

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5627898号
(P5627898)

(45) 発行日 平成26年11月19日(2014.11.19)

(24) 登録日 平成26年10月10日(2014.10.10)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 F 9/00 (2006.01)

A 6 1 F 9/00 5 0 4

請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2010-22577 (P2010-22577)
 (22) 出願日 平成22年2月3日(2010.2.3)
 (65) 公開番号 特開2011-156290 (P2011-156290A)
 (43) 公開日 平成23年8月18日(2011.8.18)
 審査請求日 平成25年1月31日(2013.1.31)

(73) 特許権者 000135184
 株式会社ニデック
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4
 (72) 発明者 阿部 均
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株
 式会社ニデック拾石工場内

審査官 北村 英隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼科用レーザ治療装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

治療レーザ光を出射する治療レーザ光源と、エイミング光を出射するエイミング光源と、治療レーザ光及びエイミング光を患者眼に照射する照射光学系であって、治療レーザ光及びエイミング光のスポットを患者眼の組織上で2次元的に走査する走査光学系を含む照射光学系と、を備え、予め定められた走査パターンに基づいて治療レーザ光のスポットを複数のスポット位置に順次走査すると共に、各スポット位置で、設定された照射時間だけ治療レーザ光を患者眼に照射する眼科用レーザ治療装置において、

一連の治療レーザ光の照射中で、前記走査パターン内の第1スポット位置への治療レーザ光の照射が終了してから第2スポット位置への治療レーザ光の照射を開始させるまでの時間である休止時間の間に、エイミング光のスポットにより前記走査パターンに対応するスポット位置が術者に認識されるように前記走査パターンに基づいて前記走査光学系の駆動を制御する制御手段を備える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の眼科用レーザ治療装置において、前記制御手段は、術者がエイミング光の照射による各スポット位置を確認可能に、前記走査パターンのスポット数に基づいて前記休止時間を自動的に設定することを特徴とする眼科用レーザ治療装置。

【請求項 3】

請求項1又は2の眼科用レーザ治療装置において、前記制御手段は、一連の治療レーザ光の照射中で、前記休止時間の間にエイミング光を走査するとき、前記走査パターンの各ス

10

20

ポット位置の中で治療レーザ光の未照射のスポット位置にエイミング光のスポットが走査されるように前記走査光学系の駆動を制御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】

本発明は、患者眼にレーザ光を照射し、治療を行う眼科用レーザ治療装置に関する。

【背景技術】

【0002】

眼科用レーザ治療装置の1つとして、光凝固装置が知られている。光凝固治療（例えば、汎網膜光凝固治療）では、治療レーザ光を患者眼の眼底組織に1スポットずつ照射し、組織を熱凝固させる。治療レーザ光の照射に際しては、治療レーザ光の照準を合わせるための可視のエイミング光（照準光）が照射される。また、この光凝固治療においては、フットスイッチを押してトリガ信号を入力する毎に、治療レーザ光を設定された照射時間だけ照射するシングルモードと、フットスイッチを押している間、予め設定された照射時間と休止時間でレーザ光の照射を繰り返すリピードモードと、が用意されている（例えば、特許文献1参照）。

10

【0003】

近年では、ガルバノミラー等を備えた走査ユニットをレーザ光のデリバリユニットに組み込み、予め設定された複数のスポット位置の走査パターンに基づいて治療レーザ光のスポットを眼底組織上で走査する装置が提案されている（例えば、特許文献2及び3参照）。この装置においては、1スポットずつ治療レーザ光を照射する場合に比べて、1スポットにおける治療レーザ光の照射時間が短く設定されると共にエネルギーが高く設定されることにより、走査パターンに従った治療レーザ光の照射が短時間（例えば、1秒以内）で終了される。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2002-224154号公報

【特許文献2】特表2006-524515号公報

30

【特許文献3】特表2009-514564号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献2及び3の装置においては、エイミング光は治療レーザ光の照射前の照準合わせ時のみ照射されているものであり、治療レーザ光の照射が開始された後、走査パターンに基づく治療レーザ光の複数のスポット位置への照射が全て終了するまで、エイミング光が照射されない構成とされている。走査パターンのスポット位置の数が少ない場合、あるいは、1スポットでの治療レーザ光の照射時間が短く、次のスポット位置への照射間隔も短く設定されている場合には、走査パターンの全てのスポット位置への照射終了までの時間が短いため、術者は治療レーザ光の照射前におけるエイミング光の残像により、各スポット位置を認識できる。しかし、術者が従来の経験に基づいた治療を行うために、1スポット毎に治療レーザ光を照射する場合と同じ照射時間及びエネルギーを設定したり、また、リピードモードと同じように休止時間を長く設定したりした場合（例えば、500ミリ秒以上）、もはや、始めのエイミング光の残像が消え、術者は走査パターンのスポット位置を認識できない。この場合、患者眼が始めの照準に対して動いていても、これに術者は気づかず、誤った位置に治療レーザ光が照射されてしまう。

40

【0006】

本発明は、上記従来技術の問題点に鑑み、治療レーザ光の照射が開始された後も、治療レーザ光が走査される照射位置を術者が確認できる眼科用レーザ治療装置を提供すること

50

を技術課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

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) 治療レーザ光を出射する治療レーザ光源と、エイミング光を出射するエイミング光源と、治療レーザ光及びエイミング光を患者眼に照射する照射光学系であって、治療レーザ光及びエイミング光のスポットを患者眼の組織上で2次元的に走査する走査光学系を含む照射光学系と、を備え、予め定められた走査パターンに基づいて治療レーザ光のスポットを複数のスポット位置に順次走査すると共に、各スポット位置で、設定された照射時間だけ治療レーザ光を患者眼に照射する眼科用レーザ治療装置において、

10

一連の治療レーザ光の照射中で、前記走査パターン内の第1スポット位置への治療レーザ光の照射が終了してから第2スポット位置への治療レーザ光の照射を開始させるまでの時間である休止時間の間に、エイミング光のスポットにより前記走査パターンに対応するスポット位置が術者に認識されるように前記走査パターンに基づいて前記走査光学系の駆動を制御する制御手段を備えることを特徴とする。

(2) (1)の眼科用レーザ治療装置において、前記制御手段は、術者がエイミング光の照射による各スポット位置を確認可能に、前記走査パターンのスポット数に基づいて前記休止時間を自動的に設定することを特徴とする。

(3) (1)又は(2)の眼科用レーザ治療装置において、前記制御手段は、一連の治療レーザ光の照射中で、前記休止時間の間にエイミング光を走査するとき、前記走査パターンの各スポット位置の中で治療レーザ光の未照射のスポット位置にエイミング光のスポットが走査されるように前記走査光学系の駆動を制御することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、走査パターンに従った複数のスポット位置へのレーザ照射に際して、治療レーザ光の照射が開始された後も、治療レーザ光が走査される照射位置を術者が確認できる。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1は眼底の光凝固治療等を行う眼科用レーザ治療装置の光学系及び制御系を示す概略構成図である。

30

【0010】

眼科用レーザ治療装置100は、大別して、レーザ光源ユニット10、レーザ照射光学系40、観察光学系30、照明光学系60、制御部70、操作ユニット80、を備える。レーザ光源ユニット10には、治療レーザ光を出射する治療レーザ光源11、可視の照準レーザ光(エイミング光)を出射するエイミング光源12、治療レーザ光とエイミング光とを合波するビームスプリッタ(コンバイナ)13、集光レンズ14を備える。ビームスプリッタ13は、治療レーザ光の大部分を反射しエイミング光の一部を透過する。合波されたレーザ光は、集光レンズ14により集光され、レーザ照射光学系40へと導光する光ファイバ20の入射端面に入射される。また、治療レーザ光源11とビームスプリッタ13との間には、治療レーザ光を遮断するシャッタ15が設けられている。また、エイミング光源12からエイミング光及び治療レーザ光が導光される光路には第2のシャッタ16が設けられている。シャッタ16は、異常時に閉じられる安全シャッタであるが、エイミング光が走査されるときに、エイミング光の照射と遮断を行うために使用しても良い。シャッタ15も、治療レーザ光の照射と遮断を行うために使用しても良い。なお、各シャッタは、光路を切替える機能を有するガルバノミラーに置き換えてもよい。

40

【0011】

レーザ照射光学系40は、本実施形態では、スリットランプに装着されるデリバリとされる。光ファイバ20を出射したレーザ光(治療レーザ光及びエイミング光)は、リレーレンズ41、レーザ光のスポットサイズを変更するために光軸方向に移動可能なズームレ

50

レンズ42、ミラー43、コリメータレンズ44を介した後、走査部50、対物レンズ45、反射ミラー49を経て患者眼Eの眼底に照射される。走査部50は、レーザ光の照射方向（照射位置）を2次元的に移動させるスキャナミラーを持つ走査光学系で構成されている。走査部50は、第1のガルバノミラー（ガルバノスキャナ）51及び第2のガルバノミラー55を備える。ガルバノミラー51は、レーザ光を反射する第1のミラー52と、ミラー52を駆動（回転）する駆動部であるアクチュエータ52を備える。同様に、ガルバノミラー55は、第2ミラー56及びアクチュエータ57を備える。レーザ照射光学系40の各光学素子を通ったレーザ光は、反射ミラー49にて反射され、コンタクトレンズCLを介して患者眼Eのターゲット面（患者眼の組織上）である眼底に照射される。ズームレンズ42は、図示を略すレンズカムに保持されており、レンズカムが回転されることで、各ズームレンズ42が光軸方向に移動する構成とされる。このようなズームレンズ42の位置は、レンズカムに取り付けられたエンコーダ42aにより検出される。制御部70は、各レンズの位置情報（検出信号）をエンコーダ42aより受け取り、レーザ光のスポットサイズを得る。詳細は後述するが、レーザ光（スポット）がターゲット面で2次元のパターンとして形成されるように、走査部50は制御部70からの指令信号に基づいて制御される。なお、図示は略すが、反射ミラー49は、術者の操作により、レーザ光の光軸を2次元的に傾斜させる機構を備える。

【0012】

走査部50の構成を説明する。図2は、走査部50の斜視図である。ミラー52は、反射面をx方向に揺動可能となるようにアクチュエータ53に取り付けられる。一方、ミラー56は、反射面をy方向に揺動可能となるようにアクチュエータ57に取り付けられる。本実施形態では、ミラー52の回転軸はy軸と一致し、ミラー56の回転軸はz軸と一致する。また、アクチュエータ53、57は制御部70に接続され、個別に駆動される。アクチュエータ53、57には、モータ及びポテンシオメータが内蔵されており（共に図示せず）、ミラー52、56は、制御部70の指令信号に基づき独立に回転（揺動）される。このとき、アクチュエータ53、57のポテンシオメータにより、ミラー52、56がどれだけ回転したかの位置情報が制御部70に送られ、制御部70は、指令信号に対するミラー52、56の回転位置を把握できる。

【0013】

患者眼を観察するための観察光学系30は、対物レンズを初め、変倍光学系、保護フィルタ、正立プリズム群、視野絞り、接眼レンズ等を備える。患者眼をスリット光により照明可能な照明光学系60は、照明光源、コンデンサーレンズ、スリット、投影レンズ等を有する。

【0014】

眼科用レーザ治療装置100の制御部70には、メモリ71、光源11、12、エンコーダ42a、アクチュエータ53、57、操作ユニット80が接続されている。操作ユニット80は、レーザ光を照射するトリガ入力手段であるフットスイッチ81と、表示手段を兼ねる設定手段であるタッチパネル式のモニター82と、を備える。モニター82には、各種のパネルスイッチが設けられており、レーザ光照射の照射条件のパラメータが設定可能とされる。照射条件の項目としては、治療レーザ光の出力設定部83、照射時間（パルス幅）設定部84、休止時間（治療レーザ光の照射時間間隔）設定部85、治療レーザ光の走査パターン（ターゲット面に形成する治療レーザ光のスポット位置の2次元配列のパターンであり、以下、パターンという）設定部86、エイミングのモードを設定するモード設定部（モード選択手段）87、その他の設定部等を呼び出すためのメニューボタン等が用意されている。モード設定部87では、第1エイミングモードと第2エイミングモードを切替えて設定できる。また、フットスイッチ81からの信号により治療レーザ光が1スポット毎に照射されるモードと、設定された走査パターンに従って治療レーザ光のスポットが走査されるモードと、を選択できる。

【0015】

モニター82上の各項目をタッチすることにより数値を設定できる。例えば、術者が項目

10

20

30

40

50

をタッチすることによりプルダウンメニューで設定可能な候補が表示され、術者が候補から数値を選択することにより項目における設定値が決定される。設定した各種パラメータはメモリ 71 に記憶される。パターンは、予め複数用意されており、術者がモニタ 82 上で選択する構成となっている。パターンとしては、例えば、治療レーザ光のスポット位置を 2×2 、 3×3 、 4×4 、等の正方行列状に並べるパターン、円弧、三角形等の図形に対応してスポットを並べるパターン等が挙げられる。モニタ 82 には、設定された各種パラメータが表示される。また、モニタ 82 には、制御部 70 がエンコーダ 42a の検出信号に基づいて得たレーザ照射光学系 40 で設定されているスポットサイズが表示される。

【0016】

フットスイッチ 81 が術者により踏まれると、制御部 70 は各種パラメータの設定に基づき、治療レーザ光のパターンをターゲット面に形成するようにレーザ光を照射させる。制御部 70 は、光源 11 を制御すると共に設定されたパターンに基づいて走査部 50 を制御し、ターゲット面（眼底）に治療レーザ光のパターンを形成する。詳細は後述するが、モード設定部 87 で第 1 エイミングモードが設定されている場合、制御部 70 は、フットスイッチ 81 から治療レーザ光の照射信号が入力され、治療レーザ光の照射開始から走査部 50 によるスポットの走査が終了するまでの間であって、設定された休止時間の間には、各スポット位置を視認可能にするために、パターンに対応させてエイミング光のスポットが形成されるように走査部 50 を制御する。一方、第 2 エイミングモードが設定されている場合、制御部 70 は、治療レーザ光の照射開始から走査部 50 によるスポットの走査が終了するまでの間、エイミング光の照射を停止する。

【0017】

図 3 は、スポット位置のパターンの一例を示す図である。図示するようにスポット S が、 3×3 の正方行列状に並べられてパターンが形成される。ここで、スポット S は、エイミング光、治療レーザ光のいずれも指す。このようなパターンに基づいて、治療レーザ光及びエイミング光が走査部 50 により走査され、ターゲット面にパターンが形成されることとなる。スタート位置 SP からスポット S の照射が開始され、終了位置 GP へ向かってスポット S が 2 次元的に走査される。本実施形態では、図中の矢印が示すように、スポット S はできるだけスポット S 間の移動を効率的に行うように、隣接するスポット S へと順番に走査される構成とする。なお、スポット S の間隔は、治療レーザ光が照射された組織の熱の影響を考慮して、スポット径の 0.5 倍～2 倍程度あけられることが好ましく、本実施形態では、スポット径の 1 倍とされている。言い換えると、スポット S の間隔は、上下左右方向でスポット 1 個分あけられる。なお、モニタ 82 にスポットの間隔を設定する構成を加えてもよい。

【0018】

以上のような構成を備える装置において、治療レーザ光のスポットが走査部 50 によって走査されるモードが設定されている場合の動作を説明する。第 1 エイミングモードの説明に先立ち、始めに、第 2 エイミングモード（治療レーザ光の照射開始から走査部 50 によるスポットの走査が終了するまでの間、エイミング光の照射が停止されるモード）が設定されている場合を説明する。この第 2 エイミングモードは、1 スポットにおける治療レーザ光のエネルギーを高くし、照射時間を短くした設定により、パターンの 1 スキャン（1 回の走査）の時間を短くした治療（例えば、1 秒以内の治療）のときに適用される。例えば、治療レーザ光の出力が 500 mW に設定され、1 スポットの照射時間であるパルス幅 Td が 20 ms に設定され、スポットの移動時間に当る休止時間 Ti が 5 ms であるとする。この場合、図 3 に示された 9 個のスポットのパターンでは、1 スキャンが 220 ms で終了される。

【0019】

術者は、照明光学系 60 からの照明光によって照らされた眼底を観察光学系 30 により観察すると共に、エイミング光が照射されるスポット位置を観察し、治療部位への照準合わせを行う。レーザ照射前の照準段階においては、9 個のスポット位置のパターンがエイミング光の残像で観察されるように、パターンに基づいてエイミング光源 12 及び走査部

50の駆動が制御される。具体的には、制御部70は、エイミング光源12を制御し、各スポット位置では一定時間のパルス幅 T_d (例えば、20ms)でエイミング光を出射させ、スポットの移動時の休止時間 T_i (例えば、5ms)の間ではエイミング光の出射を停止させる。また、走査部50はエイミング光の出射に同期してパターンに対応する位置にエイミング光を導光するようにミラー52、56を回転し、パルス幅 T_d の間、ミラー52、56の回転を停止させる。また、制御部70は、休止時間 T_i の間、走査部50を制御し、パターンの次の位置にエイミング光を照射できるようにミラー52、56を回転させる。ミラー52、56の向き(位置)が次のエイミング光の照射位置に対応する向きとされたら、エイミング光源12からエイミング光が出射されるまで、ミラー52、56の回転を停止する。1スキャンが0.5秒以内の短い時間で繰り返し行われることにより、術者は各スポット位置に照射されるエイミング光の残像を観察し、パターンの各スポット位置を確認できる。なお、エイミング光の照射及び停止の制御には、エイミング光源12自体の点灯が制御される構成の他、エイミング光源12からレーザ照射光学系40の間の光路に配置されたシャッタが駆動される構成も含まれる。

【0020】

術者がフットスイッチ81を踏むと、治療レーザ光の照射が開始される。制御部70は、フットスイッチ81からのトリガ信号に基づき、エイミング光源12からのエイミング光の出射を停止し、治療レーザ光源11から治療レーザ光を出射すると共に、走査部50を制御し、各スポット位置に治療レーザ光を順次照射する。各スポット位置にはパルス幅 T_d の設定時間に基づいて治療レーザ光が照射され、休止時間 T_i の間にスポットが移動される。ここで、第2エイミングモードでは、休止時間 T_i の間にはエイミング光も停止されているが、治療レーザ光のパルス幅 T_d 、休止時間 T_i のトータル時間が比較的短ければ、照準段階でのエイミング光のパターンが残像として術者に認識された状態のまま治療レーザ光の照射が終了する。しかし、術者が従来の経験を生かすために、治療レーザ光の照射時間(パルス幅 T_d)を長く設定した場合、又は、前述したリピートモードと同じような値で、治療レーザ光のパルス幅 T_d 及び休止時間 T_i を設定した場合、1スキャンのトータル時間が長くなる。この場合、エイミング光の残像が確認しづらくすると共に、患者眼が始めの照準に対して動くかもしれない。この対応として、以下に説明する第1エイミングモードが使用される。

【0021】

第1エイミングモードでの動作を説明する。図4は、第1エイミングモードにおけるフットスイッチ81の入力信号、治療レーザ光及びエイミング光の照射のタイミングチャートを示す。ここでは、出力設定部83にて治療レーザ光の出力が200mWに設定され、照射時間設定部83にて照射時間であるパルス幅 T_d が200msに設定され、休止時間設定部85にて休止時間 T_i が500msに設定されているものとする。これらのパラメータは、従来の光凝固治療におけるリピートモードの設定に類似している。

【0022】

フットスイッチ81からのオン信号 F_i が入力される前の照準段階の動作は、前述と同様であるので説明を省略する。術者がフットスイッチ81を踏むと、治療レーザ光の照射が開始される。制御部70は、フットスイッチ81からのオン信号 F_i が入力されると、治療レーザ光源11から治療レーザ光を出射させると共に走査部50を制御し、図3に示されたように設定されたパターンに基づいて治療レーザ光のスポットを移動させる。制御部70は、各スポット位置ではスポットの移動を停止させ、パルス幅 T_d にて治療レーザ光を照射させる。また、制御部70は、1つのスポット位置におけるパルス幅 T_d の時間が経過すると、休止時間 T_i にて治療レーザ光を遮断するように治療レーザ光源11の駆動を停止し(レーザ光の導光光路に配置されたシャッタ15で治療レーザ光を遮断する場合も含む)、次のスポット位置にスポットを移動させるように走査部50を制御する。なお、各スポット位置で治療レーザ光が照射されているとき、エイミング光も同時に照射されていても良いが、治療レーザ光により形成される凝固斑が確認されやすくするために、好ましくは、エイミング光は遮断される。

【 0 0 2 3 】

治療レーザー光が遮断されている休止時間 T_i の間、エイミング光のスポットが各スポット位置で術者に認識されるようにするために、制御部 70 は走査パターンに基づいてエイミング光のスポットが少なくとも 1 スキャンされるように、走査パターンのスポット数及び休止時間 T_i に基づいて 1 スポットの照射時間と各スポット位置での停止時間を求め、エイミング光源 12 及び走査部 50 を制御する。例えば、休止時間 T_i が 500 ms に設定され、スポット位置が図 3 のように 9 個のパターンに設定され、また、次のスポット位置への移動時間に約 5 ms を必要とした場合、制御部 70 は、各スポット位置でのエイミング光のパルス幅（照射時間） T_{ad} を約 50 ms とし、エイミング光の休止時間 T_{ai} を 5 ms とするように、エイミング光源 11 の駆動を制御する（エイミング光の導光光路に配置されたシャッタでエイミング光の遮断を制御する場合も含む）。また、別の例として、エイミング光のパルス幅（照射時間） T_{ad} が 20 ms のように予め設定され、スポット位置が 9 個のパターンに設定されている場合、休止時間 T_i の 500 ms では約 2 スキャンが行われるように、エイミング光源 12 の駆動及び走査部 50 の駆動が制御される。これにより、治療レーザー光の休止時間 T_i の間であっても、術者は各スポット位置をエイミング光によって確認できるようになる。治療レーザー光の 1 スキャンの時間が長く掛かると、患者眼が不用意に動いてしまうことにより、照準時に対してスポット位置がずれてしまう場合がある。この場合には、術者がフットスイッチ 81 によるオン信号 F_i の入力を停止する（オン信号 F_i をオフにする）ことにより、各スポット位置への治療レーザー光の走査が終了する前であっても、治療レーザー光源 11 の駆動が停止又はシャッタ 15 が閉じられ、治療レーザー光の照射が遮断される。これにより、不適切な位置への治療レーザー光の照射を回避できる。

10

20

【 0 0 2 4 】

休止時間 T_i の間におけるエイミング光の走査は、上記のように走査パターンの全てのスポット位置であっても良いが、好ましくは、走査パターンのスポット位置の中で治療レーザー光の未照射位置のみにエイミング光のスポットが走査されるようにする。

【 0 0 2 5 】

図 5 は、治療レーザー光の未照射位置のみにエイミング光のスポットを走査する場合を説明する図である。図 5 において、斜線が付されている 4 個のスポット位置 $SP1 - SP4$ が治療レーザー光の照射済みのスポット位置であり、斜線が付されていない 5 個のスポット位置 $SP5 - SP9$ が治療レーザー光の未照射のスポット位置である。スポット位置 $SP4$ への治療レーザー光の照射が終了した後の休止時間 T_i の間では、残りのスポット位置 $SP5 - SP9$ にのみに、エイミング光のスポットが走査されるように走査部 50 及びエイミング光源の駆動が制御される。このようなエイミング光が走査されることにより、術者が治療レーザー光の未照射位置を明確に確認できるようになる。これにより、不意に患者眼が動いた場合にも、次に治療レーザー光が照射されるスポット位置が把握されやすくなり、術者は適切な対応を取りやすくなる。

30

【 0 0 2 6 】

走査パターンの各スポット位置への治療レーザー光の照射が終了すると、再び照準段階となり、走査パターンの各スポット位置へエイミング光が繰り返し走査されるように走査部 50 の駆動が制御される。

40

【 0 0 2 7 】

なお、治療レーザー光の休止時間 T_i の間において、エイミング光を次のスポット位置に移動させるときには、必ずしも上記のようにエイミング光を休止時間 T_{ai} にて遮断しなくても良い。エイミング光を連続照射とした場合であっても、休止時間 T_{ai} に相当するスポットの移動時間に対して各スポット位置でのエイミング光の照射時間（パルス幅） T_{ad} が長く設定されていれば、術者には各スポット位置でのエイミング光のスポットが明るく観察されるため、各スポット位置を認識できる。

【 0 0 2 8 】

上記の実施形態では、エイミング光の走査が行われるときの治療レーザー光の休止時間 T

50

i は術者により設定されるものとしたが、これは走査パターンのスポット数に基づいて制御部 70 により自動的に設定される構成とするこのもできる。以下、この実施形態を説明する。

【0029】

例えば、パターン設定部 86 にて走査パターンが、1 スポットを 5×5 の正方行列状に並べられたパターンに設定されたとする。また、治療レーザー光の照射時間であるパルス幅 T は、術者が従来の経験に基づいた凝固斑を形成するために、1 スポット毎に治療レーザー光を照射する場合と同じく、 200 ms に設定されたとする。この場合、 5×5 (25 個) のスポットの 1 スキャンに必要な時間は 5 秒以上となり、治療レーザー光の 1 スキャンの終了までには、照準段階でのエイミング光の残像は消え、術者は走査パターンのスポット位置を認識できなくなる。そこで、制御部 70 は、走査パターンのスポット数に基づいて術者が各スポット位置を確認可能なエイミング光の走査に必要な時間を求め、エイミング光を走査するたの治療レーザー光の休止時間 T_i を決定する。各スポット位置でのエイミング光の照射時間を T_{ad} 、スポット数を N 、エイミング光のスポットを次のスポット位置へ移動する時間 (休止時間) を T_{ai} とすると、エイミング光の全スポット位置の 1 スキャンに必要な治療レーザー光の休止時間 T_i は、以下の式で算出される。

【0030】

$$T_i = T_{ad} \times N + T_{ai} \times (N - 1) \quad (\text{式 1})$$

例えば、術者がエイミング光を視認し易くするために、エイミング光の照射時間 T_{ad} を 10 ms とし、エイミング光の移動時間 (休止時間) T_{ai} を 5 ms とすると、スポット数 N が 5×5 の 25 個の場合、休止時間 T_i は 370 ms となる。

【0031】

制御部 70 は、フットスイッチ 81 からのオン信号 F_i が入力されると、治療レーザー光源 11 から治療レーザー光を出射させると共に走査部 50 を制御し、設定されたパターン (5×5) に基づいて治療レーザー光のスポットを移動させる。制御部 70 は、治療レーザー光のスポットを次のスポット位置へ移動するときには、上記のようにで設定された休止時間 T_i だけ治療レーザー光の照射を休止し、この間に走査パターンに基づいてエイミング光を走査するように走査部 50 の駆動を制御すると共に、エイミング光の照射時間 T_{ad} 、エイミング光の休止時間 T_{ai} に基づいてエイミング光源を駆動する。これにより、治療レーザー光の 1 スキャンが終了するまでの時間が長い場合であっても、その間の途中で術者はエイミング光の照射による各スポット位置を確認可能になる。このため、患者眼が途中で不意に動いた場合にも、術者はエイミング光の観察により治療レーザー光の照射位置が把握でき、治療レーザー光の照射を遮断する等、適切な対応をとりやすくなる。

【0032】

なお、休止時間 T_i におけるエイミング光の走査は、治療レーザー光のスポットが次の位置へ移動されるときに毎回行われなくても良く、治療レーザー光の 1 スキャンが終了するまでの間に、術者に視認されるエイミング光の残像が消えないようにすれば良い。例えば、治療レーザー光の照射時間 T_d が 200 ms に設定され、 500 ms の時間内ではエイミング光が術者に残像として認識されるとすれば、治療レーザー光のスポットが 2 個移動される毎にエイミング光が走査されれば良い。エイミング光の走査がされない間の治療レーザー光の休止時間は、スポットの移動に必要な時間 (例えば、 5 ms) だけ設定される。この場合には、治療レーザー光の移動毎にエイミング光を走査する場合に比べて 1 スキャン終了までの治療時間を短くできる。

【0033】

また、先の実施形態の場合と同様に、エイミング光の走査は治療レーザー光の未照射位置のみに走査されるようにしても良い。すなわち、全スポット数が 5×5 の 25 個の場合、 10 個のスポット位置への治療レーザー光の照射が終了した後は、残りの 15 個のスポット位置にエイミング光が走査されるように治療レーザー光の休止時間 T_i が設定される。残りのスポット位置が 15 個の場合、エイミング光の照射時間 T_{ad} 及び休止時間 T_{ai} を前述と同じ条件とすれば、エイミング光を走査するために必要な治療レーザー光の休止時間 T

i は、220ms となる。

【0034】

このように走査パターンのスポット数又は残りのスポット数に応じて必要な休止時間 T_i が設定される構成においては、術者が休止時間 T_i を設定する場合に対して、治療レーザー光の1スキャンが終了するまでの時間をさらに短くできる。

【0035】

なお、治療レーザー光を走査パターンに従って走査する装置において、1スキャンの治療時間が長引く場合には、患者眼の動きに治療レーザー光の照射位置を自動的に追尾させる眼球追尾機構を設けることが好ましい。眼球追尾機構としては、患者眼の眼底等の特徴部位を撮像する撮像ユニットを観察光学系30に設け、撮像された画像を処理して特徴部位を検出処理し、治療レーザー光の照射開始時又は照準時に対する眼の移動情報を検出し、眼の移動情報に基づいて走査部50の駆動を制御する構成とすることができる。しかしながら、眼球追尾機構が設けられた構成においても、患者眼が追尾可能な範囲を超えて動いてしまう場合、眼の移動情報の検出エラーが発生する場合、あるいは眼球追尾機構自体に異常が生じる場合等がある。このたの対応として、眼球追尾機構が設けられた構成においても、上記のような治療レーザー光の1スキャンの照射が終了するまでの途中で、エイミング光の走査が行われる構成が設けられていることが好ましい。

【0036】

以上説明した実施形態は種々の変容が可能である。例えば、走査部50の構成においては、1つのミラーをxy方向に傾斜等させる構成の部材を用いてもよい。また、液晶空間位相変調器、デフォーダブルミラー等の2次元的なパターンを形成する素子を用いてもよい。本明細書では、このような素子を用いた場合でも、ターゲット面上に2次元的にスポットを走査するものとする。また、レーザー光等の走査をレンズの傾斜により実現する構成としてもよい。また、エイミング光と治療レーザー光とを個別に患者眼に導光する照射光学系としてもよい。また、エイミング光を赤外光等の不可視とする場合には、観察光学系に赤外光に感度を持つカメラを取り付け、カメラで撮影した撮画像をモニタ等に表示させることで、術者にエイミング光を視認させる構成としてもよい。また、治療レーザー光の照射時間と休止時間の設定値に基づいて第1エイミングモードと第2エイミングモードの選択が自動的に行われる構成としても良い。また、第2エイミングモードを必ずしも設ける必要は無く、第1エイミングモードのみを備える構成としてもよい。また、治療レーザー光の照射時間と休止時間の設定においては、予め設定された条件から選択する構成としてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】眼科用レーザー治療装置の光学系及び制御系の概略構成図である。

【図2】走査部の斜視図である。

【図3】パターンの一例を示す図である。

【図4】タイミングチャートである。

【図5】治療レーザー光の未照射位置のみにエイミング光のスポットを走査する場合を説明する図である。

【符号の説明】

【0038】

- 11 治療レーザー光源
- 12 エイミング光源
- 30 観察光学系
- 40 レーザ照射光学系
- 50 走査部
- 60 照明光学系
- 70 制御部
- 80 操作ユニット

10

20

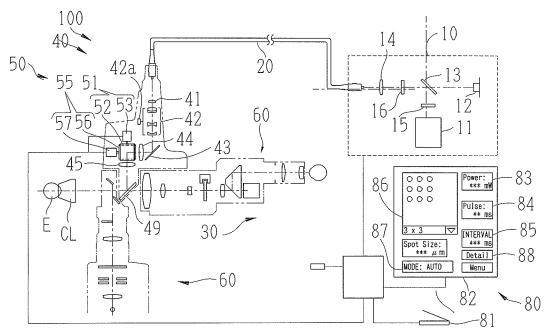
30

40

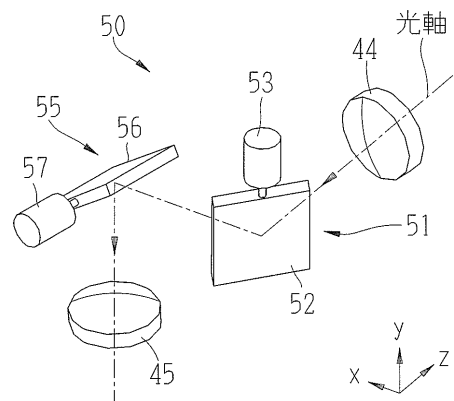
50

- 8 1 フットスイッチ
8 2 モニタ

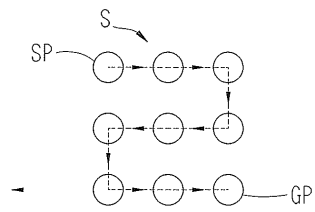
【図 1】



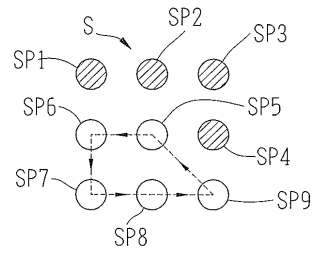
【図 2】



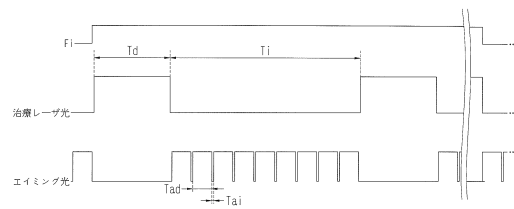
【図 3】



【図 5】



【図 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-149403(JP,A)
特開昭59-228861(JP,A)
特開平02-128745(JP,A)
特開平03-192782(JP,A)
特開2004-041335(JP,A)
国際公開第2009/045286(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61F 9/008
A61B 17/36
A61N 5/06