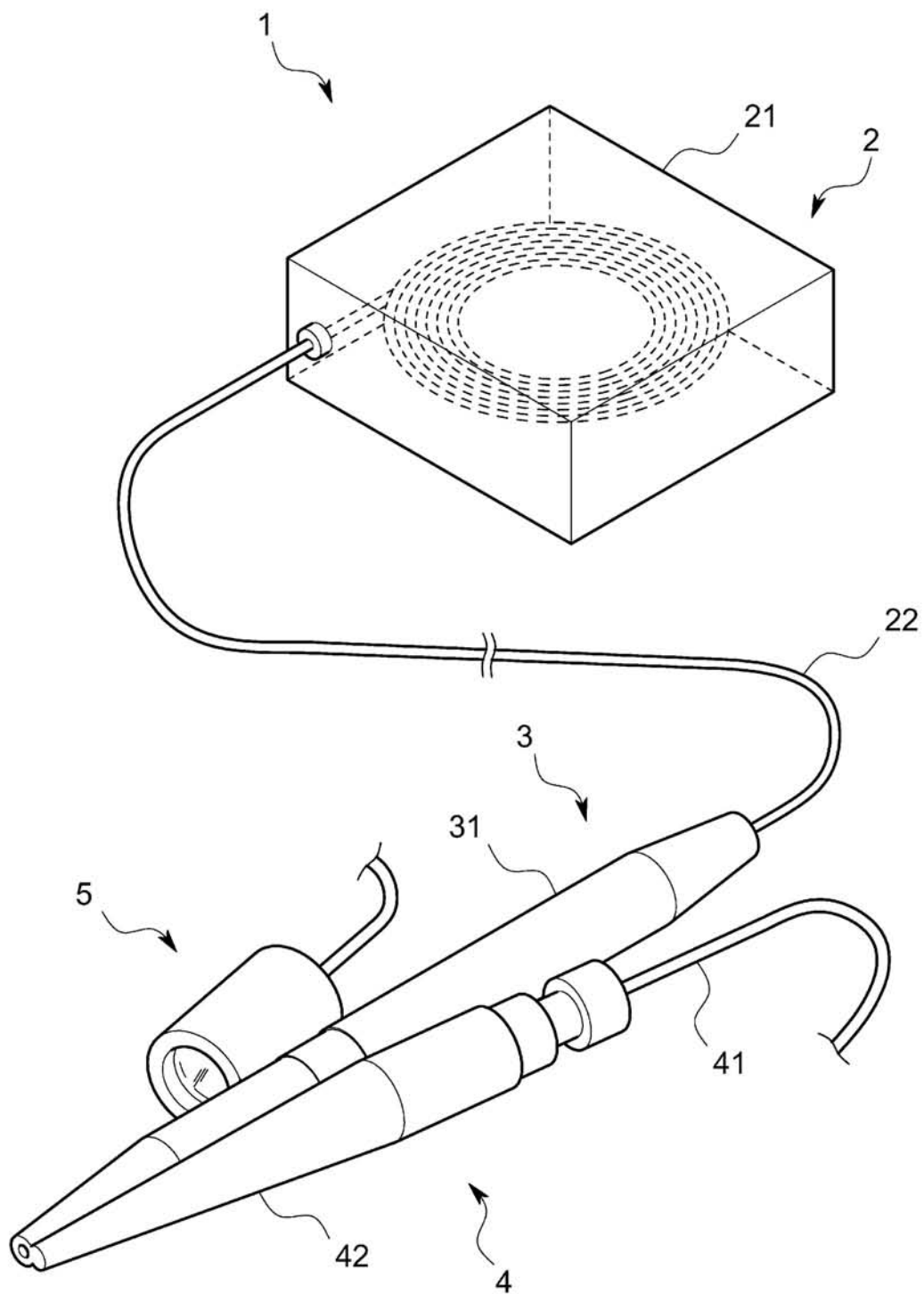
【符号の説明】

【００５２】

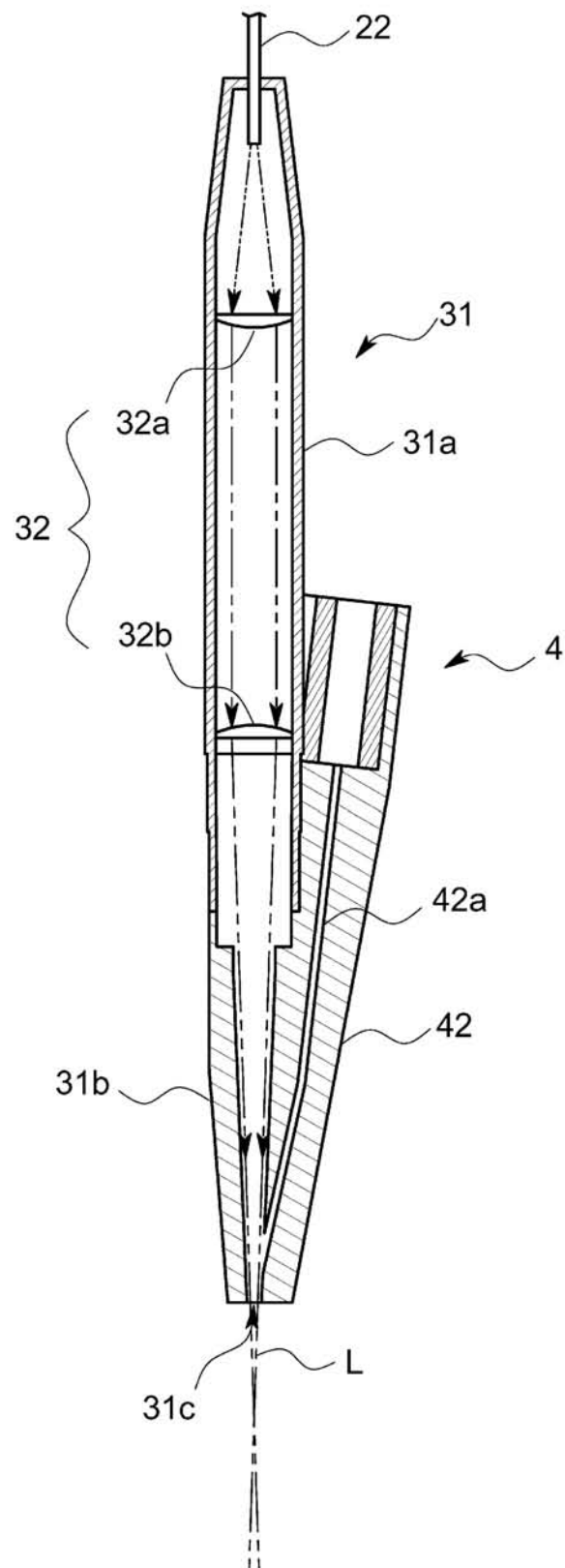
１・・・骨切断装置

２２・・・ディスク型ファイバーレーザ

【図 1】



【図 2】



【図 3】

