

(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



(10) 国際公開番号

WO 2010/067532 A1

PCT

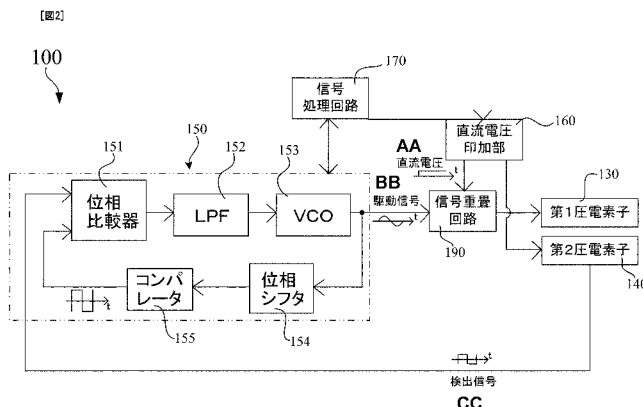
(43) 国際公開日
2010 年 6 月 17 日(17.06.2010)

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/10 (2006.01) G02B 27/02 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01) H04N 1/113 (2006.01)
G02B 26/08 (2006.01) H04N 5/74 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/006484
- (22) 国際出願日: 2009 年 11 月 30 日(30.11.2009)
- (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 2008-315384 2008 年 12 月 11 日(11.12.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ブラザー工業株式会社 (BROTHER KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4678561 愛知県名古屋市中瑞穂区苗代町 1 5 番 1 号 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山内慎也 (YAMAUCHI, Shinya) [JP/JP]; 〒4678561 愛知県名古屋市中瑞穂区苗代町 1 5 番 1 号 ブラザー工業株式会社内 Aichi (JP). 田中聡 (TANAKA, So) [JP/JP]; 〒4678561 愛知県名古屋市中瑞穂区苗代町 1 5 番 1 号 ブラザー工業株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 武藤勝典(MUTO, Katsunori); 〒4910901 愛知県一宮市北浦町 2 8 番地 5 Aichi (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL SCANNER AND IMAGE DISPLAY DEVICE USING THE OPTICAL SCANNER

(54) 発明の名称: 光スキャナ及びこの光スキャナを備えた画像表示装置



- 170 SIGNAL PROCESSING CIRCUIT
151 PHASE COMPARATOR
155 COMPARATOR
154 PHASE SHIFTER
160 DC VOLTAGE APPLICATION UNIT
190 SIGNAL SUPERPOSITION CIRCUIT
130 FIRST PIEZOELECTRIC ELEMENT
140 SECOND PIEZOELECTRIC ELEMENT
AA DC VOLTAGE
BB DRIVE SIGNAL
CC DETECTION SIGNAL

(57) Abstract: Provided is an optical scanner which can suppress irregularities of the phase difference detected by a piezoelectric element and detect a phase of a reflection mirror with a high accuracy. Provided is also an image display device using the optical scanner. In the optical scanner (100), a DC power application unit (160) applies DC voltage to a second piezoelectric element (140) at least when no AC voltage is applied to a first piezoelectric element (130) by an AC power application unit (150). That is, the polarization state of the second piezoelectric element (140) is adjusted by applying DC voltage to the second piezoelectric element (140) when the optical scanner (100) is not driven. This suppresses irregularities of the phase difference.

(57) 要約: 検出用圧電素子によって検出される位相差のばらつき量を抑え、高精度に反射ミラーの位相を検出することが可能な光スキャナ及びこの光スキャナを用いた画像表示装置である。この光スキャナにおいて、直流電源印加部(160)が、少なくとも交流電源印加部(150)によって第1圧電素子(130)に交流電圧が印加されないとき、第2圧電素子(140)に直流電圧を印加する。即ち、光スキャナ(100)が駆動されないときに、第2圧電素子(140)に直流電圧が印加されることによって、第2圧電素

子(140)の分極状態を調整する。従って、位相差のばらつき量を抑えることが可能になる。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

光スキャナ及びこの光スキャナを備えた画像表示装置

技術分野

[0001] 本開示は、レーザープリンタや画像表示装置に用いられる光スキャナ、特にMEMSミラーを用いた光スキャナ及びこの光スキャナを用いた画像表示装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) ミラーを用いて光の走査を行う光スキャナが利用されてきた。特許文献1には、MEMSミラーを用いた光スキャナの一例として、駆動用圧電素子を用いて反射ミラーに連なる弾性梁を揺動駆動させることにより、反射ミラーを揺動させる技術が記載されている。反射ミラーの揺動によって光が走査される場合、例えば走査タイミングを制御する等の目的で、反射ミラーの揺動状態が検出されるのが望ましい。特許文献1においては、弾性梁に設けられた検出用圧電素子を用いて、弾性梁の曲げ運動に伴う変形量が検出される。反射ミラーの揺動状態は、この変形状態に基づいて決定される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平9-101474号公報

発明の概要

[0004] 画像表示に光スキャナが使用される場合、画像を表示するために高精度の動作制御技術が不可欠である。例えば、特許文献1に記載の技術を応用して、検出用圧電素子からの検出信号と駆動用圧電素子を駆動する駆動信号とを比較する。その比較の結果を用いて、検出信号と駆動信号との位相差が所定の状態になるように駆動信号を制御すれば、高精度の動作制御が可能となる。

。この制御のためには、駆動信号と検出信号との位相差のばらつき量は、画像の解像度やフレームレート等の諸条件の要求により決定される所定値よりも小さい必要がある。例えば、後述する実施形態で開示する光スキャナ 100 の場合、位相差のばらつき量を数 ns 程度に抑えることが求められる。

[0005] 本発明者らは、位相差のばらつき量が、光スキャナの駆動を終了してから次に駆動するまでの経過時間に依存して変化することを発見した。ここで、位相差のばらつき量とは、光スキャナが共振状態で駆動される場合に、駆動信号と検出信号との時間の差がどの程度ばらつくかを表す量である。光スキャナが共振状態で駆動される場合、後記する図 4 に示される様に、検出信号は駆動信号に対して 90° 位相が遅れる。後記する実施形態で用いられる光スキャナ 100 は、共振周波数が約 30kHz になるように構成される。従って、 90° の位相差は、時間にして約 $8\mu\text{s}$ の遅れに相当する。理想的には、光スキャナ 100 が共振駆動される限り、検出信号は駆動信号に対して常に同じように約 $8\mu\text{s}$ 遅れて検出されるはずである。しかし現実には、光スキャナ 100 が共振駆動されているにもかかわらず、駆動信号と検出信号との時間の差はばらつく。

[0006] 図 10 において、縦軸は位相差のばらつき量、即ち経過時間が 0 時間である初回駆動時における駆動信号と検出信号との時間差から、どの程度時間差が異なるかを示す。横軸は、光スキャナの駆動終了から次回駆動までの経過時間を表す。図 10 から明らかに、経過時間が長くなるに従って位相差のばらつき量が増加しているのが分かる。約 120 時間経過後における位相差のばらつき量は、約 10ns である。また、位相差のばらつき量の最大値は、約 480 時間経過後における約 16ns である。

[0007] 前記したように、画像表示に光スキャナが使用される場合、位相差のばらつき量を抑えて高精度に反射ミラーの位相を検出することが求められる。しかし、現実には、光スキャナの駆動終了からの経過時間によって位相差のばらつき量が増加する。

- [0008] 本開示は、検出用圧電素子によって検出される位相差のばらつき量を抑え、高精度に反射ミラーの位相を検出することが可能な光スキャナ及びこの光スキャナを用いた画像表示装置を提供することを目的とする。
- [0009] (1) この目的を達成するために、本開示の一側面によれば、揺動軸線の周りに揺動され、入射した光を所定方向に走査する反射ミラーと、前記反射ミラーに連結された第1の弾性梁と、前記反射ミラーに前記第1の弾性梁とは異なる位置で連結された第2の弾性梁と、前記反射ミラー、前記第1の弾性梁及び前記第2の弾性梁を揺動させるために、前記第1の弾性梁又は前記第2の弾性梁の少なくとも一方に設けられ、前記第1の弾性梁又は前記第2の弾性梁の少なくとも一方に曲げ変位を生じさせる第1の圧電素子と、前記第1の圧電素子に曲げ変位を生じさせるために、前記第1の圧電素子に交流電圧を印加する交流電源部と、前記第1の弾性梁又は前記第2の弾性梁の少なくとも一方の曲げ変位の状態を検知するために、前記第1の弾性梁又は前記第2の弾性梁の少なくとも一方に設けられ、自身の曲げ変位に応じた検出信号を生じる第2の圧電素子と、前記第2の圧電素子の分極状態を調整するために、少なくとも前記交流電源部によって前記第1の圧電素子部に交流電圧が印加されないとき、前記第2の圧電素子に直流電圧を印加する直流電源部とを備えることを特徴とする光スキャナを得ることができる。
- [0010] 位相差のばらつきが発生する原因及び位相差のばらつき量が時間依存する原因は、まだ明らかになっていない。しかし、本発明者は、検出用圧電素子の分極状態を調整することによって、位相差のばらつき量を抑えることが可能であることを発見した。従って、本発明では、少なくとも駆動用圧電素子に駆動信号が入力されないときに、直流電圧を印加して検出用圧電素子の分極状態を調整することで、位相差のばらつき量を抑えることを可能にする。ここで、分極状態とは、圧電素子中の電気双極子モーメントの整列度合を意味する。具体的には、分極状態は、分極—電界特性のヒステリシスカーブにおける残留分極値や、飽和分極値といった物理量で表わされる。残留分極値は、外部電界が存在しないときに圧電素子に残留する分極値である。飽和分

極値は、外部電界に対して分極値の変化が飽和する分極値である。

[0011] このような光スキャナによれば、直流電源部が、少なくとも交流電源部によって第1の圧電素子部に交流電圧が印加されないとき、第2の圧電素子に直流電圧を印加する。即ち、少なくとも反射ミラー、第1の弾性梁及び第2の弾性梁が揺動されないときに、第2の圧電素子に直流電圧が印加されることによって、第2の圧電素子の分極状態が調整される。従って、位相差のばらつき量を抑えることが可能になる。

[0012] (2) 本開示の他の側面によれば、前記直流電源部は、前記第2の圧電素子に抗電界以上の電界が発生するように、直流電圧を前記第2の圧電素子に印加する、ことを特徴とする光スキャナを得ることができる。

[0013] このような光スキャナでは、直流電源部は、第2の圧電素子部に抗電界以上の電界が発生するように、直流電圧を第2の圧電素子に印加する。後記する図6に示される様に、印加される直流電圧が抗電界以下の電界を発生させる場合は、分極状態、特に残留分極値が印加される直流電圧値に依存して変化する。しかし、印加される直流電圧値が抗電界以上の電界を発生させる場合は、残留分極値は直流電圧値に殆ど依存しない。従って、第2の圧電素子に印加される直流電圧値が細かく制御される必要がなくなるため、第2の圧電素子の分極状態を調整することが容易になる。

[0014] (3) 本開示のさらに他の側面によれば、前記直流電源部は、前記交流電源部によって前記第1の圧電素子に交流電圧の印加が開始されるよりも所定時間前に、前記第2の圧電素子に直流電圧の印加を開始する、ことを特徴とする光スキャナを得ることができる。

[0015] このような光スキャナでは、第2の圧電素子への直流電圧の印加が、第1の圧電素子に交流電圧の印加が開始されるよりも所定時間前に開始される。第1の圧電素子に交流電圧が印加されない状態、即ち光スキャナの非駆動状態において、常に直流電圧が印加されることが無くなるので、消費される電力を小さくできる。

[0016] (4) 本開示のさらに他の側面によれば、前記直流電源部は、前記交流電

源部によって前記第 1 の圧電素子に交流電圧の印加が開始されるよりも、少なくとも直流電圧の印加時間に対して分極状態が飽和する時間だけ前に、前記第 2 の圧電素子に直流電圧の印加を開始する、ことを特徴とする光スキャナを得ることができる。

[0017] 後記する図 5 に示される様に、圧電素子の分極状態は、直流電圧の印加時間に伴って変化する。しかし、印加時間が所定時間を超えると、直流電圧の印加時間が増加しても分極状態が変化しなくなる。換言すれば、直流電圧の印加時間に対して分極状態が飽和する。そこで、このような光スキャナでは、交流電源部によって第 1 の圧電素子に交流電圧の印加が開始されるよりも、少なくとも直流電圧の印加時間に対して分極状態が飽和する時間だけ前に、第 2 の圧電素子に直流電圧の印加が開始される。従って、分極状態の調整に必要な最小限の時間だけ直流電圧が印加されるので、消費電力をさらに小さくできる。

[0018] (5) 本開示のさらに他の側面によれば、前記直流電源部は、更に、前記第 1 の圧電素子の分極状態を調整するために、少なくとも前記交流電源部によって前記第 1 の圧電素子に交流電圧が印加されないとき、前記第 1 の圧電素子に直流電圧を印加する、ことを特徴とする光スキャナを得ることができる。

[0019] このような光スキャナでは、少なくとも第 1 の圧電素子に交流電圧が印加されないとき、第 1 の圧電素子に直流電圧が印加される。反射ミラー、第 1 の弾性梁及び第 2 の弾性梁を揺動する第 1 の圧電素子の分極状態が調整されることによって、位相差のばらつき量をさらに抑えることが可能になる。

[0020] (6) 本開示のさらに他の側面によれば、前記交流電源部は、前記反射ミラー、前記第 1 の弾性梁及び前記第 2 の弾性梁を揺動軸線周りに共振駆動させるために、前記検出信号に応じて前記第 1 の圧電素子に印加する交流電圧の周波数を調整する周波数調整部を備える、ことを特徴とする光スキャナを得ることができる。

[0021] このような光スキャナでは、周波数調整部が検出信号に応じて光スキャナ

を駆動するための交流電圧の周波数を調整することによって、光スキャナは共振駆動される。周波数調整部が、反射ミラーの位相に係る検出信号をフィードバックして交流電圧の周波数を調整する。従って、検出信号のフィードバックにより反射ミラーの位相ズレ量を小さくできる技術は、共振駆動される光スキャナの駆動制御に効果的である。

[0022] (7) 本開示のさらに他の側面によれば、前記直流電源部は、更に、前記交流電源部によって前記第1の圧電素子に交流電圧が印加されているときにも、前記第1の圧電素子又は前記第2の圧電素子の少なくとも一方に直流電圧を印加する、ことを特徴とする光スキャナを得ることができる。

[0023] このような光スキャナでは、第1の圧電素子に交流電圧が印加されているときにも、第1の圧電素子又は第2の圧電素子の少なくとも一方に直流電圧が印加される。これによって、光スキャナの駆動後も分極状態を調整することが可能になる。

[0024] (8) 上記目的を達成するために、本開示一側面によれば、光を走査して画像を形成するための、上記した本開示の側面によって得られる光スキャナと、その光スキャナに光を供給するための光源と、前記光スキャナによって走査された光を使用者の目に導く接眼光学系と、を備えることを特徴する画像表示装置を得ることができる。このような画像表示装置は、上記した本開示の側面によって得られる光スキャナを画像表示装置に用いる。検出用圧電素子によって検出される位相差のばらつき量が抑えられることで、より精緻な画像を表示することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1] 光スキャナ100の機械的構成を示す斜視図。

[図2] 光スキャナ100の機能的構成を示すブロック図。

[図3] 信号処理回路170が第1圧電素子130及び第2圧電素子140に対して電圧の印加を制御する流れを説明するフローチャート。

[図4] 周波数と振幅ゲイン及び位相差との関係を説明する図。

[図5] 直流電圧印加時間を変化させた場合の、分極状態の変化を示す図。

[図6] 印加する直流電圧量を変化させた場合の、分極状態の変化を示す図。

[図7] 直流電圧を印加した場合における位相差のばらつき量の経過時間依存性を示す図。

[図8] 画像表示装置 1 の全体構成を示す図。

[図9] 光スキャナ 100 を駆動するための機能的構成の他の例を示すブロック図。

[図10] 直流電圧を印加しない場合における光スキャナの駆動終了から次回駆動までの経過時間と、検出位相のズレ量との関係を示した図。

発明を実施するための形態

[0026] 本開示を反映した実施形態について、図面を用いて以下に詳細に説明する。なお、本開示は、以下に記載の構成に限定されるものではなく、同一の技術的思想において種々の構成を採用することができる。例えば、以下に説明する各構成において、所定の構成を省略することができる。また、以下に説明する各処理において、所定のステップを省略することができる。

[0027] <実施形態>

[光スキャナ 100 の機械的構成]

図 1 に示されるように、光スキャナ 100 は、基体 110 と台座 120 とを有する。図 1 では分かれた状態で示されるが、基体 110 と台座 120 とは、接着される。以下、基体 110 と台座 120 との構成を説明する。

[0028] 基体 110 は、反射ミラー 111、第 1 弾性梁 112、第 2 弾性梁 113 及び外枠部 114 で構成される。また、基体 110 には、第 1 圧電素子 130 及び第 2 圧電素子 140 と、第 1 圧電素子 130 及び第 2 圧電素子 140 に電圧を印加するための下部電極 131、141、上部電極 132、142 とが設けられる。

[0029] 平面視略円形に形成された反射ミラー 111 は、基体 110 の中心に設けられる。反射ミラー 111 の一端には、第 1 弾性梁 112 が連結される。反射ミラー 111 の他端には、第 2 弾性梁 113 が連結される。

[0030] 第 1 弾性梁 112 は、反射ミラー支持部 112a、結合部 112b 及び一

対の梁部 1 1 2 c で構成される。反射ミラー支持部 1 1 2 a の一端は、反射ミラー 1 1 1 に連結される。反射ミラー支持部 1 1 2 a の他端は、結合部 1 1 2 b に連結される。結合部 1 1 2 b は、反射ミラー支持部 1 1 2 a に対して直交するように連結される。結合部 1 1 2 b の両端には、一对の梁部 1 1 2 c が連結される。一对の梁部 1 1 2 c の一端は、結合部 1 1 2 b に対して直交するように結合部 1 1 2 b の両端に連結される。一对の梁部 1 1 2 c の他端は、外枠部 1 1 4 に対して直交するように連結される。

[0031] 第 2 弾性梁 1 1 3 は、反射ミラー支持部 1 1 3 a, 結合部 1 1 3 b 及び一对の梁部 1 1 3 c で構成される。第 2 弾性梁 1 1 3 の形状は、反射ミラー 1 1 1 に対して第 1 弾性梁 1 1 2 と対称であるので、説明は省略される。

[0032] 外枠部 1 1 4 は、反射ミラー 1 1 1、第 1 弾性梁 1 1 2 及び第 2 弾性梁 1 1 3 の周囲に、四角環状に配置される。外枠部 1 1 4 は、反射ミラー 1 1 1、第 1 弾性梁 1 1 2 及び第 2 弾性梁 1 1 3 が揺動される際に、固定端として働く。即ち、外枠部 1 1 4 は、固定端として働く機能を有していれば、どのような形状でも差し支えない。

[0033] 第 1 圧電素子 1 3 0 は、反射ミラー 1 1 1、第 1 弾性梁 1 1 2 及び第 2 弾性梁 1 1 3 を揺動駆動させるために、基体 1 1 0 に設けられる。具体的には、第 1 圧電素子 1 3 0 は、下部電極 1 3 1 の上に形成される。下部電極 1 3 1 は、一对の梁部 1 1 2 c の上面から外枠部 1 1 4 に亘り形成される。即ち、第 1 圧電素子 1 3 0 は、下部電極 1 3 1 を介して一对の梁部 1 1 2 c 及び外枠部 1 1 4 に固定される。第 1 圧電素子 1 3 0 の上面には、上部電極 1 3 2 が設けられる。下部電極 1 3 1 と上部電極 1 3 2 との間に電圧が印加されることにより、第 1 圧電素子 1 3 0 は分極する。この分極によって、第 1 圧電素子 1 3 0 は、一对の梁部 1 1 2 c の長手方向に伸び縮みする。第 1 圧電素子 1 3 0 は下部電極 1 3 1 を介して一对の梁部 1 1 2 c 及び外枠部 1 1 4 に固定されているので、第 1 圧電素子 1 3 0 の伸縮は、一对の梁部 1 1 2 c が基体 1 1 0 の厚み方向に変位する屈曲変位に変換される。即ち、第 1 圧電素子 1 3 0 は、ユニモルフとして働く。一对の梁部 1 1 2 c の屈曲変位は、

結合部 112b を介して第 1 弾性梁 112、第 2 弾性梁 113 及び反射ミラー 111 を揺動させるための回転トルクに変換される。ここで、第 1 圧電素子 130 を構成する 2 つの圧電素子は、互いに逆相の交流電圧、即ち位相が π ずれた交流電圧が夫々印加されることで逆相駆動される。

[0034] 下部電極 131、第 1 圧電素子 130 及び上部電極 132 は、例えば以下の方法で形成される。まず、白金 (Pt) や金 (Au) 等を、 $0.2\mu\text{m} \sim 0.6\mu\text{m}$ の厚さで一对の梁部 112c の上面から外枠部 114 に亘り堆積することで、下部電極 131 が形成される。この堆積には、例えばスパッタや蒸着等の製膜方法が用いられる。次に、PZT 等の圧電素子を $1\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ の厚さで下部電極 131 の上に堆積することで、第 1 圧電素子 130 が形成される。この堆積には、例えばエアロゾルデポジション法 (例えば、特開 2007-31737 号公報を参照) 等の製膜方法が用いられる。最後に、第 1 圧電素子 130 の上に上部電極 132 が形成される。上部電極 132 は、下部電極 131 と同様の手法によって形成される。尚、下部電極 131 及び上部電極 132 には、図示しない配線ケーブルが接続される。

[0035] 第 2 圧電素子 140 は、反射ミラー 111 の揺動状態を検知するために、下部電極 141 の上に形成される。下部電極 141 は、一对の梁部 113c の上面から外枠部 114 に亘り形成される。即ち、第 2 圧電素子 140 は、下部電極 141 を介して一对の梁部 113c 及び外枠部 114 に固定される。第 2 圧電素子 140 の上面には、上部電極 142 が設けられる。下部電極 141、第 2 圧電素子 140 及び上部電極 142 の形成方法は、下部電極 131、第 1 圧電素子 130 及び上部電極 132 の形成方法と同一である。

[0036] 第 1 圧電素子 130 の伸び縮みは、一对の梁部 112c の屈曲変位に変換され、結果として第 1 弾性梁 112、第 2 弾性梁 113 及び反射ミラー 111 を揺動させる。このとき、第 2 弾性梁 113 も揺動されるので、第 2 圧電素子 140 は屈曲変位する。第 2 圧電素子 140 が屈曲変位するので、圧電効果によって第 2 圧電素子 140 は基体 110 の厚み方向に分極する。その結果、第 2 圧電素子 140 の屈曲変位量に応じた電位差が下部電極 141 と

上部電極 1 4 2 との間に発生する。この電位差を下部電極 1 4 1 及び上部電極 1 4 2 から検出信号として読み出すことにより、反射ミラー 1 1 1 の揺動状態が検出される。

[0037] 台座 1 2 0 は、基体固定部 1 2 1 を備える。基体固定部 1 2 1 は、基体 1 1 0 の外枠部 1 1 4 に固定される。そのため、基体固定部 1 2 1 は、外枠部 1 1 4 と同じ大きさの四角環状に形成される。台座 1 2 0 と基体 1 1 0 とを接着や陽極接合等によって固定することで、光スキャナ 1 1 0 が形成される。

[0038] 前記した反射ミラー 1 1 1, 第 1 弾性梁 1 1 2, 第 2 弾性梁 1 1 3, 第 1 圧電素子 1 3 0 及び第 2 圧電素子 1 4 0 が、本発明の反射ミラー, 第 1 の弾性梁, 第 2 の弾性梁, 第 1 の圧電素子及び第 2 の圧電素子の一例である。

[0039] [光スキャナ 1 0 0 の機能的構成]

図 2 に示されるように、光スキャナ 1 0 0 は、第 1 圧電素子 1 3 0、第 2 圧電素子 1 4 0、交流電圧印加部 1 5 0、直流電圧印加部 1 6 0、信号処理回路 1 7 0 及び信号重畳回路 1 9 0 を含む。以下、光スキャナ 1 0 0 の個々の機能について説明する。

[0040] 交流電圧印加部 1 5 0 は、位相比較器 1 5 1, ローパスフィルタ 1 5 2, 電圧制御発振器 1 5 3, 位相シフタ 1 5 4, コンパレータ 1 5 5 を含む。位相比較器 1 5 1 は、第 1 圧電素子 1 3 0 を駆動するための駆動信号と、第 2 圧電素子 1 4 0 から発生した検出信号とを比較する。位相比較器 1 5 1 は、この比較に基づいて、駆動信号と検出信号との位相差に応じた位相差電圧をローパスフィルタ 1 5 2 に出力する。ローパスフィルタ 1 5 2 は、位相比較器 1 5 1 からの位相差電圧を積分して平滑化する。ローパスフィルタ 1 5 2 は、平滑化された位相差電圧を、VCO 制御電圧として電圧制御発振器 1 5 3 に出力する。電圧制御発振器 1 5 3 は、第 1 圧電素子 1 3 0 を駆動するための交流電圧を発生する。電圧制御発振器 1 5 3 は、ローパスフィルタ 1 5 2 からの VCO 制御電圧に応じた周波数のサイン波を、駆動信号として後述する信号重畳回路 1 9 0 及び位相シフタ 1 5 4 に出力する。後記する図 4 に

示される様に、光スキャナ 100 が共振状態にある場合、駆動信号と検出信号との位相差が $\pi/2$ ずれる。そこで、位相シフタ 154 は、光スキャナ 100 が共振状態において、入力された駆動信号と検出信号との位相が一致するように、入力された駆動信号の位相を調整する。位相シフタ 154 は、位相が調整された駆動信号を、コンパレータ 155 に出力する。コンパレータ 155 は、電位 0 V と駆動信号とを比較して、駆動信号の電位が 0 V 以上であれば正の所定電位を、駆動信号の電位が 0 V 未満であれば負の所定電位を出力する。即ち、コンパレータ 155 は入力された駆動信号を矩形波に整形する。コンパレータ 155 は、矩形波に整形された駆動信号を、位相比較器 151 に出力する。換言すれば、位相比較器 151、ローパスフィルタ 152、電圧制御発振器 153、位相シフタ 154 及びコンパレータ 155 は、位相同期回路を形成する。従って、交流電圧印加部 150 は、光スキャナ 100 の揺動を所定の振動周波数に保つ働きをする。尚、図 2 には表わされないが、交流電圧印加部 150 は、出力される駆動信号を昇圧又は降圧することで駆動信号の振幅を調整する機能や、電圧制御発振器 153 に制御信号を供給して駆動信号の周波数を調整する機能を有する。尚、前記した交流電圧印加部 150 が本発明の交流電源部の一例であり、位相比較器 151、ローパスフィルタ 152、電圧制御発振器 153、位相シフタ 154 及びコンパレータ 155 が形成する位相同期回路が本発明の周波数調整部の一例である。

[0041] 直流電圧印加部 160 は、信号重畳回路 190 及び第 2 圧電素子 140 に直流電圧を印加する。第 2 圧電素子 140 では、上部電極 142 と下部電極 141 との間に直流電圧印加部 160 からの直流電圧が直接印加される。一方、第 1 圧電素子 130 では、信号重畳回路 190 を介して、上部電極 132 と下部電極 131 との間に直流電圧印加部 160 からの直流電圧が印加される。

[0042] 信号重畳回路 190 は、電圧制御発振器 153 から出力された駆動信号と、直流電圧印加部 160 からの直流電圧とを重畳する。信号重畳回路 190

は、直流電圧の重畳された駆動信号を、第1圧電素子130、即ち上部電極132と下部電極131との間に印加する。以下、本実施形態において、第1圧電素子130に印加される直流電圧は、この信号重畳回路190を介して印加される直流電圧印加部160からの直流電圧を意味する。

[0043] 第1圧電素子130は、信号重畳回路190から出力された直流電圧が重畳された駆動信号に応じて、第1圧電素子130を梁部112cの長手方向に伸び縮みする。第1圧電素子130の伸び縮みによって、第1弾性梁112、第2弾性梁113及び反射ミラー111は揺動する。

[0044] 第2圧電素子140は、第2弾性梁113の揺動によって生じる検出信号を、位相比較器151に出力する。位相比較器151は、この検出信号と矩形波に整形された駆動信号とを比較する。

[0045] 信号処理回路170は、制御信号を出力することで、図3に示すフローチャートに従って直流電圧印加回路160及び交流電圧印加部150の制御を行う。信号処理回路170は、制御動作のために交流電圧印加部150から検出信号や位相差電圧等の各種信号を受け取るように構成されている。

[0046] 以上説明した機能構成によって、光スキャナ100の共振駆動が可能になる。尚、直流電圧印加部160は、上述のように第1圧電素子130に駆動信号が入力されている間に第1圧電素子130及び第2圧電素子140に直流電圧を印加することができるとともに、第1圧電素子130に駆動信号が入力されないときに、第1圧電素子130及び第2圧電素子140に直流電圧を印加することも可能である。尚、前記した直流電圧印加部160が、本発明の直流電源部の一例である。

[0047] [光スキャナ100の駆動方法]

図3に示される制御処理は、光スキャナ100の外部から信号処理回路170に対して、光スキャナ100の動作を開始する旨の外部信号が入力されることによって開始される。ステップS100において、信号処理回路170は、直流電圧印加部160に制御信号を送信することで、直流電圧印加部160に直流電圧を第1圧電素子130及び第2圧電素子140に印加させ

る。このとき、駆動信号は第1圧電素子130に未だ入力されていない。その後、信号処理回路170は、処理をステップS101に移行する。

[0048] ステップS101において、信号処理回路170は、直流電圧が第1圧電素子130及び第2圧電素子140に印加されてから、分極状態が直流電圧印加時間に対して飽和するのに必要な所定時間が経過したか否かを判断する。所定時間が経過していなければ、所定時間が経過するまで直流電圧が第1圧電素子130及び第2圧電素子140に印加され続ける（ステップS101がN）。一方、所定時間が経過した場合（ステップS101がY）、信号処理回路170は、処理をステップS102に移行する。

[0049] ステップS102において、信号処理回路170は、交流電圧印加部150に制御信号を送信することで、電圧制御発振器153に5Vの振幅を有する駆動信号を発振させる。発振された駆動信号は、交流電圧印加部150から信号重畳回路190に入力される。信号重畳回路190は、直流電圧印加部160からの直流電圧をこの駆動信号に重畳する。信号重畳回路190は、直流電圧が重畳された駆動信号を、第1圧電素子130に出力する。その後、信号処理回路170は、処理をステップS103に移行する。

[0050] ステップS103において、信号処理回路170は、検出信号が信号処理回路170内に予め設定された所定の閾値電圧を超えたか否かを判断する。検出信号が所定の閾値電圧を超えない場合（ステップS103がN）、信号処理回路170は、交流電圧印加部150に制御信号を送信することで、駆動信号の周波数を変化させる（ステップS104）。具体的には、信号処理回路170は、周波数を27kHzから33kHzまでの間で変化させ、検出信号の電圧が所定の閾値電圧を超える周波数を探す。

[0051] 検出信号の電圧値は、駆動信号の周波数に応じて変化する。検出信号の電圧値の変化によって、光スキャナ100が共振状態にあるかどうかを大まかに判断できる。以下図4を用いて、その理由を説明する。図4の上図は、駆動信号の周波数と振幅ゲインとの関係を示す図である。振幅ゲインは、反射ミラー111の振れ角の大きさを表す値である。本実施形態の光スキャナ1

00は、共振周波数が30kHzになるように作製される。そのため、駆動信号の周波数が30kHzにおいて光スキャナ100は共振駆動され、振幅ゲインは最大となる。そして、駆動信号の周波数が30kHzから離れるに従って、振幅ゲインは小さくなる。反射ミラー111の振れ角の大きさは、検出信号の電圧値の大きさとして反映される。従って、検出信号の電圧値の大きさを調べることで、光スキャナ100が共振状態にあるかどうかを大まかに判断できる。

[0052] 検出信号が所定の閾値電圧を超えた場合（ステップS103がY）、信号処理回路170は、交流電圧印加部150に制御信号を送信することで、電圧制御発振器153に40Vの振幅を有する駆動信号を発振させる（ステップS105）。発振された駆動信号は、交流電圧印加部150から信号重畳回路190に入力される。信号重畳回路190は、直流電圧印加部160からの直流電圧をこの駆動信号に重畳する。信号重畳回路190は、直流電圧が重畳された駆動信号を、第1圧電素子130に出力する。その後、信号処理回路170は、処理をステップS106に移行する。

[0053] ステップS106において、信号処理回路170は、検出信号と駆動信号との位相差が90°か否かを判断する。位相差が90°でない場合（ステップS106がN）、信号処理回路170は、交流電圧印加部150に制御信号を送信することで、駆動信号の周波数を変化させ（ステップS107）、位相差が90°になる周波数を探す。

[0054] 検出信号と駆動信号との位相差と、駆動信号の周波数との関係を、図4の下図に示す。駆動信号の周波数と光スキャナ100の共振周波数とが等しい状態、即ち光スキャナ100が共振状態において、検出信号と駆動信号との位相差は90°になる。検出信号と駆動信号との位相差は、駆動信号の周波数が共振周波数より小さくなるに従って90°より小さくなり、周波数が共振周波数より大きくなるに従って90°より大きくなる。従って、検出信号と駆動信号との位相差を調べることで、光スキャナ100が共振状態にあるかどうかを判断できる。

[0055] 検出信号と駆動信号との位相差が 90° の場合（ステップS106がY）、光スキャナ100は共振駆動される。この共振駆動は、ステップS108において、信号処理回路170が光スキャナ100の駆動を終了すると判断するまで継続される。この判断は、例えば、光スキャナ100の外部から信号処理回路170に対して、光スキャナ100の動作を終了する旨の外部信号が入力されたか否かを判断することで達成される。光スキャナ100の駆動を終了する場合（ステップS108がY）、信号処理回路170は、交流電圧印加部150に制御信号を送信し、駆動信号の出力を停止させる（ステップS109）。その後、信号処理回路170は、直流電圧印加部160に制御信号を送信し、直流電圧の出力を停止させる（ステップS110）。

[0056] [位相差ばらつき量の改善]

第1圧電素子に駆動信号が送信される前に第1圧電素子及び第2圧電素子に直流電圧が印加されることによって、従来に対して位相差のばらつき量がどの程度抑えられるかを、図5～図7を用いて説明する。

[0057] 図5に示されるように、5Vの直流電圧が印加された圧電素子の試料に対して、分極状態比（ $\Delta P\%$ ）が調べられる。この圧電素子の試料は、本実施形態で用いられる第1圧電素子130及び第2圧電素子140と同じ組成を有する。5Vの直流電圧が印加される時間は、0分、5分、10分、15分、20分である。横軸は、5Vの直流電圧を印加開始からの経過時間である。縦軸は、直流電圧印加前の前記試料の分極状態と、直流電圧印加後の前記試料の分極状態との比である。図5に黒丸と直線で示される飽和分極値 P_m は、直流電圧の印加時間を変化させても略一様の値を示した。一方、図5に黒四角と点線とで示される残留分極値 P_r は、直流電圧の印加時間が5分までは急激に値が上昇し、5分から10分までは緩やかに上昇する。残留分極値 P_r は、直流電圧の印加時間が10分を過ぎた後は殆ど変化しない。換言すれば、直流電圧の印加時間が10分以上の場合、残留分極値 P_r は飽和する。従って、直流電圧の印加時間は10分以上が適切であると考えられる。

[0058] 次に、図6に示されるように、直流電圧が10分間印加された前記試料に対して、分極状態比 ($\Delta P\%$) が調べられる。印加される直流電圧の値は、0V, 5V, 10V, 15V, 20Vである。横軸は、前記試料に対して10分間印加される直流電圧量である。縦軸は、図5と同様に、直流電圧印加前の圧電素子試料の分極状態と、直流電圧印加後の圧電素子資料の分極状態との比である。飽和分極値 P_m 及び残留分極値 P_r は、図5と同じ表記にて図6に示される。飽和分極値 P_m は、印加される直流電圧量を変化させても略一様の値を示した。一方、残留分極値 P_r は、印加される直流電圧量が5Vまでは急激に値が上昇し、5Vから10Vまで若干の減少を示す。そして、残留分極値 P_r は、印加される直流電圧量が10V以上の領域では殆ど変化しない。換言すれば、直流電圧の電圧が10V以上の場合、残留分極値 P_r は飽和する。従って、印加される直流電圧値は、10V以上が適切であると考えられる。ここで、本実施形態における光スキャナ100で用いられる圧電素子は、上部電極と下部電極との電位差が約8Vの場合に、抗電界に等しい電界が生じるように形成される。従って、図6から、抗電界が生じる電圧値以上の電圧が、圧電素子に印加されるのが適切であると考えられる。

[0059] 図7において、図10と同様に、縦軸は位相差のばらつき量を、横軸は光スキャナの駆動終了から次回駆動までの経過時間をそれぞれ表す。図7において、光スキャナ100の駆動前に、10Vの直流電圧が第1圧電素子130に48時間印加された。経過時間0時間の初回駆動時直後は約4 nsecの位相差のばらつき量であり、120時間ほど経過した後は約2 nsecの位相差のばらつき量であった。直流電圧が印加されない場合の依存性を示す図10においては、初回駆動時と120時間経過後との間の位相差のばらつき量の差は10 nsec程度である。一方、直流電圧が印加された図7においては、初回駆動時と120時間経過後との間の位相差のばらつき量の差は2 nsec程度であり、図10に比べて明らかに小さくなっている。即ち、直流電圧が圧電素子に印加されることによって、検出される位相差のばらつき量が抑えられた。

[0060] [画像表示装置 1 の説明]

本実施形態の光スキャナ 100 を用いた、画像表示装置 1 の全体構成及び動作について説明する。図 8 に示されるように、画像表示装置 1 は、観察者の瞳孔 52 に光束を入射させて網膜 54 上に画像を表示することによって、観察者に虚像を視認させるための装置である。この装置は、網膜走査型ディスプレイともいわれる。

[0061] 画像表示装置 1 は、光束生成手段 2、光ファイバ 19、コリメート光学系 20、光スキャナ 100、水平走査ドライバ 61、第 1 のリレー光学系 22、垂直走査部 23、垂直走査ドライバ 62、第 2 のリレー光学系 24 を備える。光束生成手段 2 は、映像信号処理回路 3、光源部 30、光合波部 40 で構成される。映像信号処理回路 3 は、外部から供給される映像信号に基づいて、画像を合成するための要素となる B 信号、G 信号、R 信号、水平同期信号、垂直同期信号を発生する。

[0062] 光源部 30 は、B レーザドライバ 31、G レーザドライバ 32、R レーザドライバ 33、B レーザ 34、G レーザ 35、R レーザ 36 を備える。B レーザドライバ 31 は、映像信号処理回路 3 からの B 信号に応じた強度の青色の光束を発生させるように、B レーザ 34 を駆動する。G レーザドライバ 32 は、映像信号処理回路 3 からの G 信号に応じた強度の緑色の光束を発生させるように、G レーザ 35 を駆動する。R レーザドライバ 33 は、映像信号処理回路 3 からの R 信号に応じた強度の赤色の光束を発生させるように、R レーザ 36 を駆動する。B レーザ 34、G レーザ 35 及び R レーザ 36 は、例えば半導体レーザや高調波発生機構付き固体レーザとして構成できる。尚、前記した光源部 30 が、本発明の光源の一例である。

[0063] 光合波部 40 は、コリメート光学系 41、42、43 と、ダイクロイックミラー 44、45、46 と、集光光学系 47 とを備える。B レーザ 34 から出射した青色レーザ光は、コリメート光学系 41 によって平行光化された後に、ダイクロイックミラー 44 に入射する。G レーザ 35 から出射した緑色レーザ光は、コリメート光学系 42 を経てダイクロイックミラー 45 に入射

する。Rレーザ36から出射した赤色レーザ光は、コリメート光学系43を経てダイクロイックミラー46に入射する。ダイクロイックミラー44, 45, 46にそれぞれ入射した3原色のレーザ光は、波長選択的に反射または透過されて1本の光束として合成され、集光光学系47に達する。合成されたレーザ光は、集光光学系47によって集光され、光ファイバ19へ入射する。

[0064] 水平走査ドライバ61は、映像信号処理回路3からの水平同期信号に従って、光スキャナ100を駆動する。垂直走査ドライバ62は、映像信号処理回路3からの垂直同期信号に従って、垂直走査スキャナ23を駆動する。レーザ光は、光スキャナ100及び垂直走査スキャナ23の走査によって、水平方向と垂直方向とに走査された光束として変換され、画像として表示可能な状態になる。具体的には、光ファイバ19から出射したレーザ光は、コリメート光学系20によって平行光に変換された後に、光スキャナ100に導かれる。光スキャナ100によって水平方向に走査されたレーザ光は、第1のリレー光学系22を通過した後に、垂直走査スキャナ23に平行光線として入射する。このとき、第1のリレー光学系22によって、垂直走査スキャナ23の位置に光学瞳が形成される。垂直走査スキャナ23によって垂直方向に走査されたレーザ光は、第2のリレー光学系24を通過した後に、観測者の瞳孔52に平行光線として入射する。このとき、第2のリレー光学系24によって、観測者の瞳孔52と垂直走査スキャナ23の位置にある光学瞳とが共役となる。尚、前記した第2のリレー光学系24が、本発明の接眼光学系の一例である。

[0065] <変形例>

本発明は、今までに述べた実施形態に限定されることは無く、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の変形・変更が可能である。以下にその変形の一例を述べる。

[0066] (1) 図2において、直流電圧印加部160は、第1圧電素子130と第2圧電素子140との両方に直流電圧を印加する。しかし、第2圧電素子1

40にのみ直流電圧を印加するような構成にしても良い。

[0067] (2) 前記した実施形態において、光スキャナ100の駆動周波数は、共振周波数と同じに設定される。即ち、光スキャナ100は共振駆動される。しかし、光スキャナ100は、共振周波数と異なる周波数で駆動されても良い。共振駆動では検出信号と駆動信号との位相差を知る必要があるので、本発明によって位相差のばらつき量を抑えることは、共振駆動において特に有用である。しかし、図4において位相差が 0° となる周波数で光スキャナ100が駆動される場合であっても、光の走査位置を知る等の目的で位相を調べる必要がある場合もある。そのため、光スキャナが共振駆動で用いられない場合でも、本発明は有用である。

[0068] (3) 前記した実施形態において、駆動信号が第1圧電素子130に入力され、検出信号が第2圧電素子140から出力される。しかし、第1圧電素子130の構成と第2圧電素子140の構成とは同じであるので、駆動信号が第2圧電素子140に入力され、検出信号が第1圧電素子130から出力されても良い。あるいは、図9に示される光スキャナ200のように、駆動信号の入力先と検出信号の出力元とが切替可能な構成でもよい。

[0069] 光スキャナ200は、切替回路180が設けられ、2つの信号重畳回路190a, 190bが設けられる点において、前記した実施形態における光スキャナ100と相違する。図9において、前記した実施形態の回路構成と同一の構成要素に関しては、図2と同じ番号を付すことで説明を省略する。切替回路180は、信号処理回路170からの制御信号に従い、入力された駆動信号を第1圧電素子130又は第2圧電素子140のいずれか一方の圧電素子に選択的に出力することで、光スキャナ200を駆動するための圧電素子を切替る機能を有する。また、切替回路180は、信号処理回路170からの制御信号に従い、光スキャナ200の駆動に使用されない他方の圧電素子から出力された検出信号を、位相比較器151に入力する機能も有する。即ち、切替回路180は、第1圧電素子130及び第2圧電素子140の機能を、光スキャナ200の駆動に用いる圧電素子と、光スキャナ200の位

相を検出する圧電素子との何れかに切替えることを可能にする。この切替回路180は、例えばCMOS等を用いた単極二接点スイッチ（SPDT（Single-Pole Dual Throw）スイッチ）によって構成することができる。駆動信号が切替回路180から第1圧電素子130に対して出力される場合、切替回路180は、駆動信号を信号重畳回路190aに出力する。信号重畳回路190aは、この駆動信号と直流電圧印加部160からの直流電圧とを重畳する。信号重畳回路190aは、直流電圧と重畳された駆動信号を、第1圧電素子130に出力する。このとき、信号重畳回路190bには駆動信号が入力されないので、第2圧電素子140に対しては、直流電圧印加部160からの直流電圧のみが信号重畳回路190bを介して入力される。一方、駆動信号が切替回路180から第2圧電素子140に対して出力される場合、切替回路180は、駆動信号を信号重畳回路190bに出力する。信号重畳回路190bは、この駆動信号と直流電圧印加部160からの直流電圧とを重畳する。信号重畳回路190bは、直流電圧と重畳された駆動信号を、第2圧電素子140に出力する。このとき、信号重畳回路190aには駆動信号が入力されないので、第1圧電素子130に対しては、直流電圧印加部160からの直流電圧のみが信号重畳回路190aを介して入力される。

[0070] 切替回路180を用いることの効果は、特許文献1に記載されている信号経路切替手段の様に、光スキャナ200の寿命を延ばすことが可能になることである。駆動に用いられる圧電素子が受ける応力は、位相検出に用いられる素子が受ける応力よりも大きい。そのため、駆動に用いられる圧電素子の寿命は、位相検出に用いられる圧電素子の寿命よりも短くなる可能性がある。切替回路180用いて圧電素子を駆動と検出とに適宜切替えて使用することによって、第1圧電素子130と第2圧電素子140との寿命が同じになるように調整できる。従って、光スキャナ200の寿命を延ばすことが可能になる。

[0071] （４） 前記した実施形態においては、図3に示される様に、駆動信号が第

1 圧電素子 1 3 0 に送信されているときも、第 1 圧電素子 1 3 0 及び第 2 圧電素子 1 4 0 に直流電圧が印加される。しかし、第 1 圧電素子 1 3 0 及び第 2 圧電素子 1 4 0 は、光スキャナ 1 0 0 が駆動される時点において分極状態が調整済みであれば良い。従って、直流電圧は、駆動信号が第 1 圧電素子 1 3 0 に送信される前にのみ印加され、駆動信号の送信後は直流電圧が印加されなくても良い。あるいは、駆動信号の送信後も第 1 圧電素子 1 3 0 及び第 2 圧電素子 1 4 0 に直流電圧が印加されるのであれば、特開 2 0 0 7 - 2 5 6 0 8 号公報に記載の技術の様に、印加される直流電圧値を調整することにより、圧電素子に発生する張力を変化させ、光スキャナの共振周波数を調整することも可能である。

[0072] (5) 前記した実施形態の光スキャナの弾性梁は、反射ミラー支持部から結合部を介して一对の梁部に結合される、所謂二股梁の形状である。しかし、これ以外の構造であってもよい。例えば、米国特許第 6 6 5 7 7 6 4 号明細書の図 1 や特開 2 0 0 7 - 2 6 8 3 7 4 号公報の図 2 に記載の光スキャナの様に、弾性梁が二股に分かれな形状の光スキャナであっても、光スキャナの駆動に圧電素子が使用されるのであれば、本発明は適応可能である。また、前記した実施形態の光スキャナにおいて、反射ミラー 1 1 1 は、一端に連結される第 1 弾性梁 1 1 2 と、他端に連結される第 2 弾性梁 1 1 3 とによって両持支持される。しかし、例えば特開平 7 - 6 5 0 9 8 号公報の図 1 に記載の光スキャナの様に、反射ミラーが一端でのみ弾性梁によって支持される片持支持の構成であっても、光スキャナの揺動状態の検知や駆動に圧電素子が使用されるのであれば、本発明は適応可能である。要は、弾性梁によって支持された反射ミラーの駆動や揺動状態の検知を、圧電素子によって行う構成の光スキャナであれば良い。

[0073] (6) 前記した実施形態において、第 1 圧電素子 1 3 0 を構成する 2 つの圧電素子は、互いに逆相の交流電圧、即ち位相が π ずれた交流電圧が夫々印加されることで逆相駆動される。しかし、逆相駆動は、例えば図 1 において第 1 圧電素子 1 3 0 を構成する 2 つの圧電素子のうち右側の圧電素子と、第

2 圧電素子 1 4 0 を構成する 2 つの圧電素子の左側の圧電素子とに、逆相の交流電圧が印加されることで達成されても良い。あるいは、図 1 において第 1 圧電素子 1 3 0 を構成する 2 つの圧電素子のうち右側の圧電素子と、第 2 圧電素子 1 4 0 を構成する 2 つの圧電素子の右側の圧電素子とに、同じ位相の交流電圧が印加されることで、同相駆動が達成されても良い。

符号の説明

- [0074] 1 画像表示装置
- 2 光束生成手段
- 3 映像信号処理回路 3
- 1 9 光ファイバ
- 2 0, 4 1, 4 2, 4 3 コリメート光学系
- 2 2 第 1 のリレー光学系
- 2 3 垂直走査スキャナ
- 2 4 第 2 のリレー光学系
- 3 0 光源部
- 3 1 B レーザドライバ
- 3 2 G レーザドライバ
- 3 3 B レーザドライバ
- 3 4 B レーザ
- 3 5 G レーザ
- 3 5 R レーザ
- 4 0 光合波部
- 4 4, 4 5, 4 6 ダイクロイックミラー
- 4 7 集光光学系
- 5 2 観察者の瞳孔
- 5 4 観察者の網膜
- 6 1 水平走査ドライバ
- 6 2 垂直走査ドライバ

- 1 0 0, 2 0 0 光スキャナ
- 1 1 0 基体
- 1 1 1 反射ミラー
- 1 1 2 第 1 弾性梁
- 1 1 3 第 2 弾性梁
- 1 1 2 a, 1 1 3 a 反射ミラー支持部
- 1 1 2 b, 1 1 3 b 結合部
- 1 1 2 c, 1 1 3 c 一对の梁部
- 1 1 4 外枠部
- 1 2 0 台座
- 1 2 1 基体固定部
- 1 3 0 第 1 圧電素子
- 1 3 1, 1 4 1 下部電極
- 1 3 2, 1 4 2 上部電極
- 1 4 0 第 2 圧電素子
- 1 5 0 交流電圧印加部
- 1 5 1 位相比較器
- 1 5 2 ローパスフィルタ
- 1 5 3 電圧制御発振器
- 1 5 4 位相シフタ
- 1 5 5 コンパレータ
- 1 6 0 直流電圧印加部
- 1 7 0 信号処理回路
- 1 8 0 切替回路
- 1 9 0, 1 9 0 a, 1 9 0 b 信号重畳回路

請求の範囲

- [請求項1] 揺動軸線の周りに揺動され、入射した光を所定方向に走査する反射ミラーと、
前記反射ミラーに連結された第1の弾性梁と、
前記反射ミラーに前記第1の弾性梁とは異なる位置で連結された第2の弾性梁と、
前記反射ミラー、前記第1の弾性梁及び前記第2の弾性梁を揺動させるために、前記第1の弾性梁又は前記第2の弾性梁の少なくとも一方に設けられ、前記第1の弾性梁又は前記第2の弾性梁の少なくとも一方に曲げ変位を生じさせる第1の圧電素子と、
前記第1の圧電素子に曲げ変位を生じさせるために、前記第1の圧電素子に交流電圧を印加する交流電源部と、
前記第1の弾性梁又は前記第2の弾性梁の少なくとも一方の曲げ変位の状態を検知するために、前記第1の弾性梁又は前記第2の弾性梁の少なくとも一方に設けられ、自身の曲げ変位に応じた検出信号を生じる第2の圧電素子と、
少なくとも前記交流電源部によって前記第1の圧電素子に交流電圧が印加されないとき、前記第2の圧電素子に直流電圧を印加する直流電源部と、
を備えることを特徴とする光スキャナ。
- [請求項2] 前記直流電源部は、前記第2の圧電素子に抗電界以上の電界が発生するように、直流電圧を前記第2の圧電素子に印加する、
ことを特徴とする請求項1に記載の光スキャナ。
- [請求項3] 前記直流電源部は、前記交流電源部によって前記第1の圧電素子に交流電圧の印加が開始されるよりも所定時間前に、前記第2の圧電素子に直流電圧の印加を開始する、
ことを特徴とする請求項1に記載の光スキャナ。
- [請求項4] 前記直流電源部は、前記交流電源部によって前記第1の圧電素子に

交流電圧の印加が開始されるよりも、少なくとも直流電圧の印加時間に対して分極状態が飽和する時間だけ前に、前記第 2 の圧電素子に直流電圧の印加を開始する、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の光スキャナ。

[請求項 5] 前記直流電源部は、更に、前記第 1 の圧電素子の分極状態を調整するために、少なくとも前記交流電源部によって前記第 1 の圧電素子に交流電圧が印加されないとき、前記第 1 の圧電素子に直流電圧を印加する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光スキャナ。

[請求項 6] 前記交流電源部は、前記反射ミラー、前記第 1 の弾性梁及び前記第 2 の弾性梁を揺動軸線周りに共振駆動させるために、前記検出信号に応じて前記第 1 の圧電素子に印加する交流電圧の周波数を調整する周波数調整部を備える、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光スキャナ。

[請求項 7] 前記直流電源部は、更に、前記交流電源部によって前記第 1 の圧電素子に交流電圧が印加されているときにも、前記第 1 の圧電素子又は前記第 2 の圧電素子の少なくとも一方に直流電圧を印加する、

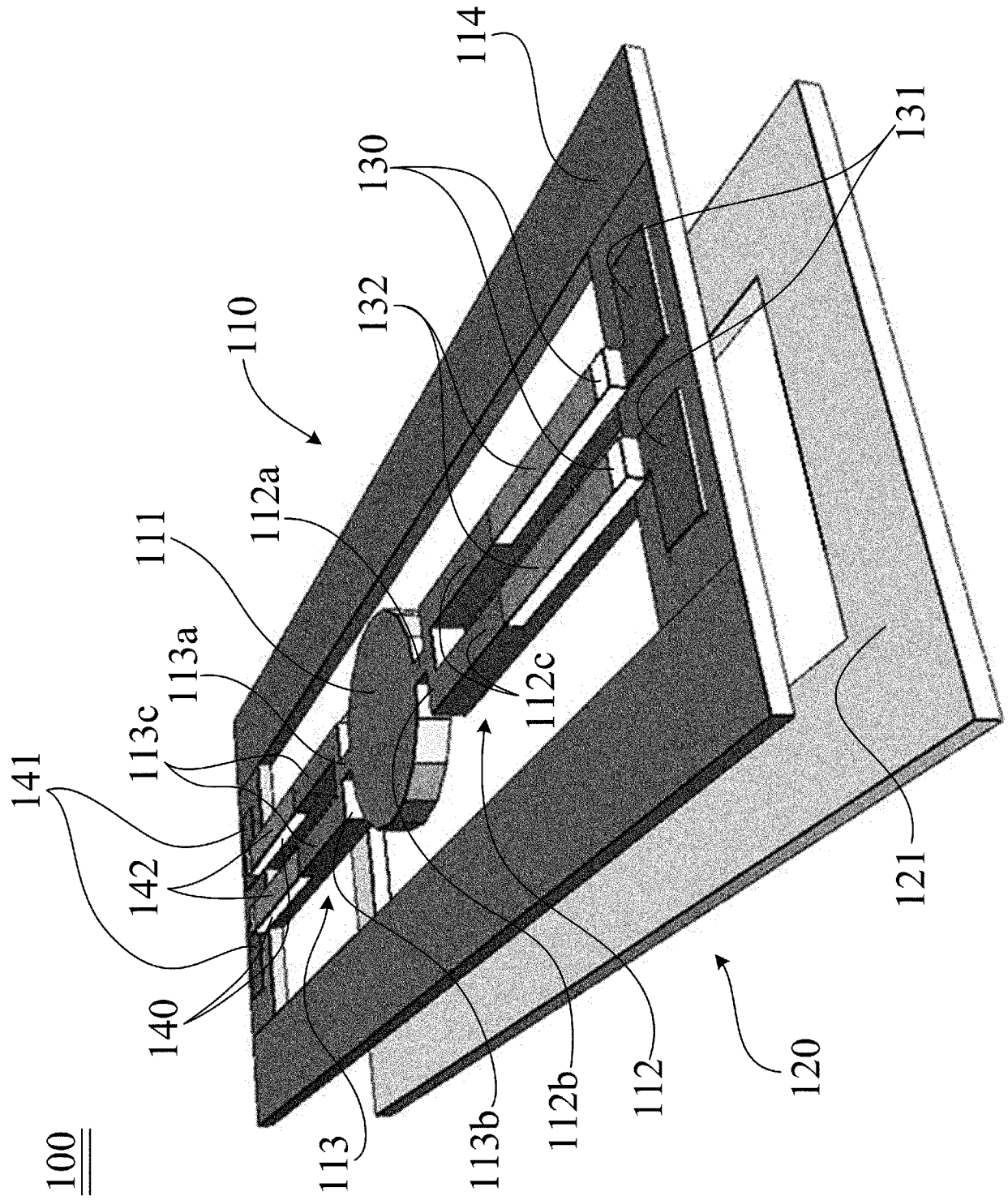
ことを特徴とする請求項 1 に記載の光スキャナ。

[請求項 8] 光を走査して画像を形成するための、請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の光スキャナと、

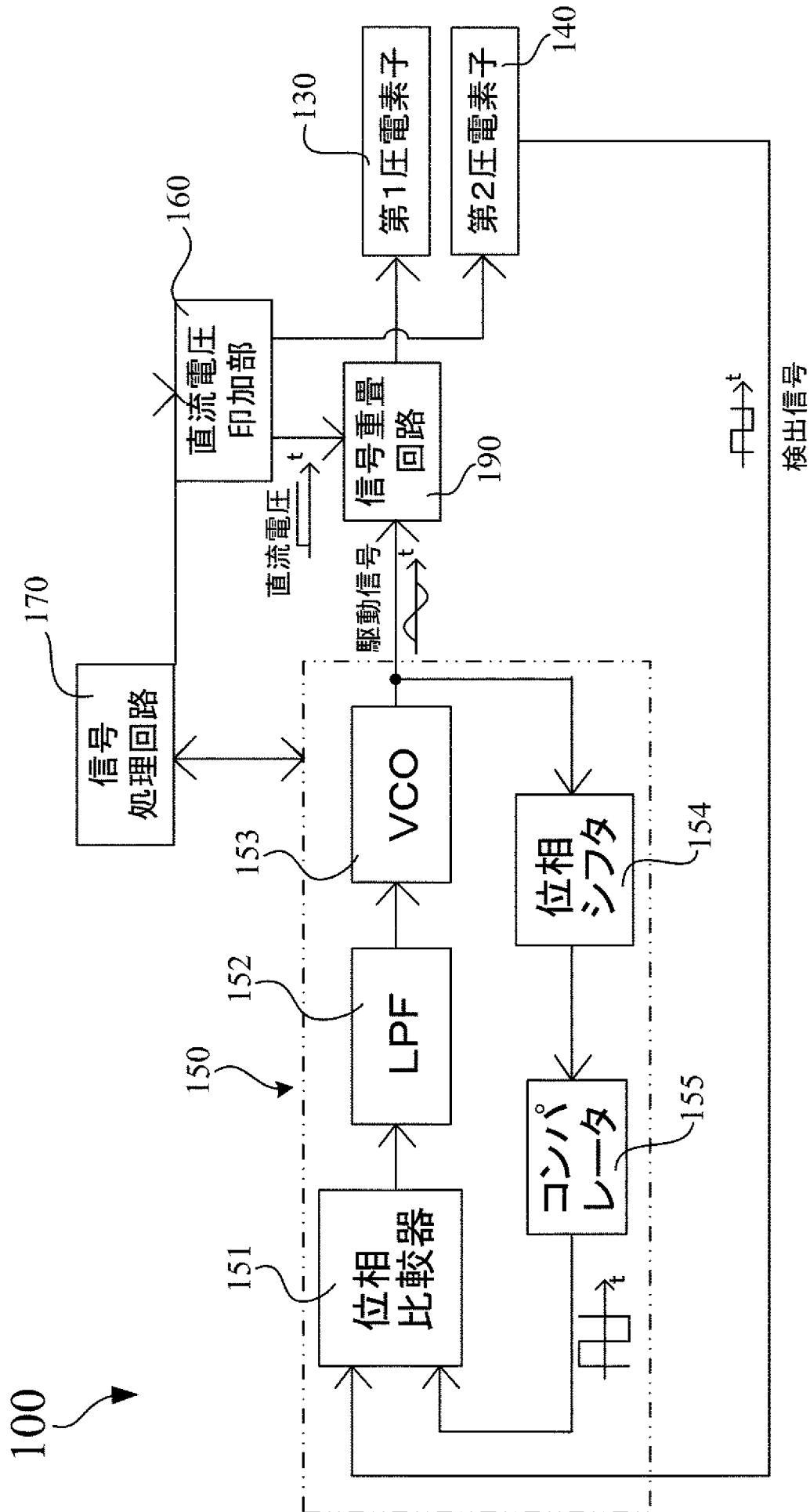
その光スキャナに光を供給するための光源と、

前記光スキャナによって走査された光を使用者の目に導く接眼光学系と、を備えることを特徴する画像表示装置。

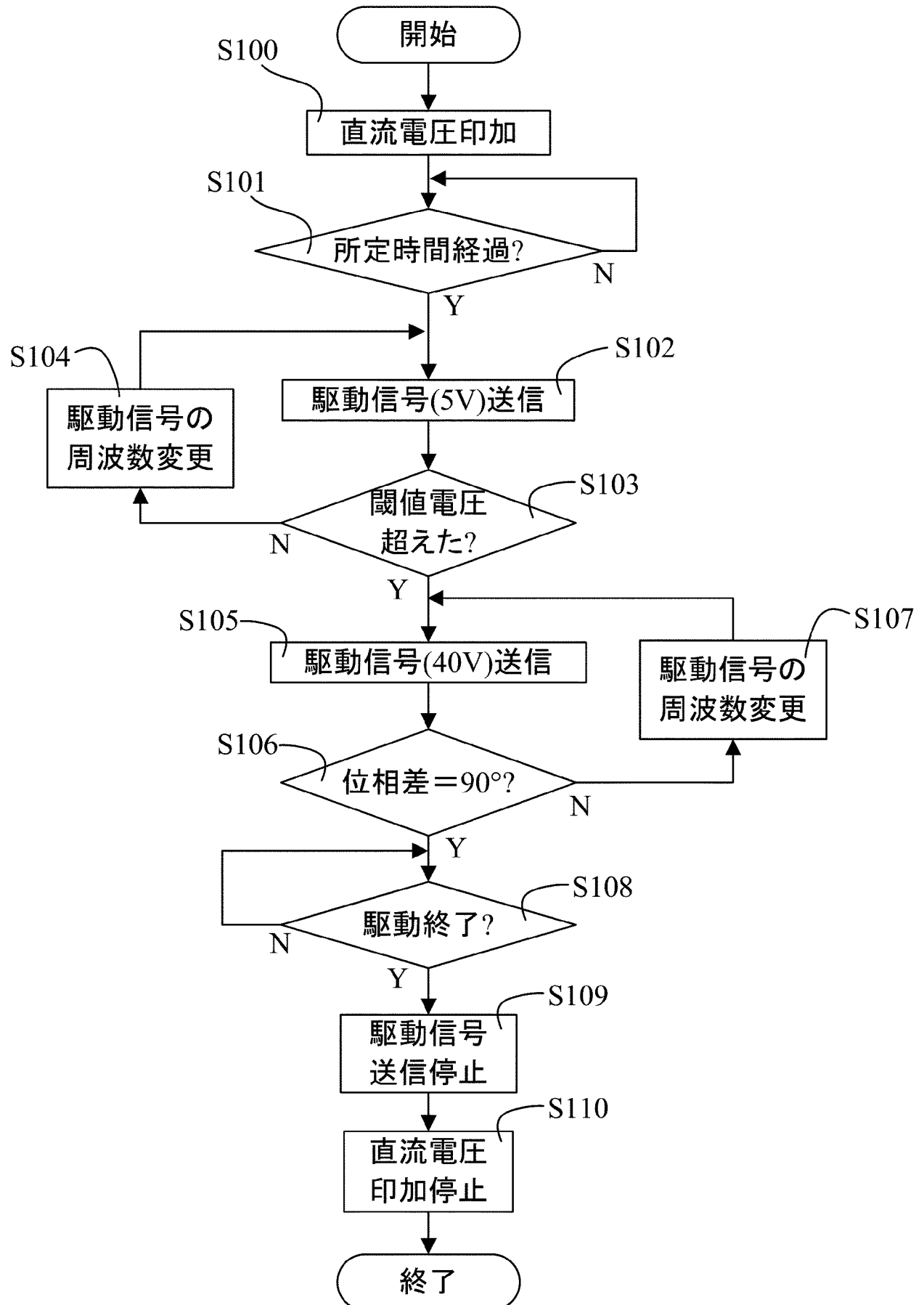
[図1]



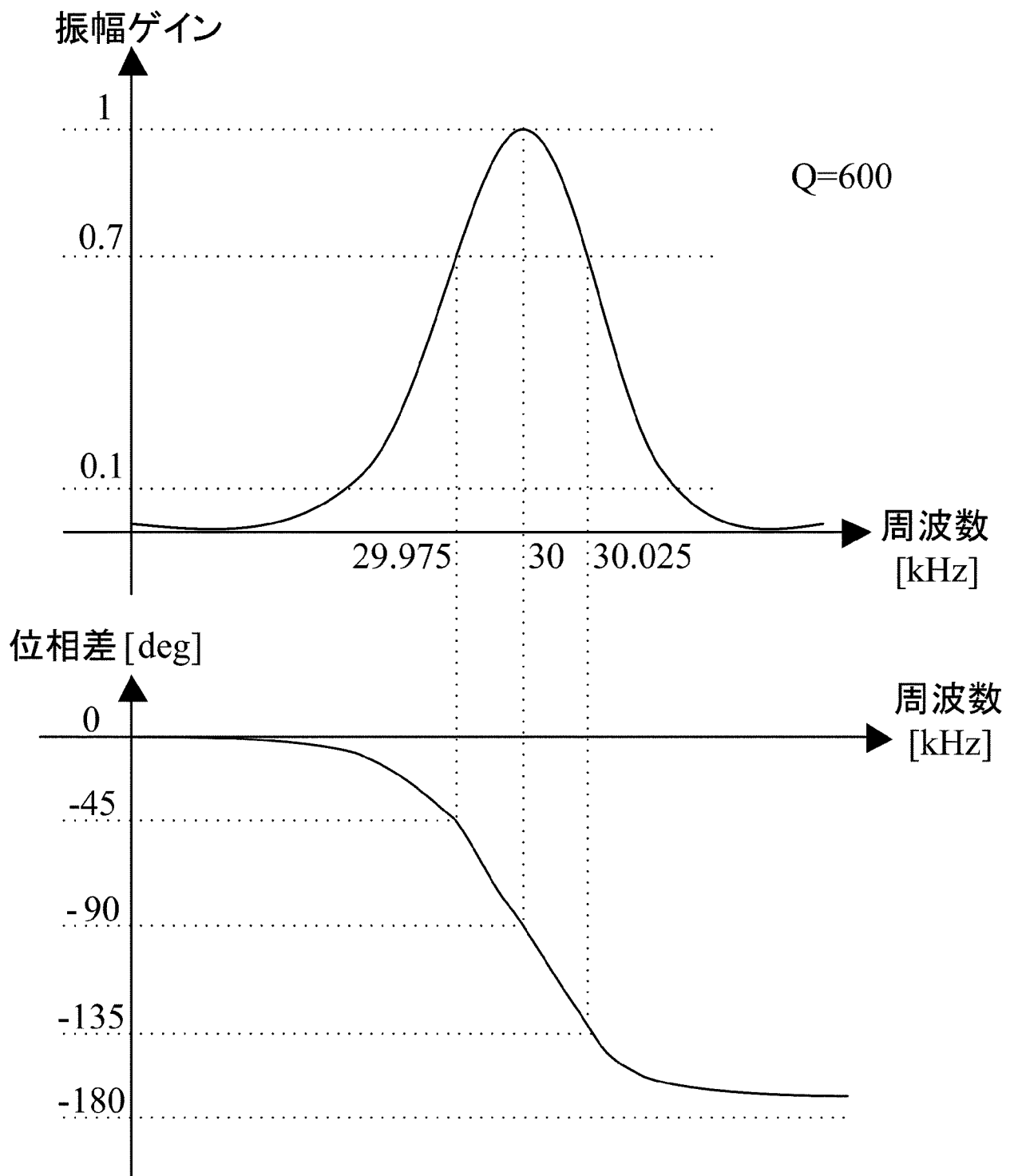
[図2]



[図3]

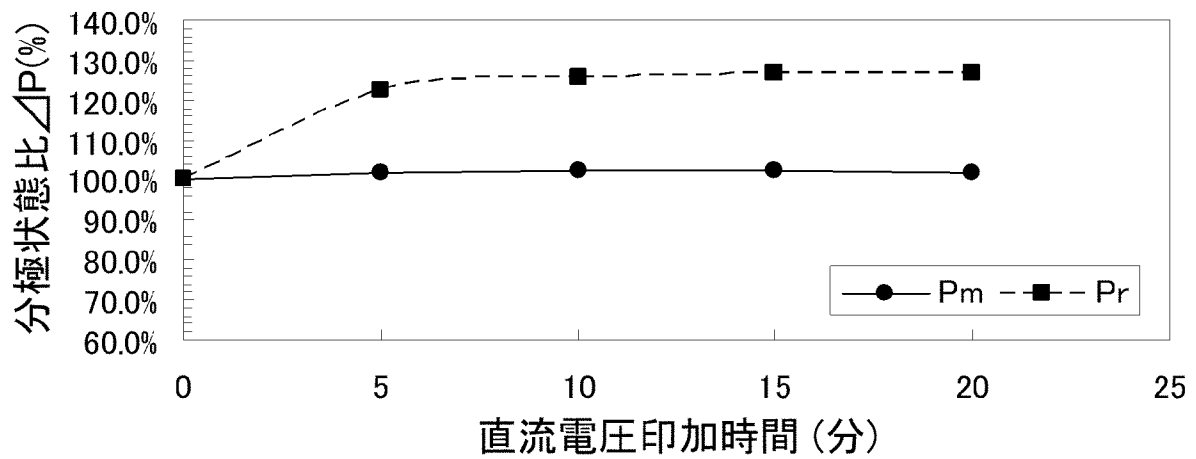


[図4]



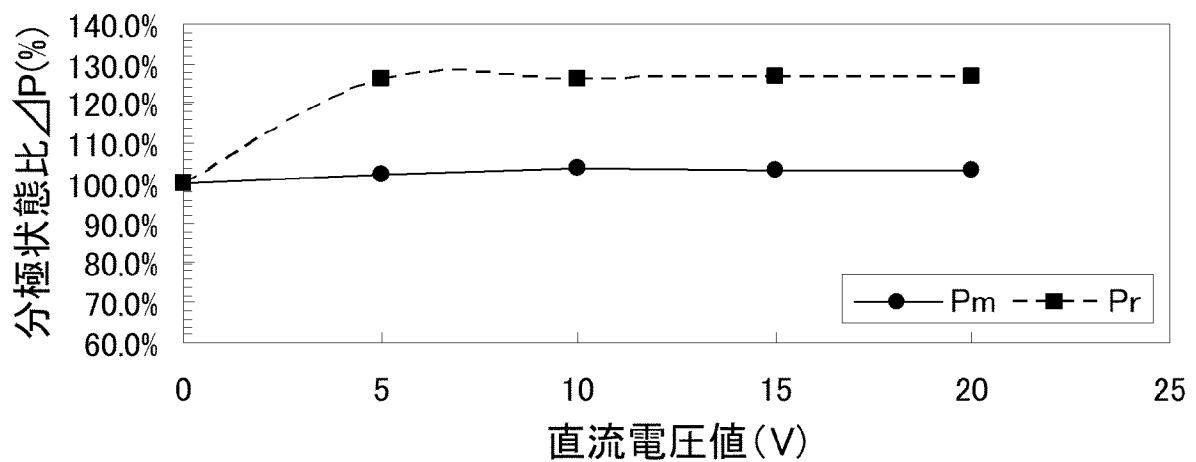
[図5]

直流電圧印加時間依存性

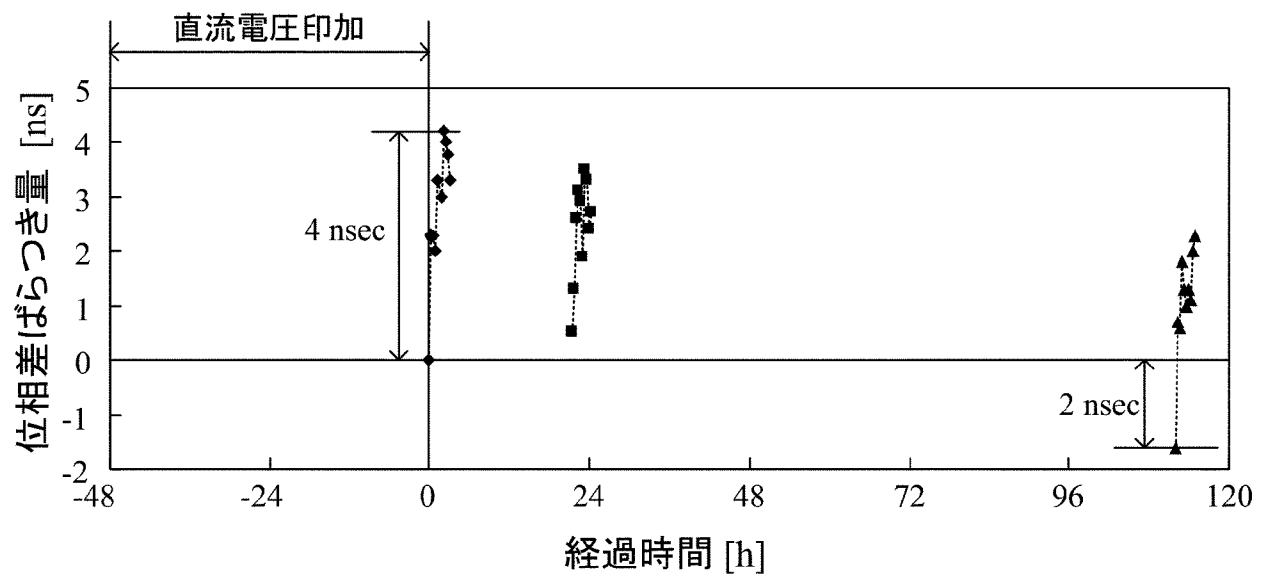


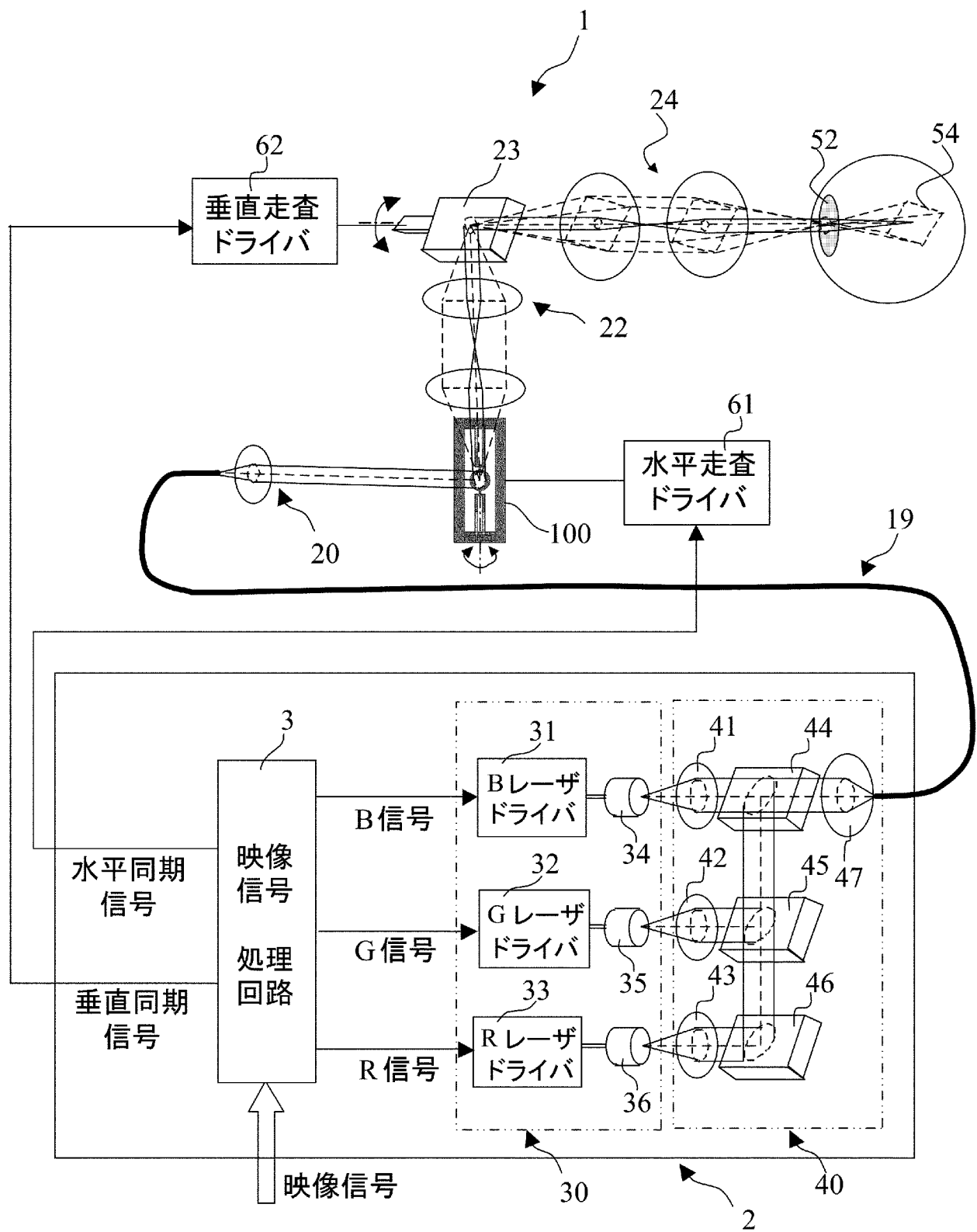
[図6]

直流電圧印加電圧依存性

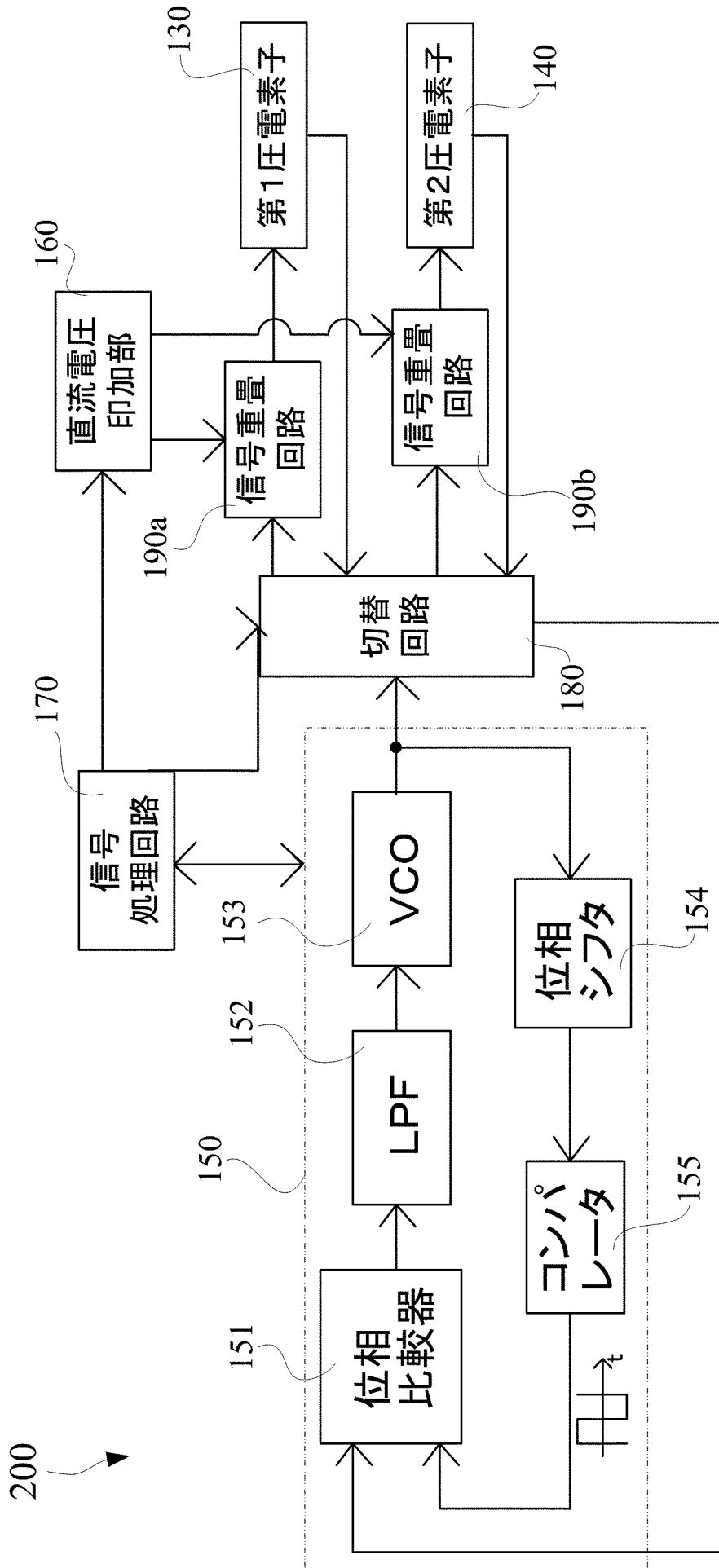


[図7]

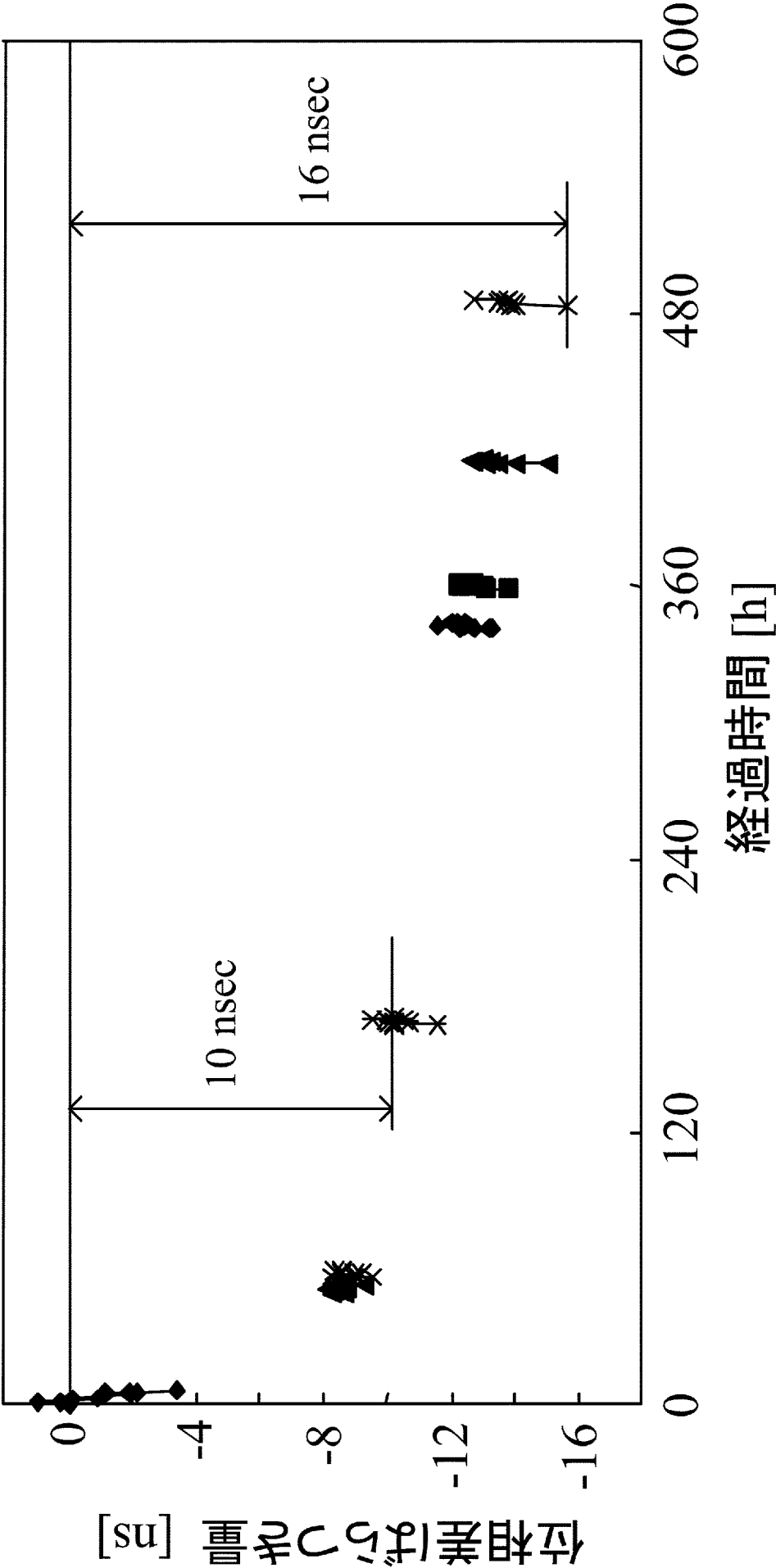




[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/006484

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B26/10(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G02B26/08(2006.01)i, G02B27/02(2006.01)i, H04N1/113(2006.01)i, H04N5/74(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)

G02B26/00-26/10, B81B3/00, G02B27/02, H04N1/113, H04N5/74

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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

JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-025608 A (Brother Industries, Ltd.), 01 February 2007 (01.02.2007), paragraphs [0035] to [0107]; fig. 1 to 9 & US 2008/0144154 A1 & WO 2007/010981 A1	1-8
A	JP 2004-180496 A (Panasonic Corp.), 24 June 2004 (24.06.2004), paragraphs [0017] to [0018], [0043] to [0056]; fig. 1 to 4 & US 2004/0135472 A1 & EP 1420465 A2 & CN 1501575 A	1-8
A	JP 2005-208251 A (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 04 August 2005 (04.08.2005), paragraphs [0044] to [0051]; fig. 5 (Family: none)	1-8

☒ 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
22 December, 2009 (22.12.09)

Date of mailing of the international search report
12 January, 2010 (12.01.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/006484

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-140316 A (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 07 June 2007 (07.06.2007), paragraphs [0012] to [0050]; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B26/10(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G02B26/08(2006.01)i, G02B27/02(2006.01)i,
H04N1/113(2006.01)i, H04N5/74(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. G02B26/00-26/10, B81B3/00, G02B27/02, H04N1/113, H04N5/74

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

JSTPlus(JDreamII)
JST7580(JDreamII)

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
A	JP 2007-025608 A（ブラザー工業株式会社） 2007.02.01, 段落【0035】 - 【0107】，第1-9図 & US 2008/0144154 A1 & WO 2007/010981 A1	1 - 8

☒ 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 2 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 1 . 2 0 1 0

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100-8915
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）

山本 貴一

2 X

4 0 8 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4

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
A	JP 2004-180496 A (パナソニック株式会社) 2004.06.24, 段落【0017】 - 【0018】, 【0043】 - 【0056】, 第1-4 図 & US 2004/0135472 A1 & EP 1420465 A2 & CN 1501575 A	1 - 8
A	JP 2005-208251 A (住友精密工業株式会社) 2005.08.04, 段落【0044】 - 【0051】, 第5 図 (ファミリーなし)	1 - 8
A	JP 2007-140316 A (住友精密工業株式会社) 2007.06.07, 段落【0012】 - 【0050】, 全図 (ファミリーなし)	1 - 8