(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2012-508087
(P2012-508087A)
(43)公表日　平成24年4月5日(2012.4.5)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
A61F 9/007	(2006.01)	A61F	9/00	530	4C160
A61B 18/18	(2006.01)	A61B	17/36	340	

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 37 頁）

(21)出願番号	特願2011-536463 (P2011-536463)
(86)(22)出願日	平成21年11月12日 (2009.11.12)
(85)翻訳文提出日	平成23年7月6日 (2011.7.6)
(86)国際出願番号	PCT/US2009/064189
(87)国際公開番号	WO2010/056848
(87)国際公開日	平成22年5月20日 (2010.5.20)
(31)優先権主張番号	61/113,395
(32)優先日	平成20年11月11日 (2008.11.11)
(33)優先権主張国	米国 (US)

(71)出願人　510017365
アヴェドロ・インコーポレーテッド
ＡＶＥＤＲＯ，ＩＮＣ．
アメリカ合衆国、マサチューセッツ　０２４５１、ウォルサム、サード・アベニュー　２３０
(74)代理人　100078662
弁理士　津国　肇
(74)代理人　100131808
弁理士　柳橋　泰雄
(72)発明者　ライアン，トーマス
アメリカ合衆国、マサチューセッツ　０２４５２、ウォルサム、ビショップス・フォレスト・ドライブ　２８４

最終頁に続く

(54)【発明の名称】眼治療システム

(57)【要約】
システムおよび方法は、眼治療の一部として眼に熱発生エネルギーを送出するアプリケータの動作を改善する。例えば、エネルギーを眼に正確且つ精密に送出するために、反射電力を測定してアプリケータと眼との間に十分な接触が確立されているかどうかを判定し得る。それに加えて、アプリケータが眼にエネルギーを送出するときに、順方向電力および反射電力のうち少なくとも一方を測定して、眼内の熱発生を制御する冷却剤パルスの供給を監視し得る。更に、順方向電力および反射電力を測定して、エネルギー伝達の効率またはインピーダンス不整合を判定し得る。エネルギー伝達の効率またはインピーダンス不整合に基づいて、調整エレメントの調整可能なパラメータを変更し得る。

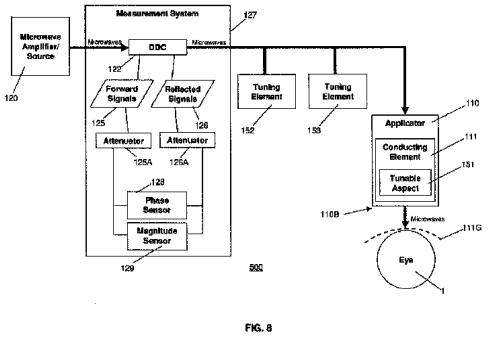


FIG. 8

【特許請求の範囲】
【請求項１】
眼の表面に、または眼の表面に近接してアプリケータの遠位端を配置する工程と、
前記眼に治療を施すために、エネルギー源から前記アプリケータへある程度の量のエネルギーを供給する工程であって、前記アプリケータへ供給される前記エネルギーの第１部分は、前記遠位端を通って前記眼に伝達され、前記アプリケータに供給される前記エネルギーの第２部分は、前記アプリケータの前記遠位端から反射される、工程と、
前記反射されたエネルギーに対応する信号を検出する工程と、
前記信号に基づいて接触量を決定する工程と
を含む、
眼の疾患の治療方法。
【請求項２】
前記接触量に基づいて、前記アプリケータへのエネルギーの供給を中止する工程を更に含む、
請求項１に記載の方法。
【請求項３】
エネルギーの供給を中止した後に、前記眼の表面に向かって前記アプリケータを移動させる工程と、
前記アプリケータへのエネルギーの供給を再開する工程とを更に含む、
請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記接触量は非接触を含む、
請求項１に記載の方法。
【請求項５】
前記反射されたエネルギーに対応する前記信号は電力を有し、前記方法は前記電力の低下を検出する工程を更に含む、
請求項１に記載の方法。
【請求項６】
前記反射されたエネルギーに対応する前記信号は電力を有し、前記方法は前記電力の増加を検出する工程を更に含む、
請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記反射されたエネルギーに対応する前記信号は前記接触量が増加するにつれて減少する電力を有する、
請求項１に記載の方法。
【請求項８】
前記反射されたエネルギーに対応する前記信号は電力を有し、前記方法は前記電力が閾値よりも少ないかどうかを判定する工程を更に含む、
請求項７に記載の方法。
【請求項９】
前記反射されたエネルギーに対応する前記信号は、前記接触量が増加するにつれて増加する電力を有する、
請求項１に記載の方法。
【請求項１０】
前記反射されたエネルギーに対応する前記信号は電力を有し、前記方法は前記電力が閾値よりも大きいかどうかを判定する工程を更に含む、
請求項９に記載の方法。
【請求項１１】
前記反射されたエネルギーに対応する前記信号に基づいて所望の接触量が決定されるまで、前記眼に向かって前記アプリケータを移動させる工程を更に含む、

請求項１に記載の方法。
【請求項１２】
前記アプリケータは、
眼に治療を施すために、前記エネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、
前記伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成され、前記眼に配置可能な接触表面を有するカバーであって、前記接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、前記伝導エレメントからの前記エネルギーは、前記接触表面を通って前記眼に送出可能である、カバーとを含む、
請求項１に記載の方法。
【請求項１３】
前記カバーは、前記伝導エレメントの一部を覆うエンクロージャを形成し、前記アプリケータは更に冷却剤送出システムを含み、前記冷却剤送出システムは、前記カバーの前記接触表面および前記眼を冷却するために、前記エンクロージャ内に冷却剤を送出するよう動作可能であり、前記エンクロージャは前記冷却剤が前記眼と直接接触することを防ぐ、
請求項１２に記載の方法。
【請求項１４】
前記検出は双方向性結合器によって行われる、
請求項１に記載の方法。
【請求項１５】
前記アプリケータに供給される前記エネルギーはマイクロ波エネルギーである、
請求項１に記載の方法。
【請求項１６】
眼に、または眼に近接してアプリケータの遠位端を配置する工程と、
前記眼に治療を施すために、ある程度の量のエネルギーをエネルギー源から前記アプリケータへ供給する工程であって、前記アプリケータに供給された前記エネルギーの第１部分は、前記遠位端を通って前記眼に伝達され、前記アプリケータに供給された前記エネルギーの第２部分は、前記遠位端から反射される、工程と、
前記眼に冷却剤パルスを供給する工程と、
前記アプリケータに供給された前記エネルギー、および前記遠位端から反射された前記エネルギーのうち少なくとも一方に対応する信号を検出する工程であって、前記信号は更に前記冷却剤パルスに対応している、工程と
を含む、
眼の疾患の治療方法。
【請求項１７】
前記アプリケータは、
眼に治療を施すために、前記エネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、
前記伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成され、前記眼に配置可能な接触表面を有するカバーであって、前記接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、前記伝導エレメントからの前記エネルギーは、前記接触表面を通って前記眼に送出可能であり、前記カバーは前記伝導エレメントの一部を覆うエンクロージャを形成する、カバーと、
冷却剤送出システムであって、前記カバーの前記接触表面および前記眼を冷却するために、前記エンクロージャ内に冷却剤を送出するよう動作可能であり、前記エンクロージャは前記冷却剤が前記眼と直接接触することを防ぐ、冷却剤送出システムとを含む、
請求項１６に記載の方法。
【請求項１８】
前記信号は前記アプリケータに供給される前記エネルギーに対応し、前記信号は電力を有し、前記電力は、冷却剤が前記接触表面に送出されると減少する、

請求項１６に記載の方法。
【請求項１９】
前記信号は、前記アプリケータの前記遠位端から反射された前記エネルギーに対応し、前記信号は電力を有し、前記電力は、冷却剤が前記接触表面に送出されると増大する、
請求項１６に記載の方法。
【請求項２０】
前記検出は双方向性結合器によって行われる、
請求項１６に記載の方法。
【請求項２１】
前記アプリケータに供給される前記エネルギーはマイクロ波エネルギーである、
請求項１６に記載の方法。
【請求項２２】
眼に治療を施すために、ある程度の量のエネルギーをエネルギー源からアプリケータの遠位端へ供給する工程であって、前記アプリケータに供給された前記エネルギーの第１部分は、前記遠位端を通って前記眼に伝達され、前記アプリケータに供給された前記エネルギーの第２部分は、前記遠位端から反射される、工程と、
前記アプリケータに供給された前記エネルギーに対応する順方向信号を検出する工程と、
前記反射されたエネルギーに対応する反射信号を検出する工程と、
前記順方向信号および前記反射信号に基づいてエネルギー移動の効率を決定する工程と、
前記エネルギー移動の効率に基づいて、前記アプリケータに対応する調整エレメントの少なくとも１つの調整可能なパラメータを変更する工程と
を含む、
眼の疾患の治療方法。
【請求項２３】
前記エネルギー移動の効率を決定する工程は、前記順方向信号および前記反射信号の大きさの変化および位相変化のうち少なくとも一方を測定する工程を含む、
請求項２２に記載の方法。
【請求項２４】
前記少なくとも１つの調整可能なパラメータはインダクタンスである、
請求項２２に記載の方法。
【請求項２５】
前記少なくとも１つの調整可能なパラメータはキャパシタンスである、
請求項２２に記載の方法。
【請求項２６】
前記少なくとも１つの調整可能なパラメータは、前記エネルギー移動の効率が第１の閾値よりも大きいと判定される場合には変更されない、
請求項２２に記載の方法。
【請求項２７】
前記調整エレメントは、前記アプリケータに並列に電気的に接続されている、
請求項２２に記載の方法。
【請求項２８】
前記調整エレメントは、前記アプリケータと一体化されている、
請求項２２に記載の方法。
【請求項２９】
前記調整エレメントは、内側導体、外側導体および短絡コネクタを含み、前記内側導体および前記外側導体は、間に隙間を有する同心の円筒形状であり、前記短絡コネクタは前記内側導体を前記外側導体に電気的に接続し、前記短絡コネクタは前記隙間内を軸方向に移動可能である、

請求項２２に記載の方法。
【請求項３０】
前記調整エレメントは更に、モータに信号を供給するよう構成されたコントローラを含み、前記モータは、前記短絡コネクタを前記隙間内で機械的に動かすよう構成されている、
請求項２９に記載の方法。
【請求項３１】
前記アプリケータは、
眼に治療を施すために、前記エネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、
前記伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成され、前記眼に配置可能な接触表面を有するカバーであって、前記接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、前記エネルギー伝導エレメントからの前記エネルギーは、前記接触表面を通って前記眼に送出可能である、カバーと
を含む、
請求項２２に記載の方法。
【請求項３２】
双方向性結合器が前記順方向信号および前記反射信号を検出する、
請求項２２に記載の方法。
【請求項３３】
前記アプリケータに供給される前記エネルギーはマイクロ波エネルギーである、
請求項２２に記載の方法。
【請求項３４】
眼に治療を施すために、ある程度の量のエネルギーをエネルギー源からアプリケータの遠位端へ供給する工程であって、前記アプリケータに供給された前記エネルギーの第１部分は、前記遠位端を通って前記眼に伝達され、前記アプリケータに供給された前記エネルギーの第２部分は、前記遠位端から反射される、工程と、
前記アプリケータに供給された前記エネルギーに対応する順方向信号を検出する工程と、
前記反射されたエネルギーに対応する反射信号を検出する工程と、
前記順方向信号および前記反射信号に基づいて前記眼と前記アプリケータの間のインピーダンス不整合を判定する工程と、
前記インピーダンス不整合に基づいて、前記アプリケータに対応する調整エレメントの少なくとも１つの調整可能なパラメータを変更する工程と
を含む、
眼の疾患の治療方法。
【請求項３５】
前記インピーダンス不整合を判定する工程は、前記順方向信号および前記反射信号の大きさの変化および位相変化のうち少なくとも一方を測定する工程を含む、
請求項３４に記載の方法。
【請求項３６】
前記少なくとも１つの調整可能なパラメータはインダクタンスである、
請求項３４に記載の方法。
【請求項３７】
前記少なくとも１つの調整可能なパラメータはキャパシタンスである、
請求項３４に記載の方法。
【請求項３８】
前記少なくとも１つの調整可能なパラメータは、前記インピーダンス不整合が閾値よりも小さいと判定される場合には変更されない、
請求項３４に記載の方法。

【請求項３９】
前記調整エレメントは、前記アプリケータに並列に電気的に接続されている、
請求項３４に記載の方法。
【請求項４０】
前記調整エレメントは、前記アプリケータと一体化されている、
請求項３４に記載の方法。
【請求項４１】
前記調整エレメントは、内側導体、外側導体および短絡コネクタを含み、前記内側導体および前記外側導体は、間に隙間を有する同心の円筒形状であり、前記短絡コネクタは前記内側導体を前記外側導体に電気的に接続し、前記短絡コネクタは前記隙間内を軸方向に移動可能である、
請求項３４に記載の方法。
【請求項４２】
前記アプリケータは、
前記眼に治療を施すために前記エネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、
前記伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成され、前記眼に配置可能な接触表面を有するカバーであって、前記接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、前記エネルギー伝導エレメントからの前記エネルギーは、前記接触表面を通って前記眼に送出可能である、カバーとを含む、
請求項３４に記載の方法。
【請求項４３】
双方向性結合器が前記順方向信号および前記反射信号を検出する、
請求項３４に記載の方法。
【請求項４４】
前記アプリケータに供給される前記エネルギーはマイクロ波エネルギーである、
請求項３４に記載の方法。
【請求項４５】
エネルギー源と、
眼に治療を施すためのアプリケータであって、前記アプリケータは遠位端を有し、前記アプリケータは、前記エネルギー源からある程度の量のエネルギーを受け取るよう構成され、前記アプリケータが受け取った前記エネルギーの第１部分は、前記遠位端を通って前記眼へ伝達され、前記アプリケータが受け取った前記エネルギーの第２部分は、前記アプリケータの前記遠位端から反射される、アプリケータと、
反射したエネルギーに対応する信号を検出するよう構成された双方向性結合器であって、前記信号は更に前記遠位端と前記眼との接触量に対応する、双方向性結合器と
を含む、
眼の疾患の治療システム。
【請求項４６】
前記接触量は非接触を含む、
請求項４５に記載のシステム。
【請求項４７】
前記反射されたエネルギーに対応する前記信号は前記接触量が増加するにつれて減少する電力を有する、
請求項４５に記載のシステム。
【請求項４８】
前記反射されたエネルギーに対応する前記信号は電力を有し、前記システムは更に、前記電力が閾値よりも少ないかどうかを判定するよう構成されたコントローラを含む、
請求項４７に記載のシステム。
【請求項４９】

前記反射されたエネルギーに対応する前記信号は、前記接触量が増加するにつれて増加する電力を有する、
請求項４５に記載のシステム。
【請求項５０】
前記反射されたエネルギーに対応する前記信号は電力を有し、前記システムは更に、前記電力が閾値よりも大きいかどうかを判定するよう構成されたコントローラを含む、
請求項４９に記載のシステム。
【請求項５１】
前記アプリケータは、
眼に治療を施すために、前記エネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、
前記伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成され、前記眼に配置可能な接触表面を有するカバーであって、前記接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、前記伝導エレメントからの前記エネルギーは、前記接触表面を通って前記眼に送出可能である、カバーと
を含む、
請求項４５に記載のシステム。
【請求項５２】
前記カバーは、前記伝導エレメントの一部を覆うエンクロージャを形成し、前記アプリケータは更に冷却剤送出システムを含み、前記冷却剤送出システムは、前記カバーの前記接触表面および前記眼を冷却するために、前記エンクロージャ内に冷却剤を送出するよう動作可能であり、前記エンクロージャは前記冷却剤が前記眼と直接接触することを防ぐ、
請求項５１に記載のシステム。
【請求項５３】
前記アプリケータに供給される前記エネルギーはマイクロ波エネルギーである、
請求項４５に記載のシステム。
【請求項５４】
エネルギー源と、
眼に治療を施すためのアプリケータであって、前記アプリケータは遠位端を有し、前記アプリケータは、前記エネルギー源からある程度の量のエネルギーを受け取るよう構成され、前記アプリケータが受け取る前記エネルギーの第１部分は、前記遠位端を通って前記眼へ伝達され、前記アプリケータが受け取る前記エネルギーの第２部分は、前記アプリケータの前記遠位端から反射される、アプリケータと、
前記眼を冷却する冷却剤を送出するよう動作可能な冷却剤送出システムと、
前記アプリケータが受け取る前記エネルギーおよび前記遠位端から反射した前記エネルギーのうち少なくとも一方を検出するよう構成された双方向性結合器であり、前記信号は更に前記冷却剤パルスに対応する、双方向性結合器と
を含む、
眼の疾患の治療システム。
【請求項５５】
前記アプリケータは、
眼に治療を施すために、前記エネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、
前記伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成され、前記眼に配置可能な接触表面を有するカバーであって、前記接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、前記伝導エレメントからの前記エネルギーは、前記接触表面を通って前記眼に送出可能であり、前記カバーは前記伝導エレメントの一部を覆うエンクロージャを形成する、カバーと、
前記冷却剤送出システムと
を含む、

請求項５４に記載のシステム。
【請求項５６】
前記冷却剤送出システムは、前記カバーの前記接触表面および前記眼を冷却するために、前記エンクロージャ内に冷却剤を送出し、前記エンクロージャは前記冷却剤が前記眼と直接接触することを防ぐ、
請求項５５に記載のシステム。
【請求項５７】
前記信号は前記アプリケータに供給される前記エネルギーに対応し、前記信号は電力を有し、前記電力は、冷却剤が前記接触表面に送出されると減少する、
請求項５４に記載のシステム。
【請求項５８】
前記信号は、前記アプリケータの前記遠位端から反射された前記エネルギーに対応し、前記信号は電力を有し、前記電力は、冷却剤が前記接触表面に送出されると増大する、
請求項５４に記載のシステム。
【請求項５９】
前記信号は前記アプリケータの前記遠位端から反射された前記エネルギーに対応し、前記信号は電力を有し、前記電力は、冷却剤が前記接触表面に送出されると減少する、
請求項５４に記載のシステム。
【請求項６０】
前記アプリケータに供給される前記エネルギーはマイクロ波エネルギーである、
請求項５４に記載のシステム。
【請求項６１】
エネルギー源と、
眼に治療を施すためのアプリケータであって、前記アプリケータは遠位端を有し、前記アプリケータは、前記エネルギー源からある程度の量のエネルギーを受け取るよう構成され、前記アプリケータが受け取る前記エネルギーの第１部分は、前記遠位端を通って前記眼へ伝達され、前記アプリケータが受け取る前記エネルギーの第２部分は、前記アプリケータの前記遠位端から反射される、アプリケータと、
前記アプリケータが受け取った前記エネルギーに対応する順方向信号および前記反射されたエネルギーに対応する反射信号を検出するよう構成された双方向性結合器と、
少なくとも１つの調整可能なパラメータを有する調整エレメントと、
前記順方向信号および前記反射信号に基づいてエネルギー移動の効率を判定するよう構成され、前記エネルギー移動の前記効率に基づいて、前記少なくとも１つの調整可能なパラメータが変更されるよう構成された１つ以上のコントローラと
を含む、
眼の疾患の治療システム。
【請求項６２】
前記順方向信号および前記反射信号に基づいて前記エネルギー移動の効率を判定するために、前記双方向性結合器と電気的に通信する振幅センサおよび位相センサのうちの少なくとも一方を更に含む、
請求項６１に記載のシステム。
【請求項６３】
前記少なくとも１つの調整可能なパラメータはインダクタンスである、
請求項６１に記載のシステム。
【請求項６４】
前記少なくとも１つの調整可能なパラメータはキャパシタンスである、
請求項６１に記載のシステム。
【請求項６５】
前記調整エレメントは、前記アプリケータに並列に電気的に接続されている、
請求項６１に記載のシステム。

【請求項６６】
前記調整エレメントは前記アプリケータと一体化されている、
請求項６１に記載のシステム。
【請求項６７】
前記調整エレメントは、内側導体、外側導体および短絡コネクタを含み、前記内側導体および前記外側導体は、間に隙間を有する同心の円筒形状であり、前記短絡コネクタは前記内側導体を前記外側導体に電気的に接続し、前記短絡コネクタは前記隙間内を軸方向に移動可能である、
請求項６１に記載のシステム。
【請求項６８】
前記調整エレメントは更にモータに信号を提供するよう構成されたコントローラを含み、前記モータは、前記短絡コネクタを前記隙間内で機械的に動かすよう構成されている、
請求項６７に記載のシステム。
【請求項６９】
前記少なくとも１つのコントローラは、前記エネルギー移動の効率が閾値よりも大きいと判定される場合は、前記少なくとも１つの調整可能なパラメータを変更しないよう構成された、
請求項６１に記載のシステム。
【請求項７０】
前記アプリケータは、
眼に治療を施すために、前記エネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、
前記伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成されたカバーであって、前記カバーは、前記眼に配置可能な接触表面を有し、前記接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、前記エネルギー伝導エレメントからの前記エネルギーは、前記接触表面を通って前記眼に送出可能である、カバーと
を含む、
請求項６１に記載のシステム。
【請求項７１】
前記アプリケータに供給される前記エネルギーはマイクロ波エネルギーである、
請求項６１に記載のシステム。
【請求項７２】
エネルギー源と、
眼に治療を施すためのアプリケータであって、前記アプリケータは遠位端を有し、前記アプリケータは、前記エネルギー源からある程度の量のエネルギーを受け取るよう構成され、前記アプリケータが受け取る前記エネルギーの第１部分は、前記遠位端を通って前記眼へ伝達され、前記アプリケータが受け取る前記エネルギーの第２部分は、前記アプリケータの前記遠位端から反射される、アプリケータと、
前記アプリケータが受け取る前記エネルギーに対応する順方向信号および前記反射されたエネルギーに対応する反射信号を検出するよう構成された双方向性結合器と、
少なくとも１つの調整可能なパラメータを有する調整エレメントと、
前記順方向信号および前記反射信号に基づいて前記眼と前記アプリケータとの間のインピーダンス不整合を判定するよう構成され、前記インピーダンス不整合に基づいて、前記少なくとも１つの調整可能なパラメータが変更されるよう構成された１つ以上のコントローラと
を含む、
眼の疾患の治療システム。
【請求項７３】
前記順方向信号および前記反射信号に基づいて前記インピーダンス不整合を判定するために、前記双方向性結合器と電気的に通信する振幅センサおよび位相センサのうちの少な

くとも一方を更に含む、
請求項７２に記載のシステム。
【請求項７４】
前記少なくとも１つの調整可能なパラメータはインダクタンスである、
請求項７２に記載のシステム。
【請求項７５】
前記少なくとも１つの調整可能なパラメータはキャパシタンスである、
請求項７２に記載のシステム。
【請求項７６】
前記少なくとも１つのコントローラは、前記インピーダンス不整合が閾値よりも小さいと判定される場合は、前記少なくとも１つの調整可能なパラメータを変更しないよう構成された、
請求項７２に記載のシステム。
【請求項７７】
前記調整エレメントは、前記アプリケータに並列に電気的に接続されている、
請求項７２に記載のシステム。
【請求項７８】
前記調整エレメントは前記アプリケータと一体化されている、
請求項７２に記載のシステム。
【請求項７９】
前記調整エレメントは、内側導体、外側導体および短絡コネクタを含み、前記内側導体および前記外側導体は、間に隙間を有する同心の円筒形状であり、前記短絡コネクタは前記内側導体を前記外側導体に電気的に接続し、前記短絡コネクタは前記隙間内を軸方向に移動可能である、
請求項７２に記載のシステム。
【請求項８０】
前記アプリケータは、
眼に治療を施すために、前記エネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、
前記伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成されたカバーであって、前記カバーは、前記眼に配置可能な接触表面を有し、前記接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、前記エネルギー伝導エレメントからの前記エネルギーは、前記接触表面を通って前記眼に送出可能である、カバーと
を含む、
請求項７２に記載のシステム。
【請求項８１】
前記アプリケータに供給される前記エネルギーはマイクロ波エネルギーである、
請求項７２に記載のシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
関連出願の相互参照
本出願は、参照により本明細書に組み込まれる、２００８年１１月１１日に出願された米国特許仮出願第６１／１１３，３９５号の優先権を主張する。
【０００２】
発明の背景
技術分野
本発明は、角膜形成術の分野、より詳細には、眼特徴を矯正的に再形成することによって生じる１つ以上の眼の疾患を治療するために構成されたデバイスの適用に関する。
【０００３】

従来技術の説明

種々の眼の疾患、例えば、近視、円錐角膜および遠視は、角膜または眼自体の異常形成を包含する。角膜形成はそのような障害を矯正するために角膜を再形成する。例えば、近視に関しては、角膜が急勾配すぎるか、眼球が長すぎ、それが原因で、眼の屈折力が過大になり、像が網膜の前方に結像する。角膜形成を通じて角膜の形状面を平板化することにより、近視を有する眼の屈折力を低下させ、像を網膜上に適切に結像させる。

【０００４】

レーザー角膜内切削形成（ＬＡＳＩＫ）などの侵襲的外科手術は角膜を再形成するために用いられ得る。しかし、通常、そのような外科手術は術後の治癒期間を必要とする。更に、そのような外科手術は角膜神経の切断によって生じるドライアイ症候群のような合併症を包含し得る。

【０００５】

他方、角膜熱形成術は、角膜の異常形成と関連する障害、例えば、近視、円錐角膜および遠視を有する患者の視力を矯正するために用いられ得る非侵襲的処置である。角膜熱形成術は電気エネルギーをマイクロ波または高周波（ＲＦ）帯で供給することによって行われ得る。特に、マイクロ波角膜熱形成術では、エネルギーを角膜に供給し、角膜温度を上昇させるために近接場マイクロ波アプリケータを用い得る。約６０℃で角膜におけるコラーゲン線維は収縮する。収縮の開始は迅速であり、そしてこの収縮から生じる力は角膜表面を再形成する。従って、円形または輪状パターンでの熱エネルギーの供給は角膜形状を平板化させ、視力を改善し得る。

【発明の概要】

【０００６】

本発明の態様による実施形態は、眼治療の一部として眼に熱発生エネルギーを送出するアプリケータの操作を改善するシステムおよび方法を提供する。例示的な方法は、眼の表面に、または眼の表面に近接して、アプリケータの遠位端を配置すること、眼に治療を施すために、エネルギー源からアプリケータへある程度の量のエネルギーを供給し、アプリケータへ供給されるエネルギーの第１部分は、遠位端を通って眼に伝達され、アプリケータに供給されるエネルギーの第２部分は、アプリケータの遠位端から反射されること、反射されたエネルギーに対応する信号を検出すること、そして該信号に基づいて接触量を決定することを含んでいる。対応する例示的なシステムは、エネルギー源、アプリケータおよび双方向性結合器を含み、このシステムの構成部品のうち１つ以上の構成部品は、この方法の１つ以上の工程を実行するよう構成されている。

【０００７】

例示的な方法は更に、接触量に基づいてアプリケータへのエネルギーの供給を中止する工程；エネルギーの供給を中止した後に、眼の表面に向かってアプリケータを移動させ、そしてアプリケータへのエネルギーの供給を再開する工程；および反射されたエネルギーに対応する信号に基づいて、所望の接触量が決定されるまで、眼に向かってアプリケータを移動させる工程；のうち１つ以上の工程を含み得る。

【０００８】

例示的な方法は更に、接触量は非接触を含むこと；反射されたエネルギーに対応する信号は電力を有し、そしてこの方法は更に、該電力の低下を検出することを含むこと；反射されたエネルギーに対応する信号は電力を有し、そしてこの方法は更に、該電力の増加を検出することを含むこと；反射されたエネルギーに対応する信号は、接触量が増加するにつれて減少する電力を有すること；反射されたエネルギーに対応する信号は電力を有し、この方法は更に、その電力が閾値よりも小さいかどうかを判定することを含んでいること；反射されたエネルギーに対応する信号は、接触量が増加するにつれて増加する電力を有していること；反射されたエネルギーに対応する信号は電力を有し、この方法は更に、該電力が閾値よりも大きいかどうかを判定することを含んでいること；アプリケータは、眼に治療を施すために、エネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成され、眼に配置可能な接触表

面を有するカバーであって、接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、伝導エレメントからのエネルギーは該接触表面を通って眼に送出可能であるカバーとを含んでいること；カバーは、伝導エレメントの一部を覆うエンクロージャを形成し、アプリケータは更に、冷却剤送出システムを含み、該冷却剤送出システムは、カバーの接触表面および眼を冷却するために、エンクロージャ内に冷却剤を送出するよう動作可能であり、そしてエンクロージャは冷却剤が眼と直接接触することを防ぐこと；双方向性結合器によって検出が行われること；そしてアプリケータに供給されるエネルギーはマイクロ波エネルギーであること：という特徴のうち１つ以上の特徴を含み得る。

【０００９】

別の例示的な方法は、眼に、または眼に近接して、アプリケータの遠位端を配置すること、眼に治療を施すために、ある程度の量のエネルギーをエネルギー源からアプリケータへ供給し、アプリケータに供給されたエネルギーの第１部分は、遠位端を通って眼に伝達され、アプリケータに供給されたエネルギーの第２部分は、該遠位端から反射されること、眼に冷却剤パルスを供給すること、そしてアプリケータに供給されたエネルギーおよび遠位端から反射されたエネルギーのうち少なくとも一方に対応する信号を検出し、該信号は更に冷却剤パルスに対応していること、を含んでいる。対応する例示的なシステムは、エネルギー源、アプリケータ、眼を冷却するために冷却剤を送出するよう動作可能な冷却剤送出システム、および双方向性結合器を含み、システムの構成部品のうち１つ以上の構成部品は、方法の１つ以上の工程を実行するよう構成されている。

【００１０】

例示的な方法は更に、アプリケータは、眼に治療を施すためにエネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成され、眼に配置可能な接触表面を有するカバーであって、接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、伝導エレメントからのエネルギーは、該接触表面を通って眼に送出可能であり、伝導エレメントの一部を覆うエンクロージャを形成するカバーと、カバーの接触表面および眼を冷却するためにエンクロージャ内に冷却剤を送出するよう動作可能であり、そして、エンクロージャは、冷却剤が眼と直接接触することを防ぐ、冷却剤送出システムとを含んでいること；信号はアプリケータに供給されるエネルギーに対応し、信号は電力を有し、電力は、冷却剤が接触表面に送出されると減少すること；信号は、アプリケータの遠位端から反射されたエネルギーに対応し、信号は電力を有し、電力は、冷却剤が接触表面に送出されると増大すること；検出は双方向性結合器によってなされること；そして、アプリケータに供給されるエネルギーはマイクロ波エネルギーであること；という特徴のうち１つ以上の特徴を含んでもよい。

【００１１】

更に別の方法は、眼に治療を施すために、ある程度の量のエネルギーをエネルギー源からアプリケータの遠位端へ供給し、アプリケータに供給されたエネルギーの第１部分は、遠位端を通って眼に伝達され、アプリケータに供給されたエネルギーの第２部分は、該遠位端から反射されること、アプリケータに供給されたエネルギーに対応する順方向信号を検出すること、反射されたエネルギーに対応する反射信号を検出すること、順方向信号および反射信号に基づいてエネルギー移動の効率を判定すること、そして、エネルギー移動の効率に基づいて、アプリケータに対応する調整エレメントの少なくとも１つの調整可能なパラメータを変更することを含んでいる。対応する例示的なシステムは、エネルギー源、アプリケータ、双方向性結合器、調整エレメントおよび１つ以上のコントローラを含み、システムの構成部品のうち１つ以上の構成部品は、方法の１つ以上の工程を実行するよう構成されている。

【００１２】

方法は更に、エネルギー移動の効率を判定することは、順方向信号および反射信号の大きさの変化および位相変化のうち少なくとも一方を測定することを含むこと；少なくとも１つの調整可能なパラメータはインダクタンスであること；少なくとも１つの調整可能なパラメータはキャパシタンスであること；少なくとも１つの調整可能なパラメータは、エ

ネルギー移動の効率が第１の閾値よりも大きいと判定される場合には変更されないこと；調整エレメントは、アプリケータに並列に電気的に接続されていること；調整エレメントは、アプリケータと一体化されていること；調整エレメントは、内側導体、外側導体および短絡コネクタを含み、内側導体および外側導体は、間に隙間を有する同心の円筒形状であり、短絡コネクタは内側導体を外側導体に電気的に接続し、短絡コネクタは隙間内を軸方向に移動可能であること；調整エレメントは更に、モータに信号を供給するよう構成されたコントローラを含み、モータは、短絡コネクタを隙間内で機械的に動かすよう構成されていること；アプリケータは、眼に治療を施すためにエネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成され、眼に配置可能な接触表面を有するカバーであって、接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、エネルギー伝導エレメントからのエネルギーは、接触表面を通って眼に送出可能であるカバーとを含んでいること；双方向性結合器は、順方向信号および反射信号を検出すること；そして、アプリケータに供給されるエネルギーはマイクロ波エネルギーであること；という特徴のうち１つ以上の特徴を含み得る。

【００１３】

更なる方法は、眼に治療を施すために、ある程度の量のエネルギーをエネルギー源からアプリケータの遠位端へ供給し、アプリケータに供給されたエネルギーの第１部分は、遠位端を通って眼に伝達され、アプリケータに供給されたエネルギーの第２部分は、遠位端から反射されること、アプリケータに供給されたエネルギーに対応する順方向信号を検出すること、反射されたエネルギーに対応する反射信号を検出すること、順方向信号および反射信号に基づいて眼とアプリケータの間のインピーダンス不整合を判定すること、そして、インピーダンス不整合に基づいて、アプリケータに対応する調整エレメントの少なくとも１つの調整可能なパラメータを変更することを含んでいる。対応する例示的なシステムは、エネルギー源、双方向性結合器、調整エレメントおよび１つ以上のコントローラを含み、システムの構成部品のうち１つ以上の構成部品は、この方法の１つ以上の工程を実行するよう構成されている。

【００１４】

例示的な方法は更に、インピーダンス不整合を判定することは、順方向信号および反射信号の大きさの変化および位相変化のうち少なくとも一方を測定することを含むこと；少なくとも１つの調整可能なパラメータはインダクタンスであること；少なくとも１つの調整可能なパラメータはキャパシタンスであること；少なくとも１つの調整可能なパラメータは、インピーダンス不整合が閾値よりも小さいと判定される場合には変更されないこと；調整エレメントは、アプリケータに並列に電気的に接続されていること；調整エレメントは、アプリケータと一体化されていること；調整エレメントは、内側導体、外側導体および短絡コネクタを含み、内側導体および外側導体は、間に隙間を有する同心の円筒形状であり、短絡コネクタは内側導体を外側導体に電気的に接続し、短絡コネクタは隙間内を軸方向に移動可能であること；アプリケータは、眼に治療を施すためにエネルギー源からエネルギーを伝えるよう構成された伝導エレメントと、伝導エレメントに着脱可能に取り付けられるよう構成され、眼に配置可能な接触表面を有するカバーであって、接触表面の少なくとも一部は１つ以上の誘電体を含み、エネルギー伝導エレメントからのエネルギーは、該接触表面を通って眼に送出可能であるカバーとを含んでいること；双方向性結合器は、順方向信号および反射信号を検出すること；そして、アプリケータに供給されるエネルギーはマイクロ波エネルギーであること；という特徴のうち１つ以上の特徴を含んでもよい。

【００１５】

本発明のこれらおよび他の態様は、添付図面と併せて見ると、以下の本発明の好ましい実施形態の詳細な説明からより明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】眼の角膜に熱を加えて角膜を再形成させるためのシステムを示す図である。

【図２Ａ】熱を加えた後の角膜の高解像画像を示す図である。
【図２Ｂ】図２Ａの角膜の別の高解像度画像を示す図である。
【図２Ｃ】図２Ａの角膜の組織構造画像を示す図である。
【図２Ｄ】図２Ａの角膜の別の組織構造画像を示す図である。
【図３】本発明の態様による、電気エネルギー伝導エレメントと眼との間の接触を判定するシステムの例示的な構成を示す図である。
【図４】本発明の態様による、エネルギー伝導エレメントが配置される場合における、眼に対するエネルギー伝導エレメントの位置の関数としての、反射電力の例示的なグラフである。
【図５】本発明の態様による、冷却剤パルスが送出される場合に、どのように順方向電力が変化するかを示した、時間の関数としての順方向電力の例示的なグラフである。
【図６】本発明の態様による、冷却剤パルスが送出される場合に、どのように反射電力が変化するかを示した、図５で示された結果に対応する、時間の関数としての反射電力の例示的なグラフである。
【図７Ａ】本発明の態様による、調整エレメントのブロック図である。
【図７Ｂ】本発明の態様による、調整エレメントの一実施形態の斜視図である。
【図７Ｃ】本発明の態様による、調整エレメントの一実施形態の断面図である。
【図８】本発明の態様による、眼の電気的特性を測定するためのシステムの例示的な構成を示す図である。
【図９】本発明の態様による、アプリケータの調整可能要素を調整する方法の一実施例を示したフローチャートである。
【図１０】本発明の態様による、少なくとも１つの調整エレメントを調整する方法の一実施例を示したフローチャートである。
【図１１】本発明の態様による、眼へのエネルギー伝導エレメントの近接を監視する方法の一実施形態を示す図である。
【図１２】本発明の態様による、単一の調整スタブの長さを変化させる場合の、アプリケータの効率の例示的なグラフである。
【図１３】本発明の態様による、調整スタブの異なる位置に対する反射電力の例示的なグラフである。
【図１４】本発明の態様による、電極が角膜に向かって進む際の反射電力の例示的なグラフである。
【図１５】本発明の態様による、本明細書で説明した、固定された単一または二重の調整スタブの代わりに、またはそれに加えて、調整目的で使用され得る調整可能なパラメータを備えた例示的な回路を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
本明細書で説明する実施形態は、眼治療の一部として眼に熱発生エネルギーを送出するアプリケータの操作を改善するシステムおよび方法に関する。例えば、エネルギーを眼に正確且つ精密に送出するために、反射電力を測定してアプリケータと眼との間で十分な接触が確立されているかどうかを判定する。更に、アプリケータが眼にエネルギーを送出するときに、順方向電力および反射電力のうち少なくとも一方を測定して、眼内の熱発生を制御する冷却剤パルスの供給を監視する。
【００１８】
次に、図面を参照すると、複数の図面を通して同様の参照符号は同様の構成要素を示す。図１は、眼１の角膜２に熱を加えて角膜を再形成する、例示的なシステムを示している。特に、図１は、例えば、従来の導電ケーブルを介して、電気エネルギー源１２０に動作可能に接続される電気エネルギー伝導エレメント１１１を備えたアプリケータ１１０を示している。電気エネルギー伝導エレメント１１１は、アプリケータ１１０の近位端１１０Ａから遠位端１１０Ｂへ延伸される。電気エネルギー伝導エレメント１１１は、遠位端１１０Ｂに配置された角膜２に熱エネルギーを供給するために、源１２０から遠位端１１０

Ｂに電気エネルギーを伝導する。特に、電気エネルギー源１２０は、マイクロ波エネルギーを発生するためのマイクロ波発振器を含み得る。例えば、該発振器は、マイクロ波周波数範囲４００ＭＨｚ～３０００ＭＨｚ、より具体的には他の用途において安全に用いられている約９１５または約２４５０ＭＨｚの周波数で作動し得る。本明細書で用いられる用語「マイクロ波」は約１０ＭＨｚ～約１０ＧＨｚの周波数範囲に対応する。

【００１９】

図１に更に示されるように、電気エネルギー伝導エレメント１１１は、アプリケータ１１０の近位端１１０Ａから遠位端１１０Ｂへ延伸される２つのマイクロ波導体１１１Ａおよび１１１Ｂを含み得る。特に、導体１１１Ａは実質的に円筒形状の外側導体でよく、一方、導体１１１Ｂは導体１１１Ａを通して延伸される内側通路を通して延伸される実質的に円筒形状の内側導体でよい。内側通路に関し、導体１１１Ａは実質的に管状形状を有する。内側および外側導体１１１Ａ、１１１Ｂは、例えば、アルミニウム、ステンレス鋼、黄銅、銅、他の金属、被覆金属、金属被膜プラスチックまたは他の任意の好適な伝導材料から形成され得る。

【００２０】

導体１１１Ａおよび１１１Ｂを同心に配置することに関し、選択された距離の実質的に環状の間隙１１１Ｃが導体１１１Ａおよび１１１Ｂの間に画定される。環状間隙１１１Ｃは近位端１１０Ａから遠位端１１０Ｂへ延伸される。導体１１１Ａおよび１１１Ｂを分離するために環状間隙１１１Ｃの部分に誘電体１１１Ｄが用いられ得る。導体１１１Ａおよび１１１Ｂの間の環状間隙１１１Ｃの距離は、確立したマイクロ波場理論に従って角膜２へのマイクロ波エネルギーの侵入深さを規定する。従って、マイクロ波伝導エレメント１１１は近位端１１０Ａにおいて電気エネルギー源１２０によって生じる電気エネルギーを受け取り、マイクロ波エネルギーを角膜２が配置された遠位端１１１Ｂへ導く。

【００２１】

好ましくは、内側導体１１１Ｂの外径は瞳孔より大きい。一般に、内側導体１１１Ｂの外径は、マイクロ波エネルギーへの暴露によって誘導される角膜形状の適切な変化、即ち、角膜曲率測定を実現できるように選択され得る。一方、外側導体１１１Ａの内径は、導体１１１Ａおよび１１１Ｂの間の所望の間隙を得るように選択され得る。例えば、内側導体１１１Ｂの外径は約２ｍｍ～約１０ｍｍの範囲であり、一方、外側導体１１１Ａの内径は約２．１ｍｍ～約１２ｍｍの範囲である。一部のシステムでは、環状間隙１１１Ｃは、アプリケータ１１０による熱の供給時に角膜の内皮層（後面）の上昇した温度への暴露を最小限にするため、十分に狭く、例えば、約０．１ｍｍ～約２．０ｍｍの範囲でもよい。

【００２２】

コントローラ１４０は任意の所定のまたは計算されたシーケンスに従って任意の回数、エネルギーを選択的に供給するために用いられ得る。加えて、熱は任意の時間長供給され得る。更に、供給される熱の高さも変更され得る。熱の供給のそのようなパラメータの調整は、角膜２内にもたらされる変化の程度を決定する。当然ながら、システムは、角膜２における変化を選択領域において、コラーゲン線維の適切な量の収縮に限定するようにする。例えば、アプリケータ１１０を用いて角膜２に熱を生じさせるためにマイクロ波エネルギーを用いる際、マイクロ波エネルギーは低出力（約４０Ｗ）且つ長いパルス長（約１秒）で供給され得る。しかし、他のシステムは短いパルスでマイクロ波エネルギーを供給し得る。特に、角膜における熱拡散時間より短い時間でマイクロ波エネルギーを供給することは有利であり得る。例えば、マイクロ波エネルギーは５００Ｗ～３ＫＷの範囲の高出力および約１０ミリ秒～約１秒の範囲のパルス時間を有するパルスで供給され得る。

【００２３】

再度図１を参照すると、各導体１１１Ａおよび１１１Ｂの少なくとも一部は、角膜表面（上皮）２Ａと導体１１１Ａおよび１１１Ｂとの間の接触領域における電流の密度を最小化するために電気絶縁体で覆われ得る。一部のシステムでは、導体１１１Ａおよび１１１Ｂまたはその少なくとも一部は、電気絶縁体および熱導体として機能し得る材料で被覆され得る。さもなければ導体１１１Ａおよび１１１Ｂを介して角膜２に流入する伝導電流か

ら角膜２を保護するため、アプリケータ１１０の遠位端１１１Ｂに沿って誘電体層１１０Ｄが用いられ得る。そのような電流は角膜２において望ましくない温度作用を生じさせ、角膜２の中深度領域２Ｂにおけるコラーゲン線維内を最大温度にすることを妨ぎ得る。従って、誘電体層１１０Ｄは導体１１１Ａおよび１１１Ｂと角膜２との間に配置される。誘電体層１１０Ｄはマイクロ波放出への干渉を最小限にするために十分に薄く、伝導電流フローによる電気エネルギーの皮層滞留を防止するほどに厚い。例えば、誘電体層１１０Ｄは０．００２インチの厚さに堆積される生体適合性材料でよい。一般に、挿入層が角膜２におけるマイクロ波照射の強度および透過に実質的に干渉せず、マイクロ波の十分な透過および角膜２における所望の加熱パターンの生成を妨げない限り、導体１１１Ａおよび１１１Ｂと角膜２との間に誘電体層１１０Ｄのような挿入層が用いられ得る。誘電体は弾性であってよい（例えば、ポリウレタンおよびサイラスティックまたは非弾性、例えば、Ｔｅｆｌｏｎ（登録商標）およびポリイミド）。誘電体は固定誘電率または、材料を混合し、もしくはシートにドープ塗料を塗ることによって可変誘電率を有し得、可変誘電体はカスタマイズ化されてマイクロ波加熱パターンに影響を与え得るように空間的に分布される。材料の熱伝導性は固定熱特性（熱伝導性または比熱）を有し得、または材料の混合もしくはドーピングを通じて空間的に変動もし、従って、所定の方法で加熱パターンを変化させる手段を提供し得る。加熱パターンを空間的に変更させる別の手法は、可変厚さの誘電シート材料を作製することである。より厚い領域はより薄い領域に比べて加熱が小さく、マイクロ波加熱の空間分布の更なる手段を提供する。

【００２４】

操作時にアプリケータ１１０の遠位端１１０Ｂは図１に示されるように角膜表面２Ａにまたはその近傍に配置される。好ましくは、アプリケータ１１０は角膜表面２Ａと直接接触する。特に、そのような直接接触は導体１１１Ａおよび１１１Ｂを角膜表面２Ａに（または、導体１１１Ａおよび１１１Ｂと角膜表面２Ａとの間に薄い挿入層がある場合、角膜表面２Ａの実質的近傍に）配置する。従って、直接接触は、角膜組織におけるマイクロ波加熱のパターンが２つのマイクロ波導体１１１Ａおよび１１１Ｂ間の間隙１１１Ｃと実質的に同じ形状および寸法を有することを確実にする。

【００２５】

図１に示されているように、エネルギー伝導エレメント１１１は、角膜表面２Ａと直接接触する接触表面１１１Ｇを含む。場合によっては、例えば、内側電極１１１Ｂが、外側導体１１１Ａの内側通路内に凹んでいる場合には、外側導体１１１Ａは、眼１との十分な接触が得られるが、内側電極１１１Ｂは十分な接触が得られない。

【００２６】

一般に、角膜２へのエネルギーの供給は、部分的には、角膜表面２Ａに対する接触表面１１１Ｇの位置に依存する。結果として、エネルギーを角膜２へ確実に供給するために、実施形態では、確実に、接触表面１１１Ｇまたはその一部が、角膜表面２Ａと接触するように配置する。このようにして、エネルギー伝導エレメント１１１と角膜２との間の関係は、より確定されたものとなり、そして、その結果としてのエネルギー送出がより予測可能および正確になる。更に、アプリケータ１１０が角膜表面２Ａと直接接触する場合には安全性が高くなり、そしてエネルギーが、良好な接触状態にあるシステムに主に伝達される。従って、十分な接触がない場合には、エネルギー伝導エレメント１１１を介してエネルギーを送出しないことが好ましい。

【００２７】

一部の実施形態では、十分な接触は、角膜の観測可能な量の平板化即ち圧平を生じさせることによって決定される。圧平によって、角膜表面２Ａに対して、一定および均一な圧力を加える。例えば、図１で示されているように、アプリケータ１１０は、接触表面１１１Ｇが角膜２を平板化するように、角膜表面２Ａに対してエネルギー伝導エレメント１１１を配置できる。角膜表面２Ａと接触する接触表面１１１Ｇまたはその一部が図１では実質的に平坦に示されているが、接触表面１１１Ｇは、所望の接触を得る他の方法で、形状を形成されてもよく、例えば輪郭に沿って形成されてもよいことが理解される。本明細書

で説明する圧平は、特に、接触表面１１１Ｇと角膜表面２Ａとの間の電気接触および熱接触を改善することによって、眼治療法に精密性と正確性を加える。

【００２８】

エネルギー伝導エレメントと角膜表面との間の電気接触および熱接触を改善する他のシステムおよび方法は、２００８年１月２３日に出願された米国特許出願第１２／０１８，４５７号の一部継続出願である、２００８年９月１１日に出願された米国特許出願第１２／２０９，１２３号に記載され、これらの出願の内容は参照により本明細書に組み込まれる。

【００２９】

また、図１が示すように、アプリケータ１１０は微小制御冷却剤送出システム１１２を含み得る。微小制御冷却剤送出システム１１２は冷却剤供給部（図示せず）と流体連通し、そして冷却剤供給部からの冷却剤または寒剤のパルスは、電気エネルギー源１２０および電気エネルギー伝導エレメント１１１によってエネルギーが角膜２に供給される前、供給時および供給後に角膜表面２Ａに供給され得る。そのようなものとして、アプリケータ１１０は、遠位端１１０Ｂに配置された角膜２の表面２Ａを選択的に冷却するように冷却剤を適用するために用いられ得る。角膜２への熱の供給に続いて、冷却剤送出システム１１２から角膜表面２Ａに向かって冷却剤を送出すると、角膜温度が上昇し、標的にされた中深度領域２Ｂにおけるコラーゲン線維の適切な収縮を発生させ、そして角膜２を再形成するが、それでも尚、角膜２の外層２Ａ、即ち、上皮への損傷は最小限に抑えられる。

【００３０】

冷却剤送出システム１１２は、遠位端１１０Ｂに向かった開口部１１２Ｂを有するノズル構造体１１２Ａを有し得る。図１は、１つのノズル構造体１１２Ａを示すが、冷却剤送出システム１１２は、例えば、環状間隙１１１Ｃ内に外周方向に配置された複数のノズル構造体１１２Ａを含み得る。図１はノズル構造体１１２Ａを示すが、他の実施形態は、眼１の表面２Ａまたは他の領域に冷却剤を送出するために、他のタイプの出口またはポートを用い得る。

【００３１】

更に、アプリケータ１１０は、角膜表面２Ａと接触して配置される遠位端１１０Ｂで、実質的に密閉されたアセンブリを形成し得る。図１に示されるように、この密閉されたアセンブリはエネルギー伝導エレメント１１１および冷却剤送出システム１１２を収容し得る。一部の実施形態では、誘電体層１１０Ｄは、アプリケータ１１０の遠位端１１０Ｂを実質的に囲む膜状層を提供し得る。この場合、冷却剤送出システム１１２は、眼１に直接ではなく、その膜に冷却剤を適用する。

【００３２】

コントローラ１４０はまた、冷却剤送出システム１１２およびエネルギー源１２０に動作可能に接続され得る。そのようにして、コントローラ１４０は、冷却剤送出システム１１２から遠位端１１０Ｂにおける角膜表面２Ａに向けて送出される冷却剤の量およびタイミングを決定するために用いられ得る。コントローラ１４０は、所定のまたは計算されたシーケンスに従って任意の回数、熱および冷却剤を選択的に適用するために用いられ得る。例えば、冷却剤は角膜２への熱の供給前、供給時または供給後、またはその任意の組み合わせ時に角膜表面２Ａに適用され得る。

【００３３】

一部の実施形態では、冷却剤送出システム１１２は送出ノズル１１２Ａと組み合わせて電磁弁を用い得る。周知のように、電磁弁は、電線コイルに流れる電流を供給または停止し、従って、弁の状態を変化させることによって制御される、液体または気体で用いる電気機械的弁である。そのようなものとして、コントローラ１４０は電磁弁の作動を電子的に制御し、送出ノズル１１２Ａを通じて冷却剤を角膜表面２Ａへ送出し得る。しかし、他の実施形態では、電磁弁の代わりに他のタイプのアクチュエータまたは送出ノズル１１２Ａを通じて冷却剤を送出する別の技法を用い得る。

【００３４】

図１の実施形態の作動時、コントローラ１４０は、角膜２への熱の供給前に角膜表面２Ａへの冷却剤の微小制御パルスの供給を始動させるために用いられ得る。冷却剤のパルスまたは噴出は、所定の短時間だけ角膜表面２Ａに供給され、そのため、冷却剤は概して角膜表面２Ａに局在したままであると同時に、より深い角膜コラーゲン線維２Ｂの温度は実質的に変化しないままである。好ましくは、パルスは約数十ミリ秒であり、１００ミリ秒未満である。角膜表面への冷却剤の送出はコントローラ１４０によって制御され、１ミリ秒未満であり得る。更に、冷却剤の適用と熱の供給との間の時間もコントローラ１４０によって制御され、やはり１ミリ秒未満であり得る。一般に、冷却剤パルスは角膜２への熱の供給に対応する角膜表面２Ａの領域に及ぶ。冷却領域の形状、サイズおよび配置は用途により変動し得る。

【００３５】

有利には、角膜２への熱の供給前の角膜表面２Ａへの冷却剤の局所送出は、熱が供給される際に角膜表面２Ａにおいて生じる温度を最小化し、これにより、角膜表面２Ａへの熱誘導損傷を最小化する。言い換えると、冷却剤は角膜表面２Ａの温度を低下させ、そのため、熱暴露時または熱暴露直後に角膜表面２Ａにおいて出する最大表面温度も、熱暴露前に冷却剤が適用されない場合と比べて同等の大きさだけ低下する。冷却剤の適用がないと、角膜表面２Ａにおける温度は、表面－大気接触面近傍で捕捉された熱の緩慢な消散から生じる持続的な表面加熱によって熱暴露時または熱暴露直後に上昇する。

【００３６】

熱暴露直後の角膜表面２Ａにおいて認められる温度は暴露前の冷却剤の適用によって低下するが、表面２Ａ下の角膜領域２Ｂにおいて生じる熱が冷却表面２Ａに向かって拡散するにつれて遅延した熱波が暴露後に角膜表面２Ａに出し得る。大気は優れた熱絶縁物であるため、角膜表面２Ａから周囲大気への熱伝達は少ないと考えられる。熱の供給後に冷却しないと、角膜表面２Ａ下の領域２Ｂから拡散する熱は角膜表面２Ａ近傍に蓄積し、熱の供給後に持続し得る表面温度の上昇を生じさせる。角膜表面２Ａ近傍に蓄積する熱は最終的に熱拡散および血液灌流による冷却を通じて消散し得るが、そのような消散は数秒かかり得る。冷却剤の追加適用によるこの熱のより即時の除去は、角膜表面２Ａへの熱関連損傷の可能性を最小限にする。従って、本発明の実施形態では、熱暴露直前の冷却剤のパルスのみならず、その後の冷却剤の１つ以上のパルスも用い得る。従って、図１の実施形態の更なる作動では、コントローラ１４０は、アプリケータ１１０が熱を角膜２に供給するとき、または供給した後またはその任意の組み合わせ時に冷却剤の微小制御パルスを供給するためにも用いられ得る。この冷却剤の適用は、中深度の角膜領域２Ｂから角膜表面２Ａに拡散する熱を迅速に除去する。

【００３７】

冷却剤送出システム１１２が冷却剤のパルスを角膜表面２Ａに送出すると、角膜表面２Ａ上の冷却剤は表面２Ａから熱を吸収し、冷却剤を蒸発させる。一般に、表面２Ａに適用される冷却剤は表面２Ａにおいてヒートシンクを生じさせ、角膜２への熱の供給前、供給時および供給後に熱の除去をもたらす。ヒートシンクは液体寒剤が表面２Ａ上に残存する限り存続する。ヒートシンクは領域２Ｂでコラーゲン線維を冷却せずに表面２Ａで捕捉熱を迅速に除去することができる。角膜２から熱を吸収する因子は表面２Ａ近傍に形成される温度勾配である。勾配が急であるほど、所与の熱量はより速く除去される。従って、冷却剤の適用は、できる限り速やかに大きな表面温度の低下を生じさせようとするものである。

【００３８】

冷却される表面２Ａがヒートシンクを提供するため、角膜表面２Ａに適用される冷却剤の量および時間は、角膜表面２Ａの下にある領域に入り、その領域に留まる熱の量に影響する。従って、冷却剤の量および時間を制御することにより、角膜の加熱の深度を制御する方法が得られ、標的にされたコラーゲン線維の外側の領域への熱の供給を最小限にすると同時に、中深度領域２Ｂにおける標的にされたコラーゲン線維の十分な加熱を促進する。

【００３９】
一般に、角膜表面２Ａの動的冷却は、（１）冷却パルスの持続時間；（２）多重パルスのデューティサイクル；（３）蒸発冷却の効果が最大化されるような角膜表面２Ａに放出する冷却剤の量；および（４）熱供給に対する動的冷却のタイミングを制御することによって最適化され得る。例えば、単一のパルスタイミングは８０ｍｓ熱パルスおよび加熱パルスの開始、最中もしくは終了時の４０ｍｓ冷却パルスの供給を含み得る。別の実施例では、１０ｍｓオンおよび１０ｍｓオフのパターンに従って多重冷却パルスが供給され得、これらの４パルスは合計４０ｍｓの冷却を与えるが、タイミングは異なる。
【００４０】
一部の実施形態では、冷却剤は、約－２６．５℃の沸点を有し、環境適合性があり、非毒性且つ不燃性のフレオン代替物である寒剤テトラフルオロエタン$C_2H_2F_4$でよい。冷却剤送出システム１１２から放出される低温パルスは、蒸発によって冷却される寒剤の液滴および蒸気の断熱膨張によって形成されるミストを含み得る。
【００４１】
一般に、冷却剤は以下のうちの１つ以上を提供するように選択され得る：（１）角膜表面２Ａとの良好な表面接触を維持するのに十分な付着；（２）角膜表面２Ａが熱供給前に極めて迅速に冷却され得るような高熱伝導性；（３）表面において大きな温度勾配を形成するための低沸点；（４）角膜表面２Ａの蒸発冷却を維持するための蒸発の高潜熱；および（５）健康もしくは環境上の無害作用。テトラフルオロエタンの使用は上記基準を満たし得るが、本発明の実施形態は特定の寒剤に限定されず、また、他の冷却剤、例えば、液体窒素、アルゴンなどが同様の結果を得るために用いられ得ることが理解される。例えば、一部の実施形態では、およその体温３７℃未満の沸点を有する他の液体冷却剤が用いられ得る。更に、冷却剤は液体でなくともよく、一部の実施形態では気体形態を有し得る。そのようなものとして、冷却剤のパルスは冷却気体のパルスでもよい。例えば、冷却剤は窒素（N_2）ガスまたは二酸化炭素（CO_2）ガスでよい。
【００４２】
前述のように、コントローラ１４０は、任意の所定のまたは計算されたシーケンスに従って任意の回数だけ、熱および冷却剤パルスを選択的に供給するために用いられ得る。加えて、熱および冷却剤のパルスは任意の時間長供給され得る。更に、供給される熱の大きさも変更され得る。熱および冷却剤のパルスの供給のそのようなパラメータの調整は、角膜２内にもたらされる変化の程度を決定する。当然ながら、上述のように、本発明の実施形態では、角膜２における変化を選択されたコラーゲン線維の適切な量の収縮に限定するようにする。例えば、アプリケータ１１０を用いて角膜２に熱を生じさせるためにマイクロ波エネルギーを用いる際、マイクロ波エネルギーは低出力（約４０Ｗ）且つ長いパルス長（約１秒）で供給され得る。しかし、他の実施形態では短いパルスでマイクロ波エネルギーを供給し得る。特に、角膜における熱拡散時間より短い時間でマイクロ波エネルギーを供給することは有利であり得る。例えば、マイクロ波エネルギーは３００Ｗ～３ｋＷの範囲の高出力および約２ミリ秒～約１秒の範囲のパルス持続時間を有するパルスで供給され得る。従って、前述のように冷却剤パルスを熱供給の前および後に供給する際、角膜表面２Ａの温度を低下させるために冷却剤の第一のパルスが送出され；次に、中深度領域２Ｂにおけるコラーゲン線維の選択された領域内に熱を生じさせるためにマイクロ波エネルギーの高出力パルスが供給され；そして更なる加熱作用を終了させ、エネルギーパルスによって生じる角膜変化を「設定する」ために連続して冷却剤の第二のパルスが送出される。このようなエネルギーパルスおよび冷却剤パルスの供給は、発生する熱拡散の量を有利なことに減少させ、角膜内皮のような他の眼構造体への、加熱による望ましくない影響および結果的な治癒プロセスを最小限にする。更に、この技法は熱によって生じる角膜２の形状のより恒久的で安定した変化を促進する。短いパルスでの高出力エネルギーの供給はマイクロ波エネルギーの送出に関して述べられてきたが、同様な技法が以下に更に述べられる他のタイプのエネルギー、例えば、高周波（ＲＦ）波長を有する光エネルギーまたは電気エネルギーに関して適用され得る。

【００４３】
図１のシステムは、単に例示目的で提供されているのであって、他のシステムを用いて熱を発生させ、そして角膜を再形成するようエネルギーが供給されてもよい。他のシステムは、例えば、２００７年９月１０日に出願された米国特許出願第１１／８９８，１８９号の一部継続出願である２００８年９月１１日に出願された米国特許出願第１２／２０８，９６３号に記載され、これらの出願の内容は参照により本明細書に組み込まれる。
【００４４】
図２Ａ～Ｄは、例えば、図１で示されているシステムなど、熱を加えるシステムを用いて、角膜組織に熱を加える影響についての一実施例を示している。特に、図２Ａおよび２Ｂは、熱を加えた後の角膜２の高解像度画像を示している。図２Ａおよび２Ｂが示すように、病変４は、角膜表面２Ａから角膜基質２Ｃ内の中深度領域２Ｂまで伸びている。病変４は、上述のように、熱の供給によって引き起こされる角膜構造の変化の結果である。これらの構造の変化の結果、角膜２が全体的に再形成される。しかし、熱を供給した結果、角膜組織に何ら熱関連損傷が生じていないことに留意されたい。
【００４５】
更に、図２Ａおよび２Ｂで示されているように、角膜構造の変化は、上述のように具体的にはアプリケータによって決定される領域および深さに局在および限定される。図２Ｃおよび２Ｄは、図２Ａおよび２Ｂで示した組織が、熱により生じた構造変化を強調するよう着色された組織構造画像を示している。特に、熱が浸透した中深度領域２Ｂにおけるコラーゲン線維の構造と、領域２Ｂの外側のコラーゲン線維の構造との違いが明確に見える。従って、領域２Ｂの外側のコラーゲン線維は、概して、熱供給による影響を受けないままであるが、領域２Ｂの内側のコラーゲン線維は再配置され、新しい接合部を形成して、完全に異なる構造を形成する。言い換えると、角膜の領域を圧縮して機械的変形によって角膜を再形成する、角膜矯正治療などのプロセスとは異なり、領域２Ｂ内のコラーゲン線維は完全に新しい状態にある。
【００４６】
図３は、前述の電気エネルギー伝導エレメント１１１を用い得るシステム２００の例示的な構成を示している。電気エネルギー伝導エレメント１１１は、眼１を接触表面１１１Ｇと直接接触させ得る。例えば、接触表面１１１Ｇは、アプリケータ１１０の遠位端１１０Ｂを実質的に囲む膜状の誘電体層によって画定され得る。この場合に、冷却剤送出システム１１２は、眼１に直接ではなく、膜に冷却剤を適用する。
【００４７】
図３で示されているように、前述のコントローラによって制御され得るマイクロ波増幅器／発生源１２０’が、眼１と接触するように配置される電気エネルギー伝導エレメント１１１を介して、マイクロ波エネルギーを眼１に送る。マイクロ波がエネルギー伝導エレメント１１１を通して送出されると、一部のマイクロ波はエネルギー伝導エレメント１１１の遠位端１１０Ｂで反射し、そして、それら反射されたマイクロ波は反射電力を有する。反射電力は、一般的に、エネルギー伝導エレメント１１１と眼１との間の接触量が大きくなるにつれて減少する。従って、眼１に実際に送出される正味の順方向電力は、順方向電力と反射電力との差にほぼ等しい。図３で更に示されているように、双方向性結合器１２２が、マイクロ波をサンプリングし、順方向電力および反射電力を判定して、それぞれ出力１２３、１２４を提供するために用いられ得る。場合によっては、出力１２３、１２４はそれぞれ、最初の順方向電力および反射電力に比例するレベルを実際に提供し得る。例えば、双方向性結合器１２２は、実際の反射電力の１／１０００のサンプルとして反射電力を検知し得る。
【００４８】
図３のシステム２００は、エネルギー伝導エレメント１１１と眼１との間で所望の接触が得られており、その結果としてのエネルギーの送出がより予測可能且つ正確になされているかどうかを判定する。特に、エネルギー伝導エレメント１１１を介して電力が最初に加えられる場合には、双方向性結合器１２２を用いてエネルギー伝導エレメント１１１と

眼１との接触レベルを示す反射電力が判定される。反射電力が不十分な接触を示す場合には、システム２００は、例えば、エネルギー伝導エレメント１１１を介してマイクロ波をそれ以上送出しない。

【００４９】

アプリケータ１１０が手術中に眼１の上に配置されると、エネルギー伝導エレメント１１１と眼１との接触部の医師の視界がアプリケータ１１０自身によって妨げられ得るため、システム２００による手法は特に有利となる。そのため、システム２００では、医師に、眼での確認を必要とせずに、十分な接触が確立されたかどうかを判定することができる。手術中、医師は、アプリケータ１１０が配置される際の反射電力の変化を監視する。反射電力の変化は、接触の変化および圧平を示し、それゆえに、医師はエネルギー伝導エレメント１１１の位置を正確に決定することができる。

【００５０】

図３のシステムは単に例示目的で提供されている。他のシステムは、例えば、２００８年９月１９日に出願された米国特許仮出願第６１／０９８，４８９号に記載され、その内容は参照により本明細書に組み込まれる。米国特許仮出願第６１／０９８，４８９号に記載されているように、眼１に送出される電力と眼１から反射される電力の両方を監視するために監視システムが用いられ得る。そこに記載されているように、監視システムを利用して、眼１に対するエネルギー伝導エレメント１１１の位置に関する情報または冷却剤送出システム１１２の操作に関する情報を抽出し得る。冷却剤送出システム１１２の操作の態様は、例えば、２００７年９月１０日に出願された米国特許出願第１１／８９８，１８９号の一部継続出願である、２００８年９月１１日に出願された米国特許出願第１２／２０８，９６３号に記載され、これらの出願の内容は参照によりすでに本明細書に組み込まれている。

【００５１】

組織接触に対するシステムの感度を実証するために、システム２００を用いて実験を実施して、図４のグラフを得た。図４のグラフは、眼に対するエネルギー伝導エレメントの位置の関数として反射電力を示している。特に、ｘ軸は、エネルギー伝導エレメント１１１をスクリュー状のねじ山に沿って眼１の上の位置まで下げる回転数を表している。エネルギー伝導エレメント１１１が移動して眼１とより大きく接触するまで、回転数は増える。ｙ軸は、ｄＢｍ単位での反射電力の測定値（１ミリワット（ｍＷ）を基準値として測定電力をデシベル（ｄＢ）単位で示した電力比）である。前述のように、反射電力が小さいことは、眼１への良好な接触を示している。これらの実験では、図３で示されているように、エネルギー伝導エレメント１１１は、眼に接触表面１１１Ｇに与える薄い挿入膜、即ち５０ミクロン厚さのポリウレタンを備えた外側および内側電極を含んでいた。図４で示されているように、一方の曲線は、中心が眼の上に置かれたエネルギー伝導エレメント１１１についての反射電力を表している。一方、他方の曲線は、中心位置から１ｍｍずれているエネルギー伝導エレメント１１１についての反射電力を表している。最初にアプリケータ１１０をゆっくりと眼１の方へ降下させたとき、曲線は、全体として何の変化も示さず、約２ｄＢｍのままであった。グラフ上で示された点ＡおよびＢは、中心に置かれたエネルギー伝導エレメント１１１と中心から外れたエネルギー伝導エレメント１１１とのそれぞれについての、接触が得られた場所を示している。点ＡおよびＢからは、回転数が大きくなるにつれて眼との接触も大きくなった。言い換えると、エネルギー伝導エレメント１１１は、眼１を圧平する位置まで降下した。エネルギー伝導エレメント１１１の動きによって更に圧平が生じるにつれて、対応する反射電力は減少した。従って、図４で示された結果は、反射電力を測定することにより、眼１へのエネルギーの所望通りの伝達を可能にするために、エネルギー伝導エレメント１１１と眼１との間に十分な接触が得られているかどうかを判定できることを示している。手術中、反射電力は、エネルギー伝導エレメント１１１が眼１と更に接触して移動する場合に測定され得、そして接触の増加に対応する反射電力の減少を監視して、いつ所望の量の圧平が達成されたかを判定し得る。

【００５２】

上述の実施形態は、接触量が大きくなるにつれて反射電力が減少するシステムを包含するが、他の実施形態における反射電力は、接触量が大きくなるにつれて増加する。システムの調整または較正によって、接触量が大きくなるにつれて反射電力が減少しているかまたは増加しているかを判定することが理解されるべきである。一般的に、アプリケータと眼との間の接触量の変化は、反射電力の変化によって示される。

【００５３】

前述のように、マイクロ波を用いた熱治療中に上皮、即ち眼の表面を保護するために、冷却剤パルスがまた眼に加えられ得る。例えば、５ｍｓオンおよび５ｍｓオフのパルス列が利用され、３～２０回繰り返される。冷却剤の適用は、前述のように、眼の表面を保護するのに役立つので、冷却剤パルスの影響を監視することが重要である。しかし、通常の流量計は、約５ｍｓ～５０ｍｓの冷却剤の短いパルスを十分に検出および監視できない可能性がある。そのようなパルスは、一般的に、例えばマイクロリットル程度の少量の冷却剤を送出するからである。この課題を解決するために、本発明の更なる態様は、眼に送出される際に、測定された順方向電力および反射電力に対する冷却剤パルスの影響を測定することによって、冷却剤パルスを検出することができる。例えば、図３で示されたシステム２００は双方向性結合器１２２を含み、この結合器１２２を用いて、マイクロ波をサンプリングし、そして順方向電力および反射電力を決定して、出力１２３、１２４をそれぞれ提供し得る。別の実施形態では、冷却剤パルスを検出するために温度センサが用いられてもよい。

【００５４】

電力測定によって冷却剤パルスを検出することは、パルス列（例えば、パルス列が短い１０ｍｓパルスを含んでいる場合であっても）を識別するには十分に正確である。図５は、時間の関数としての順方向電力の例示的なグラフを示し、冷却剤パルスが送出されると順方向電力がどのように変化するかを示している。図５は、全期間にわたって、単一の長いパルスとして、マイクロ波電力を用いた５パルスの冷却期間および５パルスの非冷却期間を示している。冷却剤が、例えば１０ｍｓパルスで送出される場合には、順方向電力は約１９４Ｗまで減少する。冷却剤が送出されないパルス間の期間では、順方向電力は約２０２Ｗまで増加する。上記で説明したように、システムの較正または調整によって、反射電力が増加しているかまたは減少しているかを判定することは理解すべきである。

【００５５】

これに対応して、図６は、同じパルス列についての時間の関数としての反射電力の例示的なグラフを示し、冷却剤パルスが送出される場合に反射電力がどのように変化するかを示している。冷却剤が、例えば１０ｍｓパルスで送出される場合には、反射電力は１６Ｗまで増加する。パルス間では、電力は０．５Ｗまで下がる。従って、ある期間にわたり順方向電力および／または反射電力を監視することによって、眼に与えられる冷却剤パルスの適用を監視する非侵襲的手段が提供される。

【００５６】

図６を参照すると、冷却剤の適用の結果生じる曲線のピークは、一般的には方形ではなく、冷却剤の適用と適用との間に準備期間があることを示している。曲線の形状は、適用される冷却剤の量および冷却剤の適用と適用との間の再加温の量を示している。

【００５７】

長い冷却パルスは、順方向電力および／または反射電力を監視することによって検出され得る。例えば、５０～１００ｍｓパルスのマイクロ波が供給される場合には、システムは、マイクロ波のパルス時間の全体またはその任意の一部の期間に供給される冷却剤パルスを検出し得る

【００５８】

図７Ａは、調整エレメント１５０のブロック図を示している。調整エレメント１５０は少なくとも１つの調整可能な要素を組み込んだ導電体構成部品を含み、これにより、調整可能な要素を変更すると、調整エレメント１５０に接続された電気回路のインダクタンスもしくはキャパシタンスのどちらか、または両方の変化を引き起こす。少なくとも１つの

調整可能な要素を調整することにより電気回路のインダクタンスもしくはキャパシタンスのどちらか、または両方を変更することで、調整エレメント１５０の少なくとも１つの調整可能な要素に変化をもたらすことができ、調整エレメント１５０は、回路を特定のインピーダンス値に調整させることができる。

【００５９】

調整エレメント１５０は、短絡コネクタ１５０Ｅに電気的に接続された内側導体１５０Ｂおよび外側導体１５０Ａを含み得る。一実施形態では、調整可能な要素は、内側導体１５０Ｂと外側導体１５０Ａとの間を調整可能に電気的に接続し得る短絡コネクタ１５０Ｅとして実現され得る。短絡コネクタ１５０Ｅは、実質的に外側導体１５０Ａと内側導体１５０Ｂとの間の経路に沿って動くように機械的に操作され得る。短絡コネクタ１５０Ｅは、外側導体１５０Ａと内側導体１５０Ｂとの間の経路に沿って動く間、外側導体１５０Ａと内側導体１５０Ｂとの間の継続的な電気接続を維持し得るか、または外側導体１５０Ａと内側導体１５０Ｂとの間で断続的な電気接続のみを確立し得る。あるいは、短絡コネクタ１５０Ｅは、外側導体１５０Ａと内側導体１５０Ｂによってのみ囲われた経路に沿って動く間、外側導体１５０Ａと内側導体１５０Ｂとの間で全く電気的な接続を確立しなくてもよく、短絡コネクタ１５０Ｅの機械的な操作が停止すると外側導体１５０Ａと内側導体１５０Ｂとの間で電気的な接続をもたらしてもよい。代替的な一実施形態では、短絡コネクタ１５０Ｅは、適切な位置で固定される外側導体１５０Ａとの電気的な接続を有し、そして適切な位置で調整され得る接続部を備えた内側導体１５０Ｂに接続される弾性材料または変形可能な導電性材料として実現され得る。あるいは、様々な長さのオープンスタブが、短絡スタブの代わりに、または短絡スタブに加えて用いられ得る。

【００６０】

一般的に、システムのインダクタンスおよび／またはキャパシタンスを変化させる調整可能なパラメータを有する任意の回路が、本明細書で説明した、固定された単一または二重の調整スタブに代わって、またはそれに加えて、調整目的で用いられ得る。そのような回路の一実施例が図１５で示されている。二重の調整スタブがそのような回路に取って代わる実施形態では、ソフトウェア制御された調整用の調整部を、電動式可変キャパシタ、バイナリ・キャパシタ・カスケードおよびソリッド・ステート・スイッチなどによって実現できることが考えられる。

【００６１】

短絡コネクタ１５０Ｅ、内側導体１５０Ｂおよび外側導体１５０Ａはそれぞれ、少なくとも部分的に、適切な電気伝導材料から構成されている。内側導体１５０Ｂ、外側導体１５０Ａおよび短絡コネクタ１５０Ｅは、例えば、アルミニウム、ステンレス鋼、黄銅、銅、銀、他の金属、金属被膜プラスチックまたは他の任意の適切な伝導材料から形成され得る。例えば、外側導体１５０Ａおよび内側導体１５０Ｂに接続された電気回路に特性インピーダンス値をもたらすために、内側導体１５０Ｂおよび外側導体１５０Ａを構成するのに用いられる材料が選択され得る。外側導体１５０Ａおよび内側導体１５０Ｂの寸法もまた、外側導体１５０Ａおよび内側導体１５０Ｂに接続された電気回路に特性インピーダンス値をもたらすために、選択され得る。例えば、調整エレメント１５０が、外側導体１５０Ａと内側導体１５０Ｂの両方が共通の対称軸回りで円筒体として実現されるように、実質的に円筒形状の対称を有するものとして実現される場合には、内側導体１５０Ｂおよび外側導体１５０Ａの直径を調整して、調整エレメント１５０のインピーダンスを調整し得る。例示的な一実施形態では、調整エレメント１５０のインピーダンスは、５０オーム（５０Ω）に調整される。

【００６２】

調整エレメント１５０は更に、機械的な接続１５０Ｇを介して短絡コネクタ１５０Ｅに機械的に結合される電気モータ１５０Ｆを含む。機械的な接続部１５０Ｇは、ベルト、歯車、ホイール、プーリ、ねじ、レバー、トルク供給装置または短絡コネクタ１５０Ｅを移動させる任意の他の従来の手段を組み込み得る。一実施形態では、電気モータ１５０Ｆの動作は、コントローラ１４０を用いてなされ得る自動コンピュータ制御によって行われる

。

【００６３】

調整エレメント１５０の一実施形態の作動中、コントローラ１４０は電気モータ１５０Ｆへコマンドを送信して、短絡コネクタを動かし得る。このコマンドは、電気的な接続を介して、または、無線信号を介して、もしくは遠距離にわたってデジタルもしくはアナログ情報を送信する任意の他の従来の方法によって送受信され得る。次に、電気モータ１５０Ｆは機械的な接続部１５０Ｇと結合して、外側導体１５０Ａおよび内側導体１５０Ｂによって実質的に囲まれる経路に沿って短絡コネクタ１５０Ｅを動かし得る。

【００６４】

図７Ｂは、切欠断面図が示された調整エレメント１５０の一実施形態の斜視図を示している。図７Ｂで示されているように、調整エレメント１５０は、近位端１５０Ｈで終端している。図７Ｂで示された実施形態では、内側導体１５０Ｂは、中実または中空のどちらかであり得る円筒体を形成する。一方、外側導体は中空の円筒体を形成する。図７Ｂで示された実施形態では、内側導体１５０Ｂと外側導体１５０Ａの間の領域は、環状の間隙１５０Ｃを形成する。環状の間隙１５０Ｃは、空間として実現されるか、または、少なくとも、内側導体１５０Ｂと外側導体１５０Ａとの間で実質的に一定の間隔をもたらすために用いられ得る適切な誘電体で充填され得る。更に、環状の間隙１５０Ｃが誘電体で充填される一実施形態では、誘電体は、内側導体１５０Ｂおよび外側導体１５０Ａを含む回路の所望のインピーダンスをもたらすために選択され得る。内側導体１５０Ｂおよび外側導体１５０Ａが両方とも、中心軸回りに円筒形状の対称性を有するよう構成されている場合には、環状の間隙１５０Ｃは同軸回りに円筒形状の対称性を有する。

【００６５】

図７Ｂには更に、内側導体１５０Ｂと外側導体１５０Ａとの間の電気的な接続を提供する短絡コネクタ１５０Ｅが示されている。例示的な一実施形態では、短絡コネクタ１５０Ｅは、内側導体１５０Ｂおよび外側導体１５０Ａの円筒形状の対称軸に平行な方向に移動するよう構成され得る。このような１つの方向が、図７Ｂの矢印で示されている。近位端１５０Ｈと、内側導体１５０Ｂと短絡コネクタ１５０Ｅの間の接続点との間の調整エレメント１５０の領域は、近位端１５０Ｈで開口する導波管の長さを画定する。従って、調整エレメント１５０の例示的な一実施形態は、調整可能な長さの導波管を、内側導体１５０Ｂおよび外側導体１５０Ａを含む回路に組み込むシステムであり、導波管の長さはコントローラ１４０のコマンドで調整可能である。このコマンドにより電気モータ１５０Ｆを機械的な接続部１５０Ｇに結合して、短絡コネクタ１５０Ｅを機械的に操作し、それによって、近位端１５０Ｈと、内側導体１５０Ｂと短絡コネクタ１５０Ｅの間の交点との間の導波管の長さに変化をもたらし得る。図７Ｂで示された例示的な実施形態では、短絡コネクタ１５０Ｅは、その主要長さを横断的に移動可能なように示されているが、短絡コネクタ１５０Ｅは、該コネクタ１５０Ｅを機械的に操作して、近位端１５０Ｈと、内側導体１５０Ｂと短絡コネクタ１５０Ｅの間の交点との間に位置する導波管の長さの変化をもたらすようにする間、任意の方向に向けられてもよい。

【００６６】

図７Ｃは、調整エレメント１５０の一実施形態の側面断面図を示している。調整エレメント１５０のこの実施形態は、内側導体１５０Ｂと、外側導体１５０Ａと、図７Ｃの矢印で示されているように、内側導体１５０Ｂおよび外側導体１５０Ａの対称軸に実質的に平行な方向で機械的に操作され得る短絡コネクタ１５０Ｅとを含んでいる。図７Ｃは更に、近位端１５０Ｈを示しており、近位端１５０Ｈと、内側導体１５０Ｂと短絡コネクタ１５０Ｅの間の交点との間の距離が画定されている。

【００６７】

図７Ａ、７Ｂおよび７Ｃで示された調整エレメント１５０の例示的な実施形態は、例示目的でのみ示されている。調整エレメント１５０は少なくとも１つの調整可能な要素を組み込んだ導電体構成部分を含み、調整可能な要素を変更すると、調整エレメント１５０と接続した電気回路のインダクタンスまたはキャパシタンスのどちらか、またはその両方の

変化を引き起こす。少なくとも１つの調整可能な要素を調整することにより電気回路のインダクタンスもしくはキャパシタンスのどちらか、または両方を変更することによって、調整エレメント１５０の少なくとも１つの調整可能な要素に変化をもたらすことで、調整エレメント１５０は、回路を特定のインピーダンス値に調整させることができる。

【００６８】

更に、調整エレメント１５０は、図７Ａ、７Ｂおよび７Ｃの一実施形態で示され、そして説明されているが、調整エレメント１５０は、本発明の全実施形態で用いられる必要はないと考えられる。例えば、眼治療システムの別の実施形態では、アプリケータは、一旦、眼に対して注意深く最適に調整されると、その後の使用で再度調整する必要がない。

【００６９】

図８は、眼１の電気的特性を測定するシステム５００を示している。システム５００の一実施形態では、測定システム１２７を利用して、反射係数の特性を測定し得る。反射係数とは、反射電圧を順方向電圧で除算した値であり、電圧は、振幅および位相の関数である複素数である。測定システム１２７の例示的な一実施形態は、位相センサ１２８または振幅センサまたはその両方を組み込み得、そして信号を順方向信号１２７および反射信号１２６に分離する出力を提供する双方向性結合器（ＤＤＣ）１２２を含んでいる。図８に示された例示的な一実施形態では、ＤＤＣ１２２の順方向信号出力１２５は、減衰器１２５Ａに電気的に接続され得、そして減衰器１２５Ａの出力は、位相センサ１２８、振幅センサ１２９またはその両方に電気的に接続され得る。更に、反射信号出力１２６は、減衰器１２６Ａに電気的に接続され得、そして減衰器１２６Ａの出力は、位相センサ１２８、振幅センサ１２９またはその両方に電気的に接続され得る。システム５００の一実施形態はまた複数の調整エレメントも含み得る。例えば、図８に示されたシステム５００の実施形態は、所定の位置において測定システム１２７の出力に並列に接続された第１の調整エレメント１５２および第２の調整エレメント１５３を含んでいる。

【００７０】

調整エレメント１５２、１５３はそれぞれ少なくとも１つの調整可能な要素を組み込んだ導電体構成部分を含み得、これにより、調整可能な要素を変更すると、調整エレメント１５２、１５３に接続された電気回路のインダクタンスまたはキャパシタンスのどちらか、またはその両方の変化を引き起こす。少なくとも１つの調整可能な要素を調整することにより電気回路のインダクタンスもしくはキャパシタンスのどちらか、または両方を変更することによって、調整エレメント１５２および１５３の少なくとも１つの調整可能な要素に変化をもたらすことで、調整エレメント１５２および１５３は、回路を特定のインピーダンス値に調整させることができる。調整エレメント１５２、１５３は、上述および図７Ａ、７Ｂ、７Ｃで示された調整エレメント１５０の特徴の多くを実質的に組み込み得る。

【００７１】

眼１の電気的特性を測定するシステム５００の一実施形態は、エネルギー源１２０を組み込み得て、エネルギー源１２０は、マイクロ波周波数のエネルギーを発生するための発振器およびＤＤＣ１２２の入力に電気的に接続される出力を含み得る。ＤＤＣ１２２の出力は次にアプリケータ１１０に接続され得る。アプリケータ１１０は、遠位端１１０Ｂにおけるエネルギーを接触表面１１１Ｇにおいて眼１に供給するための伝導エレメント１１１を含み得る。アプリケータ１１０の形態は、図１で示されたアプリケータ１１０の特徴を組み込み得る。伝導エレメントは、調整可能な要素１５１を含み得る。調整可能要素１５１は、アプリケータ１１０の出力インピーダンスを調整するために、外側導体１１０Ａと内側導体１１０Ｂの間で調整可能な伝導エレメントとして実現され得る。測定システム１２７は、エネルギー源１２０とアプリケータ１１０との間に電気的に接続されている。測定システム１２７とアプリケータ１１０との間には、複数の調整エレメントが、所定の位置で並列に接続されている。例えば、第１の調整エレメント１５２および第２の調整エレメント１５３は、測定システム１２７とアプリケータ１１０との間に並列に接続され得る。

【００７２】
眼１の電気的な特性を測定するシステム５００の作動中、エネルギーはマイクロ波周波数においてエネルギー源１２０内で発生され得る。マイクロ波は次に、ＤＤＣ１２２および位相センサ１２８もしくは振幅センサ１２９またはその両方を組み込んだ測定システム１２７を通った後にアプリケータ１１０に伝導され得る。接触表面１１１Ｇを通って眼１にマイクロ波エネルギーが伝導されると、マイクロ波エネルギーの一部は眼１内に伝達され、マイクロ波エネルギーの別の一部は接合部で反射されて、伝導エレメント１１１を通って測定システム１２７に向かって戻る。反射したマイクロ波エネルギー、放射されたマイクロ波エネルギー並びに、線路損失および放射波の漏れに起因する全マイクロ波エネルギー損失の合計は、実質的に、エネルギー源１２０で発生したマイクロ波エネルギーの量に等しくなる。マイクロ波エネルギーがエネルギー源１２０からＤＤＣ１２２を通るときは、順方向電力の量を示す信号が順方向信号出力１２５に与えられる。反射したマイクロ波エネルギーがアプリケータ１１０から反射してＤＤＣ１２２を通って戻るときは、反射信号を示す信号が、反射信号出力１２６に与えられる。次に、順方向信号出力１２５が、順方向マイクロ波信号の振幅を所定量低減し得る減衰器１２５Ａを通り得る。同様に、反射信号出力１２６は、次に、反射したマイクロ波信号の振幅を所定量低減し得る減衰器１２６Ａを通り得る。反射したマイクロ波信号および順方向マイクロ波信号はそれぞれ、次に、発生したマイクロ波エネルギーの量と比較して反射したマイクロ波エネルギーの量を判定するために、位相センサ１２８もしくは振幅センサ１２９のどちらか、またはその両方に与えられ得る。従来から理解されているように、この情報によってもまた、システム５００のインピーダンス値がわかっている場合には眼１のインピーダンス値を計算することが可能となり得る。しかし、例示的な一実施形態では、眼１とシステム５００の間のインピーダンスの所望の差を得るのに、システム５００のインピーダンスを知る必要は必ずしもない。

【００７３】
例示的な一実施形態では、アプリケータ１１０のインピーダンスを調整することは、例えば、アプリケータ１１０によって眼１に対するエネルギー吸収の効率を所望通り達成するために、有利となり得る。従来より周知のように、エネルギーが表面境界を横切って、即ち、接合部の第１部分が第１のインピーダンス値を有し、そして接合部の第２部分が異なるインピーダンス値を有する、接合部を横切って伝導または伝達される場合、エネルギーの一部は接合部を通って伝達され、一部は反射される。２つのインピーダンスを可能な限り同じ値に近くすると、エネルギーは最も効率よく伝達される。従って、アプリケータ１１０のインピーダンス値を調整するために伝導エレメント１１１内に調整可能要素１５１を含むアプリケータ１１０は、眼１のインピーダンス値と所望通りに一致するように、アプリケータ１１０のインピーダンス値を調整できる。

【００７４】
代替的な一実施形態では、調整可能要素１５１および／または第１の調整エレメント１５２および／または第２の調整エレメント１５３は、外側導体１１０Ａと内側導体１１０Ｂとの間に調整可能な伝導エレメントを含んでいなくてもよいが、外側導体１１０Ａと内側導体１１０Ｂとの間に電気的な接続を提供する伝導エレメントとして実現されてもよい。システム５００の電気的特性に基づいて調整可能要素１５１および／または第１の調整エレメント１５２および／または第２の調整エレメント１５３の配置を決定可能にするために、上記伝導エレメントは着脱可能にまたは恒久的に定位置に固定され得る。

【００７５】
図９は、伝導エレメント１１１と眼１との間で所望の伝達効率を達成するために、アプリケータ１１０の調整可能要素１５１を調整する方法６００の一実施例を示したフローチャートを示している。例示的な一実施形態では、調整可能要素１５１を調整する方法６００は、例えば、眼１の電気的特性を測定するシステム５００を用いて実行され得る。調整可能要素１５１を調整する方法６００の一実施形態は、第１の量のエネルギーが眼１に供給される第１工程６０２を含んでいる。方法６００は更に、反射係数の位相変化の大きさ

の測定値が測定され得て、そして参照のために保存され得る第２工程６０４を含み得る。第２工程６０４で実行される測定は、例えば、図８で表示されているシステム５００で説明したシステムなど測定システム１２７で実行され得る。方法６００は更に、調整可能要素１５１の少なくとも１つの調整可能なパラメータが調整され得る第３工程６０８を含み得る。眼１の電気的特性を測定するシステム５００を利用した例示的な一実施形態では、第３工程６０８は、システム５００のインピーダンス値を調整し得る。方法６００は更に、追加量のエネルギーが眼１に供給される第４工程６０６を含み得る。方法６００は更に、次の反射係数の大きさまたは位相変化を測定し、参照のために保存される第５工程６１０を含み得る。方法６００は、更に、許容可能な効率が得られたかどうかについて判定がなされる第６工程６１２を含み得る。第６工程６１２において、許容可能な効率が得られたことが判定されると、方法６００は終了する。他方で、第６工程６１２において、許容可能な効率が得られていないと判定される場合には、調整可能要素の少なくとも１つのパラメータが第３工程６０８で再度変更され得る。

【００７６】

動作中、第１工程６０２の動作によって、第２工程６０４における測定動作が遂行可能となる。第２工程６０４が完了すると、第３工程６０８が実行され、次いで、第４工程６０６および第５工程６１０が第１工程６０２および第２工程６０４の完了と実質的に同様に遂行される。第５工程６１０に続いて、第６工程６１２が実行され、そして第６工程６１２でなされた判定によって、許容可能な効率が得られたことにより方法６００を終了させるという判定が第６工程６１２においてなされるまで、第３工程から第６工程６０８、６０６、６１０、６１２がループ状に実行されて完了され得る。

【００７７】

例示的な一実施形態では、第６工程６１２での判定は、所定の最小インピーダンス不整合に基づいてなされ得る。最小インピーダンス不整合は、局所的最小値または大局的最小値が、例えば図８で示されているような測定システム１２７で測定される反射係数の値で特定されるまで、ある範囲の値をサンプリングした後に判定され得る。調整可能要素１５１に対する反射係数の局所的または大域的最小値と実質的に等しい位置の推定は、方法６００を繰り返し実行中に記憶された全ての収集値を比較することによって遂行され得るか、または、これらの収集値のサブセットに基づいて遂行され得る。判定は、所定の数学的関数を、図１２で表されているような曲線など反射係数の測定値の曲線に適合させる、ソフトウェアプログラムを用いてなされ得る。図示されているように、図１２は、単一スタブの長さの関数としてアプリケータの効率を示している。図示された効率は、順方向電力で除算した順方向電力と反射電力との差である。この効率は、アプリケータから放出されて眼に正常に伝達されるエネルギーのパーセンテージを表している。

【００７８】

方法６００の例示的な別の実施形態では、第６工程６１２での判定は、許容可能なインピーダンス不整合に基づいてなされ得る。即ち、測定システム１２７がある所定の閾値を下回わる実際のインピーダンス不整合を測定すると、その効率は許容可能な効率と見なされて、方法６００を終了させ得る。方法６００の例示的な別の実施形態では、測定システム１２７が特定の閾値の上下境界内の実際のインピーダンスを測定すると、第６工程６１２での判定は許容可能な効率と見なされて、方法６００を終了させ得る。あるいは、方法６００の一実施形態は、これらのそれぞれのある組み合わせである、第６工程６１２における判定を組み込み得る。

【００７９】

図１０は、許容可能なインピーダンス不整合をなすために、少なくとも１つの調整エレメントを調整する方法７００の一実施例を示したフローチャートを示している。例示的な一実施形態では、少なくとも１つの調整エレメントを調整する方法７００は、例えば、眼１の電気的特性を測定するシステム５００を用いて実行され得、そして、少なくとも１つの調整エレメントは、第１調整エレメント１５２または、例えば、図８で示され、システム５００に並列に接続された第１調整エレメント１５２および第２調整エレメント１５３

など複数の調整エレメントであり得る。少なくとも１つの調整エレメントを調整する方法７００の一実施形態は、第１のエネルギー量が眼１に供給される第１工程７０２を含む。方法７００は更に、反射係数の位相変化の大きさの測定値が測定され得、次に参照のために保存される第２工程７０４を含み得る。第２工程７０４で遂行される測定は、例えば、図８で示されているシステム５００で説明した測定システムなど測定システム１２７を用いて遂行され得る。方法７００は更に、少なくとも１つの調整エレメントの調整可能なパラメータが調整される第３工程７０８を含み得る。眼１の電気的特性を測定するためのシステム５００を利用した例示的な一実施形態では、第３工程７０８は、調整エレメント１５２、１５３など少なくとも１つの調整エレメントの少なくとも１つの調整可能なパラメータを調整することによって、システム５００のインピーダンス値を調整し得る。方法７００は更に、追加量のエネルギーを眼１に供給する第４工程７０６を含み得る。方法７００は更に、後続の反射係数の大きさまたは位相変化が測定され、参照のために保存される第５工程７１０を含み得る。方法７００は更に、許容可能なインピーダンス不整合がなされたかどうかについての判定がなされる第６工程７１２を含み得る。第６工程７１２で、許容可能な効率が達成されたと判定されると、方法７００は終了する。他方で、第６工程７１２で許容可能な効率が達成されていないと判定される場合には、第３工程７０８に戻ることで、調整可能要素の少なくとも１つのパラメータが再度変更され得る。

【００８０】

動作中、第１工程７０２の動作によって、第２工程７０４における測定動作が遂行可能となる。第２工程７０４が完了すると、第３工程７０８が実行され、次いで、第４工程７０６および第５工程７１０が第１工程７０２および第２工程７０４の完了と実質的に同様に遂行される。第５工程７１０に続いて、第６工程７１２が実行され、そして第６工程７１２でなされた判定によって、許容可能な効率が得られたことにより方法７００を終了させるという判定が第６工程７１２においてなされるまで、第３工程から第６工程７０８、７０６、７１０、７１２がループ状に実行されて完了され得る。

【００８１】

方法７００の例示的な別の実施形態では、第６工程７１２での判定は、許容可能なインピーダンス不整合がなされたかどうかによりなされ得る。即ち、測定システム１２７がある所定の閾値を下回わる実際のインピーダンス不整合を測定すると、効率は許容可能な効率と見なされて、方法７００を終了させ得る。第６工程７１２での判定が、ある閾値のインピーダンス不整合がなされたかどうかによる場合には、第５工程７１０は、将来の参照のために後続の値を保持しなくてもよい。方法７００の例示的な別の実施形態では、測定システム１２７がある特定の閾値の上下境界内の実際のインピーダンスを測定すると、第６工程７１２での判定は許容可能な効率と見なされて、方法７００を終了させ得る。あるいは、方法７００の一実施形態は、これらのそれぞれのある組み合わせである、第６工程７１２における判定を組み込み得る。

【００８２】

図１１は、前述のように、眼１に対する伝導エレメント１１１の近接度を監視する方法８００についての一実施形態を示している。方法８００は、例えば、眼１の電気的特性を測定するためのシステム５００を用いて実行され得る。方法８００は、第１工程８０２、第２工程８０４、第３工程８０５、第４工程８０６、第５工程８０８、任意の第６工程８１０および最後の第７工程８１２を含み、これらは、第３工程８０５で再開するよう繰り返し法を提供し得る。眼１の近接度を監視する方法８００の例示的な一実施形態では、初期量のエネルギーが第１工程８０２で眼１に供給される。第１工程８０２で開始された眼１へのエネルギーの供給中、反射係数の初期の大きさまたは位相変化が測定され、そして第２工程８０４で後に参照するために保存される。第２工程８０４の完了に続いて、第３工程８０５で追加量のエネルギーが眼１に供給される。第３工程８０５で眼１にエネルギーを供給することによって、後続の第４工程８０６において、反射係数の大きさまたは位相変化が測定可能となる。眼１の電気的特性を測定するためのシステム５００を用いた例示的な一実施形態では、第２工程８０４および第４工程８０６における反射係数の位相変

化の大きさについての測定は、測定システム１２７を用いて遂行され得る。第５工程８０８では、第４工程８０６で測定された後の値が、第２工程８０４で測定された初期値と比較される。第５工程８０８での比較によって、第４工程８０６で測定された後の値が、第２工程８０４で測定された値と異なると判定されると、第６工程８１０で補正措置が取られ得る。図８に示されたシステム５００を用いた一実施形態において第６工程８１０で取られた補正措置には、例えば、伝導エレメント１１１を通るエネルギーの供給のパルス長の持続時間の変更、治療処置のために所望の量のマイクロ波エネルギーを眼１に伝達させるためにエネルギー源１２０で発生した順方向電力の増加、および／または眼に向かって伝導エレメントを進めることが含まれ得る。あるいは、工程８０４で測定された初期値と第４工程８０６で測定された後の値との差が、ある所定の閾値を超えると判定される場合には、方法８００は、第６工程８１０または第７工程８１２に進むのではなく第５工程８０８で終了し得る。工程８０８での判定によって、第２工程８０４で測定された初期値と第４工程８０６で測定された後続の値との差が見出されると、第７工程８１２で更なる判定がなされる。工程８１０で取られた補正措置に続いて、第７工程８１２で更なる判定がなされる。第７工程８１２でなされる判定は、エネルギー伝導エレメント１１１を眼に向かって進め続けるかどうかである。例えば、エネルギーを眼に供給するために眼の電気的特性を測定するシステム８００を用いる使用者が、例えば、許容可能な近接度が達成されたために、前進を中止すべきと指示する場合は、前進が中止され得る。そして、前進中止の決定は、例えば、コントローラ１４０と通信する退避手段によって指示されて、前進を中止すべきであると指示する情報が、第７工程８１２における自動化プロセスによって取り出される。前進を中止すべきであることを見出さない場合には、方法は第３工程８０５で再開される。例示的な一実施形態では、第７工程８１２は所定の静止時間を提供後に、第３工程８０５において方法を再開することにより、工程８１０において補正を適用し、そして基本的には第５工程８０８で遂行される近接度を監視する所望のデューティサイクルを達成し得る。

【００８３】

図１３は、主回路から分岐する調整エレメント２および調整エレメント３のスタブに沿って短絡させる位置に対する反射係数｜Γ｜の大きさをプロットして示している。最小値の位置および深さは、システム５００の幾何形状およびマイクロ波アプリケータ１１０の眼１との接触に依存する。一実施形態では、図１１に関して前述した方法は、最小値または近似最小値を判定するために用いられ得る。

【００８４】

図１４は、電極１１１Ｂが角膜表面２Ａから様々な距離に位置決めされたときの、反射電力の例示的なグラフをｄＢｍで示している。可動電極１１１Ｂを備えたマイクロ波アプリケータ１１０が眼１の上まで下降すると、図８で示されたシステム５００を用いて、角膜の近接度を検知することができる。システム５００が大気または同様の基準物に対して調整された後は、電極１１１Ｂは角膜表面２Ａに向かって下降する。電極１１１Ｂが角膜表面２Ａに近づくと、図１４に示されるように、反射電力が大気値に調整された元の値から変化する。反射電力を監視することによって、システムは、角膜表面２Ａに対する電極１１１Ｂの正しい位置を判定できる。図１４の曲線の特定の形状特徴を選択し、そして、電極の動きを一旦停止することによって、眼の幾何形状の相違と関係なく、電極１１１Ｂの正しい位置および再現可能なエネルギーの供給を確実に検知する。

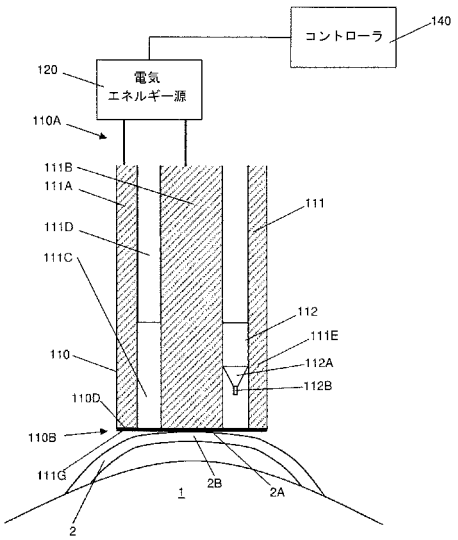
【００８５】

角膜のインピーダンス量は、これらに限定されないが、年齢、性別、角膜の厚さおよび角膜の変化がどのように引き起こされ得るかに影響を及ぼす他の同様の要因を含む患者の特徴によって判定され得る。このような要因および対応するインピーダンスに関するデータが、過去の患者のサンプルから集められ、ノモグラム、ルックアップ表などにまとめられ得る。次に、この集められたデータは、将来の治療においてインピーダンスを判定するためのガイドとして役立ち得る。

【００８６】

本発明を多数の例示的な実施形態および実施に関して説明してきたが、本発明は、それらに限定されず、様々な変更形態および同等の変形形態を包括する。本発明の他の実現形体は、本明細書で開示した本発明の明細および実施形態を考慮することで、同業者には明らかとなろう。説明した実施形態の様々な態様および／または構成部品は、単独または任意の組み合わせで用いられてもよい。明細および実施例は単なる例示と見なされるべきであり、本発明の真の範囲および精神は以下の特許請求の範囲に示すものとする。

【図１】



【図２Ａ】

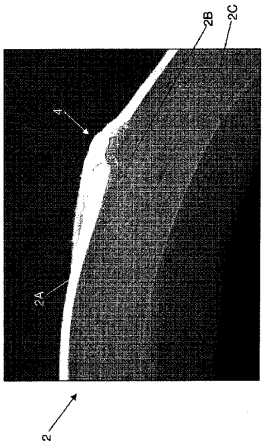


FIG. 2A

【図２Ｂ】

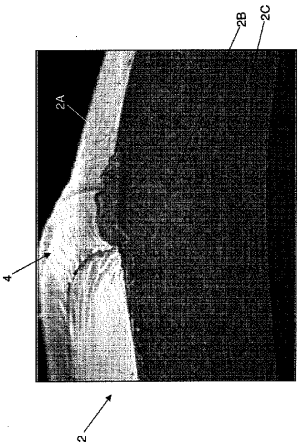


FIG. 2B

【図２Ｃ】

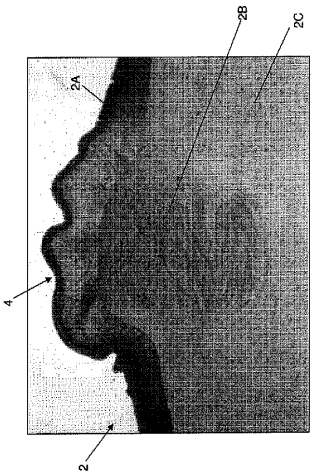


FIG. 2C

【図２Ｄ】

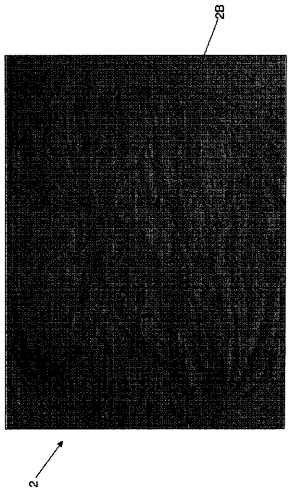
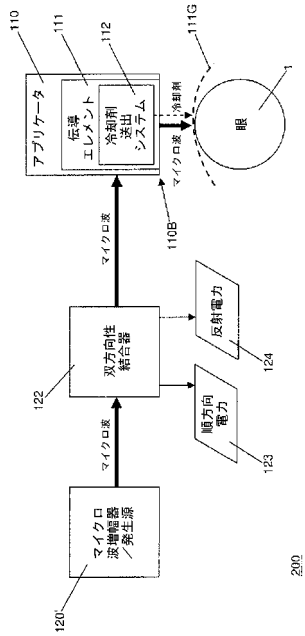
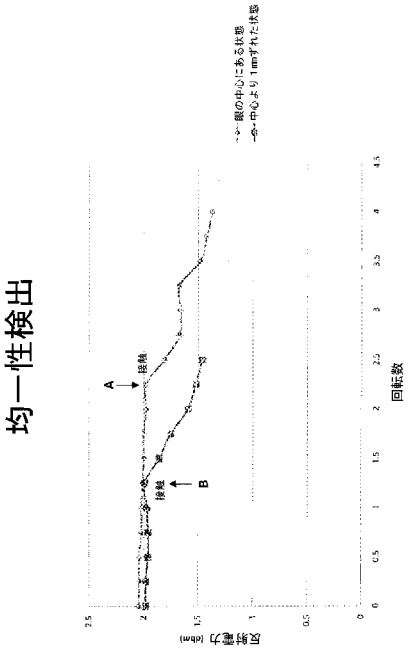


FIG. 2D

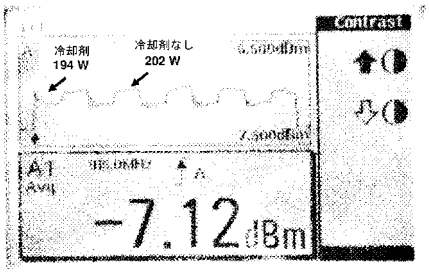
【図３】



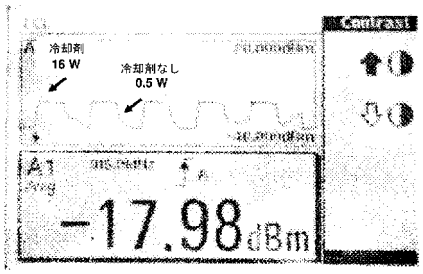
【図４】



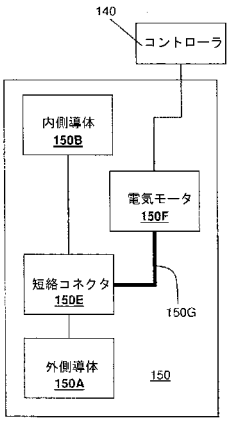
【図５】



【図６】



【図７Ａ】



【図７Ｂ】

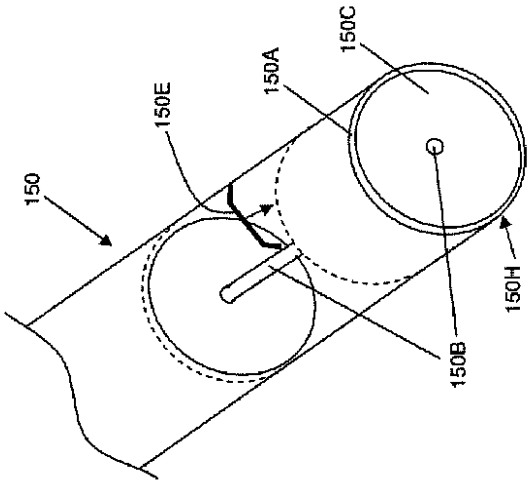


FIG. 7B

【図７Ｃ】

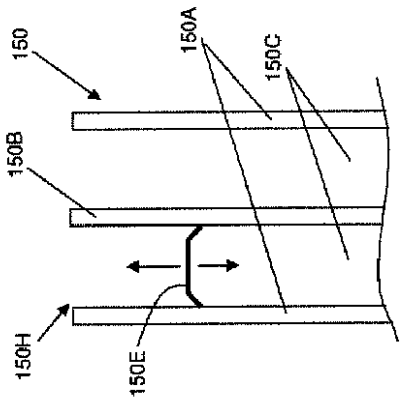
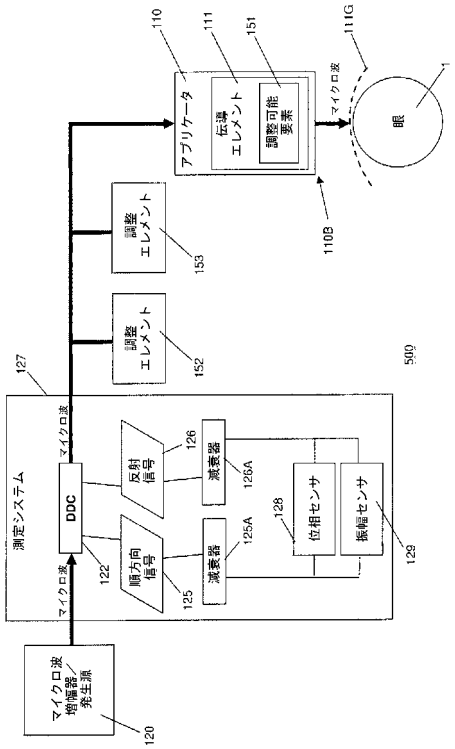
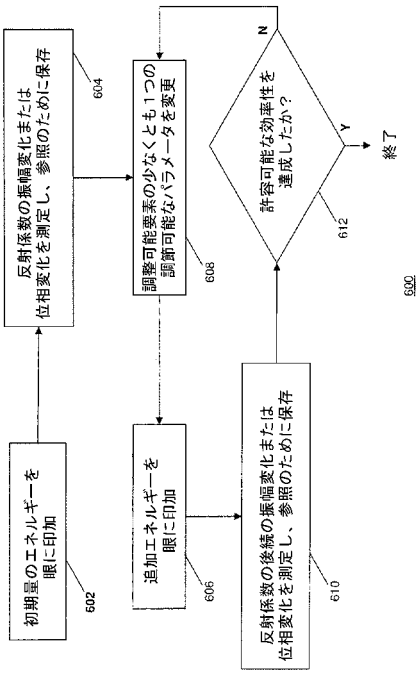


FIG. 7C

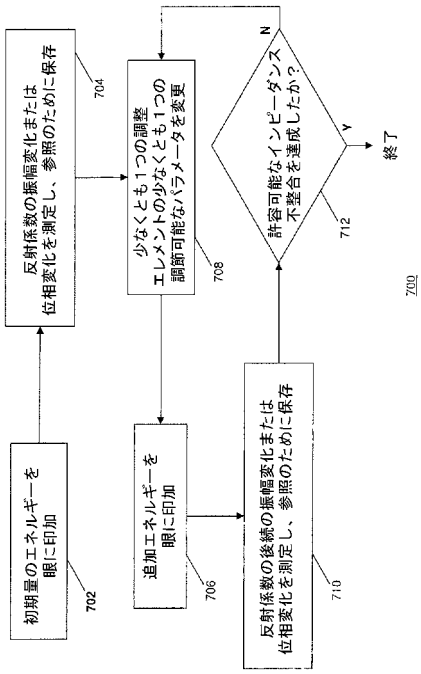
【図８】



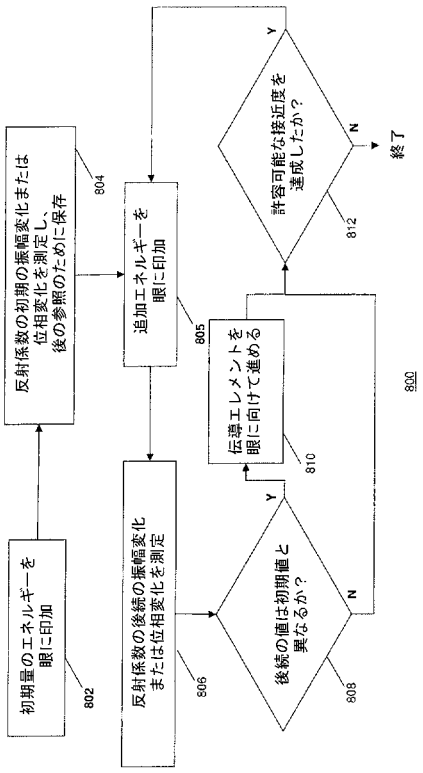
【図９】



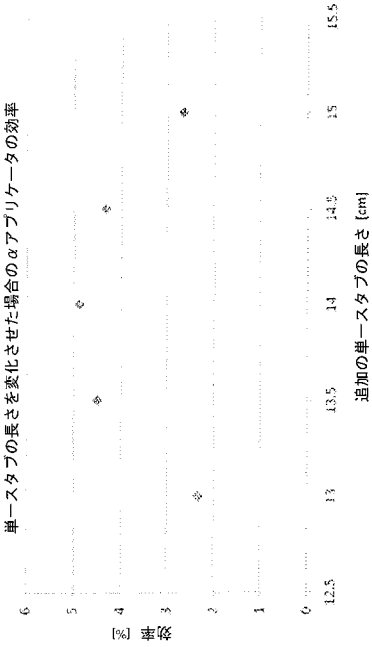
【図１０】



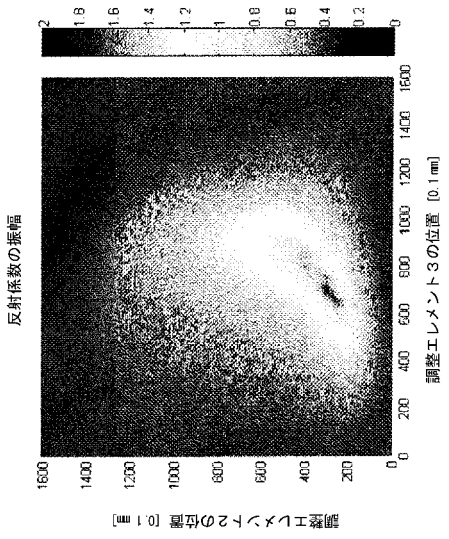
【図１１】



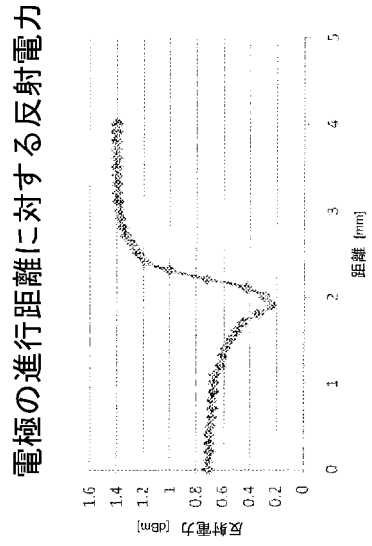
【図１２】



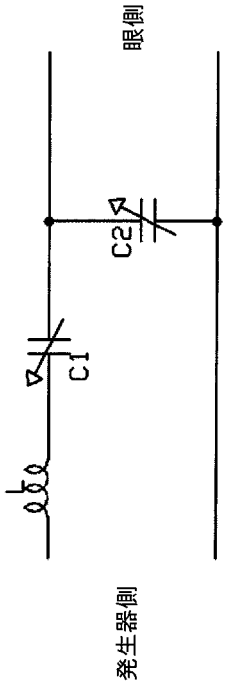
【図１３】



【図１４】



【図１５】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2009/064189

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC(8) - A61B 18/18 (2010.01)
USPC - 606/5
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC(8) - A61B 18/18 (2010.01)
USPC - 606/5

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
USPTO EAST System (US, USPG-PUB, EPO, DERWENT), MicroPatent

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X --- Y	US 2004/0143250 A1 (TREMBLY) 22 July 2004 (22.07.2004) entire document	1-6,11-13,15-18,21-25, 27-31, 33 --- 14,20,32,34-37,39-46, 51-57,59-68,70-75,77-81
Y	US 6,342,053 B1 (BERRY) 29 January 2002 (29.01.2002) entire document	14,20,32,45,46,51-57,59-68,70-75,77-81
Y	US 2005/0197657 A1 (GOTH et al) 08 September 2005 (08.09.2005) entire document	34-37,39-44,72-75,77-81
A	US 2007/0161976 A1 (TREMBLY) 12 July 2007 (12.07.2007) entire document	1-81

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 Decmeber 2009	11 JAN 2010
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201	Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 パーターブ，ラダ
アメリカ合衆国、マサチューセッツ ０２１４３、サマービル、セダー・ストリート ９２、ナンバー３
(72)発明者 マイヤーズ，スティーヴン
アメリカ合衆国、マサチューセッツ ０２４５１、ウォルサム、ブラック・ベア・ドライブ ６７、ユニット １５２５
(72)発明者 ドレシャー，ラス
アメリカ合衆国、マサチューセッツ ０１７５２、マールボロー、メイプル・ストリート １７５、ナンバー３１０
(72)発明者 ミューラー，デイビッド
アメリカ合衆国、マサチューセッツ ０２１０８、ボストン、チェスナット・ストリート ８７
(72)発明者 シャーフ，ロナルド
アメリカ合衆国、マサチューセッツ ０２４５１、ウォルサム、アマースト・ロード １１４

Ｆターム(参考) 4C160 JK03 MM32