(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
2008 年1 月31 日 (31.01.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/013271 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 26/08 (2006.01) *G02B 26/10* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/064787

(22) 国際出願日: 2007 年7 月27 日 (27.07.2007)

(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2006-204396 2006 年7 月27 日 (27.07.2006) JP
特願2006-223070 2006 年8 月18 日 (18.08.2006) JP
特願2006-223075 2006 年8 月18 日 (18.08.2006) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町二丁目３番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

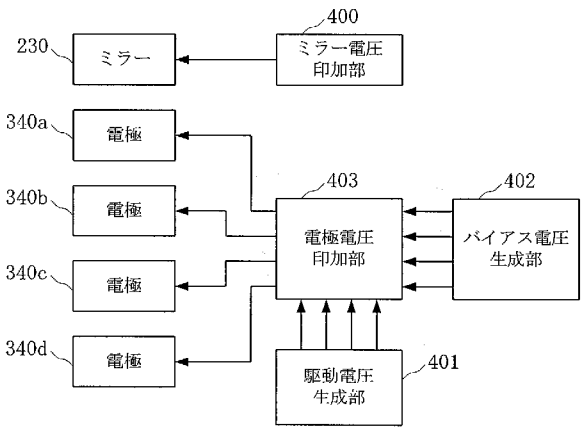
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 水上 雅人 (MIZUKAMI, Masato) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 山口 城治 (YAMAGUCHI, Johji) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 根本 成 (NEMOTO, Naru) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 内山 真吾 (UCHIYAMA, Shingo) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 山川 政樹, 外(YAMAKAWA, Masaki et al.); 〒1000014 東京都千代田区永田町２丁目４番２号 秀和溜池ビル８階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

/続葉有/

(54) Title: MIRROE CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: ミラー制御装置



230 MIRROR
400 MIRROR VOLTAGE APPLYING UNIT
340a-340d ELECTRODES
403 ELECTRODE VOLTAGE APPLYING UNIT
402 BIAS VOLTAGE GENERATING UNIT
401 DRIVING VOLTAGE GENERATING UNIT

(57) Abstract: A mirror control device is provided with a rotatably supported mirror (230), electrodes (340a-340d) disposed apart from the mirror (230), a driving voltage generating means (401) for generating a driving voltage for every electrode in accordance with a desired slant angle of the mirror (230), a bias voltage generating means (402) for generating a voltage for every electrode as a bias voltage to make the slant angle of the mirror (230) the same defined value when a voltage is individually applied to each of the electrodes (340a-340d), and an electrode voltage applying means (403) for adding the bias voltage to the driving voltage for every electrode and for applying the added voltage to its corresponding electrode (340a-340d).

(57) 要約: ミラー制御装置は、回動可能に支持されたミラー（２３０）と、ミラー（２３０）から離間して配置された電極（３４０ａ～３４０ｄ）と、ミラー（２３０）の所望の傾斜角に応じた駆動電圧を電極毎に生成する駆動電圧生成手段（

/続葉有/

WO 2008/013271 A1

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, 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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

４０１）と、電極（３４０ａ～３４０ｄ）の各々に単独に電圧を印加したときにミラー（２３０）の傾斜角が同一の規定値になる電圧をバイアス電圧として電極毎に生成するバイアス電圧生成手段（４０２）と、バイアス電圧と駆動電圧とを電極毎に加算して、加算後の電圧を対応する電極（３４０ａ～３４０ｄ）に印加する電極電圧印加手段（４０３）とを備える。

明 細 書

ミラー制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、通信用の光スイッチやスキャナ等に使用されるミラー制御装置に関するものである。

背景技術

[0002] 光スイッチ等のハードウェアを実現する技術の一つとして、マイクロマシン技術により製作されるミラー制御装置が特開2003－57575号公報で提案されている。図1は本発明の第1実施例に係るミラー制御装置の構成を示す分解斜視図、図2は図1のミラー制御装置の断面図であるが、従来のミラー制御装置においても機械的な構成は同様であるので、図1、図2を用いて従来のミラー制御装置を簡単に説明する。

[0003] ミラー制御装置100は、ミラーが形成されたミラー基板200と、電極が形成された電極基板300とが平行に配設された構造を有する。

ミラー基板200は、板状の枠部210と、枠部210の開口内に配設された可動枠220と、可動枠220の開口内に配設されたミラー230とを有する。可動枠220は、一対のトーションバネ211a，211bを通る図1の可動枠回動軸xを軸として回動することができる。同様に、ミラー230は、一対のトーションバネ221a，221bを通る図1のミラー回動軸yを軸として回動することができる。結果として、ミラー230は、直交する2軸で回動する。

[0004] 電極基板300は、板状の基部310と、段丘状の突出部320とを有する。突出部320の四隅とこの四隅に続く基部310の上面には、4つの電極340a～340dが形成されている。基部310の表面には酸化シリコン等からなる絶縁層311が形成されており、この絶縁層311の上に電極340a～340d、引き出し線341a～341d、配線370が形成されている。

[0005] このようなミラー制御装置100においては、ミラー230を接地し、電極340a～340dに正の駆動電圧を与えて、しかも電極340a～340d間に非対称な電位差を生じさせることにより、ミラー230を静電引力で吸引し、ミラー230を任意の方向へ回動させる

ことができる。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] 従来のミラー制御装置では、ミラー230の駆動電圧－傾斜角特性が回動方向によって異なることがあるという問題点があった。ミラー230の駆動電圧－傾斜角特性が回動方向によって異なる要因としては、電極340a～340dとミラー230の中心位置のずれや、電極340a～340dの形状誤差、トーションバネ211a，211bの回動軸x周りの剛性とトーションバネ221a，221bの回動軸y周りの剛性の違いなどが考えられる。

[0007] 回動方向による駆動電圧－傾斜角特性の違いが存在すると、同一の駆動電圧を印加した場合でも回動方向によってミラー230の傾斜角が異なることになる。このような回動方向による特性の違いを補正するには、ミラー230の回動方向に応じて駆動電圧を変える必要があり、制御が煩雑になる。ミラー230を制御する上では、各方向の駆動電圧－傾斜角特性が揃っていることが好ましい。

[0008] また、従来のミラー制御装置では、電極340a～340dに直流電圧を印加するため、電極340a～340dとミラー230との間に存在する浮遊容量（例えば絶縁層311）が電極340a～340dへの電圧印加により分極し、あるいは何らかの理由で帯電し、これが徐々に放電あるいは充電されてミラー230の駆動力に影響を与えるため、ミラー230の動作時に、ミラー230と電極340a～340d間の電位が時間と共に変動して、ミラー230の傾斜角度が徐々に変動する現象、すなわちドリフトが発生してしまうという問題点があった。

[0009] また、従来のミラー制御装置では、駆動時にミラー230の傾斜角に応じた大きな駆動電圧を電極340a～340dに印加する必要がある。ミラー230と電極340a～340d間の距離、ミラー230を支持するトーションバネの復元力、電極340a～340dの面積などによって、駆動電圧と静電引力との関係あるいは駆動電圧とミラー230の傾斜角との関係が決定されるが、電極340a～340dに印加する駆動電圧としては例えば数十Vから数百V程度の高い電圧が必要である。したがって、高電圧を発生できる電源が必要になるという問題点があった。

[0010] 本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、ミラーの回動方向による駆

動電圧－傾斜角特性の違いを緩和することができるミラー制御装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、ミラーのドリフトの発生を抑制することができるミラー制御装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、ミラーの駆動電圧の低電圧化を実現することができるミラー制御装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明のミラー制御装置は、回動可能に支持されたミラーと、このミラーから離間して配置された複数の電極と、前記ミラーの所望の傾斜角に応じた駆動電圧を前記電極毎に生成する駆動電圧生成手段と、前記電極の各々に単独に電圧を印加したときに前記ミラーの傾斜角が規定値になる電圧をバイアス電圧として前記電極毎に生成するバイアス電圧生成手段と、前記バイアス電圧と前記駆動電圧とを前記電極毎に加算して、加算後の電圧を対応する前記電極に印加する電極電圧印加手段とを備えるものである。

[0012] また、本発明のミラー制御装置は、回動可能に支持されたミラーと、このミラーから離間して配置された複数の電極と、駆動電圧を印加した電極と前記ミラーとの電位差が正電位である第1の区間と前記電位差が負電位である第2の区間とが少なくとも生じるように、前記駆動電圧として交流電圧を前記ミラーの所望の傾斜角に応じて生成して前記電極に印加する駆動電圧印加手段とを備えるものである。

[0013] また、本発明のミラー制御装置は、回動可能に支持されたミラーと、このミラーから離間して配置された複数の電極と、前記ミラーに非零のバイアス電圧を印加するバイアス電圧印加手段と、前記複数の電極のうち少なくとも1つに前記バイアス電圧と反対極性の駆動電圧を印加する駆動電圧印加手段とを備えるものである。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、電極の各々に単独に電圧を印加したときにミラーの傾斜角が規定値になる電圧をバイアス電圧として電極毎に生成して印加することにより、ミラーの回動方向による駆動電圧－傾斜角特性の違いを緩和することができる。その結果、本発明では、ミラーの所望の傾斜角に応じた駆動電圧を生成する際に、ミラーの回

動方向による駆動電圧－傾斜角特性の違いを考慮する必要がなくなる。

[0015] また、本発明によれば、駆動電圧を印加した電極とミラーとの電位差が正電位である第1の区間と電位差が負電位である第2の区間とが少なくとも生じるように、駆動電圧として交流電圧を生成して電極に印加することにより、電極とミラーとの間に存在する浮遊容量に溜まる電荷を零に近づけることができ、ミラーのドリフトの発生を抑制することができる。

[0016] また、本発明によれば、ミラーに非零のバイアス電圧を印加することにより、駆動電圧の低電圧化を実現することができるので、バイアス電圧印加手段と駆動電圧印加手段に従来よりも低電圧出力の電源を使用することができる。また、複数の電極のうち少なくとも1つにバイアス電圧と反対極性の駆動電圧を印加することにより、ミラーを駆動する力を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、本発明の第1実施例に係るミラー制御装置の構成を示す分解斜視図である。

[図2]図2は、図1のミラー制御装置の断面図である。

[図3]図3は、本発明の第1実施例に係るミラー制御装置の電気的な接続関係を示すブロック図である。

[図4]図4は、本発明の第1実施例におけるミラーの駆動電圧－傾斜角特性の1例を示す図である。

[図5]図5は、本発明の第1実施例においてミラーが回動する様子を示す断面図である。

[図6]図6は、本発明の第3実施例に係るミラー制御装置の電気的な接続関係を示すブロック図である。

[図7A]図7Aは、本発明の第3実施例において1つの電極に印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。

[図7B]図7Bは、本発明の第3実施例において別の電極に印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。

[図8A]図8Aは、本発明の第4実施例において1つの電極に印加する駆動電圧の1

例を示す波形図である。

[図8B]図8Bは、本発明の第4実施例において別の電極に印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。

[図9]図9は、本発明の第4実施例の効果を説明するための図である。

[図10A-10C]図10A－図10Cは、本発明の第4実施例におけるミラーの傾斜角の制御方法を説明するための駆動電圧の波形図である。

[図11A-11B]図11A－図11Bは、本発明の第3実施例および第4実施例において駆動電圧として交流電圧を用いる場合の問題点を説明するための図である。

[図12]図12は、光スイッチにおいて入出力ポート間のパスの接続を行った場合の出力光のパワーと駆動電圧の周波数との関係を示す図である。

[図13A]図13Aは、本発明の第4実施例において1つの電極に印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。

[図13B]図13Bは、図13Aの駆動電圧を印加した電極とミラーとの間に発生する静電力を示す図である。

[図14A]図14Aは、浮遊電荷による駆動電圧の増加分を示す図である。

[図14B]図14Bは、図14Aの駆動電圧を印加した電極とミラーとの間に発生する静電力を示す図である。

[図15]図15は、本発明の第5実施例において1つの電極に印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。

[図16]図16は、本発明の第5実施例において1つの電極に印加する駆動電圧の他の例を示す波形図である。

[図17A-17C]図17A－図17Cは、本発明の第5実施例におけるミラーの傾斜角の制御方法を説明するための駆動電圧の波形図である。

[図18A]図18Aは、本発明の第6実施例においてミラーに印加する電圧の1例を示す波形図である。

[図18B]図18Bは、本発明の第6実施例において1つの電極に印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。

[図18C]図18Cは、図18Aと図18Bの電圧印加から生じる電極とミラーとの間の実効

的な電位差を示す図である。

[図19A-19B]図19A－図19Bは、本発明の第7実施例における駆動電圧の調整方法を説明する波形図である。

[図20]図20は、本発明の第8実施例のミラー制御装置の電気的な接続関係を示すブロック図である。

[図21]図21は、本発明の第8実施例においてミラーが回動する様子を示す断面図である。

[図22]図22は、本発明の第9実施例に係るミラー制御装置の構成を示す分解斜視図である。

[図23A]図23Aは、本発明の第10実施例においてミラーに印加するバイアス電圧の1例を示す波形図である。

[図23B]図23Bは、本発明の第10実施例において1つの電極に印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。

[図23C]図23Cは、本発明の第10実施例において他の電極に印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。

発明を実施するための最良の形態

[0018] [第1実施例]

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明の第1実施例に係るミラー制御装置の構成を示す分解斜視図、図2は図1のミラー制御装置の断面図である。ミラー制御装置100は、ミラーが形成されたミラー基板（上部基板）200と、電極が形成された電極基板（下部基板）300とが平行に配設された構造を有する。

[0019] ミラー基板200は、平面視略円形の開口を有する板状の枠部210と、平面視略円形の開口を有し、一対のトーションバネ211a，211bにより枠部210の開口内に配設された可動枠220と、一対のトーションバネ221a，221bにより可動枠220の開口内に配設された平面視略円形のミラー230とを有する。枠部210、トーションバネ211a，211b，221a，221b、可動枠220およびミラー230は、例えば単結晶シリコンで一体形成されている。ミラー230の表面には例えば3層のTi／Pt／Au層が形成されて

いる。

[0020] 一対のトーションバネ211a，211bは、枠部210と可動枠220とを連結している。可動枠220は、一対のトーションバネ211a，211bを通る図1の可動枠回動軸xを軸として回動することができる。

同様に、一対のトーションバネ221a，221bは、可動枠220とミラー230とを連結している。ミラー230は、一対のトーションバネ221a，221bを通る図1のミラー回動軸yを軸として回動することができる。可動枠回動軸xとミラー回動軸yとは、互いに直交している。結果として、ミラー230は、直交する2軸で回動する。

[0021] 電極基板300は、板状の基部310と、基部310の表面（上面）から突出し、対向するミラー基板200のミラー230と対向する位置に形成された段丘状の突出部320を有する。基部310と突出部320は例えば単結晶シリコンからなる。突出部320は、基部310の上面に形成された角錐台の形状を有する第2テラス322と、この第2テラス322の上面に形成された角錐台の形状を有する第1テラス321と、この第1テラス321の上面に形成された柱状の形状を有するピボット330とから構成される。このピボット330は、第1テラス321のほぼ中央に位置するように形成される。これにより、ピボット330は、ミラー230の中心に対向する位置に配設される。

[0022] 突出部320の四隅とこの四隅に続く基部310の上面には、対向するミラー基板200のミラー230と同心の円内に4つの電極340a～340dが形成されている。また、基部310の上面には、突出部320を挟むように並設された一対の凸部360a，360bが形成されている。さらに、基部310の上面の突出部320と凸部360aおよび凸部360bとの間の箇所には、それぞれ配線370が形成されており、この配線370には、引き出し線341a～341dを介して電極340a～340dが接続されている。

[0023] 以上のようなミラー基板200と電極基板300とは、ミラー230とこのミラー230に対応する電極340a～340dとが対向配置されるように、枠部210の下面と凸部360a，360bの上面とを接合することにより、図2に示すようなミラー制御装置100を構成する。

このようなミラー制御装置100においては、ミラー230を接地し、電極340a～340dに正の電圧を与えて、しかも電極340a～340d間に非対称な電位差を生じさせることにより、ミラー230を静電引力で吸引し、ミラー230を任意の方向へ回動させること

ができる。

[0024] 前述のとおり、枠部210、トーションバネ211a, 211b, 221a, 221b、可動枠220およびミラー230は、導電性の材料（本実施例では単結晶シリコン）で一体形成されている。

一方、単結晶シリコン等からなる基部310の表面には酸化シリコン等からなる絶縁層311が形成されており、この絶縁層311の上に電極340a～340d、引き出し線341a～341d、配線370が形成されている。

[0025] 本実施例と従来のミラー制御装置との大きな相違点は、従来のミラー制御装置ではミラー230を所望の角度に制御するための駆動電圧を電極340a～340dに印加しているのに対して、本実施例ではミラー230の傾斜角に依存しないバイアス電圧と電極毎の駆動電圧との組み合わせ（加減算や乗算）で各電極340a～340dへの印加電圧を決定し、さらに少なくとも1つの電極のバイアス電圧を他の電極のバイアス電圧と変える点である。

[0026] 以下、本実施例と従来のミラー制御装置との相違点についてより詳細に説明する。図3は本実施例のミラー制御装置の電気的な接続関係を示すブロック図である。

ミラー電圧印加部400は、枠部210とトーションバネ211a, 211bと可動枠220とトーションバネ221a, 221bとを介してミラー230に接地電位を印加する。

[0027] 駆動電圧生成部401は、ミラー230の所望の傾斜角に応じた駆動電圧を電極340a～340d毎に生成する。駆動電圧生成部401は、予めミラー230の傾斜角と駆動電圧値との関係が設定されたテーブルを内部に備えており、ミラー230の所望の傾斜角に対応する駆動電圧値をテーブルから取得して、電極毎の駆動電圧を生成する。この駆動電圧生成部401のテーブルを設定する基となったミラー230の駆動電圧－傾斜角特性は、電極340a～340dとミラー230の中心位置のずれや電極340a～340dの形状誤差が一定範囲内に収まっている理想的な状態のものを使用している。

[0028] 次に、バイアス電圧生成部402は、各電極340a～340dに単独に電圧を印加したときにミラー基板200に対するミラー230の傾斜角の絶対値が規定値になる電圧を、バイアス電圧として電極毎に生成する。

図4、図5はバイアス電圧生成部402の動作を説明するための図であり、図4はミラ

ー230の駆動電圧－傾斜角特性の1例を示す図、図5はミラー230が回動する様子を示す断面図である。ここでは、ミラー230を図1のミラー回動軸y周りに回動させる場合について説明する。

[0029] 図4におけるBは電極340bのみに駆動電圧を印加したときのミラー230の駆動電圧－傾斜角特性、Dは電極340dのみに駆動電圧を印加したときのミラー230の駆動電圧－傾斜角特性である。電極340bのみに駆動電圧を印加したときと電極340dのみに駆動電圧を印加したときではミラー230の傾斜角は逆方向となるが、図4では傾斜角の絶対値をとり比較している。

電極340bに電圧を印加して、図5の破線で示すようにミラー230を電極340b側に引き寄せるように回動させたときにミラー230の傾斜角が規定値θとなる電圧は、図4によればVb0である。同様に、電極340dに電圧を印加して、図5の一点鎖線で示すようにミラー230を電極340d側に引き寄せるように回動させたときにミラー230の傾斜角が規定値θとなる電圧は、図4によればVd0である。

[0030] バイアス電圧生成部402には、このようなバイアス電圧Vb0, Vd0の値が予め登録されている。バイアス電圧生成部402は、ミラー230をミラー回動軸y周りに回動させる場合、電極340bに印加するバイアス電圧としてVb0を生成し、電極340dに印加するバイアス電圧としてVd0を生成する。こうして、バイアス電圧生成部402は、ミラー230の駆動に関わる電極毎にバイアス電圧を生成する。

[0031] なお、バイアス電圧はミラー230の傾斜角に依存せず、電極に固有かつ固定のものである。電極340a, 340cはミラー230の可動枠回動軸x周りの回動に関わり、ミラー回動軸y周りの回動には関わらないため、ミラー230をミラー回動軸y周りに回動させる場合、電極340a, 340cへの印加電圧はバイアス電圧生成部402により生成されたバイアス電圧のみとなる。また、同様にミラー230を可動枠回動軸x周りに回動させる場合には、電極340b, 340dへの印加電圧はバイアス電圧のみとなる。

[0032] 電極電圧印加部403は、バイアス電圧生成部402が生成したバイアス電圧と駆動電圧生成部401が生成した駆動電圧とを電極毎に加算して、電極毎の加算後の電圧を対応する電極340a～340dに印加する。電極340a～340dには、それぞれ引き出し線341a～341dを介して電圧が印加される。これにより、ミラー230は、電極340

a～340dそれぞれとの間の電位差に応じた方向に回動する。

[0033] 本実施例では、各電極340a～340dに単独に電圧を印加したときにミラー230の傾斜角が同一の規定値θになる電圧をバイアス電圧として電極毎に生成して印加することにより、ミラー230の回動方向による駆動電圧－傾斜角特性の違いを緩和することができる。その結果、本実施例では、駆動電圧を生成する際に、ミラー230の回動方向による駆動電圧－傾斜角特性の違いを考慮する必要がなくなる。

また、バイアス電圧は、ミラー230の傾斜角が同一の規定値θになる電圧に係数をかけたものとしてもよい。例えば使用する最大角度を規定値θとし、ミラー230の傾斜角が規定値θになる電圧の1／2をバイアス電圧とすることで、ミラー230の使用角度範囲全域での線形性を向上できるバイアス電圧を設定できる。

また、本実施例では、ミラー230の傾斜角が同一の規定値θになる電圧をバイアス電圧としたが、電極により異なる規定値θとしてもよい。規定値θは、使用する角度範囲により決まるものであり、例えばx軸廻りのミラー230の使用角度とy軸廻りのミラー230の使用角度が異なる場合には、x軸廻りのミラー230の回動に関わる電極のバイアス電圧を決定する際の規定値θとy軸廻りのミラー230の回動に関わる電極のバイアス電圧を決定する際の規定値θとで異なる値を用いることにより、それぞれの回動に適したバイアス電圧を設定できる。また、同じx軸廻りの回動でも、＋方向と－方向で使用角度が異なる場合には、それぞれ異なる規定値θとなる。

[0034] ［第2実施例］

次に、本発明の第2実施例について説明する。第1実施例では、ミラー230の駆動電圧－傾斜角特性曲線上の特定の点のデータを基にバイアス電圧を決定しているが、このような決定方法では駆動電圧（傾斜角）の広い範囲にわたってミラー230の回動方向による駆動電圧－傾斜角特性の違いを緩和することはできない。その理由は、図4に示すようにミラー230のそれぞれの駆動電圧－傾斜角特性の傾きが異なるからである。そこで、本実施例では、第1実施例に比べてより広い範囲にわたって有効なバイアス電圧の決定方法を説明する。

[0035] 本実施例においてもミラー制御装置の構成は第1実施例と同様であるので、図1～図3の符号を用いて本実施例の動作を説明する。

ミラー電圧印加部400、駆動電圧生成部401及びバイアス電圧生成部402の動作は第1実施例と同じである。

[0036] 本実施例の電極電圧印加部403は、第1実施例と同様に、バイアス電圧生成部402が生成したバイアス電圧と駆動電圧生成部401が生成した駆動電圧とを電極毎に加算するが、このとき加算前の駆動電圧に電極毎に異なる係数を乗算する。駆動電圧生成部401が生成した電極340b用の駆動電圧をVy、電極340d用の駆動電圧を－Vyとし、ミラー230をミラー回動軸y周りに回動させる場合について説明すると、電極電圧印加部403が電極340bに印加する加算後の電圧Vb、及び電極340dに印加する加算後の電圧Vdは次式のようになる。

$$Vb = Vb0 + Vy \times (Vbmax - Vb0) \times (1 / Vymax) \quad \cdots (1)$$

$$Vd = Vd0 - Vy \times (Vdmax - Vd0) \times (1 / Vymax) \quad \cdots (2)$$

[0037] 式(1)、式(2)において、Vbmaxは図4に示した駆動電圧－傾斜角特性曲線B上においてミラー230の傾斜角が最大値θmax(θ＜θmax)に達したときの電圧であり、同様にVdmaxは図4に示した駆動電圧－傾斜角特性曲線D上においてミラー230の傾斜角が最大値θmaxに達したときの電圧であり、Vymaxは駆動電圧Vyの最大値である。つまり、駆動電圧Vyは0～Vymaxの範囲の値を取り得る。θmaxはミラー230に必要とされる最大の傾斜角である。

[0038] 電極電圧印加部403は、式(1)に示すように駆動電圧Vyに予め設定された係数(Vbmax－Vb0)×(1／Vymax)を乗算し、この乗算結果とバイアス電圧Vb0とを加算して、加算後の電圧Vbを電極340bに印加する。また、電極電圧印加部403は、式(2)に示すように駆動電圧－Vyに予め設定された係数(Vdmax－Vd0)×(1／Vymax)を乗算し、この乗算結果とバイアス電圧Vd0とを加算して、加算後の電圧Vdを電極340dに印加する。これにより、ミラー230は、電極340a～340d間の電位差に応じた方向に回動する。

[0039] 本実施例は、ミラー230の電極毎の駆動電圧－傾斜角特性の2点間の傾き(本実施例では傾斜角θとθmax間の傾き(Vbmax－Vb0)又は(Vdmax－Vd0))に基づいて電極毎の駆動電圧を補正するものである。これにより、本実施例では、ミラー230の各回動方向の電圧－傾斜角特性を傾斜角θからθmaxまでの2点間において

見かけ上揃えることができ、第1実施例に比べて駆動電圧（傾斜角）のより広い範囲にわたってミラー230の回動方向による駆動電圧－傾斜角特性の違いを緩和することができる。

[0040] なお、本実施例では、ミラー230をミラー回動軸y周りに回動させる場合について説明したが、ミラー230を可動枠回動軸x周りに回動させる場合には、電極340a，340cに印加する電圧に式（1）、式（2）と同様の補正を行えばよく、ミラー230を回動軸x及びy周りに回動させる場合には、電極340a～340dに印加する各電圧に式（1）、式（2）と同様の補正を行えばよい。

[0041] また、第1実施例、第2実施例では、主として1軸周りの回動で例えば図2の右側に回動する場合と左側に回動する場合でミラー230の駆動電圧－傾斜角特性が異なる場合について説明してきた。1軸周りの回動で駆動電圧－傾斜角特性が異なる原因としては、電極340a～340dとミラー230の中心位置のずれや、電極340a～340dの形状誤差などが考えられる。

[0042] ミラー230の回動方向によって特性が異なるその他の場合として、可動枠回動軸x周りの回動とミラー回動軸y周りの回動でミラー230の駆動電圧－傾斜角特性が異なる場合が考えられる。この場合の原因としては、トーションバネ211a，211bの回動軸x周りの剛性とトーションバネ221a，221bの回動軸y周りの剛性の違いなどが考えられる。この場合は、回動軸xを含む、基部310と垂直な面に対して面対称に配置された電極340a，340cと、回動軸yを含む、基部310と垂直な面に対して面対称に配置された電極340b，340dでバイアス電圧及び係数が異なるようにすればよい。

[0043] ［第3実施例］

次に、本発明の第3実施例について説明する。本実施例においてもミラー制御装置の機械的な構成は第1実施例と同様であるので、図1、図2の符号を用いて説明する。

本実施例と従来のミラー制御装置との大きな相違点は、従来のミラー制御装置では電極340a～340dに直流の駆動電圧を印加しているのに対して、本実施例では電極340a～340dに駆動電圧として平均直流成分が略零の交流電圧を印加する点である。以下、本実施例と従来のミラー制御装置との相違点についてより詳細に説明す

る。図6は本実施例のミラー制御装置の電気的な接続関係を示すブロック図である。

[0044] ミラー電圧印加部500は、枠部210とトーションバネ211a，211bと可動枠220とトーションバネ221a，221bとを介してミラー230に接地電位を印加する。

駆動電圧印加部501は、駆動電圧として平均直流成分が電極340a～340d毎に略零となる交流電圧をミラー230の所望の傾斜角に応じて電極340a～340d毎に生成して印加する。電極340a～340dには、それぞれ引き出し線341a～341dを介して駆動電圧が印加される。これにより、ミラー230は、電極340a～340dそれぞれとの間の電位差に応じた方向に回動する。

[0045] ミラー230の駆動力となる静電引力は、駆動電圧の二乗に比例するため、駆動電圧として正負どちらの電圧を印加しても静電引力に変わりはない。すなわち、電極340a～340dに駆動電圧として直流電圧と同じ大きさで正負を交互に入れ替えた矩形波電圧を印加したとしても、電極340a～340dとミラー230との間に発生する静電引力としては、電極340a～340dに直流電圧を印加した場合と変わりはない。

[0046] 図7Aは電極340bに印加する駆動電圧の1例を示す波形図、図7Bは電極340dに印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。ここで、駆動電圧を印加した電極とミラー230との電位差が正電位である区間を第1の区間（図7A、図7Bの例では正の駆動電圧が印加されている区間）、電位差が負電位である区間を第2の区間（図7A、図7Bの例では負の駆動電圧が印加されている区間）と呼ぶ。

[0047] 図7A、図7Bの例では、電極340b，340dに同位相、同電圧印加時間幅で振幅が異なる交流電圧を印加している。電極340bに印加される交流電圧の方が振幅が大きいために、ミラー230と電極340bとの間の静電力と、ミラー230と電極340dとの間の静電力に差が生じて、ミラー230は電極340b側に引き寄せるようにミラー回動軸yの周りを回動する。ミラー230の周波数応答が理想的（直流電圧によって駆動した場合と、矩形波電圧によって駆動した場合で、同じミラーの傾斜角を与える）な場合、図7Aの矩形波の振幅をVb（－Vb～＋Vbで振動）、図7Bの矩形波の振幅をVd（－Vd～＋Vdで振動）とすると、図7Aの駆動電圧を電極340bに、図7Bの駆動電圧を電極340dに与えたときのミラー230の傾斜角は、電極340bにVb（あるいは－Vb）、電極340dにVd（あるいは－Vd）の直流電圧を与えた場合と同じ傾斜角となる。

[0048] 一方、電極340a～340dに印加される駆動電圧によって浮遊容量（例えば絶縁層311）に溜まる電荷の正負は、駆動電圧の正負によって異なる。したがって、電極340a～340dに駆動電圧として平均直流成分が電極340a～340d毎に略零となる交流電圧（正負の電圧印加時間幅が略等しく、かつ正負の振幅が略等しい交流電圧）を印加すれば、浮遊容量に溜まる電荷の充電は交流電圧に応じた正負で相殺し合うため、浮遊容量に溜まる電荷は平均的に見れば零に近づく。結果として、本実施例では、浮遊容量に溜まる電荷を要因とするミラー230のドリフトの発生を抑制することができる。

[0049] 本実施例のように電極に印加する駆動電圧の振幅を変化させる場合、駆動電圧の振幅とミラー230の傾斜角との関係は、駆動電圧が直流の場合とほぼ同様の特性を示す。したがって、ミラー230の傾斜角の制御方法は、駆動電圧が直流の場合と同様の制御方法を用いるのが良い。

[0050] 電極340a, 340b, 340c, 340dに印加する駆動電圧の振幅をそれぞれVa, Vb, Vc, Vdとすると、駆動電圧はたとえば次のように表すことができる。

$$Va = Vo + Vx \quad \cdots(3)$$

$$Vb = Vo + Vy \quad \cdots(4)$$

$$Vc = Vo - Vx \quad \cdots(5)$$

$$Vd = Vo - Vy \quad \cdots(6)$$

[0051] ここで、Voは固定値のバイアス電圧である。バイアス電圧Voには、駆動電圧の振幅とミラー230の傾斜角との間の線形性を向上させる効果がある。Vxはミラー230の回動軸x廻りの傾斜角θxに1対1に対応する操作量、Vyはミラー230の回動軸y廻りの傾斜角θyに1対1に対応する操作量である。操作量Vx, Vyを操作することで、ミラー230を任意の方向に回動させることができる。

[0052] ミラー230を実際に制御する際には、駆動電圧印加部501が以下のような処理を行う。つまり、駆動電圧印加部501は、予めミラー230の傾斜角と駆動電圧の振幅及びデューティー比（本実施例ではデューティー比は一定）との関係が設定されたテーブル502を内部に備えており、ミラー230の所望の傾斜角に対応する駆動電圧の振幅及びデューティー比の値をテーブル502から取得して、取得した振幅及びデュー

ティー比の駆動電圧を電極340a～340dに印加する。

[0053] [第4実施例]

次に、本発明の第4実施例について説明する。第3実施例では、交流電圧の振幅でミラー230の傾斜角を制御したが、交流電圧のデューティー比でミラー230の傾斜角を制御するようにしてもよい。本実施例においてもミラー制御装置の構成は第3実施例と同様であるので、図1、図2、図6の符号を用いて本実施例の動作を説明する。

[0054] 図8Aは電極340bに印加する駆動電圧の1例を示す波形図、図8Bは電極340dに印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。ここで、駆動電圧を印加した電極とミラー230との電位差が正電位である区間を第1の区間(図8A、図8Bの例では正の駆動電圧が印加されている区間)、電位差が負電位である区間を第2の区間(図8A、図8Bの例では負の駆動電圧が印加されている区間)、電位差が第1の区間の電位差と第2の区間の電位差との間の電位である区間を第3の区間(図8A、図8Bの例では駆動電圧が0の区間)と呼ぶ。

[0055] 本実施例の駆動電圧印加部501は、第3実施例と同様に、駆動電圧として平均直流成分が電極340a～340d毎に略零となる交流電圧をミラー230の所望の傾斜角に応じて電極340a～340d毎に生成して印加するが、例えば図8A、図8Bに示すように電極340b，340dに同位相、同振幅でデューティー比(交流電圧の周期に対して正負の電圧幅が占める割合)が異なる交流電圧を印加する。

[0056] 駆動電圧印加部501は、予めミラー230の傾斜角と駆動電圧のデューティー比及び振幅(本実施例では振幅は一定)との関係が設定されたテーブル502を内部に備えており、ミラー230の所望の傾斜角に対応する駆動電圧のデューティー比及び振幅の値をテーブル502から取得して、取得したデューティー比及び振幅の駆動電圧を電極340a～340dに印加すればよい。図8A、図8Bの例では、電極340bに印加される交流電圧の方がデューティー比が大きいために、ミラー230と電極340bとの間の静電力と、ミラー230と電極340dとの間の静電力に差が生じて、ミラー230は電極340b側に引き寄せるようにミラー回動軸yの周りを回動する。

こうして、本実施例においても、第3実施例と同様の効果を得ることができる。

[0057] 図9は、本実施例の効果を説明するための図である。図9は、駆動電圧として矩形波を電極340a～340dに印加する際に、第3実施例のように駆動電圧の振幅制御を行った場合のミラー230の傾斜角と最大振幅に対する駆動電圧の振幅の割合との関係、及び本実施例のように駆動電圧のデューティー比制御を行った場合のミラー230の傾斜角と最大パルス幅に対する駆動電圧のパルス幅の割合との関係を表す実測例である。図9におけるAは駆動電圧の振幅制御を行った場合の特性、Dは駆動電圧のデューティ比制御を行った場合の特性、Cは直流電圧による制御を行った場合の特性である。

[0058] 図9によると、第3実施例のように駆動電圧の振幅制御を行った場合、駆動電圧の振幅の割合に対してミラー230の傾斜角は非線形に変化していることが分かる。これは、ミラー230の角度制御が難しいことを意味している。一方、本実施例のように駆動電圧のデューティ比制御を行うと、駆動電圧のパルス幅の割合に対してミラー230の傾斜角が線形に近い変化をしていることが分かる。したがって、本実施例によれば、従来のように直流の駆動電圧で制御する場合や第3実施例の場合に比べて、ミラー230の角度制御をより簡便に行うことができる。

[0059] 次に、本実施例でのミラー230の傾斜角の制御方法について説明する。本実施例では、電極に印加する駆動電圧のデューティー比でミラー230の傾斜角を制御する。電極340a, 340b, 340c, 340dに印加する駆動電圧のパルス幅をそれぞれPWa, PWb, PWc, PWdとする。PWa, PWb, PWc, PWdの範囲は0から1までで、0の時は電圧出力がない状態で1の時はデューティー比50%の矩形波を表す。

[0060] 図10AはPWa＝1のときの電極340aへの駆動電圧を示す波形図、図10BはPWa＝0．5のときの電極340aへの駆動電圧を示す波形図、図10CはPWa＝0のときの電極340aへの駆動電圧を示す波形図である。駆動電圧のパルス幅PWa, PWb, PWc, PWdは、たとえば次のように表すことができる。

$$PWa = PWo + PWx \quad \cdots(7)$$

$$PWb = PWo + PWy \quad \cdots(8)$$

$$PWc = PWo - PWx \quad \cdots(9)$$

$$PWd = PWo - PWy \quad \cdots(10)$$

[0061] ここで、PWoは固定値のバイアスパルス幅である。バイアスパルス幅PWoには、駆動電圧のパルス幅とミラー230の傾斜角との間の線形性を向上させる効果がある。PWxはミラー230の回動軸x廻りの傾斜角θxに1対1に対応する操作量、PWyはミラー230の回動軸y廻りの傾斜角θyに1対1に対応する操作量である。操作量PWx, PWyを操作することで、ミラー230を任意の方向に回動させることができる。

[0062] ただし、図9で説明したように駆動電圧のデューティ比を制御する場合は、駆動電圧のパルス幅とミラー230の傾斜角との線形性が高いという特徴がある。したがって、各軸とも電極とミラー230が近づく方向の電極のみ駆動電圧のパルス幅を制御してもよい。その場合、駆動電圧のパルス幅PWa, PWb, PWc, PWdは、次のように表すことができる。

[0063]
$$PWa = PWx \quad (PWx > 0) \qquad \cdots(11)$$
$$PWa = 0 \quad (PWx \leqq 0) \qquad \cdots(12)$$
$$PWb = PWy \quad (PWy > 0) \qquad \cdots(13)$$
$$PWb = 0 \quad (PWy \leqq 0) \qquad \cdots(14)$$
$$PWc = PWx \quad (PWx < 0) \qquad \cdots(15)$$
$$PWc = 0 \quad (PWx \geqq 0) \qquad \cdots(16)$$
$$PWd = PWy \quad (PWy < 0) \qquad \cdots(17)$$
$$PWd = 0 \quad (PWy \geqq 0) \qquad \cdots(18)$$

[0064] このように、本実施例では、第1、第2の区間の時間幅の和と第3の区間の時間幅との比率をミラー230の傾斜角に応じて変える。ミラー230を実際に制御する際には、駆動電圧印加部501が以下のような処理を行う。つまり、駆動電圧印加部501は、ミラー230の所望の傾斜角に対応する駆動電圧のパルス幅及び振幅(本実施例では振幅は一定)の値をテーブル502から取得して、取得したパルス幅及び振幅の駆動電圧を電極340a～340dに印加する。

[0065] なお、第3実施例、第4実施例において、電極340a～340dに印加する交流電圧は、ミラー230を駆動する力を大きくできるという点で矩形波が好ましいが、矩形波以外の正弦波や三角波などでもよい。

前述のとおり、ミラー230は駆動電圧の二乗に比例する静電引力によって駆動され

るため、駆動電圧として矩形波の交流電圧を用いる場合、理想的には直流電圧による駆動と同一になる。

[0066] しかし、駆動電圧印加部501に用いる電圧アンプのスルーレートなどの制限により、実際の駆動電圧は図11Aのような台形となる。これは、ミラー230を駆動する力の点から見れば、図11Bのような波形の駆動電圧を印加した場合と等価である。このため、駆動電圧として矩形波の交流電圧を用いる場合、ミラー230を駆動する静電引力には、交流電圧の2倍の周期で力が零になる点(図11Bにおいて電圧が零まで低下する点)が発生する。このような静電引力の周期的な低下にミラー230が応答すると、ミラー230に振動が発生することになる。

[0067] このようなミラー230の振動を防止するには、駆動電圧として電極340a～340dに印加する交流電圧の周波数がミラー230の共振周波数よりも高くなるようにしておけばよい。

図12の例は、第3実施例、第4実施例のミラー制御装置を用いた光スイッチにおいて、入出力ポート間のパスの接続を行った場合の出力光のパワーとミラー制御装置の駆動電圧の周波数との関係を示す実測例である。図12において、f3はミラー制御装置の駆動電圧の使用可能周波数の下限値を示している。

[0068] 光スイッチでは、入力ポートと出力ポートとの間に複数のミラー制御装置を2次元的に配置したミラーアレイを設け、各ミラー制御装置のミラー230の傾斜角を適当に制御することにより、入力ポートから出射した光をミラー230で反射させて任意の出力ポートに入射させることができ、任意の入力ポートと出力ポートとの間を接続することができる。

[0069] 図12の例では、ミラー230の共振周波数は200Hz付近のf1と550Hz付近のf2の2つがある。ミラー230の共振周波数が2つ現れる理由は、回動軸x周りの回動と回動軸y周りの回動のそれぞれでミラー230が共振点を有するためである。前述のとおり、共振周波数f1, f2の付近ではミラー230が駆動電圧に応じて振動するため、ミラー230の反射光が出力ポートに入射しにくくなり、出力ポートに入射する出力光のパワーが大幅に下がる。そこで、ミラー230の最も高い共振周波数f2の例えば2倍以上の値(図12の例では約1kHz)に駆動電圧の周波数を設定すれば、ミラー230が静電引

力の周期的な低下に応答しなくなり、振動しにくくなるので、ミラー230の振動による出力光のパワーの低下を防ぐことができる。第3実施例、第4実施例の場合は、第1の区間、第2の区間、第3の区間の各区間の時間幅が、ミラー230の傾斜動作の共振周波数の逆数より短くなるようにすればよい。

[0070] また、第3実施例、第4実施例では、電極340b，340dに駆動電圧を印加する場合について説明したが、どの電極に駆動電圧を印加するかはミラー230をどの方向に回動させるかで決まるので、駆動電圧の印加の仕方は図7A、図7B、図8A、図8Bに示した例に限らないことは言うまでもない。

また、第3実施例、第4実施例を組み合わせて、ミラー230の所望の傾斜角に応じて駆動電圧の振幅とデューティー比の両方を変えるようにしてもよい。

[0071] [第5実施例]

次に、本発明の第5実施例について説明する。本実施例においてもミラー制御装置の構成は第3実施例と同様であるので、図1、図2、図6の符号を用いて本実施例の動作を説明する。第4実施例では、電極340a～340dに印加に印加する駆動電圧のデューティー比を調整することにより、ミラー230の傾斜角を調節している。

[0072] 図13Aは第4実施例において電極340a～340dのいずれかに印加する駆動電圧の1例を示す波形図、図13Bは図13Aの駆動電圧を印加した電極とミラー230との間に発生する静電力を示す図である。第3実施例、第4実施例で説明したとおり、ミラー230には接地電位が印加されている。

[0073] ここで、駆動電圧を印加した電極とミラー230との電位差が正電位である区間を第1の区間（図13Aの例では駆動電圧＋V1が印加されている区間）、電位差が負電位である区間を第2の区間（図13Aの例では駆動電圧－V1が印加されている区間）、電位差が第1の区間の電位差と第2の区間の電位差との間の電位である区間を第3の区間（図13Aの例では駆動電圧が0の区間）と呼ぶ。

[0074] 図13Aの場合、電極に加わる駆動電圧は、＋V1、0、－V1の3つの電圧値が周期的に繰り返す波形となる。電極とミラー230との間に発生する静電力は、駆動電圧の二乗に比例する。このため、＋V1または－V1の駆動電圧が印加されている第1、第2の区間においては、＋V1または－V1の一方の駆動電圧印加時に浮遊電荷により

増加した静電力分と他方の駆動電圧印加時に浮遊電荷により減少した静電力分がほぼ同じであると見ることができる。したがって、第1、第2の区間においては、例えば絶縁層311に存在する浮遊電荷の影響を排除することが可能である。

[0075] しかし、駆動電圧が0のときは相殺するものがないため、浮遊電荷の増加と共に、駆動電圧が図13Aに示した値から図14Aに示す値へと変動する。図14Aにおいて、δVは浮遊電荷による静電力を駆動電圧の増加分に換算した電圧である。この結果、電極とミラー230との間に発生する静電力は、図14Bに示すようになる。図14Bにおいて、斜線部130は浮遊電荷の影響が相殺される部分、斜線部131は浮遊電荷の影響が残る部分である。このように、第4実施例においては、電極340a～340dに直流電圧を印加する場合に比べれば小さくなるものの、ミラー230のドリフトが発生する可能性がある。ドリフトが発生する要因は、駆動電圧が0である時間が存在するためだと考えられる。

[0076] そこで、本実施例の駆動電圧印加部501は、図15に示すような交流電圧をミラー230の所望の傾斜角に応じて電極340a～340d毎に生成して印加する。図15は電極340a～340dのいずれかに印加する駆動電圧の1例を示している。すなわち、本実施例では、図13Aに示した駆動電圧が0の第3の区間を駆動電圧が＋V2の区間と－V2の区間の2つに分割する。

[0077] 以下、分割した2つの区間のうち、駆動電圧を印加した電極とミラー230との電位差が第1の区間の電位差より小さい正電位である区間を第4の区間（図15の例では駆動電圧＋V2が印加されている区間）、電位差が第2の区間の電位差より小さい負電位である区間を第5の区間（図15の例では駆動電圧－V2が印加されている区間）と呼ぶ。

[0078] ミラー230の角度制御は、＋V1を印加している第1の区間と＋V2を印加している第4の区間の時間比率を変えることによって行うことが可能である。負電圧側についても同様に、－V1を印加している第2の区間と－V2を印加している第5の区間の時間比率を変えることによって、ミラー230の角度制御を行うことが可能である。

このように、本実施例では、駆動電圧が0であった区間を正負の駆動電圧の区間に分けることによって、浮遊電荷の影響を排除することができ、第4実施例に比べてミラ

ー230のドリフトの発生を更に抑制することができる。

[0079] 駆動電圧＋V1、－V1、＋V2、－V2の大小関係は、｜V1｜＞｜V2｜の関係を満たせば良い。ただし、｜V1｜と｜V2｜が近い電圧値をとると、これら2つの駆動電圧の時間比率を変化させた時の静電力の変化が小さいため、ミラー230の角度制御が困難になる。駆動電圧＋V2、－V2は、浮遊電荷の影響を抑えることを目的とする電圧であるため、浮遊電荷相当の電圧値以上であれば良い。

[0080] また、4値の駆動電圧を印加する順番はどのようになってもよい。例えば図16に示すように、＋V1、＋V2、－V1、－V2の順でもよいし、＋V1、－V1、＋V2、－V2の順でもよい。

[0081] また、本実施例では、第1の区間の電位差の絶対値と第2の区間の電位差の絶対値が共に｜V1｜で等しく、第4の区間の電位差の絶対値と第5の区間の電位差の絶対値が共に｜V2｜で等しい。しかし、第1の区間の電位差の絶対値と第2の区間の電位差の絶対値は等しいことが望ましいが、一致していなくてもよく、同様に第4の区間の電位差の絶対値と第5の区間の電位差の絶対値は等しいことが望ましいが、一致していなくてもよい。一致していなくても同様の効果を得ることができる。

[0082] 次に、本実施例でのミラー230の傾斜角の制御方法について説明する。本実施例のように4値の駆動電圧を用いてミラー230の傾斜角を制御する場合は、例えば電極340aに駆動電圧＋V1又は－V1を印加している区間と駆動電圧＋V2又は－V2を印加している区間との時間比率をPRaとしたとき、この時間比率PRaの範囲を0から1とすればよい。

[0083] 図17AはPRa＝1のときの電極340aへの駆動電圧を示す波形図、図17BはPRa＝0．5のときの電極340aへの駆動電圧を示す波形図、図17CはPRa＝0のときの電極340aへの駆動電圧を示す波形図である。図17Cに示すようにPRa＝0のときは駆動電圧は＋V2又は－V2のみとなり、PRa＝0．5のときは駆動電圧＋V1又は－V1を印加している区間と駆動電圧＋V2又は－V2を印加している区間の時間幅が等しくなり、PRa＝1のときは駆動電圧は＋V1又は－V1のみとなる。制御方法に関しては第4実施例で用いたPWaと同様の方法を用いればよい。

[0084] ミラー230を実際に制御する際には、駆動電圧印加部501が以下のような処理を

行う。つまり、駆動電圧印加部501は、ミラー230の所望の傾斜角に対応する駆動電圧の振幅及び時間幅の値をテーブル502から取得して、取得した振幅及び時間幅の駆動電圧を電極340a～340dに印加する。

[0085] [第6実施例]

次に、本発明の第6実施例について説明する。第5実施例で説明した4値の駆動電圧を実現するためには、スイッチング素子を利用することで実現可能であるが、素子数を減らすためには、ミラー230に電圧を加える方法がある。本実施例においてもミラー制御装置の構成は第3実施例と同様であるので、図1、図2、図6の符号を用いて本実施例の動作を説明する。

[0086] 本実施例のミラー電圧印加部500は、枠部210とトーションバネ211a，211bと可動枠220とトーションバネ221a，221bとを介してミラー230に図18Aに示すような振幅V2の矩形波電圧を印加する。

[0087] 一方、駆動電圧印加部501は、ミラー230に印加した矩形波と同じ周波数で位相を反転させた駆動電圧を印加する。図18Bは、本実施例において電極340a～340dのいずれかに印加する駆動電圧の1例を示す波形図である。駆動電圧の振幅は(V1－V2)とする。この結果、駆動電圧を印加した電極とミラー230との間の実効的な電位差は、図18Cに示すようになる。この電位差は、ミラー230を接地電位にして電極に図15、図16のような駆動電圧を印加する場合に生じる電位差と同等である。

[0088] 本実施例では、電極に印加する駆動電圧＋(V1－V2)の時間幅と駆動電圧－(V1－V2)の時間幅を制御することにより、ミラー230の傾きを変えることできる。

こうして、本実施例では、第5実施例と同様の効果を得ることができる。ミラー230に印加する矩形波電圧は、第1の区間(図18Cの例では電位差が＋V1の区間)と第4の区間(図18Cの例では電位差が＋V2の区間)で電圧値が等しく、第2の区間(図18Cの例では電位差が－V1の区間)と第5の区間(図18Cの例では電位差が－V2の区間)で電圧値が等しい。電極への駆動電圧は、第1の区間において＋(V1－V2)、第2の区間において－(V1－V2)、第4、第5の区間において0である。

[0089] また、本実施例では、ミラー230には固定の矩形波を印加するだけでよいため、例えば1つ以上のミラー230をアレイ状に並べて使用する場合などは、全てのミラー23

0に同様の矩形波を入れればよいため、スイッチング素子の数を減らすことができる。

[0090] ［第7実施例］

次に、本発明の第7実施例について説明する。本実施例においてもミラー制御装置の構成は第3実施例と同様であるので、図1、図2、図6の符号を用いて本実施例の動作を説明する。本実施例では、ミラー230のドリフトを抑制する方法として、正負の駆動電圧の時間比率を調整する方法を用いる。

[0091] ミラー230を所望の角度に回動させるには、図19Aに示すように電極に印加する正負の駆動電圧の時間比率を1:1にすればよい。しかし、図19Aに示した駆動電圧の印加状態でしばらくすると、正電圧と負電圧における特性の違いから、電極340a～340dとミラー230との間に存在する浮遊容量（例えば絶縁層311）に電荷が溜まる可能性がある。

[0092] そこで、本実施例の駆動電圧印加部501は、図19Bに示すように正負の駆動電圧の時間比率を変える。図19Bの例では、正の駆動電圧の印加時間を短くし、負の駆動電圧の印加時間を長くしている。このとき、正の駆動電圧の印加時間と負の駆動電圧の印加時間の合計は、時間比率の変化前後で変えない方が望ましい。何故ならば、駆動電圧の印加時間が変わってしまうことは、電極とミラー230との間に発生する静電力が変わってしまうこと、すなわちミラー230の傾斜角が変化してしまうことを意味するからである。

[0093] 正負の駆動電圧の時間比率を1:1から変化させると、より長い時間印加している方の極性の浮遊電荷が集まりやすくなる。そこで、本実施例では、正の駆動電圧の印加時間を負の駆動電圧の印加時間より短くしたり、逆に長くしたりして、正負の駆動電圧の時間比率を適宜変化させることにより、どちらの極性の浮遊電荷も集まらないようにすることが可能となり、ミラー230のドリフトの発生を抑制することができる。

[0094] なお、正負の駆動電圧の時間比率を変化させる方法は、駆動電圧の振幅でミラー230の傾斜角を制御する第3実施例に適用することもできるし、駆動電圧のデューティー比でミラー230の傾斜角を制御する第4実施例に適用することもできるし、4値の駆動電圧を用いる第5実施例に適用することもできる。第3実施例、第4実施例、第5実施例の場合、第1の区間の増大と第2の区間の減少とが生じるか、あるいは第1の

区間の減少と第2の区間の増大とが生じるように、第1の区間と第2の区間の時間比率を調節すればよい。加えて第5実施例の場合は、第4の区間の増大と第5の区間の減少とが生じるか、あるいは第4の区間の減少と第5の区間の増大とが生じるように、第4の区間と第5の区間の時間比率を調節すればよい。

また、第3実施例から第7実施例を適宜組み合わせてもよいことは言うまでもない。

[0095] [第8実施例]

次に、本発明の第8実施例について説明する。本実施例においてもミラー制御装置の機械的な構成は第1実施例と同様であるので、図1、図2の符号を用いて説明する。

本実施例と従来のミラー制御装置との大きな相違点は、従来のミラー制御装置ではミラー230を接地しているのに対して、本実施例ではミラー230に非零の電圧を印加する点である。このミラー230に印加する電圧は、ミラー230の傾斜角に依存しない電圧(バイアス電圧)である。以下、本実施例と従来のミラー制御装置との相違点についてより詳細に説明する。

[0096] 図20は本実施例のミラー制御装置の電気的な接続関係を示すブロック図である。本実施例では、バイアス電圧印加部600からミラー230に対してバイアス電圧を印加し、電極340a～340dのうち少なくとも1つに対して駆動電圧印加部601から駆動電圧を印加する。駆動電圧印加部601は、予めミラー230の傾斜角と駆動電圧値との関係が設定されたテーブル602を内部に備えており、ミラー230の所望の傾斜角に対応する駆動電圧値をテーブル602から取得して、電極340a～340dに駆動電圧を印加する。ミラー230には、枠部210とトーションバネ211a, 211bと可動枠220とトーションバネ221a, 221bとを介してバイアス電圧が印加される。また、電極340a～340dには、引き出し線341a～341dを介して駆動電圧が印加される。

[0097] 例えばミラー230にバイアス電圧として－Vmを印加し、電極340bに駆動電圧として－Vxを印加し、電極340dに駆動電圧として＋Vxを印加したとする。これにより、ミラー230は図21に示すように電極340d側に引き寄せられるように回動する。このときの電圧印加は、従来のミラー制御装置においてミラー230に0V、電極340bに駆動電圧(Vm－Vx)、電極340dに駆動電圧(Vm＋Vx)を印加したのと同等である。し

たがって、電圧値に着目すると、従来のミラー制御装置では最大でVm＋Vxの電圧が必要なのに対して、本実施例ではVmあるいはVxのどちらかの電圧が最大電圧となるので、従来のミラー制御装置に比べて駆動電圧の低電圧化が可能になる。

[0098] 以上のように、本実施例では、駆動電圧の低電圧化を実現することができるので、バイアス電圧印加部600と駆動電圧印加部601に従来よりも低電圧出力の電源を使用することができる。

[0099] なお、本実施例のように、ミラー230に非零のバイアス電圧を印加する場合には、電極340a～340dのうち少なくとも1つにバイアス電圧と反対極性の駆動電圧を印加することが望ましい。その理由は、電極340a～340dのうち少なくとも1つにバイアス電圧と反対極性の駆動電圧を印加すれば、電極340a～340dにバイアス電圧と同極性の駆動電圧を印加する場合に比べて電極340a～340d間の電位差を大きくすることができ、ミラー230を駆動する力を高めることができるからである。

[0100] また、同様の理由により、ミラー230の駆動に関わる対の電極（本実施例の例では電極340bと340d）に駆動電圧を印加する場合には、対の電極のうち一方の電極にバイアス電圧と同極性の駆動電圧を印加して、他方の電極にバイアス電圧と反対極性の駆動電圧を印加すればよい。これにより、ミラー230は、バイアス電圧と反対極性の駆動電圧を印加した方の電極に引き寄せられるように回動するが、このときの駆動力を高めることができる。

[0101] ［第9実施例］

次に、本発明の第9実施例について説明する。図22は本発明の第9実施例に係るミラー制御装置の構成を示す分解斜視図である。第8実施例では、可動枠回動軸x及びミラー回動軸yと電極340a～340dの分割線とが45度で交差するように配置されていた。これに対して、本実施例のミラー制御装置100aでは、トーションバネ211c，211dを通る可動枠回動軸x及びトーションバネ221c，221dを通るミラー回動軸yと、電極340a～340dの分割線とが平行になるように配置されている。

[0102] 本実施例においても、ミラー制御装置の電気的な接続関係は図20に示したとおりであり、バイアス電圧印加部600はミラー230に対してバイアス電圧として－Vmを印加する。ミラー230を可動枠回動軸x周りに回動させるのに必要な駆動電圧をVx、ミ

ラー230をミラー回動軸y周りに回動させるのに必要な駆動電圧をVyとすると(Vx, Vyは任意の値)、駆動電圧印加部601は、電極340aに駆動電圧(Vx+Vy)を印加し、電極340bに駆動電圧(Vx−Vy)を印加し、電極340cに駆動電圧(−Vx−Vy)を印加し、電極340dに駆動電圧(−Vx+Vy)を印加する。これにより、ミラー230は、電極340a～340d間の電位差に応じた方向に回動する。

[0103] このときの電圧印加は、従来のミラー制御装置においてミラー230に0V、電極340aに駆動電圧(Vm+Vx+Vy)、電極340bに駆動電圧(Vm+Vx−Vy)、電極340cに駆動電圧(Vm−Vx−Vy)、電極340dに駆動電圧(Vm−Vx+Vy)を印加したのと同等である。したがって、従来のミラー制御装置では最大でVm+Vx+Vyの電圧が必要なのに対して、本実施例ではVmあるいはVx+Vyのどちらか大きい方の電圧が最大電圧となるので、従来のミラー制御装置に比べて駆動電圧の低電圧化が可能になる。こうして、本実施例においても、第8実施例と同様の効果を得ることができる。

[0104] [第10実施例]

第8実施例、第9実施例では、バイアス電圧と駆動電圧を直流としているが、これらを周期電圧(交流電圧)としてもよい。例えば第8実施例において、ミラー230に図23Aのような周期的なバイアス電圧を印加し、電極340bにバイアス電圧と同期した図23Bのような周期的な駆動電圧を印加し、電極340dにバイアス電圧と同期した図23Cのような周期的な駆動電圧を印加すれば、ミラー230は電極340b側に引き寄せられるように回動する。

[0105] このとき、バイアス電圧及び駆動電圧は、直流成分が零の交流電圧とすることが好ましい。バイアス電圧及び駆動電圧の直流成分が零でない場合には、ミラー230がバイアス電圧及び駆動電圧の周波数に応じて振動する可能性がある。特に駆動電圧の周波数がミラー共振周波数より小さい場合には顕著である。しかし、駆動電圧の直流成分を零にすることにより、このようなミラー230の振動を低減することができる。矩形波電圧の場合では直流成分を零にすることにより、原理的にはミラー共振周波数に依らずどのような周波数でもミラー230の振動を抑えることができる。また、本実施例では、バイアス電圧及び駆動電圧の直流成分を零とすることで、電極とミラー23

0との間に存在する例えば絶縁層等の浮遊容量に溜まる電荷の影響を零に近づけることができるので、この浮遊容量に溜まる電荷を要因とするミラー230のドリフトの発生を抑制することができる。

[0106] また、第8実施例と同様に、ミラー230の駆動に関わる対の電極に駆動電圧を印加する場合には、対の電極のうち一方の電極にバイアス電圧と同期した同極性の駆動電圧を印加して、他方の電極にバイアス電圧と同期した反対極性の駆動電圧を印加することで、第8実施例と同様にミラー230を駆動する力を高めることができる。図23A－図23Cの例では、電極340bにバイアス電圧と反対極性の駆動電圧を印加し、電極340dにバイアス電圧と同極性の駆動電圧を印加している。

[0107] なお、ミラー230及び電極340a～340dに与える交流電圧は、駆動力を大きくできるという点で矩形波が好ましいが、矩形波以外の例えば正弦波などでもよい。

産業上の利用可能性

[0108] 本発明は、ミラー制御装置、および複数のミラー制御装置を2次元的に配置したミラーアレイに適用することができる。

請求の範囲

[1] 回動可能に支持されたミラーと、

このミラーから離間して配置された複数の電極と、

前記ミラーの所望の傾斜角に応じた駆動電圧を前記電極毎に生成する駆動電圧生成手段と、

前記電極の各々に単独に電圧を印加したときに前記ミラーの傾斜角が規定値になる電圧をバイアス電圧として前記電極毎に生成するバイアス電圧生成手段と、

前記バイアス電圧と前記駆動電圧とを前記電極毎に加算して、加算後の電圧を対応する前記電極に印加する電極電圧印加手段とを備えることを特徴とするミラー制御装置。

[2] 請求項1記載のミラー制御装置において、

前記電極電圧印加手段は、前記バイアス電圧と前記駆動電圧とを加算する際に、加算前の前記駆動電圧に前記電極毎に異なる係数を乗算することを特徴とするミラー制御装置。

[3] 請求項2記載のミラー制御装置において、

前記係数は、前記ミラーの電極毎の電圧－傾斜角特性における任意の2点間の傾きに基づいて前記電極毎に予め設定されることを特徴とするミラー制御装置。

[4] 請求項1記載のミラー制御装置において、

前記電極毎のバイアス電圧のうち少なくとも1つが他と異なることを特徴とするミラー制御装置。

[5] 請求項1記載のミラー制御装置において、

前記電極毎のバイアス電圧がそれぞれ異なることを特徴とするミラー制御装置。

[6] 請求項1記載のミラー制御装置において、

前記ミラーは、直交する2軸の周りで回動するものであり、

傾斜角が0のときのミラー面に垂直な面であって且つ一方の回動軸を含む面に対して面対称に配置された2つの電極と前記ミラー面に垂直な面であって且つ他方の回動軸を含む面に対して面対称に配置された2つの電極で前記バイアス電圧が異なることを特徴とするミラー制御装置。

[7] 回動可能に支持されたミラーと、

このミラーから離間して配置された複数の電極と、

駆動電圧を印加した電極と前記ミラーとの電位差が正電位である第1の区間と前記電位差が負電位である第2の区間とが少なくとも生じるように、前記駆動電圧として交流電圧を前記ミラーの所望の傾斜角に応じて生成して前記電極に印加する駆動電圧印加手段とを備えることを特徴とするミラー制御装置。

[8] 請求項7記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、前記電位差の平均直流成分が前記電極毎に略零となる前記駆動電圧を生成することを特徴とするミラー制御装置。

[9] 請求項7記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、前記駆動電圧として前記ミラーの所望の傾斜角に応じた振幅の交流電圧を生成することを特徴とするミラー制御装置。

[10] 請求項7記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、前記第1、第2の区間に加えて、前記電位差が前記第1の区間の電位差と前記第2の区間の電位差との間の電位である第3の区間がさらに生じるように前記駆動電圧を生成し、前記第1、第2の区間の時間幅の和と前記第3の区間の時間幅との比率を前記ミラーの所望の傾斜角に応じて変えることを特徴とするミラー制御装置。

[11] 請求項10記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、前記第1の区間の電位差の絶対値と前記第2の区間の電位差の絶対値とが等しくなるように前記駆動電圧を生成することを特徴とするミラー制御装置。

[12] 請求項7記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧は、矩形波電圧であることを特徴とするミラー制御装置。

[13] 請求項7記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧は、正弦波電圧であることを特徴とするミラー制御装置。

[14] 請求項10記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、前記第3の区間が、前記電位差が前記第1の区間の電

位差より小さい正電位である第4の区間と前記電位差が前記第2の区間の電位差より小さい負電位である第5の区間とからなるように、前記駆動電圧を生成することを特徴とするミラー制御装置。

[15] 請求項14記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、前記第1の区間の電位差の絶対値と前記第2の区間の電位差の絶対値とが等しく、前記第4の区間の電位差の絶対値と前記第5の区間の電位差の絶対値とが等しくなるように、前記駆動電圧を生成することを特徴とするミラー制御装置。

[16] 請求項7記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、前記第1の区間の増大と前記第2の区間の減少とが生じるか、あるいは前記第1の区間の減少と前記第2の区間の増大とが生じるように、前記第1の区間と前記第2の区間の時間比率を変化させることを特徴とするミラー制御装置。

[17] 請求項14記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、前記第4の区間の増大と前記第5の区間の減少とが生じるか、あるいは前記第4の区間の減少と前記第5の区間の増大とが生じるように、前記第4の区間と前記第5の区間の時間比率を変化させることを特徴とするミラー制御装置。

[18] 請求項7記載のミラー制御装置において、

各区間の時間幅は、前記ミラーの傾斜動作の共振周波数の逆数より短いことを特徴とするミラー制御装置。

[19] 請求項9記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、前記ミラーの傾斜角の正方向の力を発生する第1の電極と前記傾斜角の負方向の力を発生する第2の電極に対して、前記第1の電極への駆動電圧の振幅と前記第2の電極への駆動電圧の振幅とを、固定値を中心に前記傾斜角に応じて差動的に変化させることを特徴とするミラー制御装置。

[20] 請求項10記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、前記ミラーの傾斜角の正方向の力を発生する第1の電

極と前記傾斜角の負方向の力を発生する第2の電極に対して、前記第1の電極への駆動電圧の前記比率と前記第2の電極への駆動電圧の前記比率とを、固定値を中心に前記傾斜角に応じて差動的に変化させることを特徴とするミラー制御装置。

[21] 請求項14記載のミラー制御装置において、

さらに、前記第1、第4の区間において値が等しい電圧を前記ミラーに印加し、前記第2、第5の区間において値が等しくかつ前記第1、第4の区間と逆極性の電圧を前記ミラーに印加するミラー電圧印加手段を備え、

前記駆動電圧印加手段は、前記第4の区間と前記第5の区間で0となる前記駆動電圧を生成することを特徴とするミラー制御装置。

[22] 回動可能に支持されたミラーと、

このミラーから離間して配置された複数の電極と、

前記ミラーに非零のバイアス電圧を印加するバイアス電圧印加手段と、

前記複数の電極のうち少なくとも1つに前記バイアス電圧と反対極性の駆動電圧を印加する駆動電圧印加手段とを備えることを特徴とするミラー制御装置。

[23] 請求項22記載のミラー制御装置において、

前記駆動電圧印加手段は、傾斜角が0のときのミラー面に垂直な面であって且つ前記ミラーの回動軸を含む面に対して面対称に配置された電極のうち、一方の電極に前記バイアス電圧と同極性の駆動電圧を印加し、他方の電極に前記バイアス電圧と反対極性の駆動電圧を印加することを特徴とするミラー制御装置。

[24] 請求項22記載のミラー制御装置において、

前記バイアス電圧及び駆動電圧は、直流電圧であることを特徴とするミラー制御装置。

[25] 請求項22記載のミラー制御装置において、

前記バイアス電圧及び駆動電圧は、交流電圧であることを特徴とするミラー制御装置。

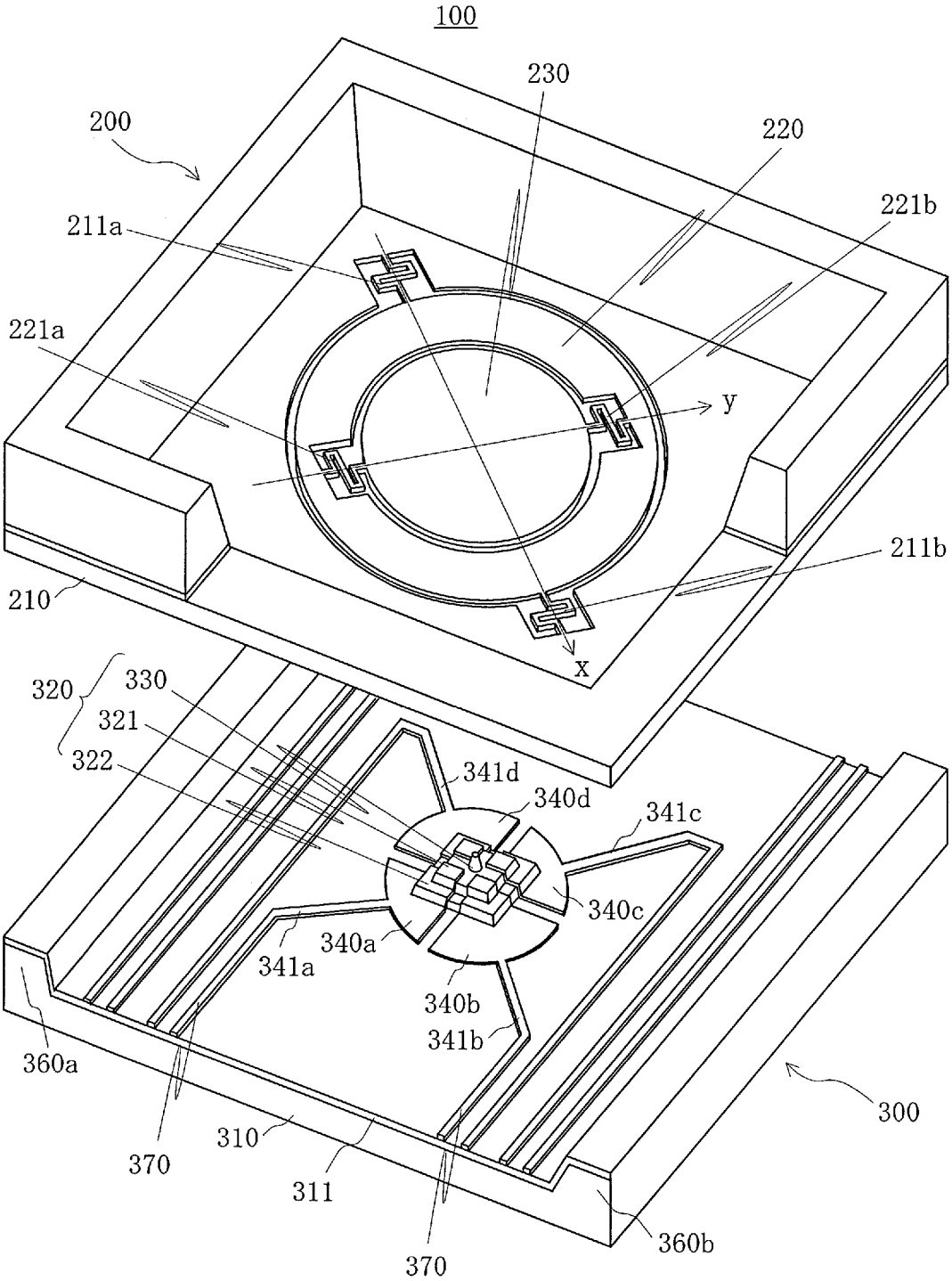
[26] 請求項25記載のミラー制御装置において、

前記交流電圧の直流成分が零であることを特徴とするミラー制御装置。

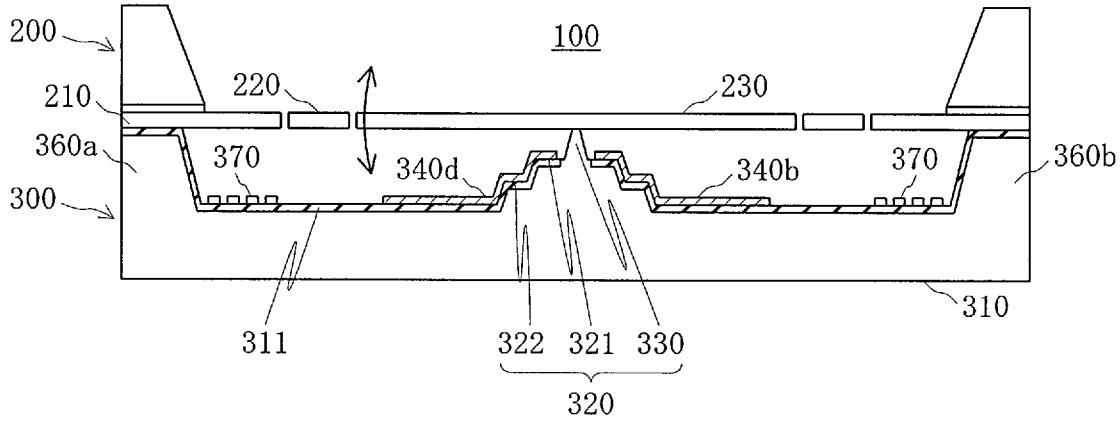
[27] 請求項25記載のミラー制御装置において、

前記バイアス電圧及び駆動電圧は、矩形波電圧であることを特徴とするミラー制御装置。

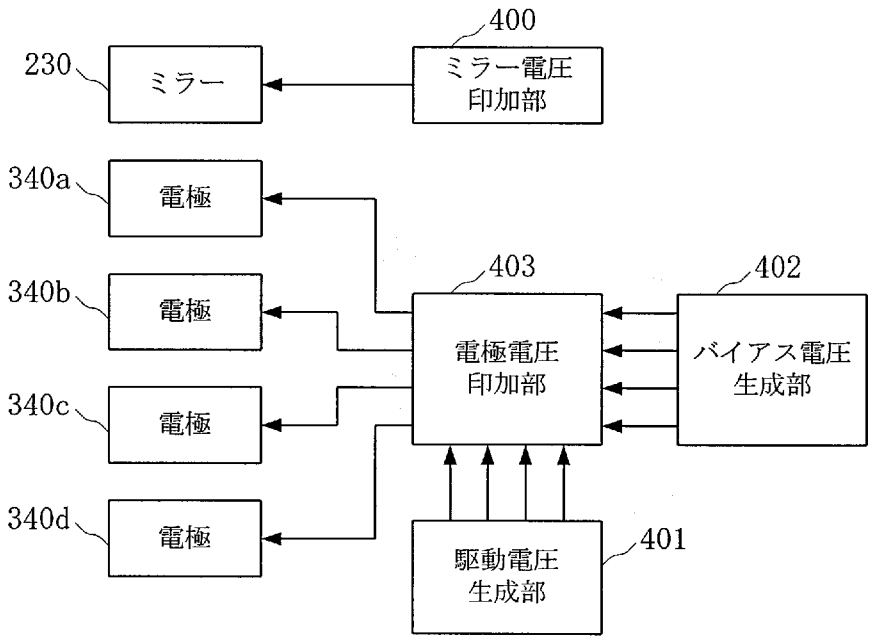
[図1]


100
200
230
220
221b
211a
221a
y
x
211b
210
320
330
321
322
341d
340d
341c
340c
340a
341a
340b
341b
360a
370
310
311
370
360b
300

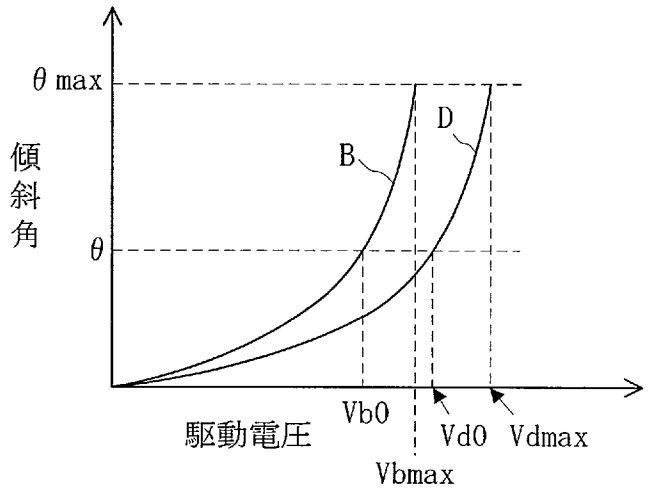
[図2]


200
100
210
220
230
360a
370
340d
340b
370
360b
300
311
322
321
330
310
320

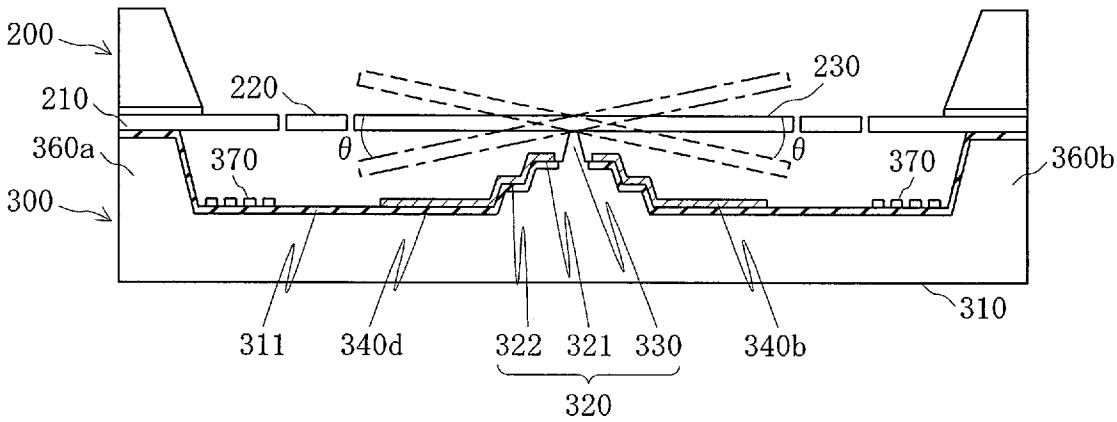
[図3]


400
230
ミラー
ミラー電圧
印加部
340a
電極
340b
電極
403
402
電極電圧
印加部
バイアス電圧
生成部
340c
電極
340d
電極
駆動電圧
生成部
401

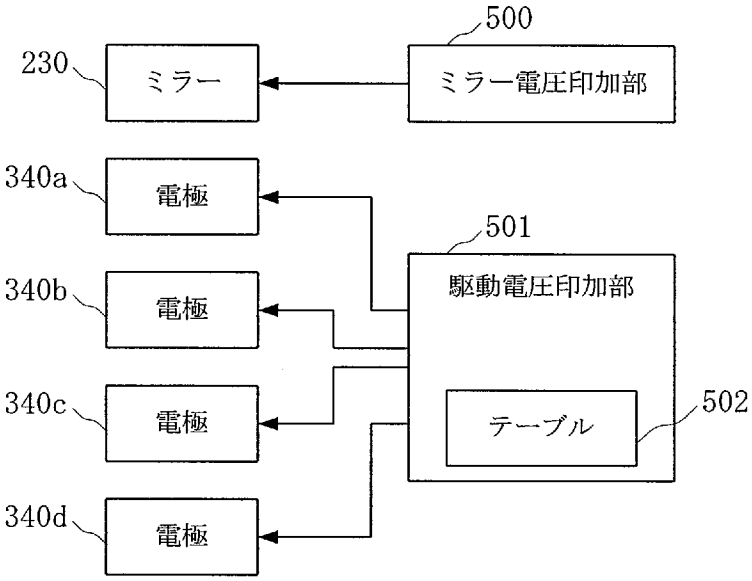
[図4]


θ max
傾斜角
θ
B
D
Vb0
Vd0
Vdmax
駆動電圧
Vbmax

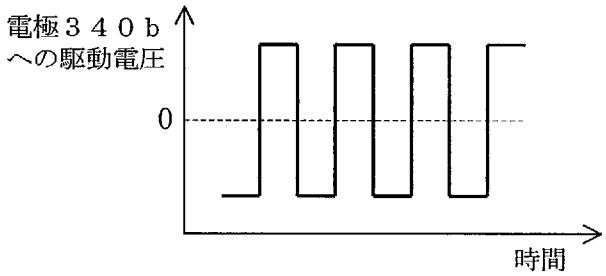
[図5]


200
210
220
230
360a
370
θ
θ
370
360b
300
311
340d
322
321
330
340b
310
320

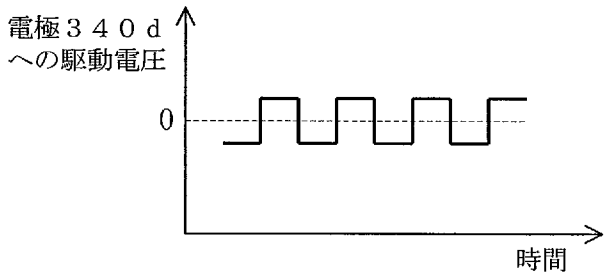
[図6]


500
230
ミラー
ミラー電圧印加部
340a
電極
501
340b
電極
駆動電圧印加部
340c
電極
テーブル
502
340d
電極

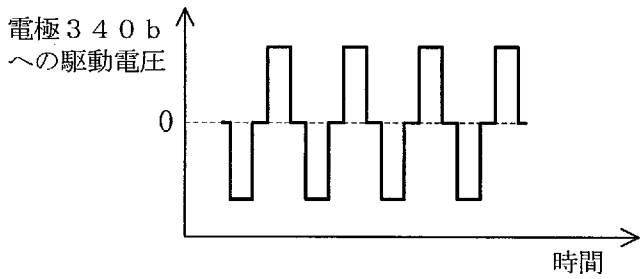
[図7A]


電極３４０ｂ
への駆動電圧
0
時間

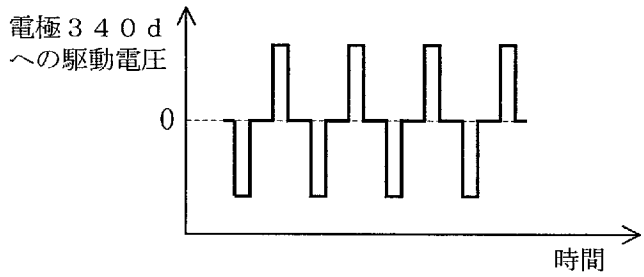
[図7B]


電極３４０ｄ
への駆動電圧
0
時間

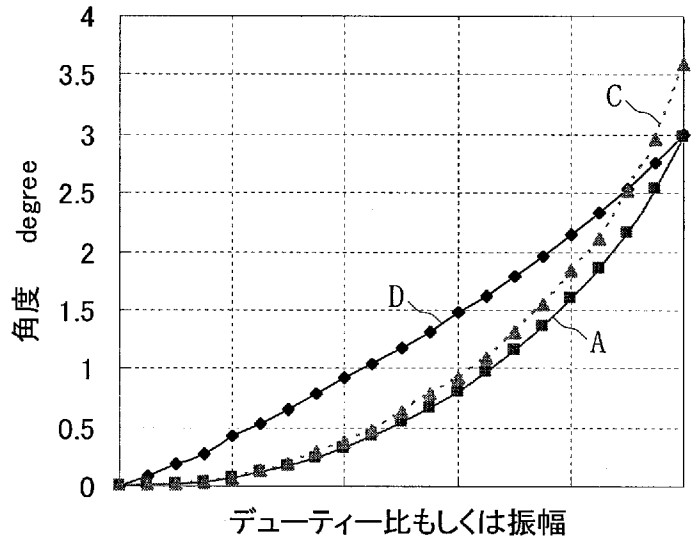
[図8A]


電極３４０ｂ
への駆動電圧
0
時間

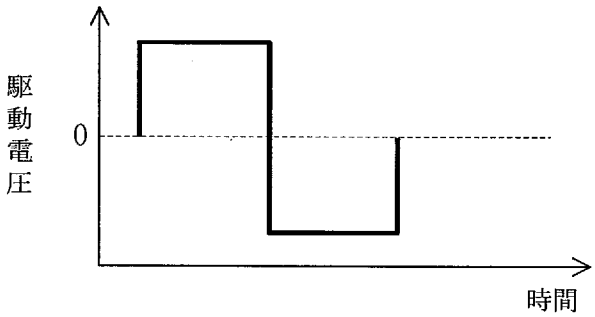
[図8B]


電極３４０ｄ
への駆動電圧
0
時間

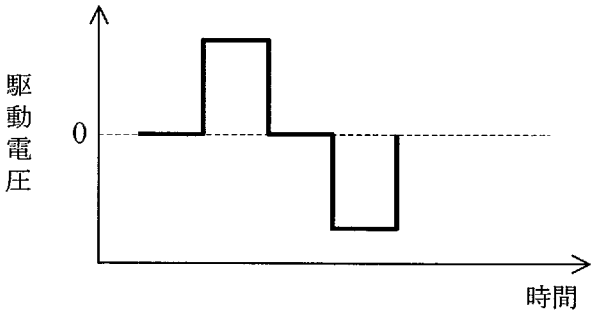
[図9]


4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
角度 degree
C
D
A
デューティー比もしくは振幅

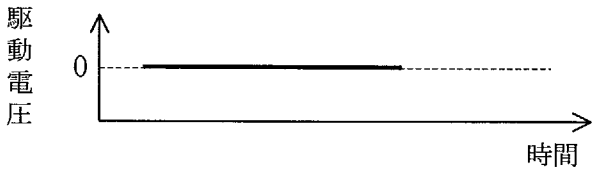
[図10A]



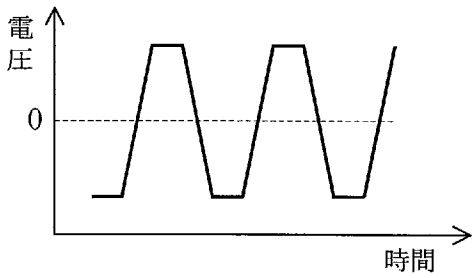
[図10B]



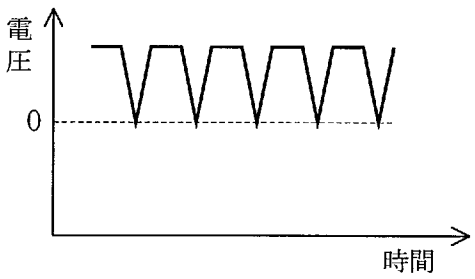
[図10C]



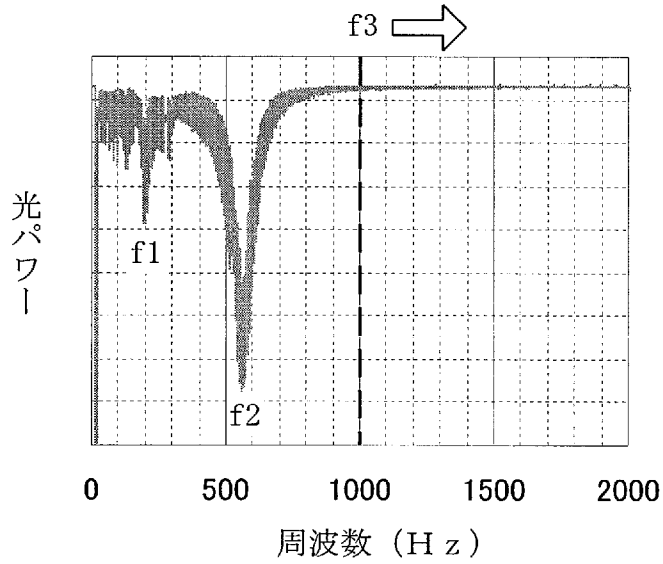
[図11A]



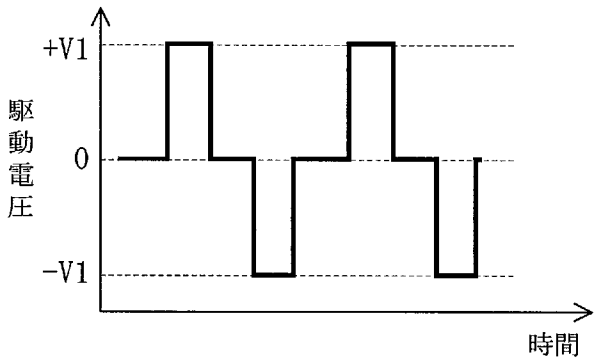
[図11B]



[図12]



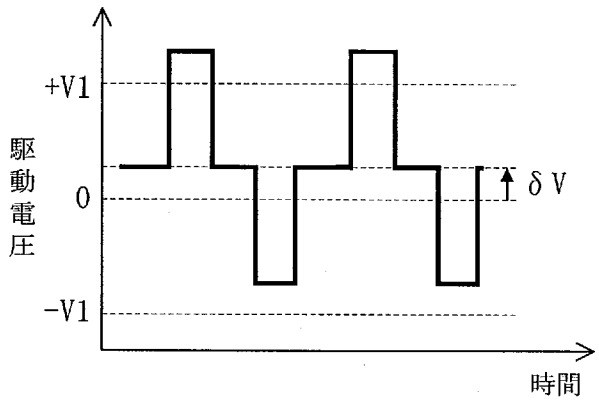
[図13A]



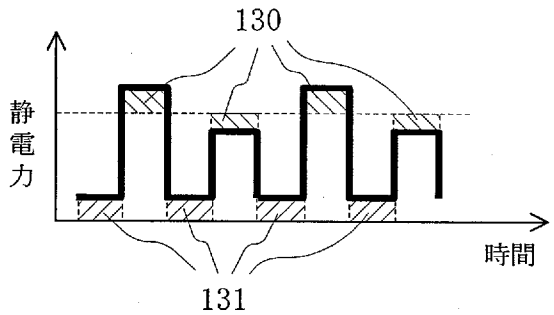
[図13B]



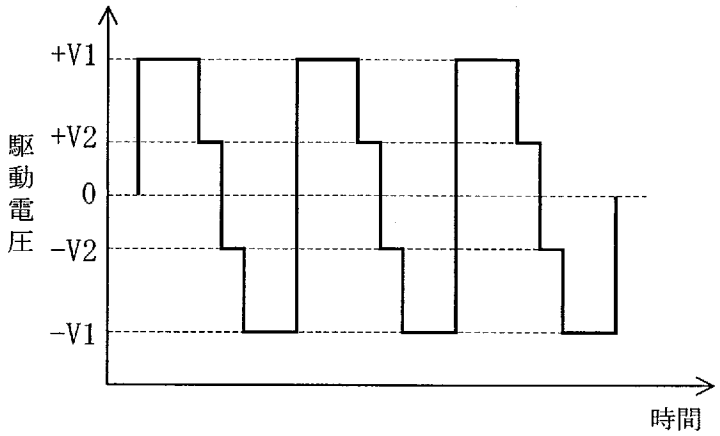
[図14A]



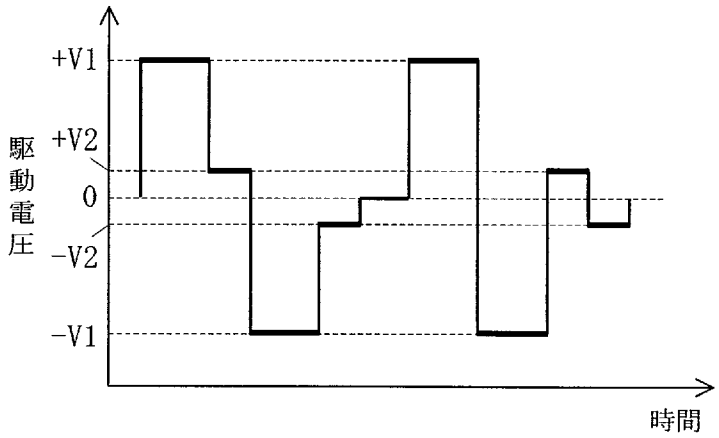
[図14B]



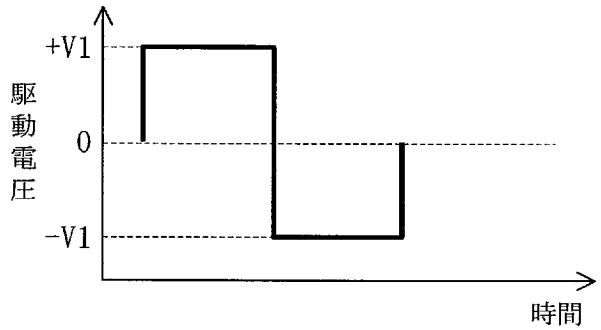
[図15]



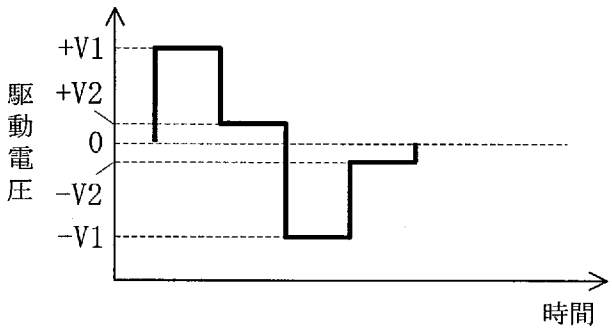
[図16]



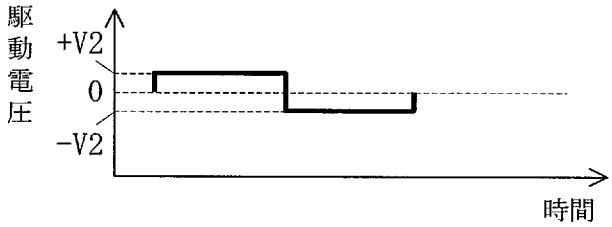
[図17A]



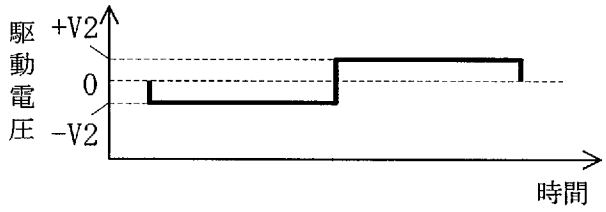
[図17B]



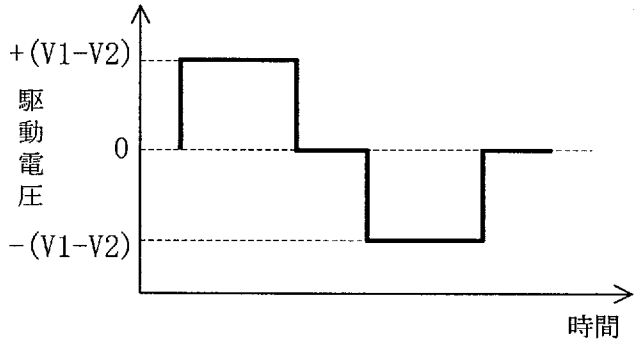
[図17C]



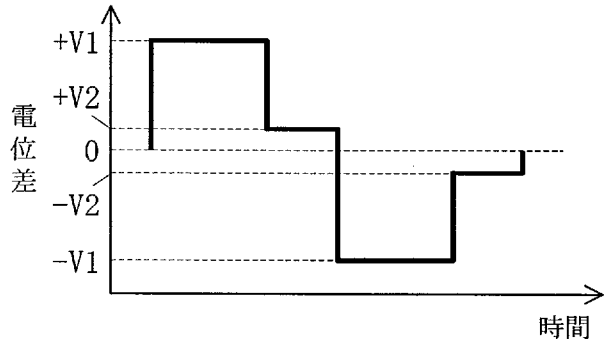
[図18A]



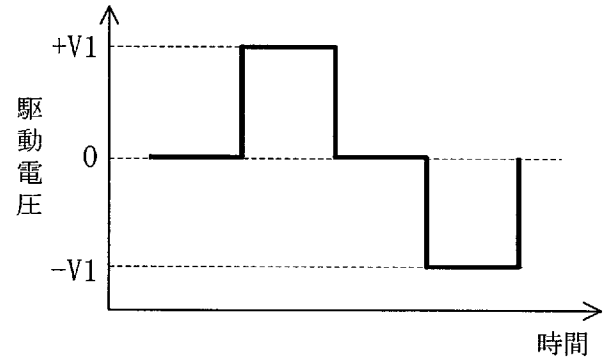
[図18B]



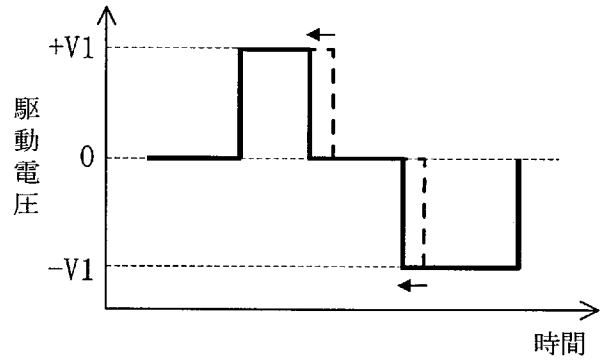
[図18C]



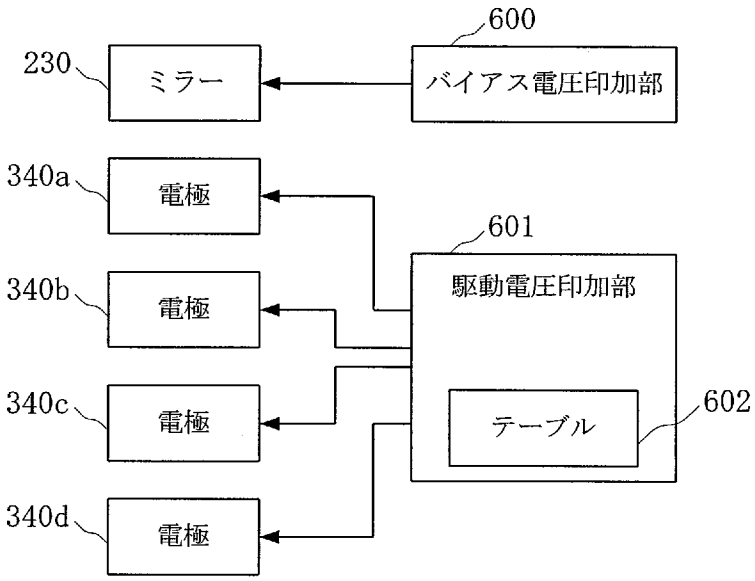
[図19A]



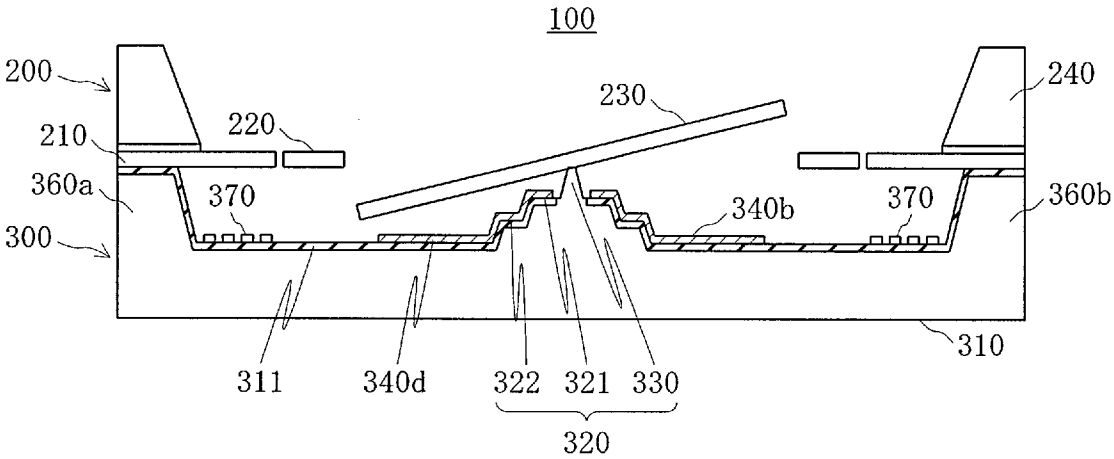
[図19B]



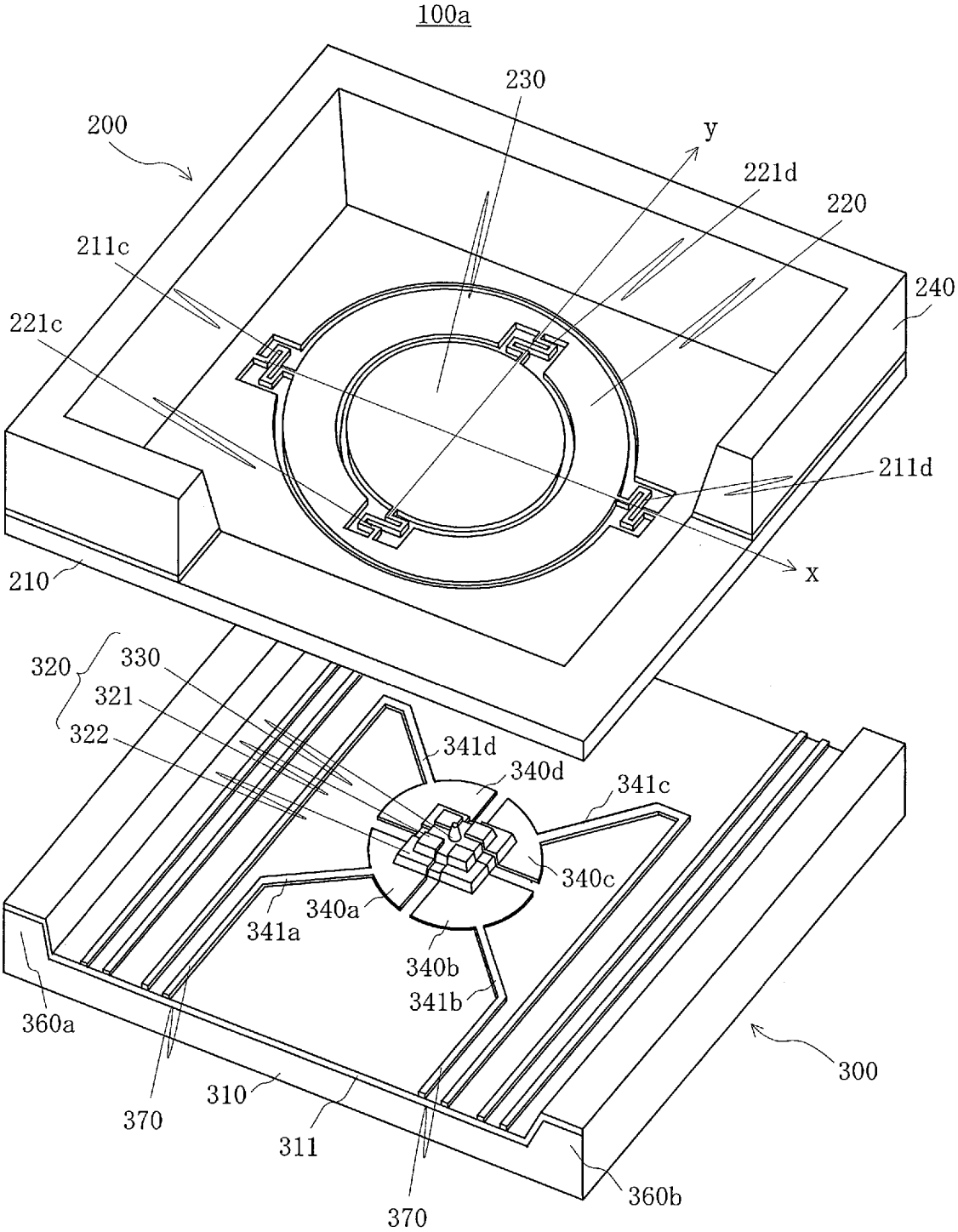
[図20]


600
230
ミラー
バイアス電圧印加部
340a
電極
601
340b
電極
駆動電圧印加部
340c
電極
テーブル
602
340d
電極

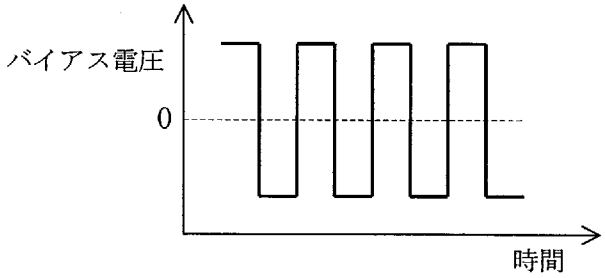
[図21]


100
200
210
220
230
240
360a
370
340b
370
360b
300
311
340d
322
321
330
310
320

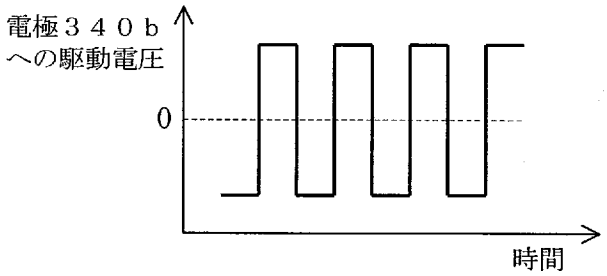
[図22]


100a
230
200
y
221d
220
211c
240
221c
211d
x
210
320
330
321
322
341d
340d
341c
340c
340a
341a
340b
341b
360a
300
310
370
311
370
360b

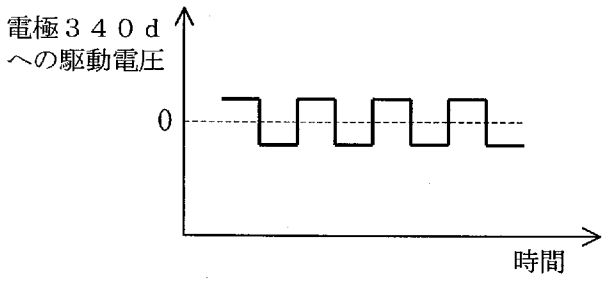
[図23A]



[図23B]



[図23C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/064787

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B26/08(2006.01)i, *G02B26/10*(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)
G02B26/08, G02B26/10

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 1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
IEEE, JST7580(JDream2), JSTPlus(JDream2)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2002-236265 A (Lucent Technologies Inc.), 23 August, 2002 (23.08.02), Fig. 1 & US 2002/93722 A1 & TW 504490 B	1,3-6 2
Y A	JP 2004-294877 A (Olympus Corp.), 21 October, 2004 (21.10.04), Par. Nos. [0098], [0099] & US 2004/188592 A1	1,3-6 2
Y A	JP 2005-208164 A (Pentax Corp.), 04 August, 2005 (04.08.05), Par. No. [0059] & US 2005/179981 A1 & US 2006/152793 A1	1,3-6 2

☒ 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	Date of mailing of the international search report
01 October, 2007 (01.10.07)	16 October, 2007 (16.10.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/064787

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	Ford, J.E. Aksyuk, V.A. Bishop, D.J. Walker, J.A., Wavelength add-drop switching using tilting micromirrors, Journal of Lightwave Technology, 1999.05, Volume: 17, Issue:5, 904-911	7,8,12,13,18 25-27 9-11,14-17, 19-21
X Y A	Dokmeci, M.R. Pareek, A. Bakshi, S. Waelti, M. Fung, C.D. Khee Hang Heng Mastrangelo, C.H., Two-axis single-crystal silicon micromirror arrays, Journal of Microelectromechanical Systems, 2004.12, Volume: 13, Issue: 6, 1006-1017	22,24 25-27 23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/064787

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
(see the extra sheet).

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

the

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee..

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Since a common feature of the inventions in claims 1-27 is described in documents 1-5, for instance, and has been publically known, the common feature cannot be deemed to be a technical feature that makes a contribution to the prior art.

"A special technical feature" of the inventions in claims 1-6 is related to a matter in which a bias voltage and a driving voltage are generated for every electrode and those voltages are added to control a mirror.

Further, since a common matter of the inventions in claims 7-21 is described in the document 4, for instance, and has been publically known, the common matter cannot be deemed to be a technical feature that makes a contribution to the prior art.

"A special technical feature" of the inventions in claims 9 and 19 is related to a matter to generate an alternate voltage with amplitude in response to a slant angle.

"A special technical feature" of the inventions in claims 10, 11, 14, 15, 17, 20 and 21 is related to a matter to generate a driving voltage in which a third section occurs in addition to first and second sections.

"A special technical feature" of the inventions in claim 16 is related to a matter to change a time ratio of a first section to a second section.

Further, since a common matter of the inventions in claims 22-27 is described in the document 5, for instance, and has been publically known, the common matter cannot be deemed to be a technical feature that makes a contribution to the prior art.

"A special technical feature" of the inventions in claim 23 is related to a matter in which the same polarity voltage is applied to one and its reverse polarity voltage is applied to the other.

"A special technical feature" of the inventions in claims 25, 26 and 27 is related to a bias voltage that is an alternate voltage.

Further, since the inventions in claims 7, 8, 12, 13, 18, 22 and 24 are described in the documents 4 and 5 and have been publically known, they have no "special technical feature".

Thus, since these inventions have no technical relationship including one or not les than two of the same or corresponding special technical features, they are deemed not to be so technically related that a single general inventive concept can be defined.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０６４７８７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B26/08(2006.01)i, G02B26/10(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B26/08, G02B26/10

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００７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）

IEEE, JST7580(JDream2), JSTPlus(JDream2)

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	関連する請求の範囲の番号
Y A	JP 2002-236265 A (ルーセント　テクノロジーズ　インコーポレーテッド) 2002.08.23, 第１図 & US 2002/93722 A1 & TW 504490 B	1,3-6 2
Y A	JP 2004-294877 A (オリンパス株式会社) 2004.10.21, 【００９８】、【００９９】 & US 2004/188592 A1	1,3-6 2
Y A	JP 2005-208164 A (ペンタックス株式会社) 2005.08.04, 【００５９】 & US 2005/179981 A1 & US 2006/152793 A1	1,3-6 2

☑　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 ０１．１０．２００７	国際調査報告の発送日 １６．１０．２００７
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　２Ｘ　３３１４ 早川　貴之 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９４

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	関連する請求の範囲の番号
X Y A	Ford, J.E.　Aksyuk, V.A.　Bishop, D.J.　Walker, J.A., Wavelength add-drop switching using tilting micromirrors, Journal of Lightwave Technology, 1999.05, Volume: 17,　Issue: 5, 904-911	7,8,12,13,18 25-27 9-11,14-17,19-21
X Y A	Dokmeci, M.R.　Pareek, A.　Bakshi, S.　Waelti, M.　Fung, C.D.　Khee Hang Heng　Mastrangelo, C.H., Two-axis single-crystal silicon micromirror arrays, Journal of Microelectromechanical Systems, 2004.12, Volume: 13,　Issue: 6, 1006-1017	22,24 25-27 23

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０６４７８７

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

特別ページ参照

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。

２．☑ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

請求の範囲１～２７に係る発明の共通事項は例えば文献１－５に記載され公知であり、前記共通事項を先行技術に対して貢献する技術的特徴と認めることはできない。

請求の範囲１～６に係る発明の「特別な技術的特徴」は電極毎にバイアス電圧と駆動電圧を生成し、それらを加算してミラーを制御する事項に関するものである。

また、請求の範囲７～２１に係る発明の共通事項は例えば文献４に記載され公知であり、前記共通事項を先行技術に対して貢献する技術的特徴と認めることはできない。
請求の範囲９、１９に係る発明の「特別な技術的特徴」は傾斜角に応じた振幅の交流電圧を生成する事項に関するものである。
請求の範囲１０、１１、１４、１５、１７、２０、２１に係る発明の「特別な技術的特徴」は、第１、第２に加えて第３の区間が生じるように駆動電圧を生成する事項に関するものである。
請求の範囲１６に係る発明の「特別な技術的特徴」は第１と第２の区間の時間比率を変化させる事項に関するものである。

さらに、請求の範囲２２～２７に係る発明の共通事項は例えば文献５に記載され公知であり、前記共通事項を先行技術に対して貢献する技術的特徴と認めることはできない。
請求の範囲２３に係る発明の「特別な技術的特徴」は一方に同極性の他方に反対極性の電圧を印加する事項に関するものである。
請求の範囲２５、２６、２７に係る発明の「特別な技術的特徴」はバイアス電圧が交流電圧に関するものである。

なお、請求の範囲７、８、１２、１３、１８、２２、２４に係る発明は文献４、５に記載され公知であり、「特別な技術的特徴」を有しない。

そして、これらの発明は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。