

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年3月26日(26.03.2015)



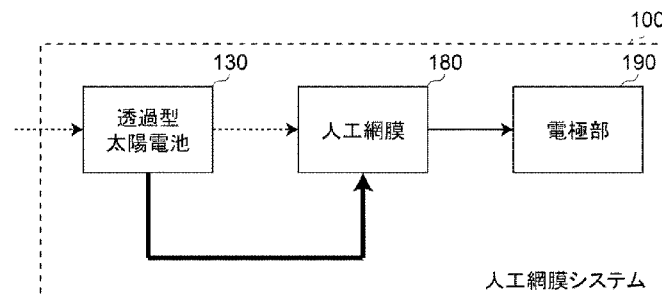
(10) 国際公開番号

WO 2015/040958 A1

- (51) 国際特許分類:
A61F 9/007 (2006.01) A61F 2/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/069932
- (22) 国際出願日: 2014年7月29日(29.07.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-193467 2013年9月18日(18.09.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社トプコン(KABUSHIKI KAISHA TOPCON) [JP/JP]; 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町75番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 福間 康文(FUKUMA, Yasufumi); 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内 Tokyo (JP). 塚田 央(TSUKADA, Hisashi); 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人三澤特許事務所(MISAWA PATENT OFFICE, P.C.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿7丁目15番8号 日販ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ARTIFICIAL RETINA SYSTEM

(54) 発明の名称: 人工網膜システム



- 100 Artificial retina system
130 Transmissive solar cell
180 Artificial retina
190 Electrode unit

(57) Abstract: Provided is a technology such that it is possible intraocularly to secure both space for disposing an artificial retinal of a desired size and space for converting light energy into electrical energy. An embodiment of the artificial retina system has a conversion means, an artificial retina, and a transmission means. The conversion means is disposed intraocularly, allows the passage of a subset of intraocularly entering light, and converts the energy of another subset of the light to electrical energy. The artificial retina is disposed intraocularly, operates by receiving the electrical energy obtained by the conversion means, and contains a photoelectric conversion element array that generates an electrical signal by detecting the light that has passed through the conversion means. The transmission means is used for sending the electrical signal generated by the artificial retina to the visual cortex of a brain.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/040958 A1



眼内において、所望のサイズの人工網膜を配置するためのスペース、及び光のエネルギーを電気エネルギーに変換するためのスペースの双方を確保することが可能な技術を提供する。実施形態に係る人工網膜システムは、変換手段と、人工網膜と、伝達手段とを有する。変換手段は、眼内に配置され、眼内に入射した光の一部を通過させ、且つ、光の他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する。人工網膜は、眼内に配置され、変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作し、変換手段を通過した光を検出して電気信号を発生する光電変換素子アレイを含む。伝達手段は、人工網膜により発生された電気信号を脳の視覚野に送るために用いられる。

明 細 書

発明の名称：人工網膜システム

技術分野

[0001] この発明は、眼内に配置される人工網膜を有する人工網膜システムに関する。

背景技術

[0002] 人間が備える様々な感覚のうち視覚は、生活の質（Quality of Life：以下、QOL）に大きな影響を与え、その障害はQOLを著しく低下させる。従って、視覚に障害が生じた場合、失われた機能を補完する技術の確立は重要である。このような技術として、人工網膜が知られている。

[0003] 特許文献1には、入射した光から電気信号を生成するフォトダイオードと、フォトダイオードにより生成された電気信号を視神経に伝達するための薄膜トランジスタとを有する人工網膜が開示されている。この人工網膜は、各種素子が形成される半導体層を積層させて3次元構造を実現することにより、フォトダイオードのサイズを大きく形成できるようにした手法が開示されている。

[0004] 特許文献2には、網膜を有する眼球の内部に配置される人工網膜が開示されている。この人工網膜は、網膜の中心領域に配置される刺激アレイと、網膜の黄斑領域の外側などに配置される光電池とを含んで構成される。光電池は、周辺光に反応して電力を生成する。刺激アレイは、光電池により生成された電力を利用する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2008-79799号公報

特許文献2：特表2006-517828号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 眼内において、入射した光のエネルギーを電気エネルギーに変換し、この電気エネルギーを受けて人工網膜を動作させる場合、人工網膜のサイズをある程度大きくしつつ、光のエネルギーを電気エネルギーに変換するためのスペースについては、できるだけ広く確保できることが望ましい。しかしながら、特許文献1や特許文献2に開示された技術では、眼内において、所望のサイズの人工網膜を配置するためのスペース、及び光のエネルギーを電気エネルギーに変換するためのスペースの双方を十分に確保することが難しい。

[0007] この発明は、上記の問題を解決するためになされたものであり、その目的の1つは、眼内において、所望のサイズの人工網膜を配置するためのスペース、及び光のエネルギーを電気エネルギーに変換するためのスペースの双方を確保することが可能な技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、眼内に配置され、前記眼内に入射した光の一部を通過させ、且つ、前記光の他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する変換手段と、前記眼内に配置され、前記変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作し、前記変換手段を通過した光を検出して電気信号を発生する光電変換素子アレイを含む人工網膜と、前記人工網膜により発生された前記電気信号を脳の視覚野に送るための伝達手段とを含む人工網膜システムである。

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の人工網膜システムであって、前記変換手段に、前記眼内に入射した光の一部を通過させる開口部が形成されている。

また、請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の人工網膜システムであって、前記開口部は、前記人工網膜において黄斑部に対向する位置に形成されている。

また、請求項4に記載の発明は、請求項2又は請求項3に記載の人工網膜システムであって、前記変換手段は、前記開口部に設けられ黄斑部に到達す

る光束を調整するレンズを含む。

また、請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 ～請求項 4 のいずれか一項に記載の人工網膜システムであって、前記変換手段は、前記眼内に入射した光の一部を透過させ、他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する透過型太陽電池を含み、前記光電変換素子アレイのうち少なくとも一部は、前記透過型太陽電池を透過した光を受けて前記電気信号を発生する。

また、請求項 6 に記載の発明は、請求項 1 ～請求項 4 のいずれか一項に記載の人工網膜システムであって、前記変換手段は、前記眼内に入射した光の一部を透過させ、他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する非透過型太陽電池を含み、前記光電変換素子アレイのうち少なくとも一部は、前記非透過型太陽電池を透過した光を受けて前記電気信号を発生する。

発明の効果

[0009] この発明によれば、眼内において、所望のサイズの人工網膜を配置するためのスペース、及び光のエネルギーを電気エネルギーに変換するためのスペースの双方を確保することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図2]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図3]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図4]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図5]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図6]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図7]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図8]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図9]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図10]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図11]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。
[図12]実施形態に係る人工網膜システムの動作例を表すフローチャートであ

る。

[図13]実施形態に係る人工網膜システムの動作例を表すフローチャートである。

[図14]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。

[図15]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。

[図16]実施形態に係る人工網膜システムの動作例を表すフローチャートである。

[図17]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。

[図18]実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例を表す概略図である。

発明を実施するための形態

[0011] この発明に係る人工網膜システムの実施形態の一例について、図面を参照しながら詳細に説明する。この発明に係る人工網膜システムは、眼内に配置され、眼内に入射した光のエネルギーを変換することにより得られた電気エネルギーを受けて動作する人工網膜を含んで構成される。なお、この明細書に記載された文献の記載内容を、以下の実施形態の内容として適宜援用することが可能である。

[0012] 〈第1の実施形態〉

[構成]

図1は、第1の実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例の機能ブロック図を表す。なお、図1では、光の経路は、破線で示す矢印で表され、実線で示すそれ以外（電気信号など）の経路と区別して表されている。人工網膜システム100は、透過型太陽電池130と、人工網膜180と、電極部190とを備えている。人工網膜システム100は、眼内に配置される。

[0013] 透過型太陽電池130は、眼内に入射した光の一部を透過させ、且つ、その光の他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する。人工網膜180は、透過型太陽電池130により得られた電気エネルギーを受けて動作し、透過型太陽電池130を透過した光を検出して電気信号を発生する光電変換素子アレイを含む。電極部190は、人工網膜180により発生された電気

信号を脳の視覚野に送るために用いられる。透過型太陽電池 130 と人工網膜 180 との間に、透過型太陽電池 130 により発生された電力（電気エネルギー）を供給するための電源線が接続される。人工網膜 180 と電極部 190 との間に、脳の視覚野に送られる電気信号を伝達するための信号線が接続される。以下、「通過」は「透過」の意味を含むものとし、この明細書では、「通過」を「透過」と同一視して用いることがある。また、この明細書では、「電気エネルギー」と「電力」とを同一視して用いることがある。

[0014] （透過型太陽電池）

透過型太陽電池 130 は、たとえば有機薄膜技術を用いて構成される。

[0015] 図 2 は、第 1 の実施形態に係る透過型太陽電池 130 の一例の断面構造を模式的に表す。透過型太陽電池 130 は、光を受けて発電が行われる活性層 131 が正孔輸送層 132 と正孔ブロック層 133 とにより挟持された構造を有している。正孔輸送層 132 は、活性層 131 に対し受光面側に形成される。正孔ブロック層 133 は、活性層 131 に対し正孔輸送層 132 と反対の面側に形成される。正孔輸送層 132 の受光面側には、陽極となる透明電極 134 が形成される。透明電極 134 の受光面側には、透明基板 135 が配置される。一方、正孔ブロック層 133 の受光面と反対の面側には、陰極となる透明電極 136 が形成される。透明基板 135、透明電極 134、正孔輸送層 132、活性層 131、正孔ブロック層 133、及び透明電極 136 を含む素子は、透明なエポキシ樹脂などからなる封止層 137 と透明基板 138 とによって封止される。

[0016] 活性層 131 は、p 型有機半導体と n 型有機半導体とを有機溶媒に溶解させ、スピンコート法により塗布することで成膜される。成膜された活性層 131 は、バルクヘテロ接合構造を有する。透過型太陽電池 130 に入射した光は、活性層 131 において吸収される。活性層 131 では、たとえば n 型有機半導体中で光励起により励起子が発生される。励起子は、n 型有機半導体中を拡散する。pn 接合界面まで拡散した励起子は、ここで正孔と電子とに解離される。解離された正孔は、p 型有機半導体中を拡散し、正孔輸送層

132で透明電極134まで輸送される。一方、解離された電子は、n型有機半導体中を拡散し、正孔ブロック層133で透明電極136まで輸送される。この結果、透明電極134と透明電極136との間に電位差が発生する。

[0017] 正孔輸送層132は、陽極側への正孔と電子の移動により、正孔と電子の再結合による失活を抑制する。正孔ブロック層133は、陰極側への正孔と電子の移動により、正孔と電子の再結合による失活を抑制する。

[0018] このような透過型太陽電池130に関する技術は、たとえば「低コストと高性能を実現する有機薄膜太陽電池技術」（斉藤三長、他2名、東芝レビュー、Vol. 67 No. 1 (2012)、p. 30-33）に記載されている。

[0019] 以上のような構成により、透過型太陽電池130は、眼内に入射した光の一部を透過させ、他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換することができる。なお、後述するように、透過型太陽電池130に開口部を形成することにより、眼内に入射した光の一部を通過させ、且つ、光の他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換することができる。透過型太陽電池130は、「変換手段」の一例である。

[0020] (人工網膜)

人工網膜180は、光電変換素子アレイを備えており、透過型太陽電池130を透過した光を受けた各光電変換素子により生成された電気信号を電極部190に出力する。光電変換素子アレイは、複数の光電変換素子がたとえばマトリックス状に配列されたものである。このような人工網膜180は、公知の構造の人工網膜を用いることができる。人工網膜180は、「人工網膜」の一例である。

[0021] (電極部)

電極部190は、たとえばマトリックス状に配列された複数の刺激用電極を有する。複数の刺激用電極のそれぞれは、人工網膜180を構成する複数の光電変換素子のいずれかに対応している。各刺激用電極は、対応する光電

変換素子に電氣的に接続される。複数の刺激用電極は、人工網膜１８０により生成された電気信号で眼内の網膜や視神経を刺激するように埋植される。たとえば、複数の刺激用電極は、視細胞、網膜神経節細胞、又は双極細胞に電気信号が伝達されるように埋植される。電極部１９０は、「伝達手段」の一例である。

[0022] [配置例]

図３は、第１の実施形態に係る人工網膜システム１００が配置された眼の概略断面図を表す。図３は、右の眼を上面から見たときの断面図を表しており、図１と同様の部分には同一符号を付し、適宜説明を省略する。なお、図３では、図示の便宜上、人工網膜システム１００を構成する各部の間に接続される電源線や信号線を省略している場合がある。

[0023] 眼球２０は、外側が強膜２１で覆われたほぼ球状の形を有している。眼球２０の前方から入射した光は、角膜２２により屈折し、虹彩２３によりその大きさが調整された瞳孔２４を通り抜ける。瞳孔２４を通り抜けることで、網膜３０に投射される光量が調整される。瞳孔２４を通過した光は、水晶体２６に入射する。水晶体２６は、毛様体２７の運動（緊張や弛緩などの状態）により毛様体小帯（チン小帯）２８を介して厚みが変わるようになっている。瞳孔２４を通過した光は、厚みによって屈折力が変わる水晶体２６により再び屈折する。

[0024] 水晶体２６により屈折された光は、硝子体２９を通して、透過型太陽電池１３０に到達する。透過型太陽電池１３０は、入射した光の一部を透過させ、他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する。透過型太陽電池１３０により変換された電気エネルギーは、脈絡膜３１により酸素や栄養などが供給される網膜３０の機能を実現する人工網膜１８０に供給される。透過型太陽電池１３０を透過した光は、人工網膜１８０に到達する。人工網膜１８０に到達した光は、電気信号に変換される。人工網膜１８０により生成された電気信号は、電極部１９０を介して、視細胞、網膜神経節細胞、双極細胞、又は視神経３２を介して脳まで送られる。

[0025] 以上のように、この実施形態では、水晶体 26 と人工網膜 180 との間に透過型太陽電池 130 が配置される。人工網膜 180 は、透過型太陽電池 130 を透過した光に対応した電気信号を生成する。これにより、透過型太陽電池 130 及び人工網膜 180 の一方が他方のサイズを制限することなく、双方のサイズを十分に確保することができる。さらに、人工網膜 180 が眼底近傍に配置され、透過型太陽電池 130 がその前方側（角膜側）に配置される構成を採用することができるため、透過型太陽電池 130 のサイズを大きくすることができる。つまり、透過型太陽電池 130 の受光面のサイズを大型化することが可能となる。また、人工網膜 180 のサイズを確保して、より多くの情報を視神経に伝達させることができる。

[0026] なお、この実施形態では、透過型太陽電池 130 が、眼内に入射した光を透過させ、人工網膜 180 が、透過型太陽電池 130 を透過した光を直接的に受けて光電変換を行う場合について説明したが、これに限定されるものではない。たとえば、透過型太陽電池 130 が、眼内に入射した光を透過させ、人工網膜 180 が、透過型太陽電池 130 を透過した光を間接的に受けて光電変換を行うようにしてもよい。人工網膜 180 が透過型太陽電池 130 を透過した光を間接的に受ける例としては、眼内に入射した光を反射ミラー等の反射手段（光学素子）により 1 又は複数回にわたって反射させた光を人工網膜 180 が受ける場合がある。反射手段は、透過型太陽電池 130 に対し角膜側に配置されていてもよい。眼内に反射手段を設けた場合、透過型太陽電池 130 及び人工網膜 180 のそれぞれを眼内に効率的に配置できることがある。

[0027] [効果]

人工網膜システム 100 は、実施形態に係る人工網膜システムの一例である。以下、実施形態に係る人工網膜システムの効果について説明する。

[0028] 人工網膜システム（たとえば人工網膜システム 100）は、変換手段（たとえば透過型太陽電池 130）と、人工網膜（たとえば人工網膜 180）と、伝達手段（たとえば電極部 190）とを有する。変換手段は、眼内に配置

され、眼内に入射した光の一部を通過させ、且つ、光の他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する。ここで、「光の他の一部」は、眼内に入射した光から変換手段を通過した光の一部を除いた部分の全部を含んでもよい。人工網膜は、眼内に配置され、変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作し、変換手段を通過した光を検出して電気信号を発生する光電変換素子アレイを含む。伝達手段は、人工網膜により発生された電気信号を脳の視覚野に送るために用いられる。

[0029] このような人工網膜システムによれば、眼内に配置された変換手段は、入射した光の一部を通過（透過）させ、他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換し、人工網膜は、変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作することができる。このとき、人工網膜は、直接的に又は間接的に、変換手段を通過した光を受けることができる。人工網膜が、直接的に、変換手段を通過した光を受ける例としては、眼底近傍に人工網膜が配置され、角膜側に変換手段が配置された構成において、眼内に入射した光が変換手段を通過し、変換手段を通過した光が人工網膜に入射する場合がある。また、人工網膜が、間接的に、変換手段を通過した光を受ける例としては、眼底近傍に人工網膜が配置され、角膜側に変換手段が配置された構成において、眼内に入射した光が変換手段を通過し、変換手段を通過した光が眼内において反射手段（たとえば角膜の表面や反射ミラーなどの光学素子）により反射した光が人工網膜に入射する場合がある。こうすることで、眼底に人工網膜や光電池が配置された特許文献2の手法と異なり、眼内において、眼底近傍に配置された人工網膜に対し変換手段を角膜側に配置することができるなど眼内に入射した光の軸上に変換手段及び人工網膜を配置する構成の実現が可能となり、変換手段及び人工網膜の一方が他方のサイズを制限することなく、所望のサイズの人工網膜を配置するためのスペース、及び光のエネルギーを電気エネルギーに変換するためのスペースの双方を確保することができる。

[0030] また、人工網膜システムでは、変換手段は、透過型太陽電池（たとえば透過型太陽電池130）を含んで構成されていてもよい。透過型太陽電池は、

眼内に入射した光の一部を透過させ、他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する。光電変換素子アレイは、透過型太陽電池を透過した光を受けて電気信号を発生する。

[0031] このような人工網膜システムによれば、変換手段は、眼内に入射した光を透過させ、人工網膜を構成する光電変換素子アレイは、変換手段を透過した光を受けて電気信号を発生することができる。こうすることで、眼内において、必要な光を確保するサイズの人工網膜を配置するためのスペース、及び入射光の受光面のサイズを最大限に確保した変換手段を配置するためのスペースの双方を確保することができるようになる。

[0032] 〈第２の実施形態〉

第１の実施形態では、光のエネルギーを電気エネルギーに変換する変換手段が透過型である例を説明したが、この変換手段は、非透過型であってもよい。以下、第２の実施形態に係る人工網膜システムについて、第１の実施形態との相違点を中心に説明する。

[0033] [構成]

図４は、第２の実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例の機能ブロック図を表す。図４において、図１と同様の部分には同一符号を付し、適宜説明を省略する。なお、図４では、光の経路は、破線で示す矢印で表され、実線で示すそれ以外（電気信号など）の経路と区別して表されている。

[0034] 人工網膜システム２００は、非透過型太陽電池２３０と、人工網膜１８０と、電極部１９０とを備えている。人工網膜システム２００は、人工網膜システム１００と同様に、眼内に配置される。人工網膜システム２００が人工網膜システム１００と異なる点は、透過型太陽電池１３０に代えて非透過型太陽電池２３０が設けられた点である。非透過型太陽電池２３０は、たとえばサイズや形状などを透過型太陽電池１３０と異ならせることによって、眼内に入射した光の一部を通過させる。たとえば、非透過型太陽電池２３０のサイズを小さくすることで、眼内に入射した光を通過させることが可能である。また、たとえば、非透過型太陽電池２３０に後述の開口部や切り欠き部

を形成することにより、眼内に入射した光を通過させることが可能である。

また、非透過型太陽電池 230 は、眼底中心や黄斑部に投射される光の経路上を避けて配置されてもよい。

[0035] 非透過型太陽電池 230 と人工網膜 180 との間に、非透過型太陽電池 230 により発生された電力を供給するための電源線が接続される。また、人工網膜 180 と電極部 190 との間に、脳の視覚野に送られる電気信号を伝達するための信号線が接続される。

[0036] この実施形態では、非透過型太陽電池 230 に 1 又は複数の開口部が形成されている。

[0037] 図 5 及び図 6 は、第 2 の実施形態に係る非透過型太陽電池 230 の構成例を表す。図 5 及び図 6 は、非透過型太陽電池 230 が、人工網膜システム 200 の所定の軸 O に対して垂直に配置された場合を模式的に表したものである。非透過型太陽電池 230 には、図 5 に示すように、たとえば人工網膜システム 200 の所定の軸 O に沿う光とその近くの光が通過する位置に開口部 231 が形成される。また、非透過型太陽電池 230 には、図 6 に示すように複数の開口部 231 が形成されていてもよい。

[0038] 眼内に入射した光は、図 5 又は図 6 に示すように非透過型太陽電池 230 に形成された開口部 231 を通過して硝子体 29 に到達する。

[0039] このような非透過型太陽電池 230 は、透過型太陽電池 130 と同様の活性層、正孔輸送層、及び正孔ブロック層を備え、これらを非透明の電極や基板や封止層などにより封止することによって形成される。非透過型太陽電池 230 は、「変換手段」の一例である。

[0040] この実施形態において、開口部 231 を通過した光が視細胞が密に存在する黄斑部に到達するように、非透過型太陽電池 230 に、人工網膜 180 において黄斑部に対向する位置に開口部 231 が形成されていてもよい。こうすることで、黄斑部に到達させる光量を確保することができるようになる。

[0041] なお、この実施形態では、非透過型太陽電池 230 に、開口部が形成された場合について説明したが、非透過型太陽電池 230 に、切り欠き部が形成さ

れていてもよい。また、この実施形態では、非透過型太陽電池 230 に、1 又は複数の開口部が形成されているものとして説明したが、第 1 の実施形態に係る透過型太陽電池 130 に、1 又は複数の開口部や切り欠き部が形成されていてもよい。

[0042] [効果]

人工網膜システム 200 は、実施形態に係る人工網膜システムの一例である。実施形態に係る人工網膜システムは、以下のような効果を有する。

[0043] 人工網膜システム（たとえば人工網膜システム 200）では、変換手段は、非透過型太陽電池（たとえば非透過型太陽電池 230）を含んで構成されていてもよい。変換手段は、眼内に入射した光の一部を通過させ、その光の他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する。ここで、「光の他の一部」は、変換手段を通過した光の一部を除いた他の全部を含んでもよい。人工網膜を構成する光電変換素子アレイは、変換手段（非透過型太陽電池）を通過した光を受けて電気信号を発生する。

[0044] このような人工網膜システムによれば、眼内に入射した光が、変換手段を通過してから人工網膜に到達するように構成することができるため、眼内に入射した光の軸上に変換手段及び人工網膜を配置する構成の実現が可能となり、眼内において、変換手段及び人工網膜の一方が他方のサイズを制限することなく、所望のサイズの人工網膜を配置するためのスペース、及び光のエネルギーを電気エネルギーに変換するためのスペースの双方を確保することができる。さらに、人工網膜が眼底近傍に配置され、変換手段がその前方側（角膜側）に配置されるため、変換手段については、必要に応じて変換手段の受光面のサイズを大きくすることが可能となる。また、人工網膜のサイズを確保して、より多くの情報を視神経に伝達させることができる。

[0045] また、人工網膜システムでは、変換手段に、眼内に入射した光の一部を通過させる開口部（たとえば開口部 231）が形成されていてもよい。

[0046] このような人工網膜システムによれば、人工網膜のサイズを制限することなく、変換手段のサイズを大きくしつつ、所望のサイズの人工網膜を配置す

るためのスペース、及び光のエネルギーを電気エネルギーに変換するためのスペースの双方を確保することができる。

[0047] また、人工網膜システムでは、開口部は、人工網膜において黄斑部に対向する位置に形成されていてもよい。

[0048] このような人工網膜システムによれば、変換手段及び人工網膜の双方のサイズを制限することなく、黄斑部に到達させる光量を確保することができるようになる。

[0049] また、人工網膜システムでは、変換手段は、透過型太陽電池（たとえば透過型太陽電池 130）を含んで構成されていてもよい。変換手段（透過型太陽電池）は、眼内に入射した光の一部を透過させ、他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する。人工網膜を構成する光電変換素子アレイは、透過型太陽電池を透過した光を受けて電気信号を発生する。

[0050] 変換手段が透過型太陽電池を含んで構成される場合でも、変換手段に、眼内に入射した光の一部を通過させる開口部（たとえば開口部 231）が形成されていてもよい。また、開口部は、人工網膜において黄斑部に対向する位置に形成されていてもよい。

[0051] 〈第3の実施形態〉

上記の実施形態では、眼内において、人工網膜 180 が、透過型太陽電池 130 などにより発生された電気エネルギーを受けて動作する場合について説明したが、人工網膜システムは、透過型太陽電池 130 などにより発生された電気エネルギーを受けて駆動されるレンズをさらに含んで構成されていてもよい。第3の実施形態では、水晶体 26 に代えて設けられたレンズにより屈折された光が透過型太陽電池 130 又は非透過型太陽電池 230 に入射される。以下、第3の実施形態に係る人工網膜システムについて、第1の実施形態との相違点を中心に説明する。

[0052] [構成]

図7は、第3の実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例の機能ブロック図を表す。図7において、図1と同様の部分には同一符号を付し、適宜

説明を省略する。なお、図7では、光の経路は、破線で示す矢印で表され、実線で示すそれ以外（電気信号など）の経路と区別して表されている。人工網膜システム300は、アルバレットレンズ110と、透過型太陽電池130と、第1検知部140と、駆動部150と、制御部170と、人工網膜180と、電極部190とを備えている。人工網膜システム300は、眼内に配置される。

[0053] アルバレットレンズ110は、水晶体26に代えて眼内に配置され、少なくとも焦点距離の変更が可能に構成される。透過型太陽電池130は、入射した光の一部を透過させ、他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する。第1検知部140は、毛様体27の運動又は毛様体を運動させるための生体信号を検知する。毛様体を運動させるための生体信号は、たとえば脳から神経を介して毛様体に送られる信号を含む。第1検知部140は、外部からの電源供給が必要な場合、透過型太陽電池130により得られた電気エネルギーを受けて動作する。駆動部150は、透過型太陽電池130により得られた電気エネルギーを受けて動作し、第1検知部140により得られた検知結果に基づいてアルバレットレンズ110の焦点距離を変更する。制御部170は、透過型太陽電池130により得られた電気エネルギーを受けて動作し、駆動部150を制御する。その具体例として、制御部170は、第1検知部140により得られた検知結果に基づいて、検知結果に応じた焦点距離の変更量及びその変更方向を示す駆動信号を生成し、生成された駆動信号を用いて駆動部150を制御する。人工網膜180は、透過型太陽電池130により得られた電気エネルギーを受けて動作し、透過型太陽電池130を透過した光を光電変換素子アレイにより検出する。電極部190は、人工網膜180により発生された電気信号を脳の視覚野に送るために用いられる。

[0054] 透過型太陽電池130と第1検知部140との間に、透過型太陽電池130により発生された電力を供給するための電源線が接続される。また、透過型太陽電池130と駆動部150との間に、透過型太陽電池130により発生された電力を供給するための電源線が接続される。また、透過型太陽電池

130と制御部170との間に、透過型太陽電池130により発生された電力を供給するための電源線が接続される。また、第1検知部140と制御部170との間に、第1検知部140により得られた検知結果を送るための信号線が接続される。また、制御部170と駆動部150との間に、駆動部150を駆動する駆動信号を供給するための信号線が接続される。その他の点は、図1と同様である。

[0055] この実施形態では、アルバレットレンズ110は、眼内に入射した光を透過させる。透過型太陽電池130は、アルバレットレンズ110を透過した光のエネルギーを電気エネルギーに変換する。すなわち、角膜側にアルバレットレンズ110が配置され、眼底側に透過型太陽電池130が配置される。

[0056] (アルバレットレンズ、駆動部)

アルバレットレンズ110は、一对の光学素子111、112を有しており、光学素子111、112の相対的な移動により球面度数を変化させることができるようになっている。すなわち、アルバレットレンズ110は、光学素子111、112の相対的な移動により焦点距離の変更が可能に構成される。

[0057] 図8は、第2の実施形態に係るアルバレットレンズ110の説明図を表す。図8において、水平方向をx方向とし、垂直方向をy方向とし、眼底方向をz方向としている。アルバレットレンズ110の所定の軸O上に、光学素子111、112が配置される。光学素子111、112のそれぞれは、互に対向する面の形状が公知の3次元曲面により形成される。

[0058] 軸Oに平行な方向をz方向とする。軸Oに直交するxy平面(図8参照)内でy方向(上下方向)に光学素子111、112を相対的に移動させることにより、光学素子111、112を光学的に合成して得られる屈折力(球面度数)を連続的に変化させることができる。図8では、光学素子111が下方向(-y方向)に移動され、光学素子112が上方向(+y方向)に移動される。

[0059] 図9及び図10は、第1の実施形態に係るアルバレットレンズ110の断面

図の一例を表す。図9は、図8のアルバレッツレンズ110をK方向からみたときの軸Oを通る垂直断面図を模式的に表したものである。図10は、図9のL-L線に沿った断面図の一例を表す。

[0060] アルバレッツレンズ110を構成する光学素子111、112は、所定の透過率を有する空気などの媒体が充填される外囲器113内に收容される。この媒体は、空気以外の気体、液体、又は粘性を有する固体であってもよい。外囲器113には、第1主面側（外部）からの光を外囲器113の内部に透過させる透明部材113aと、外囲器113の内部の光を第1主面と反対側の第2主面側（眼内）に透過させる透明部材113bとが設けられている。光学素子111、112は、外囲器113の内部において透明部材113a、113bの間に配置される。

[0061] 外囲器113の内部には、光学素子111、112を上下方向（図8のy方向）に相対的に移動させる超音波リニアモータ114a～114dが設けられる。この実施形態では、超音波リニアモータ114a～114dが駆動部150を構成する。

[0062] 外囲器113には、左右に側壁部115a、115bが設けられている。側壁部115aには、上下方向に延びるガイド溝116a、117aが形成されている。側壁部115bには、ガイド溝116a、117aに対応して上下方向に延びるガイド溝116b、117bが形成されている。ガイド溝116aには、超音波リニアモータ114aが設けられている。ガイド溝116bには、超音波リニアモータ114bが設けられている。

[0063] 超音波リニアモータ114a、114bのそれぞれは、圧電素子アレイ118aと、固定子としての振動体119aと、可動子120aとを備えている。圧電素子アレイ118aは、たとえば、電極と圧電素子とを交互に接続して直線状に形成される。振動体119aは、たとえば、圧電素子アレイ118aとは反対側に多数の歯が長手方向に配列され、圧電素子アレイ118aにより振動駆動される。可動子120aは、振動体119aの多数の歯に摩擦により係合する。圧電素子アレイ118aは、振動体119aに固定さ

れる。ガイド溝 116 a、116 b の可動子 120 a、120 a は、光学素子 111 の両側に固定される。

[0064] 同様に、ガイド溝 117 a には、超音波リニアモータ 114 c が設けられている。ガイド溝 117 b には、超音波リニアモータ 114 d が設けられている。

[0065] 超音波リニアモータ 114 c、114 d のそれぞれは、圧電素子アレイ 118 b と、固定子としての振動体 119 b と、可動子 120 b とを備えている。圧電素子アレイ 118 b は、たとえば、電極と圧電素子とを交互に接続して直線状に形成される。振動体 119 b は、たとえば、圧電素子アレイ 118 b とは反対側に多数の歯が長手方向に配列され、圧電素子アレイ 118 b により振動駆動される。可動子 120 b は、振動体 119 b の多数の歯に摩擦により係合する。圧電素子アレイ 118 b は、振動体 119 b に固定される。ガイド溝 117 a、117 b の可動子 120 b、120 b は、光学素子 112 の両側に固定される。

[0066] 図 9 及び図 10 に示す構成において、圧電素子アレイ 118 a の各電極に印加される電圧を制御することにより、振動体 119 a の歯側に発生される屈曲定在波振動の位相が変更される。これにより、振動体 119 a が可動子 120 a を上方又は下方に移動させる。このような超音波リニアモータ 114 a、114 b の構造としては、公知の超音波リニアモータの構造を用いることができる。

[0067] 同様に、圧電素子アレイ 118 b の各電極に印加される電圧を制御することにより、振動体 119 b の歯側に発生される屈曲定在波振動の位相が変更される。これにより、振動体 119 b が可動子 120 b を上方又は下方に移動させる。このような超音波リニアモータ 114 c、114 d の構造としては、公知の超音波リニアモータの構造を用いることができる。

[0068] 以上のような構成により、アルバレッツレンズ 110 は、超音波リニアモータ 114 a ~ 114 d によって光学素子 111、112 が上下方向に移動されることにより、所望の球面度数が設定される。なお、上記の構成を有する

アルバレットレンズ 110 は、眼内への挿入と眼内での保持とが容易となるように所定の形状を有するパッケージ内に封止されてもよい。アルバレットレンズ 110 は、「レンズ」の一例である。駆動部 150 は、「駆動手段」の一例である。

[0069] (第 1 検知部)

眼の焦点距離は、水晶体嚢に包まれた水晶体の厚みを変化させることにより変更される。水晶体は、毛様体小帯（チン小帯）を介して水晶体嚢内に伝達される毛様体の運動により、厚みが変わる。そこで、第 1 検知部 140 は、水晶体の厚みを変化させる眼内の毛様体の所定部位の加速度、毛様体の所定部位の移動量、毛様体小帯の張力、及び毛様体の筋電位信号の少なくとも 1 つを検知する。

[0070] 毛様体の所定部位の加速度を検知する場合、第 1 検知部 140 は、毛様体の所定部位に取り付けられた加速度センサなどにより構成される。第 1 検知部 140 により検知された加速度は、制御部 170 に出力される。制御部 170 は、たとえば、第 1 検知部 140 により検知された加速度と出力される駆動信号とが所定関係を有するように構成される。これにより、毛様体の劣化などにより毛様体の動きが不十分となった場合でも、毛様体の動きを増幅させた駆動信号を出力することができる。また、配置される眼の特性や毛様体の更なる劣化に事後的に対応するために、制御部 170 は、たとえば、加速度と駆動信号（振幅や位相）とを対応付けたテーブル情報を参照することにより、検知された加速度に対応した駆動信号を駆動部 150 に出力するようにしてもよい。この場合、テーブル情報は、変更可能に構成される。

[0071] 毛様体の所定部位の移動量を検知する場合、第 1 検知部 140 は、毛様体の所定部位に取り付けられた位置センサなどにより構成される。第 1 検知部 140 により検知された移動量は、制御部 170 に出力される。制御部 170 は、たとえば、第 1 検知部 140 により検知された移動量と出力される駆動信号とが所定関係を有するように構成される。これにより、毛様体の劣化などにより毛様体の動きが不十分となった場合でも、毛様体の動きを増幅さ

せた駆動信号を出力することができる。また、配置される眼の特性や毛様体の更なる劣化に事後的に対応するために、制御部 170 は、たとえば、移動量と駆動信号（振幅や位相）とを対応付けたテーブル情報を参照することにより、検知された移動量に対応した駆動信号を駆動部 150 に出力するようにしてもよい。この場合、テーブル情報は、変更可能に構成される。

[0072] 毛様体小帯の張力を検知する場合、第 1 検知部 140 は、毛様体小帯に取り付けられた張力センサなどにより構成される。第 1 検知部 140 により検知された張力は、制御部 170 に出力される。制御部 170 は、たとえば、第 1 検知部 140 により検知された張力と出力される駆動信号とが所定関係を有するように構成される。これにより、毛様体の劣化などにより毛様体の動きが不十分となった場合でも、毛様体の動きを増幅させた駆動信号を出力することができる。また、配置される眼の特性や毛様体の更なる劣化に事後的に対応するために、制御部 170 は、たとえば、張力と駆動信号（振幅や位相）とを対応付けたテーブル情報を参照することにより、検知された張力に対応した駆動信号を駆動部 150 に出力するようにしてもよい。この場合、テーブル情報は、変更可能に構成される。

[0073] 毛様体の所定部位の筋電位信号（広義には、生体信号）を検知する場合、第 1 検知部 140 は、毛様体の所定部位に取り付けられた筋電位センサなどにより構成される。第 1 検知部 140 により検知された筋電位信号は、制御部 170 に出力される。制御部 170 は、たとえば、第 1 検知部 140 により検知された筋電位信号と出力される駆動信号とが所定関係を有するように構成される。これにより、毛様体の劣化などにより毛様体の動きが不十分となった場合でも、毛様体の動きを増幅させた駆動信号を出力することができる。また、配置される眼の特性や毛様体の更なる劣化に事後的に対応するために、制御部 170 は、たとえば、筋電位信号と駆動信号（振幅や位相）とを対応付けたテーブル情報を参照することにより、検知された筋電位信号に対応した駆動信号を駆動部 150 に出力するようにしてもよい。この場合、テーブル情報は、変更可能に構成される。

[0074] 第1検知部140は、上記のうちいずれか1つを用いて構成されてもよいし、上記のセンサのうち少なくとも2つの検知結果の組み合わせに対応した駆動信号を駆動部150に出力するように構成されてもよい。

[0075] 以上のような構成により、第1検知部140は、毛様体の運動又は毛様体を運動させるための生体信号を検知し、検知結果を制御部170に出力する。制御部170は、第1検知部140により得られた検知結果に基づいて駆動信号を生成する。なお、第1検知部140は、透過型太陽電池130からの電力供給が不要なセンサなどにより構成されてもよい。この場合、透過型太陽電池130と第1検知部140との間に接続される電源線が不要になる。第1検知部140は、「第1検知手段」の一例である。

[0076] (制御部)

制御部170は、中央演算処理装置 (Central Processing Unit : 以下、CPU) 及びCPUにより実行されるプログラムが記憶されたメモリにより構成される。制御部170は、メモリに記憶されたプログラムに従って駆動部150を制御する。ここで、制御部170は、第1検知部140により得られた検知結果や人工網膜180により検出された画像を解析することにより、駆動部150を制御してアルバレッズレンズ110の焦点距離を変更することができる。たとえば、制御部170は、上記したように、毛様体の運動を増幅した駆動信号を駆動部150に出力することができる。駆動部150は、第1検知部140により得られた検知結果に対応した駆動信号に基づいてアルバレッズレンズ110の焦点距離を変更する。これにより、老化などにより毛様体の動きが不十分な場合であっても、駆動部150を駆動して、アルバレッズレンズ110の焦点距離の変更を適切に行うことができるようになる。なお、制御部170は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) や制御回路により実現されてもよい。制御部170は、「制御手段」の一例である。

[0077] [配置例]

図 1 1 は、第 3 の実施形態に係る人工網膜システム 3 0 0 が配置された眼の概略断面図を表す。図 1 1 は、右の眼を上面から見たときの断面図を表しており、図 3 又は図 7 と同様の部分には同一符号を付し、適宜説明を省略する。なお、図 1 1 では、図示の便宜上、人工網膜システム 3 0 0 を構成する各部の間に接続される電源線や信号線を省略している場合がある。

[0078] 眼球 2 0 は、外側が強膜 2 1 で覆われたほぼ球状の形を有している。眼球 2 0 の前方から入射した光は、角膜 2 2 により屈折し、水晶体の位置に配置されたアルバレットレンズ 1 1 0 によって再び屈折する。

[0079] 第 1 検知部 1 4 0 は、毛様体 2 7 の運動又は毛様体 2 7 を運動させるための生体信号を検知することができる。第 1 検知部 1 4 0 により得られた検知結果は、制御部 1 7 0 に送られる。制御部 1 7 0 は、第 1 検知部 1 4 0 により得られた検知結果に基づいて駆動信号を生成し、生成された駆動信号を駆動部 1 5 0 に出力する。駆動部 1 5 0 は、制御部 1 7 0 から受けた駆動信号に基づいてアルバレットレンズ 1 1 0 を駆動する。これにより、アルバレットレンズ 1 1 0 の焦点距離が変更される。

[0080] このように焦点距離が変更された人工網膜システム 3 0 0 により屈折された光は、硝子体 2 9 を通って、透過型太陽電池 1 3 0 を透過する。このとき、透過型太陽電池 1 3 0 は、入射した光のうち一部の光のエネルギーを電気エネルギーに変換する。透過型太陽電池 1 3 0 により変換された電気エネルギーは、第 1 検知部 1 4 0、駆動部 1 5 0、制御部 1 7 0、及び人工網膜 1 8 0 に供給される。

[0081] 透過型太陽電池 1 3 0 を透過した光は、人工網膜 1 8 0 に到達する。人工網膜 1 8 0 が有する光電変換素子アレイは、受光された光を電気信号に変換する。人工網膜 1 8 0 により生成された電気信号は、電極部 1 9 0 を介して、視細胞、網膜神経節細胞、双極細胞、又は視神経に伝達される。

[0082] [動作]

図 1 2 は、第 3 の実施形態に係る人工網膜システム 3 0 0 の動作例のフロー図を表す。図 1 2 の各ステップに対応したプログラムは、制御部 1 7 0 が

有するメモリに記憶される。制御部１７０が有するＣＰＵは、メモリに記憶されたプログラムを読み出し、読み出されたプログラムに対応した処理を実行する。

[0083] (Ｓ１：毛様体の運動を検知？)

まず、制御部１７０は、第１検知部１４０により得られた検知結果に基づいて、毛様体２７の運動が検知されたか否かを監視する。第１検知部１４０により毛様体２７の運動が検知されなかったとき（ステップＳ１：Ｎ）、制御部１７０は、第１検知部１４０による毛様体２７の運動が検知されたか否かの監視を継続する（リターン）。一方、第１検知部１４０により毛様体２７の運動が検知されたとき（ステップＳ１：Ｙ）、制御部１７０は、人工網膜システム３００の動作をステップＳ２に移行させる。なお、ステップＳ１では、毛様体２７を運動させるための生体信号が検知された否かを監視することも可能である。

[0084] (Ｓ２：テーブル情報を参照)

第１検知部１４０により検知される物理量の値と駆動信号の内容（振幅や位相）とを対応付けたテーブル情報が予め設定されている。その具体例として、第１検知部１４０が毛様体２７の所定部位の加速度、毛様体２７の所定部位の移動量、毛様体小帯２８の張力、及び毛様体２７の筋電位信号のいずれか１つの物理量を検知する場合、この物理量の値と駆動信号の内容とを対応付けたテーブル情報が予め設定されている。また、第１検知部１４０が毛様体２７の所定部位の加速度、毛様体２７の所定部位の移動量、毛様体小帯２８の張力、及び毛様体２７の筋電位信号のうち２以上の物理量を検知する場合、これら物理量の値の組み合わせと駆動信号の内容とを対応付けたテーブル情報が予め設定されている。制御部１７０は、上記のいずれかのテーブル情報を参照することにより、アルバレッツレンズ１１０の焦点距離を変更するための駆動信号を生成する。たとえば、制御部１７０は、第１検知部１４０により得られた検知結果に対応して上記のいずれかのテーブル情報に設定された駆動信号の内容に基づいて駆動信号を生成する。

[0085] (S 3 : 駆動信号を出力)

制御部 170 は、ステップ S 2 において参照したテーブル情報に基づいて生成された駆動信号を、駆動部 150 に対して出力する。これ以降、制御部 170 は、人工網膜システム 300 の動作をステップ S 1 に移行させる（リターン）。

[0086] この実施形態では、第 1 検知部 140 により毛様体 27 が水晶体を厚くするための運動（又はその運動させるための生体信号）が検知されたとき、人工網膜システム 300 では、上記のテーブル情報に設定される内容に基づいて、焦点距離が現在の焦点距離より短くなるようにアルバレッズレンズ 110 が駆動される。一方、第 1 検知部 140 により毛様体 27 が水晶体を薄くするための運動（又はその運動させるための生体信号）が検知されたとき、人工網膜システム 300 では、上記のテーブル情報に設定される内容に基づいて、焦点距離が現在の焦点距離より長くなるようにアルバレッズレンズ 110 が駆動される。

[0087] なお、第 1 検知部 140 とは別に眼球運動を検知するための手段を設け、制御部 170 は、第 1 検知部 140 により得られた検知結果と当該手段により得られた検知結果とを用いることによって、第 1 検知部 140 による検知結果から眼球運動に関する情報をキャンセルして、水晶体の厚みを変化させるために実質的に必要な情報を抽出することが可能である。

[0088] また、この実施形態において、角膜側に透過型太陽電池 130 が配置され、眼底側にアルバレッズレンズ 110 が配置されていてもよい。この場合、透過型太陽電池 130 と人工網膜 380 との間にアルバレッズレンズ 110 が配置される。

[0089] [効果]

人工網膜システム 300 は、実施形態に係る人工網膜システムの一例である。以下、実施形態に係る人工網膜システムの効果について説明する。

[0090] 人工網膜システム（たとえば人工網膜システム 300）は、さらにレンズ（たとえばアルバレッズレンズ 110）と、レンズを駆動する駆動手段（たと

えば駆動部 150) とを備えてもよい。すなわち、人工網膜システムは、レンズと、変換手段（たとえば透過型太陽電池 130) と、駆動手段と、人工網膜（たとえば人工網膜 180) と、伝達手段（たとえば電極部 190) とを含んで構成されてもよい。

[0091] レンズは、眼内に配置され、焦点距離の変更が可能に構成される。変換手段は、眼内に配置され、眼内に入射した光の一部を通過させ、且つ、その光の他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する。ここで、「光の他の一部」は、眼内に入射した光から変換手段を通過した光の一部を除いた部分の全部を含んでもよい。駆動手段は、眼内に配置され、変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作し、レンズの焦点距離を変更する。人工網膜は、眼内に配置され、変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作し、変換手段を通過した光を検出して電気信号を発生する光電変換素子アレイを含む。伝達手段は、人工網膜により発生された電気信号を脳の視覚野に送るために用いられる。

[0092] このような人工網膜システムでは、変換手段において、眼内に入射した光のエネルギーが電気エネルギーに変換される。駆動手段は、変換手段によって変換された電気エネルギーを受けて、レンズを駆動する。これにより、眼内において、眼底近傍に配置された人工網膜に対し変換手段を角膜側に配置することができるなど眼内に入射した光の軸上に変換手段及び人工網膜を配置する構成の実現が可能となり、眼内の空間を有効に利用して変換手段及び人工網膜の一方が他方のサイズを制限することなく、所望のサイズの人工網膜を配置するためのスペース、及び光のエネルギーを電気エネルギーに変換するためのスペースの双方を確保することができる。さらに、従来と同様の手法で眼内にレンズを配置することが可能な上に、眼内に入射した光のエネルギーを用いてレンズの焦点距離が適切に変更され、人工網膜は、このレンズを透過した光を受けて電気信号を発生することができる。

[0093] また、人工網膜システムは、眼内に第 1 検知手段（たとえば第 1 検知部 140) を配置し、毛様体の運動又は毛様体を運動させるための生体信号を検

知するようにしてもよい。第1検知手段は、変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作する。駆動手段は、第1検知手段により得られた検知結果に基づいてレンズの焦点距離を変更する。

[0094] このような人工網膜システムによれば、第1検知手段により毛様体の運動又は毛様体を運動させるための生体信号を検知するようにしたので、毛様体の動きを増幅させて駆動手段によりレンズの焦点距離を変更することができる。これにより、毛様体の動きが不十分な場合でも、毛様体の動きを増幅させて、レンズの焦点距離を適切に変更することができるようになる。

[0095] また、人工網膜システムでは、第1検知手段は、毛様体の所定部位の加速度、毛様体の所定部位の移動量、毛様体小帯の張力、及び毛様体の所定部位の筋電位信号の少なくとも1つを検知するようにしてもよい。

[0096] 毛様体の動きは、毛様体の所定部位の加速度の変化、毛様体の所定部位の移動量の変化、毛様体小帯の張力の変化、又は毛様体の所定部位の筋電位信号の変化を招く。そこで、このような物理量を検知する第1検知手段を設けることにより、毛様体の運動を高精度に検知することが可能となり、毛様体の運動に応じたレンズの高精度な駆動制御が可能となる。

[0097] また、人工網膜システムは、制御手段（たとえば制御部170）を含んでもよい。この場合、制御手段は、変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作し、駆動手段を制御する。

[0098] このような人工網膜システムによれば、変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作する制御手段を設けたので、駆動手段をより細かく制御することができるようになり、レンズの焦点距離をより適切に変更することができるようになる。

[0099] また、人工網膜システムでは、変換手段は、眼内に入射した光の一部を透過させ、他の一部のエネルギーを前記電気エネルギーに変換する透過型太陽電池を含んでもよい。

[0100] 透過型太陽電池は、眼内に入射した光を透過させる。透過型太陽電池を透過した光は、人工網膜に到達する。これにより、人工網膜に到達する光を遮

ることなく、透過型太陽電池の受光面のサイズを確保しつつ、所望のサイズの人工網膜を配置するためのスペース、及び光のエネルギーを電気エネルギーに変換するためのスペースの双方を確保することができる。また、人工網膜における光の吸収効率の低下を抑え、視神経に伝達させる情報をより多くすることができるようになる。

[0101] また、人工網膜システムでは、レンズは、焦点距離の連続的な変更が可能に構成されることが望ましい。このような人工網膜システムによれば、毛様体の運動などに応じて、微妙な焦点距離の変更が可能となる。なお、レンズは、事後的に設定可能なステップごとに焦点距離の変更が可能に構成されていてもよい。

[0102] また、人工網膜システムでは、レンズは、アルバレットレンズを含んでもよい。

[0103] このような人工網膜システムによれば、眼内で発生された電力を利用してアルバレットレンズにより焦点距離の変更が可能な人工網膜システムを提供することができる。

[0104] 〈第４の実施形態〉

第４の実施形態では、人工網膜１８０により検知された画像に基づいてアルバレットレンズ１１０が駆動される。以下、第４の実施形態に係る人工網膜システムについて、第３の実施形態との相違点を中心に説明する。

[0105] [構成]

第４の実施形態に係る人工網膜システムの構成は、第３の実施形態に係る人工網膜システム３００の構成と同様である。以下では、図７又は図１１を参照しつつ、第４の実施形態に係る人工網膜システムについて説明する。

[0106] [動作]

図１３は、第４の実施形態に係る人工網膜システムの他の動作例のフロー図を表す。図１３の各ステップに対応したプログラムは、制御部１７０が有するメモリに記憶される。制御部１７０が有するＣＰＵは、メモリに記憶されたプログラムを読み出し、読み出されたプログラムに対応した処理を実行

する。

[0107] (S 1 1 : 毛様体の運動の検知結果を取得)

まず、制御部 1 7 0 は、第 1 検知部 1 4 0 により得られた毛様体 2 7 の運動の検知結果を取得する。この検知結果は、毛様体 2 7 の所定部位の加速度、毛様体 2 7 の所定部位の移動量、毛様体小帯 2 8 の張力、及び毛様体 2 7 の筋電位信号のうち少なくとも 1 つの物理量の検知結果を含む。

[0108] (S 1 2 : 人工網膜により検知された画像を取得)

次に、制御部 1 7 0 は、人工網膜 1 8 0 により検知された画像を取得する。その具体例として、制御部 1 7 0 は、人工網膜 1 8 0 において各光電変換素子により生成された電気信号を取得する。

[0109] (S 1 3 : 解析)

続いて、制御部 1 7 0 は、ステップ S 1 1 において取得された検知結果、及びステップ S 1 2 において取得された画像の少なくとも 1 つを解析し、この解析結果に基づいて、駆動部 1 5 0 を駆動する駆動信号を生成する。

[0110] たとえば、制御部 1 7 0 は、第 1 検知部 1 4 0 により得られた検知結果に対応した駆動信号を生成する。その具体例として、制御部 1 7 0 は、第 1 検知部 1 4 0 により得られた検知結果に基づいて、毛様体 2 7 の運動が水晶体を厚くするための運動か、水晶体を薄くするための運動かを判別し、その判別結果に基づき駆動信号を生成する。水晶体を厚くするための毛様体の運動が検知されたとき、制御部 1 7 0 は、アルバレッズレンズ 1 1 0 の焦点距離が現在の焦点距離より短くなるように駆動信号を生成する。水晶体を薄くするための毛様体の運動が検知されたとき、制御部 1 7 0 は、アルバレッズレンズ 1 1 0 の焦点距離が現在の焦点距離より長くなるように駆動信号を生成する。このとき、制御部 1 7 0 は、毛様体 2 7 の動きを増幅するように駆動信号を生成することができる。たとえば、第 1 検知部 1 4 0 により毛様体 2 7 の微小な移動量が検知されたとき、制御部 1 7 0 は、検知された微小な移動量とこの移動量に対応した増幅率とを掛け合わせるにより駆動信号を生成し、生成された駆動信号によりアルバレッズレンズ 1 1 0 の焦点距離を変更す

る。移動量に対応した増幅率は、事後的に変更可能に構成される。駆動信号は、焦点距離の変更量及びその変更方向に対応した信号である。

[0111] また、たとえば、制御部 170 は、人工網膜 180 により得られた画像の鮮明さに対応した駆動信号を生成する。その具体例として、制御部 170 は、人工網膜 180 により得られた画像内の線を検出し、検出された線の境界部分の高調波成分が強調される方向に第 1 ステップごとに焦点距離を変更するための駆動信号を生成する。また、制御部 170 は、人工網膜 180 により得られた画像内のエッジ部を検出し、検出されたエッジ部が強調される方向に第 2 ステップごとに焦点距離を変更するための駆動信号を生成する。また、制御部 170 は、人工網膜 180 により得られた画像のコントラストを検出し、検出された画像のコントラストが最大になる方向に第 3 ステップごとに焦点距離を変更するための駆動信号を生成する。

[0112] また、たとえば、制御部 170 は、第 1 検知部 140 により得られた検知結果と、人工網膜 180 により得られた画像とに基づいて、駆動信号を生成するようにしてもよい。その具体例として、制御部 170 は、毛様体 27 の運動が水晶体を厚くするための運動のとき、画像内の線の境界部分の高調波成分やエッジ部が強調される方向に第 4 ステップごとにアルバレットレンズ 110 の焦点距離が現在の焦点距離より短くなるように駆動信号を生成する。上記の第 1 ステップ～第 4 ステップのそれぞれは、事後的に変更可能に構成される。

[0113] (S 14 : 駆動信号を出力)

制御部 170 は、ステップ S 13 において生成された駆動信号を、駆動部 150 に対して出力する。これ以降、制御部 170 は、人工網膜システムの動作をステップ S 11 に移行させる（リターン）。

[0114] [効果]

上記の人工網膜システムは、実施形態に係る人工網膜システムの一例である。実施形態に係る人工網膜システムは、第 3 の実施形態の効果に加えて、以下のような効果を有する。

[0115] 人工網膜システムでは、制御手段は、人工網膜により発生された電気信号に基づいて駆動手段を制御するようにしてもよい。

[0116] 人工網膜により発生された電気信号は、人工網膜により検知された画像に対応する。制御手段は、たとえば、人工網膜により得られた画像の鮮明さや、エッジに関する情報や、コントラストに基づいて、駆動手段を制御することができる。このような人工網膜システムによれば、人工網膜により発生された電気信号に基づいてレンズの焦点距離を変更することができるので、毛様体の運動を検知するだけでは十分でない場合でも、レンズの焦点距離をより適切に変更することができる場合がある。

[0117] 〈第5の実施形態〉

上記の実施形態に係る人工網膜システムでは、眼球の向き（視線方向、眼軸方向、視軸方向）に応じてアルバレッツレンズ110の焦点距離を変更するようにしてもよい。第5の実施形態に係る人工網膜システムは、第3の実施形態の構成に第2検知部を追加することにより、眼球の向きに応じてアルバレッツレンズ110の焦点距離を変更する。以下、第5の実施形態に係る人工網膜システムについて、第3の実施形態との相違点を中心に説明する。

[0118] [構成]

図14は、第5の実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例の機能ブロック図を表す。図14において、図7と同様の部分には同一符号を付し、適宜説明を省略する。なお、図14では、光の経路は、破線で示す矢印で表され、実線で示すそれ以外（電気信号など）の経路と区別して表されている。人工網膜システム500は、アルバレッツレンズ110と、透過型太陽電池130と、第1検知部140と、駆動部150と、人工網膜180と、電極部190と、制御部570と、第2検知部580とを備えている。人工網膜システム500は、眼内に配置される。

[0119] 第5の実施形態に係る人工網膜システム500の構成が第3の実施形態に係る人工網膜システム300の構成と異なる点は、第2検知部580が追加された点と、制御部170に代えて制御部570が設けられた点である。

[0120] 透過型太陽電池 130 と制御部 570 との間に、透過型太陽電池 130 により発生された電力を供給するための電源線が接続される。また、透過型太陽電池 130 と第 2 検知部 580 との間に、透過型太陽電池 130 により発生された電力を供給するための電源線が接続される。また、第 1 検知部 140 と制御部 570 との間に、第 1 検知部 140 により得られた検知結果を送るための信号線が接続される。また、制御部 570 と駆動部 150 との間に、駆動部 150 を駆動する駆動信号を供給するための信号線が接続される。また、制御部 570 と第 2 検知部 580 との間に、第 2 検知部 580 により得られた検知結果を送るための信号線が接続される。

[0121] (制御部)

制御部 570 は、制御部 170 と同様の構成を有している。制御部 570 は、第 1 検知部 140 により得られた検知結果に加えて、第 2 検知部 580 により得られた検知結果を用いて駆動部 150 を駆動する駆動信号を生成することができる。制御部 570 は、「制御手段」の一例である。

[0122] (第 2 検知部)

第 2 検知部 580 は、透過型太陽電池 130 により得られた電気エネルギーを受けて動作し、人工網膜システム 500 が配置されている眼球の向きを検知する。第 2 検知部 580 は、眼球の所定部位（眼球の内部（網膜など））に取り付けられた傾きセンサなどにより構成され、眼球の向きを検知する。傾きセンサは、たとえば上下方向について、水平時の静電容量値を基準とし、当該傾きセンサが傾いたときの静電容量値の変化量に対応した傾きの角度を検知するように構成される。左右方向などの他の方向の傾きについても、同様の傾きセンサにより検知することができる。眼球の向きは、たとえば上下方向の傾きを検知する傾きセンサにより得られた検知結果により特定される。また、眼球の向きは、上下方向を含み互いに直交する 2 軸方向又は 3 軸方向のそれぞれの方向の傾きを検知する複数の傾きセンサにより得られた検知結果により特定されてもよい。第 2 検知部 580 により得られた検知結果は、制御部 570 に送られる。第 2 検知部 580 は、「第 2 検知手段」の

一例である。

[0123] [配置例]

図15は、第5の実施形態に係る人工網膜システム500が配置された眼の概略断面図を表す。図15は、右の眼を上面から見たときの断面図を表しており、図11又は図14と同様の部分には同一符号を付し、適宜説明を省略する。なお、図15では、図示の便宜上、人工網膜システム500を構成する各部の間に接続される電源線や信号線を省略している場合がある。

[0124] 眼球20は、外側が強膜21で覆われたほぼ球状の形を有している。眼球20の前方から入射した光は、角膜22により屈折し、水晶体の位置に配置されたアルバレットレンズ110によって再び屈折する。

[0125] 制御部570は、第1検知部140により得られた検知結果、及び第2検知部580により得られた検知結果の少なくとも1つに基づいて、駆動信号を生成し、生成された駆動信号を駆動部150に出力する。駆動部150は、制御部570から受けた駆動信号に基づいてアルバレットレンズ110を駆動する。これにより、アルバレットレンズ110の焦点距離が変更される。

[0126] このように焦点距離が変更された人工網膜システム500により屈折された光は、硝子体29を通して、透過型太陽電池130を透過する。このとき、透過型太陽電池130は、入射した光のうち一部の光のエネルギーを電気エネルギーに変換する。透過型太陽電池130により生成された電気エネルギーは、第1検知部140、駆動部150、人工網膜180、制御部570、及び第2検知部580に供給される。

[0127] 透過型太陽電池130を透過した光は、人工網膜180に到達する。人工網膜180が有する光電変換素子アレイは、受光された光を電気信号に変換する。人工網膜180により生成された電気信号は、電極部190を介して、視細胞、網膜神経節細胞、双極細胞、又は視神経に伝達される。

[0128] [動作]

図16は、第5の実施形態に係る人工網膜システム500の動作例のフロー図を示す。図16の各ステップに対応したプログラムは、制御部570が

有するメモリに記憶される。制御部５７０が有するＣＰＵは、メモリに記憶されたプログラムを読み出し、読み出されたプログラムに対応した処理を実行する。

[0129] (Ｓ２１：眼球の向きが変化？)

まず、制御部５７０は、第２検知部５８０により得られた検知結果に基づいて、眼球２０の向きが変化したか否かを監視する。第２検知部５８０により得られた検知結果に基づいて眼球の向きが変化したことが検出されなかったとき（ステップＳ２１：Ｎ）、制御部５７０は、第２検知部５８０による眼球２０の向きが変化したか否かの監視を継続する（リターン）。一方、第２検知部５８０により眼球２０の向きが変化したことが検出されたとき（ステップＳ２１：Ｙ）、制御部５７０は、人工網膜システム５００の動作をステップＳ２２に移行させる。

[0130] (Ｓ２２：下領域に入った？)

第２検知部５８０により眼球の向きが変化したことが検出されると、制御部５７０は、第２検知部５８０により得られた検知結果に基づいて、眼球２０の向きが正面方向から下方の下領域に入ったか否かを判別する。眼球２０の向きが下領域に入ったことが判別されたとき（ステップＳ２２：Ｙ）、制御部５７０は、人工網膜システム５００の動作をステップＳ２３に移行させる。一方、眼球２０の向きが下領域に入ったことが判別されなかったとき（ステップＳ２２：Ｎ）、制御部５７０は、人工網膜システム５００の動作をステップＳ２４に移行させる。

[0131] (Ｓ２３：第１の焦点距離に変更)

第２検知部５８０により得られた検知結果に基づいて眼球２０の向きが下方に変化したことが検出されたとき、制御部５７０は、アルバレッズレンズ１１０の焦点距離を現在の焦点距離より短い第１の焦点距離に設定する駆動信号を生成し、生成された駆動信号を駆動部１５０に対して出力する。

[0132] (Ｓ２４：下領域から出た？)

第２検知部５８０により眼球の向きが下領域に入ったことが検出されなか

ったとき、制御部５７０は、第２検知部５８０により得られた検知結果に基づいて、眼球２０の向きが下領域から出たか否かを判別する。眼球２０の向きが下領域から出たことが判別されたとき（ステップＳ２４：Ｙ）、制御部５７０は、人工網膜システム５００の動作をステップＳ２５に移行させる。一方、眼球２０の向きが下領域から出たことが判別されなかったとき（ステップＳ２４：Ｎ）、制御部５７０は、人工網膜システム５００の動作をステップＳ２１に移行させる（リターン）。

[0133] （Ｓ２５：第２の焦点距離に変更）

第２検知部５８０により得られた検知結果に基づいて眼球２０の向きが下領域から出たことが検出されたとき、制御部５７０は、アルバレッズレンズ１１０の焦点距離を現在の焦点距離より長い第２の焦点距離に設定する駆動信号を生成する。第２の焦点距離は、第１の焦点距離より長い。制御部５７０は、生成された駆動信号を駆動部１５０に対して出力する。

[0134] 制御部５７０は、ステップＳ２３、又はステップＳ２５に続いて、人工網膜システム５００の動作をステップＳ２１に移行させる（リターン）。

[0135] 以上のように、第２検知部５８０により眼球２０が下方に向いていることが検知されたとき、制御部５７０は、アルバレッズレンズ１１０の焦点距離を現在の焦点距離より短い第１の焦点距離に変更することができる。それ以外の場合、制御部５７０は、アルバレッズレンズ１１０の焦点距離を現在の焦点距離より長い第２の焦点距離に変更することができる。ここで、第２の焦点距離は、第１の焦点距離より長い。

[0136] なお、この実施形態では、第２検知部５８０により眼球の向きを検出し、検出された眼球の向きに応じて、アルバレッズレンズ１１０の焦点距離が変更される場合について説明したが、これに限定されるものではない。

[0137] 第２検知部５８０は、輻輳眼球運動（輻輳）を検知するようにしてもよい。輻輳眼球運動は、近くの対象物を見るときに左右の眼球を内側（鼻側）に向けようとする運動である。この場合、制御部５７０は、第２検知部５８０により得られた検知結果に基づいて、アルバレッズレンズ１１０の焦点距離を

変更する。その具体例として、第2検知部580により眼球20が第1の輻輳状態であることが検知されたとき、制御部570は、アルバレッズレンズ110の焦点距離を第3の焦点距離に変更する。第1の輻輳状態は、所定方向（たとえば正面方向）より眼球が内側に向く状態である。なお、第2検知部580とは別に他方の眼の輻輳眼球運動を検知する手段を設け、制御部570は、第2検知部580により得られた検知結果と当該手段により得られた検知結果とを用いることによって、たとえば単に視線方向を斜め方向に変更したこと（左右眼がともに同じ方向を向いたこと）と輻輳眼球運動が行われたこと（左右眼がともに内側に向けられたこと）とを判別することが可能である。

[0138] また、この実施形態では、第3の実施形態の構成に対し第2検知部580を追加することにより眼球の向きを検知する場合について説明したが、これに限定されるものではない。第3の実施形態に係る制御部170は、たとえば人工網膜180により検知された画像（人工網膜により発生された電気信号）を解析することにより、眼球の向きを判別するようにしてもよい。その具体例として、制御部170は、人工網膜180により検知された画像の所定領域（たとえば、中心部分を含む中心領域）内の画像の変化に基づいて、眼球の向きの変化（方向、量）を求める。また、制御部170は、人工網膜180により検知された画像内での注目画像の位置の変化に基づいて、眼球の向きの変化を求める。この場合、制御部170は、人工網膜180により検知された画像（人工網膜により発生された電気信号）に基づいて眼球の向きが下方に向いていることが判別されたとき、アルバレッズレンズ110の焦点距離を現在の焦点距離より短い第5の焦点距離に変更する。

[0139] [効果]

人工網膜システム500は、実施形態に係る人工網膜システムの一例である。実施形態に係る人工網膜システムは、第3の実施形態又は第4の実施形態の効果に加えて、以下のような効果を有する。

[0140] 人工網膜システム（たとえば人工網膜システム500）は、眼内に第2検

知手段（たとえば第2検知部580）を配置し、眼球の向きを検知するようにしてもよい。この場合、第2検知手段は、変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作する。制御手段は、第2検知手段により得られた検知結果に基づいて駆動手段を制御する。

[0141] このような人工網膜システムによれば、眼内で眼球の向きを検知し、検知された眼球の向きに応じてレンズの焦点距離を変更することができるようになる。これにより、眼球の向きによって焦点距離が短くなるように変更すべきか、焦点距離が長くなるように変更すべきかを特定することができる場合に、検知された眼球の向きに基づいて、レンズの焦点距離の変更が可能な人工網膜システムを提供することができる。

[0142] また、人工網膜システムでは、第2検知手段により眼球が下方に向いていることが検知されたとき、制御手段は、レンズの焦点距離を第1の焦点距離に変更し、それ以外の場合、制御手段は、レンズの焦点距離を第1の焦点距離より長い第2の焦点距離に変更するようにしてもよい。

[0143] 近くの対象物を見るとき（たとえば読書時）、眼球を下方に向けることが一般的である。そこで、第2検知手段により眼球が下方に向いていることが検知されたとき、制御手段は、第1の焦点距離となるようにレンズを制御し、それ以外の場合、制御手段は、第1の焦点距離より長い第2の焦点距離となるようにレンズを制御することにより、自然な眼球の動きに応じてレンズの焦点距離を適切に変更することができるようになる。

[0144] また、人工網膜システムでは、第2検知手段は、眼球の所定部位の加速度、及び輻輳眼球運動の少なくとも1つを検知するようにしてもよい。

[0145] 近くの対象物を見ようとするときは、眼球の所定部位の加速度が変化したり、輻輳眼球運動が行われたりする。そこで、このような動きを検知する第2検知手段を設けることにより、近くの対象物を見ようとする動きを高精度に検知することが可能となり、眼球の動きに応じてレンズの高精度な駆動制御が可能となる。

[0146] 〈第6の実施形態〉

第3の実施形態では、光のエネルギーを電気エネルギーに変換する変換手段が透過型である例を説明したが、この変換手段は、第2の実施形態と同様に、非透過型であってもよい。以下、第6の実施形態に係る人工網膜システムについて、第3の実施形態との相違点を中心に説明する。

[0147] [構成]

図17は、第6の実施形態に係る人工網膜システムの構成の一例の機能ブロック図を表す。図17において、図4又は図7と同様の部分には同一符号を付し、適宜説明を省略する。なお、図17では、光の経路は、破線で示す矢印で表され、実線で示すそれ以外（電気信号など）の経路と区別して表されている。

[0148] 人工網膜システム600は、アルバレットレンズ110と、非透過型太陽電池230と、第1検知部140と、駆動部150と、制御部170と、人工網膜180と、電極部190とを備えている。人工網膜システム600は、人工網膜システム300と同様に、眼内に配置される。人工網膜システム600が人工網膜システム300と異なる点は、透過型太陽電池130に代えて非透過型太陽電池230が設けられた点である。図5又は図6に示すように、非透過型太陽電池230には、1又は複数の開口部231が形成されている。アルバレットレンズ110を透過した光は、非透過型太陽電池230に形成された開口部231を通過して硝子体29に到達する。

[0149] このような人工網膜システム600では、非透過型太陽電池230と第1検知部140との間に、非透過型太陽電池230により発生された電力を供給するための電源線が接続される。また、非透過型太陽電池230と駆動部150との間に、非透過型太陽電池230により発生された電力を供給するための電源線が接続される。また、非透過型太陽電池230と人工網膜180との間に、非透過型太陽電池230により発生された電力を供給するための電源線が接続される。また、非透過型太陽電池230と制御部170との間に、非透過型太陽電池230により発生された電力を供給するための電源線が接続される。

[0150] この実施形態では、人工網膜 180 を構成する光電変換素子アレイは、非透過型太陽電池 230 に形成された開口部 231 を通過した光を受けて電気信号を発生する。非透過型太陽電池 230 に形成された開口部 231 は、人工網膜 180 において黄斑部に対向する位置に形成されていることが可能である。

[0151] なお、この実施形態では、非透過型太陽電池 230 に、開口部が形成された場合について説明したが、非透過型太陽電池 230 に、切り欠き部が形成されていてもよい。また、この実施形態では、非透過型太陽電池 230 に、1 又は複数の開口部が形成されているものとして説明したが、第 3 の実施形態に係る透過型太陽電池 130 に、1 又は複数の開口部や切り欠き部が形成されていてもよい。

[0152] [効果]

人工網膜システム 600 は、実施形態に係る人工網膜システムの一例である。実施形態に係る人工網膜システムは、第 3 の実施形態の効果に加えて、以下のような効果を有する。

[0153] 人工網膜システム（たとえば人工網膜システム 600）では、変換手段は、眼内に入射した光のエネルギーを電気エネルギーに変換する非透過型太陽電池（たとえば非透過型太陽電池 230）を含んでもよい。

[0154] 非透過型太陽電池は、眼内に入射した光を透過させる機能を有しない。人工網膜には、非透過型太陽電池に入射されない光が到達する。このような人工網膜システムにおいても、駆動手段は、眼内に配置され、変換手段により得られた電気エネルギーを受けてレンズの焦点距離を変更することができる。

[0155] また、人工網膜システムでは、変換手段に、眼内に入射した光の一部を透過させる開口部（たとえば開口部 231）が形成されていてもよい。

[0156] このような人工網膜システムによれば、開口部を通過した光を人工網膜に到達させることができるので、人工網膜に到達させる光をできるだけ遮ることなく、変換手段の受光面のサイズをより大きくすることができるようになる。

る。

[0157] また、人工網膜システムでは、開口部は、人工網膜において黄斑部に対向する位置に形成されていてもよい。

[0158] このような人工網膜システムによれば、変換手段の受光面のサイズと、人工網膜のサイズとを十分に確保することができる。

[0159] また、人工網膜システムでは、光電変換素子アレイは、開口部を通過した光を受けて電気信号を発生してもよい。

[0160] このような人工網膜システムによれば、変換手段の受光面のサイズを確保してできるだけ多くの電力を発生させながら、人工網膜のサイズを確保してできるだけ視覚野に送る情報を多くすることができる。

[0161] 〈第 7 の実施形態〉

第 6 の実施形態において、非透過型太陽電池 230 は、開口部に設けられ黄斑部に到達する光束を調整するレンズを含んで構成されていてもよい。これにより、開口部のサイズを調整することができるので、たとえば非透過型太陽電池 230 の受光部分の面積を大きく確保することが可能となり、より多くの電力を発生させることが可能となる。また、非透過型太陽電池 230 に対しアルバレッツレンズ 110 が配置される方向を前方とした場合、非透過型太陽電池 230 の後方に配置される人工網膜 180 の面積を大きくすることができるため、人工網膜 180 により検知される画像のサイズも大きくすることができる。この結果、人工網膜 180 において検知された画像に基づく上記の制御の精度を向上させることができる。

[0162] なお、透過型太陽電池 130 もまた、開口部に設けられ黄斑部に到達する光束を調整するレンズを含んで構成されていてもよい。この場合も、上記と同様の効果を得ることができる。

[0163] [効果]

第 7 の実施形態に係る人工網膜システムは、実施形態に係る人工網膜システムの一例である。実施形態に係る人工網膜システムは、第 6 の実施形態の効果に加えて、以下のような効果を有する。

[0164] 人工網膜システムでは、変換手段（たとえば非透過型太陽電池 230 又は透過型太陽電池 130）は、開口部に設けられ黄斑部に到達する光束を調整するレンズを含んで構成されていてもよい。

[0165] このような人工網膜システムによれば、非透過型太陽電池の受光部分の面積を大きく確保することが可能となり、より多くの電力を発生させることが可能となる。また、人工網膜のサイズを大きくすることができるため、人工網膜により検知される画像のサイズも大きくすることができる。この結果、人工網膜において検知された画像に基づく上記の制御の精度を向上させることができる。

[0166] （第 1 変形例）

上記の実施形態に係る人工網膜システムでは、アルバレッズレンズにより球面度数を変更する場合について説明したが、アルバレッズレンズにより乱視度数を変更するようにしてもよい。たとえば、図 8 において、光学素子 111、112 を軸 O に直交する $x-y$ 平面内で x 方向（左右方向）に相対的に移動させることにより、光学素子 111、112 を光学的に合成して得られる乱視度数（屈折力）を連続的に変化させることができる。図 8 では、光学素子 111 が左方向（ $-x$ 方向）に移動され、光学素子 112 が右方向（ $+x$ 方向）に移動される。

[0167] また、アルバレッズレンズ 110 の入射側に、バリアブルクロスシリンダレンスを配置することにより、乱視度数を変更するようにしてもよい。バリアブルクロスシリンダレンスは、一对のシリンダレンズにより構成される。この場合、一对のシリンダレンズを相対的に回動させることにより、一对のシリンダレンズを光学的に合成することにより得られる乱視度数が連続的に変化する。たとえば、公知の超音波リニアモータにより、一对のシリンダレンズの一方が正回転方向に回転駆動され、一对のシリンダレンズ他方が逆回転方向に回転駆動される。

[0168] また、透過波長や透過率や倍率などの任意の光学特性の変更が可能な光学素子や光線の向きを変更するプリズムを、アルバレッズレンズ 110 の入射側

や出射側に配置するようにしてもよい。

[0169] (第2変形例)

上記の実施形態又は第1変形例に係る人工網膜システムでは、焦点可変レンズとしてアルバレッツレンズを用いた場合について説明したが、これに限定されるものではない。

[0170] 図18は、第2変形例に係るレンズの構成例の断面図を表す。図18は、第2変形例に係るレンズを横方向から見たときの軸Oを通る垂直断面図を模式的に表したものである。

[0171] 第2変形例に係るレンズ710は、一对の光学素子711、712と、一对のくさび部材(スペーサ)713、714とを備えている。光学素子711、712は、レンズ710の所定の軸Oと光軸が一致するように配置される。光学素子711は、図示しない第1の付勢手段により軸Oに沿った第1方向L1に付勢されている。光学素子712は、図示しない第2の付勢手段により軸Oに沿った第1方向L1と反対の第2方向L2に付勢されている。くさび部材713、714は、光学素子711、712の間隔が変更されるように、第1方向L1及び第2方向L2に直交する第3方向L3及び第4方向L4に移動可能に構成される。光学素子711、712の間隔を広げるとき、くさび部材713、714を近接させる。その具体例として、光学素子711、712の間隔を広げるとき、くさび部材713は、駆動信号に基づいて駆動部150により第3方向L3に移動され、くさび部材714は、駆動信号に基づいて駆動部150により第4方向L4に移動される。光学素子711、712の間隔を狭めるとき、くさび部材713、714を遠離させる。その具体例として、光学素子711、712の間隔を狭めるとき、くさび部材713は、駆動信号に基づいて駆動部150により第3方向L3と反対の方向L3aに移動され、くさび部材714は、駆動信号に基づいて駆動部150により第4方向L4と反対の方向L4aに移動される。これにより、第2変形例に係るレンズ710は、駆動部150により焦点距離の変更が可能となる。上記の実施形態又は第1変形例において、アルバレッツレンズ1

10に代えて第2変形例に係るレンズ710を用いることができる。

[0172] (第3変形例)

上記の実施形態において、眼内に配置後にパラメータ（テーブル情報や閾値）や制御部により実行されるプログラムなどを変更する方法として、侵襲的に行う方法と、非侵襲的（低侵襲的）に行う方法とがある。

[0173] 侵襲的に行う方法は、たとえば手術などにより人工網膜システムの少なくとも一部を取り出したり、眼内に器具を挿入して予め定められた方法で人工網膜システムを直接的に操作したりすることによって、内部に記憶されるパラメータやプログラムなどを変更する方法である。

[0174] 非侵襲的に行う方法は、たとえばレーザなどの光（磁力や電磁波などでもよい）を受けて制御される1又は複数のスイッチを眼内（たとえば第1検知部や制御部の表面など）に設け、眼の外部からレーザの照射などを行うことにより1又は複数のスイッチのスイッチング状態を変更する方法である。1又は複数のスイッチのスイッチング状態に応じた信号が発生され、第1検知部や制御部では、この信号を受けてテーブル情報や閾値やプログラムの切り替えが行われる。スイッチの操作内容は、レーザ強度や照射時間や照射パターン等によって切り替えることができる。また、複数のスイッチが設けられる場合、操作対象のスイッチの選択や操作順序に応じて操作内容が切り替えられてもよい。

[0175] 以上に説明した構成は、この発明を好適に実施するための一例に過ぎない。よって、この発明の要旨の範囲内における任意の変形（省略、置換、付加等）を適宜に施すことが可能である。

[0176] たとえば、上記の実施形態又は変形例に係るレンズの構成は、図8又は図18において説明した構成に限定されるものではない。また、上記の実施形態又は変形例に係る駆動部は、図9及び図10において説明したものに限定されるものではなく、たとえば、アクチュエータの機能を有するMEMSにより構成されてもよい。

[0177] 透過型太陽電池130及び非透過型太陽電池230は、上記の実施形態又

は変形例において説明したものに限定されるものではない。透過型太陽電池 130 又は非透過型太陽電池 230 として、たとえば色素増感太陽電池 (Dye-Sensitized Solar Cell) を用いてもよい。

[0178] 上記の実施形態又は変形例を実現するためのコンピュータプログラムを、コンピュータによって読み取り可能な任意の記録媒体に記憶させることができる。この記録媒体としては、たとえば、半導体メモリ、光ディスク、光磁気ディスク (CD-ROM/DVD-RAM/DVD-ROM/MO 等)、磁気記憶媒体 (ハードディスク/フロッピー (登録商標) ディスク/ZIP 等) などを用いることが可能である。

[0179] また、インターネットや LAN 等のネットワークを通じてこのプログラムを送受信することも可能である。

符号の説明

- [0180] 20 眼球
- 21 強膜
- 22 角膜
- 23 虹彩
- 24 瞳孔
- 26 水晶体
- 27 毛様体
- 28 毛様体小帯
- 29 硝子体
- 30 網膜
- 31 脈絡膜
- 32 視神経
- 100、200、300、500、600 人工網膜システム
- 110 アルバレツレンズ
- 111、112、711、712 光学素子
- 114a~114d 超音波リニアモータ

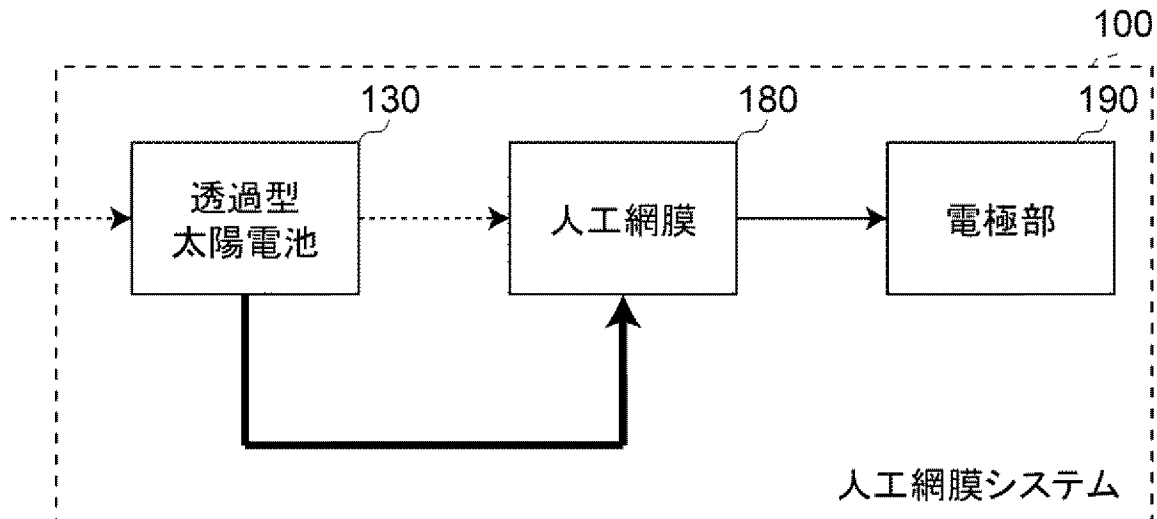
- 1 3 0 透過型太陽電池
- 1 4 0 第1検知部
- 1 5 0 駆動部
- 1 7 0、5 7 0 制御部
- 1 8 0 人工網膜
- 1 9 0 電極部
- 2 3 0 非透過型太陽電池
- 2 3 1 開口部
- 5 8 0 第2検知部
- 7 1 0 レンズ
- 7 1 3、7 1 4 くさび部材

請求の範囲

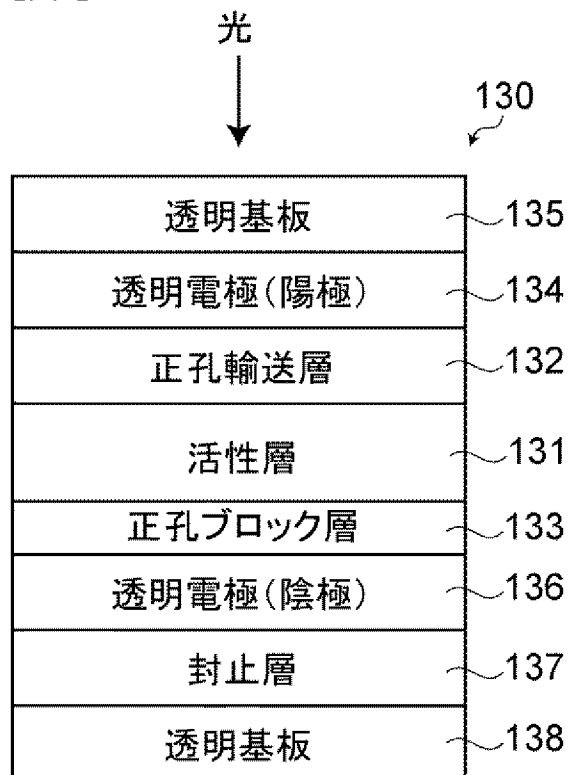
- [請求項1] 眼内に配置され、前記眼内に入射した光の一部を通過させ、且つ、前記光の他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する変換手段と、
- 前記眼内に配置され、前記変換手段により得られた電気エネルギーを受けて動作し、前記変換手段を通過した光を検出して電気信号を発生する光電変換素子アレイを含む人工網膜と、
- 前記人工網膜により発生された前記電気信号を脳の視覚野に送るための伝達手段と、
- を含む人工網膜システム。
- [請求項2] 前記変換手段に、前記眼内に入射した光の一部を通過させる開口部が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の人工網膜システム。
- [請求項3] 前記開口部は、前記人工網膜において黄斑部に対向する位置に形成されていることを特徴とする請求項2に記載の人工網膜システム。
- [請求項4] 前記変換手段は、前記開口部に設けられ黄斑部に到達する光束を調整するレンズを含むことを特徴とする請求項2又は請求項3に記載の人工網膜システム。
- [請求項5] 前記変換手段は、
- 前記眼内に入射した光の一部を透過させ、他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する透過型太陽電池を含み、
- 前記光電変換素子アレイのうち少なくとも一部は、
- 前記透過型太陽電池を透過した光を受けて前記電気信号を発生することを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか一項に記載の人工網膜システム。
- [請求項6] 前記変換手段は、
- 前記眼内に入射した光の一部を通過させ、他の一部のエネルギーを電気エネルギーに変換する非透過型太陽電池を含み、

前記光電変換素子アレイのうち少なくとも一部は、
前記非透過型太陽電池を通過した光を受けて前記電気信号を発生する
ことを特徴とする請求項 1 ～請求項 4 のいずれか一項に記載の人工
網膜システム。

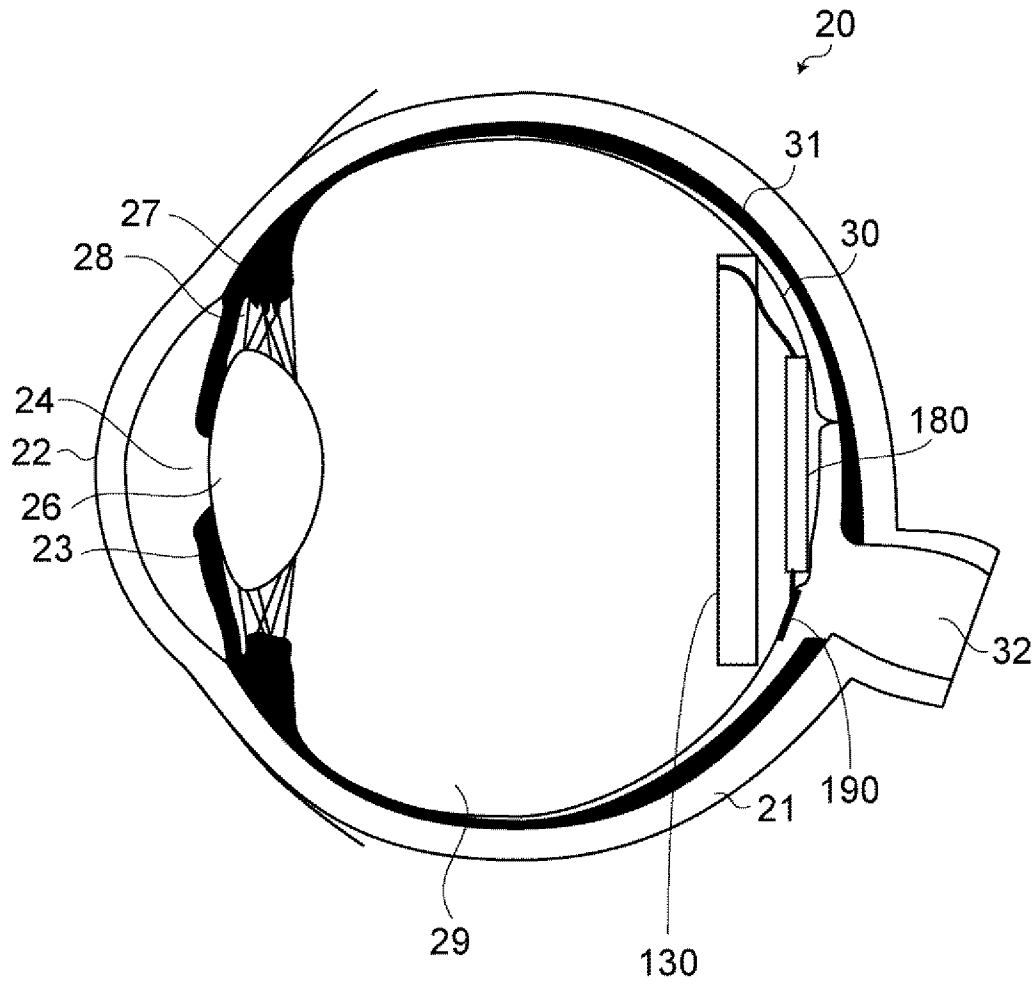
[図1]



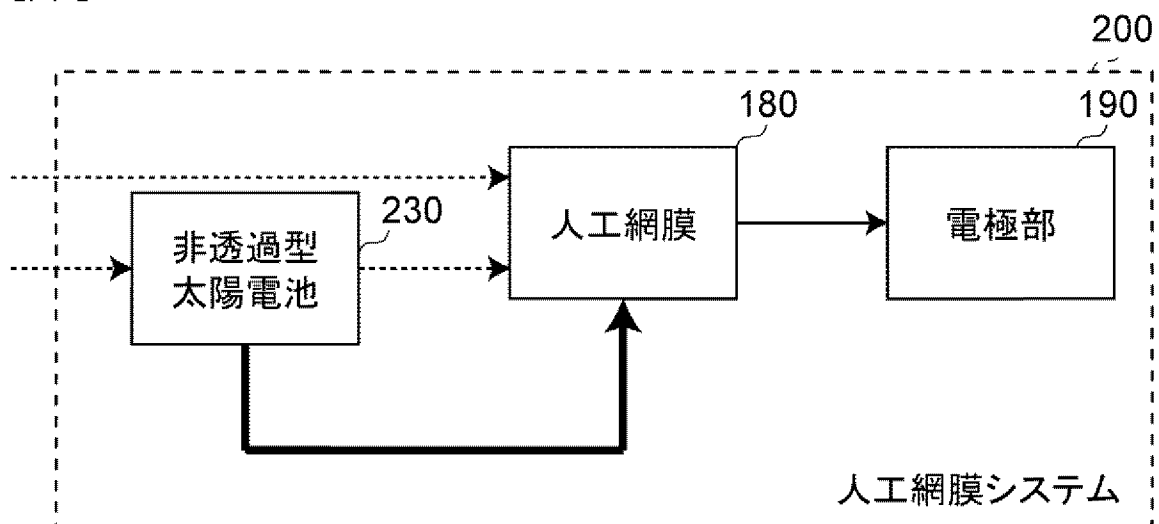
[図2]



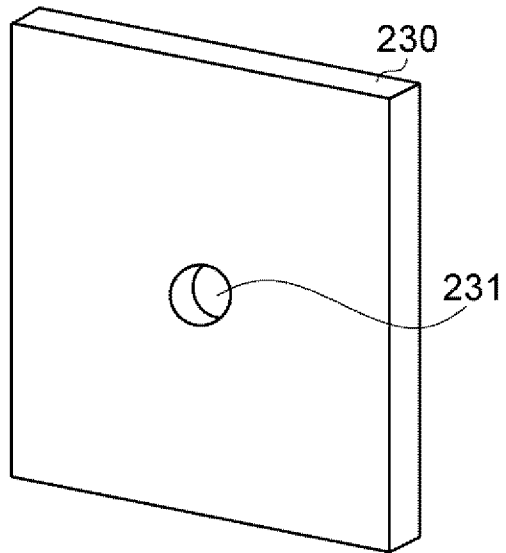
[図3]



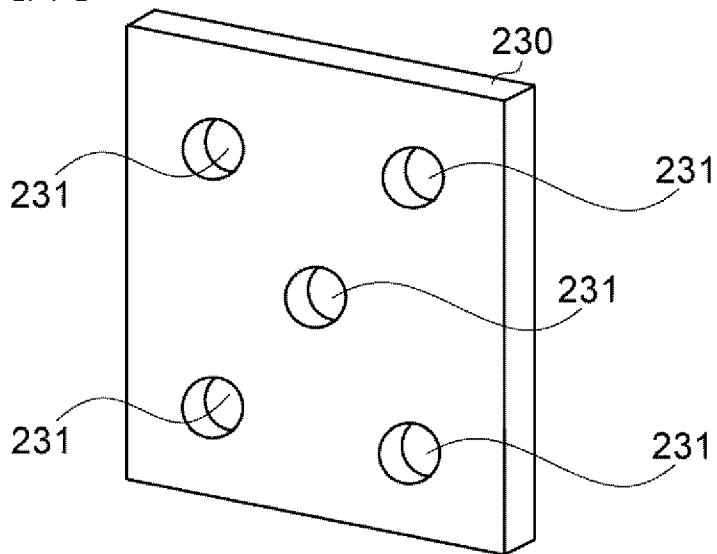
[図4]



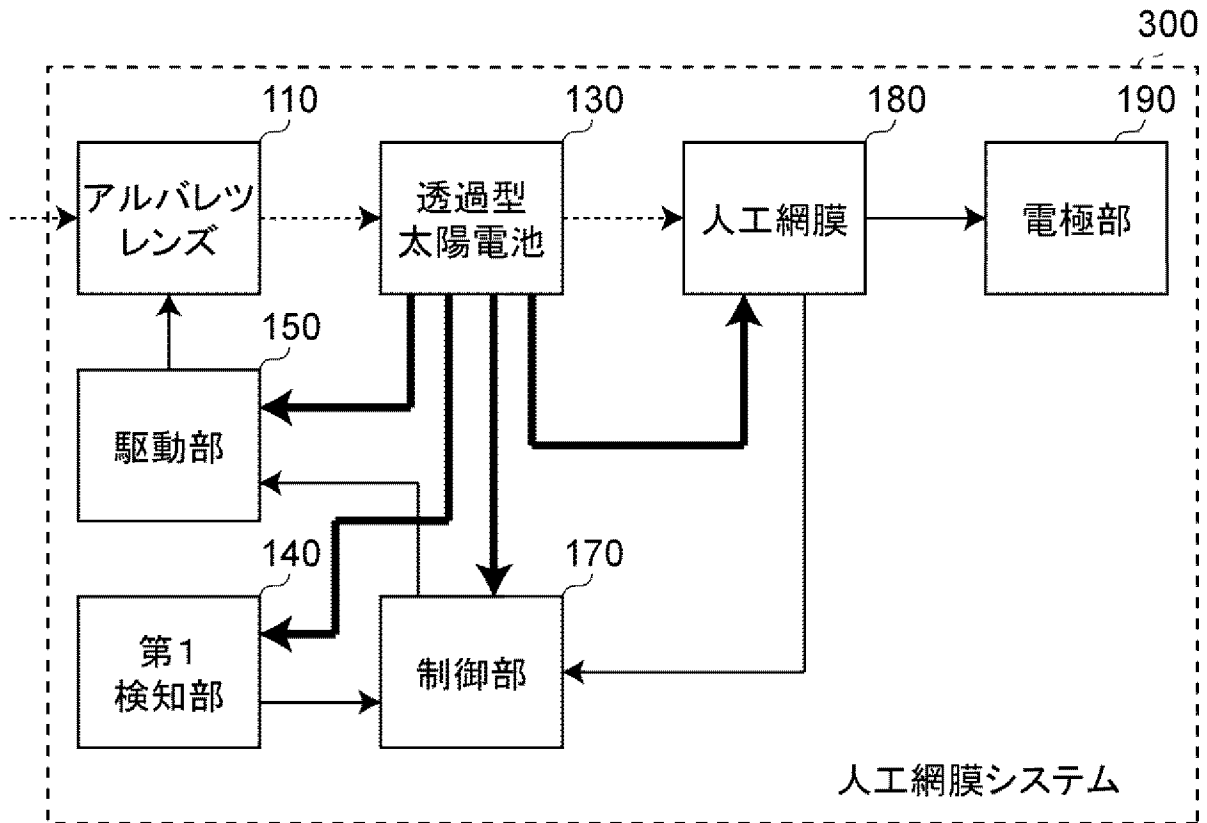
[図5]



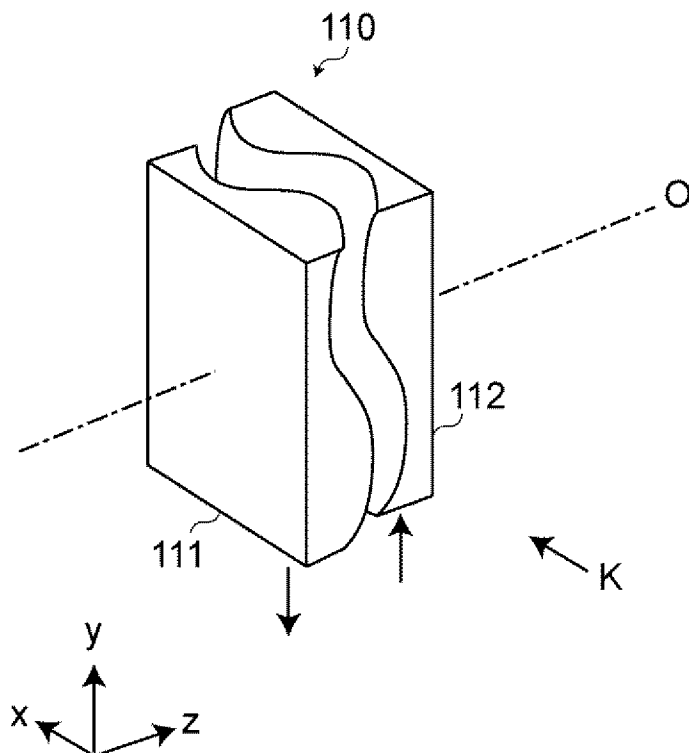
[図6]



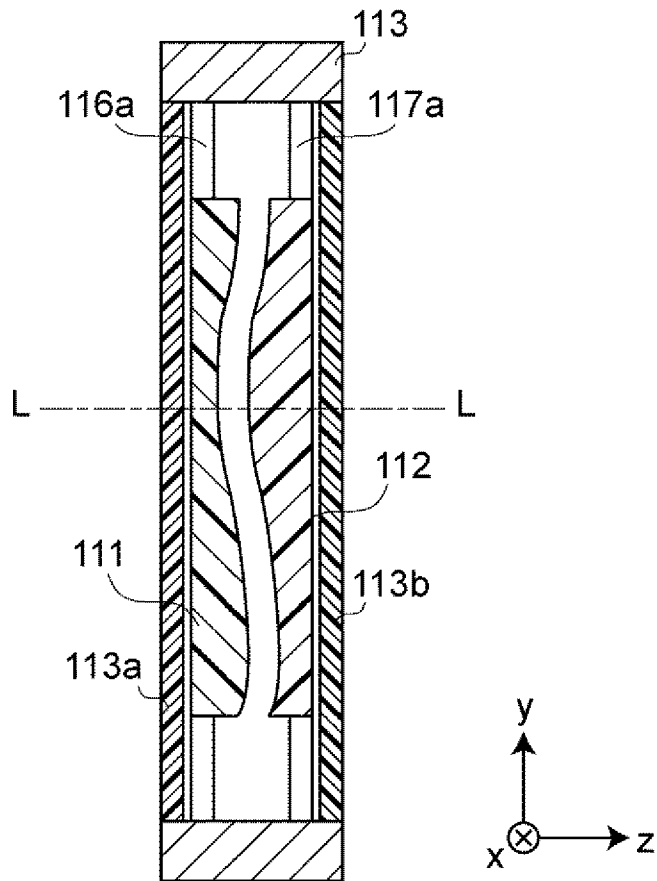
[図7]



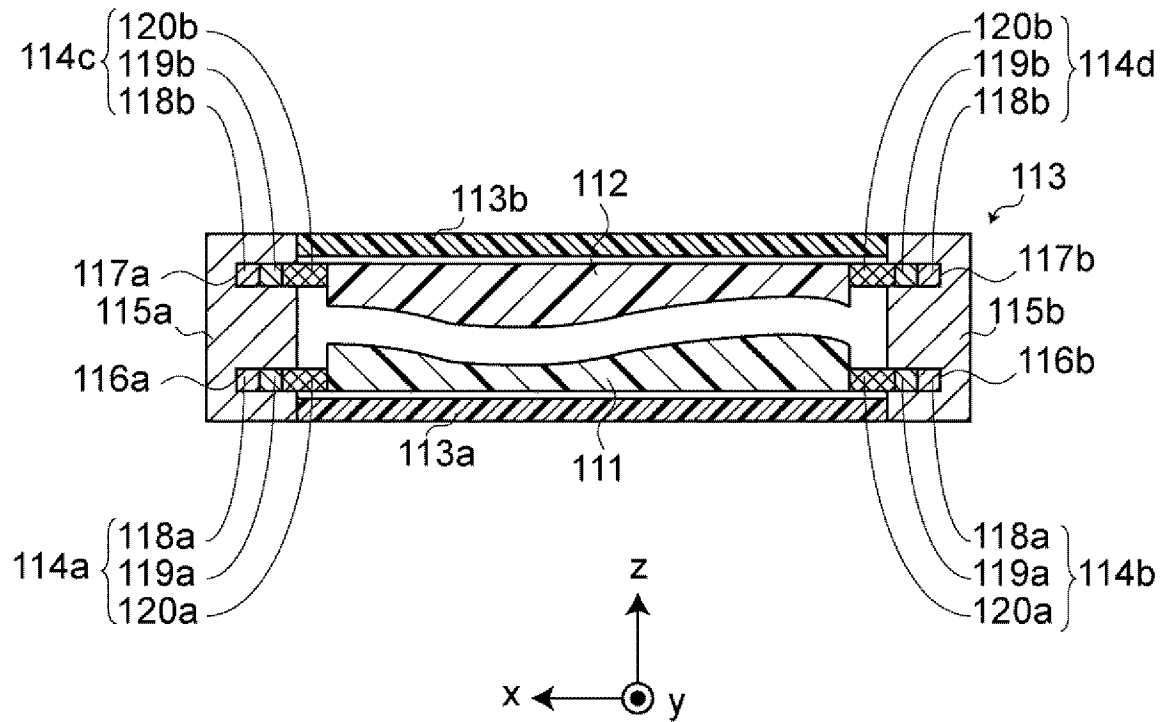
[図8]



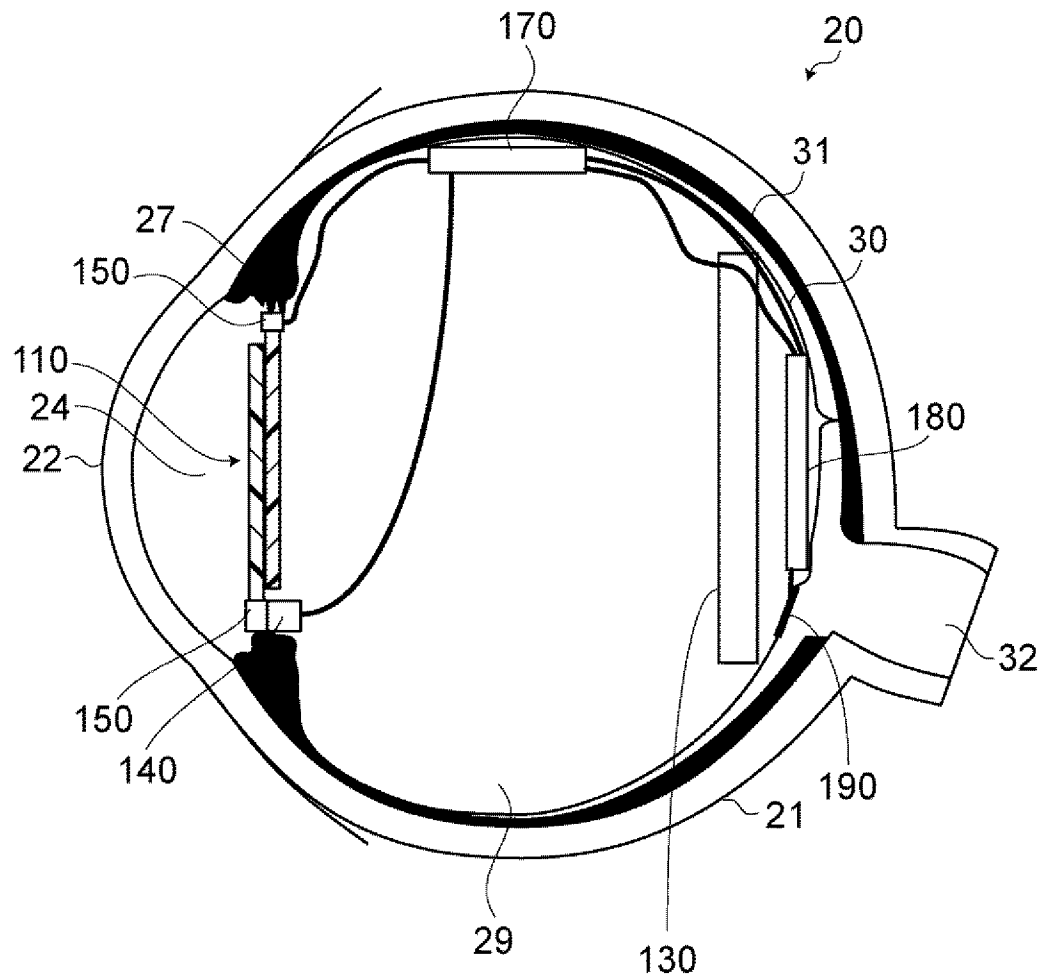
[図9]



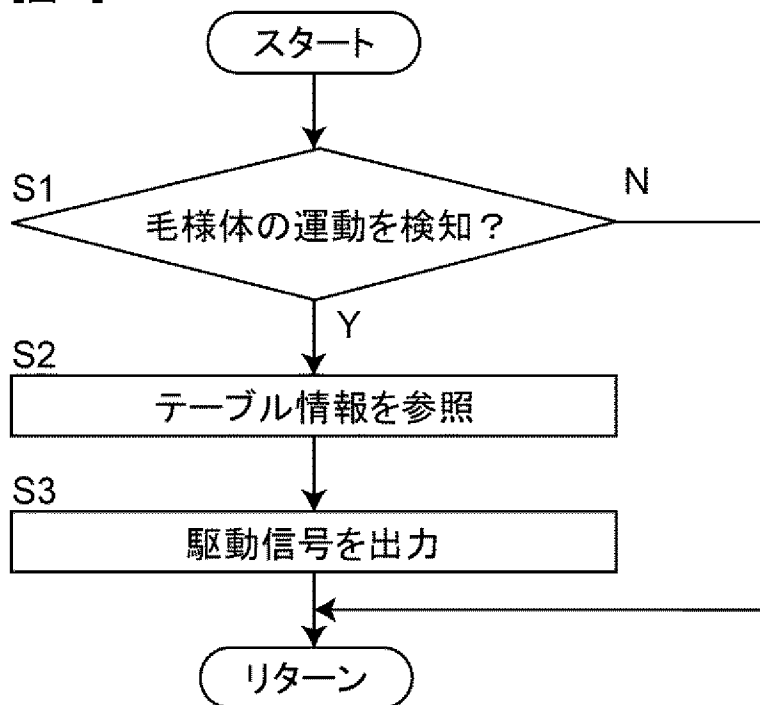
[図10]



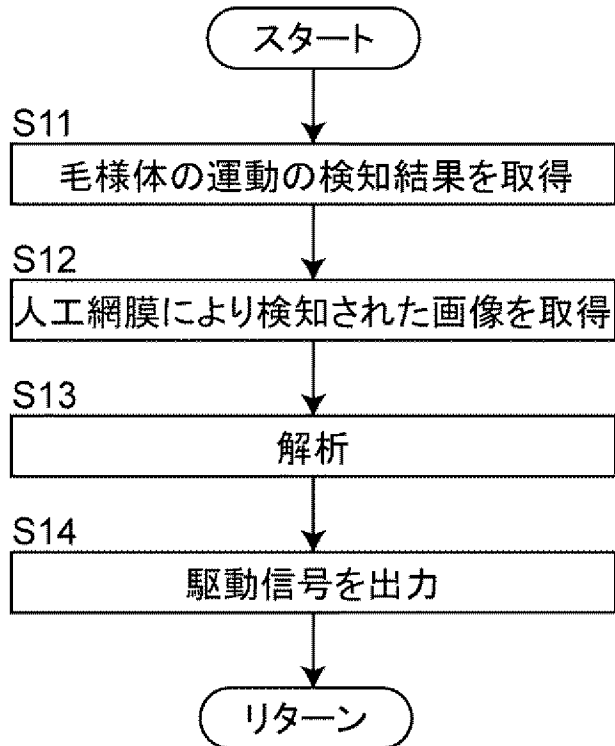
[図11]



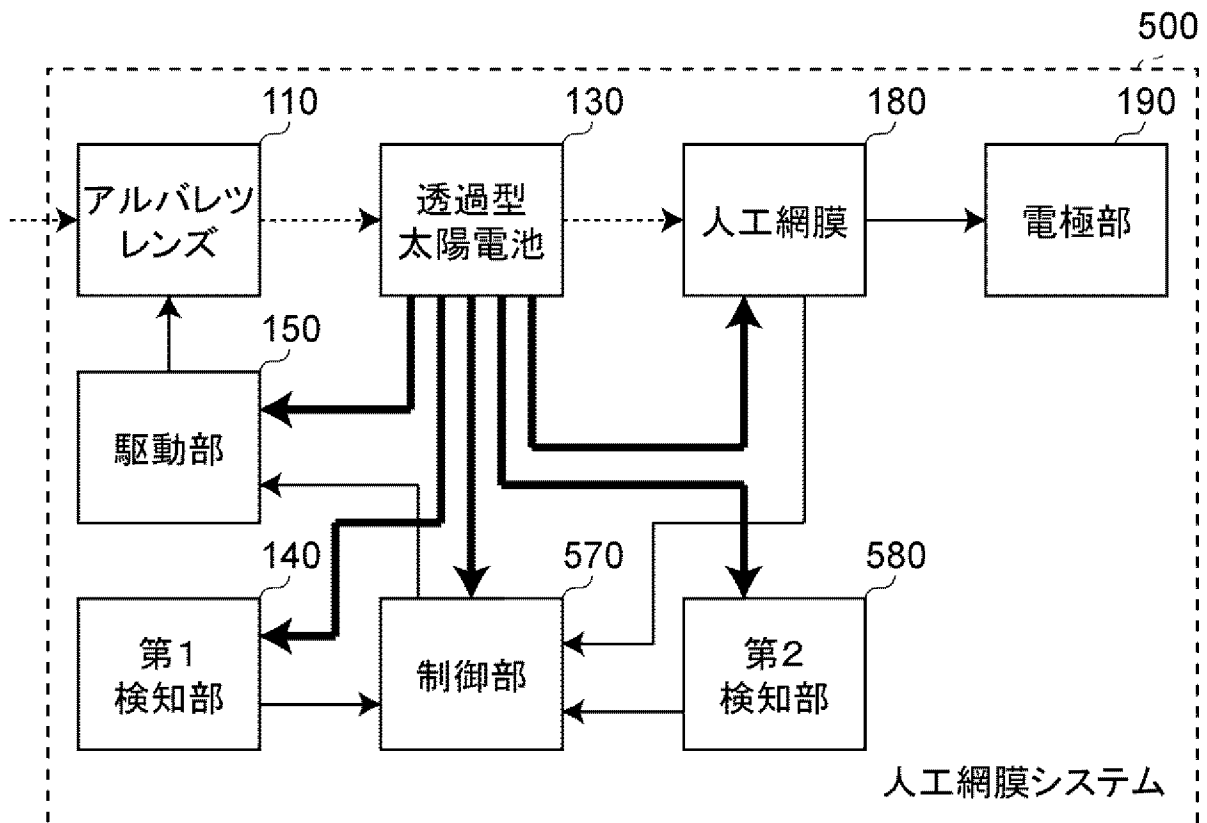
[図12]



[図13]

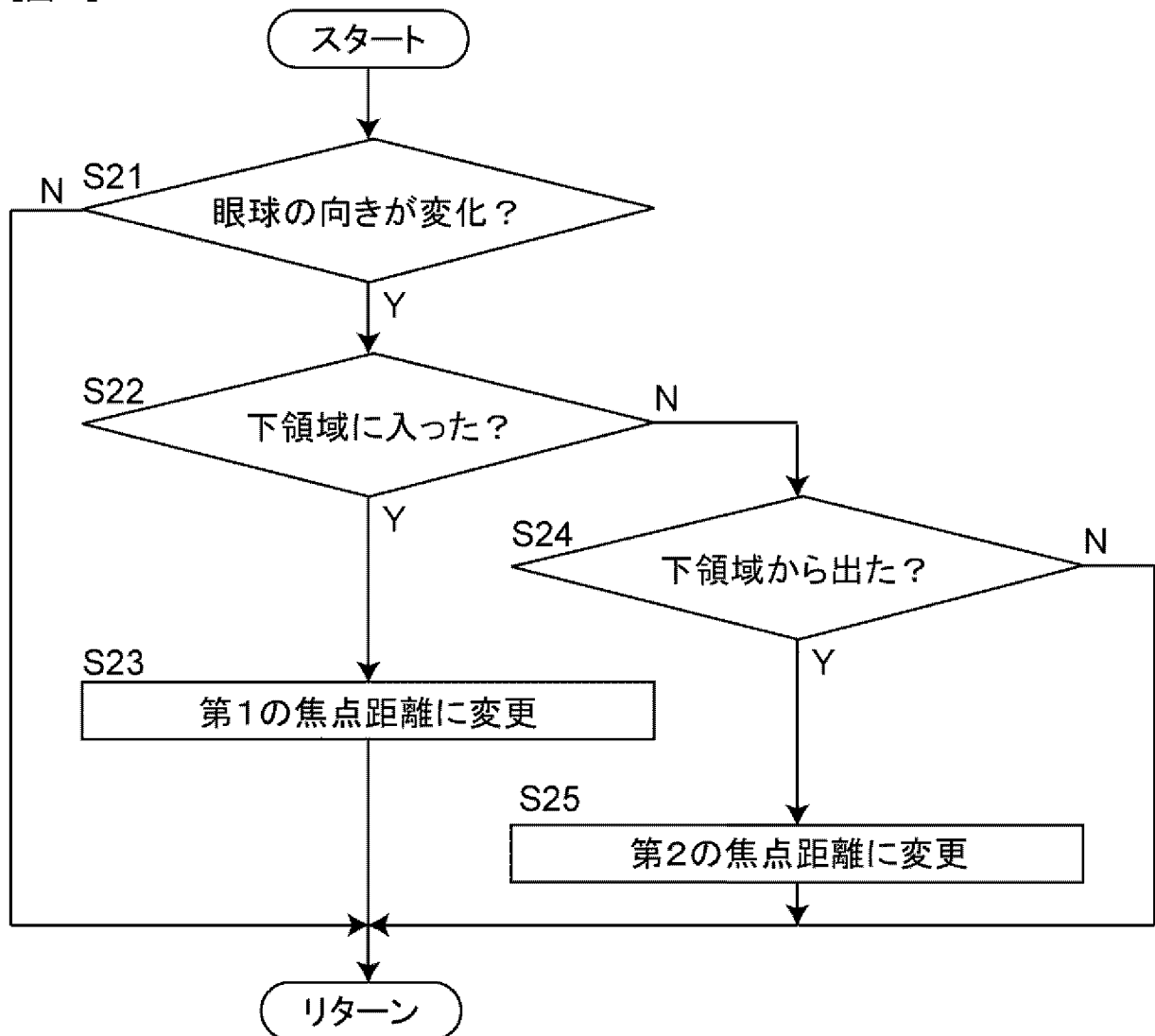


[図14]

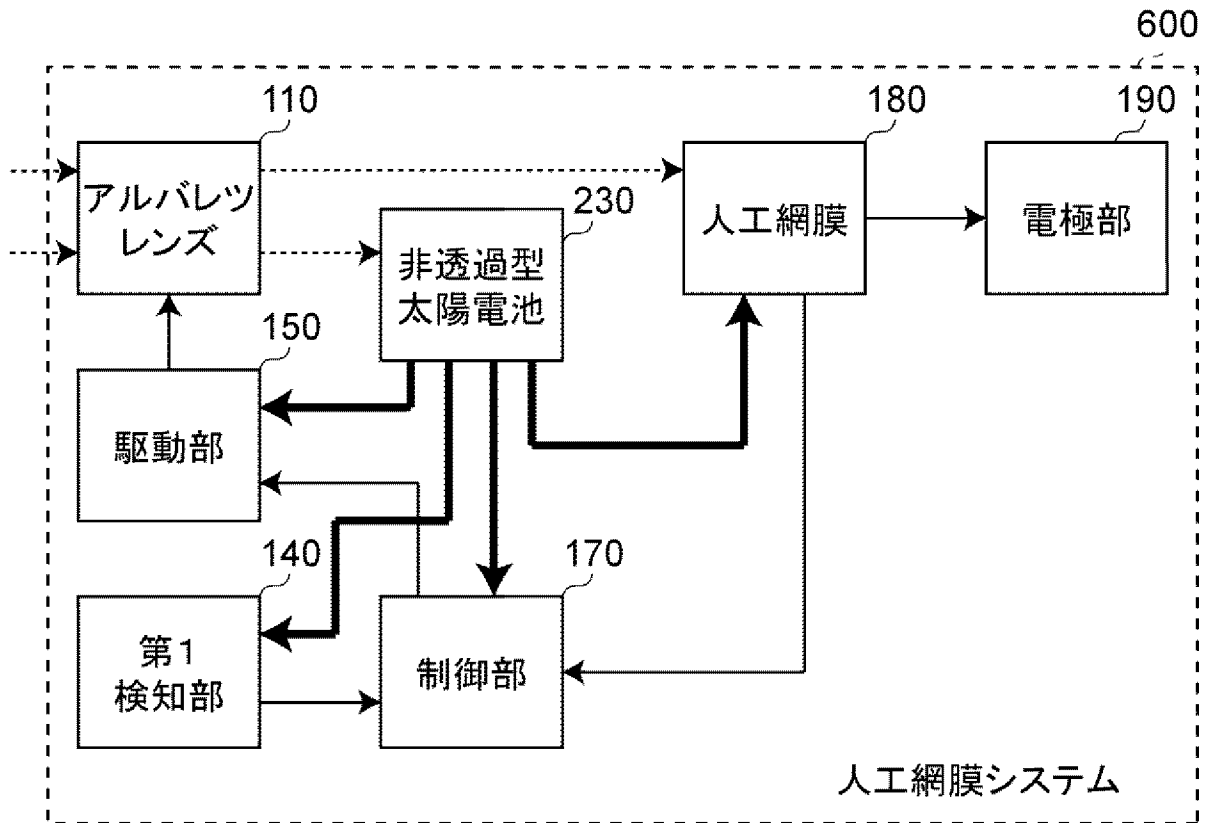


[illegible]

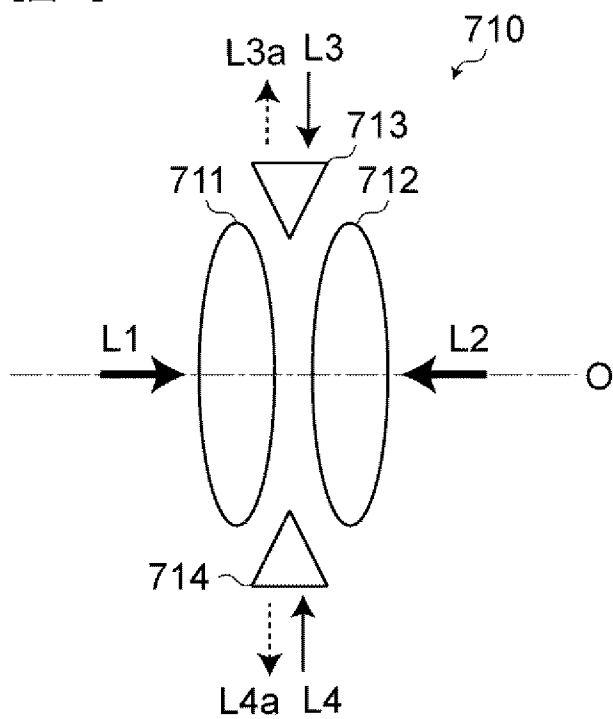
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069932

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61F9/007(2006.01) i, A61F2/14(2006.01) i

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)

A61F9/007, A61F2/14

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2006-517828 A (The Board of Trustees of the Leland Stanford Junior University), 03 August 2006 (03.08.2006), paragraphs [0010] to [0011]; fig. 2 to 3 & US 2004/0181265 A1 & WO 2004/073547 A2	1-3 4-6
X Y	JP 2003-531697 A (Optobionics Corp.), 28 October 2003 (28.10.2003), paragraphs [0013] to [0014]; fig. 8 to 9 & US 6427087 B1 & WO 2001/083026 A1	1-3 4-6
Y	JP 2010-517081 A (E-Vision, L.L.C.), 20 May 2010 (20.05.2010), paragraph [0046]; fig. 5A, 5C & US 2008/0208335 A1 & WO 2008/091859 A1	4-6

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

☐ See patent family annex.

* 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
20 August, 2014 (20.08.14)

Date of mailing of the international search report
02 September, 2014 (02.09.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. A61F9/007(2006.01)i, A61F2/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. A61F9/007, A61F2/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2006-517828 A (ザ・ボード・オブ・トラスティーズ・オブ・ザ・ レランド・スタンフォード・ジュニア・ユニバーシティ) 2006.08.03, 段落【0010】-【0011】, 第2-3図 & US 2004/0181265 A1 & WO 2004/073547 A2	1-3 4-6
X Y	JP 2003-531697 A (オプトバイオニックス コーポレイション) 2003.10.28, 段落【0013】-【0014】, 第8-9図 & US 6427087 B1 & WO 2001/083026 A1	1-3 4-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 0 . 0 8 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

熊谷 健治

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 8 6

3 I

3 8 1 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2010-517081 A (イー・ビジョン・エルエルシー) 2010.05.20, 段落【0046】, 第 5A, 5C 図 & US 2008/0208335 A1 & WO 2008/091859 A1	4-6