

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5701625号  
(P5701625)

(45) 発行日 平成27年4月15日(2015.4.15)

(24) 登録日 平成27年2月27日(2015.2.27)

(51) Int. Cl. F I  
**A 6 1 F 9/008 (2006.01)** A 6 1 F 9/008 1 0 0  
**A 6 1 B 18/20 (2006.01)** A 6 1 B 17/36 3 5 0

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2011-15802(P2011-15802)  
 (22) 出願日 平成23年1月27日(2011.1.27)  
 (65) 公開番号 特開2011-224345(P2011-224345A)  
 (43) 公開日 平成23年11月10日(2011.11.10)  
 審査請求日 平成26年1月22日(2014.1.22)  
 (31) 優先権主張番号 特願2010-84700(P2010-84700)  
 (32) 優先日 平成22年3月31日(2010.3.31)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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34番地14  
 (72) 発明者 阿部 均  
 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  
 審査官 石田 宏之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼科用レーザー治療装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

治療レーザー光を出射する治療レーザー光源と、エイミング光を出射するエイミング光源と、治療レーザー光及びエイミング光を患者眼に照射する照射ユニットであって、治療レーザー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部を含む照射ユニットと、を備え、複数のスポットが所定のパターンで配列された照射パターンに基づいて治療レーザー光のスポットを走査して照射する眼科用レーザー治療装置において、

治療レーザー光の照射前の照準時に、前記照射パターンに基づいて前記走査部を駆動してエイミング光の照射を制御する制御手段であって、前記照射パターンの複数のスポットを外周の第1領域と該第1領域の内側の第2領域とに分割し、前記第1領域でのエイミング光のスポットが術者に同時に認識されるようにエイミング光の照射を制御し、第2領域でのエイミング光のスポットが術者に間欠的に認識されるようにエイミング光の照射を制御するか、又は前記第1領域と第2領域でのエイミング光のスポットが術者に別々で且つ間欠的に認識されるようにエイミング光の照射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ー治療装置。

【請求項2】

請求項1の眼科用レーザー治療装置において、

前記制御手段は、前記第1領域でのスキャン数に対して前記第2領域では所定のスキャン数を空けるようにエイミング光の照射を制御することを特徴とする眼科用レーザー治療装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 の眼科用レーザー治療装置において、

前記制御手段は、前記第 2 領域をさらに複数の領域に分割し、該分割された各領域が異なるスキンの順番となるようにエイミング光の照射を制御することを特徴とする眼科用レーザー治療装置。

## 【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 の何れかの眼科用レーザー治療装置において、

前記照射パターンは複数のスポットが方形に配列された方形パターンを含み、

前記制御手段は、前記方形パターンの外周の縦及び横の少なくとも一方の列のスポット数が 3 つ以上である場合、前記方形パターンのスポットの少なくとも 4 隅のスポットを含むように前記第 1 領域を分割することを特徴とする眼科用レーザー治療装置。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

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

## 【背景技術】

## 【0002】

眼科用レーザー治療装置の 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、治療レーザー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。治療レーザー光の照射に際しては、治療レーザー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（例えば、特許文献 1 参照）。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ー光のデリバリーユニットに組み込み、予め設定された複数のスポットの照射パターンに基づいて治療レーザー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、例えば、スポットが 3 × 3、5 × 5 等の方形行列で配列されたパターン、スポットが円弧状（扇形の場合も含む）に配列されたパターン、等の複数の所定の照射パターンがメモリに予め記憶されており、術者が組織の状態に応じて所望の照射パターンを選択可能に構成されている。また、エイミング光も照射パターンに基づいて照射される。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

30

## 【0003】

【特許文献 1】特開 2002 - 224154 号公報

【特許文献 2】特表 2006 - 524515 号公報

【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】

## 【0004】

特許文献 2 の技術は、エイミング光による照準時に、治療レーザー光が照射されるスポット位置に対して、エイミング光のスポットが全て同時に見えるように高速でエイミング光を走査（組織に照射）するものである。しかし、全てのエイミング光のスポットが同時に見えるので、エイミング光により視野が妨げられ、照準を合わせた眼底組織の状況を観察し難くなってしまふ。特に、エイミング光のスポットが大きくなると、その弊害は大きい。また、広い領域にスポットが照射されるように照射パターンが設定されている場合、スポット位置での組織を確認するためには、エイミング光の照射領域を大きくずらす必要があり、この作業は煩雑であり、照準のやり直しにも手間が掛かる。エイミング光の照射と停止をスイッチ操作で切替える作業も煩雑である。

40

## 【0005】

本発明は、上記従来技術の問題点に鑑み、エイミング光のスポットによる照準時に、照準位置の組織の状況を確認し易い眼科用レーザー治療装置を提供することを技術課題とする。

50

## 【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) 治療レーザー光を出射する治療レーザー光源と、エイミング光を出射するエイミング光源と、治療レーザー光及びエイミング光を患者眼に照射する照射ユニットであって、治療レーザー光及びエイミング光のスポットを患者眼の組織上で2次的に走査する走査部を含む照射ユニットと、を備え、複数のスポットが所定のパターンで配列された照射パターンに基づいて治療レーザー光のスポットを走査して照射する眼科用レーザー治療装置において、治療レーザー光の照射前の照準時に、前記照射パターンに基づいて前記走査部を駆動してエイミング光の照射を制御する制御手段であって、前記照射パターンの複数のスポットを外周の第1領域と該第1領域の内側の第2領域とに分割し、前記第1領域でのエイミング光のスポットが術者に同時に認識されるようにエイミング光の照射を制御し、第2領域でのエイミング光のスポットが術者に間欠的に認識されるようにエイミング光の照射を制御するか、又は前記第1領域と第2領域でのエイミング光のスポットが術者に別々で且つ間欠的に認識されるようにエイミング光の照射を制御する制御手段を備える。

10

## 【発明の効果】

## 【0007】

本発明によれば、エイミング光のスポットによる照準時にも、照準位置の組織の状況を確認し易くできる。

20

## 【発明を実施するための形態】

## 【0008】

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ー治療装置の光学系及び制御系を示す概略構成図である。

## 【0009】

眼科用レーザー治療装置100は、大別して、レーザー光源ユニット10を含むレーザー照射光学系(照射ユニット)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。レーザー光源ユニット10には、治療レーザー光を出射する治療レーザー光源11、可視の照準レーザー光(エイミング光)を出射するエイミング光源12、治療レーザー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、治療レーザー光の大部分を反射しエイミング光の一部を透過する。合波されたレーザー光は、集光レンズ14により集光され、レーザー照射光学系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、治療レーザー光源11とビームスプリッタ13との間には、治療レーザー光を遮断するシャッター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ー光が導光される光路には第2のシャッター16が設けられている。シャッター16は、異常時に閉じられる安全シャッターであるが、エイミング光が走査(ターゲット面へ照射)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。シャッター15も、治療レーザー光の照射と遮断を行うために使用しても良い。なお、各シャッターは、光路を切換える機能を有するガルバノミラーに置き換えてもよい。

30

40

## 【0010】

レーザー照射光学系40は、本実施形態では、スリットランプ(図示を略す)に装着されるデリバリとされる。光ファイバ20を出射したレーザー光(治療レーザー光及びエイミング光)は、リレーレンズ41、レーザー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、レーザー光の照射方向(照射位置)を2次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、レーザー光を反射する第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

50

。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。

#### 【 0 0 1 1 】

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、術者の操作によりレンズカムが回転されることで、各ズームレンズ 42 が光軸方向に移動される。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 42 a 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 42 a より受け取り、レーザ光のスポットサイズを得る。レーザ光（スポット）がターゲット面で 2 次元上の照射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。照射パターンとは、ターゲット面上でのスポットの配列パターンであり、ターゲット面上でスポットが走査されるパターンを言う。また、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（手動マニピュレータ）が接続されている。

10

#### 【 0 0 1 2 】

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。

20

#### 【 0 0 1 3 】

観察光学系 30、照明光学系 60 はスリットランプに搭載されている。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。

30

#### 【 0 0 1 4 】

装置 100 の制御部 70 には、メモリ 71、光源 11、12、エンコーダ 42 a、アクチュエータ 53、57、操作ユニット 80、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 が接続されている。操作ユニット 80 は、レーザ照射条件の設定、照射パターンの変更及び入力を兼ねるタッチパネル式のディスプレイ 82 を備える。ディスプレイ 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。ディスプレイ 82 は、グラフィカル・ユーザ・インターフェースの機能を有し、ユーザが視覚的に数値等の確認、設定を行うことができる構成とされる。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、治療レーザ光の照射パターン（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配列パターン）の設定部 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、詳細設定スイッチ 88、その他の設定部等と呼び出すためのメニュースイッチ 82 a 等が用意されている。モード設定部 87 では、複数のエイミングモードを切換えて設定できる。

40

#### 【 0 0 1 5 】

ディスプレイ 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、スイッチ 86 a 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。照射パターンは、予め複数用意され、術者がディスプレイ 82 上で選択可能に構成されている

50

。照射パターンは、例えば、スポット（スポット位置）を $2 \times 2$ （縦 $\times$ 横）、 $3 \times 3$ 、 $4 \times 4$ 、等の正方行列状に並べるパターン（方形パターン）、スポットを曲線状（又は円弧状）に並べるパターン（曲線パターン又は円弧パターン）、円弧を外径方向や内径方向に並べ扇形を形成するパターン（扇形パターン）、スポットを円状に並べるパターン（円パターン）、この円パターンを分割するパターン（円分割パターン）、スポットを直線状に並べた直線パターン等が装置メーカーによって用意され、メモリ71に記憶されている。円パターンには、2分の1円、4分の3円、4分の1円、等が用意されている。

【0016】

ここで、上記の照射パターンにおいて、一部のパターンは、スポットをライン（直線又は曲線）状に並べた小パターン（照射パターン全体を分割するスポットの小集合をいう）を複数並べることにより、一つの照射パターンとしている。例えば、 $3 \times 3$ の方形パターンは、直線（水平方に延びた）状に3つのスポットを並べた小パターンを、3つ（3本）並べることにより、一つのパターンとしている。また、扇形パターンでは、曲線状にスポットを並べた小パターンを、3本並べることによって、一つのパターン（ここでは、トリプルアークと呼ぶ）を得ている。

10

【0017】

照射パターンは、設定部86が持つスイッチ86aにより、メモリ71に記憶されている複数の照射パターンの中から選択でき、設定部86の画面に表示される。また、ズームレンズ42の移動によって変えられるレーザー光のスポットサイズの情報、ディスプレイ82に表示される。

20

【0018】

ここで、円パターンは、操作ユニット80によりパターンの半径（又は直径）が定められる。定められた半径の円の上（円となる曲線状）にスポットが並べられる。このとき、スポットサイズ、スポット間隔の設定により、円形パターンのスポット数が変わる。本実施形態では、スポット数が3～32個の間で変更される。

【0019】

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、治療レーザー光のパターンをターゲット面に形成するようにレーザー光を照射させる。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）に治療レーザー光のパターンを形成する。

30

【0020】

図3は、治療レーザー光のスポットの照射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、 $3 \times 3$ 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、治療レーザー光のいずれも指す。このようなパターンに基づいて、治療レーザー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。治療レーザー光の照射においては、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。

【0021】

スポットSの間隔は、ディスプレイ82に設けられえたスポット間隔設定部89により、スポット径の0.5倍～2倍の範囲で任意に設定可能にされている。図3のように、スポットの配列が方形パターンの場合、スポットSの間隔は上下左右方向で等間隔になるように形成される。また、円パターンでは、予め設定した円の直径（又は半径）、スポットサイズ及びスポット間隔に基づいて、円上にスポットを配置する（制御部70が治療レーザー光及びエイミング光を走査する）。

40

【0022】

以上のような構成を備える装置において、エイミング光の照射による照準動作を中心に説明する。手術に先立ち、照射パターン、治療レーザー光のスポットサイズ、治療レーザー光の出力、1スポットでのレーザー光の照射時間、等の手術条件が設定される。例えば、汎網

50

膜光凝固治療のために、治療レーザー光のスポットサイズが $200\ \mu\text{m}$ に設定され、照射パターンは $5 \times 5$ の正方パターンが選択されているものとする。また、エイミング光のモードとして、モード設定部87により第1エイミングモードと第2エイミングモードが選択できる。初めに第1エイミングモードが選択された場合を説明する。

【0023】

第1エイミングモードは、従来と同じく、エイミング光の全てのスポットが同時に認識されるモードである。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、レーザー照射光学系40が搭載されたスリットランプ（観察光学系30、照明光学系60にて構成される）を患者眼に対して移動し、治療部位への照準合わせを行う。第1エイミングモードでは、照準時に、照射パターンの全てのスポットがエイミング光の残像で術者に同時に観察されるように、照射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。すなわち、各スポット位置では走査部50のガルバノミラー51、55の駆動が停止されると共に、一定時間のパルス幅（例えば、 $10\ \text{ms}$ ）でエイミング光が照射される。次のスポット位置にスポットが移動されるときには、エイミング光の照射が停止される。各スポット位置への1スキャンの速度（周期）が人眼において残像効果が起こる時間より短ければ、術者に各スポットが同時に観察される。

10

【0024】

次に、第2エイミングモードが設定されている場合を説明する。第1エイミングモードでは、各スポット位置での眼底組織の状況等を確認し難い場合がある。特に、スポットが $5 \times 5$ で配列された方形パターンのように、広い範囲にレーザー光が照射される照射パターンが選択されている場合に、眼底組織の状況等を確認が難しい。この場合には、以下に説明する第2エイミングモードが好適に使用される。

20

【0025】

第2エイミングモードの第1例を説明する。照射パターンが構成される複数のスポット位置の中で、治療レーザー光の照射範囲を術者に認識させるための外周の第1領域と、第1領域の内側の第2領域と、に分割される。第1領域と第2領域の分割は、選択された照射パターンのスポットの配列に基づいて制御部70により決定される。例えば、スポットが $5 \times 5$ で配列された方形パターンでは、図4に示すように、少なくとも4隅のスポットを含む外周16個のスポットの第1領域 $S_c$ と、第1領域 $S_c$ の内側にある9個のスポットの第2領域 $S_i$ と、に分割される。そして、第1領域に対して少なくとも第2領域 $S_i$ では、スポット位置の部位の状況が術者に確認しやすいような時間間隔で、間欠的にエイミング光の照射及び走査部50の駆動が制御される。言い換えると、第2領域 $S_i$ では、スポット位置の組織の状況と、エイミング光のスポットと、をある時間（エイミング光のスポットが術者に同時に観察されない所定時間）を隔てて認識できるように、エイミング光の照射及び停止が制御される。

30

【0026】

また、好ましくは、第1領域 $S_c$ の各スポットは、術者に同時に認識されるようにエイミング光の照射が制御される。第2領域のスポットは、さらに複数のサブ領域に分割され、分割されたサブ領域毎のスポットが間欠的に術者に認識されるように、エイミング光の照射が制御される。ここでは、第1領域と何れか一つのサブ領域により、一つのグループ（照射パターンを分割する）が形成される。図4の $5 \times 5$ の照射パターンでは、サブ領域 $S_i$ は、横一列毎のサブ領域 $S_{i1}$ 、 $S_{i2}$ 、 $S_{i3}$ に分割される。

40

【0027】

具体的な制御を説明する。初めの1スキャン目から4スキャン目までは、図5(a)に示すように、第1領域 $S_c$ の16個のスポット位置にのみエイミング光のスポットが照射されるように、走査部50及びエイミング光源（又はシャッタ16）の駆動が制御部70により制御される。各スポット位置では一定時間のパルス幅 $T_a$ （例えば、 $3\ \text{ms}$ ）でエイミング光が照射され、スポットの移動時にはエイミング光の出射が停止される。また、エイミング光の出射に同期して各グループのスポット位置にエイミング光を導光するように

50

ガルバノミラー 5 1、5 5 の駆動が停止される。

【 0 0 2 8 】

次の 5 スキャン目では、図 5 ( b ) に示すように、第 1 領域 S c に加えて、第 2 領域 S i に内のサブ領域 S i 1 のスポット位置にエイミング光のスポットが照射されるように、走査部 5 0 及びエイミング光源 ( 又はシャッタ 1 6 ) の駆動が制御される。6 スキャン目から 9 スキャン目までは、再び、図 5 ( a ) のように、第 1 領域 S c の 1 6 個のスポット位置にのみエイミング光のスポットが照射される。次の 1 0 スキャン目では、図 5 ( c ) のように、第 1 領域 S c に加えて、第 2 領域 S i 内のサブ領域 S i 2 のスポット位置にエイミング光のスポットが照射される。1 1 スキャン目から 1 4 スキャン目までは、再び、図 5 ( a ) のように、第 1 領域 S c の 1 6 個のスポット位置にのみエイミング光のスポットが照射される。そして、1 5 スキャン目では、図 5 ( d ) のように、第 1 領域 S c に加えて、第 2 領域 S i 内のサブ領域 S i 3 のスポット位置にエイミング光のスポットが照射される。以後、上記の 1 スキャン目から 1 5 スキャン目までのサイクルが繰り返される。

【 0 0 2 9 】

以上の例において、各スポット位置に照射されるエイミング光の照射時間 ( パルス幅 ) T a が 3 m s に設定され、1 回のスポットの移動時間が平均的に 1 m s であるとする、図 5 ( a ) の第 1 領域 S c のみの場合の 1 スキャンの時間は 6 4 m s ( 0 . 0 6 4 秒 ) である。1 スキャンのエイミング光の照射が 0 . 1 秒未満であれば、人眼による残像の認識により、全てのスポットが同時に認識されやすい。図 5 ( a ) のスキャンは 4 スキャン分繰り返されるので、この時間は 2 2 4 m s ( 0 . 2 2 4 秒 ) となる。

一方、上記の例のように、4 スキャン毎にサブ領域 S i 1、S i 2、S i 3 へのエイミング光の照射が行われる場合、その 1 スキャンの時間は 7 6 m s ( 0 . 0 7 6 秒 ) である。したがって、図 5 ( b )、( c ) 及び ( d ) のエイミング光の状態が約 0 . 3 秒毎に観察される。言い換えると、第 2 領域 S i のサブ領域 S i 1、S i 2、S i 3 の 1 つの領域のスポットが 0 . 3 秒毎に順次切替わって観察され、2 つの領域にはエイミング光のスポットが観察されず、この間に術者は眼底組織の状況を確認できる。また、約 0 . 3 秒毎に間欠的に観察される領域 S i 1、S i 2、S i 3 のエイミング光のスポットにより、治療レーザ光のスポット位置と治療部位との位置関係が把握できる。

【 0 0 3 0 】

照準合わせの完了後、術者がフットスイッチ 8 1 を踏むと、治療レーザ光の照射が開始される。制御部 7 0 は、フットスイッチ 8 1 からのトリガ信号に基づき、光源 1 2 からのエイミング光の出射を停止し、治療レーザ光源 1 1 から治療レーザ光を出射すると共に、走査部 5 0 を制御し、各スポット位置 ( 5 × 5 の正方パターン ) に治療レーザ光を順次照射する。各スポット位置には治療レーザ光のパルス幅の設定時間に基づいて治療レーザ光が照射され、治療レーザ光の休止時間の間にスポットが移動される。

【 0 0 3 1 】

以上のようにエイミング光の照射が制御されることにより、目的の治療部位へ照準合わせに平行して各スポット位置での眼底組織の状況等を確認しやすくなる。すなわち、治療レーザ光の照射範囲を示す第 1 領域 S c でのエイミング光により、目的の治療部位へ照準合わせが行え、汎網膜光凝固治療のように照射パターンのスポットを別の部位に移動するときにも、照準合わせを第 1 エイミングモード時と同じように行える。一方、第 2 領域 S i では、エイミング光が間欠的に照射されているため、エイミング光が照射されていない間に各スポット位置での眼底組織の状況を確認することができる。また、エイミング光のスポットがある時間を置いて照射されるため、治療レーザ光が照射されるスポット位置も認識できる。

【 0 0 3 2 】

なお、上記の例では、第 1 領域 S c のスポット位置では、エイミング光のスポットがほぼ同時に観察されるが、そのスポット位置での眼底組織の状況を確認したいときには、1 スポット分だけエイミング光の照射領域をずらせば良いので、大きな負担にならず、再度の照準合わせ時の手間も少ない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 3 】

以上の実施形態は種々の変容が可能である。第2領域  $S_i$  のサブ領域  $S_{i1}$ 、 $S_{i2}$ 、 $S_{i3}$  にエイミング光が照射されるスキヤンの順番（4スキヤンの間を空けたスキヤン）は例示に過ぎず、照射パターンにおける全体のスポット数、1スポットにおけるエイミング光の照射時間、1スキヤンに掛かる時間との関係で適宜設定される。また、サブ領域  $S_{i1}$ 、 $S_{i2}$ 、 $S_{i3}$  を設けずに、所定のスキヤン数（時間）を空けて第2領域  $S_i$  の全スポット位置へエイミング光のスポットが照射されるようにしても良い。例えば、0.1秒以上、3秒以下の間欠（切換わり）の時間で、第2領域  $S_i$  へのエイミング光を照射する。第2領域  $S_i$  へのエイミング光の間欠の時間が0.1秒未満の場合には、残像により各スポットが同時に認識されたり、各スポットがちらついているように認識され、間欠的な観察に好ましくない。間欠の時間（切換わりの時間）が3秒以上となると、エイミング光によるスポット位置の確認がし難くなる。以上の説明では、エイミング光の間欠の時間を0.1秒以上の時間としたが、エイミング光を間欠的に術者に認識させるために1スキヤンあたりの時間の下限を設定すればよい。例えば、1スキヤンを0.3秒としてもよい。

10

## 【 0 0 3 4 】

また、図4の例では、外周のスポット位置の全てを第1領域  $S_c$  としたが、照射パターンが方形パターンの場合には、図6(a)、(b)の斜線で示すように、少なくとも4隅のスポット位置が含まれる部分を第1領域  $S_c$  としても良い。図6(a)は4隅のスポット位置  $S_{11}$ 、 $S_{15}$ 、 $S_{51}$ 、 $S_{55}$  を第1領域  $S_c$  とした例であり、図6(b)は4隅のスポット位置が含まれ、且つ、外周のスポット位置で1個のスポット位置の間を空けて第1領域  $S_c$  とした例である。

20

## 【 0 0 3 5 】

また、図6(c)のように、スポット位置が1列に並べられるライン状の照射パターンの場合には、両端のスポット位置  $S_{11}$ 、 $S_{15}$  を第1領域  $S_c$  とし、その内側の領域のスポット位置を第2領域  $S_i$  とすれば良い。また、スポット位置が円形や扇型に並べられる場合には、図6(b)の方法と同じように、外周のスポット位置で1個又は2個のスポット位置を空けたものを第1領域  $S_c$  とすれば良い。これらの場合、第1領域  $S_c$  の内側が第2領域  $S_i$  とされる。

## 【 0 0 3 6 】

また、上記の例に対して、第1領域  $S_c$  と第2領域  $S_i$  でのエイミング光のスポットが術者に別々で且つ間欠的に認識されるように、エイミング光の照射が制御されるようにしても良い。例えば、1~4スキヤン目までは、第1領域  $S_c$  のスポット位置へのみエイミング光が照射され、次の5~8スキヤン目までは、第2領域  $S_i$  のスポット位置へのみエイミング光が照射され、これが繰り返して行われる。この場合、1スキヤンの時間が平均的に0.1秒であるすると、0.4秒毎に、第1領域  $S_c$  と第2領域  $S_i$  のスポット位置が交互に切換えられて観察されるようになる。この例においては、第1領域  $S_c$  及び第2領域でエイミング光が観察されるときに、目的の治療部位へ照準合わせが行え、各領域でエイミング光が観察されないときに、治療部位の組織の状況を確認できる。この場合においても、間欠の時間は、前述と同じく、0.1秒以上、1秒以下に設定されていることが好ましい。

30

40

## 【 0 0 3 7 】

また、走査部50の構成においては、1つのミラーを  $x$   $y$  方向に傾斜等させる構成の部材を用いてもよい。あるいは、レーザ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。

## 【 0 0 3 8 】

以上のように、ディスプレイ82上で設定された照射パターンの各スポットは、複数のグループに分割され、エイミング光のスポットが術者に同時に観察されない時間を隔てて各グループが順次切換えられる。これにより、術者は、エイミング光が照射されていないスポット位置の眼底組織を容易に観察できる。

50



## 【 0 0 3 9 】

次に、第2エイミングモードのさらなる変容例を説明する。初めに、スポットが横に3列以上並ぶ照射パターンが設定されているときの例を説明する。図7(a)は、スポットが5×5で配列された方形パターンの例である。この例の場合、図7(b)及び図7(c)のように、列に並ぶスポットを1つのグループ内に含むように分割されると共に、1列に並ぶスポットが各グループに重複して含まれないように、2つのグループに分割されている。第1グループS<sub>i1</sub>は、図7(b)のように、横列に並ぶ最上段の1段目と、最下段の5段目と、中間の3段目と、により構成される。第2グループS<sub>i2</sub>は、図7(c)のように、第1グループS<sub>i1</sub>に含まれていない2段目及び4段目により構成されると共に、照射パターンの最外周の4隅にあるスポットS<sub>sc</sub>を含むように構成される。4隅のスポットS<sub>sc</sub>は、第1グループ及び第2グループの両方に含まれるように構成されている。そして、エイミング光のスポットが術者の眼の残像効果によって同時に観察されないように設定された時間S<sub>T</sub>を隔てて、第1グループS<sub>i1</sub>と第2グループS<sub>i2</sub>とが順次切替わるようにエイミング光が照射される。

10

## 【 0 0 4 0 】

具体的な制御を説明する。図7(b)のグループのスポットと図7(c)のグループのスポットとが交互の照射される。図7(b)のグループを第1スキャン、図7(c)のグループを第2スキャンとする。各グループにおける1スキャンは、グループ内のスポットの全体が術者に同時に認識されるように、エイミング光のスポットが点灯され、各スポットが高速で走査される時間(呈示時間)である。第1スキャンと第2スキャンとの切替の時間S<sub>T</sub>は、切替前のグループのスポットと切替後のグループのスポットとが、術者眼の残像効果によっても同時に観察されない時間に設定されている。この時間S<sub>T</sub>は、0.1秒以上、1.0秒以内が好ましい。時間S<sub>T</sub>が0.1秒未満であると、第1スキャンと第2スキャンの間欠時間が短く、眼底組織の観察がし難くなりやすい。時間S<sub>T</sub>が1.0秒を上回ると、時間が長すぎて、5×5の照射パターン全体のスポット位置の照準が行い難くなりやすい。時間S<sub>T</sub>は、さらに好ましくは0.2~0.5秒であり、本実施形態では0.25秒に設定されている。

20

## 【 0 0 4 1 】

第1スキャンにおいて、4隅のスポットS<sub>sc</sub>を含む領域S<sub>i1</sub>のスポット(15個)にのみエイミング光のスポットが照射されるように、走査部50及びエイミング光源(又はシャッタ16)の駆動が制御部70により制御される。各スポット位置では一定時間のパルス幅T<sub>a</sub>(例えば、3ms)でエイミング光が照射され、スポットの移動時にはエイミング光の出射が停止れる。また、エイミング光の出射に同期してスポットの配置に対応する位置にエイミング光を導光するようにガルバノミラー51、55の駆動が停止される。なお、高速駆動が可能な走査部50の駆動時間がマイクロ秒オーダーの場合、スポットの移動時間は無視して考えることができる。従って、第1スキャンにおける全体の1スキャン時間は、スポット15個分のエイミング光の照射により、45ms程度となる。時間S<sub>T</sub>が0.25秒(250ms)である場合、第1スキャンでは、スキャンが約6.7回分行われることになる。

30

## 【 0 0 4 2 】

第1スキャン開始から0.25秒が経過すると、次の第2スキャンが行われる。第2スキャンでは、4隅のスポットS<sub>sc</sub>を含む第2グループS<sub>i2</sub>のスポット位置(12個)にのみエイミング光のスポットが照射されるように、走査部50及びエイミング光源(又はシャッタ16)の駆動が制御部70により制御される。この場合、1スキャンが36msでお行われるため、第2スキャンではスキャンが6.9回行われる。

40

## 【 0 0 4 3 】

このような、第1スキャンと第2スキャンとを0.25秒毎に交互に行い、術者に5×5の方形パターンを認識させつつ、照射パターンのほぼ全域のスポット位置の下にある組織の状況を確認させることができる。このとき、照射パターンの4隅のスポットS<sub>sc</sub>が第1スキャンと第2スキャンで同時に行われているため、術者は、5×5の照射パターン

50

の照射範囲を容易に認識でき、治療レーザー光の照準範囲の決定、及びフォーカス合わせ等を簡単にできる。また、照射パターンの1列に並ぶスポットが含まれるよう各グループが分割されているため、同時に観察されないスポットが何れの位置にあるかを術者が予想しやすい。

【0044】

上記と同様に、 $4 \times 4$ 、 $3 \times 3$ の方形パターンでも、横列に並ぶスポット位置を1つのグループ内に含むように2つのグループに分割し、第1スキャンと第2スキャンとを切替えてエイミング光の照射を行う。図8(a)は $4 \times 4$ の方形パターンを説明する図であり、図9(a)は $3 \times 3$ の方形パターンを説明する図である。

【0045】

$4 \times 4$ の方形パターンでは、第1グループ $S_{i1}$ は、図8(b)に示すように、4隅のスポット $S_{sc}$ を含み、最上段の1段目と最下段の4段目とにより構成される。第2グループ $S_{i2}$ は、図8(c)に示すように、最上段と最下段との間に位置する2段目及び3段目により構成されると共に、4隅のスポット $S_{sc}$ を含むように構成される。 $4 \times 4$ の方形パターンの場合も、エイミング光の照射は、第1グループの第1スキャンと第2グループの第2スキャンによって、0.25秒の間隔で交互に切替えられる。

【0046】

$3 \times 3$ の方形パターンでは、第1グループ $S_{i1}$ は、図9(b)に示すように、4隅のスポット $S_{sc}$ を含み、最上段の1段目と最下段の3段目とにより構成される。第2グループ $S_{i2}$ は、図9(c)に示すように、最上段と最下段との間に位置する2段目により構成されると共に、4隅のスポット $S_{sc}$ を含むように構成される。上記の方形パターンと同様に、図9(b)に示す第1スキャンと図9(c)に示す第2スキャンとが、0.25秒の間隔で交互に切替わるように、エイミング光の照射が制御される。

【0047】

図10(a)に示される $2 \times 2$ の方形パターンにおいては、4隅のスポットが照射パターン全体を示すことになる。 $2 \times 2$ の方形パターンにおいては、第1グループ $S_{i1}$ は、図10(b)のように、例えば、左上と右下の対角方向に位置する2個のスポットにより構成される。第1グループ $S_{i2}$ は、図10(c)のように、右上と左下の対角方向に位置する2個のスポットにより構成される。もちろん、上段の2個のスポットと下段の2個のスポットとに分割される構成でも良い。

【0048】

次に、直線パターンのエイミング光の照射について説明する。図11(a)は、5つのスポット $S_{L1}$ 、 $S_{L2}$ 、 $S_{L3}$ 、 $S_{L4}$ 、 $S_{Le}$ が直線状に並べられたパターンである。直線パターンにおいても、上記の方形パターンと同様に、複数のグループに分割される。直線パターンの両端のスポット $S_{L1}$ 、 $S_{Le}$ は、直線パターンの範囲(照射範囲)を術者に容易に認識させるために、各グループで共通に含まれることが好ましい。5つのスポットが直線状に並べられたパターンでは、3つのグループに分割される。第1グループ $S_{i1}$ は、図11(b)に示すように、両端のスポット $S_{L1}$ 、 $S_{Le}$ と、左から2個目のスポット $S_{L2}$ と、により構成される。第2グループ $S_{i2}$ は、図11(c)に示すように、両端のスポット $S_{L1}$ 、 $S_{Le}$ と、左から3個目のスポット $S_{L3}$ と、により構成される。第1グループ $S_{i3}$ は、図11(c)に示すように、両端のスポット $S_{L1}$ 、 $S_{Le}$ と、左から4個目のスポット $S_{L4}$ と、により構成される。そして、第1グループ $S_{i1}$ 、第2グループ $S_{i2}$ 及び第3グループ $S_{i3}$ のエイミング光のスポットの照射が、時間 $ST$ で順次切替えられるように走査部50の駆動及びエイミング光の照射時間が制御される。この例の場合、両端のスポット $S_{L1}$ 、 $S_{Le}$ の間に挟まれた3つのスポット位置で、エイミング光の1つのスポットが順次左へ移動しているように観察される。これにより、術者は各スポットの照準が行えると共に、両端のスポット $S_{L1}$ 、 $S_{Le}$ に挟まれた3つのスポット位置の組織を順次観察することができる。

【0049】

なお、スポットが等間隔で曲線状に並べられた曲線パターンは、上記直線パターンと手

10

20

30

40

50

法が同じであるので、説明を略す。

【0050】

次に、スポットが3列以上に並べられた扇形パターンについて説明する。図12(a)に示される扇形パターンの例では、曲線状に並ぶスポットが3列に並べられている。上段の外側から下段の内側に向かってスポット数が減少しており、最上段(1段目)は6個のスポットで構成され、中央(2段目)は5個のスポットで構成され、最下段(3段目)は4つのスポットで構成されている。扇形パターンにおいても、3列以上でスポットが並んでいる場合、4隅のスポット $S_s c$ が分割される各グループにそれぞれ含まれるように、各グループが構成される。この扇形パターンの例では、3つのグループに分割される。第1グループ $S_i 1$ は、図12(b)に示すように、1段目の6個のスポットで構成されると共に、4隅(左下及び右下)のスポット $S_s c$ を含むように構成される。第2グループ $S_i 2$ は、図12(c)に示すように、2段目の5個のスポットと4隅のスポット $S_s c$ を含むように構成される。第3グループ $S_i 3$ は、図12(d)に示すように、最下段(3段目)の4個のスポットで構成されると共に、4隅のスポット $S_s c$ を含むように構成される。そして、各グループのエイミング光のスポットが予め設定された時間 $S_T$ (0.25秒)毎に切換えられる。これにより、エイミング光の照射による照準時に、各グループのスポットが設定されていない位置の下の組織を容易に確認できる。また、4隅のスポットの照射により、全体の照射領域を容易に把握可能になる。また、照射パターンの1列に並ぶスポットが含まれるグループの分割により、同時に観察されない他のグループのスポット位置も予想し易い。

10

20

【0051】

なお、図12(a)の扇形パターンにおいては、方形パターンと同じ分割方法にしても良い。

【0052】

図13(a)は、スポットが1列のリング状に並ぶ円パターンの例である。図13(a)に示される円パターンは、スポットが予め設定された直径の円の上に、スポットが等間隔で並べられたパターンである。ここでは、始点のスポット $S_a 0$ と、スポット $S_a 1 \sim S_a 15$ の16個のスポットが並べられているものとする。図13(a)の円パターンでは、図13(b)、図13(c)及び図13(d)に示されるように、隣り合う2個のスポットが1個のスポット位置のスペースを空けて順次配置されるグループであって、スペースを空けたスポット位置が順次ずれていく3つのグループに分割される。なお、スキャンの開始点を明確に術者に把握させるために、始点のスポット $S_a 0$ は各グループに共通に含まれる。第1グループ $S_i 1$ は、スポット $S_a 0$ 、 $S_a 1$ 、 $S_a 2$ 、 $S_a 4$ 、 $S_a 5$ 、 $S_a 7$ 、 $S_a 8$ 、 $S_a 10$ 、 $S_a 11$ 、 $S_a 13$ 、 $S_a 14$ の11個で構成され、スポット $S_a 3$ 、 $S_a 6$ 、 $S_a 9$ 、 $S_a 12$ 、 $S_a 15$ の5個のスペースが空けられている。第2グループ $S_i 2$ は、スポット $S_a 0$ 、 $S_a 2$ 、 $S_a 3$ 、 $S_a 5$ 、 $S_a 6$ 、 $S_a 8$ 、 $S_a 9$ 、 $S_a 11$ 、 $S_a 12$ 、 $S_a 14$ 、 $S_a 15$ の11個で構成され、スポット $S_a 1$ 、 $S_a 4$ 、 $S_a 7$ 、 $S_a 10$ 、 $S_a 13$ の5個のスペースが空けられている。第3グループ $S_i 3$ は、スポット $S_a 0$ 、 $S_a 1$ 、 $S_a 3$ 、 $S_a 4$ 、 $S_a 6$ 、 $S_a 7$ 、 $S_a 9$ 、 $S_a 10$ 、 $S_a 12$ 、 $S_a 13$ 、 $S_a 15$ の11個で構成され、スポット $S_a 2$ 、 $S_a 5$ 、 $S_a 8$ 、 $S_a 11$ 、 $S_a 14$ の5個のスペースが空けられている。

30

40

【0053】

円パターンにおいても、第1グループ $S_i 1 \sim$ 第3グループ $S_i 3$ のスポットのスキャンが、時間 $S_T$ を隔てて順次切換えられるように行われる。これにより、スペースが空けられ各スポット位置が時計回りに移動しているように、術者に観察される。このため、スポット $S_a 0$ 以外のスポット位置の組織が術者に容易に観察可能にされる。

【0054】

なお、円パターンの分割法は、上記の例に限られない。例えば、スポット位置のスペースが1個飛びに空けられた方式で、2つのグループに分けられたものでも良い。

【0055】

50

図14(a)は、6個のスポットが三角形に配置された三角パターンの例である。この三角パターンでは、一辺に3つのスポットが並べられ、スポットS<sub>b1</sub>～S<sub>b6</sub>の6個のスポットにより構成されている。この三角パターンでは、図14(b)に示すように、第1グループS<sub>i1</sub>は、三角形の頂点のスポットS<sub>b1</sub>、S<sub>b4</sub>、S<sub>b6</sub>で構成され、頂点の間にあるスポットS<sub>b2</sub>、S<sub>b3</sub>、S<sub>b5</sub>のスペースが空けられている。これとは逆に、第2グループS<sub>i2</sub>は、スポットS<sub>b2</sub>、S<sub>b3</sub>、S<sub>b5</sub>の3つのスポットで構成され、頂点のスポットS<sub>b1</sub>、S<sub>b4</sub>、S<sub>b6</sub>のスペースが空けられた構成とされている。第1グループS<sub>i1</sub>と第2グループS<sub>i2</sub>とが、時間S<sub>T</sub>を隔てて順次切換えられることにより、空いたスペースの組織が容易に観察可能にされると共に、各スポット位置S<sub>b1</sub>～S<sub>b6</sub>の位置の照準合わせも容易に可能にされる。

10

## 【0056】

以上のように、術者に同時に観察されるエイミング光のスポットと、同時に観察されないスポットのスペースが順次切換えられるため、エイミング光の照準位置の眼底組織が容易に観察可能にされると共に、エイミング光の照準位置も容易に観察可能にされ、設定された照射パターンの全体も比較的容易に把握できる。このため、照射パターンの照射領域の確認、フォーカス合わせ等がし易い。

## 【0057】

また、方形パターン(3×3～5×5)、扇形パターンにおいて、パターンの4隅(最外周)のスポットが術者に常時認識されるため、上記のような広がりのあるパターンにおいては照射領域の認識が容易になる。直線パターンにおいては、始点と終点のスポットが術者に常時認識されるため、全体の照射領域の認識が容易になる。円パターン、曲線パターン、円パターン、三角パターン、2×2の方形パターン、では、パターン全体が回転しているように認識されるため、照射領域の把握が容易になる。

20

## 【0058】

照準合わせの完了後、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、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治療レーザ光のパルス幅の設定時間に基づいて治療レーザ光が照射され、治療レーザ光の休止時間の間にスポットが移動される。

## 【0059】

なお、以上の説明では、方形パターン、扇形パターン等の照射パターンを分割する場合に、横一列のスポットを含むようにグループを構成したが、これに限るものではない。縦にスポットが一列として含まれる構成であればよい。

30

## 【0060】

また、以上の説明では、方形パターン、扇形パターン等の図形上の角部である4隅のスポット位置が重複するように、グループを分割する構成にしたが、これに限るものではない。照射パターンの隅が何れのグループにおいても重複する構成であればよい。例えば、多角形、円の内部にもスポットが配列された照射パターンを分割したグループにおいて、隅のスポットが重複する(術者に認識される)構成であればよい。

## 【図面の簡単な説明】

40

## 【0061】

【図1】眼科用レーザ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】治療レーザ光のスポットの照射パターンの一例を示す図である。

【図4】スポットが5×5で配列された方形パターンの図である。

【図5】エイミング光のスポットの照射を説明する図である。

【図6】エイミング光のスポットの照射の変容例を説明する図である。

【図7】5×5の照射パターンにおけるエイミング光の照射の説明図である。

【図8】4×4の照射パターンにおけるエイミング光の照射の説明図である。

【図9】3×3の照射パターンにおけるエイミング光の照射の説明図である。

50

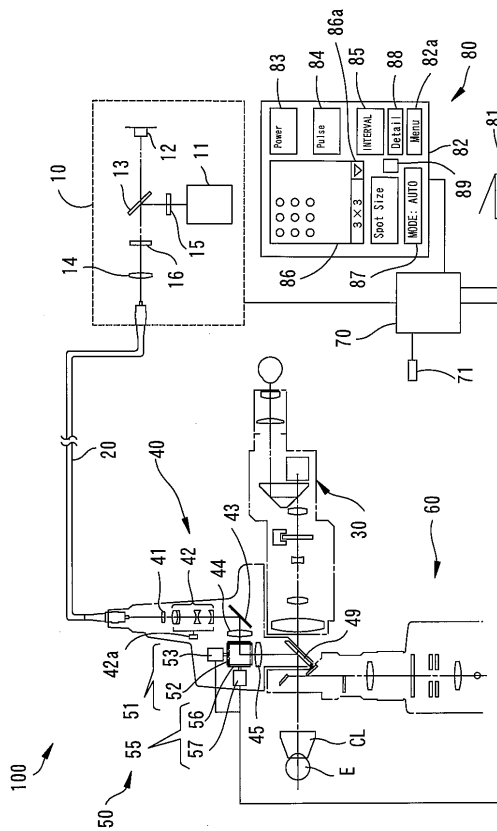
- 【図10】 2×2の照射パターンにおけるエイミング光の照射の説明図である。
- 【図11】 直線パターンにおけるエイミング光の照射の説明図である。
- 【図12】 扇形パターンにおけるエイミング光の照射の説明図である。
- 【図13】 円パターンにおけるエイミング光の照射の説明図である。
- 【図14】 三角パターンにおけるエイミング光の照射の説明図である。

【符号の説明】

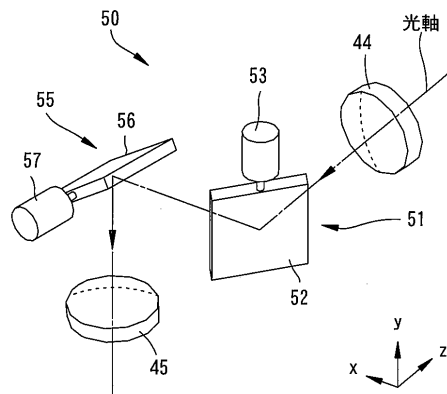
【0062】

- 10 レーザ光源ユニット
- 11 治療レーザー光源
- 12 エイミング光源
- 20 光ファイバ
- 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
- 100 眼科用レーザー治療装置

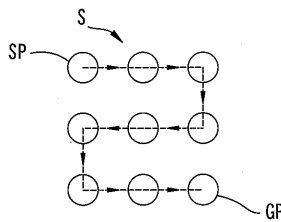
【図1】



【図2】

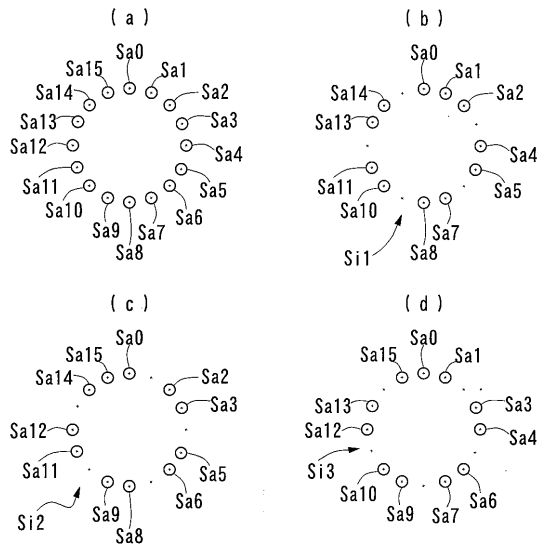


【図3】

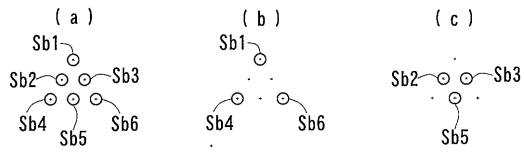




【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特表2009-514564(JP,A)  
米国特許第06585725(US,B1)  
特開2000-300684(JP,A)  
特開2003-319947(JP,A)  
特開2004-041335(JP,A)  
国際公開第2008/112292(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61F 9/008  
A61B 18/20