(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2018-102792
(P2018-102792A)
(43)公開日　平成30年7月5日(2018.7.5)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
A61F 9/008 (2006.01)	A61F 9/008 12OD	

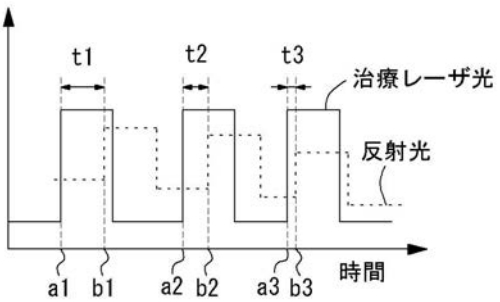
審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 8 頁）

(21)出願番号　特願2016-254879 (P2016-254879)
(22)出願日　平成28年12月28日 (2016.12.28)

(71)出願人　000135184
株式会社ニデック
愛知県蒲郡市拾石町前浜３４番地１４
(72)発明者　恩田　紀雄
愛知県蒲郡市拾石町前浜３４番地１４　株式会社ニデック拾石工場内

(54)【発明の名称】眼科用レーザ治療装置

(57)【要約】
【課題】治療レーザ光で生成された凝固程度を検出し、検出結果に基づいて治療レーザ光の照射制御を行う眼科用レーザ治療装置を提供する。
【解決手段】眼科用レーザ治療装置は、治療部位に測定光を照射するための第２照射光学系と、治療部位で反射された測定光に対応する反射光を受光するための受光光学系と、治療レーザ光が照射された治療部位の凝固程度を反射光の位相変化を用いて検出し、検出した結果に基づいて治療レーザ光の照射を制御する照射制御手段を備える。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
患者眼の治療部位に治療レーザ光を照射するための第１照射光学系と、
前記治療部位に測定光を照射するための第２照射光学系と、
前記治療部位で反射された前記測定光に対応する反射光を受光するための受光光学系と、
前記治療レーザ光が照射された前記治療部位の凝固程度を前記反射光の位相変化を用いて検出し、前記検出した結果に基づいて前記治療レーザ光の照射を制御する照射制御手段と、
を備えたことを特徴とする眼科用レーザ治療装置。
【請求項２】
請求項１に記載の眼科用レーザ治療装置であって、
前記測定光は、前記治療部位に前記治療レーザ光を照射するための照準光として兼用されることを特徴とする眼科用レーザ治療装置。
【請求項３】
患者眼の治療部位に治療レーザ光を照射するための第１照射光学系と、
前記治療部位で反射された前記治療レーザ光に対応する反射光を受光するための受光光学系と、
前記治療レーザ光が照射された前記治療部位の凝固程度を前記反射光の位相変化を用いて検出し、前記検出した結果に基づいて前記治療レーザ光の照射を制御する照射制御手段と、
を備えたことを特徴とする眼科用レーザ治療装置。
【請求項４】
請求項１～３のいずれか１項に記載の眼科用レーザ治療装置であって、
前記照射制御手段は、サーモリフレクタンス法を用いて前記治療部位の凝固程度を検出する、
ことを特徴とする眼科用レーザ治療装置。
【請求項５】
請求項１～４のいずれか１項に記載の眼科用レーザ治療装置であって、
前記照射制御手段は更に、前記反射光の光量変化から前記治療部位の反射率変化を測定し、前記測定の結果に基づいて前記治療部位の凝固程度を検出する、
ことを特徴とする眼科用レーザ治療装置。
【請求項６】
請求項１～５のいずれか１項に記載の眼科用レーザ治療装置であって、
前記照射制御手段は、前記治療レーザ光の照射中に前記治療部位の凝固程度を検出することを特徴とする眼科用レーザ治療装置。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、患者眼に治療レーザ光を照射して治療を行う眼科用レーザ治療装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
患者眼の治療部位にレーザー治療ビームを照射するレーザー治療システムが知られている。例えば、特許文献１のレーザー治療システムは、かろうじて目に見える外傷（エンドポイント）を形成するために、選択されたエネルギー値に応じてレーザー治療ビームの出力及び持続時間を調節する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】

【特許文献１】特開２０１４－１４４８６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかし、特許文献１のレーザ治療システムにおいても、治療部位への照射前にテスト照射をする場合があった。つまり、治療部位以外の部位に試し打ちを行い、かろうじて目に見える外傷が形成されることを確認する場合があった。また、テスト照射結果の判定は、術者の目視に頼っていた。テスト照射による治療時間の増加、術者の目視判断による曖昧さ、または非定量的等の課題があった。
【０００５】
本開示は、治療レーザ光で生成された凝固程度を検出し、検出結果に基づいて治療レーザ光の照射制御を行う眼科用レーザ治療装置を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。
（１）　患者眼に治療レーザ光を照射して治療を行う眼科用レーザ治療装置は、患者眼の治療部位に治療レーザ光を照射するための第１照射光学系と、前記治療部位に測定光を照射するための第２照射光学系と、前記治療部位で反射された前記測定光に対応する反射光を受光するための受光光学系と、前記治療レーザ光が照射された前記治療部位の凝固程度を前記反射光の位相変化を用いて検出し、前記検出した結果に基づいて前記治療レーザ光の照射を制御する照射制御手段と、を備えたことを特徴とする。
【発明の効果】
【０００７】
本発明によれば、治療レーザ光で生成された凝固程度を検出し、検出結果に基づいて治療レーザ光の照射制御を行う眼科用レーザ治療装置を提供できる。
【図面の簡単な説明】
【０００８】
【図１】眼科用レーザ治療装置の光学系の概略構成図である。
【図２】制御部の概略構成図である。
【図３】治療レーザ光と反射光の関係を説明する図である。
【図４】制御部の照射制御に係わるフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
以下、本開示における典型的な実施形態について説明する。図１は本実施形態の眼科用レーザ治療装置１の概略構成図である。本実施形態の眼科用レーザ治療装置１は、患者眼Ｅｐの治療部位（例えば眼底の黄斑）に治療レーザ光を照射して、治療部位の治療（本実施形態では治療部位の光凝固）を行うために用いられる。本実施形態の眼科用レーザ治療装置１は、治療レーザ光または測定光を患者眼Ｅｐに照射するための照射光学系１０、患者眼Ｅｐで反射した測定光（以降では反射光と称する）を受光するための受光光学系２０、および患者眼Ｅｐを観察するための観察光学系３０を備える。なお、本実施形態の測定光は、治療レーザ光を治療部位に照射するための照準光としても使用される。
【００１０】
＜照射光学系＞
本実施形態の照射光学系１０は、患者眼Ｅｐに治療レーザ光（治療光）を照射するための第１照射光学系１０Ａ、および患者眼Ｅｐに測定光を照射するための第２照射光学系１０Ｂを備える。第１照射光学系１０Ａは光軸Ｌ１を備え、第２照射光学系１０Ｂは光軸Ｌ２を備える。本実施形態では、治療レーザ光源１１、ダイクロイックミラー１３、光ファイバー１４、照射レンズ群１５、ハーフミラー１６の順で部材が配列されて、第１照射光学系１０Ａが形成される。本実施形態では、測定光源１２、ダイクロイックミラー１３、光ファイバー１４、照射レンズ群１５、ハーフミラー１６の順で部材が配列されて、第２

照射光学系１０Ｂが形成される。
【００１１】
治療レーザ光源１１が発する治療レーザ光（例えば波長５７７ｎｍ（黄色））は、ダイクロイックミラー１３を透過した後、光ファイバー１４の入射端に入射する。光ファイバー１４の出射端から出射される治療レーザ光は照射レンズ群１５を透過する。照射レンズ群１５を透過した治療レーザ光はハーフミラー１６で患者眼Ｅｐに向けて偏向される。ハーフミラー１６で偏向された治療レーザ光はコンタクトレンズ４１を介した後、患者眼Ｅｐの治療部位にスポットを形成する。なお、本実施形態では、コンタクトレンズ４１は術者が把持する。なお、治療レーザ光源１１が５３２ｎｍ（緑色）、６４０ｎｍ（赤色）等の治療レーザ光を発してもよい。
【００１２】
測定光源１２が発する測定光（例えば波長６３５ｎｍ（赤色）のレーザ光）は、ダイクロイックミラー１３で反射して光ファイバー１４の入射端に向かう。光ファイバー１４の入射端に入射した測定光は、治療レーザ光と同様に、照射レンズ群１５、ハーフミラー１６、コンタクトレンズ４１の順で介して進んだ後、患者眼Ｅｐの治療部位に当たる。本実施形態のダイクロイックミラー１３は、治療レーザ光の光軸Ｌ１と測定光の光軸Ｌ２とを同軸にする。また、本実施形態のハーフミラー１６は、第２照射光学系１０Ｂの光軸Ｌ２と受光光学系２０の光軸Ｌ３とを同軸にする。
【００１３】
＜受光光学系＞
本実施形態では、対物レンズ２１、ダイクロイックミラー２２、バンドパスフィルター２３、受光素子２４の順で部材が配列されて、受光光学系２０が形成される。本実施形態の受光光学系２０は光軸Ｌ３を有する。本実施形態のダイクロイックミラー２２は、観察光を透過し、反射光（患者眼Ｅｐで反射した測定光）を反射する特性を有する。患者眼Ｅｐから発せられる反射光（換言するなら患者眼Ｅｐの治療部位で反射した測定光）は、ハーフミラー１６と対物レンズ２１を介した後にダイクロイックミラー２２で反射される。ダイクロイックミラー２２で反射された反射光は、バンドパスフィルター２３を介した後に受光素子２４上に集光される。
【００１４】
＜観察光学系＞
本実施形態の観察光学系３０は、対物レンズ２１とダイクロイックミラー２２を受光光学系２０と共用する。本実施形態の観察光学系３０は、術者保護フィルター３１と接眼レンズ群３２を備える。本実施形態の眼科用レーザ治療装置１は不図示の観察照明光で患者眼Ｅｐを照明できる。患者眼Ｅｐで反射された観察照明光（観察光）は、ハーフミラー１６、対物レンズ２１、ダイクロイックミラー２２、術者保護フィルター３１、接眼レンズ群３２の順で介した後に術者眼Ｅｏの眼底に集光される。
【００１５】
なお、本実施形態の眼科用レーザ治療装置１は、レーザ光源部１７、デリバリ部１８、および顕微鏡部２７を備える。レーザ光源部１７は、治療レーザ光源１１、測定光源１２、およびダイクロイックミラー１３を含む。デリバリ部１８は、光ファイバー１４、照射レンズ群１５、およびハーフミラー１６を含む。顕微鏡部２７は、対物レンズ２１、ダイクロイックミラー２２、バンドパスフィルター２３、受光素子２４、術者保護フィルター３１、および接眼レンズ群３２を含む。なお、本実施形態のレーザ光源部１７とデリバリ部１８は結合機構（不図示）で結合されている。なお、本実施形態の照射光学系１０または受光光学系２０は一例に過ぎない。例えば、デリバリ部１８が受光光学系２０を備えてもよい。
【００１６】
＜制御部＞
図２を併用して、本実施形態の制御部８０を説明する。本実施形態の制御部８０は、ＣＰＵ８１、ＲＯＭ８２、ＲＡＭ８３、および不揮発性メモリ８４（フラッシュメモリ）等

を含む。ＣＰＵ８１は、眼科用レーザ治療装置１の各部の制御を司る。ＲＯＭ８２には、各種プログラム、初期値等が記憶されている。ＲＡＭ８３は、各種情報を一時的に記憶する。不揮発性メモリ８４は、電源の供給が遮断されても記憶内容を保持できる非一過性の記憶媒体である。本実施形態の制御部８０には、治療レーザ光源１１、測定光源１２、受光素子２４、設定スイッチ８５、トリガスイッチ８６等が接続されている。本実施形態では、設定スイッチ８５は眼科用レーザ治療装置１の各種設定に用いられる。トリガスイッチ８６は術者が治療レーザ光の照射を開始する際に用いられる。なお、本実施形態の制御部８０は、治療レーザ光が照射された治療部位の凝固程度を反射光の位相変化を用いて検出し、検出した結果に基づいて治療レーザ光の照射を制御する照射制御手段として働く。

【００１７】

＜眼科用レーザ治療装置の照射制御＞

図３と図４を用いて、本実施形態の眼科用レーザ治療装置１の使用方法を説明する。ステップＳ１０１にて制御部８０は、測定光を点灯する。術者は測定光を用いて、患者眼Ｅｐへの照射光学系１０の位置合わせを行える。なお、本実施形態の測定光は連続光として照射（点灯）される。また、本実施形態の測定光は光量一定で照射される。本実施形態の制御部８０は、測定光の照射制御手段として働く。ステップＳ１０２にて制御部８０は、トリガスイッチ８６が押されたか否かを判定する。制御部８０は、トリガスイッチ８６が押されたと判定（検出）するとステップＳ１０３に進み、トリガスイッチ８６が押されていないと判定するとステップＳ１０２に留まる。

【００１８】

ステップＳ１０３にて制御部８０は、治療レーザ光を照射する。本実施形態の眼科用レーザ治療装置１は、治療レーザ光としてパルス光（矩形波）を照射する。本実施形態の治療レーザ光は１ｍｓ未満の矩形波で照射される。眼科用レーザ治療装置１から照射される治療レーザ光は、患者眼Ｅｐの治療部位にスポットを形成する。スポットが形成された治療部位は、温度が上昇する。このようにして、治療部位に治療レーザ光が照射されるほど、治療部位の凝固（光凝固）が進行してゆく。なお、治療レーザ光のパルス幅、パルス同士の間隔、１パルスあたりの照射エネルギー、閾値（凝固程度の限界値）等は、術者が設定スイッチ８５を用いて予め設定しておく。統計データに基づく閾値（凝固程度の限界値）が、不揮発性メモリ８４に記憶されており、制御部８０が自動で設定してもよい。

【００１９】

次いでステップＳ１０４にて制御部８０は、治療部位の凝固程度を検出する。詳細には、本実施形態の眼科用レーザ治療装置１は、治療レーザ光が照射された治療部位の凝固程度を反射光の位相変化を用いて検出する。凝固程度の検出方法については、後ほど詳細に説明する。制御部８０は、ステップＳ１０４にて凝固程度の検出が完了すると、ステップＳ１０５に進む。なお、治療レーザ光の照射と凝固程度の検出とが平行して行われてもよい。

【００２０】

ステップＳ１０５にて制御部８０は、ステップＳ１０４で検出した凝固程度が閾値以下か否かを判定する。制御部８０は、凝固程度が閾値以下の場合は治療レーザ光を再び照射するためにステップＳ１０３に戻り、凝固程度が閾値を超えている場合は治療レーザ光の照射シーケンスを終了するためステップＳ１０６に進む。つまり、凝固程度が閾値に達するまでは、治療レーザ光の照射と凝固程度の検出が繰り返される。換言するなら、本実施形態の眼科用レーザ治療装置１は、治療レーザ光の照射制御中に、治療部位の凝固程度をリアルタイムで検出できる。ステップＳ１０６にて制御部８０は終了処理を行う。なお、本実施形態では、ステップＳ１０４の時点で、治療レーザ光の照射（照射シーケンス）が終了されている。また、本実施形態では、ステップＳ１０６の後も患者眼Ｅｐへの測定光の照射が継続される。以上のようにして、治療部位が所定の凝固程度となるように治療レーザ光の照射制御が行われる。なお、本実施形態の治療レーザ光はパルス光であるが、連続光であってもよい。所定の凝固程度になるまで連続光が照射し続けられてもよい。

【００２１】

＜凝固程度の検出＞
図３を用いて、本実施形態における凝固程度の検出方法を説明する。図３の横軸は時間を示し、縦軸は治療レーザ光のエネルギーまたは反射光の受光量を示す。図３では、治療レーザ光の特性を実線で示し、反射光の特性を点線で示している。なお、図３の状態では、患者眼Ｅｐには測定光が光量一定で照射されている。治療レーザ光の照射に伴い治療部位の温度が変化すると、治療部位における測定光の反射率が変化する。図３では、治療レーザ光が照射されるほど反射光量が小さくなっている（つまり、反射率が減少している）。

【００２２】
また、治療レーザ光の照射に伴い治療部位の温度が変化すると、反射光の位相が変化する。図３を用いて説明すると、治療レーザ光の照射開始タイミング（符号ａ１，ａ２，ａ３箇所）と反射光の光量変化タイミング（符号ｂ１，ｂ２，ｂ３箇所）との間隔（符号ｔ１，ｔ２，ｔ３箇所）が変化している。図３では、治療レーザ光が照射されるほど間隔（符号ｔ１，ｔ２，ｔ３）が短くなっている。つまり、本実施形態では、サーモリフレクタンス法（光加熱サーモリフレクタンス法、レーザ熱反射法とも呼ばれる）を用いて治療部位の熱浸透率を算出し、算出結果を治療部位の凝固進行の検出に用いる。なお、サーモリフレクタンス法とは、加熱光と対象からの反射光の変化の位相から熱物性を測定する方法である。本実施形態では加熱光として治療レーザ光を用い、反射光として測定光の反射を用い、また、位相として治療レーザ光と反射光の間隔（符号ｔ１，ｔ２，ｔ３）を用いる。

【００２３】
このように、本実施形態では、治療レーザ光が照射された治療部位の熱浸透率を検出して、凝固程度の定量化を行う。本実施形態の制御部８０は、治療レーザ光の照射休止中（パルス光の休止区間）に、反射光の位相に基づき治療部位の凝固状態を検出して、治療レーザ光の照射を継続するか否かを決定する。制御部８０は、治療部位が所望の凝固状態に達しない場合は治療レーザ光の照射を継続（再開）し、治療部位が所望の凝固状態に達した場合は治療レーザ光の照射を終了する。本実施形態では、治療部位の凝固状態を定量的に検出できる。これにより、本実施形態では、テスト照射による治療時間の増加、術者の目視判断による曖昧さ／非定量的であることで生じる課題から解放され易い。

【００２４】
＜作用及び効果＞
以上説明したように、本実施形態の眼科用レーザ治療装置１は、患者眼Ｅｐの治療部位に治療レーザ光を照射するための第１照射光学系１０Ａと、治療部位に測定光を照射するための第２照射光学系１０Ｂと、治療部位で反射された測定光に対応する反射光を受光するための受光光学系２０と、治療レーザ光が照射された治療部位の凝固程度を反射光の位相変化を用いて検出し、検出した結果に基づいて治療レーザ光の照射を制御する照射制御手段とを備える。これにより、例えば、テスト照射が不要になる。また、凝固程度を定量化できる。不慣れな術者でも凝固を行い易くなり、患者の負担も低減できる。

【００２５】
また、本実施形態の眼科用レーザ治療装置１の測定光は、治療部位に治療レーザ光を照射するための照準光として兼用される。これにより、例えば、簡素な構成ながらも凝固程度を検出できる。また、眼科用レーザ治療装置１の他の態様として、眼科用レーザ治療装置１が、患者眼Ｅｐの治療部位に治療レーザ光を照射するための第１照射光学系１０Ａと、治療部位で反射された治療レーザ光に対応する反射光を受光するための受光光学系２０と、治療レーザ光が照射された治療部位の凝固程度を反射光の位相変化を用いて検出し、検出した結果に基づいて治療レーザ光の照射を制御する照射制御手段を備えてもよい。これにより、例えば、眼科用レーザ治療装置１の構成をより簡素にできつつ、テスト照射が不要になり、また、凝固程度を定量化できる。不慣れな術者でも凝固を行い易くなり、患者の負担も低減できる。

【００２６】

また、本実施形態の眼科用レーザ治療装置１の照射制御手段は、サーモリフレクタンス法を用いて治療部位の凝固程度を検出する。これにより、例えば、治療部位に測定光を照射し、且つ、反射光を受光するだけの簡素な構成で凝固程度を検出できる。本実施形態の眼科用レーザ治療装置１の照射制御手段は、反射光の光量変化から治療部位の反射率変化を測定し、測定結果に基づいて治療部位の凝固程度を検出する。これにより例えば、例えば、サーモリフレクタンス法と組み合わせることで、より精度よい凝固程度の検出が可能になる。なお、眼科用レーザ治療装置１が、反射光の光量変化から行う反射率変化の推測のみで、凝固程度を検出してもよい。また、本実施形態の眼科用レーザ治療装置１の照射制御手段は、治療レーザ光の照射中に治療部位の凝固程度を検出する。これにより、例えば、凝固程度の定量化を行い易い。また、過剰な凝固を抑制し易い。例えば、凝固を徐々に進めることができる。

【００２７】

なお、本実施形態では測定光を照射して治療部位の凝固状態を検出するが、治療レーザ光のみで治療部位の凝固状態を検出してもよい。つまり、治療レーザ光を測定光として用いてもよい。これにより、例えば、眼科用レーザ治療装置１をより簡素な構成にできる。また、本実施形態では、測定光が治療部位で反射した光（反射光）を受光して、治療部位の凝固程度を検出する。しかし、治療レーザ光が治療部位で反射した光を受光して、治療部位の凝固程度を検出してもよい。この手法では、測定光を別途設ける必要が無い。また、本実施形態では治療レーザ光として矩形波パルスを照射するが、治療レーザ光が正弦波であってもよい。正弦波にすることで、凝固程度の検出が、より精度よくなると考えられる。なお、治療レーザ光が矩形波パルスであることで治療レーザ光源１１を簡素化し易い。

【００２８】

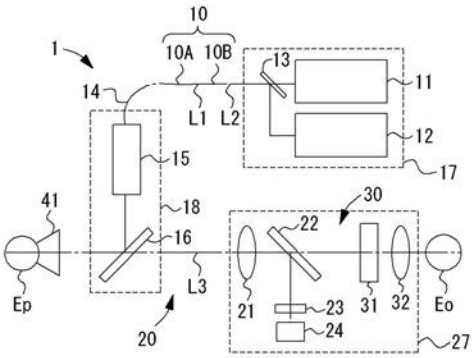
今回開示された実施形態はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲及びこれと均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

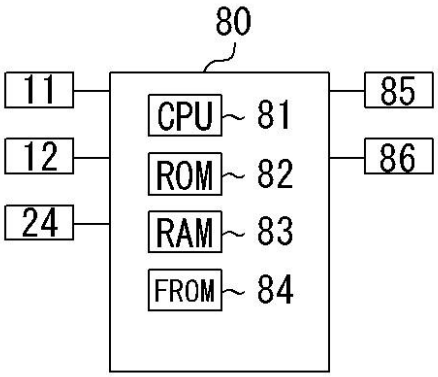
【００２９】

１：眼科用レーザ治療装置
１０Ａ：第１照射光学系
１０Ｂ：第２照射光学系
２０：受光光学系
８０：制御部

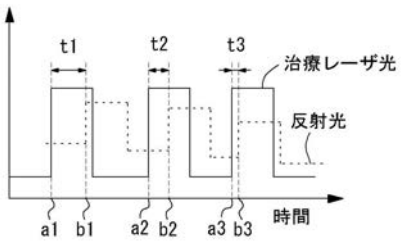
【図１】


10
1
10A
10B
13
11
14
L1
L2
12
15
17
41
18
30
22
16
L3
Ep
21
23
31
32
Eo
20
24
27

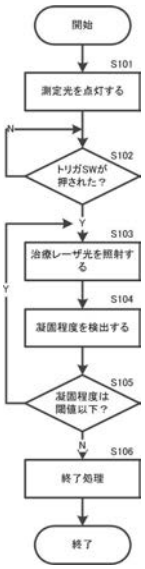
【図２】


80
11
12
24
CPU
81
ROM
82
RAM
83
FROM
84
85
86

【図３】


t1
t2
t3
治療レーザ光
反射光
a1
b1
a2
b2
a3
b3
時間

【図４】


開始
S101
測定光を点灯する
N
S102
トリガSWが押された？
Y
S103
治療レーザ光を照射する
S104
凝固程度を検出する
S105
凝固程度は閾値以下？
N
S106
終了処理
終了