

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3677040号
(P3677040)

(45) 発行日 平成17年7月27日(2005.7.27)

(24) 登録日 平成17年5月13日(2005.5.13)

(51) Int. Cl.⁷

A 6 1 F 2/16

F I

A 6 1 F 2/16

請求項の数 51 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願平7-508193	(73) 特許権者	カミング, ジェイ・スチュワート
(86) (22) 出願日	平成6年8月24日(1994.8.24)		アメリカ合衆国カリフォルニア州9280
(65) 公表番号	特表平9-501856		1, アナハイム, ウェスト・ラパルマ・ア
(43) 公表日	平成9年2月25日(1997.2.25)		ベニュー 1211, ナンバー201
(86) 国際出願番号	PCT/US1994/009654	(74) 代理人	弁理士 社本 一夫
(87) 国際公開番号	W01995/006446	(74) 代理人	弁理士 今井 庄亮
(87) 国際公開日	平成7年3月9日(1995.3.9)	(74) 代理人	弁理士 増井 忠次
審査請求日	平成13年5月31日(2001.5.31)	(74) 代理人	弁理士 栗田 忠彦
(31) 優先権主張番号	08/113, 215	(74) 代理人	弁理士 小林 泰
(32) 優先日	平成5年8月27日(1993.8.27)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 調節可能な眼内レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自然の被膜房(20)内で人間の眼(10)内に埋め込まれるように構成されている調節可能な眼内レンズ(32)にして、
通常の前側部及び後側部を有するレンズ本体であって、可撓性の、中実の光学素子(34)と、該光学素子(34)の直径方向両側部に接続された内端及び対向する外端を有する板状の触覚部分(36)とを含む前記レンズ本体を備え、前記光学素子(34)が、前記触覚部分(36)の前記外端に関して前方に且つ後方に可動であり、且つ近視野のために前記眼(10)の虹彩(18)の方へ可動であり、更に、前記レンズが前記被膜房の前記内径に近似する長さを有する

ことを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項2】

請求の範囲第1項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記レンズ本体が、前記板状の触覚部分の内端を前記光学素子に接続するヒンジを備え、該ヒンジを中心として、前記触覚部分が前記光学素子に関して前方に且つ後方に枢動可能であることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項3】

請求の範囲第2項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記ヒンジが、前記レンズ本体の可撓性部分であることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 4】

請求の範囲第 2 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記レンズ本体が、前記触覚部分の内端に沿って前記本体の側部の少なくとも一つに構成された溝を備え、該溝が前記ヒンジを形成するレンズ本体の可撓性の薄厚部分を形成することを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 5】

請求の範囲第 1 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記触覚部分が、その全長に亘って前記光学素子に関して前方向及び後方向に撓み可能であることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 6】

調節可能な眼内レンズにして、
通常の前側部及び後側部を有するレンズ本体であって、可撓性の光学素子と、該光学素子の直径方向両側部から伸長し、前記光学素子に隣接する内端及び対向する外端を有する板状の触覚部分と、ヒンジ手段とを備える前記レンズ本体を備え、前記ヒンジ手段は、それを中心として、前記触覚部分が前記光学素子に関して前方に且つ後方に枢動し得るよう前記板状触覚部分の内端を前記光学素子に枢動可能に接続することを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 7】

請求の範囲第 6 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記ヒンジ手段が、前記レンズ本体の可撓性のヒンジ部分を備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 8】

請求の範囲第 7 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記ヒンジ部分が、前記レンズ本体の可撓性の薄肉部分を備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 9】

請求の範囲第 1 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記レンズ本体が、弾性記憶を有する材料で形成され、前記本体が、前記触覚部分、光学素子及びヒンジ手段が略共通の面内に配置される非応力状態の形態を有することを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 10】

請求の範囲第 1 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記レンズ本体が、弾性記憶を有する材料で形成され、
前記本体が、前記触覚部分が前記光学素子に関して後方に伸長する通常の非応力状態にある前方にアーチ状の形態を有することを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 11】

請求の範囲第 1 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記レンズ本体が、弾性記憶を有する材料で形成され、
前記本体が、前記触覚部分が前記光学素子に関して前方に伸長する通常の非応力状態にある後方にアーチ状の形態を有することを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 12】

請求の範囲第 1 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記光学素子が、前記触覚部分の外端に関して後方にずらした位置に配置されることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 13】

請求の範囲第 1 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記光学素子が、前記触覚部分の外端に関して前方にずらした位置に配置されることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 14】

請求の範囲第 1 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、

前記光学素子に隣接して前記触覚部分の前側部に取り付けられ且つ触覚部分に沿ってその外端に向けて伸長するばねを備え、

前記ばねが、触覚部分に向けて弾性的に偏倚され且つ眼の虹彩の上方に互って係合して調節動作を支援し得るようにしたことを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 15】

自然の被膜房(20)内で人間の眼(10)内に埋め込まれるように構成されている調節可能な眼内レンズ(32)にして、

通常の前側部及び後側部を有するレンズ本体であって、可撓性の、中実の光学素子(34)と、該光学素子(34)の直径方向両側部に接続された内端及び対向する外端を有する板状の触覚部分(36)とを含む前記レンズ本体を備え、前記光学素子(34)が、前記触覚部分(36)の前記外端に関して前方に且つ後方に可動であり、且つ近視野のために前記眼(10)の虹彩(18)の方へ可動であり、更に、

(a) レンズを被膜房内に位置決めすること、及び(b) 触覚部分の外端を前記眼内で固定することの少なくとも一方のため、前記触覚部分に設けられた固定手段(114、118、126、130、134、142、154、164、186、198、224、240、242、244、264、266、274、278、302、318、424、602、702、802、920、920b、922c、図43)を備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 16】

請求の範囲第15項に記載の調節可能な眼内レンズにして、前記固定手段が、線維組織形成がその周りで行われる、前記触覚部分の外端に設けられた突起を備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 17】

請求の範囲第15項に記載の調節可能な眼内レンズにして、前記固定手段が、前記触覚部分の外端に形成された開口部を備え、該開口部を通じて線維組織形成が行われるようにしたことを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 18】

請求の範囲第15項に記載の調節可能な眼内レンズにして、前記固定手段が、その周りで線維組織形成が行われる、触覚部分の外端に設けられたループを備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 19】

請求の範囲第15項に記載の調節可能な眼内レンズにして、前記固定手段が、その周りで線維組織形成が行われる、前記触覚部分の外端に設けられたばねループを備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 20】

請求の範囲第15項に記載の調節可能な眼内レンズにして、前記固定手段が、長手方向ソケット内を摺動して、前記触覚部分の外端に入る独立的な固定要素を備え、前記眼内レンズ及び固定要素が分離可能であることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 21】

請求の範囲第20項に記載の調節可能な眼内レンズにして、前記固定要素が、前記触覚部分のソケット内を摺動可能な脚部を有する略U字形のループを備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 22】

請求の範囲第20項に記載の調節可能な眼内レンズにして、前記固定要素が、前記触覚部分のソケット内を摺動可能に一端に設けられたジャーナルと、その他端に設けられたクロス・アームとを有する略十字形の部材を備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 23】

請求の範囲第20項に記載の調節可能な眼内レンズにして、

前記固定要素が、前記眼内レンズを眼内に埋め込む間に、前記レンズ本体及び固定要素を組み立てた状態に固着する着脱可能な縫合材を受け入れる手段を備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 2 4】

請求の範囲第 1 5 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記固定手段が、前記板状の触覚部分から伸長する湾曲した弾性的なばねアームを備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 2 5】

請求の範囲第 1 5 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記固定手段が、前記触覚部分の外端に設けられたばね (2 4 2、4 2 4、6 0 2、7 0 2、8 0 2、9 2 0、9 2 0 b、9 2 2 c、図 4 3) を備え、
該ばねがその隣接する板状の触覚部分の外端を越えて伸長して、前記房の外周と弾性的に係合して、レンズを房内で強固に位置決めすると共に、レンズがずれるのを防止する、通常の非応力位置を有する該ばねであるようにしたことを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 2 6】

請求の範囲第 2 5 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記ばねがばねループを備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 2 7】

請求の範囲第 2 5 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記ばねが、前記板状の触覚部分に固定された基端と、対向する自由端とを有するばねアーム (4 2 4、6 0 2、7 0 2、8 0 2、9 2 0、9 2 0 b) を備え、
前記ばねアームの各々が、そのそれぞれの触覚部分の外端から外方に湾曲することを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 2 8】

請求の範囲第 2 5 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記ばねが、板状の触覚部分の各々の外端に設けられた単一のばねアーム (4 2 4、6 0 2、9 2 0、9 2 0 b、図 4 3) を備え、該ばねアームが、前記触覚部分の一つの長手方向縁端に隣接してそれぞれの触覚部分に固定された基端と、対向する自由端とを有し、
前記ばねアームの各々が、そのそれぞれの触覚部分の外端から外方に湾曲することを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 2 9】

請求の範囲第 2 5 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記ばねが、前記触覚部分の各々の外端に設けられた一対のばねアーム (2 4 2、7 0 2) を備え、該ばねアームが、前記触覚部分の長手方向中心線に沿ってそれぞれの触覚部分に固定された共通の基端と、対向する自由端とを有し、
前記触覚部分の各々に設けられた前記ばねアームが、そのそれぞれの触覚部分の外端から外方に湾曲し且つその共通の基端からその自由端まで触覚部分の対向する長手方向縁端に向けて湾曲することを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 3 0】

請求の範囲第 2 5 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記ばねが、前記触覚部分の各々の外端に設けられた一対のばねアーム (8 0 2) を備え、該ばねアームが、触覚部分の長手方向縁端にそれぞれ隣接してそれぞれの触覚部分に固定された基端と、対向する自由端とを有し、
前記触覚部分の各々に設けられた前記ばねアームが、そのそれぞれの触覚部分の外端から外方に湾曲し且つその基端からその自由端まで互いの方向に湾曲することを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 3 1】

請求の範囲第 2 5 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記ばね及び隣接する触覚部分の外端が、介在する開口部 (4 3 2、9 1 8、9 1 8 c)

を形成し、該開口部を通じて線維組織形成が行われるようにしたことを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 3 2】

調節可能な眼内レンズにして、

通常の前側部及び後側部を有し且つ可撓性の光学素子と、板状の触覚部分とを有するレンズ本体であって、該触覚部分が、前記光学素子の直径方向両側部に接続された内端と、対向する外端とを有する前記レンズ本体と、

前記本体の側部の一方に設けられて、前記レンズの長さに対して直角に前記触覚部分の内端を横断するように伸長する溝(40、320、249、916、924)であって、前記触覚部分が前記光学素子に関して前方に且つ後方に撓むときの中心となるヒンジを形成する前記溝とを備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

10

【請求項 3 3】

請求の範囲第 3 2 項に記載の調節可能なレンズにして、

前記溝が、前記レンズ本体の前記前側部に配置されることを特徴とする調節可能なレンズ。

【請求項 3 4】

調節可能な眼内レンズにして、

通常の前側部及び後側部を有し、且つ円形の可撓性の光学素子と、板状の触覚部分であって、前記光学素子と前記触覚部分との間の接続部において、直径方向に対向した前記光学素子の縁端部分に接続された内端と、対向する外端とを含む板状の触覚部分とを有する前記

20

記レンズ本体を備え、
前記レンズの長さに対して直角に測定した前記接続部の幅が、前記光学素子の直径よりも実質的に小さく、これにより、前記光学素子が、前記接続部の間で実質的に周方向長さの自由縁端部分を有し、

該自由な縁端部分の各々の周方向長さが、各接続部の幅を実質的に上廻り、

前記光学素子が、前記触覚部分に関して前方及び後方に可動であることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 3 5】

請求の範囲第 3 4 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、

前記触覚部分が、前記接続部の幅に比べて比較的幅の広い外端部分であって、該触覚部分の外端に隣接して設けられた開口部を有する外端部分を有することを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

30

【請求項 3 6】

請求の範囲第 3 4 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、

前記接続部が、ヒンジ接続部であり、該ヒンジ接続部を中心として前記触覚部分が前記光学素子に関して前方に且つ後方に可動であり、

前記触覚部分が、前記接続部の幅に比べて比較的幅の広い外端部分であって、該触覚部分の外端を貫通して開口する、開放した側部を有する切欠きの形態の開口部を有する外端部分を有し、

前記レンズが、前記触覚部分の外端に設けられたばねアームを備え、該ばねアームが、前記切欠きの一側部にて一端が触覚部分の外端に固定され、隣接する触覚部分の端部に対して離間した関係にて、前記切欠きの開放した側部を横断して触覚部分の横方向に伸長し、前記ばねアームが、隣接する触覚部分の端部に向けて且つ該端部から離れる方向に弾性的に撓み可能であることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

40

【請求項 3 7】

請求の範囲第 3 4 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、

前記接続部が、ヒンジ接続部であり、該ヒンジ接続部を中心として前記触覚部分が前記光学素子に関して前方に且つ後方に可動であり、

前記触覚部分が、前記接続部の幅に比べて比較的幅の広い外端部分であって、前記触覚部分の外端に隣接する開口部を有する外端部分と、前記触覚部分の開口部の隣接する側部に

50

沿って触覚部分の外端を横断するように伸長し且つ前記触覚部分の開口部の隣接する側部を閉鎖する比較的細い架橋部分とを含むことを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 3 8】

請求の範囲第 3 4 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記接続部が、ヒンジ接続部であり、該ヒンジ接続部を中心として前記触覚部分が前記光学素子に関して前方に且つ後方に可動であり、
前記触覚部分が、前記接続部の幅に比べて比較的幅の広い外端部分であって、前記触覚部分の外端に隣接する開口部を有する外端部分と、前記触覚部分の開口部の隣接する側部に沿って触覚部分の外端を横断するように伸長する比較的細い架橋部分とを有し、
前記レンズが、前記触覚部分の外端に設けられたばねアームを備え、該ばねアームが、触覚部分の一つの長手方向縁部に隣接して、その一端が触覚部分の外端に固定され且つ前記触覚部分の端部方向で前記架橋部分に対して離間した関係にて、その対向する長手方向縁部に向けて触覚部分の横方向に伸長し、
前記ばねアームが、レンズの端部方向で前記架橋部分に向け且つ該架橋部分から離れるように、弾性的に撓み可能であることを特徴とする調節可能なレンズ。

10

【請求項 3 9】

請求の範囲第 3 4 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記接続部が、ヒンジ接続部であり、該ヒンジ接続部を中心として前記触覚部分が前記光学素子に関して前方に且つ後方に枢動可能であり、
前記触覚部分が、前記接続部から該触覚部分の外端部分に向けて漸進的に狭小幅となるテーパー付きの内端部分を備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

20

【請求項 4 0】

請求の範囲第 3 4 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記触覚部分が内端部分を有し、
前記接続部がヒンジ接続部であり、該ヒンジ接続部を中心として、前記触覚部分が枢動可能であることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項 4 1】

請求の範囲第 3 4 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記光学素子及び触覚部分が、通常の前方面及び後方面を有し、
前記接続部が、前記光学素子の縁端部分に近接し且つ前記触覚部分の長さに対して直角に該触覚部分の前方面に設けられた溝により形成された可撓性のヒンジ接続部であり、該ヒンジ接続部が、前記光学素子の縁端部分及び前記触覚部分の内端部分を接続する可撓性のヒンジ部分を備え、
前記光学素子が、該光学素子の前記前方面が前記触覚部分の前記前方面の前方に突出するように該触覚部分に関して前方にずらした位置に配置され、前記触覚部分の縁端部分及び前記可撓性のヒンジ部分の双方が、該触覚部分の厚さ部分内で且つ該触覚部分の面の間に配置されることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

30

【請求項 4 2】

請求の範囲第 3 4 項に記載の調節可能な眼内レンズにして、
前記光学素子及び触覚部分が、通常の前方面及び後方面を備え、
前記接続部が、前記光学素子の縁端部分及び前記触覚部分の内端を接続する可撓性のヒンジ部分を備え、
前記光学素子が、該光学素子の前記前方面が前記触覚部分の前記前方面から突出するように、前記触覚部分に関して前方にずらした位置に配置され、前記光学素子の縁端部分及び前記可撓性のヒンジ部分の双方が、前記触覚部分の前方面の前方に配置されることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

40

【請求項 4 3】

自然の被膜房 (2 0) 内で人間の眼 (1 0) 内に埋め込まれるように構成されている調節可能な眼内レンズ埋込み体にして、
通常の前側部及び後側部を有する眼内レンズ (3 2) であって、中央の、可撓性の中実の

50

光学素子(34)と、該光学素子(34)の両縁部から伸長する触覚部分であって、前記光学素子(34)に接続された内端及び対向する外端を有する板状の触覚部分(36)を含む前記眼内レンズを備え、前記光学素子が、前記触覚部分の前記外端に関して前方に且つ後方に可動であり、且つ近視野のために前記眼(10)の虹彩(18)の方へ可動であることを特徴とするレンズ埋込み体。

【請求項44】

請求の範囲第43項に記載のレンズ埋込み体にして、前記レンズが、前記触覚部分の内端を前記光学素子に接続するヒンジを備え、前記該ヒンジを中心として触覚部分が前記光学素子に関して前方に且つ後方に枢動可能であることを特徴とするレンズ埋込み体。

10

【請求項45】

請求の範囲第44項に記載のレンズ埋込み体にして、前記レンズが、前記触覚部分の内端に沿って前記レンズの側部の一方に形成された溝を有し、該溝が、前記ヒンジを構成する、前記レンズの可撓性の薄肉部分を形成することを特徴とするレンズ埋込み体。

【請求項46】

請求の範囲第43項に記載のレンズ埋込み体にして、前記触覚部分が、その全長に亘って、前記光学素子に関して前方向及び後方向に撓み可能であることを特徴とするレンズ埋込み体。

【請求項47】

請求の範囲第43項に記載のレンズ埋込み体にして、前記レンズが、前記線維状組織内に強固に定着されて、前記レンズが前記被膜房内でずれるのを確実に防止すべく、前記触覚部分の外端に設けられた固定手段を備えることを特徴とするレンズ埋込み体。

20

【請求項48】

請求の範囲第47項に記載のレンズ埋込み体にして、前記固定手段及び触覚部分が、前記レンズを前記被膜房から取り出し且つ該レンズを該被膜房内で交換し得るように分離可能であることを特徴とするレンズ埋込み体。

【請求項49】

請求の範囲第43項に記載のレンズ埋込み体にして、前記レンズが、前記触覚部分の外端に設けられ、前記被膜房の外周に係合し且つ前記線維状組織により封止されたばねを備えることを特徴とするレンズ埋込み体。

30

【請求項50】

請求の範囲第1項に記載の調節可能な眼内レンズにして、前記触覚部分から前方に伸長する突出手段を更に備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

【請求項51】

請求の範囲第6項に記載の調節可能な眼内レンズにして、前記触覚部分から前方に伸長する突起を更に備えることを特徴とする調節可能な眼内レンズ。

40

【発明の詳細な説明】

技術分野

本発明は、一般に、眼内レンズに関し、より具体的には、自然の水晶体の後被膜及び前被膜を眼内で無傷に残して自然の水晶体基質を除去した、人間の眼の被膜房内に埋め込まれる調節可能な眼内レンズに関する。また、本発明は、人間の眼内で眼内レンズを利用し、患者に対して正常な毛様体筋動作に応答可能な調節機能を付与する新規な方法にも関する。

従来の技術

人間の眼は、角膜と虹彩の間の前房と、水晶体を含む虹彩後方の後房と、硝子体液を含む水晶体後方の硝水房と、硝水房の後方にある網膜とを有する。正常な人間の眼の水晶体は

50

、小帯により眼の毛様体筋にその外周の周りで取り付けられ、水晶体基質を含む水晶体被膜を有する。この水晶体被膜は、眼科医により、一般に、それぞれ前被膜及び後被膜と呼ばれる光学的に透明で弾性的な前方及び後方の薄膜状壁を有する。虹彩と毛様体筋との間には、毛様体溝と呼ばれる環状のクレパス状スペースがある。

人間の眼は、自然の調節機能を有する。自然の調節は、脳により毛様体筋を弛緩させ且つ緊張させ、眼が近視野及び遠視野を見ることを可能にする。この毛様体筋の動作は、自動的に行われ、眼で見た情景から眼に入る光線を網膜上に焦点決めするのに適した光学的形態の自然の水晶体の形状にする。

人間の眼は、眼が適正に機能する能力を低下させ又は完全に駄目にする各種の異常が生じ易い。こうした異常のより一般的なものの一つは、自然の水晶体基質が漸進的に曇り、その結果、白内障と呼ばれるものが形成されることである。白内障の人間の水晶体を外科的に除去して、その自然の水晶体に代えて、人工の眼内レンズを眼に埋め込むことが、現在、一般的な方法である。従来技術には、この目的のための極めて種々の眼内レンズがある。かかるレンズの例には、次の特許がある。即ち、米国特許第4,254,509号、同第4,298,996号、同第4,409,691号、同第4,424,597号、同第4,573,998号、同第4,664,666号、同第4,673,406号、同第4,738,680号、同第4,753,655号、同第4,778,463号、同第4,813,955号、同第4,840,627号、同第4,842,601号、同第4,963,148号、同第4,994,082号、同第5,047,051号である。

上記の特許から明らかであるように、眼内レンズは、その物理的外観及び構造の点で大きく異なる。本発明は、中央の光学領域、即ち、光学素子と、光学素子から外方に伸長しその光学素子を眼の軸線上で支持し得るような方法で眼の内部に係合する触覚部分とを有する型式の眼内レンズに関するものである。当該出願人の先の特許出願第07/515,636号と同時に出願した上述の特許5,047,051号には、触覚部分としてのアンカー・プレートと、該プレートの長手方向中心にある光学素子と、該プレートの端部に固着された弾性的な触覚部分ループとを有する眼内レンズが開示されている。

1980年代の後半までは、その外側の水晶体被膜及びその内側の水晶体基質の双方を含む人間の眼の全体を除去することを含む被膜内摘出法、又は水晶体の前被膜及び内側の水晶体基質を除去するが、水晶体の後被膜は、無傷で残す被膜外摘出法の何れかで外科的に白内障（水晶体の混濁部）が除去されていた。かかる被膜内及び被膜外摘出法は、術後の合併症を引き起し易く、そのため、その利用には、望ましくない危険が伴う。こうした合併症の最も重大なものは、被膜外水晶体の摘出後における、後被膜の混濁、被膜内水晶体の離心、嚢胞様の浮腫、網膜剥離及び非点収差である。

上記及びその他の術後の合併症を緩和し、また、被膜内及び被膜外白内障の摘出に伴う危険性を軽減するため、前被膜切裂法（anterior capsulorhexis）が開発された。この前被膜切裂法は、簡単に説明すれば、自然の水晶体の前被膜に穴を形成する段階と、弾性的な後被膜、前被膜開口部の周りに前被膜の残部又は縁部、前被膜の残部と後被膜の外周との間で、本明細書で被膜房溝と呼ぶ環状の溝とを有する被膜房を眼内部に完全に残す段階とを含む。この被膜房は、その外周が眼の小帯により眼を囲繞する毛様体筋に取り付けられたままである。白内障のある自然の水晶体基質は、水晶体超音波吸引法（phacoemulsification）及び吸引、又はその他の何らかの方法にて、前被膜開口部を通じて被膜房から除去され、その後、眼内レンズが開口部を通じて房内に埋め込まれる。

被膜切裂法（capsulorhexis）として公知の比較的最新の改良された前被膜切開の形態は、基本的に、円形又は丸型に連続的に引き裂く被膜切開術である。被膜切裂法は、水晶体の軸線と略同軸状の略円形の切裂線に沿って、自然の水晶体の前被膜を切裂き、切裂線が囲繞する前被膜の略円形部分を除去することにより行われる。連続的に円形に切裂く被膜切裂法は、適正に行ったならば、眼の軸線と略同軸状に自然の水晶体の前被膜に略円形の開口部を形成し、該開口部は、周方向に前被膜の環状の残部又は縁部により囲繞され、また、該開口部と境を接する比較的平滑で且つ連続的な内縁端を有するようにする。しかしながら、連続的に円形に切裂く被膜切裂法を実施するとき、前方縁部を誤って切裂いたり、薄く切り、又は破れさせることが多く、或いは、以下に説明するように、線維組織形成

10

20

30

40

50

時に、縁部に応力が加わったとき、縁部が切裂かれ易くするような方法で内側縁端が切欠き、又は薄切りされることもある。

エンベロープ被膜切開法と呼ばれるもう一つの前被膜切開法は、自然の水晶体被膜の前被膜を水平方向に切開し、次に、その水平方向切開部分に交差し且つ該水平方向切開部分から立ち上がる二つの垂直方向切開部分を前被膜形成し、最後に、垂直方向切開部分の上端から開始して、垂直方向切開部分に対して平行な下方の垂直部分まで連続する上方の上向きの円弧状部分を有する切裂線に沿って前被膜を切裂く段階とを備え、該垂直方向切開部分は下方に伸長し、その後、第二の垂直方向切開部分と交差する。この方法は、眼の軸線上に中心がある略円弧状の前記被膜開口部を形成する。この開口部は、その底部にて水平方向切開部分と境を接しており、また、その垂直方向の一側部で垂直方向切開部分と、その反対側の垂直方向側部にて、前被膜の第二の垂直方向切開部分と、及びその上側部にて被膜切裂き部分の上方円弧状部分と境を接している。垂直方向切開部分及び水平方向切開部分の隣接する端部は、開口部の一側部にて可撓性のフラップを形成する。垂直方向切裂き縁部及び水平方向切開部分の隣接する端部は、開口部の反対側側部に第二のフラップを形成する。

10

ビール缶 (beer can) 又は缶切り被膜切開法 (can opener capsulotomy) と呼ばれる第三の被膜切開法は、眼の軸線と略同軸状の円弧線に沿った多数の位置にて、自然の水晶体の前被膜に穿孔する段階と、次に、この線により周方向に圍繞された被膜の略円形部分を除去する段階とを含む。この方法は、眼の軸線と略同軸状であり且つ前被膜の環状残部組織又は縁部と周方向に境を接した略円形の前被膜開口部を形成する。この縁部の内縁端は、前被膜の突刺穴の縁部により形成された多数のスカルップを有しており、前被膜は、以下に説明するように、線維組織形成が為されるようなとき、縁部に応力が加わった場合、環状の残部組織又は縁部が、半径方向に裂け易い傾向となる。

20

また、眼内レンズは、その調節機能、及びその眼内の位置の点でも異なる。この調節は、眼内レンズが調節する機能、即ち、近視野及び遠視野に対して眼を焦点決めする機能である。当該出願人の共同の特許出願第07/744,472号及び上述の特許の幾つかは、調節可能な眼内レンズを記載している。記載したその他の特許は、非調節型の眼内レンズを記載している。殆どの非調節型レンズは、眼を一定の距離でのみ焦点決めし、その焦点を変更するためには、眼鏡を必要とする単一焦点の光学素子を有する。その他の非調節型レンズは、近視野及び遠視野対物の双方を眼の網膜に結像する複焦点光学素子を備えている。脳が適当な像を選択し、その他の像は抑制し、このため、複焦点眼内レンズは、眼鏡を掛けずに近視野及び遠視野の双方を提供する。しかしながら、この複焦点眼内レンズは、その各複焦点像の各々が、利用可能な光の約40%しか表現せず、残りの20%の光は、散乱して失われるという欠点がある。

30

眼内に眼内レンズを配置するのに可能な位置は、四つある。即ち、(a) 前房内、(b) 後房内、(c) 被膜房内、(d) 硝水房内である。当該出願人の共同特許出願第07/744,472号に開示された眼内レンズは、被膜房内に配置することを目的とするものである。

発明の開示

その形態の一つによれば、本発明は、前被膜切開法により、好ましくは、被膜切裂法により形成された前被膜開口部を通じて人間の水晶体被膜から自然の基質を除去した後、眼内に留まる人間の被膜房内に埋め込むための改良に係る調節可能な眼内レンズを提供する。本発明による改良に係る調節可能な眼内レンズは、中央の光学素子と、該光学素子の直径方向両側部から外方に伸長し且つ該光学素子に関して前方に且つ後方に可動である触覚部分とを備えている。説明したレンズの実施例の一部において、触覚部分は、その内端において、本明細書でヒンジと呼ぶヒンジ状接合部により光学素子に接続され、触覚部分の前方/後方への動きは、これらヒンジにおける触覚部分の枢動動作を含む。記載した実施例のその他において、触覚部分は、弾性的に撓み可能であり、光学素子に関する触覚部分の前方/後方への動きは、触覚部分が弾性的に撓み又は曲がることを含む。この点に関し、「撓む」、「撓みつつある」、「撓み可能」等の表現は、ヒンジ止めされた触覚部分且つ弾性的に曲げ可能な触覚部分の双方を包含する広い意味で使用されるものであることを最

40

50

初に認識することが重要である。

本明細書に記載したレンズの実施例の一部は、簡単な板状触覚部分レンズ (plate haptic lens) と呼ぶ。これらの簡単な板状触覚部分レンズは、眼の外科手術で利用される被膜切開法を適正に行うときに使用することを目的とするものであり、レンズを埋め込むときに、無傷の状態であり且つ割れ目や裂け目等が存在しないのみならず、その後の線維組織形成の間、その無傷の状態を保ち得る前被膜の残部組織又は縁部を提供するものである。こうした後者のレンズは、完全ではなく、又は線維組織形成の間、無傷のままの可能性のない前被膜の残部組織を生じる被膜切開法にて使用することを目的とするものである。両型式のレンズは、レンズ光学素子が眼の軸線上にて房の前被膜の開口部と整合する位置にて、眼の被膜房内に埋め込むことを目的とするものであり、レンズ触覚部分は、溝壁と接触した状態で被膜房の溝内に配置される。このとき、レンズの正常な後側部は、房の弾性的な後被膜の方を向いている。

10

本発明の現在の好適なレンズの実施例は、円形の光学素子及び比較的幅の狭い接続部により該光学素子の両縁端に内端が接続された触覚部分を備えている。これらの接続部は、直径方向に対向した光学素子の比較的小さい縁端部分のみを占め、接続部の間に残る光学素子の主要な円形の縁端部分は自由な状態にしておく。本明細書に記載した好適なレンズにおいて、これらの接続部は、触覚部分が光学素子に関して前方及び後方に可動であるヒンジ接続部である。これらの撓み可能又はヒンジ止めした接続部は、光学素子と板状触覚部分との間の架橋部分であって、線維組織形成により前被膜及び後被膜内の適所に固定された架橋部分を形成する。これらの架橋部分は、テーパが付けられており、最も幅の広い端部が光学素子に隣接している。このことは、線維組織形成により形成された前被膜の縁部及び後被膜により形成された空所に対して、架橋部分が摺動して出入りすることを可能にし、また、板状触覚部分が、端部方向に圧縮されたときに、光学素子が前方に動くことを可能にする。

20

3週間程度の術後の期間中、前被膜の縁部の後側部における活性な内胚葉性細胞は、線維組織形成により縁部を弾性的な後被膜に融着させる。この線維組織形成は、触覚部分が被膜房により効果的に「シュリンク・ラップ (shrink-wrapped)」され、前被膜の縁部と後被膜との間に半径方向への空所を形成するような方法で、触覚部分の周りで行われる。こうした空所は、触覚部分を含み、レンズを眼内で位置決めし且つ中心決めする働きをする。線維組織形成中、前被膜の縁部は収縮する。触覚部分のシュリンク・ラップと合わさったこの収縮により、固定された触覚部分の外端部に関して眼の軸線に沿ってレンズの中心を偏向させるような方法で、レンズが端部方向に圧縮される。線維組織形成した無傷の前被膜の縁部は、レンズの前方への偏向を防止し、このため、線維組織形成に起因するレンズの偏向は、後方に向けて生じ、この偏向位置にて、レンズが弾性的な後被膜に押し付けられ、この後被膜を後方に延伸させる。

30

本発明の好適なレンズの実施例は、前被膜の開口部を貫通し得る直径とした円形の光学素子を備えている。これらの好適なレンズは、その光学素子が調節動作して、光学素子が前被膜の開口部を貫通して突出し、レンズの調節範囲が最大となる位置となるような構造及び配置とされている。

本発明のもう一つの重要な形態によれば、毛様体筋は、外科手術の開始時点でその弛緩状態にて麻痺させ、外科手術中、及び線維組織形成により前被膜の残部組織又は縁部を後被膜に融着させる術後の双方にて、この弛緩した状態に保たれる。このようにして、毛様体筋は、眼に毛様体筋弛緩剤 (即ち、毛様体筋麻痺薬 (cycloplegic)) を入れることにより弛緩させる。各種の毛様体筋麻痺薬を使用することも出来るが、好適な毛様体筋麻痺薬は、その他の毛様体筋麻痺薬と比べてその有効期間が比較的長い点でアトロピン (atropine) である。この毛様体筋麻痺薬は、外科手術の開始時点で最初に眼に入れて、瞳を拡張させ、毛様体筋をその弛緩状態で麻痺させる。外科手術後、十分な時間 (通常、約2乃至3週間) の術後の治癒期間中、患者が毛様体筋麻痺薬滴を点眼して、線維組織形成が完了するまで毛様体筋をその弛緩状態に保つ。この薬剤に起因する毛様体筋の弛緩状態により筋肉の収縮が防止され、線維組織形成中、被膜房を固定する。この手段により、レンズは

40

50

、遠視野のため網膜に関して眼内の適所に固定されている。毛様体筋麻痺薬の効果が消滅し、毛様体筋が再度収縮すると、この収縮により板上で端部同士の圧縮が生じ、これにより、近視野のためには、光学素子を前方に動かす。毛様体筋がその弛緩状態に保たれないならば、毛様体筋は、線維組織形成中、脳に起因する略正常な視野の調節収縮及び弛緩を行う。この線維組織形成中の毛様体筋の動作により、線維組織形成組織中に、触覚部分のピケットが不適切に形成されるのみならず、線維組織形成中の毛様体筋の収縮により、被膜房が半径方向に圧縮され、またレンズが端部方向に圧縮されて、レンズが房内のその適正な位置からずれる可能性がある。

本発明による調節可能なレンズは、正常な非応力状態の形態を有し、このため、この正常の非応力状態の形態から偏向したとき、レンズは内部の弾性的な歪みエネルギーを発生させ、このエネルギーにより、レンズは調節を促進する状態にてその正常な非応力状態の形態に偏倚される。レンズはこの正常な非応力状態の形態のとき、略平坦で、前方に円弧状又は後方に円弧状となることが出来る。該レンズの一つの開示された実施例は、レンズの調節を支援する補助的ばねを含む。開示したレンズの実施例の一部は、触覚部分の端部に一体の固定手段を備え、該触覚部分の端部の周りで被膜房の前方縁部の線維組織形成が行われて、レンズをずれないように眼内で固定する。その他の開示した実施例は、固定要素を備え、この固定要素からレンズ自体を分離させて、眼内のその正確な最初の位置でその後の交換又は補正のため、及びレンズを交換すべくレンズを除去することを可能にする。上述したように、本発明の簡単な板触覚部分レンズは、眼に対して行った前被膜切開の結果、完全な状態であり、線維組織形成中、周方向に連続した前被膜の残部組織又は縁部が得られるときに使用することを目的とするものである。板状触覚部分のばねレンズは、前被膜の残部組織又は被膜房の縁部が破れたとき、即ち、切断又は裂けたとき、或いは線維組織形成中かかる状態になり易いときに使用することを目的とするものである。被膜縁部の破れは、種々の原因で生じる。例えば、連続的に円形に被膜を切裂切開する方法又は被膜切裂法が不適切であれば、前方縁部を誤って切断したり切裂くことがある。他方、ピール缶又は缶切り被膜切開法の場合、完全ではなく、外科手術又はその後の線維組織形成中に裂ける可能性が大きい縁部にする、応力発生領域を有する内側スカラップ状縁部を備えている。エンベロープ被膜切開法は、その性質上、裂け且つ完全ではない前被膜の残部組織を生じさせる。

破断した前被膜の残部組織又は縁部が破れた場合、次の理由のため、本発明の簡単な板触覚部分レンズは使用出来なくなる。破れた縁部は、線維組織形成中、触覚部分レンズを被膜房の溝内に強固に保持することが出来ず、このため、レンズが離心し且つ／又は後方或いは前方にずれる傾向となる。破れた被膜縁部は、破れていない縁部のピンと張ったトランポリン状の状態を取ることが出来ない。この場合、破れた被膜縁部は、線維組織形成中及びその後に遠視野のため板触覚部分レンズを後被膜に対して完全に後方に偏向させることが出来ない。実際には、破れた被膜縁部は、レンズが前方に偏向可能にする。何れの場合でも、レンズの倍率は患者個人に合うように選択され、その視力によって決まり、また、眼鏡を掛けずに良好な像を得るためには、レンズ光学素子が網膜から正確な距離になければならないから、本発明の簡単な板触覚部分レンズは、破れた前被膜の残部組織又は縁部と共に使用することが出来ない。

本発明の調節可能な板触覚部分ばねレンズは、前被膜の残部組織又は被膜房の縁部が破れたときに使用することを目的とするものである。こうした板触覚部分ばねレンズは、簡単な板触覚部分レンズと同様ではあるが、板触覚部分の端部に設けられたばねループのような弾性的なばねを備えている。被膜房内に板接触部分ばねレンズを埋め込んだとき、この触覚部分ばねは、被膜房溝の壁に対して外方に押し付けられて、線維組織形成中、レンズを房内に固定する。破れた前被膜残部が後被膜に融着され、ばね、従って触覚部分を房内にしっかりと固定する方法で、また、線維組織形成中、レンズを弾性的な後被膜に対して後方に偏向させ得るような方法で、ばねの周りで線維組織形成が生じる。破れた被膜縁部に対する線維組織形成後、脳に起因する毛様体筋の収縮及び弛緩により、簡単な板触覚部分レンズ及び破れていない無傷の被膜縁部と全く同一の方法で、板触覚部分ばねレンズの

10

20

30

40

50

調節が為される。

本発明の板触覚部分ばねレンズは、破れた前被膜の残部組織又は縁部と共に使用することを目的とする一方、これらのレンズは、また、無傷の縁部と共に利用することも出来る。板触覚部分ばねレンズは、レンズの一端が被膜房内に配置され、レンズの他端が眼の毛様体溝内に配置された状態でレンズが眼内に不適切に配置された場合に補正をする。この点に関し、簡単な板触覚部分レンズに優る本発明の板触覚部分ばねレンズの有利な点は、無傷の被膜縁部と共に使用するための簡単な板触覚部分レンズ、及びその板触覚部分レンズの代替品として板触覚部分ばねレンズの双方を手術室内に準備しておく必要性がばねレンズにより不要となる点にある。

本発明の簡単な板触覚部分レンズに優る板触覚部分ばねレンズのもう一つの利点は、この触覚部分ばねレンズは、その光学素子の径が通常4乃至7mmの範囲に制限される簡単な板触覚部分レンズの径よりも大径の光学素子を可能にする点にある。このように、触覚部分ばねレンズは、被膜の残部組織又は縁部ではなくて、触覚部分ばねを利用して、線維組織形成中、レンズを適所に保持するものである。その結果、半径方向幅の狭い被膜の残部組織又は縁部、或いは割れたり、裂けた被膜縁部であって、簡単な板触覚部分レンズで可能な場合よりも有効寸法が大きい前被膜開口部を提供するその双方の被膜縁部と共に、これらのレンズが使用可能となる。一方、大きい前被膜開口部は、より大きい光学素子の径とすることを可能にし、このことは、眼科学的に一定の利点が得られる。本発明の一つの形態によれば、線維組織形成が完了した後、レーザを使用して前被膜の縁部を半径方向に切り、又は縁部を周方向に切断して開口部を拡げることにより、かかる大きい開口部が提供される。

本発明の更に別の形態は、自然の水晶体の前被膜切開法を伴う方法により、自然の水晶体基質が水晶体被膜から除去された人間の眼内で調節を可能にする本発明の調節可能なレンズを使用する新規な方法に関するものである。この方法は、白内障を除去した自然の水晶体に置換するために、また、患者が眼鏡を使用せずに良好に見ることが出来るようにするため、それまで眼鏡を掛けていた患者の眼の屈折誤差を補正するために利用することが出来る。例えば、本発明は、その眼の白内障でない透明な水晶体基質に代えて、本発明による調節可能な眼内レンズを使用することにより、近視野のため、読書用眼鏡、又は複焦点レンズを必要とする40代半ばの人間に対し、屈折誤差を補正し、調節機能を回復するために利用することが出来る。本発明の板触覚部分ばねレンズを利用する方法によれば、線維組織形成が完了した後、前被膜の残部組織、又は被膜房の縁部を半径方向に割れ目を入れるか、又は切断して、前被膜開口部を拡大し、6mm又は7mm以上の比較的大径の光学素子を使用することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

図1は、自然のレンズの被膜切裂法のような前被膜切開法を伴う外科手術により、自然の水晶体基質が除去された、人間の眼の断面図であり、その眼の被膜房内に埋め込まれた本発明による調節可能な簡単な板触覚部分レンズを示す図、

図1Aは、正常な人間の眼の断面図、

図2は、図1の眼内レンズの前側面図、

図3は、図2の線3-3に沿った断面図、

図4は、図1の線4-4に沿った断面図、

図5乃至図8は、図1の眼内に調節のため図1乃至図4の眼内レンズを利用する方法を示す図、

図9乃至図12は、別の光学的形状を有する、本発明の変更例による調節可能な眼内レンズの図3と同様の断面図、

図13は、その正常な非応力状態にあるレンズを示す、本発明の変更例による調節可能な眼内レンズの図3と同様の断面図、

図14は、その遠視野位置にあるレンズを示す、図16と同様の断面図、

図15は、前方に変位した光軸を有する、本発明の変更例による調節可能な眼内レンズの断面図、

10

20

30

40

50

図 1 6 は、眼の被膜房内にレンズを固定する一体の固定手段を有する、本発明の変更例による調節可能な眼内レンズの前側面図、

図 1 7 は、図 1 6 の線 1 7 - 1 7 に沿った断面図、

図 1 8 乃至図 2 1 は、眼の被膜房内にレンズを固定する別の一体の固定手段を有する、本発明の変更例による調節可能な眼内レンズの前側面図、

図 2 2 は、調節を支援するばねを有する、本発明の変更例による調節可能な眼内レンズの前側面図、

図 2 3 は、図 1 におけると同様に人間の被膜房内に埋め込まれた図 2 2 のレンズを示し、また、外科手術直後及び一定の調節後の位置にあるレンズを示す図、

図 2 4 は、その後方遠視野位置にあるレンズを示す図 2 3 と同様の図、

図 2 5 乃至図 3 0 は、図 1 におけるような人間の眼の被膜房内にレンズを固定する独立的な固定手段を有する、本発明の変更例による調節可能な眼内レンズの前側面図、

図 3 1 乃至図 3 4 は、一体の固定手段を有する、本発明の変更例による調節可能な眼内レンズの図、

図 3 5 乃至図 3 7 は、連続的に円形に切裂く被膜切開法、（被膜切裂法（capsulorhexis））、ピール缶被膜切開法、及びエンベロープ被膜切開法によりそれぞれ形成された被膜を示す図、

図 3 8 は、本発明による板触覚部分ばねレンズの前面図、

図 3 9 は、眼内に埋め込まれた図 3 8 の板触覚部分ばねレンズを示す、図 4 と同様の図、

図 4 0 は、図 3 9 の線 4 0 - 4 0 に沿った拡大断面図、

図 4 1 及び図 4 2 は、線維組織形成の完了後に、被膜房の被膜切開部分を拡大して、比較的大きいレンズ光学素子が前方に動くのを可能にする二つの方法を示す図、図 4 3 は、本発明による変更板触覚部分レンズの前方側面図、

図 4 4 乃至図 4 6 は、本発明の変更例による板触覚部分ばねレンズの図、

図 4 7 は、本発明による現在の好適な調節可能なレンズの前側部の平面図、

図 4 8 は、図 4 7 の線 4 8 - 4 8 に沿った断面図、

図 4 9 は、眼の被膜房内に埋め込まれた図 4 7 のレンズを示し且つその後方遠視野位置にあるレンズを示す図、

図 5 0 は、その調節の前方限界点、又はその付近にあるレンズを示す、図 4 9 と同様の図、

図 5 1 は、本発明の変更例による調節可能なレンズの図 4 8 と同様の断面図、

図 5 2 は、本発明の更に別の変更例による調節可能なレンズの図 4 7 と同様の図、

図 5 3 は、本発明更に別の変更例による調節可能なレンズの図 4 7 と同様の図である。

発明を実施するための最良の形態

上記の図面、先ず、図 1 及び図 1 A を参照すると、連続的な引き裂き円形被膜切開法、又は被膜切裂法を伴う外科手術により自然の水晶体基質が予め除去された人間の眼 1 0 が示してある。この自然の水晶体は、弾性的な前壁 A 及び後壁 P をそれぞれ有するレンズ被膜を備えており、これらの壁は、眼科医により、及び本明細書において、それぞれ前被膜及び後被膜と呼ばれる。自然の水晶体被膜（図 1 A）は、通常、光学的に透明な水晶体基質 M を含む。多くの人間の場合、この水晶体基質は、老化と共に曇って、いわゆる白内障と呼ばれる状態となる。現在、自然の水晶体から白内障を除去して、その水晶体基質に代えて人工的な眼内レンズを使用することにより、白内障患者の視力を回復することが一般的な方法である。

上述したように、連続的な円形被膜切開法、又は被膜切裂法は、前被膜の中心に比較的平滑な縁部を有する円形の開口部を形成し得るような方法で略円形の切裂線に沿って前被膜 A を切裂く段階を含む。白内障はこの開口部を通じて自然の水晶体を被膜から除去される。この外科手術が完了した後、眼は、光学的に透明な前角膜 1 2 と、眼の網膜 1 6 がその内側にある不透明な強膜 1 4 と、虹彩 1 8 と、この虹彩の後方の被膜房 2 0 と、ゲル状の硝子体液が満たされた被膜房後方の硝子体窩洞 2 1 とを備えている。この被膜房 2 0 は、連続的な円形切裂法を行い、また、自然の水晶体から自然の水晶体基質を除去した後に、

10

20

30

40

50

眼内に無傷の状態に残る眼の自然の水晶体の構造体である。

被膜房 20 は、環状の前被膜の残部組織又は縁部 22 と、弾性的な後被膜 24 とを備えており、これらは、房の外周に沿って接続され、縁部と後被膜との間に環状のクレバス状被膜房溝 25 を形成する。被膜縁部 22 は、自然の水晶体に対して被膜切裂法を行った後に残る自然の水晶体の前被膜の残部組織である。この縁部は、被膜房の中央にある略円形の前開口部 26 (被膜切開部分) を周方向に圍繞し、自然の水晶体基質は、この開口部を通じて予め自然の水晶体から除去されている。被膜房 20 は、その外周の周りで小帯 30 により眼の毛様体筋に固着されている。

正常の水晶体を有する正常な人間の眼における自然の調節は、異なる距離の対物を見ることに応答して、脳により眼の毛様体筋を自動的に収縮させ、即ち緊張及び弛緩させる段階を含む。毛様体筋の通常の状態である毛様体筋の弛緩状態は、遠視野に対する人間の水晶体の形状を設定する。毛様体筋の緊張により、近視野に対する人間の水晶体の形状が設定される。遠視野から近視野への脳に起因する変化が調節と呼ばれる。

除去した人間の水晶体に置換し且つその調節機能を果たす、本発明による調節可能な眼内レンズ 32 が眼 10 の被膜房 20 内に埋め込まれている。レンズ 32 は、後で説明する本発明の板触覚部分ばねレンズと区別するため、簡単な板触覚部分レンズとして説明する。上述し且つ以下の説明から容易に理解され得るように、この調節可能な眼内レンズは、白内障を生じた自然の水晶体のような実質的に完全に不良な自然の水晶体、又はある距離では眼鏡を掛けずに満足し得る視野が得られるが、別の距離では眼鏡を掛けなければ満足し得る視野が得られない、自然の水晶体の何れかと置換するため利用することが出来る。例えば、本発明の調節可能な眼内レンズは、近視野に対し読書用眼鏡、又は複焦点レンズを必要とする 40 代半ばの人間の屈折誤差を補正し、また、その調節機能を回復するために利用することが出来る。

眼内レンズ 32 は、比較的硬い材料、比較的柔らかい可撓性の半剛性材料により、又はその硬い材料と柔らかい材料の双方を組み合わせて形成することの出来る本体 33 を備えている。このレンズ本体に適した比較的硬い材料の例は、メチル・メタアクリレート、ポリスルホン、及び比較的硬い生体的に不活性なその他の光学材料である。レンズ本体に適した比較的柔らかい材料の例は、シリコン、ヒドロゲル、不耐熱性の材料 (thermolabile materials)、及び可撓性で半剛性の生体的に不活性なその他の光学材料である。

レンズ本体 33 は、約矩形の形状であり、また、該レンズ本体は、中央の光学領域、即ち、光学素子 34 と、該光学素子の直径方向両縁部から伸長する板触覚部分 36 とを備えている。該触覚部分は、光学素子に接続された内端と、対向する自由な外端とを備えている。触覚部分 36 は、光学素子 34 に関して前方に且つ後方に可動である、即ち、触覚部分の外端は、光学素子に関して前方に且つ後方に可動である。図示した特別なレンズの実施例は、弾性的な半剛性材料で形成されており、該レンズは、触覚部分の内端を光学素子に接続する可撓性のヒンジ 38 を備えている。触覚部分は、比較的剛性であり且つヒンジを中心として、光学素子に関して前方に且つ後方に撓み可能である。これらのヒンジは、溝 40 により形成され、該溝は、レンズ本体の前側部に入り且つ触覚部分の内端に沿って伸長している。触覚部分 36 は、ヒンジ 38 を中心として光学素子の前方及び後方向に撓み可能である。該レンズは、図 2 及び図 3 に示した比較的平坦な非応力状態の形態にあり、この場合、触覚部分 36 及びそのヒンジ 38 は、光学素子 34 の光軸線に交差する共通の面内に配置されている。触覚部分がそのヒンジ 38 を中心として前方及び後方に偏向することにより、レンズがこの非応力状態の形態から変形する結果、ヒンジには、弾性的な歪みエネルギーが発生し、この力により、レンズは、その非応力状態の形態に偏倚される。

レンズが比較的硬い光学材料で出来ている場合、可撓性のヒンジ 38 に代えて、同一型式の枢動ヒンジを使用する必要がある。本発明の後者のレンズの実施例において、触覚部分ヒンジは省略されており、触覚部分は、その全長に亘って撓み可能とされている。調節可能な眼内レンズ 32 は、図 1 及び図 5 に示した位置にて、眼 10 の被膜房 20 内に埋め込まれる。レンズを該房に埋め込むとき、眼の毛様体筋 28 は、その弛緩状態に保たれ、この状態のとき、毛様体筋は、被膜房 20 をその最大径まで延伸させる。レンズは、前被膜

10

20

30

40

50

開口部 26 を通じて房内に挿入し、図 1 及び図 4 に示した位置に配置される。この位置にて、レンズ光学素子 34 は、眼の軸線上で開口部 26 と整合され、レンズの後側部は、房の弾力的な後被膜 24 の方向を向き、レンズ触覚部分 36 の外端は、該房の半径方向外周にて溝 25 内に配置されている。レンズの全長は、延伸した被膜房の内径 (10乃至11mm) に略等しく、このため、レンズは、図示するように、その触覚部分の外端が房の内周と接触した状態で延伸した被膜房内にきちっと嵌まる。これは、レンズが中心から離れるのを防止し、これにより、光学素子 34 をより小さくすることを可能にし、その結果、光学素子は、後述の調節の間、被膜の縁部内を前方に動くことが出来る。

レンズ 32 を被膜房 20 内に外科的方法で埋め込んだ後、2乃至3週間程度の術後の治癒期間中、房の前被膜縁部 22 の下方の上皮細胞は、線維組織形成により縁部を後被膜 24 に融着させる。この線維組織形成は、レンズ触覚部分 36 の周りで生じ、被膜房 20 により触覚部分は「シュリンク・ラップ」され、触覚部分は、線維組織形成した材料 F 内に空所 42 を形成する (図 4 及び図 6 乃至図 8)。これらの空所は、レンズの触覚部分と協働して、眼内でレンズを位置決めし且つ中心決めする。触覚部分空所 42 が適正に形成されるようにすると共に、線維組織形成中、毛様体筋の緊張によりレンズがずれるのを防止するため、毛様体筋 28 がその弛緩状態から緊張せずに、線維組織形成が完了するようにするのに十分な時間を許容しなければならない。本発明の一つの重要な形態によれば、このことは、瞳を拡張させ、また毛様体筋をその弛緩状態で麻痺させるために、手術前に毛様体筋の弛緩剤 (毛様体筋麻痺薬) を眼に投与し、術後の十分な期間 (2乃至3週間)、患者が毛様体筋麻痺薬滴を定期的に点眼することで、毛様体筋を緊張させずに線維組織形成が完了するようにして行われる。毛様体筋麻痺薬は、毛様体筋 28 をその弛緩状態に保ち、この状態にて、被膜房 20 は、その最大径まで延伸し且つ固定され、また、前被膜縁部 22 は、ピンと張ったトランポリン状の状態又は位置まで延伸される。縁部はこのピンと張った状態から線維組織形成する。毛様体筋麻痺薬は、眼の角膜を通して眼内の流体に入り、次に、この流体から毛様体筋に入る。その他の毛様体筋麻痺薬の使用も可能であるが、アトロピンは、その他の毛様体筋麻痺薬に比べて麻痺効果が長期間持続する点で、好適な毛様体筋麻痺薬である。例えば、アトロピンは、一滴で2週間、効果がある。しかしながら、余裕をみて、患者は、線維組織形成期間中、アトロピンを毎日、一滴、点眼するようにアドバイスされる。

被膜縁部 22 は、線維組織形成中に収縮して、これにより、被膜房 20 をその半径方向に僅かに収縮させる。この収縮は、レンズ触覚部分 36 のシュリンク・ラップと組み合わせ、これに抗してレンズを端部方向にレンズを収縮し、この結果、レンズ光学素子は、そのヒンジ 38 にて屈曲し又は撓み、これにより、レンズ光学素子 34 を眼の軸線に沿って動かす。抑制しなかったならば、このレンズの撓みは、前方又は後方の何れかに生じる。ピンと張った前被膜縁部 22 は、レンズに対して後方に押され、これにより、レンズが前方に撓むのを防止する。この線維組織形成によるレンズの圧縮は、線維組織形成した組織に触覚部分空所が適正に形成されるのを妨害したり、又は、レンズをずらす程に大きくはない。従って、ピンと張った被膜縁部がレンズ触覚部分 36 に対して後方に押し付けられることで支援される、線維組織形成によるレンズ端部方向の圧縮により、レンズは、図 1 及び図 5 に示したその最初の位置から図 6 の位置まで後方に撓む。レンズ触覚部分 36 は、十分に剛性に形成されており、該触覚部分は、線維組織形成の力により曲がったり、屈曲したりはしない。線維組織形成の完了時、レンズは、図 6 の後方位置に達し、この位置にて、レンズは、弾力的な後被膜 24 に対して後方に押し付けられ、この被膜を後方に延伸させる。次に、後被膜がレンズに前方への弾力的な偏倚力を付与する。このレンズの後方の位置がその遠視野位置である。

線維組織形成中における毛様体筋によるレンズ 32 の撓みは、ヒンジ溝 40 内に縫合材を配置することにより抵抗し、又は防止することが出来る。線維組織形成完了後におけるこれら縫合材の除去は、眼内の流体に吸着可能な縫合材を使用するか、又はレーザーで除去することの出来るナイロンのような材料で出来た縫合材を使用することにより、行うことが出来る。

10

20

30

40

50

正常な人間の眼の自然の調節は、脳により眼の毛様体筋を自動的に緊張させ且つ弛緩させて、レンズを異なる距離に焦点決めすることにより、自然の水晶体の形状を設定する段階を含む。毛様体筋の弛緩により自然の水晶体は遠視野に対する形状が設定される。毛様体筋の緊張により、自然の水晶体は近視野に対する形状が設定される。

調節可能な眼内レンズ 32 は、この毛様体筋の動作、線維組織形成した被膜縁部 22、弾性的な後被膜 24、及び硝子体窩洞 21 内の硝子体圧力を利用して、眼の光軸線に沿ってレンズ光学素子 34 が図 6 の遠視野位置と図 8 の近視野位置との間で動く動作の調節を行うようにしたユニークな構造とされている。このように、遠方の情景を見るとき、脳は、毛様体筋 28 を弛緩させる。毛様体筋の弛緩により、被膜房 20 は、その最大径まで延伸し、また、その線維組織形成された前方縁部 22 をピンと張ったトランポリン状の状態、即ち、上述の位置まで延伸させる。ピンと張った縁部は、レンズを図 6 の後方遠視野位置まで後方に偏向させ、この位置にて、弾性的な後方被膜 24 はレンズにより後方に延伸され、これにより、レンズに前方への偏倚力を付与する。読書をするときのように近く的情景を見るとき、脳は、毛様体筋を収縮、又は緊張させる。この毛様体筋の緊張は、硝子体窩洞の圧力を増大させることと、被膜房 20、特にその線維組織形成された被膜縁部 22 を弛緩させることと、レンズ触覚部分 36 の端部に対して対向するような端部方向の圧縮力を加えて、その結果、レンズを端部方向に圧縮することという、三重の効果がある。被膜縁部が弛緩することにより、縁部は前方に撓んで、これにより、後方に延伸した後被膜によりレンズに付与される前方偏倚力と、硝子体窩洞の増大した圧力とが組み合わさって、最初に調節動作するとき、レンズは図 6 の位置から前方に図 7 の中間の調節位置まで押される。

この中間の調節位置にあるとき、レンズは、略平坦であり、レンズ触覚部分及びそのヒンジ 38 の端部は、眼の軸線に対して直角の共通の面内に略配置されている。最初の調節中、レンズは後方に湾曲し、このため、レンズが毛様体筋の緊張により端部方向に圧縮されることで、レンズに後方への屈曲力が生じ、この力は、最初の調節に抵抗する。しかしながら、硝子体窩洞の増大した圧力、及び延伸した後被膜の前方への偏倚力は、この抵抗する後方への屈曲力を上廻り、また、レンズを前方に調節動作させて、図 7 の中間位置を少なくとも僅かに越える位置にするのに十分である。この時点で、緊張した毛様体筋によりレンズが端部方向に圧縮されることで、レンズに前方への屈曲力が発生し、この力は、図 7 の中間位置を越えて図 8 の近視野位置までレンズの最終的な調節を行う。その後、遠方の情景を見ることに応答して毛様体筋 28 が脳の指令で弛緩することで、硝子体窩洞の圧力が低下し、被膜房 20 は、その最大径まで延伸し、前被膜縁部 22 は、そのピンと張ったトランポリン状の状態に復帰し、レンズは、図 6 のその遠視野位置に戻る。調節中、レンズ光学素子 34 は、眼の軸線に沿って網膜 16 に向けあるいは網膜 16 から離れる方向に動く。光学素子の倍率は、この調節動作の範囲全体に互って入射光線を網膜に鮮明に焦点決めし得るよう、脳の指令で選択される。

レンズ触覚部分 36 は、調節中、レンズ光学素子 34 に関してそのヒンジ 38 にて撓む。この撓み過程でヒンジに生じた全ての弾性的な歪みエネルギーは、レンズに対して更なる前方及び/又は後方への力を発生させる。例えば、レンズが比較的平坦である、即ち、レンズの正常な非応力状態にあるとき、レンズ触覚部分 36 が図 1 に示した共通の面内にあると仮定する。この場合、レンズが図 1 の位置から図 6 のその遠視野位置に後方に偏向することにより、ヒンジ 38 内に弾性的な歪みエネルギーが発生し、このエネルギーがレンズを図 1 の非応力状態の位置まで前方に戻し、これにより、毛様体筋の緊張に応答して、レンズが上述の最初の調節動作を行うのを支援する。図 7 のその中間位置から図 8 のその近視野位置までレンズが最終的に調節撓み動作することにより、ヒンジ 38 内に弾性的な歪みエネルギーが発生し、このエネルギーがレンズをその非応力位置に向けて後方に付勢し、これにより、毛様体筋の弛緩に応答して、レンズがその近視野位置から遠視野位置まで最初に戻るのを支援する。レンズは、勿論、その他の正常な非応力位置となるように設計することも可能であり、この場合、触覚部分の撓み中にレンズに生じる全ての弾性的な歪みエネルギーは、眼の非応力位置に対応して、レンズがその近視野位置に動き且つレンズ

10

20

30

40

50

がその遠視野位置に戻る調節動作を支援し、又は抵抗し、或いはその支援及び抵抗の双方を行う。

調節動作中、レンズ触覚部分 3 6 は、その線維組織形成した組織空所 4 2 内で端部方向に摺動する。図 2 及び図 3 に最も良く図示するように、触覚部分は、幅及び厚さが端部方向にテーパが付けられており、触覚部分が空所内で自由に動くことを可能にする。レンズ光学素子 3 4 は、前被膜縁部 2 2 に向け且つ該縁部から離れる方向に動く。光学素子の直径は、その光学的な像形成機能を最大にし得るように、可能な限り大きくする。光学素子は、前被膜開口部 2 6 の直径よりも小さくして、被膜縁部 2 2 に妨害されずに、光学素子が開口部内に入出入りする調節動作を可能にし、調節範囲を最大にし得ようすることが好ましいが、必ずしもそうする必要はない。実際のレンズ径は、患者の眼球寸法により決まる。本発明による簡単な板触覚部分眼内レンズの寸法範囲は、全体として次の通りである。

光軸径：3.0mm 乃至 7.0mm

レンズの全長：9.0mm 乃至 11.5mm

触覚部分の厚さ：0.25mm 乃至 0.35mm

次に、調節可能な眼内レンズに可能な幾つかの代替的な形状を示す図 9 乃至図 1 5 に関して説明する。図 9 に示した変更実施例のレンズ 5 0 は、図 1 乃至図 8 のレンズ 3 2 と同一であり、唯一の相違点は、レンズ 3 2 の触覚部分ヒンジ 3 8 がレンズ 5 0 では省略され、レンズ 5 0 の触覚部分 5 2 は、図 9 に破線で示すように、その全長に亘って撓み可能な点である。図 1 0 の変更実施例のレンズ 5 4 は、前方にアーチ状の非応力状態の形状であり、該レンズは、両凸型光学素子 5 6 と、可撓性のヒンジ 5 8 と、凸型の前面 6 2 を有する前方にアーチ状の触覚部分 6 0 とを備えている。光学素子 5 6 の凸型の前面 6 4 及び触覚部分の凸型の前面 6 2 は、共通の半径まで丸味が付けられている。図 1 1 の変更実施例の眼内レンズ 6 6 は、比較的平坦であり、また、該レンズは、平面上のフレネル前面 7 0 及び凸型の後面 7 2 と、触覚部分 7 3 と、可撓性の触覚部分ヒンジ 7 4 とを有する光学素子 6 8 を備えている。図 1 2 の変更実施例のレンズ 7 6 は、後方にアーチ状の非応力状態の形状を有し、また該レンズは、平坦な前面 8 0 及び凸型の後面 8 2 を有する光学素子 7 8 と、凸型の後面 8 6 を有する触覚部分 8 4 と、触覚部分ヒンジ 8 8 とを備えている。光学素子 7 8 の後面 8 2 及び触覚部分 8 4 の後面 8 6 は、共通の半径まで丸味が付けられている。図 1 3 及び図 1 4 に示した変更実施例のレンズ 9 0 は、光学素子 9 2 と、可撓性の触覚部分 9 4 とを備えており、また、該レンズは、図 1 3 に示した非応力状態の近視野の形態を有する。触覚部分は、撓んで、レンズが図 1 4 の遠視野の形態まで後方に偏向するのを可能にする。該光学素子 9 2 は、触覚部分の内端に関して後方にずらしてあり、調節動作中、被膜房 2 0 の前被膜縁部 2 2 に接触せずに、光学素子がより大きく前方に変位することを可能にする。図 1 5 の変更実施例の眼内レンズ 1 0 0 は、触覚部分 1 0 2 と、該触覚部分の内端に関して前方にずらした光学素子 1 0 4 とを備えている。これらの触覚部分は、可撓性のヒンジ 1 0 6 により、光学素子の直径方向に対向した側部に接続されている。

図 9 乃至図 1 5 の変更実施例の眼内レンズは、眼 1 0 の被膜房 2 0 に埋め込まれており、また、該レンズは、図 1 乃至図 8 の眼内レンズ 3 2 に関して説明した方法と同一の方法で線維組織形成した被膜縁部 2 2、後被膜 2 4 の後方への偏倚力を利用し、硝子体窩洞圧力及び患者の毛様体筋の動作を変化させて調節を行う。図 1 5 のレンズ 1 0 0 の場合、その触覚部分 1 0 2 の外端は、レンズ 3 2 の触覚部分と基本的に同一の方法で被膜房 2 0 内に埋め込まれており、このため、図 1 乃至図 8 に関して説明した方法と同一の方法で触覚部分を中心として縁部 2 2 の線維組織形成が行われる。他方、前方にずらしたレンズ 1 0 0 の光学素子 1 0 4 は、被膜房 2 0 の前方開口部 2 6 を通って突出し、縁部の前方で且つ該縁部と目の虹彩 1 8 との間に位置する。光学素子が虹彩に接触せずに、適正な寸法のレンズの光学素子を調節するのに十分なスペースが縁部と虹彩との間にある。

図 1 6 乃至図 2 0 には、本発明の変更実施例による調節可能な眼内レンズが示してあり、該眼内レンズが、後被膜 2 4 が裂けた場合や、後被膜が曇ってきたため後被膜に後被膜切

10

20

30

40

50

開法を行わなければならない場合に、レンズが眼の硝子体窩洞 2 1 に入るのを防止すべくレンズ触覚部分を被膜房 2 0 内で固定し、又は定着する手段を備えている。以下に説明する場合を除いて、図 1 6 乃至図 2 0 の変更実施例の眼内レンズは、図 1 乃至図 8 のレンズ 3 2 と同一であり、図 1 乃至図 8 に関して説明した方法と同一の方法で眼 1 0 の被膜房 2 0 内に埋め込まれる。図 1 6 及び図 1 7 の眼内レンズ 1 1 0 は、レンズ触覚部分 1 1 2 の外端が立ち上がった肩部 1 1 4 を備える点を除いて、レンズ 3 2 と同一である。触覚部分 1 1 2 及びその肩部 1 1 4 の周りの被膜縁部 2 2 の線維組織形成により、レンズ 1 1 0 は、被膜房 2 0 内に定着、又は固定される。図 1 8 の眼内レンズ 1 1 6 は、可撓性の茎状ノブ 1 1 8 がレンズ板触覚部分 1 2 0 の外端から対角状に伸長する点を除いて、レンズ 3 2 と同一である。直径方向に対向したノブ 1 1 8 の外端の間の距離は、レンズ触覚部分の外端間の距離よりも僅かに長く且つ被膜房 2 0 の径よりも僅かに大きい。ノブは、レンズ本体の幅よりも広く設定される。これら二つの特徴は、眼内レンズを被膜房内で中心に位置決めするのに役立ち、このため、レンズ光学素子は、房内で円形の被膜切開部分 2 6 の真後ろで中心に位置決めされる。触覚部分 1 2 0 及びそのノブ 1 1 8 の周りの被膜縁部 2 2 が線維組織形成することにより、レンズ 1 1 6 は、被膜房 2 0 内に固定される。図 1 9 の眼内レンズ 1 2 2 は、レンズ触覚部分 1 2 4 の外端が開口部 1 2 6 を備える点を除いて、レンズ 3 2 と同一である。被膜縁部 2 2 の線維組織形成は、触覚部分 1 2 4 の周りで且つその開口部 1 2 6 を通じて行われ、レンズ 1 2 2 を被膜房 2 0 内で固定する。図 2 0 の眼内レンズ 1 2 8 は、レンズ 1 2 2 と同様であり、該レンズ 1 2 8 は、その触覚部分 1 3 2 の外端に開口部 1 3 0 を有し、この開口部を通じて、被膜縁部 2 2 の線維組織形成が生じて、レンズを被膜房 2 0 内に固定する。しかしながら、レンズ 1 2 2 と異なり、触覚部分開口部 1 3 0 は、該触覚部分の外端に沿って、ばねループ 1 3 4 と境を接している。ばねループ 1 3 4 の中心間で測定したレンズ 1 2 8 の全長は、被膜房の最大径よりも僅かに大きくしてある。ばねループ 1 3 4 は、線維組織形成中、被膜房の外周を押し付け且つ該外周により僅かに内方に変形して、レンズを眼内で中心に位置決めする。

図 2 1 の変更眼内レンズ 1 4 0 は、人間の被膜房 2 0 の直径における患者毎の僅かな差を補正すべく、レンズ触覚部分 1 4 4 の外端から端部方向に突出する中央ニップル 1 4 2 を備える点を除いて図 1 乃至図 8 のレンズ 3 2 と同一である。このように、被膜房の直径は、非常な近視者における約 11mm から非常な遠視者における約 9.5mm まで差がある。中央ニップル 1 4 2 は、直径の異なる被膜房内で触覚部分 1 4 4 が撓む程度に差が生じるのを防止する。例えば、被膜房が小さい遠視者の眼において、レンズ触覚部分は、被膜房が比較的大きい非常な近視者において生じる触覚部分の小さなアーチに比べて線維組織形成した被膜縁部により、大きく撓み、レンズは後方に顕著にアーチ状となる。ニップルは、被膜房の外周にそれ自体が貫入して、かかる房の差を補正し、これにより、レンズを房内の中心に位置決めする。

図 2 2 乃至図 2 4 に示した変更実施例の眼内レンズ 1 5 0 は、それ自体図 1 乃至図 8 のレンズ本体と同一のレンズ本体 1 5 2 と、生体的に不活性なばね材料で出来た U 字形のループの形態によるばね 1 5 4 とを備えている。これらのばねの端部は、ばねの円弧状端部が触覚部分の外端を越えて僅かな距離を伸長するように、触覚部分ヒンジ 1 5 8 に隣接して、レンズ触覚部分 1 5 6 の前側部に固定される。これらのばねは、触覚部分の前部に比較的近い位置に通常位置するように応力が加えられる。レンズ本体 1 5 2 は、図 1 乃至図 8 のレンズ 3 2 に関して説明した方法と同一の方法で眼 1 0 の被膜房 2 0 内に埋め込まれ、レンズばね 1 5 4 の円弧状の外端は、虹彩 1 8 と角膜 1 2 との間に眼の溝 1 9 内に配置される。外科手術直後、及び程度の調節後の位置である図 2 3 の位置にレンズがあるとき、ばね 1 5 4 は、レンズ触覚部分 1 5 6 の前側部に比較的近接した位置にある。線維組織形成した被膜縁部 2 2 の後方への偏倚力により、レンズが図 2 4 の遠視野位置まで後方に変位する間に、ばねは、図示するように、レンズ触覚部分から前方に偏向し、これにより、ばねに弾性的な歪みエネルギーを発生させ、この歪みエネルギーは、毛様体筋 2 8 の緊張にตอบสนองして調節する間に、延伸した後被膜 2 4 及び硝子体窩洞がレンズを前方に変位させる効果がある。

10

20

30

40

50

図 2 5 乃至図 3 2 には、レンズ本体と、レンズを被膜房 2 0 内で位置決めする独立的なレンズ固定要素とを有する、本発明の変更実施例による眼内レンズが示してある。固定要素を房内で確実に固定する方法にて、これらの固定要素の周りで被膜縁部 2 2 の線維組織形成が行われる。一部の図面において、レンズ本体は、固定要素から分離して、レンズを眼内のその最初の位置から除去し且つレンズを交換することを可能にする。その他の図面において、レンズ本体及び固定要素は分離しないよう固着されており、房の後被膜 2 4 に裂け目が生じ、又はその被膜に後被膜切開法が行われるとき、レンズ本体が硝子房に入るのを防止する。

図 2 5 の変更実施例のレンズ 1 6 0 は、以下に説明する点を除いて、図 1 乃至図 8 のレンズ 3 2 の同一のレンズ本体 1 6 2 と、レンズ触覚部分 1 6 6 の外端に設ける独立的な固定要素 1 6 4 とを備えている。これらの固定要素及び触覚部分は、レンズの調節中、触覚部分が撓むとき、触覚部分の長手方向に固定要素及び触覚部分が相対的に動き得るような方法で相互に係合している。図 2 5 の固定要素 1 6 4 は、生体的に不活性な材料で出来ている略 U 字形のループであり、該ループは、長手方向ソケット 1 7 0 内を摺動し、触覚部分 1 6 6 の外端に入る脚部 1 6 8 を備えている。触覚部分 1 6 6 は、レンズ 3 2 の触覚部分よりも僅かに短く、その脚部 1 6 8 がそのソケット 1 7 0 の底部に当接するときに固定ループ 1 6 4 の円弧状外端の間で測定したレンズの全長は、毛様体筋 2 8 が弛緩したときの被膜房 2 0 の最大径よりも小さく、また、毛様体筋が調節のため完全に収縮したときの房の直径よりも大きい。レンズ 1 6 0 は、眼 1 0 の被膜房 2 0 内に埋め込まれ、固定ループ 1 6 4 及び触覚部分 1 6 6 の外端が前方縁部 2 2 と被膜房 2 0 の後被膜 2 4 との間に配置される。ループの円弧状の外端は、房の外周に位置している。被膜縁部 2 2 の線維組織形成は、レンズ触覚部分 1 6 6 の外端、及び固定ループ 1 6 4 の露出した外端の周りで行われ、また、触覚部分とループとの間のスペースを通じて行われ、ループが被膜房内に強固に固定され、触覚部分が線維組織形成組織 F に空所 4 2 を形成するようにする。毛様体筋 2 8 が弛緩したとき、線維組織形成した被膜縁部 2 2 の後方への偏倚力により、レンズはその遠視野位置まで後方に偏倚され、これにより、図 1 乃至図 8 に関して説明したのと同じの方法で、後被膜 2 4 を後方に延伸させる。調節中に毛様体筋が収縮すると、硝子体窩洞圧力が増大し、被膜縁部 2 2 は弛緩し、これにより、この場合にも、図 1 乃至図 8 に関して説明したのと同じの方法で、延伸した後被膜及び硝子体窩洞圧力が、レンズ本体 1 6 2 をその近視野位置に向けて前方に押す。調節動作中に毛様体筋の収縮に応答して、被膜房が収縮する結果、固定ループ 1 6 4 に内方への力が加わる。こうした内方への力は、ループがソケットの底部に当接するまで、ループをその触覚部分ソケット 1 7 0 内で内方に付勢する。次に、該ループに加わった内方への力は、レンズ本体 1 6 2 を前方に屈曲動作させ、この動作は、後被膜によるレンズの調節を支援する。この調節中、レンズ触覚部分 1 6 6 は、レンズ光学素子 1 7 2 に関して後方に撓み、また、その線維組織形成空所 4 2 内で内方に摺動し且つ固定ループ 1 6 4 の脚部 1 6 8 に沿って摺動するが、この動作は、ヒンジ 3 8 により支援される。

固定ループは、そのアーチ状の外端に穴 1 7 4 を有しており、該穴を通じて、縫合材 1 7 6 が伸長し且つ接続されて、レンズを被膜房内に埋め込む間に、ループ及びレンズ本体を組み立てた状態に保持する。この縫合材は、外科手術の終了時に除去する。また、穴 1 7 4 は、外科手術中、レンズを被膜房内に位置決めするために利用することが出来る。レンズ触覚部分 1 6 6 は、固定ループ 1 6 4 から分離可能であり且つ該ループと再係合可能である。このことは、外科手術後、任意の時点で、レンズ本体 1 6 2 を眼から除去し、レンズ光学素子 1 7 2 を調節し又は交換し、次に、眼のその元の位置に再度装着することを可能にする。

図 2 6 の変更実施例の眼内レンズ 1 8 0 は、次の相違点を除いて図 2 5 のレンズと同様である。第一に、レンズ 1 8 0 の触覚部分 1 8 2 は、レンズ 3 2 の触覚部分と略等しい長さであり、また、その外端に切欠き 1 8 4 を備えている。固定ループ 1 8 6 の脚部 1 8 8 が、切欠き 1 8 4 の底縁部に入るソケット 1 9 0 内を摺動する。レンズが被膜房 2 0 内に埋め込まれたとき、触覚部分切欠き 1 8 4 の両側部における舌状の触覚部分及び固定ループ

186の円弧状外端は、房の外周内に配置される。図25のレンズと同様に、被膜縁部22の線維組織形成は、触覚部分182及び固定ループ186の周りで且つ触覚部分とループとの間のスペースを通じて行われ、ループを被膜房内に強固に固定し、また、空所を形成し、レンズの調節中に触覚部分が撓むとき、触覚部分がこの空所内を摺動する。第二に、固定ループ186の脚部188及びレンズ触覚部分182に形成されたそのソケット190は、調節中に触覚部分が撓むとき、ループ及び触覚部分が相対的に自由に動き易くするため、テーパが付けられている。第三に、固定ループは、そのアーチ状外端に固定ニップル192を備えており、該ニップルは、被膜房20の外周内に貫入して、線維組織形成中、房に関して動かないようにレンズを保持する。

図27には、固定ループ200の脚部198、及びこれらの脚部を受け入れる触覚部分ソケット202が、協働する肩部204、206を備える点を除いて、図26に示したレンズ180と同様の変更実施例の眼内レンズ196が示してある。これらの肩部は、レンズの調節中に触覚部分210が撓むとき、レンズ本体208及びループが制限された相対的動作をするのを許容するが、レンズ本体及びループが完全に分離しないように固着し、後被膜24に裂け目が生じるか、又は被膜切開を行う場合、レンズ本体が硝子房21に入るのを防止する。レンズ196とレンズ180とのもう一つの相違点は、触覚部分210の内端をレンズ光学素子214に接続するヒンジ212が触覚部分の幅の中間部分しか横断しないように伸長する点である。ヒンジの端部を越える触覚部分の内端の残りの横方向部分は、触覚部分の軸線の上に中心がある円弧状スロット216により光学素子から分離されている。触覚部分が光学素子からこのように分離している結果、レンズの調節中に被膜縁部22の妨害を受けることなく、光学素子が被膜房20の前方開口部26に自由に出入りすることが可能となる。スロット216に隣接する略三角形の触覚部分は、レンズ光学素子214とレンズ触覚部分210の内端との間で被膜房20の縁部22が線維組織形成するのを防止し、これにより、触覚部分がその線維組織形成した空所42内で端部方向に動くのを制限する。

図28の変更実施例のレンズ220は、レンズ本体222と、レンズ触覚部分226の外端に設けられた独立的な固定要素224とを備えている。該触覚部分の内端は、凸状に湾曲しており、レンズ光学素子228の直径方向に対向した側部に関して略接線状態に配置されて、該光学素子と触覚部分の内端との間に比較的大きい隙間スペース230を提供する。これらの触覚部分及び光学素子は、可撓性のヒンジ232によりその接線部分に沿って接続されている。固定要素224は、略十字形のピンであり、該ピンは、支承穴236内を摺動する内側ジャーナル234を有し、該ジャーナルは、触覚部分226の外端の切欠き238の底縁部に入る。これらの固定ピンは、その両端の間の穴240と、外側のクロスアーム242と、その外端に設けられたニップル244とを備えている。その触覚部分226の外端と固定ピン224との間で測定したレンズ222の長さは、毛様体筋が弛緩したときの被膜房20の最大の内径に近似する。固定ピンのジャーナル234及びその穴236は、協働する肩部246、248を備えており、該肩部は、調節中に触覚部分が撓むとき、レンズ本体及び固定ピンが制限された相対的な動作をするのを許容するが、図27に関して説明したのと同じ理由で、本体及び固定ピンを完全に分離しないように固着する。所望であれば、図26に関して説明したのと同じ理由のため、固定ピン及びレンズ本体が分離し得るよう、肩部246、248は省略してもよい。これらの肩部を省略する場合、取り外し可能な縫合材を固定ピンの穴240に通し且つ接続して、図25に関して説明したように、レンズの埋め込み中、固定ピン及びレンズ本体を組み立てた状態に保持するようにしてもよい。また、これらの穴は、レンズを埋め込む間に、レンズを被膜房内で位置決めするのに使用することも出来る。

レンズ220を眼10の被膜房20内に埋め込んだとき、レンズ触覚部分226及び固定ピン224の外端は、図25乃至図27に関して説明したのと全く同一の方法で、被膜縁部22と房の後被膜24との間に配置される。ニップル244は、房の外周に貫入して、縁部22の線維組織形成中、レンズを房の周方向で回転しないように固定し、また、レンズを眼内で中心に位置決めする。被膜縁部の線維組織形成は、触覚部分及び固定ピンの外

10

20

30

40

50

端の周りで行われ、ピンを房内で強固に固定し、触覚部分を受け入れる空所を線維組織形成した組織に形成する。レンズ本体 222 は、毛様体筋 28 が弛緩したとき、被膜縁部 22 の後方への偏倚力により、その遠視野位置まで後方に付勢される一方、調節する間に延伸した後被膜 24 によりその近視野位置に向けて前方に付勢され、更に、毛様体筋が収縮するとき、硝子体窩洞内の圧力を増大させ、これは、全て図 25 乃至図 27 に関して説明したのと略同一の方法で行われる。レンズを前方に調節する間に、毛様体筋の収縮にตอบสนองして、被膜房 20 が収縮することにより、触覚部分 226 の外端に内方への力が加わり、これにより、レンズ本体 222 に前方への屈曲モーメントが生じ、このモーメントは、後被膜によるレンズの調節を支援する。縁部 22 の線維組織形成中に、固定ピン 224 のクロスアーム 242 は、線維組織形成した組織 F により包囲され、レンズを調節する過程で、レンズ本体が屈曲する間に、ピンが回転する中心となる枢着点を提供する。触覚部分 226 の内端と光学素子 228 との間のスペース 230 は、圍繞する被膜縁部 22 から妨害されず、光学素子が被膜房の開口部 26 に出入りする動作を可能にする。

10

図 29 及び図 30 の変更実施例の眼内レンズ 260、262 は、後者のレンズの固定ループに代えて、図 28 と同様の固定ピン 264、266 が使用される点を除いて、それぞれ図 26 及び図 27 のレンズ 180、196 と同一である。

図 31、図 32 の変更実施例の眼内レンズ 270、272 は、レンズ 270 が、触覚部分 ヒンジ 276 から伸長する横方向ばねアーム 274 を備え、また、レンズ 272 が、レンズ触覚部分 280 の端縁から伸長する横方向ばねアーム 278 を備える点を除いて、図 1 乃至図 8 のレンズ 32 と同一である。これらのアーム 274、278 は、レンズ触覚部分の外端から横方向に且つ該外端に向けて長手方向に伸長し、その通常の非応力位置にあるとき、これらのアームがレンズの長手方向軸線に関して鋭角な角度で配置されるようにする。アームの長さは次のように設定されている。即ち、レンズを眼の被膜房 20 内に埋め込んだとき、アームの外端が房の外周に押し付けられ、これにより、破線で示した位置まで湾曲し又は圧縮されるような長さとする。レンズの遠視野調節中に、毛様体筋の弛緩にตอบสนองして被膜房が拡張するとき、このアームの湾曲又は圧縮が小さくなり、また、レンズの近視野調節中、毛様体筋の収縮にตอบสนองして房が収縮するとき、その湾曲又は圧縮程度が増大する。アームが被膜房の外周に係合することは、レンズを房内の位置で中心決めし、この位置にて、レンズ光学素子 282、284 を前房の開口部 26 と同軸状に整合させる働きをする。被膜縁部 22 の線維組織形成は、ばねアームの周りで行われ、レンズを被膜房内に且つレンズ触覚部分の周りで固定して、空所を形成し、レンズの調節中に触覚部分が撓むとき、触覚部分がこの空所内を撓動するようにする。

20

30

図 32 及び図 4 乃至図 8 を参照すると、被膜切裂部分が図 5 乃至図 8 に示した形態から収縮するとき、被膜切裂部分を光学素子から離間させ得るように、図 32 に符号 286 で示すような突起を本発明の各種の実施例に設けることが好ましい。この離間により、比較的小さい被膜開口部 26 を有する前被膜縁部 22 が、被膜縁部 22 の線維組織形成中に光学素子上に侵入するのを防止する。図 32 に図示するように、かかる突起 286 は、板触覚部分面から前方外方に伸長し、また、光学素子の周りに配置され且つ光学素子から離間されている。該突起は、典型的に約 1 乃至 1.5mm の高さである光学素子の外端以上には、更に外方に伸長しない。これらの突起は、連続的な円弧（図示せず）の形態とし、また、光学素子に関して外方に傾斜させることが出来る。

40

図 33 の変更実施例の調節可能な眼内レンズ 290 は、円形の光学素子 292 と、該光学素子の両縁端から伸長する湾曲した可撓性の触覚部分 298、300 の二対 294、296 を備えている。これらの触覚部分は、比較的細いアームの形態をしている。触覚部分の外端には、拡張したノブ 302 がある。各対の触覚部分 294、296 の二つの触覚部分 298 は、相互に拡がる関係で触覚部分 292 から外方に伸長し、また、図示するように、その外端に向けて互いに離れる方向に湾曲している。四つの触覚部分が光学素子の軸線を含む対称面に関して対称状態に配置され且つ各触覚部分対の二つの間の中間を伸長している。これら二つの触覚部分 298 は、互いに直径方向に対向する位置に配置され、また、二つの触覚部分 300 も互いに直径方向に対向する位置に配置されている。直径方向に

50

対向した触覚部分 298、300 の外端の間で測定した直径方向距離は、被膜房 20 の最大径よりも僅かに大きくしてある。本発明の先の実施例と略同一の方法でレンズ 290 が房内に埋め込まれ、また、レンズ触覚部分 298、300 の外端は、前被膜縁部 22 と房の後被膜 24 との間に配置されている。被膜の外端は、房の外周に対して弾性的に押し付けられ且つ撓み又は曲がって、直径の異なる房を受け入れると共に、光学素子 292 を房の前被膜切開部分の後方にて中心に位置決めする。房の前被膜縁部 22 は、被膜の周りで線維組織形成して、レンズを房内に固定する。線維組織形成が完了した後、眼の毛様体筋 28 の脳の指令による弛緩及び収縮は、上述したのと略同一の方法で近視野及び遠視野位置の間でレンズを調節するのに有効である。この調節中、レンズは屈曲し、触覚部分は、光学素子 292 に関して上述と略同一の方法で前方及び後方に撓む。触覚部分ノブ 302 の周りで被膜縁部が線維組織形成する結果、房の後被膜 24 内に切裂き部分又は被膜切開部分が形成されたときに、レンズは被膜房内で固定され、ずれるのを防止する。

図 34 の変更実施例の調節可能な眼内レンズ 310 は、図 33 のレンズ 290 と同様であるが、次の点でのみレンズ 290 と異なる。レンズ 310 の四つの触覚部分 312、314 は、レンズ 290 の場合のように細い湾曲したアームではなくて、レンズ光学素子 316 に接続された比較的幅の広い内端から、比較的狭小な外端まで対称状にテーパが付けられている。触覚部分 312、314 の外端には、拡張したノブ 318 がある。触覚部分の内端には、溝 320 が形成されており、該溝は、可撓性のヒンジ 322 を形成し、触覚部分が該ヒンジの周りで光学素子の前方及び後方に撓み可能である。直径方向に対向した触覚部分 312、314 の外端間の直径方向の距離は、被膜房 20 の最大径に等しく又はそれを僅かに上廻る程度である。レンズ 310 は房内に埋め込まれ、また、房の前被膜縁部 22 の線維組織形成は、レンズ 290 に関して上述したのと同じの方法でレンズ触覚部分の周りで行われる。線維組織形成が完了した後、脳の指令による眼の毛様体筋 28 の弛緩及び収縮により、レンズ 290 に関して上述したのと同じの方法でレンズの調節が行われる。触覚部分ノブ 318 の周りで被膜縁部が線維組織形成することで、レンズは被膜房内で固定され、房の後被膜 24 に切裂部分又は被膜切開部分が形成されたときに、ずれるのを防止する。

この点に関して説明した調節可能な板触覚部分レンズは、本明細書において、簡単な板触覚部分レンズとして説明する。これらのレンズは、眼に対して行った前被膜切開法により、無傷の状態であり、線維組織形成中、周方向に連続する環状の前被膜の残部組織及び縁部が提供され、線維組織形成中且つ / 又はその後に被膜房内の適正な位置にレンズを保持するのに十分な半径方向幅を有する場合に使用することを目的とするものである。そのもう一つの形態によれば、本発明は、図 38 乃至図 40 及び図 43 乃至図 46 に示し、板触覚部分ばねレンズと称する変更実施例の調節可能な眼内レンズを提供するものであり、このレンズは、前被膜の残部組織、又は被膜縁部が破れたとき、即ち、切断し又は裂け、或いは半径方向幅が狭小で、線維組織形成中及び / 又はその後にレンズを適正な位置にしっかりと保持し得ない場合に使用することを目的とするものである。

上述したように、破れた被膜の残部組織又は縁部は、異なる形態で生じる。例えば、連続的な切裂き円形被膜切開、又は被膜切裂法（図 35）は、円形の切裂線に沿って自然の水晶体の前被膜を切裂き、前被膜に円形の開口部又は被膜切開部分 400 を形成し、この開口部が前被膜の環状残部組織又は縁部 402 により、周方向に圍繞されるようにする段階を含む。この被膜切裂法の実施が不適切であると、被膜縁部に切傷又は切裂き部分 404 が生じ易い。ピール缶又は缶切り被膜切開法（図 36）は、円形の線に沿った多数の間隔の狭い位置 404 にて、自然の水晶体の前被膜に突刺する段階と、その突刺線内の前被膜縁部の円形部分を除去して、環状縁部 408 により周方向に圍繞された前被膜開口部 406 を形成する段階とを含む。この縁部は、最初は無傷で且つ周方向に連続している一方、該縁部は、応力軽減領域を有するスカラップ状の内縁端 410 を備えており、この領域のため、外科手術中、又はその後の線維組織形成中、縁部は、符号 411 で図示するように、半径方向に裂け易くなる。エンベロープ被膜切開法（図 37）は、水平線 412 に沿って自然の水晶体の前被膜を切る段階と、次に、水平方向スリットから上方に伸長し且つ該

10

20

30

40

50

スリットに交差する垂直線 4 1 4 に沿って切る段階と、次に、垂直方向スリット部分の上端から上方に円弧状に伸長し、次に、垂直方向下方に伸長して、第二の垂直方向切欠き部に接続する切裂線 4 1 6 に沿って前被膜を切裂く段階とを含む。この被膜切裂法は、箇所 4 1 2 に切っており、従って、破れ易い被膜の残部組織 4 2 0 と境を接する前被膜開口部 4 1 8 を形成する。

破れた前被膜の残部組織又は縁部は、次の理由により、本発明の簡単な板触覚部分レンズの利用を妨げる可能性がある。破れた縁部は、線維組織形成中、被膜房の溝内にレンズ触覚部分をしっかりと保持し得ない。その結果、レンズは離心し且つ / 又は位置がずれ、後被膜が裂けたり、又は時間の経過により曇りを生じる場合、硝子体窩洞内に達して、その部分は、レーザーにより切断し、後被膜に被膜切開部分を形成することが出来る。破れた被膜縁部は、無傷な被膜縁部のピンと張ったトランポリン状の状態をとることが出来ない。その結果、破れた被膜縁部は、線維組織形成中及びその後に、板触覚部分レンズを完全に後方に偏向させることが出来ず、後被膜に対する遠視野位置にすることが出来ない。また、破れた被膜縁部は、線維組織形成中、レンズを前方に偏向させ易くする。何れの場合でも、眼内レンズの倍率は、各患者個人に合うように選択され、また、その視力に対応し、また、眼鏡を掛けずに良好な視野を得るためには、調節範囲の全体に互り、網膜から正確な距離にレンズ光学素子を正確に配置する必要があるため、本発明の簡単な板触覚部分レンズは、破れた前被膜の残部組織又は縁部に対して使用することが出来ない。

図 3 8 乃至図 4 0 には、図 3 5 乃至図 3 7 に図示したものの任意の一つのような破れた前被膜の残部組織又は縁部と共に使用される本発明の調節可能な板触覚部分ばね眼内レンズ 4 2 0 が示してある。この板触覚部分ばねレンズは、図 1 乃至図 8 の板触覚部分レンズ 3 2 のレンズ本体と同様の型式のレンズ本体 4 2 2 と、該本体の端部に設けられたばね 4 2 4 とを備えている。該レンズ本体 4 2 2 は、中央光学素子 4 2 6 と、該光学素子の直径方向両側部から外方に伸長する可撓性の板触覚部分 4 2 8 とを備えている。これらの触覚部分は、レンズの前側部に形成された溝により形成されるヒンジ 4 2 9 により、光学素子に接続されている。ばね 4 2 4 は、レンズ本体の長手方向中心軸線の両側部にて、触覚部分 4 2 8 の端部に一端が固定された弾性的なループである。これらのばねループは、その固定した端部からその中心までレンズ本体の長手方向に外方に屈曲し、次に、その中心からレンズ本体に向けてその自由端に戻る。触覚部分 4 2 8 の端部は、凹所 4 3 0 を有しており、ばねループがこの凹所の上方を伸長し、ループ及び凹所の縁部がその間に開口部 4 3 2 を形成するようにする。ばねループの端部は、レンズを眼内に位置決めする器具を受け入れる穴 4 3 3 を備えている。

板触覚部分ばねレンズ 4 2 0 は、本発明の簡単な板触覚部分レンズに関して上述した方法と同一の方法で、眼の被膜房 2 0 内に埋め込まれる。即ち、その毛様体筋 2 8 がその弛緩状態で麻痺されている間に、レンズ 4 2 0 が眼内に埋め込まれ、これにより、被膜房は、その最大径 (9 乃至 11mm) まで延伸する。触覚部分の凹所 4 3 0 の一側部で、レンズ触覚部分 4 2 8 の端部間で測定したレンズ本体 4 2 2 の全長は、延伸した被膜房の内径に略等しい。ループがその通常の非応力状態にあるとき、その中心にてばねループ 4 2 4 の外縁部間で測定したレンズの全長は、延伸した被膜房のこの内径よりも僅かに長い。例えば、延伸した被膜房の内径が 10 乃至 10.6mm の範囲にある場合、レンズ本体 4 2 2 は、レンズ触覚部分の外端の間で測定した全長が 10 乃至 10.6mm であり、非応力状態のばねループの中心間で測定したレンズの全長は 11 乃至 12.5mm の範囲にある。

図 3 9 及び図 4 0 には、毛様体筋 2 8 の弛緩により延伸され、また、連続的な円形切裂法の実施が不適切であるため、裂けた前被膜縁部 2 2 を有する被膜房 2 0 内に埋め込んだ板触覚部分ばねレンズ 4 2 0 が示してある。この縁部が裂けているため、レンズ本体 4 2 2 は、被膜縁部が裂け部分のない無傷な縁部である場合のように、延伸した房にきちっと嵌まることは出来ない。しかしながら、触覚部分ばねループ 4 2 4 が房の縁部を中心として被膜房溝の壁に対し外方に押し付けられて、外科手術後の線維組織形成中、レンズを房内で固定する。裂けた被膜縁部 2 2 の線維組織形成は、板触覚部分 4 2 8 の外端の周り、ばねループ 4 2 4 の周りで生じ、また、ループと触覚部分の端部間の開口部 4 3 2 を通り、

10

20

30

40

50

裂けた縁部、より正確には、裂けた縁部の残部組織を被膜房の後被膜 2 4 に融着する。これにより、本発明の簡単な板触覚部分レンズに関して上述したのと略同一の方法で、触覚部分及びばねループの外端は、線維組織形成によりシュリンク・ラップされる。裂けた被膜縁部 2 2 は、毛様体筋が弛緩したとき、上述のピンと張ったトランポリン状の状態に延伸することが出来ないが、裂けた縁部の線維組織形成中における、このレンズのシュリンク・ラップにより、レンズは被膜房内にしっかりと固定され、弾性的な後被膜 2 4 に対してレンズを多少、後方に偏向させる。従って、裂けた被膜縁部の線維組織形成が完了した後、脳の指令による毛様体筋 2 8 の収縮及び弛緩は、裂け部分のない無傷の被膜縁部を有する簡単な板触覚部分レンズと略同一の方法で板触覚部分ばねレンズを調節するが、その調節程度は等しくないと考えられる。

10

該板触覚部分ばねレンズ 4 2 0 は、破れた前被膜の残部組織又は縁部に使用することを目的とするが、このレンズは、また、無傷な縁部に対して使用することも可能である。また、板触覚部分ばねレンズは、ばねループが外方に伸長して房の内縁及び毛様体溝の壁の双方に係合するから、レンズの一端が被膜房内に配置され、レンズの他端が眼の毛様体溝内に配置された状態にて眼内に不適切に配置された状態を補正する。この点に関し、簡単な板触覚部分レンズに優る本発明の板触覚部分ばねレンズの利点は、無傷の被膜縁部と共に使用される簡単な板触覚部分レンズと、外科手術中に縁部が破れた場合のために板触覚部分ばねレンズの予備品として板触覚部分ばねレンズとの双方を手術室に準備しておく必要性がないばねレンズによって解消される。

触覚部分ばねレンズ 4 2 0 のもう一つの利点は、その光学径が通常、4 乃至 7 m m の範囲の簡単な板触覚部分レンズよりも大きい光学素子を備えるレンズを使用することが可能な点である。このように、該触覚部分ばねレンズは、被膜の残部組織又は縁部 2 2 ではなくて、ばねループ 4 2 4 を利用して、線維組織形成中、レンズを適所に保持するから、該レンズは、簡単な板触覚部分調節レンズに使用するときに必要なものよりも半径方向幅が小さく、従って、前被膜開口部がより大きい被膜の残部組織又は縁部に対して使用することが出来る。勿論、より大径の前被膜開口部は、7 乃至 9 m m の範囲のより大径の光学素子を使用することを可能にし、これは、一定の眼科学上の利点をもたらすものである。

20

大きい光学素子ばね調節レンズを受け入れるのに必要な大径の前被膜開口部は、最初の外科手術中、大きい所定の連続的な円形被膜切裂法、所望の大径のピール缶外被切開法、所定のエンベロープ外被切開法により、或いは、ばね調節レンズを被膜房内に埋め込んだ後に、外科手術中、前被膜縁部を半径方向に切ることにより形成することが出来る。この形態のもう一つによれば、本発明は、線維組織形成の完了後に、最初の外科手術に続いて所望の大きい前被膜開口部を形成する方法を提供するものである。この方法は、線維組織形成が完了した後、環状の被膜縁部をレーザにより半径方向に切断して、多数のフラップ状残部組織 4 3 4 (図 4 1) にし、これら残部組織が、調節動作中、レンズにより容易に変位させ、レンズ光学素子が前被膜の開口部を通過し得るようにする。これと代替的に、開口部の最初の縁部と同心状で且つ該縁部の半径方向外方に曲線 4 3 6 (図 4 2) に沿ってレーザにより被膜の縁部を周方向に切断して、開口部を拡げることにより、前被膜の開口部を拡大することが出来る。

30

40

図 4 3 の変更実施例による板触覚部分ばねレンズ 5 0 0 は、触覚部分 5 0 2 がレンズ光学素子 5 0 4 にヒンジ止めされずに、図 9 の板触覚部分レンズの場合と同様に、その全長に互って弾性的に撓み可能な点を除いて、上述のレンズ 4 2 0 と同一である。図 4 4 には、本発明の更に別の変更実施例による板触覚部分ばねレンズ 6 0 0 が示してあり、該ばねレンズは、レンズのばねループ 6 0 2 がレンズ触覚部分 6 0 4 と一体に形成されている点を除いて、レンズ 4 2 0 と同一である。図 4 5、図 4 6 の変更実施例によるレンズ 7 0 0、8 0 0 は、これら変更実施例のレンズが各端部に一對のばねループを備える点を除いて、レンズ 6 0 0 と同一である。レンズ 7 0 0 のばねループ 7 0 2 は、レンズの長手方向中心線に沿ってレンズ触覚部分 7 0 6 の端部に一体に接続された共通の基部分 7 0 4 と、レンズの端部方向及び横方向の双方に向けて該基部分から外方に湾曲する自由端とを備えて

50

いる。レンズ 800 のばねループ 802 は、触覚部分の長手方向縁部に沿ってレンズ触覚部分 806 の端部に一体に接続された基部分 804 と、レンズの横方向に向けて互いに内方に湾曲した自由端とを備えている。

図 47 乃至図 50 には、本発明の現在の好適な調節可能な眼内レンズが示してある。図示した該レンズ 900 は、円形の両凸型光学素子 904 と、ヒンジ接続部 908 により該光学素子の直径方向に対向する側部に接続された板触覚部分 906 とを有する本体 902 を備える板触覚部分ばねレンズである。

触覚部分 906 は、比較的幅の広い外端部分 910 と、内方にテーパが付けられた中央部分 912 と、比較的幅の狭いテーパ付きの内端部分 914 とを備えている。該内端部分 914 は、円形の光学素子 904 の直径方向に対向する縁端部分に接続されている。レンズの長さに対して直角に測定した触覚部分の外端部分 910 の幅は、光学素子の直径に略等しい。レンズの長さに対して直角に測定して触覚部分の内端部分 914 の幅は、光学素子の直径よりも実質的に小さい。触覚部分の外端部分 910 及びテーパ付きの中央部分 912 は、レンズの長手方向に測定した触覚部分の主要長さに等しい。触覚部分のテーパ付きの内端部分 914 は、触覚部分の外端に向けて、漸進的に狭小となる幅部分まで内方にテーパが付けられている。これらの内端部分は、光学素子と触覚部分の幅の広い外側の主要部分 910 との間に架橋部分を効果的に形成する。触覚部分の内端部分は、光学素子 904 の縁部に近接し、好ましくは、該縁部に対し略接線関係にてレンズの長さに対して交差して、これら端部分の前側部を横断して伸長する V 字形溝 916 を備えている。

触覚部分 906 の外端部分 910 は、触覚部分の外端を貫通して開放する切欠きの形態の比較的大きい開口部 918 を有している。ばねアーム 920 の一端は、触覚部分切欠き 918 の開放端部の一側部にて、触覚部分の外端に接続されている。これらのアームは、触覚部分の外端を横断して横方向に伸長し、また、これらのアームは、レンズの端部方向に弾性的に撓み可能である。

図 48 に図示するように、光学素子 904 は、板触覚部分 906 に関して前方にずらした位置にある。即ち、レンズの周縁端を含む面（中間面）は、その前側部及び後側部に対して平行で且つこれら側部の中間にて触覚部分を貫通する面（中間面）に対してレンズの軸線に沿って前方にずらした位置にある。この光学素子を前方にずらした位置に配置することで、光学素子と触覚部分の内端 914 との接続部に沿ってレンズの後側部に溝状の凹所 924 が提供される。前方溝 916 と後方凹所 924 との間にあるレンズ本体の比較的薄いウェブ状部分は、弾性的に撓み可能であり、また、該ウェブ状部分は、ヒンジ接続部 908 を形成し、レンズ触覚部分がこのヒンジ接続部を中心としてレンズ光学素子に関して前方及び後方に撓み可能である。

図 49 を参照すると、レンズ 900 は、患者の眼の被膜房 20 内に埋め込まれ、線維組織形成の完了後に、本発明の前の実施例のレンズに関して説明したのと全く同一の方法にて毛様体筋 28 の収縮及び弛緩に应答して調節を行う。レンズのばねアーム 920 は、房の外周に対し外方に押し付けられて、房の前方残部組織 22 に割れ目、裂け目があり、又はその他の無傷でない状態であっても、図 38 乃至図 40 に関して説明したのと同じの方法にて、レンズを房内に位置決めする。外科手術後、房 20 の前被膜縁部 22 が弾性的な後被膜 24 まで線維組織形成する間、その線維組織形成は、レンズ触覚部分 906 の周りで且つ触覚部分の開口部 918 を通じて行われて、レンズを被膜房内に固定する。線維組織形成が完了するまで、上述したように、毛様体筋麻痺薬を眼に投与することにより、毛様体筋 28 はその弛緩状態に保たれる。

好適なレンズ 900 における光学素子 904 を前方にずらした位置に配置することは、二つの利点が得られる。その利点の一つは、光学素子 904 を前方にずらした位置に配置することに伴うヒンジ接続部 908 の配置により、レンズの前方への屈曲が促進され、これにより、毛様体筋 28 の収縮によりレンズが端部方向に圧縮されるのに应答して、触覚部分 906 の外端に関して光学素子が調節動作をなし得るようにする点である。もう一つの利点は、触覚部分 906 を光学素子 904 の直径方向に対向する縁端部分に接続するヒン

10

20

30

40

50

ジ接続部 908 の幅が光学素子の直径に比較して比較的幅が狭く、特に、好ましいことに、図示するように、房の半径よりも狭い点である。このようにして、ヒンジ接続部が占める位置は、光学素子の比較的小さい周方向縁端部分だけである。接続部の間の光学素子の残りの周方向縁端部分は、自由な縁端部分となり、これら縁端部分は、触覚部分により全く妨害されることがなく、共に、光学素子の外周の主要部分を構成する。光学素子の直径は、レンズが埋め込まれた被膜房の前被膜開口部 26 に等しく、又はそれよりも僅かに小さく形成されている。レンズのこうした特徴により、レンズは、図 49 のその後方の遠視野位置から図 50 の前方の調節限界点まで前方への大きい調節動作を行うことが出来、この前方の調節限界位置にて、光学素子は、毛様体筋 28 の収縮に应答して、前被膜開口部 26 から突出する。触覚部分の内側架橋部分又は端部 914 の内方テーパにより、レンズの調節動作中、触覚部分は被膜房の触覚部分空所に入出入りすることが出来る。好適なレンズの実際の寸法は、患者の眼の寸法に応じて変更である。次に、典型的なレンズの寸法を掲げる。

レンズの全長：10.5mm

ばねを含むレンズの全長：11.5mm

光学径：4.50mm

触覚部分の外端幅：4.50mm

触覚部分の端部テーパ角度：30°

触覚部分の内端部分の長さ：0.75mm

触覚部分の厚さ：0.25 - 0.4mm

ヒンジ接続部の幅：1.50mm

レンズの材料：シリコン

図 48 乃至図 50 のレンズ 900 において、光学素子 904 は、触覚部分の厚さ部分内で触覚部分 906 に関して前方にずらした位置に配置されており、光学素子の周縁端及びヒンジ接続部 908 の双方が触覚部分の厚さ部分内で且つその前方面及び後方面の間に配置されている。図 51 は、レンズ 900 と同一である、本発明の変更実施例による眼内レンズ 900a を示す図 48 と同様の縦断面図であり、該レンズの唯一の相違点は、レンズ 900a の光学素子 904a が触覚部分の厚さ部分の外側で触覚部分 906a に関して前方にずらした位置に配置される点である。即ち、レンズ 900a において、光学素子 904a の周縁端、及び光学素子と触覚部分とのヒンジ接続部 908a の双方が触覚部分 906a の前方面の前方の位置に配置されている。この変更実施例によるレンズの形態により、図 48 乃至図 50 と同一の利点を得られる。

図 52 の変更実施例による調節可能な眼内レンズ 900b は、次の相違点を除いて、レンズ 900 と略同一である。触覚部分開口部 918b の隣接する側部又は端部と境を接し且つ該側部又は端部を閉鎖する比較的細い架橋部分又はアーチ部分 922b が、その端部にて、レンズ触覚部分 906b の外端に一体に接続され且つ該外端を横断するように伸長している。これらのアーチ部分は、典型的に幅 0.20mm であり、また、レンズ光学素子 904b の光軸線を中心として、5.25mm の半径まで湾曲している。これらのアーチ部分は、弾性的に撓み可能、又は比較的撓み性、或いは比較的剛性の何れかとする事が出来る。レンズ 900b のばねアーム 922b は、触覚部分の開口部 918b の開放端又は側部と対向する触覚部分の外端を横断して横方向に伸長し、また、レンズの端部方向に撓み可能である。

図 53 の変更実施例による調節可能なレンズ 900c は、多くの点で図 52 のレンズ 900b と同様であるが、次の点で該レンズと相違している。レンズ 900c では、レンズ 900b のばねアーム 920b が省略されている。レンズ触覚部分 906c の内端又は架橋部分 914c は、レンズの端部方向への長さが極めて短い。実際には、触覚部分の内端部分 914c の長さは、触覚部分の溝 916c の開放側部の幅に略等しく、又はその幅よりも僅かに長く、該触覚部分の溝 916c は、レンズ光学素子 904c と触覚部分とのヒンジ接続部 908c を形成し、触覚部分は、該接続部を中心として、光学素子に関して前方及び後方に撓み可能である。その結果、これらのヒンジ接続部は、触覚部分の内端部分 9

10

20

30

40

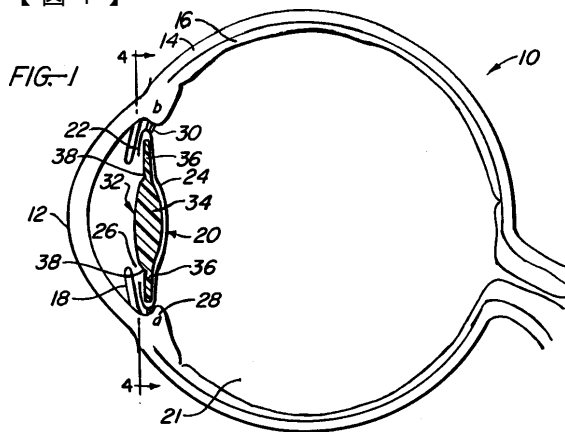
50

14cの略全長を占める、即ち、その全長を構成する。触覚部分の端部アーチ部分922cは、比較的可撓性、又は比較的剛性の何れかとする事が出来る。

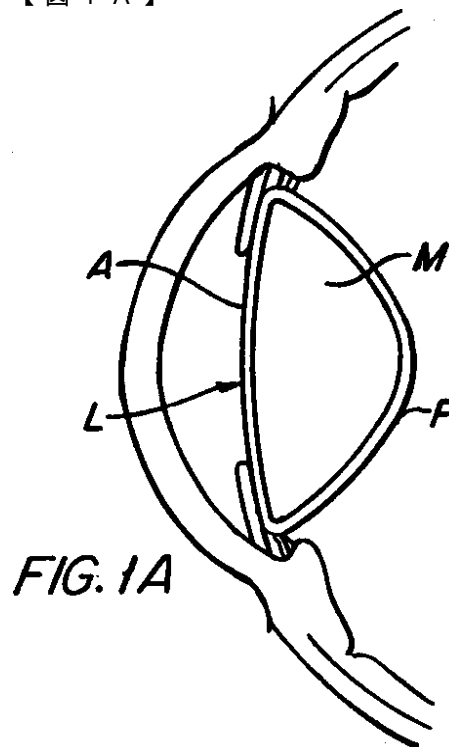
図51乃至図53のレンズ900a、900b、900cは、患者の眼の被膜房内に埋め込まれ、図47乃至図50のレンズ900と略同一の方法で毛様体筋の収縮及び弛緩に回答して、視力を調節することが出来る。しかしながら、レンズ900b、900cの場合、線維組織形成は、レンズ触覚部分の閉鎖開口部918b、918cを通して且つ触覚部分の端部アーチ部分922b、922cの周りで行われて、レンズを患者の眼内に固定する。該レンズ900cは、毛様体筋が弛緩したとき、被膜房に緊密に嵌まり得るよう、そのアーチ部分922cの外側寸法の間長さとなる寸法にすることが出来、また、これらのアーチ部分は、弾性的に撓み可能とし、該アーチ部分が房の外周に押し付けられるばねとして機能し得るようにし、これにより、該房の前方残部組織に割れ目、裂け目があり、又はその他の無傷でない残部組織の場合であっても、上述の板触覚部分ばねの触覚部分ばねと同一の方法でレンズを房内に位置決めすることを可能にする。

10

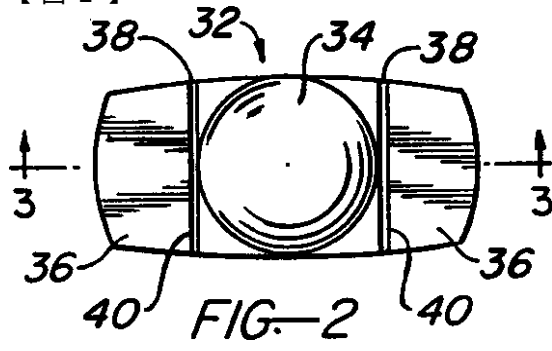
【図1】



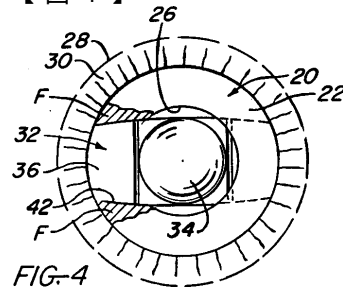
【図1A】



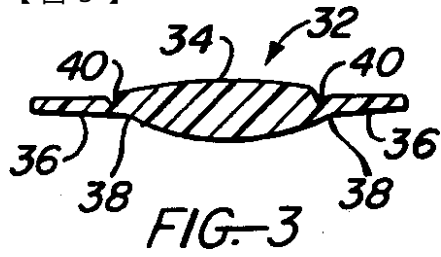
【図 2】



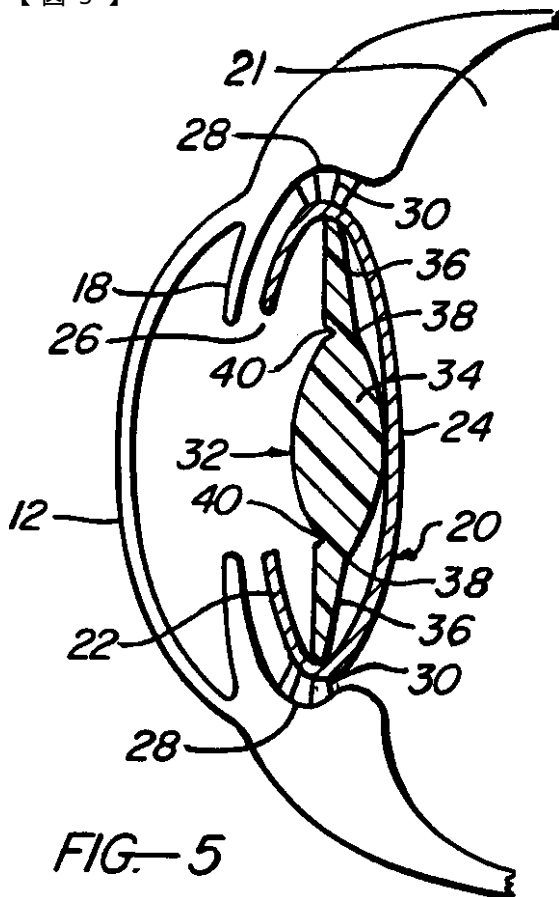
【図 4】



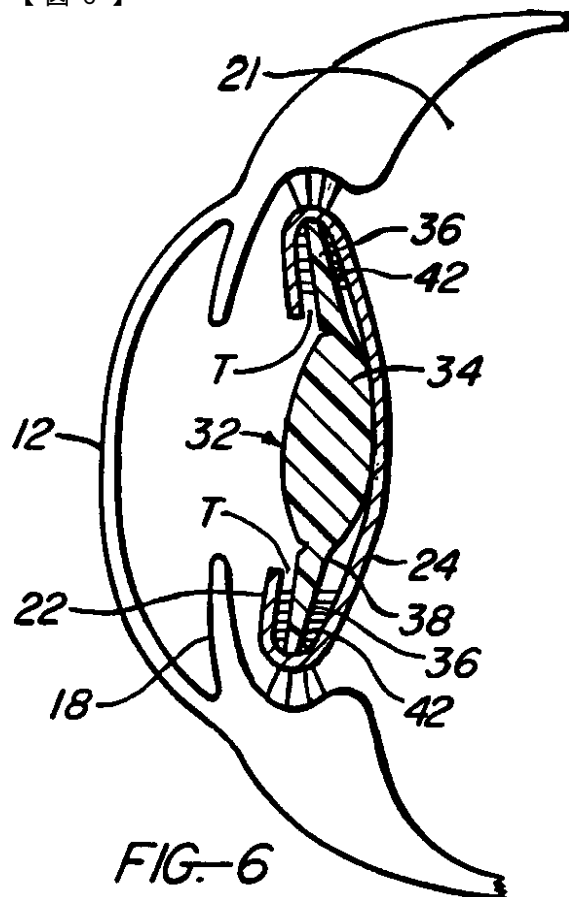
【図 3】



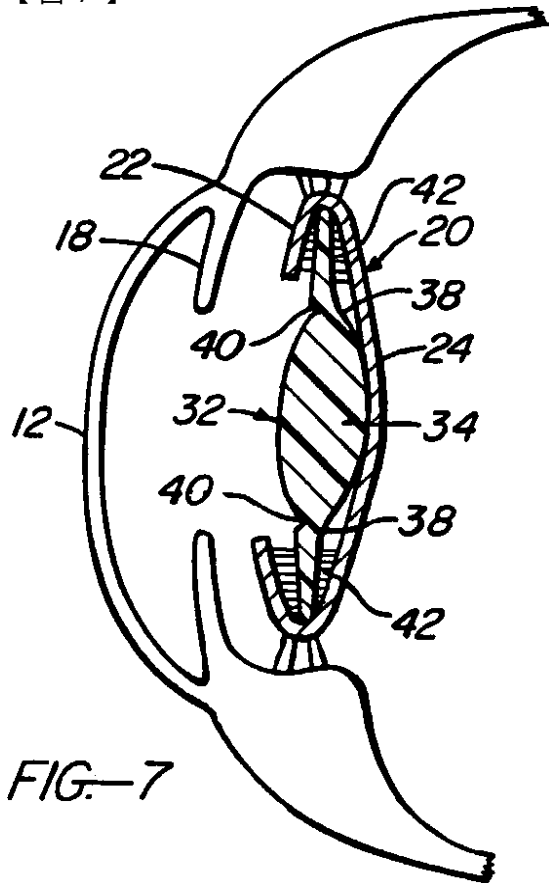
【図 5】



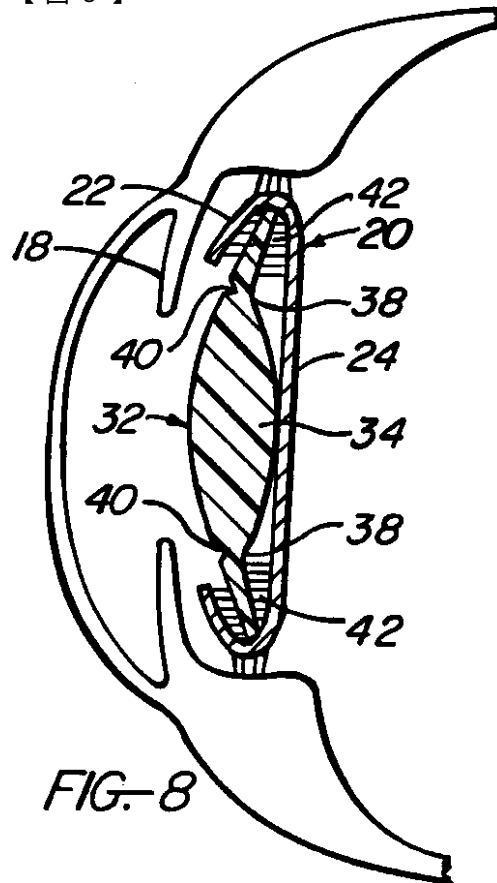
【図 6】



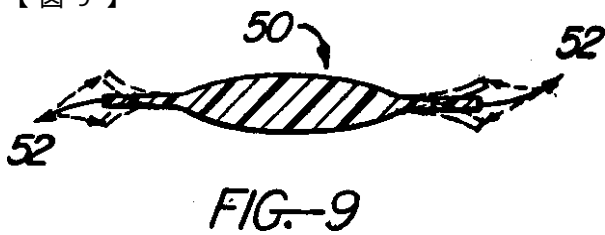
【図 7】



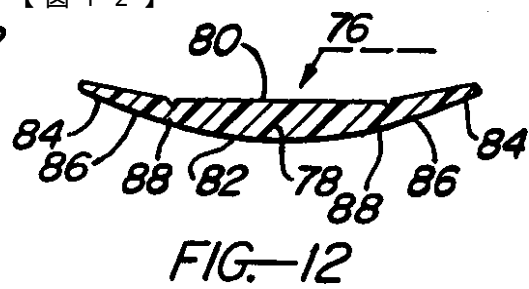
【図 8】



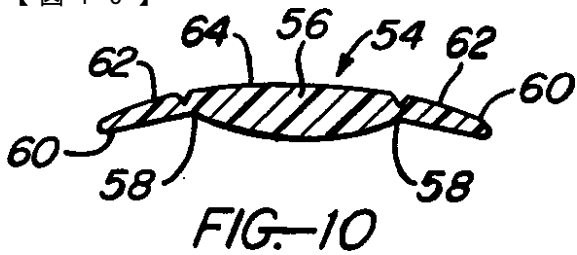
【図 9】



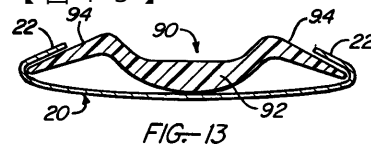
【図 12】



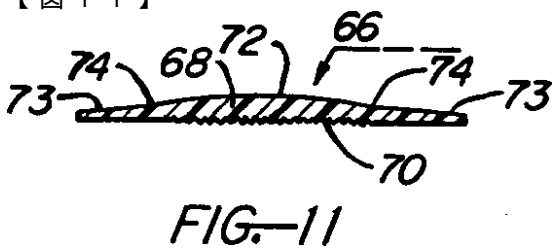
【図 10】



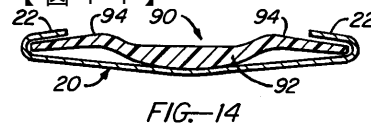
【図 13】



【図 11】



【図 14】



【図15】

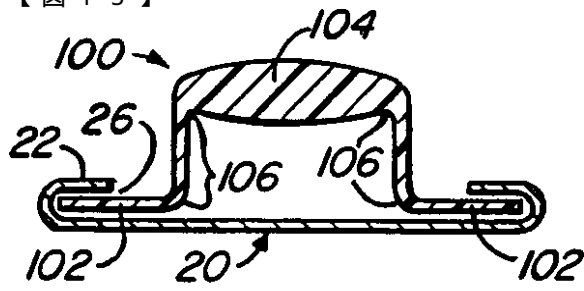


FIG. 15

【図16】

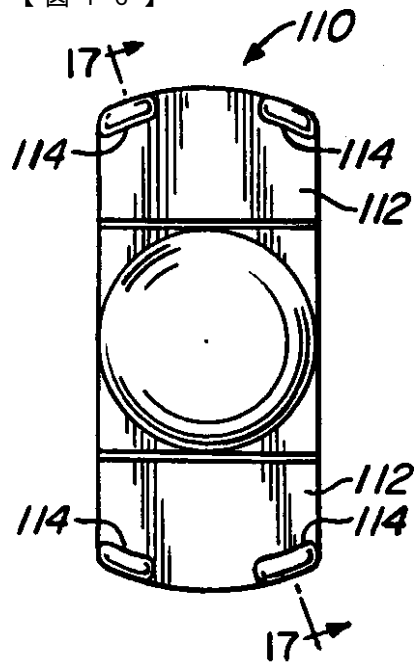


FIG. 16

【図17】

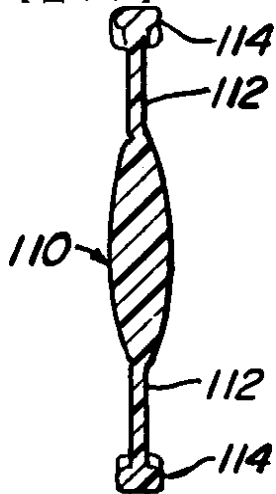


FIG. 17

【図18】

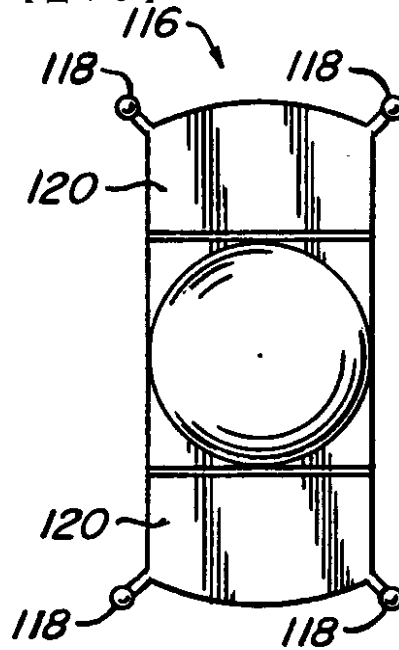


FIG. 18

【図 19】

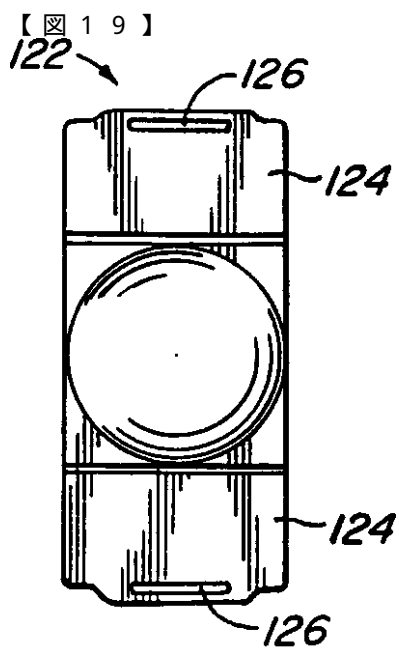


FIG. 19

【図 20】

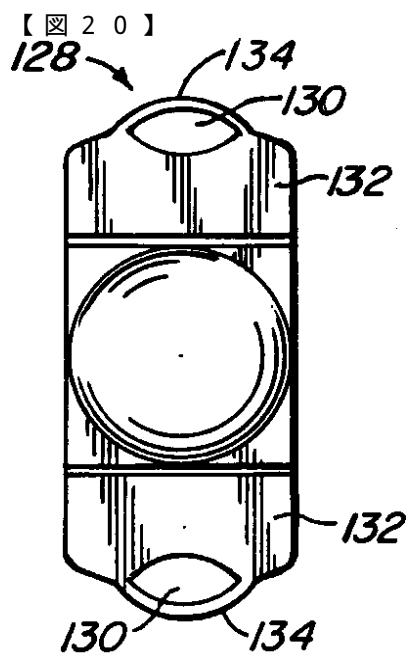


FIG. 20

【図 21】

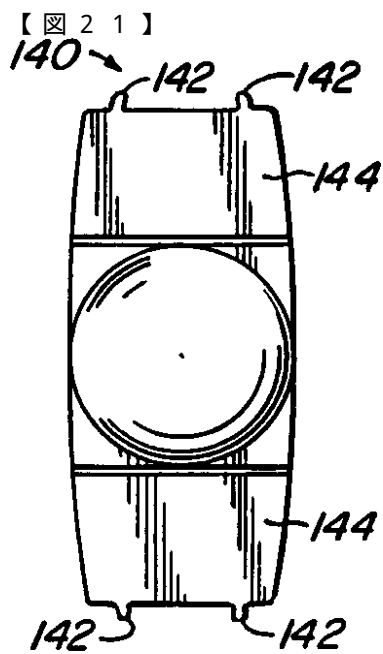


FIG. 21

【図 22】

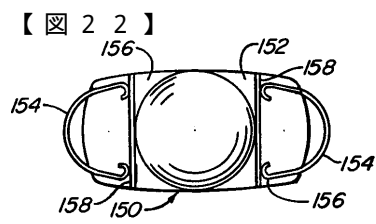


FIG. 22

【図 23】

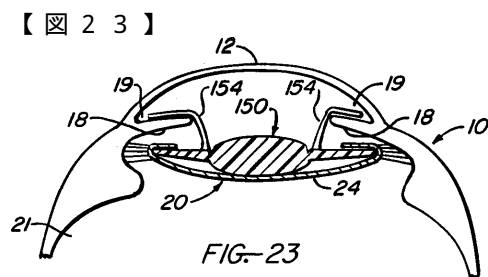


FIG. 23

【図 24】

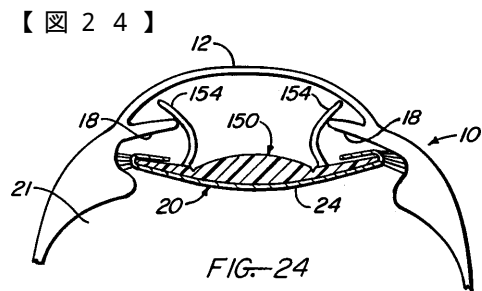


FIG. 24

【図 25】

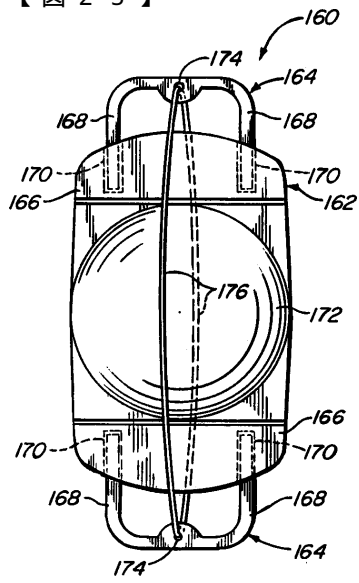


FIG. 25

【図 26】

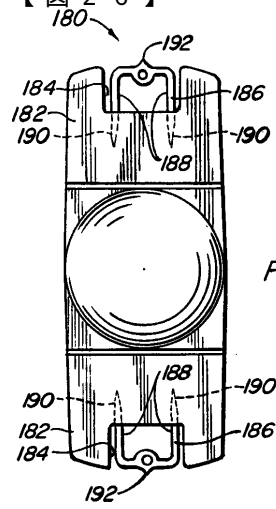


FIG. 26

【図 27】

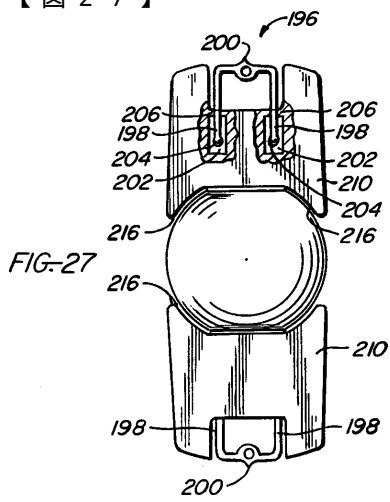


FIG. 27

【図 28】

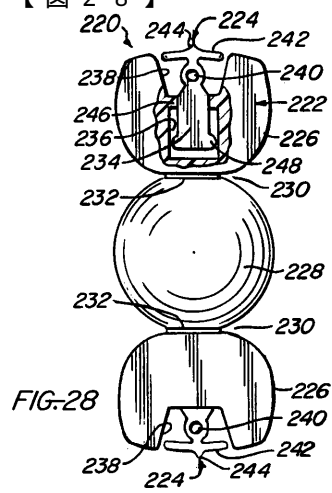


FIG. 28

【図29】

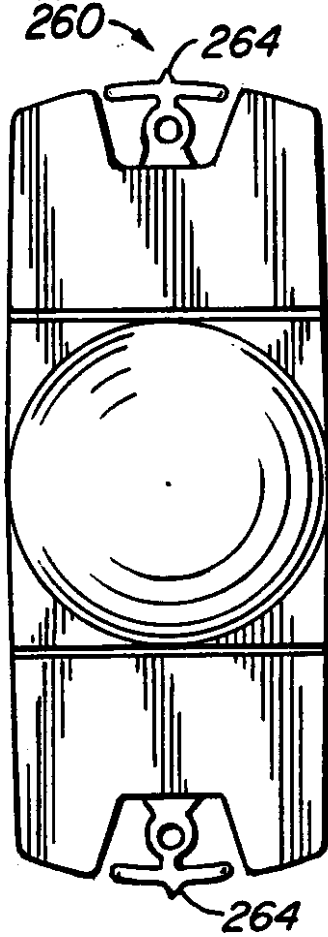


FIG. 29

【図30】

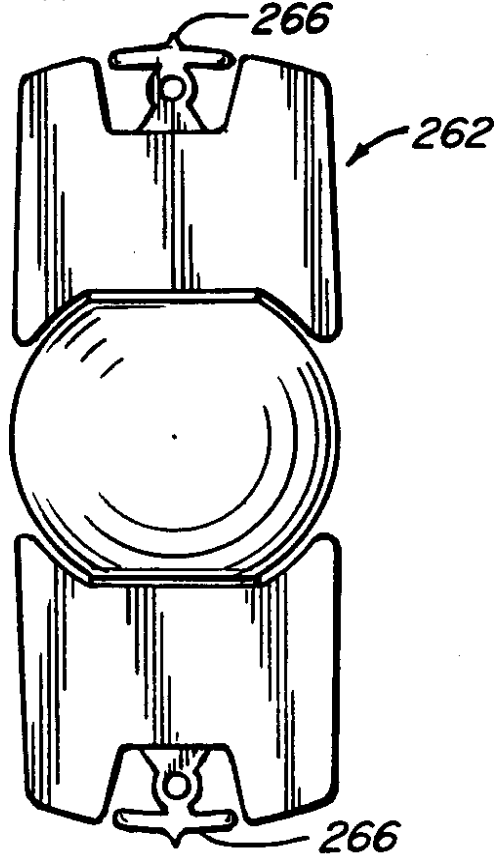


FIG. 30

【図31】

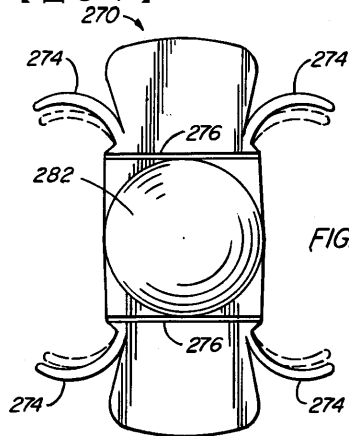


FIG. 31

【図32】

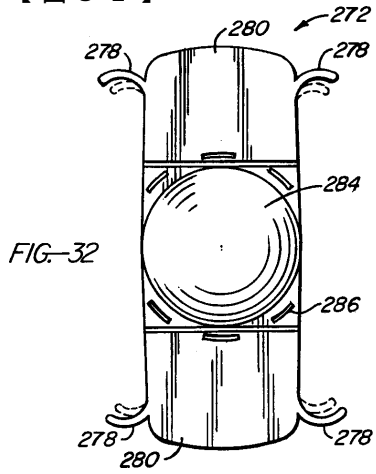


FIG. 32

【図 33】

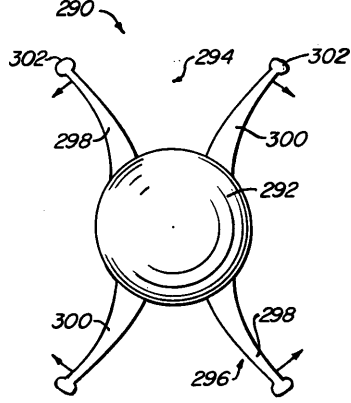


FIG. 33

【図 34】

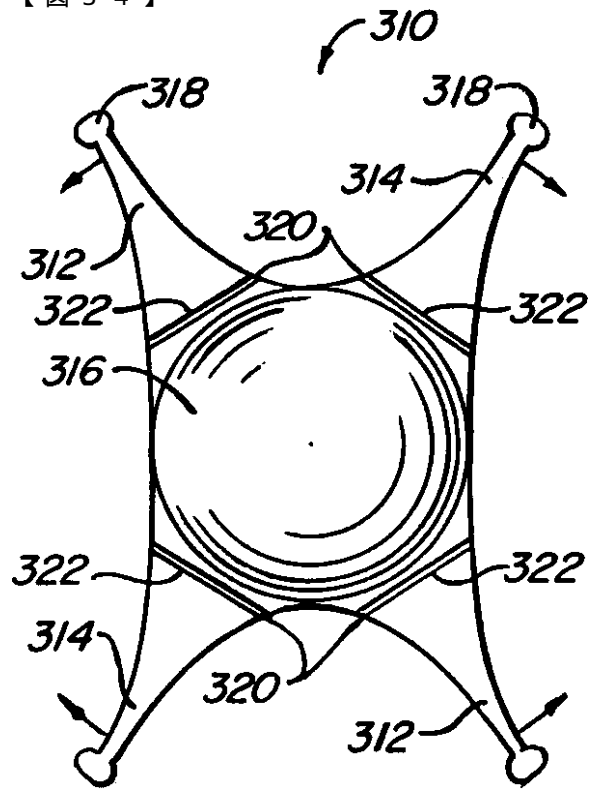


FIG. 34

【図 35】

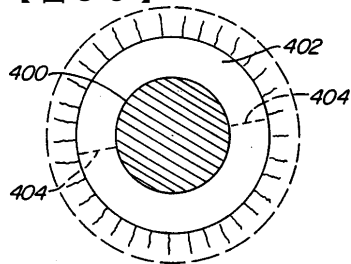


FIG. 35

【図 36】

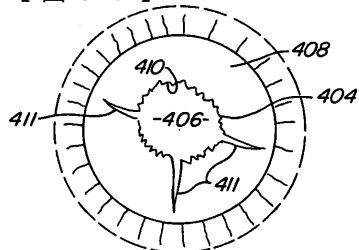


FIG. 36

【図 37】

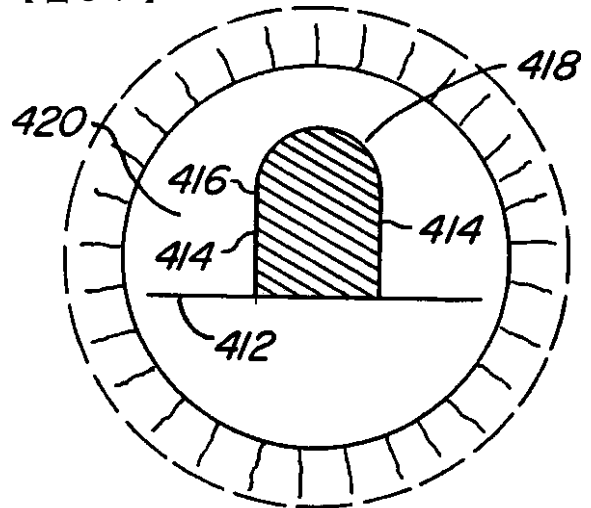


FIG. 37

【図38】

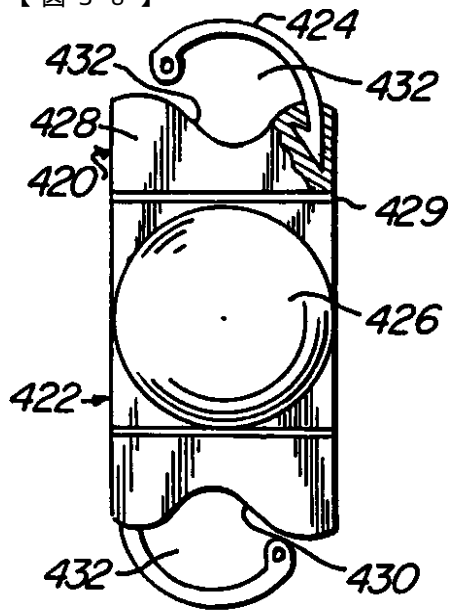


FIG. 38

【図39】

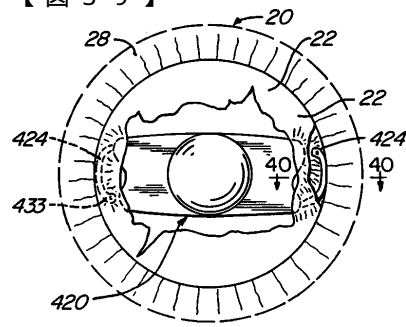


FIG. 39

【図40】

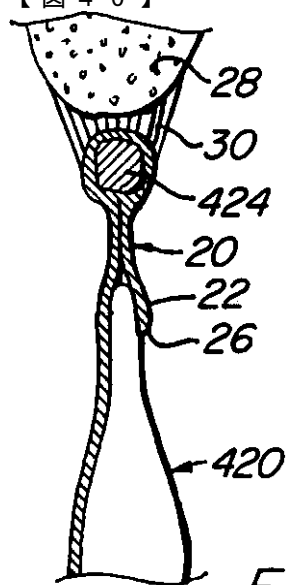


FIG. 40

【図41】

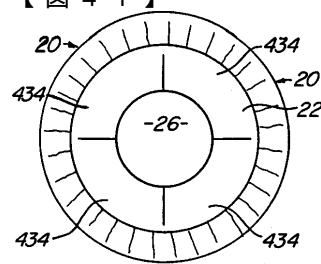


FIG. 41

【図42】

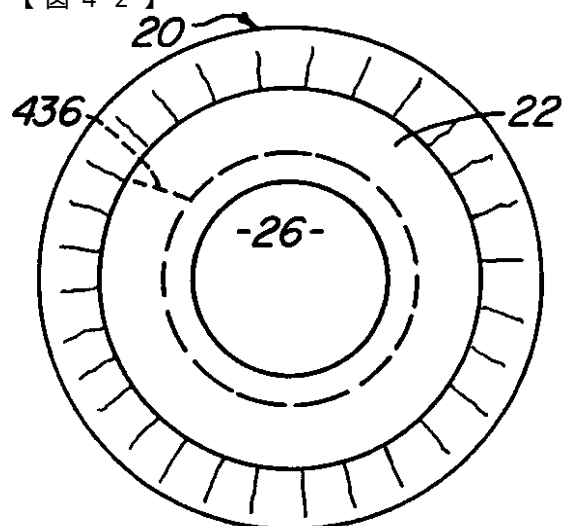
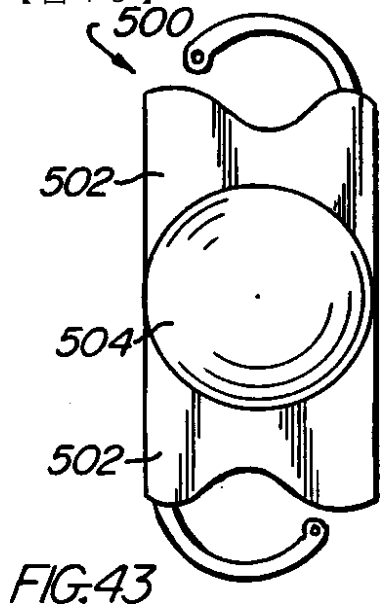
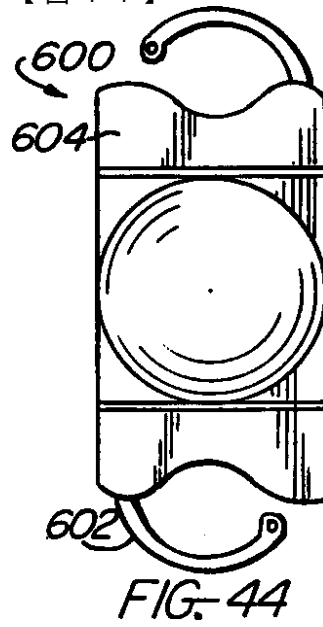


FIG. 42

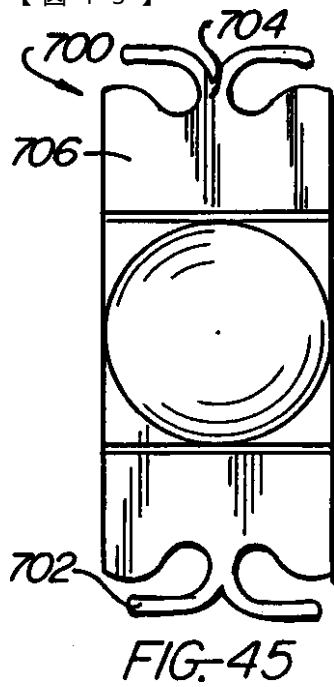
【図 43】



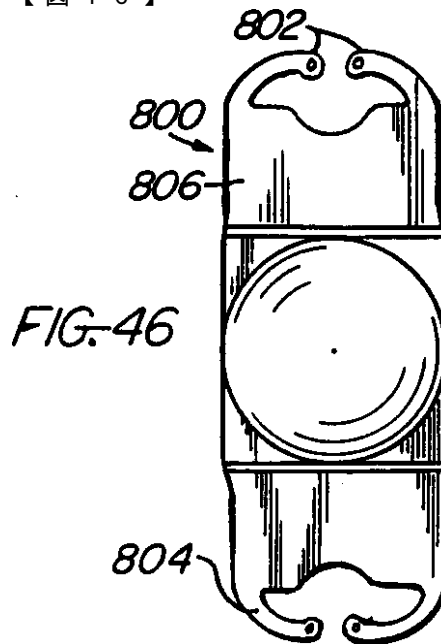
【図 44】

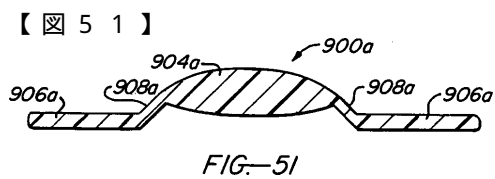
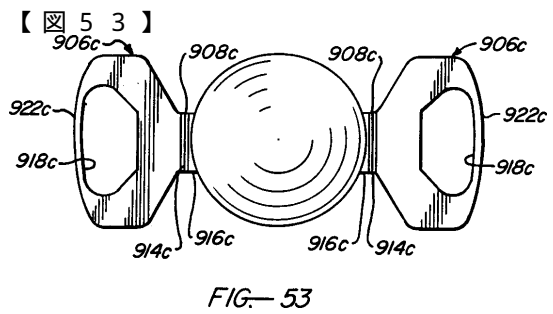
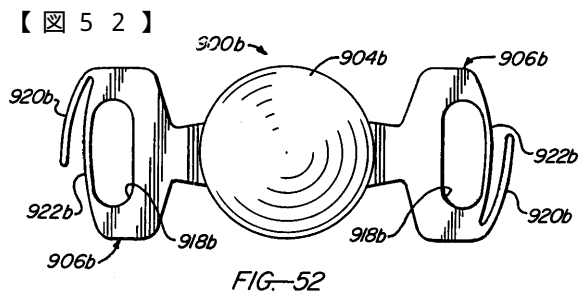
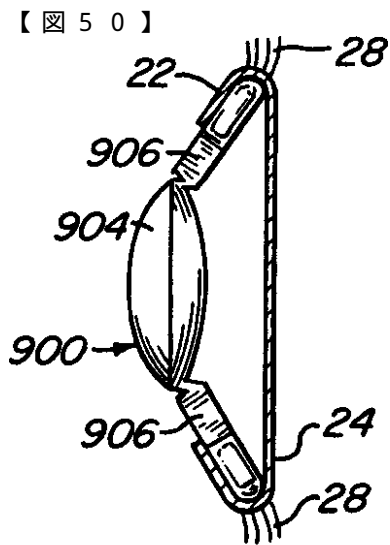
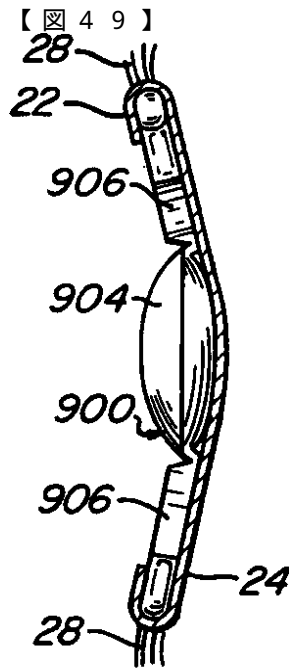
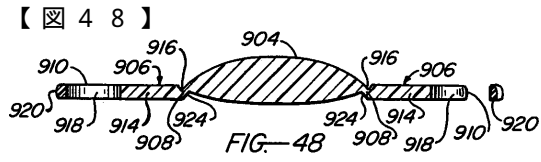
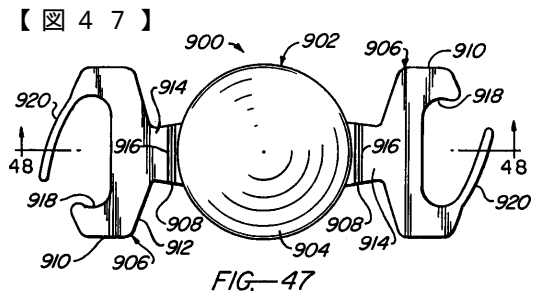


【図 45】



【図 46】





フロントページの続き

(74)代理人

弁理士 安瀬 正敏

(72)発明者 カミング, ジェイ・スチュワート

アメリカ合衆国カリフォルニア州92801, アナハイム, ウェスト・ラパルマ・アベニュー 1
211, ナンバー201

審査官 寺澤 忠司

(56)参考文献 特開平01-080359(JP, A)

特開昭63-024937(JP, A)

特開昭61-279241(JP, A)

特開昭61-159964(JP, A)

特開昭60-077765(JP, A)

特表平02-501363(JP, A)

米国特許第04254509(US, A)

米国特許第04790847(US, A)

米国特許第04244060(US, A)

米国特許第04304012(US, A)

米国特許第04585457(US, A)

国際公開第92/021304(WO, A1)

特開昭61-257642(JP, A)

特開昭63-089154(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

A61F 2/16