

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3979367号
(P3979367)

(45) 発行日 平成19年9月19日(2007.9.19)

(24) 登録日 平成19年7月6日(2007.7.6)

(51) Int.CI.

G02B 26/08 (2006.01)

F 1

G 02 B 26/08

E

請求項の数 5 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2003-312753 (P2003-312753)
 (22) 出願日 平成15年9月4日 (2003.9.4)
 (65) 公開番号 特開2005-84103 (P2005-84103A)
 (43) 公開日 平成17年3月31日 (2005.3.31)
 審査請求日 平成17年6月28日 (2005.6.28)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅善
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (72) 発明者 山▲崎▼ 哲朗
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 (72) 発明者 武田 高司
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光制御デバイス、空間光変調装置及びプロジェクタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

制御光を供給する制御光用光学系と、
 光学的に透明な透明電極と、
 前記透明電極の上に設けられ、前記透明電極を透過した前記制御光の光量に応じて電気的な抵抗値が可変である導電率可変部と、

前記導電率可変部上に設けられた駆動用電極と、
 所定の位置に移動可能な可動部と、
 前記透明電極と前記可動部との間に所定の電圧を印加する電源と、
 前記駆動用電極と前記可動部との間に設けられている所定の抵抗値の抵抗部と、を有し

、前記所定の抵抗値は、前記導電率可変部の最小抵抗値と最大抵抗値との間のいずれかの値であって、

前記制御光を前記透明電極に入射させることにより、前記駆動用電極と前記可動部との間に前記導電率可変部の抵抗値に対応する所定の力を発生させ、

前記可動部は、前記所定の力により移動することを特徴とする光制御デバイス。

【請求項 2】

前記導電率可変部の前記最小抵抗値を R_L 、前記導電率可変部の前記最大抵抗値を R_D 、前記抵抗部の抵抗値を R_C 、とそれぞれしたときに、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光制御デバイス。

$4 R_L \leq R_C \leq R_D / 4$

【請求項 3】

前記導電率可変部の前記最小抵抗値を R_L 、前記導電率可変部の前記最大抵抗値を R_D 、前記抵抗部の抵抗値を R_C 、とそれぞれしたときに、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光制御デバイス。

$$R_C = (R_L \times R_D)^{1/2}$$

【請求項 4】

所定の位置に移動可能な可動ミラーを備えた複数の光制御可動ミラーデバイスを有し、前記光制御可動ミラーデバイスは、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の光制御デバイスであって、

前記可動部は、前記可動ミラーであることを特徴とする空間光変調装置。 10

【請求項 5】

照明光を供給する照明光用光源部と、

前記照明光用光源部からの前記照明光を画像信号に応じて変調する空間光変調装置と、前記空間光変調装置で変調された光を投写する投写レンズと、を有し、

前記空間光変調装置は、請求項 4 に記載の空間光変調装置であることを特徴とするプロジェクタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光により制御可能な光制御デバイス、その光制御デバイスを用いた空間光変調装置、及び、その空間光変調装置を用いたプロジェクタの技術に関するものである。 20

【背景技術】

【0002】

従来、プロジェクタの空間光変調装置として、例えば、ティルトミラーデバイスが用いられている。ティルトミラーデバイスは、マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム (Micro Electro Mechanical Systems; 以下、「MEMS」という。) 技術により、集積回路基板上に複数の可動ミラーを形成したものである。可動ミラーは、画像信号に応じて反射位置を移動し、照明光を反射する。ティルトミラーデバイスは、可動ミラーを制御することにより、画像信号に応じて照明光を反射し、変調する。ティルトミラーデバイスの技術としては、例えば、特許文献 1 に提案されているものがある。 30

【0003】

【特許文献 1】米国特許第 5 867 202 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来のティルトミラーデバイスは、CMOS (相補型金属酸化膜半導体) 等を用いる集積回路基板上に可動ミラー等を形成するものである。集積回路と MEMS 構造とを一体に形成すると、歩留まりを低下させる原因となる場合がある。そこで、ティルトミラーデバイスに、光を入射させることにより駆動する光制御デバイスを用いることが考えられる。複数の光制御デバイスを用いるティルトミラーデバイスは、各光制御デバイスに画像信号に応じた光 (以下、適宜「制御光」という。) を走査することによって駆動を制御することができる (光アドレッシング)。光アドレッシングが可能となると、ティルトミラーデバイスは、各可動ミラーに電気的にアクセスするための配線等が不要となる。このため、集積回路と MEMS 構造とを一体に形成することを不要とし、ティルトミラーデバイスの歩留まりを軽減できる。また、可動ミラーを容易に大型にできるため、高解像度を実現することも容易である。集積回路を不要とすることにより、ティルトミラーデバイスを低廉にできるうえ、集積回路の耐電圧に制限されることなくティルトミラーデバイスを駆動することも可能である。さらに、集積回路を不要とすること、基板に硝子部材を用いることができることから、ティルトミラーデバイスの大型化も低コストにできる。 40

【0005】

光制御デバイスは、駆動用電極と、可動部である可動ミラーとの間の電位差により生じる静電力を制御して可動ミラーを駆動する。ここで、駆動用電極と可動部との間の電位差が僅かである場合、発生する静電力も微小である。駆動用電極と可動部との間に発生する静電力が微小であると、可動ミラーを駆動することができない場合がある。また、駆動用電極と可動ミラーとの間の電位差の可変範囲が僅かであると、僅かな光量の制御光を入射させただけで、駆動用電極と可動ミラーとの間の電位差が可変範囲内において大きく変化してしまう。このため、制御光の光量を変化させることにより可動ミラーを正確な位置に移動させることが困難となる。このように、光制御デバイスは、駆動用電極と可動ミラーとの間の電位差が僅かであると、画像信号に応じて可動ミラーの正確な制御を行うことが困難となる場合があるため問題である。本発明は、上述の問題に鑑みてなされたものであり、10 入力信号に応じて正確に可動部の駆動を制御できる光制御デバイス、その光制御デバイスを用いた空間光変調装置、及びプロジェクタ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】**【0006】**

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明によれば、制御光を供給する制御光用光学系と、光学的に透明な透明電極と、透明電極の上に設けられ、透明電極を透過した制御光の光量に応じて電気的な抵抗値が可変である導電率可変部と、導電率可変部上に設けられた駆動用電極と、所定の位置に移動可能な可動部と、透明電極と可動部との間に所定の電圧を印加する電源と、駆動用電極と可動部との間に設けられている所定の抵抗値の抵抗部と、を有し、所定の抵抗値は、導電率可変部の最大抵抗値と最小抵抗値との間のいずれかの値であって、制御光を透明電極に入射させることにより、駆動用電極と可動部との間に導電率可変部の抵抗値に対応する所定の力を発生させ、可動部は、所定の力により移動することを特徴とする光制御デバイスを提供することができる。20

【0007】

透明電極と可動部との間には、電源により所定の電圧が印加されている。また、駆動用電極と可動部との間に、抵抗部が設けられている。このため、駆動用電極と可動部とは、抵抗部を介して電気的に接続されている。透明電極と駆動用電極との間に設けられている導電率可変部は、制御光を入射させることにより抵抗値が変化する。駆動用電極と可動部との間の抵抗部は、導電率可変部の最小抵抗値と最大抵抗値との間のいずれかの値である所定の抵抗値を有する。透明電極と可動部との間には、所定の電圧を印加する電源が設けられている。これらから、本発明の光制御デバイスは、制御光の光量により抵抗値が可変の導電率可変部と、所定の抵抗値の抵抗部とが直列に接続された抵抗分圧回路と等価である。30

【0008】

例えば、抵抗部を設けず、駆動用電極と可変部との間が電気的に絶縁されている場合を考える。この場合、駆動用電極と可変部との間は、抵抗値が略無限大の抵抗により接続されているものと同視することができる。駆動用電極と可動部との間の抵抗の抵抗値が略無限大であると、導電率可変部の抵抗値を変化させても、駆動用電極と可動部との間の電位差の変化は僅かである。駆動用電極と可動部との間の電位差が僅かである場合、駆動用電極と可動部との間に発生する静電力も微小である。駆動用電極と可動部との間に発生する静電力が微小であると、可動部を駆動することができない場合がある。また、駆動用電極と可動部との間の電位差の可変範囲が僅かであると、僅かな光量の制御光を入射させることのみによって、駆動用電極と可動部との間の電位差が可変範囲内において大きく変化してしまう。このため、制御光の光量を変化させることにより可動部を正確な位置に移動させることが困難となる。40

【0009】

これに対して、本発明の光制御デバイスは、駆動用電極と可動部との間に抵抗部を設けている。駆動用電極と可動部との間に抵抗部を設けると、駆動用電極と可動部との間の電位差は、抵抗部に印加される電圧に応じて変化する。そして、抵抗部の抵抗値は、導電率50

可変部の最小抵抗値と最大抵抗値との間の所定の値をとる。抵抗部の抵抗値を導電率可変部の最小抵抗値と最大抵抗値との間の所定の値とすると、導電率可変部の抵抗値を変化させることによって、駆動用電極と可動部との間の電位差をより広い範囲で変化させることができる。駆動用電極と可動部との間の電位差を広い範囲で変化させることができると、駆動用電極と可動部との間に発生させる静電力の大きさの可変範囲も広くなる。静電力の大きさの可変範囲が広くなり静電力を大きくすることができると、可動部を容易に駆動することができる。また、制御光の光量の変化に対して静電力の可変範囲が大きくなると、可動部を所望の位置に移動させることができるとなる。このため、光量の制御を高い精度で行うことが困難な光源を制御光用光源部として用いても、光制御デバイスの制御を十分に行うことができる。さらに、静電力の大きさの可変範囲が広がることにより、制御光の光量の連続的な変化に応じて可動部の位置を正確に制御することも可能となる。これにより、入力信号に応じて正確に可動部の駆動を制御できる光制御デバイスを得られる。この光制御デバイスは、特に、アナログ信号に正確に対応して可動部を駆動することができる。

【0010】

また、本発明の好ましい態様としては、導電率可変部の最小抵抗値を R_L 、導電率可変部の最大抵抗値を R_D 、抵抗部の抵抗値を R_C 、とそれぞれしたときに、以下の式(1)を満足することが望ましい。

$$4 R_L \quad R_C \quad R_D / 4 \quad (1)$$

さらに好ましくは、以下の条件式を満足することが望ましい。

$$R_C = (R_L \times R_D)^{1/2} \quad (2)$$

これらの条件式により、駆動用電極と可動部との間の電位差の可変範囲をより大きくすることができます。これにより、入力信号に応じてさらに正確に可動部の駆動を制御できる光制御デバイスを得られる。さらに好ましくは、導電率可変部の最小抵抗値 R_L と、最大抵抗値 R_D とは、少なくとも 2 衍以上の差を有するような値であることが望ましい。これにより、駆動用電極と可動部との間の電位差の可変範囲を十分に確保し、可動部の駆動を正確に制御することができる。

【0011】

さらに、本発明によれば、所定の位置に移動可能な可動ミラーを備えた複数の光制御可動ミラーデバイスを有し、光制御可動ミラーデバイスは、上記の光制御デバイスであって、可動部は、可動ミラーであることを特徴とする空間光変調装置を提供することができる。光制御可動ミラーデバイスとして上記の光制御デバイスを用いることにより、可動部である可動ミラーの駆動を、画像信号に応じて正確に制御することができる。また、可動ミラーは、特に、アナログ信号に正確に対応して駆動することができる。これにより、画像信号に応じて正確に制御することができ、特に、アナログ信号に正確に対応して駆動することができる空間光変調装置を得られる。

【0012】

さらに、本発明によれば、照明光を供給する照明光用光源部と、照明光用光源部からの照明光を画像信号に応じて変調する空間光変調装置と、空間光変調装置で変調された光を投写する投写レンズと、を有し、空間光変調装置は、上記の空間光変調装置であることを特徴とするプロジェクタを提供することができる。上記の空間光変調装置を用いることにより、画像信号に応じて光を正確に投写できる。これにより、高品質な投写像のプロジェクタを得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下に、本発明に係る光制御デバイス、及びプロジェクタの実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例により本発明が限定されるものではない。

【実施例1】

【0014】

図1は、本発明の第1実施形態に係るプロジェクタ100の概略構成を示す。プロジェ

10

20

30

40

50

クタ 100 は、固体発光素子である発光ダイオード素子（以下、適宜「LED」という。）を複数設けた照明光用光源部 101 を有する。照明光用光源部 101 は、第1色光であるR光を供給するR光用LED 102Rと、第2色光であるG光を供給するG光用LED 102Gと、第3色光であるB光を供給するB光用LED 102Bとを有する。照明光用光源部 101 から供給された照明光は、フィールドレンズ 103 を透過した後、空間光変調装置 120 の変調部 104 に入射する。フィールドレンズ 103 は、変調部 104 をテレセントリックに照明する機能、即ち、照明光をできるだけ主光線に平行にして変調部 104 に入射させる機能を有する。プロジェクタ 100 は、照明光用光源部 101 の像を投写レンズ 105 の入射瞳 107 の位置に結像する。このため、変調部 104 は、照明光用光源部 101 から供給される照明光によりケーラー照明される。

10

【0015】

空間光変調装置 120 は、変調部 104 と、制御光用光学系 130 とからなる。変調部 104 は、投写レンズ 105 の側の表面に、画像信号に応じて移動可能な複数の可動ミラー 108 を有する。複数の可動ミラー 108 は、変調部 104 の平面上に、略直交する格子状に配列されている。変調部 104 は、可動ミラー 108 を画像信号に応じて移動させて照明光用光源部 101 からの照明光を投写レンズ 105 の方向、又は投写レンズ 105 以外の方向に反射させる。そして、変調部 104 は、各可動ミラー 108 で反射され、投写レンズ 105 の入射瞳 107 に入射させる光の光量を画像信号に応じて変化させることにより、階調を表現する。このようにして、変調部 104 は、照明光用光源部 101 からの照明光を、制御部 112 からの画像信号に応じて変調する。制御部 112 は、画像信号に応じて照明光用光源部 101 と、空間光変調装置 120 とを制御する。投写レンズ 105 は、変調部 104 で変調された光をスクリーン 106 に投写する。

20

【0016】

制御光用光学系 130 は、ガルバノミラー 116 と、制御光用光源部 110 とからなる。制御光用光学系 130 は、変調部 104 に対して、投写レンズ 105 とは反対側に設けられている。制御光用光源部 110 は、ビーム状の光、例えば、レーザ光である制御光 L を供給する。制御光用光源部 110 は、例えば、半導体レーザ素子や面発光レーザ素子を用いることができる。そして、制御光用光源部 110 に変調器を設けることにより、制御部 112 からの画像信号に応じて制御光 L の強度を変調することができる。制御光 L は、ガルバノミラー 116 により変調部 104 の方向に反射され、変調部 104 上に入射する。ガルバノミラー 116 は、略直交する所定の2軸を中心として回動することにより、制御光 L を二方向に走査させる。ガルバノミラー 116 の回動は、制御部 112 によって、画像信号に応じて制御されている。このようにして、制御光用光学系 130 は、制御光 L を変調部 104 に走査させる。

30

【0017】

次に、図 2 - 1 を用いて、光制御可動ミラーデバイス 200 の構成について説明する。光制御可動ミラーデバイス 200 は、一つの可動ミラー 108 を駆動するための構成である。光制御可動ミラーデバイス 200 は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術により作成することができる。光学的に透明な平行平板である硝子基板 201 の上には、光学的に透明な透明電極 202 が形成されている。透明電極 202 は、ITO 膜で構成できる。透明電極 202 の上には、導電率可変部 203 が形成されている。導電率可変部 203 は、透明電極 202 を透過した制御光 L により、電気的な導電率を変化させる。

40

【0018】

導電率可変部 203 は、例えばアモルフォス・シリコン（以下、「a-Si」という。）又は感光性有機膜等を用いることができる。例えば、a-Si は、水素を含んでいることが望ましい。また、a-Si は、気相成長法 (CVD 法) により、例えば、 $10 \mu\text{m}$ の厚さで成膜することができる。a-Si は、制御光 L を全く照射されていない状態では、電気的な導電率が最小となり、最大抵抗値となる。最大抵抗値のとき、導電率可変部 203 は、絶縁性部材と略同一の機能を有する。これに対して、a-Si に制御光 L を照射さ

50

せると、その光量に応じて導電率が大きくなる（即ち抵抗値が小さくなる）。導電率可変部 203において導電率が変化する領域は、制御光 L を照射させた透明電極 202 の領域である。例えば、硝子基板 201 に平行な面内において 25 μm 角の正方形形状を有し、厚さが 10 μm の a-Si を、導電率可変部 203 として用いるとする。この場合、制御光 L を全く入射させないときの a-Si の抵抗値は、約 100 M である。また、制御光 L を入射させているときの a-Si の抵抗値は、約 0.01 M である。従って、この a-Si は、約 0.01 M から約 100 M までの間ににおいて抵抗値を変化させることができる。

【0019】

絶縁層 204 は、導電率可変部 203 上の略中央領域を除いた位置に、スパッタ技術により形成される。絶縁層 204 には、例えば SiO₂ を用いることができる。絶縁層 204 の上には、電極 205 が設けられている。また、駆動用電極 210 は、導電率可変部 203 の上に直接設けられている。電極 205 と駆動用電極 210 とは、導電性物質、例えばアルミニウム (Al) で構成できる。電極 205 と駆動用電極 210 とを可動ミラー 108 の側から見ると、電極 205 は、図 3 に示すように、駆動用電極 210 の周囲を取り囲むように配置されている。絶縁層 204 も、電極 205 と同様に、駆動用電極 210 の周囲を取り囲むように配置されている。

【0020】

電源 209 は、一方の電極を透明電極 202 に、他方の電極を電極 205 に接続している。これにより、電源 209 は、透明電極 202 と電極 205 との間に所定電圧を印加する。電極 205 の上には、可動ミラー 108 と、可動ミラー 108 を移動可能に支持する支持部 206 とが形成されている。可動ミラー 108 は、導電性物質、例えば、アルミニウム (Al) で構成することができる。支持部 206 は、導電性を有する可撓性部材、又は導電性を有する弾性部材（金属ばね等）である。支持部 206 が導電性を有するため、支持部 206 を介して可動ミラー 108 と電極 205 とは同電位である。

【0021】

駆動用電極 210 と、電極 205 との間に、抵抗部 220 が設けられている。抵抗部 220 としては、一部又は全体が、例えばチタン酸バリウム系セラミックスや、SiO₂、ZnO 等の高抵抗材料で構成された部材を用いることができる。抵抗部 220 の抵抗値は、導電率可変部 203 の最小抵抗値と最大抵抗値との間のいずれかの値である。抵抗部 220 が設けられている位置は、図 3 に示すように、駆動用電極 210 の正方形形状の一辺と、電極 205 との間の位置である。抵抗部 220 は、駆動用電極 210 と、電極 205 とに接着させて設けられている。上述のように、電極 205 は、支持部 206 を介して可動ミラー 108 と同電位である。このことから、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 とは、抵抗部 220 を介して電気的に接続されている。なお、絶縁層 204 と、抵抗部 220 とは、いずれも SiO₂ により構成することができる。絶縁層 204 と抵抗部 220 とにいずれも SiO₂ を用いると、絶縁層 204 と、抵抗部 220 とを一体にすることができる、部品点数を減少できる。

【0022】

抵抗部 220 を設ける位置は、駆動用電極 210 と、電極 205 とに接着させることができるものであれば、駆動用電極 210 の正方形形状の一辺と、電極 205 との間の位置に限られない。例えば、図 4-1、図 4-2 に示すように、抵抗部 420 は、駆動用電極 210 の正方形形状の四辺と接着させるようにして配置しても良い。この場合も、光制御可動ミラーデバイス 400 の駆動用電極 210 と可動ミラー 108 とを、抵抗部 420 を介して電気的に接続することができる。このように、抵抗部 220 は、抵抗部 220 を設ける位置、大きさを適宜変更することにより、駆動用電極 210 及び電極 205 と、抵抗部 220 とが接触している面積を調整することができる。このため、抵抗部 220 を設ける位置、大きさは、抵抗部 220 の材料に応じて適宜変更することが望ましい。抵抗部 220 を設ける位置、大きさと、抵抗部 220 の材料とを適切に選択することにより、抵抗部 220 の抵抗値を所望の値にすることができる。

10

20

30

40

50

【0023】

図2-1に戻って、電源209は、透明電極202と可動ミラー108との間に所定電圧を印加している。これから、光制御可動ミラーデバイス200の構成は、駆動用電極210と可動ミラー108とが電気的に接続された電気回路と等価である。光制御可動ミラーデバイス200と等価な電気回路において、導電率可変部203は、図2-2に示すように、コンデンサC1と可変抵抗R1とが並列しているものと置き換えられる。また、抵抗部220は、コンデンサC2と抵抗R2とが並列しているものと置き換えられる。従って、図2-1に示す光制御可動ミラーデバイス200の構成は、図2-2に示すような抵抗分圧回路と等価である。

【0024】

次に、図2-1、図2-2を用いて、制御光Lによる光制御可動ミラーデバイス200の制御について説明する。可動ミラー108は、駆動用電極210と、可動ミラー108との間の電位差に応じた所定の力、例えば静電力(引力)Fにより駆動する。上述のように、抵抗部220は、駆動用電極210と、可動ミラー108との間に設けられている。従って、静電力Fは、抵抗部220に電圧を印加することによって発生する。そして、抵抗部220に印加する電圧を変化させることによって静電力Fの強度が変化する。抵抗部220に印加する電圧を変化させることによって、可動ミラー108の位置を制御することができる。

【0025】

図2-2に示す抵抗分圧回路から、電源209からの電圧は、抵抗部220に印加される電圧と、導電率可変部203に印加される電圧とに分圧されることがわかる。このため、導電率可変部203の抵抗値を変化させることによって、抵抗部220に印加する電圧を変化させることができる。まず、透明電極202に、制御光用光学系130からの制御光Lを入射させない場合について説明を行う。透明電極202に制御光Lを入射させない場合、導電率可変部203の電気的な抵抗値は最大となる。導電率可変部203が最大抵抗値であるとき、導電率可変部203に印加される電圧は最大値となる。これに対して、分圧により、抵抗部220に印加される電圧は最小値となる。上述のように、支持部206は、導電性を有する可撓性部材、又は導電性を有する弾性部材である。支持部206が撓む程度まで静電力Fが発生していないとき、または、静電力Fが全く発生していないとき、可動ミラー108は、図2-1に示すように、硝子基板201と略平行となるような位置状態をとる。

【0026】

次に、透明電極202に、画像信号に応じて強度を変調された制御光Lを入射させる場合について説明を行う。透明電極202に、制御光Lを入射させると、導電率可変部203のうち透明電極202に接合している部分について、制御光Lの光量に応じて電気的な抵抗値が減少する。厳密には、導電率可変部203の抵抗値が変化する領域は、光の強度とその照射時間とに比例して、照射位置を中心として周辺へ拡がる傾向がある。変調部104は、制御光Lを高速に走査されることにより、順次、隣接する可動ミラー108を制御する。このため、制御光Lを照射させた領域近傍のみの抵抗値が変化するものとして扱う。

【0027】

導電率可変部203の抵抗値が減少すると、導電率可変部203に印加されている電圧も小さくなる。導電率可変部203に印加されている電圧が小さくなると、分圧のバランスの変化により、抵抗部220に印加されている電圧は大きくなる。ここで、導電率可変部203の抵抗値は、透明電極202を透過した制御光Lの光量に応じて変化するため、抵抗部220にも、制御光Lの光量に応じた電圧が印加される。制御光Lの光量は画像信号に応じて変化することから、抵抗部220には、画像信号に応じた電圧が印加される。

【0028】

抵抗部220に印加される電圧が、支持部206を撓ませるような大きさの静電力Fを生じさせる程度である場合、可動ミラー108は、支持部206が撓むことによって、駆

10

20

30

40

50

動用電極 210 の方向に移動する。そして、可動ミラー 108 は、静電力 F の大きさに応じた位置状態をとることができる。上述のように、静電力 F の大きさは、抵抗部 220 に印加されている電圧の大きさに対応して変化する。抵抗部 220 に印加されている電圧は、制御光 L により、画像信号に応じて変化させることができる。従って、透明電極 202 に画像信号に応じて光量が変調された制御光 L を入射させることによって、可動ミラー 108 は、画像信号に応じて位置状態を変化させることができる。なお、制御部 112 は、ガルバノミラー 116 の駆動と、制御光 L の変調とを同期することにより、各光制御可動ミラーデバイス 200 を制御する。画像の 1 フレーム中、R 光、G 光、B 光のそれぞれについて、画像信号に応じて変調された制御光 L を各光制御可動ミラーデバイス 200 に走査させることにより、光アドレッシングを行うことができる。

10

【0029】

なお、可動ミラー 108 と駆動用電極 210 とが接触した場合、可動ミラー 108 と駆動用電極 210 との間に通電又は帯電を生じ、可動ミラー 108 が駆動用電極 210 に当接したまま制御できない状態となり得る。このため、支持部 206 は、静電力 F が最大となったときに可動ミラー 108 と駆動用電極 210 とが接触しないような可撓性部材等を用いる必要がある。または、静電力 F により可動ミラー 108 の傾きが最大となるときに可動ミラー 108 と電極 205 とが当接可能であれば良い。可動ミラー 108 と電極 205 とは互いに同電位であるから、当接しても通電や帯電を生じない。このため、可動ミラー 108 と電極 205 とを当接させることにより、可動ミラー 108 と駆動用電極 210 とが接触することを防止できるうえ、可動ミラー 108 が制御できない状態となることを回避できる。

20

【0030】

また、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 とが、抵抗部 220 を介して導電する箇所以外の箇所で電気的に接続すると、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に画像信号に応じた電位差が正確に生じないこととなる。駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に画像信号に応じた電位差が生じないと、可動ミラー 108 の正確な制御が困難となる場合がある。そこで、絶縁層 204 は、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 とが抵抗部 220 を介する以外に電気的に接続することを確実に防止するために設けられている。

【0031】

次に、本発明との対比として、抵抗部 220 を設けていない光制御可動ミラーデバイスの構成について説明する。図 9-1 は、抵抗部 220 を設けていない光制御可動ミラーデバイス 900 の構成を示す。図 9-1 に示す光制御可動ミラーデバイス 900 は、図 2-1 の光制御可動ミラーデバイス 200 と同一の部分には同一の符号を付している。また、光制御可動ミラーデバイス 900 と光制御可動ミラーデバイス 200 との重複する部分についての説明は省略する。駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に抵抗部 220 が設けられていないことと、絶縁層 204 を設けていることにより、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 とは、電気的に絶縁されている。

30

【0032】

図 9-2 は、光制御可動ミラーデバイス 900 における電気的な接続と等価の電気回路を示す。電気回路において、導電率可変部 203 は、コンデンサ C5 と可変抵抗 R5 とが並列しているものと置き換えられる。また、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間は、上述のように、電気的に絶縁されている。この場合、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間は、抵抗値が略無限大の抵抗により接続されているものと同視することができる。このため、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間は、コンデンサ C6 と、抵抗値が略無限大の抵抗 R6 とが並列しているものと置き換えられる。従って、図 9-1 に示す光制御可動ミラーデバイス 900 の構成は、図 9-2 に示すような抵抗分圧回路と等価である。

40

【0033】

ここで、制御光 L を透明電極 202 に照射したときの導電率可変部 203 の抵抗値を 0.01M 、制御光 L を透明電極 202 に入射しないときの導電率可変部 203 の抵抗値

50

を 100M とする。上述のように、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の抵抗の抵抗値は、略無限大である。ここでは説明のために、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の抵抗の抵抗値を、100G とする。

【0034】

電源 209 からの電圧は、導電率可変部 203 に印加される電圧と、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧とに分圧される。透明電極 202 に制御光 L が入射された場合、導電率可変部 203 の抵抗値は、0.01M である。これに対して駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の抵抗値は、100G である。例えば、電源 209 から透明電極 202 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧が 100V であるとする。このとき電源 209 からの電圧は、導電率可変部 203 の抵抗値と、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の抵抗値との比で分圧される。駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧は、以下の計算式により算出される。

$$100G / (100G + 0.01M) \times 100V = 99.99999V$$

従って、制御光 L の入射によって、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に約 99.99999V の電位差を生じる。

【0035】

また、透明電極 202 に制御光 L を入射させない場合、導電率可変部 203 の抵抗値は、100M である。電源 209 から透明電極 202 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧が 100V であるとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧は、透明電極 202 に制御光 L を入射させるとときと同様にして算出される。

$$100G / (100G + 100M) \times 100V = 99.9V$$

従って、制御光 L を入射させないとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に約 99.9V の電位差を生じる。

【0036】

以上から、制御光 L を入射させるときと、制御光 L を入射させないときとによって、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差は、約 99.9V ~ 約 99.99999V の間でのみ変化することとなる。このとき駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量を、以下の計算式により算出できる。

$$99.99999V - 99.9V = 0.09999V$$

電源 209 からの印加電圧が 100V のとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量は、約 0.1V である。この場合、電源 209 による印加電圧の僅か 0.1% 相当のみを、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量とすることが可能となる。光制御可動ミラーデバイス 900 は、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差により生じる静電力 F を制御して可動ミラー 108 を駆動する。駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量が僅か 0.1V であると、制御光 L の光量が最大のときに発生する静電力 F も微小である。発生する静電力 F が微小であると、可動ミラー 108 を駆動することができない場合がある。

【0037】

また、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の可変範囲が約 0.1V と僅かであると、僅かな光量の制御光 L を入射させるのみで駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差を、可変範囲内において大きく変化させてしまう。このとき、制御光 L の光量を僅かに変化させただけで駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差が可変範囲内において大きく変化してしまうと、可動ミラー 108 を所望の位置に移動させるように制御光 L の光量を制御することが困難である。例えば、可動ミラー 108 を、硝子基板 201 に略平行な状態と、駆動用電極 210 に最も近接している状態との略中間の位置に移動させる場合を考える。僅かな光量の制御光 L を入射させるのみで可動ミラー 108 が駆動用電極 210 に最も近接する状態となってしまうと、可動ミラー 108 を略中間の位置に移動させることができることが困難である。以上のように、図 9-1 に示す光制御可動ミラーデバイス 900 は、画像信号に応じて可動ミラー 108 の正確な制御を行うことが困難となる場合がある。

【0038】

図9-1に示す光制御可動ミラーデバイス900は、駆動用電極210と可動ミラー108との間を電気的に絶縁している構成である。これに対して、図2-1に示すように本実施例の光制御可動ミラーデバイス200は、駆動用電極210と可動ミラー108との間に、所定の抵抗値の抵抗部220が設けられている。抵抗部220に印加される電圧とは、駆動用電極210と可動ミラー108との間に印加される電圧である。そして、抵抗部220の抵抗値 R_c は、導電率可変部203の最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との間のいずれかの値である。このことから、以下の式(3)、(4)、(5)が成立する。

$$R_L : R_c : R_D \quad (3)$$

$$R_L : R_c = m : 1 \quad (\text{但し、} 0 < m < 1) \quad (4)$$

$$R_c : R_D = n : 1 \quad (\text{但し、} 0 < n < 1) \quad (5)$$

なお、導電率可変部203が最小抵抗値 R_L となるのは、透明電極202に入射させる制御光Lの光量が最大のときである。また、導電率可変部203が最大抵抗値 R_D となるのは、透明電極202に制御光Lを入射させないときである。

【0039】

ここで、電源209からの電圧は、導電率可変部203の抵抗値と、抵抗部220の抵抗値 R_c との比で分圧される。このため、抵抗部220の抵抗値 R_c が、導電率可変部203の最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との間の比率としての中心値であるとき、駆動用電極210と可動ミラー108との間に印加される電圧の変化量を最大にすることができる。ここで、抵抗部220の抵抗値 R_c が導電率可変部203の最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との間の比率としての中心値であるとは、最小抵抗値 R_L と抵抗値 R_c との比と、抵抗値 R_c と最大抵抗値 R_D との比とが等しいことをいう。抵抗部220の抵抗値 R_c が、導電率可変部203の最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との間の比率としての中心値であるとき、式(4)と式(5)とに $m = n = k$ (但し、 $0 < k < 1$)を代入して、以下の式(6)、(7)が成り立つ。

$$R_L : R_c = k : 1 \quad (6)$$

$$R_c : R_D = k : 1 \quad (7)$$

式(6)と式(7)とから、式(2)を導き出すことができる。

$$R_c = (R_L \times R_D)^{1/2} \quad (2)$$

【0040】

抵抗部220の抵抗値 R_c が式(2)を満たす場合に、駆動用電極210と可動ミラー108との間に印加される電圧の変化量について説明する。ここでは、導電率可変部203の最小抵抗値 R_L を0.01M、導電率可変部203の最大抵抗値 R_D を100Mとして以下の説明を行う。式(2)に $R_L = 0.01M$ 、 $R_D = 100M$ を代入すると、 $R_c = 1M$ と算出される。例えば、電源209により透明電極202と可動ミラー108との間に印加される電圧が、100Vであるとする。上述のように、電源209からの電圧は、導電率可変部203の抵抗値と、抵抗部220の抵抗値 R_c との比で分圧される。このため、透明電極202に制御光を入射することによって、導電率可変部203の抵抗値が最小値 $R_L = 0.01M$ であるとき、抵抗部220に印加される電圧は、以下の計算式によって算出される。

$$R_c / (R_c + R_L) \times 100V = 1M / (1M + 0.01M) \times 100V = 99.01V$$

【0041】

また、透明電極202に制御光Lを入射させないことによって、導電率可変部203の抵抗値が $R_D = 100M$ であるとき、抵抗部220に印加される電圧は、透明電極202に制御光Lを入射させると同様の計算式によって算出される。

$$R_c / (R_c + R_D) \times 100V = 1M / (1M + 100M) \times 100V = 0.99V$$

駆動用電極210と可動ミラー108との間の電位差の変化量は、以下の計算式により算出できる。

10

20

30

40

50

$$99.01V - 0.99V = 98.02V$$

従って、抵抗値 $R_c = 1M$ であるとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108との間の電位差の変化量は、約 98.02V である。

【0042】

式(2)によって抵抗部 220 の抵抗値 R_c を定めると、電源 209 による印加電圧が 100V のとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間における電位差の変化量は、約 98.02V である。従って、式(2)に基づいて抵抗値 R_c を定められた抵抗部 220 を用いることにより、電源 209 による印加電圧の約 98% 相当を、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量とすることができる。なお、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間における電位差の変化量は、式(2)を用いて抵抗部 220 の抵抗値 R_c を定めることによって最大となる。抵抗部 20 の抵抗値 R_c が、式(2)を満たす抵抗値 R_c から乖離するに従い、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量も減少する。10

【0043】

次に、抵抗部 220 の抵抗値 R_c が式(3)を満たす場合に、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧の変化量について説明する。

$$R_L = R_c = R_D \quad (3)$$

まず、式(3)において、抵抗部 220 の抵抗値 R_c が最小である場合、以下の式(7)が成り立つ。

$$R_c = R_L \quad (7)$$

このとき、 $R_L : R_c = 1 : 1$ であるから、式(4)において $m = 1$ である。

【0044】

ここでも、導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L を 0.01M 、導電率可変部 203 の最大抵抗値 R_D を 100M として、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧の変化量について説明する。導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L は 0.01M であるので、式(7)から、 $R_c = R_L = 0.01M$ である。例えば、電源 209 により、透明電極 202 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧が 100V であるとする。電源 209 からの電圧は、導電率可変部 203 の抵抗値と抵抗部 220 の抵抗値との比で分圧される。このため、透明電極 202 に制御光 L を入射させることによって導電率可変部 203 の抵抗値が $R_L = 0.01M$ であるとき、抵抗部 220 に印加される電圧は、以下の計算式により算出される。30

$$R_c / (R_c + R_L) \times 100V = 0.01M / (0.01M + 0.01M) \times 100V = 50V$$

【0045】

また、透明電極 202 に制御光 L を入射させないことによって導電率可変部 203 の抵抗値が $R_D = 100M$ であるとき、抵抗部 220 に印加される電圧は、透明電極 202 に制御光 L を入射させるときと同様の計算式により算出される。

$$R_c / (R_c + R_D) \times 100V = 0.01M / (0.01M + 100M) \times 100V = 0.01V$$

駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量は、以下の計算式により算出できる。40

$$50V - 0.01V = 49.99V$$

従って、抵抗値 $R_c = 0.01M$ であるとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量は、約 49.99V である。

【0046】

次に、式(1)において、抵抗部 220 の抵抗値 R_c が最大である場合、以下の式(8)が成り立つ。

$$R_c = R_D \quad (8)$$

このとき、 $R_c : R_D = 1 : 1$ であるから、式(5)において $n = 1$ である。そして、導電率可変部 203 の最大抵抗値 R_D は 100M であるので、式(8)から、 $R_c = R_D = 1$ 50

00M である。電源 209 により、透明電極 202 と可動ミラー 108との間に印加される電圧が 100V であるとする。透明電極 202 に制御光 L を入射させることによって導電率可変部 203 の抵抗値が $R_L = 0.01M$ であるとき、抵抗部 220 に印加される電圧は、以下の計算式により算出される。

$$R_c / (R_c + R_L) \times 100V = 100M / (100M + 0.01M) \times 100V \\ 99.99V$$

【0047】

また、透明電極 202 に制御光 L を入射させないことによって導電率可変部 203 の抵抗値が $R_D = 100M$ であるとき、抵抗部 220 に印加される電圧は、透明電極 202 に制御光 L を入射させるときと同様の計算式により算出される。

$$R_c / (R_c + R_D) \times 100V = 100M / (100M + 100M) \times 100V = \\ 50V$$

駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量は、以下の計算式により算出できる。

$$99.99V - 50V = 49.99V$$

従って、抵抗値 $R_c = 100M$ であるとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量は、約 49.99V である。

【0048】

式(3)によって抵抗部 220 の抵抗値 R_c を定めると、電源 209 からの印加電圧が 100V のとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量を約 49.99V にできる。従って、式(3)に基づいて抵抗値 R_c を定められた抵抗部 220 を用いることにより、電源 209 による印加電圧の約 50%相当を、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量とすることができる。

【0049】

次に、抵抗部 220 の抵抗値 R_c が式(1)を満たす場合に、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧の変化量について説明する。

$$4R_L R_c R_D / 4 \quad (1)$$

まず、式(1)において、抵抗部 220 の抵抗値 R_c が最小である場合、以下の式(9)が成り立つ。

$$R_c = 4R_L \quad (9)$$

このとき、 $R_L : R_c = 1 : 4$ であるから、式(4)において $m = 1/4$ である。

【0050】

ここでも、導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L を $0.01M$ 、導電率可変部 203 の最大抵抗値 R_D を $100M$ として、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧の変化量について説明する。式(9)から、 $R_c = 4R_L = 0.04M$ である。例えば、電源 209 により、透明電極 202 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧が 100V であるとする。電源 209 からの電圧は、導電率可変部 203 の抵抗値と抵抗部 220 の抵抗値との比で分圧される。このため、透明電極 202 に制御光 L を入射させることによって導電率可変部 203 の抵抗値が $R_L = 0.01M$ であるとき、抵抗部 220 に印加される電圧は、以下の計算式により算出される。

$$R_c / (R_c + R_L) \times 100V = 0.04M / (0.04M + 0.01M) \times 100V = 80V$$

【0051】

また、透明電極 202 に制御光 L を入射させないことによって導電率可変部 203 の抵抗値が $R_D = 100M$ であるとき、抵抗部 220 に印加される電圧は、透明電極 202 に制御光 L を入射させるときと同様の計算式により算出される。

$$R_c / (R_c + R_D) \times 100V = 0.04M / (0.04M + 100M) \times 100V = 0.04V$$

駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量は、以下の計算式により算出できる。

10

20

30

40

50

$$80V - 0.04V = 79.96V$$

従って、抵抗値 $R_c = 0.04M$ であるとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量は、約 79.96V である。

【0052】

次に、式(1)において、抵抗部 220 の抵抗値 R_c が最大である場合、以下の式(10)が成り立つ。

$$R_c = R_D / 4 \quad (10)$$

このとき、 $R_c : R_D = 1 : 4$ であるから、上記の式(5)において $n = 1/4$ である。式(10)から、 $R_c = R_D / 4 = 25M$ である。電源 209 により、透明電極 202 と可動ミラー 108 との間に印加される電圧が 100V であるとする。透明電極 202 に制御光 L を入射させることによって導電率可変部 203 の抵抗値が $R_L = 0.01M$ であるとき、抵抗部 220 に印加される電圧は、以下の計算式により算出される。
10

$$R_c / (R_c + R_L) \times 100V = 25M / (25M + 0.01M) \times 100V = 99.96V \quad 9$$

【0053】

また、透明電極 202 に制御光 L を入射させないことによって導電率可変部 203 の抵抗値が $R_D = 100M$ であるとき、抵抗部 220 に印加される電圧は、透明電極 202 に制御光 L を入射させるとときと同様の計算式により算出される。

$$R_c / (R_c + R_D) \times 100V = 25M / (25M + 100M) \times 100V = 20V \quad 20$$

駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量は、以下の計算式により算出できる。

$$99.96V - 20V = 79.96V$$

従って、抵抗値 $R_c = 25M$ であるとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量は、約 79.96V である。

【0054】

式(1)によって抵抗部 220 の抵抗値 R_c を定めると、電源 209 からの印加電圧が 100V のとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量を約 80V にできる。従って、式(1)に基づいて抵抗値 R_c を定められた抵抗部 220 を用いることにより、電源 209 による印加電圧の約 80% 相当を、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量とすることができる。
30

【0055】

本実施例の光制御可動ミラーデバイス 200 は、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に抵抗部 220 を設けている。駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間に抵抗部 220 を設けると、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差は、抵抗部 220 に印加される電圧に応じて変化する。そして、抵抗部 220 の抵抗値 R_c は、導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との間の所定の値をとる。抵抗部 220 の抵抗値 R_c を導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との間の値とすると、導電率可変部 203 の抵抗値 R_c を変化に対応して、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差を広い範囲で変化させることができる。式(3)に基づいて抵抗値 R_c を定められた抵抗部 220 を用いることにより、電源 209 による印加電圧の約 50% 相当を、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量とすることができる。
40

$$R_L \quad R_c \quad R_D \quad (3)$$

【0056】

さらに好ましくは、式(1)に基づいて抵抗値 R_c を定められた抵抗部 220 を用いることにより、電源 209 による印加電圧の約 80% 相当を、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量とすることができる。

$$4R_L \quad R_c \quad R_D / 4 \quad (1)$$

さらに好ましくは、式(2)に基づいて抵抗値 R_c を定められた抵抗部 220 を用いるこ
50

とにより、電源 209 による印加電圧の約 98 %相当を、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量とすることができる。

$$R_C = (R_L \times R_D)^{1/2} \quad (2)$$

【 0 0 5 7 】

駆動用電極 210 と可動ミラー 108との間に印加される電圧の可変範囲が大きいと、駆動用電極 210 と可動ミラー 108との間に発生させる静電力 F の大きさの可変範囲も大きくなる。そして、静電力 F を大きくすることが可能であると、可動ミラー 108 を容易に駆動することができる。制御光 L の光量の変化に対して静電力 F の可変範囲が大きくなると、可動ミラー 108 を所望の位置に移動させることができ容易になる。このため、制御光 L の光量は、抵抗部 220 を設けない場合よりも低い精度で制御することとしても良い。制御光 L の光量制御を低い精度で行うこととしても良いため、光制御可動ミラーデバイス 200 の制御を容易に行うことができる。

10

〔 0 0 5 8 〕

さらに、静電力 F の可変範囲が大きくなることにより、制御光 L の光量の連続的な変化に応じて可動ミラー 108 の位置を正確に制御することも可能となる。これにより、入力信号に応じて正確に可動ミラー 108 の駆動を制御でき、高品質な投写像を得られるという効果を奏する。特に、光制御可動ミラーデバイス 200 は、画像信号に応じた所定の位置に移動可能であることから、アナログ信号に対応して連続的な変化量を表示することができる。従って、光制御可動ミラーデバイス 200 を用いると、アナログ信号に正確に対応した高品質な投写像を容易に得ることができる。また、抵抗部 220 を設けない場合と比較して、制御光 L の光量制御を低い精度で行うこととしても良いことから、制御光用光源部 110 のパワーコントローラを安価なものとすることができます。これにより、プロジェクタ 100 を安価にすることができます。

20

【 0 0 5 9 】

ここで、導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L と、最大抵抗値 R_D との差について説明する。例えば、最小抵抗値 R_L が 1 MΩ 、最大抵抗値 R_D が 10 MΩ であって、最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との差を有するような値である場合を考える。上述の説明と同様に、抵抗部 220 の抵抗値 R_C を式(3)に基づいて定めるときの、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の印加電圧の可変範囲を算出する。

$$R_L \quad R_C \quad R_D \quad (3)$$

30

[0 0 6 0]

このとき、駆動用電極 210 と可動ミラー 108との間の印加電圧の可変範囲は、約 40.9%と算出される。上記の説明は、導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L を 0.01 M、最大抵抗値 R_D を 100 M とし、最小抵抗値 R_L と、最大抵抗値 R_D との差が 4 枞であるときの例である。このとき、上述のように、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の印加電圧の可変範囲は、約 50%相当である。従って、式(3)を満たしている場合でも導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との差を 1 构程度にまで小さくすると、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の印加電圧の可変範囲が狭くなってしまう。

40

【 0 0 6 1 】

さらに、導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との差が小さいと、導電率可変部 203 の抵抗値の可変範囲が小さくなる。導電率可変部 203 の抵抗値の可変範囲が小さいと、駆動用電極 210 と可動ミラー 108 との間の電位差の変化量も小さくなる。このため、導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との差が小さいと、画像信号に応じて正確に可動ミラー 108 の制御を行うことが困難となる場合がある。従って、導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L と、最大抵抗値 R_D とは、所定値以上の差を要するような値であることを要する。

[0 0 6 2]

ここで、導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L と最大抵抗値 R_D との差が 2 枝、例えば、最小抵抗値 R_L が 1 M Ω 、最大抵抗値 R_D が 100 M Ω であるとする。抵抗部 220 の抵抗

50

値 R_c を式(3)に基づいて定めるときの、駆動用電極 210 と可動ミラー 108との間の印加電圧の可変範囲を算出すると、約 49% 相当である。従って、好ましくは、導電率可変部 203 の最小抵抗値 R_L と、最大抵抗値 R_d とは、少なくとも 2 极以上の差を有するような値であることが望ましい。これにより、駆動用電極 210 と可動ミラー 108との間の電圧の可変範囲を大きく確保し、可動ミラー 108 の駆動を正確に制御することができる。

【0063】

次に、図 5 を用いて、R 光用 LED 102R と、G 光用 LED 102G と、B 光用 LED 102B との点灯時間とタイミングについて説明する。図 5 は、R 光用 LED 102R と、G 光用 LED 102G と、B 光用 LED 102B との点灯時間とタイミングとの例を示す。各色光用 LED 102R、102G、102B は、制御部 112 (図 1 参照) からの画像信号に応じて点灯する。1 フレーム期間内の、R 光、G 光、B 光の点灯時間において、制御光 L は、各光制御可動ミラーデバイス 200 を走査する。R 光、G 光、B 光を順次投写し、全体として白色の投写像を得るためにには、G 光の光束量が全体の光束量のうち 60~80% であることを要する。各色光用 LED 102R、102G、102B の出力量と数量とが同一である場合、G 光の光束量が不足することとなる。このため、図 5 に示すように、G 色用 LED 102G の点灯時間 G T を、R 光用 LED 102R の点灯時間 R T、及び B 光用 LED 102B の点灯時間 B T のいずれよりも長くする。なお、本発明の光制御可動ミラーデバイス 200 可動ミラー 108 は、画像信号に応じた所定の位置に移動可能であることから、アナログ信号に対応して連続的な変化量を表示することができる。このため、例えば、各色光用 LED 102R、102G、102B の点灯時間 R T、G T、B T を略同一とし、G 光を R 光、B 光より多く可動ミラー 108 から投写レンズ 105 の方向に反射させることにより、G 光の光束量を増加しても良い。

【実施例 2】

【0064】

図 6-1 は、本発明の実施例 2 に係る光制御可動ミラーデバイス 600 の概略構成を示す。光制御可動ミラーデバイス 600 は、上記実施例 1 に係るプロジェクタ 100 に適用することができる。上記実施例 1 のプロジェクタ 100 の光制御可動ミラーデバイス 200 と同一の部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。本実施例の光制御可動ミラーデバイス 600 は、可動ミラー 608 が、駆動用電極 610a の方向と、駆動用電極 610b の方向との二方向に移動可能である点が、上記実施例 1 のプロジェクタ 100 の光制御可動ミラーデバイス 200 と異なる。

【0065】

絶縁層 604 は、導電率可変部 203 の上の略中央部分に、スパッタ技術により形成される。絶縁層 604 には、例えば SiO₂ を用いることができる。絶縁層 604 の上には、電極 605 が設けられている。導電率可変部 203 の上の、絶縁層 604 が設けられている位置の両側の位置には、それぞれ駆動用電極 610a と、駆動用電極 610b とが形成されている。可動ミラー 608 と、駆動用電極 610a、610b と、電極 605 とは、いずれも導電性物質、例えば、アルミニウム (Al) で構成することができる。電源 612 は、透明電極 202 と、可動ミラー 608 との間に、所定電圧を印加する。

【0066】

図 6-2 は、可動ミラー 608 の側から見た光制御可動ミラーデバイス 600 の構成を示す。図 6-1 に示す構成は、光制御可動ミラーデバイス 600 を、図 6-2 の矢印 A の方向から見たものである。図 6-2 においては、説明のため、可動ミラー 608 を除いた構成を示している。電極 605 は、光制御可動ミラーデバイス 600 を可動ミラー 608 の側から見ると、正方形形状の一の角部と、その角部に対向する他の角部とに設けられている。支持部は、柱部 606 と、トーションバー (ヒンジ) 607 とからなる。柱部 606 は、電極 605 の上に設けられている。トーションバー 607 は、導電性を有し、細長く薄い板状の可撓性部材である。トーションバー 607 の両端は、それぞれが 2 つの柱部 606 に固定されている。柱部 606 は、導電性物質からなる柱状の部材である。可動ミ

10

20

30

40

50

ラー 6 0 8 は、トーションバー 6 0 7 に接合されて設けられている。このように、可動ミラー 6 0 8 は、柱部 6 0 6 とトーションバー 6 0 7 とにより支持されている。柱部 6 0 6 とトーションバー 6 0 7 とがいずれも導電性を有するため、柱部 6 0 6 及びトーションバー 6 0 7 を介して、可動ミラー 6 0 8 と電極 6 0 5 とは同電位である。

【0067】

駆動用電極 6 1 0 a は、正方形形状の可動ミラー 6 0 8 の一の角部であって、電極 6 0 5 が設けられている角部とは異なる角部の近傍に設けられている。駆動用電極 6 1 0 b は、可動ミラー 6 0 8 の一の角部に対向する他の角部の近傍に設けられている。抵抗部 6 2 0 は、駆動用電極 6 1 0 a と電極 6 0 5 との間、及び、駆動用電極 6 1 0 b と電極 6 0 5 との間に設けられている。そして、図 6 - 1 に示すように、抵抗部 6 2 0 は、駆動用電極 1 0 a と電極 6 0 5 とに接触するような位置と、駆動用電極 6 1 0 b と電極 6 0 5 とに接触するような位置とに設けられている。10

【0068】

上述のように、電極 6 0 5 は、支持部である柱部 6 0 6 とトーションバー 6 0 7 を介して可動ミラー 6 0 8 と同電位である。このことから、駆動用電極 6 1 0 a、6 1 0 b と、可動ミラー 6 0 8 とは、抵抗部 6 2 0 を介して電気的に接続されている。そして、抵抗部 6 2 0 としては、上記の実施例 1 の抵抗部 2 2 0 (図 2 参照) と同様、一部又は全体が、例えばチタン酸バリウム系セラミックスや、SiO₂、ZnO 等の高抵抗材料で構成された部材を用いることができる。また、抵抗部 6 2 0 の抵抗値は、上記の実施例 1 の抵抗部 2 2 0 (図 2 参照) と同様、導電率可変部 2 0 3 の最小抵抗値と最大抵抗値との間のいずれかの値である。20

【0069】

次に、制御光 L による光制御可動ミラーデバイス 6 0 0 の制御について説明する。図 6 - 1 に戻って、可動ミラー 6 0 8 は、駆動用電極 6 1 0 a と可動ミラー 6 0 8 との間の電位差に応じた静電力 (引力) F 1 によって、駆動用電極 6 1 0 a に引き寄せられる方向に移動する。また、可動ミラー 6 0 8 は、駆動用電極 6 1 0 b と可動ミラー 6 0 8 との間の電位差に応じた静電力 (引力) F 2 によって、駆動用電極 6 1 0 b に引き寄せられる方向に移動する。

【0070】

図 7 - 1 は、静電力 F 2 によって可動ミラー 6 0 8 が駆動用電極 6 1 0 b に引き寄せられている様子を示す。制御光用光学系 1 3 0 (図 6 - 1 参照) からの制御光 L を、透明電極 2 0 2 の、駆動用電極 6 1 0 b に対応する位置に入射させる。透明電極 2 0 2 に、画像信号に応じた強度の制御光 L を入射させると、導電率可変部 2 0 3 のうち透明電極 2 0 2 に接合している部分について、制御光 L の光量に応じて電気的な抵抗値が減少する。導電率可変部 2 0 3 の抵抗値が減少することにより、電源 2 0 9 の一方の電極は、透明電極 2 0 2 と導電率可変部 2 0 3 とを経由して駆動用電極 6 1 0 b と電気的に接続される。導電率可変部 2 0 3 の導電率は、透明電極 2 0 2 を透過した制御光 L の光量に応じて変化するため、駆動用電極 6 1 0 b には制御光 L の光量に応じた電圧が印加される。従って、駆動用電極 6 1 0 b には、画像信号に応じた電圧が印加される。30

【0071】

上述のように、駆動用電極 6 1 0 b と可動ミラー 6 0 8 とは、抵抗部 6 2 0 を介して電気的に接続されている。さらに、電源 2 0 9 は、透明電極 2 0 2 と可動ミラー 6 0 8 との間に所定電圧を印加している。これらから、透明電極 2 0 2 の、駆動用電極 6 1 0 b に対応する位置に制御光 L を入射させると、光制御可動ミラーデバイス 6 0 0 の構成は、駆動用電極 6 1 0 b と可動ミラー 6 0 8 とが電気的に接続された電気回路と等価である。駆動用電極 6 1 0 b と可動ミラー 6 0 8 とが接続されている電気回路において、導電率可変部 2 0 3 は、制御光 L の光量に応じた抵抗値の抵抗 R 4 b と置き換えられる。また、抵抗部 6 2 0 は、抵抗 R 3 b と置き換えられる。40

【0072】

また、透明電極 2 0 2 の、駆動用電極 6 1 0 a に対応する位置に制御光 L を入射させる50

と、駆動用電極 610b の場合と同様に、光制御可動ミラーデバイス 600 は、駆動用電極 610a と可動ミラー 608 とが電気的に接続された電気回路と等価となる。光制御可動ミラーデバイス 600 と透過な電気回路において、導電率可変部 203 は、最大抵抗値の抵抗 R4a と置き換える。また、抵抗 220 は、抵抗 R3a と置き換える。従って、光制御可動ミラーデバイス 600 は、図 7-2 に示すように、抵抗 R3a と抵抗 R4a とが直列に接続された部分と、抵抗 R3b と抵抗 R4b とを直列に接続された部分とが並列された電気回路と等価である。

【0073】

透明電極 202 の、駆動用電極 610b に対応する位置に制御光 L を入射させることにより、駆動用電極 610b と電極 605 との間の抵抗部 620 は、電圧が印加される。駆動用電極 610b と電極 605 との間の抵抗部 620 に電圧が印加されると、駆動用電極 610b と、可動ミラー 608 との間の電位差によって静電力 F2 が発生する。これに対して、透明電極 202 の、駆動用電極 610a に対応する位置には、制御光 L を入射させていない。制御光 L を入射させていないため、駆動用電極 610a に対応する位置の導電率可変部 203 の抵抗値は、最大値をとる。このとき、駆動用電極 610a に対応する位置の導電率可変部 203 の抵抗値は、略無限大であるとみなすことができる。

【0074】

導電率可変部 203 の抵抗値が略無限大であると、駆動用電極 610a と電極 605 との間の抵抗部 620 には電圧が印加されない。駆動用電極 610a と電極 605 との間の抵抗部 620 に電圧が印加されないと、駆動用電極 610a と可動ミラー 608 との間に電位差が生じない。このため、駆動用電極 610a と可動ミラー 608 との間には静電力 F1 は発生しない。以上から、可動ミラー 608 には、静電力 F2 のみが働く。静電力 F2 が上述のトーションバー 607 (図 6-2 参照) を撓ませると、可動ミラー 608 は、駆動用電極 610b に引き寄せられる方向に移動する。このようにして、可動ミラー 608 は、画像信号に応じて移動する。

【0075】

透明電極 202 の、駆動用電極 610a に対応する位置に制御光 L を入射させると、駆動用電極 610b に対応する位置に制御光 L を入射させる場合と同様にして、静電力 F1 が発生する。静電力 F1 を発生させることにより、可動ミラー 608 は、駆動用電極 610a に引き寄せられる方向に移動する。このようにして画像信号に応じて変調された制御光 L を各光制御可動ミラーデバイス 600 に走査させることにより、光アドレッシングを行うことができる。

【0076】

なお、導電率可変部 203 は、制御光 L を入射させないとき、抵抗値が略無限大の抵抗であるとみなしている。このことから、導電率可変部 203 は、制御光 L を入射させたときに導通し、制御光 L を入射させないときに切断されるスイッチと同様の機能を果たしている。図 7-2 に示した電気回路は、導電率可変部 203 に相当する抵抗を、図 7-3 に示すようにスイッチ S_a、S_b に置き換えて示すことができる。従って、図 7-1 に示す光制御可動ミラーデバイス 600 の構成は、さらに、図 7-3 に示す電気回路と等価である。図 7-3 に示す電気回路において、制御光 L が入射している側のスイッチ S_b は、接続された状態である。これに対して、制御光 L が入射していない側のスイッチ S_a は、切断された状態である。制御光 L の入射位置を駆動用電極 610a に対応する位置と、駆動用電極 610b に対応する位置とに切り換えることにより、2つのスイッチ S_a、S_b を切り換えるのと同様に可動ミラー 608 を制御できる。2つのスイッチ S_a、S_b を切り換えることにより、駆動用電極 610a の方向と、駆動用電極 610b の方向とに可動ミラー 608 を移動させることができる。

【0077】

本実施例の光制御可動ミラーデバイス 600 は、図 7-2 に示すように、抵抗 R3a と抵抗 R4a とが直列に接続された部分と、抵抗 R3b と抵抗 R4b とを直列に接続された部分とが並列された電気回路と等価である。そして、抵抗 R3a と抵抗 R4a とが直列に

10

20

30

40

50

接続された部分と、抵抗 R 3 b と抵抗 R 4 b とを直列に接続された部分とのうち、いずれか一方は導通し、他方は切斷されている。このことから、光制御可動ミラーデバイス 600 は、駆動用電極 610 a と、駆動用電極 610 b とのうちいずれか一方に対応して導通するように 2 つのスイッチが交互に切り換えられている抵抗分圧回路と等価である。

【0078】

光制御可動ミラーデバイス 600 は、抵抗部 620 の抵抗値を、導電率可変部 203 の最小抵抗値と最大抵抗値との間のいずれかの値とすることにより、上記の実施例 1 と同様、駆動用電極 610 a、610 b と、可動ミラー 608 との間の電位差を、より広い範囲で変化させることができる。駆動用電極 610 a、610 b と、可動ミラー 608 との間に印加される電圧の可変範囲が大きいと、駆動用電極 610 a、610 b と、可動ミラー 608 との間に発生させる静電力 F1、F2 の大きさの可変範囲も大きくなる。そして、静電力 F1、F2 を大きくすることができる。可動ミラー 608 を容易に駆動することができる。制御光 L の光量の変化に対して静電力 F の可変範囲が大きくなると、可動ミラー 608 を所望の位置に移動させることが容易になる。このため、制御光 L の光量は、抵抗部 620 を設けない場合よりも低い精度で制御することとしても良い。制御光 L の光量制御を低い精度で行うこととしても良いため、光制御可動ミラーデバイス 200 の制御を容易に行うことができる。10

【0079】

さらに、静電力 F の可変範囲が大きくなることにより、制御光 L の光量の連続的な変化に応じて可動ミラー 608 の位置を正確に制御することも可能となる。これにより、入力信号に応じて正確に可動ミラー 608 の駆動を制御でき、高品質な投写像を得られるという効果を奏する。抵抗部 620 は、上記の実施例 1 の説明と同様にして、抵抗値の範囲を定めて設けることができる。これにより、上記の実施例 1 の説明と同様に、駆動用電極 610 a、610 b と、可動ミラー 608 との間の電位差の可変範囲を大きくすることができる。20

【0080】

なお、抵抗部 620 の位置は、図 6 - 2 に示すように、駆動用電極 610 a と電極 605 との間、及び駆動用電極 610 b と電極 605 との間であって、導電率可変部 203 の外縁部に沿った位置に限られない。例えば、図 8 に示すように、導電率可変部 203 上の、駆動用電極 610 a、610 b と、電極 605 とが設けられている位置以外の位置をすべて覆うように抵抗部 820 を設けることとしても良い。上述のように、光制御可動ミラーデバイス 600 は、駆動用電極 610 a と、駆動用電極 610 b とのうちいずれか一方に対応して導通するように 2 つのスイッチが交互に切り換えられているものとみなすことができる。30

【0081】

駆動用電極 610 a と、駆動用電極 610 b とは、常にいずれか一方のみに対応して導通する。このため、駆動用電極 610 a と駆動用電極 610 b との間に抵抗部 820 が設けられても、抵抗部 820 を介して駆動用電極 610 a と駆動用電極 610 b とが電気的に接続されることはない。従って、図 8 に示すように、抵抗部 820 を、駆動用電極 610 a、610 b と、電極 605 が設けられている位置以外の位置をすべて覆うように設けても、光制御可動ミラーデバイス 600 を制御することが可能である。さらに、上記の実施例 1 の説明と同様、抵抗部 820 の位置、大きさを変更させることにより、抵抗部 820 の抵抗値を所望の値にすることができる。40

【0082】

なお、プロジェクタ 100 の照明光用光源部 101 (図 1 参照) は、LED に限らず半導体レーザ素子や、エレクトロ・ルミネッセント (EL) 素子等の他の固体発光素子や、固体発光素子以外のランプ等を用いることができる。本発明の光制御デバイスは、特に、画像信号に応じて変調した電圧を用いて連続的な変化量を表示するアナログ制御を行う場合に有効である。また、アナログ制御を行うものに限らず、本発明の光制御デバイスは、ディジタル制御を行うものに用いても良い。例えば、透明電極 202 に印加する電圧を 0 50

N、OFFの2値のみをとることとし、サブフレーム駆動を用いて階調表現することもできる。

【0083】

さらに、光制御デバイスをアレイ状に配列してプロジェクトタ100に使用する場合に限らず、例えば、光通信用光スイッチ等に用いられる光制御デバイスについても、本発明を適用することができる。特に、本発明の光制御デバイスは、制御光の光量を高精度に行うことが困難な場合も可動部の制御が容易となる。このため、本発明の光制御デバイスは、屋外で光制御デバイスを駆動させるような場合に有用である。また、可動部を連続的に駆動させるアナログ制御が必要な場合にも、本発明の光制御デバイスは有用である。

【産業上の利用可能性】

10

【0084】

以上のように、本発明に係る光制御デバイスは、プレゼンテーションや動画を表示する場合に有用であり、特に、プロジェクトタからの投写像を表示する場合に適している。

【図面の簡単な説明】

【0085】

【図1】本発明の実施例1に係るプロジェクトタの概略構成図。

【図2-1】実施例1の光制御可動ミラーデバイスの概略構成図。

【図2-2】光制御可動ミラーデバイスと等価の電気回路図。

【図3】抵抗部を配置する位置の説明図。

【図4-1】抵抗部を配置する位置の説明図。

20

【図4-2】抵抗部を配置する位置の説明図。

【図5】各色光用LEDの点灯時間と点灯タイミングとの例を示す図。

【図6-1】本発明の実施例2に係る光制御可動ミラーデバイスの概略構成図。

【図6-2】光制御可動ミラーデバイスを可動ミラーの側から見た構成図。

【図7-1】光制御可動ミラーデバイスの駆動の説明図。

【図7-2】光制御可動ミラーデバイスと等価の電気回路図。

【図7-3】光制御可動ミラーデバイスと等価の電気回路図。

【図8】抵抗部を配置する位置の説明図。

【図9-1】抵抗部を設けない光制御可動ミラーデバイスの概略構成図。

【図9-2】抵抗部を設けない光制御可動ミラーデバイスと等価の電気回路図。

30

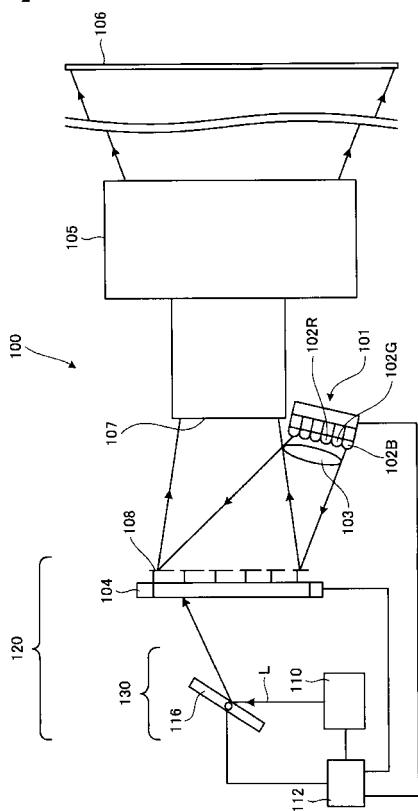
【符号の説明】

【0086】

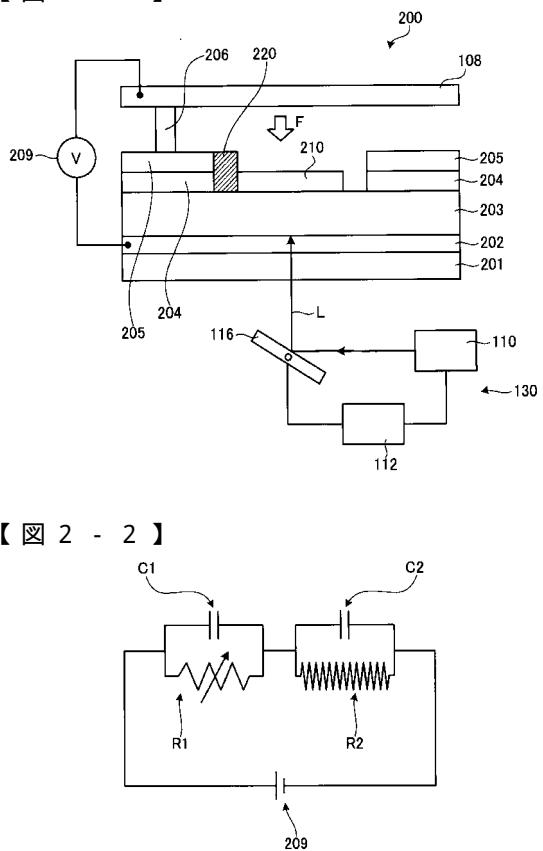
100 プロジェクタ、101 照明光用光源部、102R R光用LED、102G G光用LED、102B B光用LED、103 フィールドレンズ、104 変調部、
 105 投写レンズ、106 スクリーン、107 入射瞳、108 可動ミラー、110 制御光用光源部、1112 制御部、1116 ガルバノミラー、120 空間光変調装置、130 制御光用光学系、200 光制御可動ミラーデバイス、201 硝子基板、
 202 透明電極、203 導電率可変部、204 絶縁層、205 電極、206 支持部、209 電源、210 駆動用電極、220 抵抗部、400 光制御可動ミラーデバイス、420 抵抗部、600 光制御可動ミラーデバイス、604 絶縁層、605 電極、606 柱部、607 トーションバー、608 可動ミラー、610a 駆動用電極、610b 駆動用電極、612 電源、620 抵抗部、820 抵抗部、900 光制御可動ミラーデバイス、L 制御光、F 静電力、RT R点灯時間、GT G点灯時間、BT B点灯時間、C1、C2、C5、C6 コンデンサ、R1、R5 可変抵抗、R2、R3a、R3b、R4a、R4b、R6 抵抗、Sa、Sb スイッチ

40

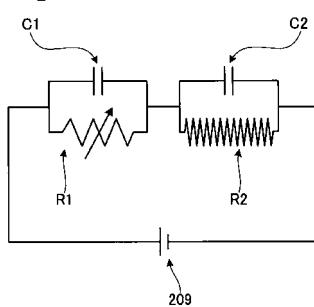
【図1】



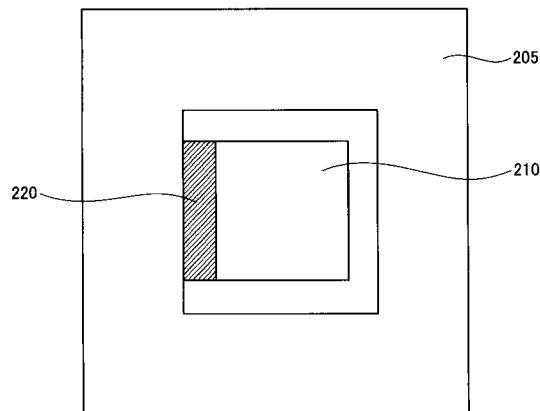
【図2-1】



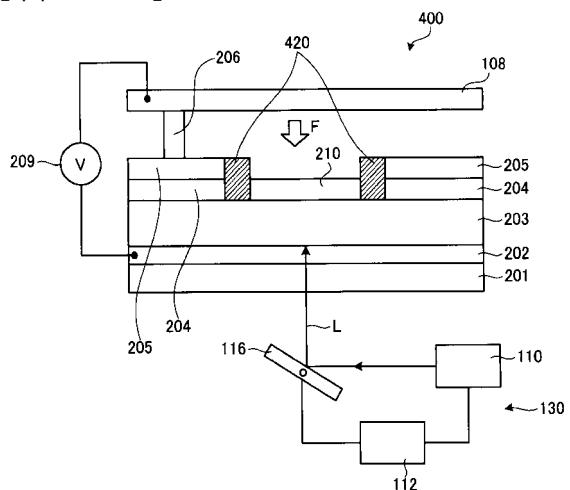
【図2-2】



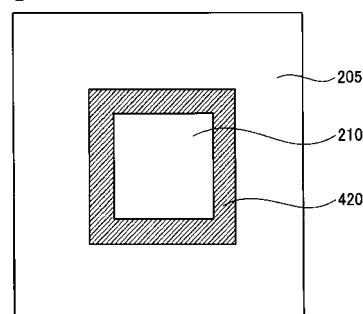
【図3】



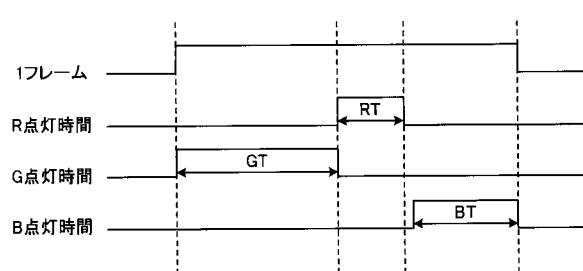
【図4-1】



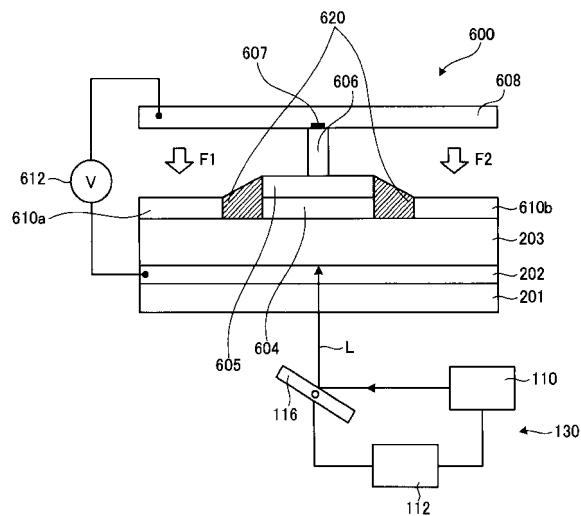
【図4-2】



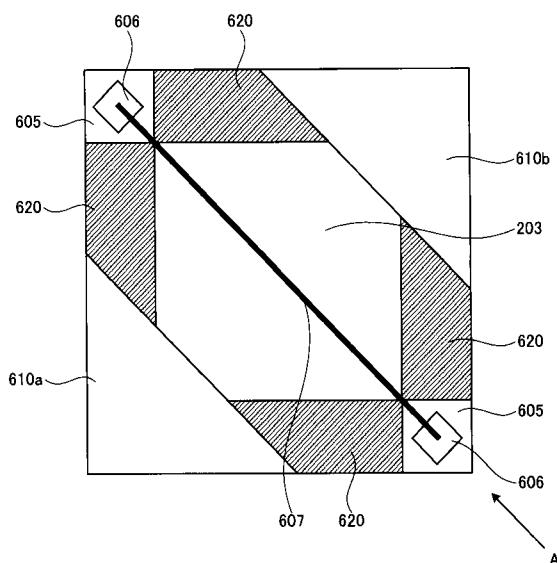
【図5】



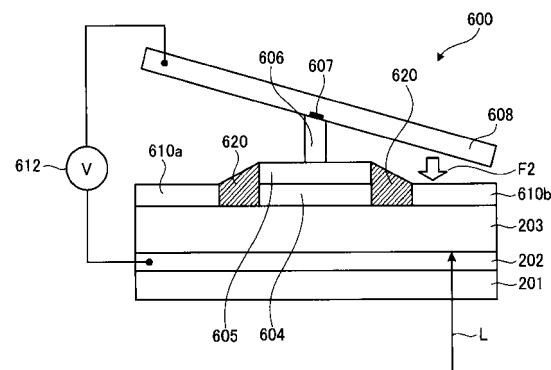
【図6-1】



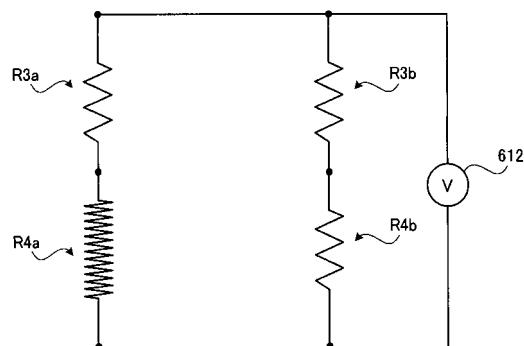
【図6-2】



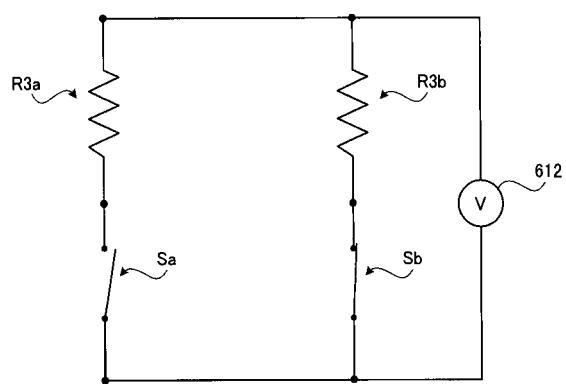
【図7-1】



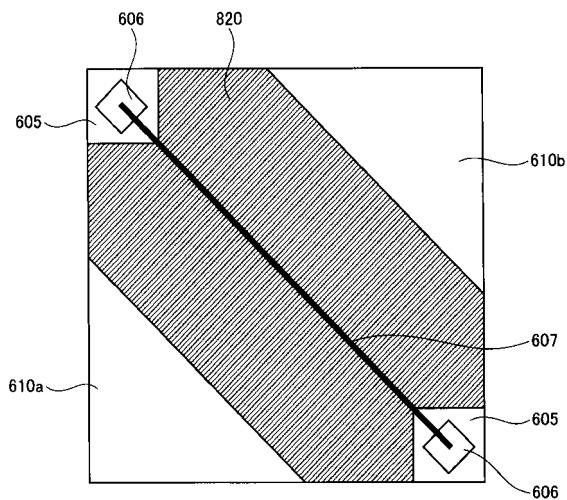
【図7-2】



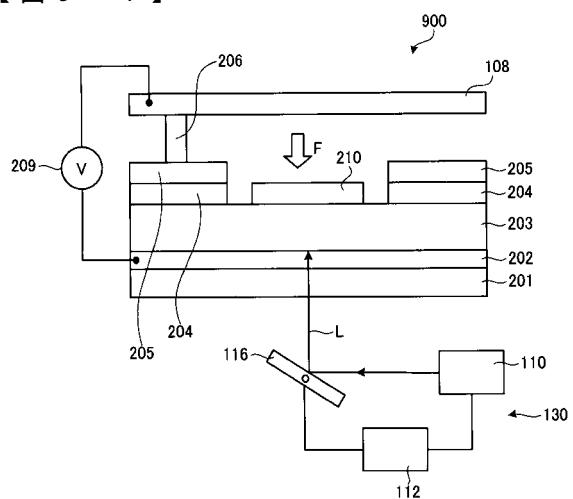
【図7-3】



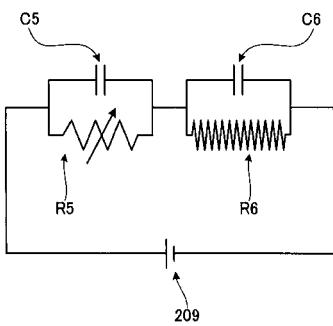
【図8】



【図9-1】



【図9-2】



フロントページの続き

(72)発明者 米窪 政敏
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーホームズ株式会社内

審査官 牧 隆志

(56)参考文献 特開平07-084196(JP,A)
特開平09-185332(JP,A)
特開平04-009625(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 8 1 B	1 / 0 0	-	7 / 0 4
B 8 1 C	1 / 0 0	-	5 / 0 0
G 0 2 B	2 6 / 0 0	-	2 6 / 0 8