

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7473473号
(P7473473)

(45)発行日 令和6年4月23日(2024.4.23)

(24)登録日 令和6年4月15日(2024.4.15)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 F 9/007(2006.01) A 6 1 F 9/007 2 0 0 C

A 6 1 F 9/008(2006.01) A 6 1 F 9/008 1 1 0

請求項の数 7 (全19頁)

(21)出願番号	特願2020-531643(P2020-531643)	(73)特許権者	319008904
(86)(22)出願日	平成30年12月18日(2018.12.18)		アルコン インコーポレイティド
(65)公表番号	特表2021-508264(P2021-508264 A)		スイス国, 1 7 0 1 フリブール, リュ
(43)公表日	令和3年3月4日(2021.3.4)	(74)代理人	ルイーダフリー 6
(86)国際出願番号	PCT/IB2018/060263		100099759
(87)国際公開番号	WO2019/123256	(74)代理人	弁理士 青木 篤
(87)国際公開日	令和1年6月27日(2019.6.27)		100123582
審査請求日	令和3年12月15日(2021.12.15)	(74)代理人	弁理士 三橋 真二
(31)優先権主張番号	62/607,463		100147555
(32)優先日	平成29年12月19日(2017.12.19)	(74)代理人	弁理士 伊藤 公一
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		100160705
		(74)代理人	弁理士 伊藤 健太郎
		(72)発明者	ニールス アレクサンダー アプト
			スイス国, 8 2 0 3 シャフハウゼン,
			ビンケルリートシュトラッセ 5 2, セ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 眼球照明のための方法及びシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

眼球に照明を投射するための外科手術システムであって、
顕微鏡と、
手術用コンソールに通信可能に結合されたカメラであって、眼球の画像データを収集するように動作可能なカメラと、
前記カメラに通信可能に結合された手術用コンソールであって、前記画像データを受信するように動作可能な手術用コンソールであり、
プロセッサ及び
メモリ
を含む、手術用コンソールであり、前記メモリが、前記プロセッサによって実行可能なコードを含み、前記プロセッサが、1つ又は複数の眼球特徴を識別するために前記コードによって定義された方法で前記画像データを処理するように動作可能である、手術用コンソールと、
前記手術用コンソールに通信可能に結合されたプロジェクタであって、非治療用の可視光を眼球の表面に投射するように動作可能なプロジェクタであり、前記光は、前記眼球の1つ又は複数の離散的な場所に方向付けた1つ又は複数の離散光投射の形態で投射され、前記1つ又は複数の離散的な場所は、受信した前記画像データに基づいて決定され、前記1つ又は複数の眼球特徴を含む、プロジェクタと
を含む、

前記プロジェクタによって提供される光は、瞳孔が影で覆われる又は該瞳孔に照明が当たらない照明を含むことができ、

前記１つ又は複数の眼球特徴は、前記眼球の特徴又は前記眼球の表面に配置された特徴を含み、

前記１つ又は複数の眼球特徴は、前記眼球に挿入されたカニユーレを含む、外科手術システム。

【請求項２】

前記１つ又は複数の眼球特徴が、前記眼球の特徴又は前記眼球の前記表面に配置された特徴を含む、請求項１に記載の外科手術システム。

【請求項３】

前記プロセッサが、前記受信した画像データに基づいて前記眼球上の前記１つ又は複数の離散的な場所を決定するように動作可能である、請求項２に記載の外科手術システム。

【請求項４】

前記眼球の前記画像データが、前記顕微鏡を通じて見ることができる画像に相当する、請求項３に記載の外科手術システム。

【請求項５】

前記カメラが前記顕微鏡に装着され、前記プロジェクタが前記顕微鏡に装着される、請求項１に記載の外科手術システム。

【請求項６】

前記投射される非治療用の可視光が、前記カニユーレを包含する前記眼球の表面の離散エリアに当たり、前記眼球の表面の残りの部分は除外される、請求項１に記載の外科手術システム。

【請求項７】

投射される前記光が、切開マーカー、トーリック軸又はトーリック軸マーカーを含む、請求項１に記載の外科手術システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

関連出願の相互参照

この出願は、２０１７年１２月１９日に出願された米国仮特許出願第６２／６０７，４６３号明細書の利益を主張し、同特許は、その内容全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【０００２】

本開示は、術野の特定のエリアに照明を当てるために、光を眼球に投射することに関する。また、本開示は、例えば、眼球の認識された特徴に基づいて、情報を眼球に投射することにも関する。

【背景技術】

【０００３】

人の眼は、軽度の視力低下から完全な失明まで引き起こす多くの病気を患う可能性がある。いくつかの障害に関してはコンタクトレンズや眼鏡で補償することはできるが、他にに関しては眼科手術が必要とされる。一般に、眼科手術は、網膜硝子体手術などの眼球後部手術と、白内障手術などの眼球前部手術とに分類される。網膜硝子体手術は、これらに限定されないが、黄斑変性、糖尿病網膜症、糖尿病硝子体出血、黄斑円孔、網膜剥離、網膜上膜及びサイトメガロウイルス性網膜炎を含む、多くの異なる眼疾患に対処することができる。

【０００４】

網膜硝子体手術では、外科医は、眼疾患に正しく対処するために眼球後部を可視化する必要がある。しかし、術野からの望ましくない光（グレア及び／又はグリスニングなど）は、眼球後部の可視性に影響を及ぼし得る。現在、網膜硝子体外科医は、望まない光に関する懸念を減少させるために、暗い手術室で作業することがあり得る。しかし、その代わ

10

20

30

40

50

りに、手術室を暗くしなければ、望まない光が原因で、網膜硝子体外科医は、眼球後部を可視化するのが困難であることがあり得る。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

網膜硝子体手術における眼球後部へのアクセスは、1つ又は複数のカニユーレを眼球に挿入することによって提供することができる。暗い手術室の事例では、術野（例えば、眼球後部、網膜など）は、カニユーレを通じて配置される眼内照明器で照明を当てることができる。カニユーレを通じて新しい器具を導入するには、網膜硝子体外科医は、カニユーレの基端部（すなわち、カニユーレハブ）及び器具を可視化する必要がある。これにより、多くの場合、網膜硝子体外科医は、カニユーレの基端部及び器具を可視化し、カニユーレ内に形成された内腔を通じて器具を挿入するため、顕微鏡の倍率を縮小し、顕微鏡光のスイッチを入れる必要がある。カニユーレを通じて器具が眼球に導入された時点で、顕微鏡光のスイッチが切られる。この技法はカニユーレを通じて新しい器具を導入するために光を提供するが、この技法は欠点を有する。例えば、顕微鏡の再調整に関わる時間は、網膜硝子体手術の遅延を招く。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一態様によれば、眼球に照明を投射するための外科手術システムが提供される。例示的な外科手術システムは、顕微鏡と、手術用コンソールに通信可能に結合された判事私室であって、眼球の画像データを収集するように動作可能なカメラと、カメラに通信可能に結合された手術用コンソールであって、画像データを受信するように動作可能な手術用コンソールと、手術用コンソールに通信可能に結合されたプロジェクタであって、非治療用の可視光を眼球に投射するように動作可能なプロジェクタとを含み得る。手術用コンソールは、プロセッサ及びメモリを含み得る。メモリは、プロセッサによって実行可能なコードを含み得、プロセッサは、1つ又は複数の眼球特徴を識別するためにコードによって定義された方法で画像データを処理するように動作可能である。投射される非治療用の可視光は、受信した画像データに基づいて眼球の1つ又は複数の特定の場所に方向付けられた1つ又は複数の離散光投射の形態のものであり得る。

【0007】

本開示の別の態様は、光を眼球に投射するための方法を対象とする。方法は、カメラを使用して眼球の画像データを収集するステップと、投射光を当てるべき眼球上の1つ又は複数の離散場所を決定するステップであって、1つ又は複数の離散場所が、収集した画像データから少なくとも部分的に決定される、ステップと、プロジェクタを使用して眼球の1つ又は複数の離散場所に非治療用の可視光を投射するステップとを含み得る。

【0008】

本開示の別の態様は、光を眼球に投射するための方法を対象とする。方法は、カメラを使用して眼球の画像データを収集するステップと、投射される非治療用の可視光を当てるべき眼球上の1つ又は複数の離散場所を決定するために受信した画像データを処理するステップと、照明を当てるべき眼球の1つ又は複数の離散場所に光を投射するステップであって、1つ又は複数の離散場所が、眼球内に配置された1つ又は複数のカニユーレである、ステップと、光が投射されている間に外科手術器具を1つ又は複数のカニユーレの少なくとも1つに挿入するステップとを含み得る。

【0009】

異なる態様は、以下の特徴のうちの1つ又は複数を含み得る。1つ又は複数の眼球特徴は、眼球の特徴又は眼球の表面に配置された特徴を含み得る。プロセッサは、受信した画像データに基づいて眼球上の1つ又は複数の特定の場所を決定するように動作可能であり得る。眼球の画像データは、顕微鏡を通じて見ることもできる画像に相当し得る。カメラは、顕微鏡に装着することができ、プロジェクタは、顕微鏡に装着することができ、1つ又は複数の眼球特徴は、眼球に挿入されたカニユーレを含み得る。投射される非治療用

の可視光は、カニューレを包含する眼球表面の離散エリアに当て、眼球表面の残りの部分は除外することができる。投射光は、切開マーカ、トーリック軸又はトーリック軸マーカを含み得る。

【0010】

異なる態様は、以下の特徴のうちの1つ又は複数を含み得る。投射される非治療用の可視光を当てるべき眼球上の1つ又は複数の離散場所を決定するステップは、1つ又は複数の離散場所を識別するために、プロセッサを使用して収集した画像を処理するステップを含み得る。ユーザ入力を受信することができ、投射される非治療用の可視光を当てるべき眼球上の1つ又は複数の離散場所は、受信したユーザ入力に基づいて決定することもできる。プロジェクタを使用して眼球の1つ又は複数の離散場所に非治療用の可視光を投射するステップは、暗い手術室環境において非治療用の可視光を投射するステップを含み得る。投射光を当てるべき眼球上の1つ又は複数の離散場所は、眼球の特徴又は眼球の表面に配置された特徴を含み得る。眼球の表面に配置された特徴は、眼球内に配置された1つ又は複数のカニューレの端部を含み得る。外科手術器具は、非治療用の可視光が1つ又は複数のカニューレに投射されている間に、1つ又は複数のカニューレの少なくとも1つに挿入することができる。眼球の1つ又は複数の離散場所に非治療用の可視光を投射するステップは、眼球の瞳孔を取り囲む光のリングの形態で、非治療用の可視光を投射するステップを含み得る。プロジェクタを使用して眼球の1つ又は複数の場所に非治療用の可視光を投射するステップは、1つ又は複数の切開マーカの形態で、眼球の1つ又は複数の離散場所に非治療用の可視光を投射するステップを含み得る。プロジェクタを使用して眼球の1つ又は複数の離散場所に非治療用の可視光を投射するステップは、切開間隔マーカ、切開マーカ、トーリック軸マーカ又は強膜弁マーカの形態で、非治療用の可視光を投射するステップを含み得る。プロジェクタを使用して眼球の1つ又は複数の離散場所に非治療用の可視光を投射するステップは、瞳孔に照明を当てることなく、瞳孔を取り囲む眼球に選択的に照明を当てるステップを含み得る。照明を当てるべき眼球の1つ又は複数の離散場所に非治療用の可視光を投射するステップは、1つ又は複数のカニューレに光のリングを投射するステップを含み得る。1つ又は複数の離散場所に非治療用の可視光を投射するステップは、1つ又は複数のカニューレの各々において照光ゾーンを形成するために1つ又は複数のカニューレの各々に選択的に照明を当てるステップを含み得る。非治療用の可視光は、1つ又は複数の切開マーカの形態で眼球に投射することができ、1つ又は複数の切開は、1つ又は複数の切開マーカに従って眼球内に形成することができ、1つ又は複数のカニューレは、1つ又は複数の切開を通じて眼球に挿入することができる。

【0011】

前述の一般的な説明と以下の詳細な説明は両方とも、例示的なものであり、本質的に説明することを目的とし、本開示の範囲を制限することなく本開示の理解を提供することを意図することを理解されたい。その関連で、本開示の追加の態様、特徴及び利点は、以下の詳細な説明から当業者に明らかになるであろう。

【0012】

これらの図面は、本開示のいくつかの実施形態のある態様を示すものであり、本開示を制限又は定義するために使用すべきものではない。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】例示的な外科手術システムのブロック図である。

【図2】別の外科手術システムの概略図である。

【図3】例示的なカニューレ照明システムを示す概略図である。

【図4】例示的な光投射方法を示すフローチャートである。

【図5】照明も投射も行われていない眼球の例を示す。

【図6-16】眼球に光を投射するための例示的な異なる技法を示す。

【図17】照明のための眼球上の1つ又は複数の特徴を検出するための例示的な方法である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】

【0014】

本明細書で開示される原理の理解を促進する目的のため、ここでは、図面に示される実装形態を参照し、それらを説明するために特定の言語を使用する。それにもかかわらず、本開示の範囲を制限することは意図しないことが理解されよう。説明されるデバイス、器具及び方法のいかなる変形及びさらなる変更並びに本明細書で説明される原理のいかなる適用は、本開示が関連する分野の当業者に思い当たるように、完全に企図される。具体的には、1つ又は複数の実装形態を参照して説明される特徴、コンポーネント及び／又はステップは、本開示の他の実装形態を参照して説明される特徴、コンポーネント及び／又はステップと組み合わせることができることは完全に企図される。簡単にするため、いくつかの例では、図面全体を通じて、同じ参照番号は、同じ又は同様の部分を指すために使用される。

10

【0015】

本明細書で説明されるデバイス、器具、方法及び他の態様は、眼科学の文脈において構成される。しかし、本開示の範囲は、他の医療分野に適用可能であり得る。結果的に、本開示の範囲は、医療分野内外における他の適用を包含することを意図する。

【0016】

本明細書で提供される実施形態は眼科手術に関する。より具体的には、実施形態は、一般に、術野の特定のエリアに照明を当てるために、非治療用の可視光を眼球に投射することに関する。眼球の表面に投射される照明は、例えば、切開マーカ、眼球に挿入された器具の選択的な照明、光軸又は他のシンボル若しくは情報を含む、術野内の特定のエリアの物体の可視化を可能にする。例えば、網膜硝子体手術の間の暗い手術室では、ターゲットを定めた照明は、眼球内に位置するカニユーレの方に方向付けることができる。ターゲットを定めた照明は、カニユーレのみに照明が当たるように、又は、カニユーレとカニユーレに直接隣接する術野の部分とに照明が当たるように、集光される。すなわち、ターゲットを定めた照明は、眼球への全般的な照明とは対照的に、手術の特定のエリアと関連付けられた眼球の離散部分に照明を当てるために使用される。また、照明は、眼球の情報を提供するための光線の投射も含み得る。この情報は、外科医によって、例えば、外科手術の過程において使用することができる。眼球に投射される情報は、これらに限定されないが、切開インジケータ（例えば、カニユーレ場所インジケータ、白内障切開インジケータ（穿刺）、緑内障フラップサイズ及び位置インジケータ）や、トーリックIOL移植の事例では、トーリック軸インジケータを含み得る。また、照明は、瞳孔が影で覆われるか又は瞳孔に照明が当たらない緑内障手術照明などの選択的な照明も含み得る。照明は眼球の外科治療を実行するように適応されず、単なる照明の目的で提供されるという点で、照明は非治療用のものである。

20

30

【0017】

図1は、ターゲットを定めた非治療用の可視光102を眼球104に投射するように動作可能な例示的な外科手術システム100を示す。示されるように、外科手術システム100は、眼球104の情報を収集するように動作可能なカメラ106と、眼球104を目視検査するように動作可能な顕微鏡108とを含む。また、外科手術システム100は、カメラ106及び／又は顕微鏡108から情報を受信する手術用コンソール110も含む。例として、手術用コンソール100は、ターゲットを定めた照明のための光を投射すべき眼球104上の1つ又は複数の場所を決定するために、カメラ106からの情報を処理することができる。また、外科手術システム100は、ターゲットを定めた光102を眼球104に投射するためのプロジェクタ112も含む。

40

【0018】

カメラ106は、眼球104の情報を収集する。例えば、カメラ106は、眼球104の1つ又は複数の画像（本明細書では、互いに交換可能に画像データと呼ばれる）を収集することができる。画像データは、リアルタイムの画像データであり得る。カメラ106は、後続の処理のために手術用コンソール106に画像データを提供する。カメラ106

50

は、いかなるタイプのカメラでもよく、これらに限定されないが、ＣＭＯＳ及びＣＣＤモノクロ又はカラーカメラ、並びに、可視範囲及び近赤外線範囲内の広い波長又は可視近赤外線範囲内の非常に特殊な波長を有するカラー又はモノクロカメラを含む。さらに、カメラ１０６は、要望通り、電磁波波長の定義されたスペクトル又は１つ若しくは複数の特定の電磁波波長を検出するように特別に調整することができる。いくつかの例では、カメラ１０６は、フィルタを使用して、１つ若しくは複数の電磁波波長又は電磁波波長のスペクトルを検出するように構成することができる。カメラ１０６は、手術用コンソール１１０と通信する。例えば、いくつかの例では、カメラ１０６は、有線又は無線接続を介して手術用コンソール１１０と信号通信することができる。例えば、カメラ１０６によって収集された画像データは、さらなる処理のために手術用コンソール１１０に送信することができる。いくつかの実施形態では、カメラ１０６は、手術室が暗い網膜硝子体外科環境においてなど、低光量レベル用に最適化することができる。いくつかの実施形態では、眼球１０４は、外科医の邪魔にならないように、人間の視覚範囲外の光を当てることができる。そのような例では、カメラ１０６は、この人間の視覚範囲外の光を検出することができるタイプのものであり得る。カメラ１０６は、眼球１０４からの反射光１１４を受信するように配置されて焦点が合わせられる。いくつかの実施形態では、カメラ１０６は、反射光１１４を使用して眼球１０４を撮像し、眼球１１４の情報を手術用コンソール１１０に提供することができる。

【００１９】

顕微鏡１０８は、眼球１０４を目視検査するように動作可能ないかなる顕微鏡でもよい。いくつかの例では、顕微鏡１０４は、これらに限定されないが、眼科外科顕微鏡又は実体顕微鏡であり得る。ユーザ（外科医又は他の医療専門家など）は、手術の間、例えば、眼球１０４（又は眼球１０４の１つ若しくは複数の特定の領域）をより詳細に可視化するように顕微鏡１０８を操作することができる。また、顕微鏡１０８は、手術用コンソール１１０との通信も行う。顕微鏡１０８は、有線又は無線接続を介して手術用コンソール１１０と信号通信することができる。いくつかの例では、顕微鏡１０８によって収集された情報は、さらなる処理のために手術用コンソール１１０に送信される。示されていないが、顕微鏡１０８は、これに限定されないが、光源を含む、追加の機器を含み得る。

【００２０】

手術用コンソール１１０は、１つ又は複数のプロセッサ１１６と、１つ又は複数のメモリデバイス１１８とを含む。プロセッサ１１６は、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、埋め込みマイクロコントローラ、プログラマブルデジタル信号プロセッサ、又は、プロセッサ１１６と通信するメモリデバイス１１８若しくは他の供給源から情報を受信し、受信した情報に基づいて１つ若しくは複数のオペレーションを実行するように動作可能な他の任意のプログラマブルデバイスであっても、それらを含んでもよい。また、プロセッサ１１６は、そのようにして実行されたオペレーションに基づいて結果を出力するように動作可能でもあり得る。また、いくつかの例では、プロセッサ１１６は、特定用途向け集積回路、プログラマブルゲートアレイ、プログラマブルアレイ論理、又は、電気信号を処理するように動作可能なデバイスの組合せの他の任意のデバイスであっても、それらを含んでもよい。

【００２１】

図１に示される例では、メモリデバイス１１８は、手術用コンソール１１０の内部のものである。しかし、他の実装形態では、メモリデバイス１１８は、手術用コンソール１１０の外部のものであり得る。メモリデバイス１１８は、複数のメモリデバイスであり得る。さらなる他の実装形態では、メモリデバイス１１８は、手術用コンソール１１０の内部のものと外部のものの両方である１つ又は複数のメモリデバイスを含み得る。メモリデバイス１１８は、データの受信、格納又はリコールを行うように動作可能ないかなるデバイスも含み得、これらに限定されないが、揮発性であるか又は不揮発性であるかにかかわらず、電子、磁気又は光メモリを含む。メモリデバイス１１８は、それに格納されるコード１２０を含み得る。コード１２０は、プロセッサ１１６によって実行可能であり得る命令

10

20

30

40

50

を含み得る。コード１２０は、例えば、いかなるプログラミング言語を使用しても作成することができ、これらに限定されないが、Ｃ＋＋又は他の任意のプログラミング言語（アセンブリ言語、ハードウェア記述言語及びデータベースプログラミング言語を含む）を含む。いくつかの例では、コード１２０は、プログラムであり得、プログラムは、プロセッサ１１６にロードされると、カメラ１０６及び顕微鏡１０８のうちの１つ又は複数から情報を受信することを手術用コンソール１１０に行わせ、照明が必要な眼球１０４上の１つ又は複数の場所を決定し、１つ又は複数の決定場所に光を投射することをプロジェクタ１１２に行わせる（以下でより詳細に説明する）。

【００２２】

オペレーションの際、手術用コンソール１１０は、カメラ１０６から眼球１０４の情報（例えば、画像データ）を受信する。カメラ１０６から手術用コンソール１１０によって受信された眼球１０４の情報は、プロセッサ１１６によって処理される。いくつかの実装形態では、カメラ１０６は、別個のプロセッサを含み得、カメラ１０６のプロセッサは、カメラ１０６によって得られた画像データを処理することができる。処理された画像データは、手術用コンソール１１０に送信することができる。いくつかの例では、プロセッサ１１６は、ユーザ入力１２２を受信することができる。ユーザ入力１２２は、ユーザが情報を入力するためのキーボード、マウス、タッチスクリーン又は他の入力デバイスなどの入力デバイスから受信された情報であり得る。プロセッサ１１６は、光を投射すべき眼球１０４上の１つ又は複数の場所（互いに交換可能に所望の光投射と呼ばれる）を決定するために、カメラ１０６、ユーザ入力１２２又は１つ若しくは複数の他の供給源のうちの１つ又は複数から受信された情報を処理する。

【００２３】

プロセッサ１１６によって決定された所望の光投射は、プロジェクタ１１２に送信される。プロジェクタ１１２は、眼球１０４に光１０２を投射する。いくつかの例では、所望の光投射は、眼球１０４上の１つ又は複数のエリアに照明を当てるために、ターゲットを定めた照明の形態であり得る。いくつかの例では、所望の光投射は、眼球の表面の特定の場所に投射される数字、テキスト又は他のシンボルの形態であり得る。さらなる他の実装形態では、所望の光投射は、ターゲットを定めた照明とシンボルの投射の両方を含み得、プロジェクタ１１２は、ターゲットを定めた照明の両方のタイプを眼球１０４に同時に投射するように動作可能であり得る。

【００２４】

他の実装形態によれば、カメラ１０６、顕微鏡１０８及びプロジェクタ１１２は、手術用コンソール１１０などの手術用コンソールから独立して動作するスタンドアロン照明システムであり得る。そのような実装形態では、判事私室１０６、顕微鏡１０８及びプロジェクタ１１２のうちの１つ又は複数は、上記で説明されるプロセッサ１１６及びメモリ１１８と同様のプロセッサ及びメモリを含み得る。コード１２０と同様のコードは、メモリに格納することができ、プロセッサによって実行して、上記で説明されるように照明システムを動作させることができる。例えば、照明システムは、これもまた上記で説明されるように、ターゲットを定めた光を当てるべき眼球の１つ又は複数のエリアを識別すると同様の方法で動作し、ターゲットを定めた照明を眼球に投射することをプロジェクタ１１２に行わせることができる。いくつかの実装形態では、そのような照明システムは、例えば、手術用コンソール１１０などの手術用コンソールに接続され、他の実装形態では、照明システムは、手術用コンソールには結合されないことがあり得る。

【００２５】

プロジェクタ１１２は、ターゲットを定めた非治療用の可視光１０２の生成が不可能いかなる光源も含む。例えば、光源は、これらに限定されないが、発光ダイオード、有機発光ダイオード及びレーザ源（モノクロ又はＲＧＢ色空間のみならず、他の適用可能なタイプのものでもよい）を含み得る。プロジェクタからのターゲットを定めた光１０２は、カニユーレなどの物体の可視化（例えば、カニユーレ照明）を可能にするために、眼球１０４の離散場所に投射することができる。従って、光１０２は、特定のエリア、特徴又は眼

10

20

30

40

50

球表面をハイライトするために、眼球表面の特定の離散エリアに投射される光の離散エリアの形態であり得る。すなわち、光102は、ターゲットを定めたものであり、眼球表面の全般的な照明ではない。光102の投射は、網膜硝子体手術の間の暗い手術室で行われる際に特に適用可能であり得る。いくつかの例では、プロジェクタ112によって提供される光102は、術野へのオーバーレイであっても、術野へのオーバーレイを含んでもよい。さらなる他の例では、プロジェクタ112によって提供される光102は、瞳孔が影で覆われるか又は瞳孔に照明が当たらない照明など、眼球の特定の1つ又は複数の領域の選択的な照明であっても、眼球の特定の1つ又は複数の領域の選択的な照明を含んでもよい。このタイプの選択的な照明は、緑内障手術に特に適用可能であり得る。

【0026】

図2は、ターゲットを定めた光102を眼球104に投射するように動作可能な別の例示的な外科手術システム100を示す。示される実施形態では、外科手術システム100は、カメラ106、顕微鏡108、手術用コンソール110及びプロジェクタ112を含む。カメラ106は、眼球104の情報（画像日付の形態のもの）を収集する。図2に示されるように、カメラ106は、顕微鏡108に装着される。他の実装形態では、カメラ106は、顕微鏡108に組み込むことができる。例えば、カメラ106は、半透明ビームスプリッタによってなど、顕微鏡108の光学経路に含めることができる。カメラ106は、任意の所望の方法で顕微鏡108に装着することができる。例えば、カメラ106は、締め具、接着剤又は同様のものを使用して、顕微鏡108に装着することができる。示される実施形態では、カメラ106は、顕微鏡108によって反射光114を受信する。カメラ106によって収集された情報は、カメラ106を手術用コンソール110に通信可能に結合する通信ライン200を通じて、手術用コンソール110に送信される。以前に説明されるように、手術用コンソール110は、プロセッサ116と、コード120を含むメモリデバイス118とを含む。プロセッサ116、メモリデバイス118及びコード120についての説明は、図2に示される実施形態に適用可能であり、ここでは繰り返さない。

【0027】

プロセッサ116によって決定された所望の光投射は、眼球104に光102を投射するためにプロジェクタ112に送信される。いくつかの実装形態では、プロジェクタ112は、顕微鏡108に装着することができる。プロジェクタ112は、任意の所望の方法で顕微鏡108に装着することができる。例えば、プロジェクタ112は、締め具、接着剤又は同様のものを使用して、顕微鏡108に取り付けるか又は結合することができる。いくつかの実装形態では、プロジェクタ112を顕微鏡108に装着することができるが、本開示の範囲は、そのように制限されない。むしろ、他の実装形態では、カメラ106、プロジェクタ112又はその両方は、顕微鏡108から分離して提供することができる。

【0028】

示される実施形態では、外科手術システム100は、外科手術器具202をさらに含み得る。いくつかの実装形態では、外科手術器具202は、これらに限定されないが、眼内照明器、硝子体切除術用プローブ、鉗子、はさみ、バックフラッシュ、ソフトチップカニキュレ、ピック、スクレイパ又は他の外科手術器具を含む、外科手術で使用するための器具であっても、外科手術で使用するための器具を含んでもよい。外科手術器具202は、接続ライン202を介して手術用コンソール110に結合される。いくつかの実装形態では、接続ライン202は、外科手術器具202への電力、手術用コンソール110と外科手術器具202との間のデータ通信、外科手術器具202への又は外科手術器具202からの流体連通用の通路（例えば、灌流、吸引若しくは外科手術器具202の流体モータへの給電のため）或いはこれらの任意の組合せを提供することができる。

【0029】

ここで図3を参照し、プロジェクタ112からのターゲットを定めた光102の投射による外科手術器具202の使用例について説明する。示されるように、カニキュレ300は、眼球104内に配置される。カニキュレ300は、これらに限定されないが、トロカ

10

20

30

40

50

ールカニユーレ及び注入カニユーレを含み得る。カニユーレ３００は、眼球１０４内へのアクセスを提供する。例えば、カニユーレ３００は、外科手術器具２０２に対する眼球１０４内へのアクセスを提供することができる。

【００３０】

以前に説明されるように、手術室環境３０２を暗くすることができ、その結果、例えば、手術室環境３０２の周囲光が顕微鏡１０８を通じる可視化を妨げることはない。手術室環境３０２がそのように暗い状態では、ユーザは、外科手術器具２０２をカニユーレ３００のうちの１つに挿入することが難しいと分かる。その結果、プロジェクタ１１２は、ターゲットを定めた可視光１０２をカニユーレ３００の基端部３０４にのみ投射するように構成することができる。このタイプのターゲットを定めた照明では、光１０２は、カニユーレ３００の基端部３０４のみを包含する眼球表面に投射される定義された光のスポットを形成する。他の例では、光１０２によって形成される光のスポットは、カニユーレ３００の基端部３０４と基端部３０４を直接取り囲む眼球表面の小さな部分とを包含する眼球表面に投射される。光１０２によって生み出される可視光スポットのサイズは、例えば、ユーザの好みに従って、選択することができる。照明のターゲットエリアを形成するためにカニユーレ３００の基端部３０４に光１０２が投射されると、手術室の暗い環境３０２でさえ、カニユーレ３００（眼球表面の他の部分を除く）を可視化することができ、その結果、外科医は、例えば、カニユーレ３００を位置付け、カニユーレ３００に外科手術器具２０２を挿入することができる。

【００３１】

図４は、光投射の例示的な方法４００を示すフローチャートである。４０２では、手術のために患者が配置される。４０４では、眼球１０４からの情報が収集される。例えば、上記で図１～３の文脈において説明されるカメラ１０６などの判事私室は、眼球１０４から情報を収集するために使用することができる。眼球から受信される情報は、画像データの形態であり得る。画像データは、カメラによって受信することができ、照明を必要とする眼球上の１つ又は複数の場所を検出するように動作可能なプログラムを実行するプロセッサによって分析することができる。処理された画像データは、外科手術デバイスが配置される眼球上の又は眼球内の１つ又は複数の場所を示し得る。例えば、眼球から受信される情報は、処理された時点で、眼球内に配置されたカニユーレ３００などのカニユーレの場所情報を含み得る。４０６では、眼球から受信された情報に少なくとも部分的に基づいて、光を投射すべき１つ又は複数の場所が決定される。例えば、図１～３の文脈において説明されるプロセッサ１１６などのプロセッサは、眼球に光を投射すべき１つ又は複数の場所を決定するために、眼球から受信された情報を処理するように動作することができる。４０８では、上記で説明される光１０２などの光が眼球１０４に投射される。例えば、図１～３の文脈において説明されるプロジェクタ１１２などのプロジェクタは、眼球に光を投射するように動作することができる。プロジェクタによって投射される光は、照明用のものとシンボル若しくは他の情報の投射用のものの両方又はその両方であり得る。

【００３２】

図５は、照明も投射も行われていない例示的な眼球１０４を示す。図５では、外科手術のために眼球１０４が配置され、準備されている。示されるように、外科手術の間、眼球１０４を開いた位置に保持するために、開瞼器５００が配置される。

【００３３】

図６は、眼球１０４への光投射の例を示す。特に、図６は、切開マーカ－６００の形態での光投射を示す。切開マーカ－６００は、示されるように、可視光の円弧の形態で眼球表面に投射される照明の離散エリアである。示される例では、切開マーカ－６００は、眼球１０４に投射された枠のみの円又は狭幅リング６０４の円周に沿った場所に配置されている。いくつかの例では、全円６０４を眼球１０４に投射することができる。また、切開マーカ－６００は、例えば、円６０４と区別できる表現による方法で、眼球１０４に投射することもできる。他の実装形態では、切開マーカ－６００を省略することができ、外科医は、例えば、円６０４の円周に沿った１つ又は複数の場所において、眼球１０４内の１

つ又は複数の切開が行われる場所を選択することができる。いくつかの例では、円 604 が眼球 104 に投射されないことがあり得る。むしろ、いくつかの例では、円 604 を含まない切開マーカ-600 を眼球 104 に投射することができる。多くの切開マーカ-600 が示されているが、いくつかの実装形態では、単一の切開マーカ-600 を投射することができる。

【0034】

切開マーカ-600 は、切開マーカ-600 において形成すべき瞳孔 602 からの切開 606 の所望の間隔を示すために、眼球 104 上に配置することができる。例として、切開マーカ-600 は、例えば、図 3 に示されるようにカニユーレ 300 の挿入のために切開することができる眼球上の 1 つ又は複数の場所（例えば、強膜上の 1 つ又は複数の場所）を示し得る。次いで、外科医は、切開マーカ-600 に沿って 1 つ又は複数の切開 606 の実行へと進むことができる。

10

【0035】

図 7 は、眼球 104 に投射される切開マーカ-600 の別の例示的な実施形態を示す。図 7 は、3 つの投射される切開マーカ-600 を示し、その各々は、眼球表面の指定場所（眼球表面の他のエリアを除く）に照明を当てるターゲットを定めた光ビームによって形成される。3 つの投射される切開マーカ-600 は、眼球 104 上の別個の場所に位置する。切開マーカ-600 は、眼球 104 の内部へのアクセスを提供するために、眼球 104 に挿入すべきカニユーレ 300（例えば、図 3）の配置場所を指定する。次いで、外科医は、切開マーカ-600 に沿って 1 つ又は複数の切開 606 の実行へと進むことができる。

20

【0036】

図 8 は、眼球 104 への光投射のさらなる別の例を示す。図 8 に示されるように、光 102 は、眼球 104 の表面の 1 つ又は複数の離散エリア或いは眼球 104 に挿入されるか若しくは眼球 104 上に存在する 1 つ又は複数の物体に照明を当てるために、眼球 104 に投射される。示される例では、カニユーレ 300 は、眼球 104 に挿入されるように示されている。示されるように、光 102 は、瞳孔 602 を取り囲み且つカニユーレ 300 に照明を当てる光 102 のリング 800（点線の輪状線によって示される）の形態で、眼球 104 に投射することができる。従って、図 8 は、複数の特徴（例えば、複数のカニユーレ 300）を含む眼球 104 の領域に光 102 を当てる例を示す。図 9 は、複数の離散的な照明の例が眼球 104 に投射される光投射の別の例を示す。図 9 は、異なる照明領域を示し、照明領域の各々は、単一の特徴（例えば、カニユーレ 300）に向けて方向付けられる。図 8 に示されるように、瞳孔 102 を取り囲むリング 800 の形態で光を投射する代わりに、光 102 は、眼球 104 上のカニユーレ 300 の各々の場所に投射される。すなわち、光 102 は、眼球 104 上の離散光ゾーン 900 に投射することができ、各光ゾーン 900 は、カニユーレ 300 が存在する場所に相当する。従って、光 102 は、カニユーレ 300 の各々に選択的に照明を当てるように、眼球 104 に投射することができる。図 9 に示されるように、光 102 は、カニユーレ 300 の各々において照光ゾーン 900 を形成する。可視光の照光ゾーン 900 により、ユーザは、照光ゾーン 900 による照明が当たる眼球表面のエリアを容易に識別することができる。

30

40

【0037】

図 10 は、眼球 104 への光投射の別の例を示す。図 10 に示されるように、ターゲットを定めた光 102 は、例えば、白内障手術における 1 つ又は複数の切開場所 1000 a、1000 b、1000 c を示すために、所望の形状（例えば、円弧の形態）で眼球 104 に投射することができる。1 つ又は複数の切開場所 1000 a、1000 b、1000 c の投射は、例えば、行うべき切開の異なるサイズを反映するために、異なるサイズのものであり得る。切開場所 1000 a は、主要な切開を表し、切開場所 1000 b、1000 c は、穿刺を表し得る。図 10 に示されるように、光投射の光 102 は、眼球上の異なる場所を指定することができ、光投射は、異なるサイズ及び形状を有し得る。示される特定の例では、切開場所 1000 a を示す光投射のサイズは、切開場所 1000 b 又は 10

50

00cを示す光投射のサイズより大きい。さらに、切開場所1000a、1000b、1000cを定義する光投射の各々は、円弧の形状である。しかし、本開示の範囲は、そのように制限されない。他の例では、投射光は、他の幾何学的形状、シンボル又は他のインジケータを有しても、それらを含んでもよい。図11は、例えば、白内障手術で使用するための、眼球104への光102の投射の別の例を示す。図11は、1つ又は複数の切開場所10000a、1000b、1000cを示す。切開場所1000b、1000cは、行うべき切開の拡張を示す小さな円弧セクション又はボックスの形態であり得、切開場所1000aは、図10に示されるものと同様の円弧形状でマーク付けされる。上記で論じられるように、光102は、1つ又は複数の可視インジケータを提供し、本質的に非治療用のものである。

10

【0038】

図12は、眼球104への光投射の別の例を示す。白内障手術などのいくつかの手術では、正しい視力矯正を提供するために、移植される眼内レンズが眼球内で正しく配向されるように、眼球104にトーリック軸を投射することが望ましい場合（例えば、トーリック眼内レンズ（IOL）移植）がある。図12は、トーリック軸マーカ1200の形態で光102が眼球104に投射される光投射を示す。トーリック軸マーカ1200は、外科医などのユーザが眼球104のトーリック軸を可視化できるようにするために、眼球104上のトーリック軸を示す。いくつかの実施形態では、トーリック軸マーカ1200は、図12に示されるように、角膜1204の縁1202に配置することができる。トーリック軸マーカ1200は、外科医に対して、トーリック軸の視覚表現を提供することができる。示される例では、トーリックマーカ1200は、中埋め円の形態である。しかし、本開示の範囲は、そのように制限されず、トーリック軸マーカ1200は、いかなる所望の形状、文字、シンボル又は他の表示でもよい。

20

【0039】

図13は、トーリック軸マーカ1200を含むオーバーレイ600のための別の例示的な実施形態を示す。図13の例では、トーリック軸マーカ1200は、外科医にトーリック軸の視覚表現を提供するために、角膜1204及び瞳孔602を横切って一直線に伸びている。図13はトーリック軸マーカ1200を点線で示しているが、トーリック軸マーカ1200は、例えば、実線などの他の形態を有し得る。図14は、トーリック軸マーカ1200の形態で眼球104に投射される光102の別の例示的な実施形態を示す。しかし、図14の例では、トーリック軸マーカ1200は、角膜1204を通して一直線に伸びているが、トーリック軸マーカ1200は、瞳孔602には投射されていない。

30

【0040】

図15は、眼球104への光投射の別の例を示す。図15の実施形態では、光102は、選択的な照明を提供するために、リングの形態で眼球104に投射される。緑内障手術などのいくつかの手術では、眼球104のいくつかの部分に照明を当て、他の部分には照明を当てないことが望ましい場合がある。図15に示されるように、瞳孔602に照明を当てることなく、眼球104の強膜1500の部分に照明が当てられる。示されるように、光102は、光102のリング800の形態で投射することができる。光102のリング800は、瞳孔602に当てることなく、眼球104に当てることができる。

40

【0041】

図16は、眼球104への光投射の別の例を示す。緑内障外科手術などのいくつかの手術では、強膜1600の切開を行い、強膜弁1602を形成することが望ましい場合がある。図16の実施形態では、光102は、切開マーカ600の形態で眼球104に投射される。切開マーカ600は、強膜弁マーカ1604を定義する。強膜弁1602を作成するため、外科医は、強膜弁マーカ1604に沿って切ることができる。

【0042】

図17は、照明のための眼球上の1つ又は複数の特徴を検出するために使用することができる例示的な方法1700のフローチャートである。外科手術の間、手術室内の周囲光

50

又は光源によって提供される光は、患者の眼球などの手術エリアに照明を当てるために、光画像を提供することができる。手術エリアから反射した光画像は、上記で説明されるカメラ106などのカメラによって受信することができる。1702では、カメラは、眼球の画像を捕捉することができる。具体的には、カメラは、映像を形成するために、画像のフレームを捕捉することができる。各画像フレームは、処理及び分析のために画像プロセッサに転送することができ、画像プロセッサは、本明細書で説明されるタイプのプロセッサ（例えば、プロセッサ116）と同様のものであり得る。いくつかの例では、画像プロセッサは、手術用コンソール110に含まれるプロセッサ116とは別個のものであり得る。他の例では、プロセッサ116は、画像プロセッサとして動作することができ、各画像フレームの処理及び分析をプロセッサ116に行わせるためのコード（コード120の形成部分であるか別個のコードであるかにかかわらず）を含み得る。従って、いくつかの例では、画像プロセッサ上で実行しているコード（コード120など）は、受信した画像フレームの処理及び分析を画像プロセッサに行わせる命令を提供することができる。

【0043】

1704では、画像プロセッサは、画像フレームのコントラスト及び特徴強化処理を実行することができる。例えば、画像プロセッサは、赤・緑・青（RGB）フォーマットで画像フレームを受信することができる。1704では、画像プロセッサは、RGBフォーマット画像フレームを色相・彩度・明度（HSV）空間、HSL（色相・彩度・輝度）空間又はLab色空間に変換することができる。HSV空間は、本明細書で説明される例において論じられる。しかし、HSV空間は、単に、可能な赤・緑・青（RGB）色モデルの一例として使用され、他の色空間モデルも使用できることが理解されている。1706では、コントラスト及び特徴を引き出すために画像フレームが強化された後、画像プロセッサは、眼球の特徴又は眼球上に配置されるか若しくは眼球内に広がるアイテムの一次推定マスクを決定することができる。例えば、特徴は、眼球の瞳孔、カニユーレの端部又は他の特徴であり得る。いくつかの例では、特徴は、特徴の既定の色、特徴の形状又は他の既定の特性に基づいて識別することができる。既定の色の文脈では、画像プロセッサ126は、特徴の画像を引き出して推定するために、背景から特徴を分離することができるHSV画像フレームの色相及び彩度チャンネルに対する基準を適用することができる。

【0044】

1708では、画像プロセッサは、画像フレームから特徴の画像を抽出することができる。例えば、画像プロセッサは、画像フレームにおける特徴の境界を検出するために、プロブ検出プロセスを実施することができる。プロブは、いくつかの特性（色及び明度など）がほぼ一定である画像フレームの領域であり得る。画像プロセッサは、プロブを検出するために、画像フレームにおけるほぼ一定の特性を有する領域を探索することができる。従って、画像プロセッサは、特徴の境界（例えば、眼球に挿入されたカニユーレの基端部など）を見つけ、画像フレームから特徴を抽出することができる。

【0045】

1710では、画像プロセッサは、画像フレームから抽出された特徴の形状及び向きを分析することができる。既定のパターン及び色に基づいて、画像プロセッサは、画像フレームにおける特徴の向きを決定することができる。

【0046】

1712では、特徴が識別された時点で、本明細書で説明されるタイプのプロセッサ（例えば、プロセッサ116）などのプロセッサは、特徴に向けて又は特徴に関連する方法で眼球に照明を投射するように、プロジェクタ112などのプロジェクタに指示する。例えば、検出された特徴がカニユーレの基端部である場合は、プロセッサは、カニユーレの基端部の形状に密接に近似する照光ゾーンの形態でカニユーレの基端部に照明を投射するように、プロジェクタに指示することができる。他の例では、プロセッサは、切開マーカー、トーリック軸マーカー若しくは他のタイプのマーカー又は照明ゾーンを識別する照明を眼球に投射するように、プロジェクタに指示することができる。

【0047】

方法 1700 は、照明のための眼球上の 1 つ又は複数の特徴を検出するための例示的なプロセスを示すが、照明のための眼球上の 1 つ又は複数の特徴を検出するための他の方法は、より少ない、追加の及び／又は異なる構成のオペレーションを含み得る。例えば、特徴の形状及び向きを分析するステップを省略することができる。

【0048】

本開示のオペレーション及び構築は前述の説明から明らかになると考えられている。上記で示される又は説明される装置及び方法は好ましいものとして特徴付けられているが、以下の請求項において定義されるように、本開示の精神及び範囲から逸脱することなく、様々な変化及び変更を行うことができる。

10

20

30

40

50

【図面】
【図 1】

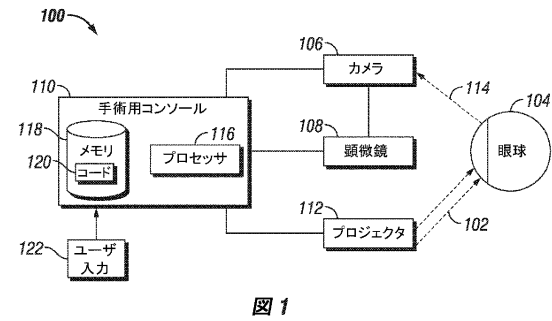


図 1

【図 2】

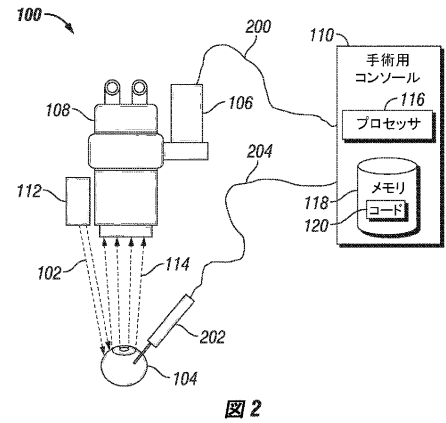


図 2

【図 3】

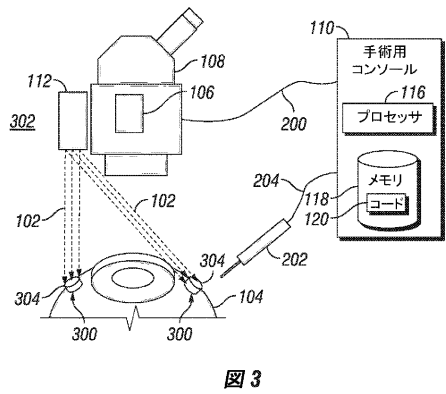


図 3

【図 4】

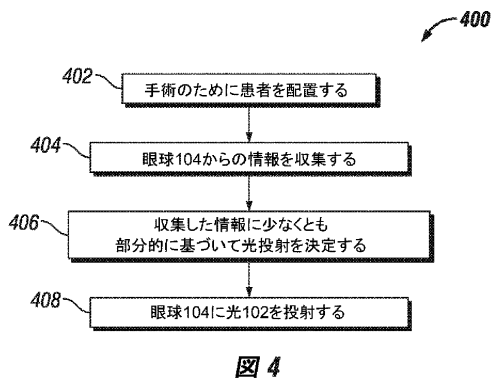


図 4

【図 5】

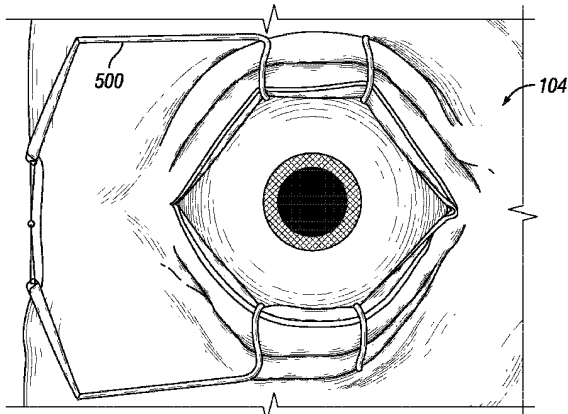


FIG. 5

【図 6】

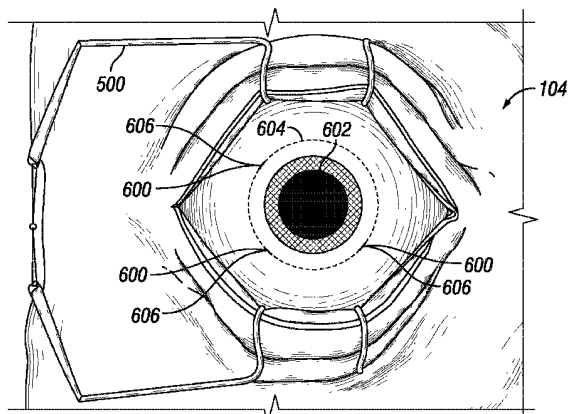


FIG. 6

10

【図 7】

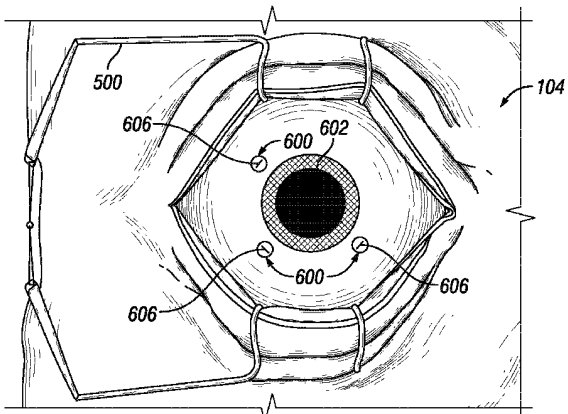


FIG. 7

【図 8】

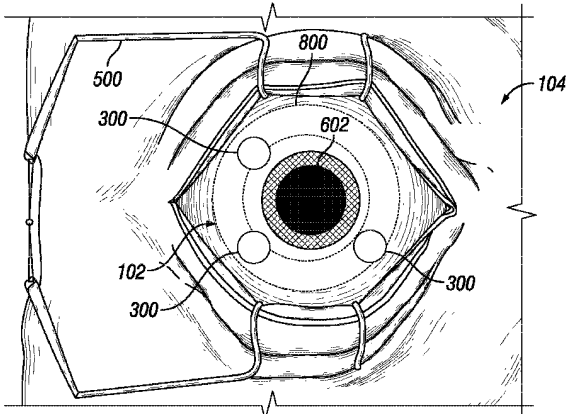


FIG. 8

20

30

40

50

【図 9】

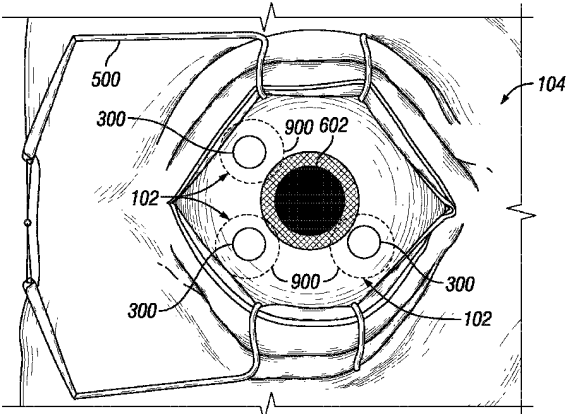


FIG. 9

【図 10】

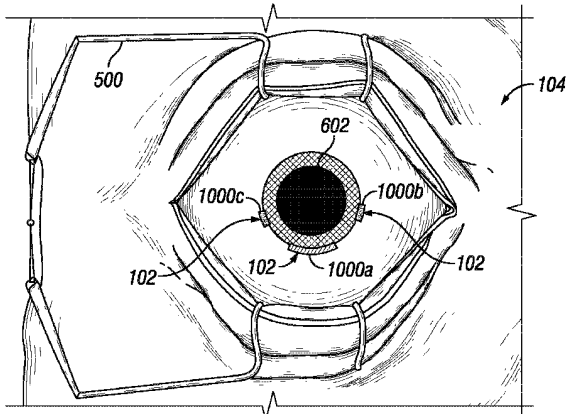


FIG. 10

【図 11】

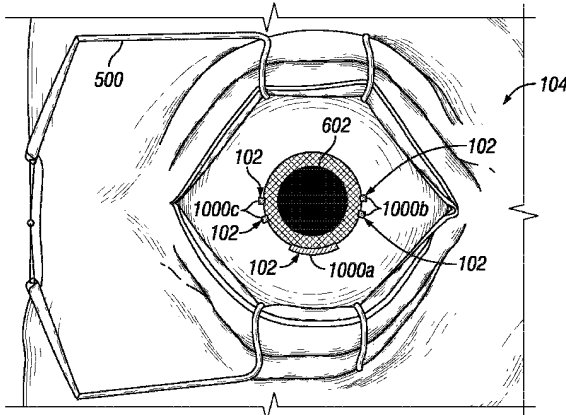


FIG. 11

【図 12】

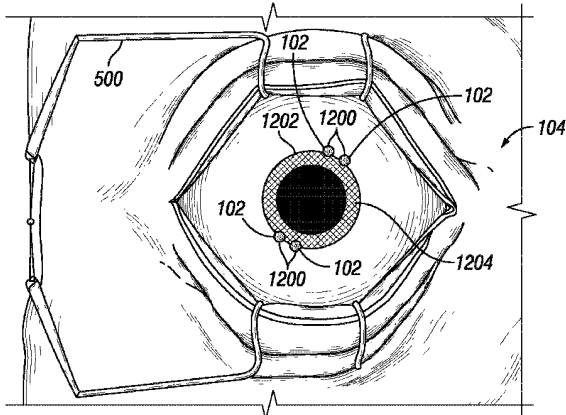


FIG. 12

10

20

30

40

50

【図 1 3】

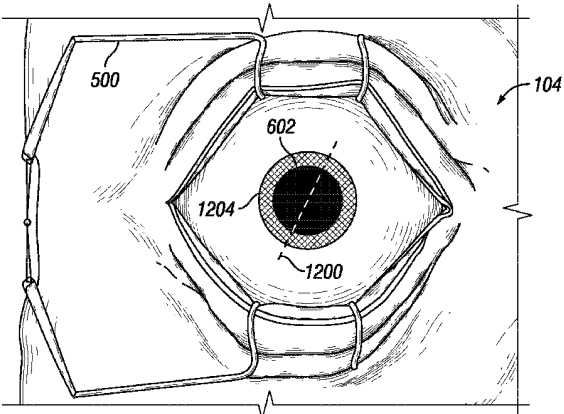


FIG. 13

【図 1 4】

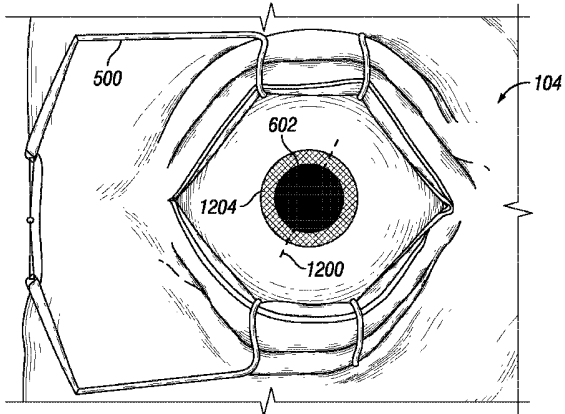


FIG. 14

【図 1 5】

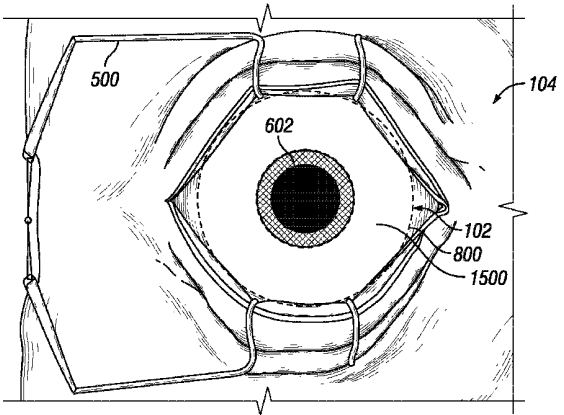


FIG. 15

【図 1 6】

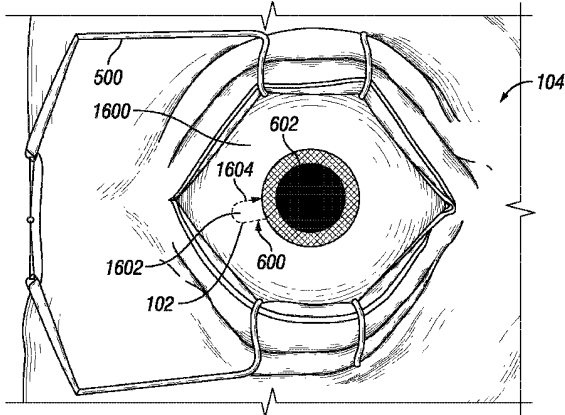


FIG. 16

10

20

30

40

50

【図 17】

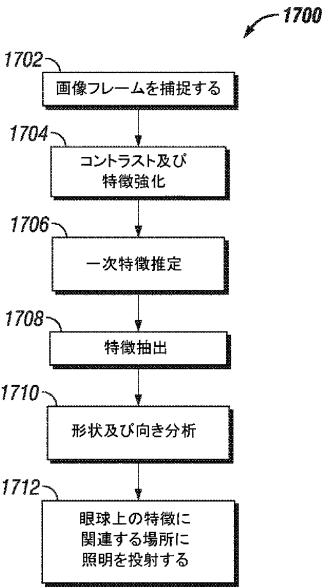


図 17

フロントページの続き

ー／オー アルコン グリースハーバー アクチェンゲゼルシャフト

審査官 白土 博之

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2017/0215726 (US, A1)
特開2004-081830 (JP, A)
国際公開第2011/057065 (WO, A1)
米国特許出願公開第2009/0254070 (US, A1)
米国特許出願公開第2011/0279821 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61F 9/00-9/08