

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5347963号  
(P5347963)

(45) 発行日 平成25年11月20日(2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月30日(2013.8.30)

(51) Int.Cl. F I  
**HO2N 2/00 (2006.01)** HO2N 2/00 B

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2009-529976 (P2009-529976)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成20年8月20日(2008.8.20)		パナソニック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2008/002246		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02009/028152	(74) 代理人	100109667
(87) 国際公開日	平成21年3月5日(2009.3.5)		弁理士 内藤 浩樹
審査請求日	平成23年8月2日(2011.8.2)	(74) 代理人	100120156
(31) 優先権主張番号	特願2007-219509 (P2007-219509)		弁理士 藤井 兼太郎
(32) 優先日	平成19年8月27日(2007.8.27)	(74) 代理人	100137202
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 寺内 伊久郎
(31) 優先権主張番号	特願2008-20471 (P2008-20471)	(72) 発明者	寺田 二郎
(32) 優先日	平成20年1月31日(2008.1.31)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニックエレクトロニクス株式会社 社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータおよびこれを用いた光学反射素子および圧電駆動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一駆動電極を有する第一圧電素子を備えた第一振動部と、前記第一振動部とは方向が異なり交差する中心軸を有し、第二駆動電極を有する第二圧電素子を備えた第二振動部と、前記第一駆動電極および前記第二駆動電極に電気信号を印加する外部電極とを備え、前記外部電極に対して前記第一駆動電極と前記第二駆動電極が順に接続された圧電アクチュエータ。

【請求項 2】

第一駆動電極を有する第一圧電素子を備えた第一振動部と、前記第一振動部とは方向が異なり交差する中心軸を有し、第二駆動電極を有する第二圧電素子を備えた第二振動部と、前記第一駆動電極および前記第二駆動電極に電気信号を印加する外部電極とを備え、前記外部電極に対して前記第一駆動電極と前記第二駆動電極が順に接続され、前記第一駆動電極と前記第二駆動電極に、少なくとも二つの電気信号を合成した電気信号を供給する圧電駆動装置。

【請求項 3】

前記少なくとも二つの電気信号を合成した電気信号は、前記第一振動部を駆動させる第一電気信号と、前記第二振動部を駆動させる第二電気信号とを、それぞれインピーダンス素子を介して合成してなる請求項 2 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 4】

前記第一振動部を駆動させる第一電気信号が入力される第一前置アンプに接続された第一

飽和アンプと、前記第一飽和アンプに接続された第一帯域フィルターと、前記第二振動部を駆動させる第二電気信号が入力される第二前置アンプに接続された第二飽和アンプと、前記第二飽和アンプに接続された第二帯域フィルターと、前記第一帯域フィルターおよび前記第二帯域フィルターの出力を合成する合成回路とを備え、前記少なくとも二つの電気信号を合成した電気信号は、前記合成回路から供給される請求項2に記載の圧電駆動装置。

【請求項5】

請求項1に記載の圧電アクチュエータと、前記第一振動部または前記第二振動部に連結されたミラー部とを備えた光学反射素子。

【請求項6】

前記ミラー部は前記第一振動部に連結され、前記第一振動部および前記ミラー部の外周を囲い、前記第一振動部に連結された枠体と、前記枠体に前記第二振動部を介して連結された支持体とをさらに備えた請求項5に記載の光学反射素子。

【請求項7】

前記第一振動部の走査速度は前記第二振動部の走査速度よりも大きく、前記第一駆動電極および前記第二駆動電極は、前記外部電極に対して前記第二駆動電極、前記第一駆動電極の順に接続されていることを特徴とする請求項2に記載の圧電駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電アクチュエータと、これを応用した光学反射素子および圧電駆動装置に関する。

【背景技術】

【0002】

図18に、特許文献1で知られている、従来の圧電アクチュエータを用いた光学反射素子を示す。この光学反射素子は、ミラー部1と、ミラー部1と連結され、ミラー部1をX軸方向に駆動させる振動部2とを有している。また、振動部2と連結され、振動部2およびミラー部1を囲む枠体3を有している。また、枠体3と連結され、ミラー部1をY軸方向に駆動させる振動部4を有している。また、振動部4と連結され、振動部4および枠体3を囲む支持体5を有している。

【0003】

振動部2および振動部4を駆動させるために、一般に、振動部2、振動部4は圧電素子(図示せず)を備えている。そしてこれらの圧電素子を駆動させるには、一般に、圧電素子毎に独立した駆動電極(図示せず)が配置されている。

【0004】

なお、この光学反射素子は、ミラー部1に光を入射すれば、その反射光をミラー部1の振動によってX軸、Y軸方向に走査させることができ、例えば壁やスクリーンに画像を投影することができる。

【0005】

しかしながら、上記従来の光学反射素子は、電極配線数が多く、生産効率が低いという課題がある。

【0006】

すなわち、従来の光学反射素子には、振動部2および振動部4をそれぞれ駆動させるために、それぞれ電氣的に独立した駆動電極がパターンニングされる。

【0007】

そしてこれらの駆動電極毎に配線電極が、振動部2および振動部4の表面を引き回されることから、素子上には複数の配線電極が引き回されることになる。したがって配線電極のパターンニングは、素子の小型化に伴い、非常に複雑化し、生産効率低下の原因となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 1 4 8 4 5 9 号公報

【発明の概要】

【 0 0 0 9 】

本発明は、配線電極数を減らし、生産効率を向上させることのできる圧電アクチュエータとこれを用いた光学反射素子および圧電駆動装置を提供するものである。

【 0 0 1 0 】

本発明の圧電アクチュエータは、第一駆動電極を有する第一圧電素子を備えた第一振動部と、第一振動部とは異なる中心軸を有し、第二駆動電極を有する第二圧電素子と、前記第一駆動電極および前記第二駆動電極に電気信号を印加する外部電極とを備え、前記外部電極に対して前記第一駆動電極と前記第二駆動電極が順に接続された構成を有する。

10

【 0 0 1 1 】

これにより本発明は、駆動電極の配線電極数が減り、引き回しが容易となり、結果として生産効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の実施の形態 1 における光学反射素子の斜視図

【図 2】図 1 の P 部における斜視図

【図 3】図 2 の 3 - 3 線断面図

【図 4】図 1 の Q 部における斜視図

20

【図 5】図 4 の 5 - 5 線断面図

【図 6】同実施の形態における光学反射素子の配線パターンを示す模式図

【図 7】同実施の形態における圧電駆動装置の構成を示すブロック図

【図 8】同実施の形態における光学反射素子の他の配線パターンを示す模式図

【図 9】同配線パターンの振動部の断面図

【図 1 0】本発明の実施の形態 2 における光学反射素子の配線パターンを示す模式図

【図 1 1】同実施の形態における光学反射素子の斜視図

【図 1 2】図 1 1 の R 部における断面図

【図 1 3】同実施の形態における光学反射素子の振動状態を示す図

【図 1 4】本発明の実施の形態 3 における光学反射素子の配線パターンを示す模式図

30

【図 1 5】同実施の形態における圧電駆動装置の構成を示す図

【図 1 6】本発明の実施の形態 4 における圧電駆動装置の構成を示す図

【図 1 7】同実施の形態の光学反射素子を用いた画像投影装置の構成図

【図 1 8】従来の光学反射素子の斜視図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

(実施の形態 1)

図 1 に示すように、本実施の形態における光学反射素子 6 0 は、ミラー部 6 と、ミラー部 6 を介して対向するとともに、ミラー部 6 の各端部とそれぞれが連結された一对の振動部 (第一振動部) 7 を有している。さらに、これらの振動部 7 と連結され、振動部 7 およびミラー部 6 の外周を囲む枠体 8 を有している。さらに、枠体 8 を介して対向するとともに、枠体 8 の各端部とそれぞれが連結された一对の振動部 (第二振動部) 9 を有している。さらに、これらの振動部 9 と連結されるとともに、振動部 9 および枠体 8 の外周を囲う枠形状の支持体 1 0 を有している。

40

【 0 0 1 4 】

なお、本実施の形態では、振動部 7 と振動部 9 とは、それぞれ異なる共振駆動周波数を有し、その周波数比は 1 0 倍 ~ 1 0 0 倍程度である。例えば本実施の形態では、振動部 7 の共振周波数が 1 0 k H z、振動部 9 の共振周波数が 2 0 0 H z 程度である。

【 0 0 1 5 】

振動部 7 の中心軸 S 1 と振動部 9 の中心軸 S 2 とは、それぞれ方向が異なり、交差する

50

関係にある。本実施の形態では、振動部 7 は Y 軸に平行な中心軸 S 1 を有し、振動部 9 は X 軸に平行な中心軸 S 2 を有している。また本実施の形態では、これらの中心軸 S 1、S 2 は、ミラー部 6 の重心で直交する関係にある。対となる振動部 7 は、振動部 9 の中心軸 S 2 に対して線対称形であり、対となる振動部 9 は、振動部 7 の中心軸 S 1 に対して線対称形である。

**【 0 0 1 6 】**

本実施の形態では、振動部 7 は繰り返し蛇行しながら Y 軸方向に延びるミアンダ形状を有する。振動部 7 は、X 軸に平行（中心軸 S 1 に垂直）な複数の振動板（第一振動板）7 A ~ 7 D が、同一平面上で折り返し蛇行して連結されている。また、振動部 9 は繰り返し蛇行しながら X 軸方向に延びるミアンダ形状を有する。振動部 9 は、Y 軸方向に平行（中心軸 S 2 に垂直）な複数の振動板（第二振動板）9 A ~ 9 E が同一平面上で折り返し蛇行して連結されている。

10

**【 0 0 1 7 】**

図 2 は図 1 の P 部（振動部 7）を示す斜視図であり、図 3 はその 3 - 3 線断面図である。これらの図に示すように、振動部 7 を構成する複数の振動板 7 A ~ 7 D は、それぞれ、圧電素子（第一圧電素子）1 1 とモニター素子（第一モニター素子）1 2 とから構成される。

**【 0 0 1 8 】**

振動部 7 における圧電素子 1 1 は、図 3 に示すように、ベースとなるシリコン基板 1 4 上に、シリコン酸化膜 1 5 を介して、振動部 7 と振動部 9 に共通に設けられた接地電極 1 6 を備えている。さらに、接地電極 1 6 上に振動部 7 と振動部 9 に共通に設けられた圧電層 1 7 を備えている。さらに、圧電層 1 7 上に設けられた駆動電極（第一駆動電極）1 8 を備えている。駆動電極 1 8 は、図 2 に示すように、振動部 7 の複数の振動板 7 A ~ 7 D 上にそれぞれ配置された部分が共通接続された構成を有する。接地電極 1 6 は、図 1 に示す外部電極 2 0 と接続される。駆動電極 1 8 を有する圧電素子 1 1 を備えた振動部 7 が、中心軸 S 2 を有する圧電アクチュエータを構成している。

20

**【 0 0 1 9 】**

振動部 7 におけるモニター素子 1 2 は、図 3 に示すように、シリコン基板 1 4 上にシリコン酸化膜 1 5 を介して設けられた、圧電素子 1 1 と共通の接地電極 1 6 および圧電層 1 7 を備え、圧電層 1 7 上にモニター電極（第一モニター電極）2 1 を備えている。モニター電極 2 1 は、図 2 に示すように、振動部 7 の複数の振動板 7 A ~ 7 D 上にそれぞれ配置された部分が共通接続された構成を有する。

30

**【 0 0 2 0 】**

このように、振動部 7 を構成する各振動板 7 A ~ 7 D 上には、駆動電極 1 8 とモニター電極 2 1 の 2 本の電極が引き回される。また、モニター電極 2 1 は、図 4、図 5 に示すように、幅狭の配線電極 2 1 A として、振動部 9 上を引き回され、図 1 の外部電極 2 2 と接続される。

**【 0 0 2 1 】**

図 4 は図 1 の Q 部（振動部 9）を示す斜視図であり、図 5 はその 5 - 5 線断面図である。これらの図に示すように、振動部 9 を構成する複数の振動板 9 A ~ 9 E は、それぞれ、圧電素子（第二圧電素子）1 1 とモニター素子（第二モニター素子）1 3 とから構成される。

40

**【 0 0 2 2 】**

振動部 9 における圧電素子 1 1 は、図 5 に示すように、振動部 7 と同様に、ベースとなるシリコン基板 1 4 上に、シリコン酸化膜 1 5 を介して、振動部 7 と振動部 9 に共通に設けられた接地電極 1 6 を備えている。さらに、接地電極 1 6 上に振動部 7 と振動部 9 に共通に設けられた圧電層 1 7 を備えている。さらに、圧電層 1 7 上に設けられた駆動電極（第二駆動電極）1 8 を備えている。駆動電極 1 8 は、図 4 に示すように、振動部 9 の複数の振動板 9 A ~ 9 E 上にそれぞれ配置された部分が共通接続された構成を有する。さらに、振動部 7 から引き回された駆動電極 1 8 と共通接続されると共に、図 1 に示す外部電極

50

19と接続される。駆動電極18を有する圧電素子11を備えた振動部9が、中心軸S1を有する圧電アクチュエータを構成する。

【0023】

振動部9におけるモニター素子13は、図5に示すように、シリコン基板14上にシリコン酸化膜15を介して設けられた、圧電素子11と共通の接地電極16および圧電層17を備え、圧電層17上にモニター電極(第二モニター電極)23を備えている。モニター電極23は、図4に示すように、振動部9の複数の振動板9A~9E上にそれぞれ配置された部分が共通接続された構成を有し、図1に示す外部電極24と接続されている。

【0024】

以上のように、本実施の形態では、振動部7に設けられたモニター電極21と、振動部9に設けられたモニター電極23とは電氣的に独立している。したがって、上述したように、振動部9の複数の振動板9A~9E上には、図5に示すように、駆動電極18とモニター電極23と振動部7の幅狭のモニター電極21の配線電極21Aとの3本の電極が引き回される。

【0025】

図6は、以上のような本実施の形態の光学反射素子の電極パターンを模式的に示した図である。図6では、光学反射素子60を、ミラー部6を中央に有する1つの振動部7と、振動部7を挟む2つの振動部9とで示している。駆動電極18は、振動部7、9に配置され、外部電極19に共通に接続された1本の電極として示されている。振動部7上に配置されたモニター電極21は、モニター電極23とは独立しており、振動部9上を引き回され2つの外部電極22に接続されていることを示している。一対の振動部9上に配置されたモニター電極23は、モニター電極21とは独立しており、振動部7上を配線電極23Aで引き回されて、外部電極24に共通に接続されていることを示している。

【0026】

このように、振動部7の各振動板7A~7D上では、図3に示すのと同様に、駆動電極18とモニター電極21が設けられている。また、振動部9の各振動板9A~9E上では、図5に示すのと同様に、モニター電極21の配線電極21Aを挟んで駆動電極18とモニター電極23が設けられている。

【0027】

なお、本実施の形態では、図6に示すように、共通の駆動電極18の終端は開放としたが、外部電極を別途設け、その外部電極に引き出してもよい。

【0028】

また、本実施の形態では、ベースとしてシリコン基板14を用いたが、その他酸化マグネシウム(MgO)あるいはステンレスなどの板を用いてもよい。また接地電極16はプラチナ、駆動電極18およびモニター電極21、23は金、圧電層17はチタン酸ジルコン酸鉛( $Pb(Zr_x, Ti_{1-x})O_3$ で、 $x=0.525$ )などが挙げられる。これらの電極の材料は、蒸着、ゾル、ゲル、CVD、スパッタ法などによって薄膜化することができる。

【0029】

次に、図7を用いて本実施の形態の圧電駆動装置の構成について説明する。図7は、本発明の一実施の形態における圧電駆動装置の構成を示すブロック図である。

【0030】

本実施の形態の圧電駆動装置は、図1に示した光学反射素子60と、光学反射素子60の振動部7および振動部9にそれぞれの共振駆動信号を入力する駆動装置61とを備えるものである。

【0031】

本実施の形態の駆動装置61は、並列配置された増幅器25、26を有している。増幅器25はインピーダンス素子27と接続され、増幅器26はインピーダンス素子28と接続されている。そして増幅器25とインピーダンス素子27とをつなぐ配線と、増幅器26とインピーダンス素子28とをつなぐ配線とは共通接続されて、図1に示す光学反射素

10

20

30

40

50

子 60 の外部電極 19 に接続される。外部電極 19 からは共通の配線電極 18 A が光学反射素子 60 上を引き回され、振動部 7、9 の駆動電極 18 に接続される。

【 0032 】

一方、振動部 7 の振動を検出するモニター電極 21 は、配線電極 21 A として光学反射素子 60 上を引き回されて外部電極 22 に接続され、外部電極 22 から外部に引き出され、駆動装置 61 のフィルター 29 を介して増幅器 25 と接続される。また、振動部 9 の振動を検出するモニター電極 23 は、配線電極 23 A として光学反射素子 60 上を引き回されて外部電極 24 に引き回され、外部電極 24 から外部に引き出され、駆動装置 61 のフィルター 30 を介して増幅器 26 と接続される。

【 0033 】

次に、本実施の形態における光学反射素子の動作を図 7 を用いて説明する。まず、図 7 に示すように、増幅器 25 の入力端子 25 A に振動部 7 を駆動させる電気信号（交流電圧）が入力され、増幅される。また増幅器 26 の入力端子 26 A に振動部 9 を駆動させる電気信号（交流電圧）が入力され、増幅される。

【 0034 】

なお、本実施の形態では、振動部 7 には、この振動部 7 に固有の振動周波数を有する電気信号を入力し、振動部 7 を共振駆動させている。また振動部 9 には、この振動部 9 に固有の振動周波数を有する電気信号を入力し、振動部 9 を共振駆動させている。これにより、振動部 7 および振動部 9 を効率よく駆動させることができ、大きく変位させることができる。

【 0035 】

上述の電気信号は、それぞれ抵抗器などのインピーダンス素子 27、28 を介して合成され、光学反射素子 60 の外部電極 19 に供給される。合成された電気信号は、外部電極 19 から引き回され、一本の配線電極 18 A を介して振動部 9 および振動部 7 上の駆動電極 18 に流れ（図 6 参照）、それぞれの圧電素子 11 を共に駆動させる。

【 0036 】

すなわち本実施の形態では、振動部 9 は、共通の駆動電極 18 から供給される交流電圧の正・負によって上下に（素子平面に対して垂直方向に）振動する。この振動によって、図 1 に示す枠体 8 の下端部（振動部 9 と連結される部分）が上下（素子平面に対して垂直方向）に振動し、ミラー部 6 の中心を不動点としながらミラー部 6 を、中心軸 S2 を中心に回動させる。なお、本実施の形態において、振動部 9 の中心軸 S2 は、この振動部 9 の駆動によるミラー部 6 の回転軸と一致する。

【 0037 】

また、同様に、振動部 7 は、共通の駆動電極 18 から供給される交流電圧の正・負によって上下に振動する。この振動によって、図 1 に示すミラー部 6 の側端部（振動部 7 と連結される部分）が上下（素子平面に対して垂直方向）に振動し、ミラー部 6 の中心を不動点としながら、ミラー部 6 を、中心軸 S1 を中心に回動させる。振動部 7 の中心軸 S1 は、この振動部 7 の駆動によるミラー部 6 の回転軸と一致する。

【 0038 】

振動部 7 上に配置されたモニター電極 21 は、振動部 7 の変位を電気信号として検知し、その電気信号は、配線電極 21 A を介して外部電極 22 から外部に引き出される。また、振動部 9 上に配置されたモニター電極 23 は、振動部 9 の変位を電気信号として検知し、その電気信号は、配線電極 23 A を介して外部電極 24 から外部に引き出される。

【 0039 】

外部電極 22 から引き出された電気信号は、図 7 に示すように、駆動装置 61 のフィルター 29 を介して取り出され、再び増幅器 25 に入力端子 25 A に入力される。また、外部電極 24 から引き出された電気信号は、駆動装置 61 のフィルター 30 を介して取り出され、再び増幅器 26 の入力端子 26 A に入力される。

【 0040 】

このようにそれぞれのモニター電極 21、23 から出力される電気信号を、振動部 7、

10

20

30

40

50

振動部 9 の各圧電素子 1 1 の駆動電極 1 8 にフィードバックすることにより、光学反射素子を自励駆動させることが出来る。

【 0 0 4 1 】

なお、インピーダンス素子 2 7、2 8 としては、上述の抵抗器以外にも、コンデンサやコイルなどのリアクタンス素子、あるいはこれらの組み合わせ等も挙げられる。

【 0 0 4 2 】

また、本実施の形態では、外部電極 1 9 に 2 つの電気信号を合成して入力したが、3 つ以上の電気信号を合成することも可能である。

【 0 0 4 3 】

以上のように、本実施の形態では、駆動電極 1 8 の配線電極数を減らし、生産効率を向上させることができる。

10

【 0 0 4 4 】

すなわち従来の光学反射素子は、電極パターンの効率化について考慮されておらず、図 1 8 に示す振動部 2 および振動部 4 をそれぞれ駆動させるために、これらの振動部 2 および振動部 4 上には、個々に独立した駆動電極がパターニングされていた。したがって、光学反射素子上には、これらの駆動電極毎に配線電極を引き回す必要があった。すなわち、少なくとも振動部 4 には、この振動部 4 の駆動電極と、振動部 2 の駆動電極の配線電極とを引き回さなければならなかった。

【 0 0 4 5 】

この配線電極の数が増えると、駆動電極や配線電極のパターニングが困難となる。特に小型の光学反射素子の場合や、モニター電極を形成する場合、微小領域に複数の電極や配線電極をパターニングすることになり、パターニングが非常に困難となる。また、本実施の形態のように、振動部 7、9 が複雑なミアンダ形状の場合は、特に電極等のパターニングが難しくなり、生産効率低下の原因となっていた。

20

【 0 0 4 6 】

これに対し本実施の形態では、複数の電気信号を合成したため、一つの駆動電極 1 8 で複数の電気信号を供給できる。すなわち、共通の駆動電極 1 8 で振動部 7 および振動部 9 を共に駆動させることができる。

【 0 0 4 7 】

したがって、振動部 7、9 の駆動電極 1 8 の配線電極も共通になるため、駆動電極 1 8 の配線電極数を減らすことができ、結果として生産効率を向上させることが出来る。

30

【 0 0 4 8 】

また、複数の電気信号は、インピーダンス素子 2 7、2 8 を介した後合成したため、電気信号間において、たとえば周波数の差が大きくても容易に合成することができる。

【 0 0 4 9 】

また、本実施の形態では、振動部 7 および振動部 9 をミアンダ形状としたことにより、光学反射素子全体として小型化を図りながらも共振器長を長く調整することができ、ミラー部 6 の変位を大きくすることができる。

【 0 0 5 0 】

また本実施の形態では、振動部 7 および振動部 9 を共に共振させることにより、ミラー部 6 の変位を大きくすることができる。

40

【 0 0 5 1 】

さらに本実施の形態では、図 1 に示すように、振動部 7 はミラー部 6 の側端部と連結されていることから、てこの原理によりミラー部 6 を、中心軸 S 1 を中心に大きく回動させることができる。同様に、振動部 9 は枠体 8 の下端部と連結されていることから、ミラー部 6 を、中心軸 S 2 を中心に、大きく回動させることができる。

【 0 0 5 2 】

また、振動部 7、9 は、それぞれミラー部 6 および枠体 8 の端部と連結させているため、ミラー部 6 の中心が不動点となり、この不動点においては、入射光と反射光との光路長が一定に保たれるため、この光学反射素子により投影する画像の歪みを抑制することがで

50

きる。

【 0 0 5 3 】

なお、本実施の形態では、図 6 に示すように、共通の駆動電極 1 8 は一对の振動部 9 両方に引き回したが、図 8 に示すように、一方の振動部 9 に引き回してもよい。この場合も、一方（例えば、ミラー部 6 に対して右側）の振動部 9 に印加された振動が、枠体 8（図 1 参照）を介して他方（ミラー部 6 に対して左側）の振動部 9 に伝搬し、共振させることができ、結果としていずれの振動部 9 をも振動させることができる。

【 0 0 5 4 】

また、駆動電極 1 8 を一方の振動部 9 に形成する場合は、図 8 に示すように、振動部 9 の振幅を検知するモニター電極 2 3 を、駆動電極 1 8 が引き回されていない左側の振動部 9 にのみ形成してもよい。

10

【 0 0 5 5 】

この場合、モニター電極 2 3 が引き回されない右側の振動部 9 においては、駆動電極 1 8 と、振動部 7 のモニター電極 2 1 の配線電極 2 1 A とが形成されることになる。なおこの時、図 8、図 9 に示すように、共通の駆動電極 1 8 を、振動部 9 の各振動板 9 A ~ 9 E 上の両側に分けて左右対称に配置し、その中央にモニター電極 2 1 の配線電極 2 1 A を配置することができる。なお分岐させた駆動電極 1 8 は、ジャンパー線などで適直接続させればよい。

【 0 0 5 6 】

このように、各振動板 9 A ~ 9 E 上において、駆動電極 1 8 を左右対称に配置することによって、振動部 9 上に均一に電圧を印加することができ、振動部 9 を垂直に振動させることができる。

20

【 0 0 5 7 】

また、図 8 に示すように、左側の振動部 9 においては、この振動部 9 の振幅を検知するためのモニター電極 2 3 を、振動部 9 の各振動板 9 A ~ 9 E 上の両側に分けて左右対称に配置することができる。これにより振動部 9 の面積を効率よく利用でき、モニター電極 2 3 の感度を向上させることができる。なお、二分したモニター電極 2 3 は、ジャンパー線などで適宜電氣的に接続させることができる。

【 0 0 5 8 】

なお、本実施の形態では、一对の振動部 7 のいずれにも駆動電極 1 8 を配置したが、一方の振動部 7 に駆動電極 1 8 を配置し、共振駆動させれば、その振動がミラー部 6 を介して他方の振動部 7 に伝搬し、この他方の振動部 7 も共振駆動させることができる。したがって、振動部 7 の駆動電極 1 8 の配線電極数を減らすことができる。

30

【 0 0 5 9 】

（実施の形態 2）

図 1 0 は本発明の実施の形態 2 における光学反射素子の電極パターンを模式的に示した図である。本実施の形態と実施の形態 1 との主な違いは、図 1 0 に示すように、電氣的に独立した二つの駆動電極 3 1、3 2 を振動部 7 に設けた点である。駆動電極 3 1、3 2 には、それぞれ外部電極 1 9 A、1 9 B を介して、正負逆位相の交流電圧を印加する。

【 0 0 6 0 】

図 1 1 は本実施の形態の光学反射素子を示す斜視図である。図 1 2 は図 1 1 の R 部の断面図である。図 1 0 ~ 図 1 2 に示すように、本実施の形態では、振動部 7 の複数の振動板 7 A ~ 7 D 上には、電氣的に独立した二つの駆動電極 3 1、3 2 を交互に配置している。これらの駆動電極 3 1、3 2 をそれぞれ共通接続するため、複数の振動板 7 A ~ 7 D 上には、電氣的に独立した二つの駆動電極 3 1、3 2 の配線電極 3 1 A、3 2 A も交互に配置している。

40

【 0 0 6 1 】

すなわち、図 1 2 に示すように、振動部 7 において、駆動電極 3 1 が配置された振動板 7 A、7 C 上には、幅狭に形成された駆動電極 3 2 の配線電極 3 2 A が引き回されている。駆動電極 3 2 が配置された振動板 7 B、7 D 上には、幅狭に形成された駆動電極 3 1 の

50

配線電極 3 1 A が引き回されている。

【 0 0 6 2 】

このように、駆動電極 3 1、3 2 を交互に配置し、これらの駆動電極 3 1、3 2 に正負逆位相の交流電圧を印加すれば、各振動板 7 A ~ 7 D の曲げ方向は交互に逆向きとなり、図 1 3 にその振動状態を示すように、振動の変位は蓄積される。したがって、振動部 7 全体としては、中心軸 S 1 を回転軸とし、大きく反復回動させることができ、結果としてミラー部 6 の変位（振幅）を大きくすることができる。

【 0 0 6 3 】

また、図 1 0 に示すように、本実施の形態では、振動部 9 上には、実施の形態 1 と同様に、それぞれの振動板 9 A ~ 9 E（図 1 1 参照）上に共通の駆動電極 3 1 を配置している。

10

【 0 0 6 4 】

すなわち本実施の形態では、一方の駆動電極 3 1 は、振動部 7 と振動部 9 との圧電素子に共通の駆動電極 3 1 とし、他方の駆動電極 3 2 は振動部 7 の圧電素子のみを駆動させる駆動電極 3 2 として用いている。したがって、振動部 9 のそれぞれの振動版 9 A ~ 9 E 上には、駆動電極 3 1 以外に駆動電極 3 2 の配線電極 3 2 A も引き回されている。なお、本実施の形態では、振動部 7 では、2 つの駆動電極 3 1、3 2 が形成されるため、モニター電極 2 1 は実施の形態 1 より狭幅となる。

【 0 0 6 5 】

なお、本実施の形態では、振動部 7 のモニター電極 2 1 は、外部電極 2 2 から振動部 9 を介して振動部 7 に引き回したため、振動部 9 には、実施の形態 1 よりも幅狭のモニター電極 2 1 の配線電極 2 1 A が形成されている。また振動部 9 のモニター電極 2 3 は、外部電極 2 4 から各振動部 9 に引き回した。ここでモニター電極 2 3 の配線電極は、振動部 7 上には引き回さず、枠体 8 を介して一対の振動部 9 にそれぞれ引き回してもよい。

20

【 0 0 6 6 】

本実施の形態では、駆動電極 3 1 に、振動部 7 と振動部 9 のそれぞれの共振駆動信号を合成した電気信号を入力することで、駆動電極 3 1 を振動部 7 と振動部 9 に共通の駆動電極 3 1 とすることができ、電極配線の数を減らすことができる。

【 0 0 6 7 】

なお、本実施の形態の光学反射素子を画像投影装置に用いる場合、高精度な画像を投影するには、一般的に X 軸方向の走査速度は Y 軸方向の走査速度よりもはるかに大きくする必要があるのである。

30

【 0 0 6 8 】

この場合、X 軸方向に振動する振動部 7 の周波数を高くすればよいが、周波数が高くなるほど、ミラー部 6 の変位が小さくなる。したがって本実施の形態のように、振動部 7 の振動板 7 A ~ 7 D 上には、二つの駆動電極 3 1、3 2 を交互に配置し、それぞれの駆動電極 3 1、3 2 に逆位相の電圧を印加することで、変位を蓄積し、大きな振幅を得ることができる。さらに、振動部 9 と振動部 7 とは駆動電極 3 1 を共通させることで、従来のような配線電極数の増加を回避でき、高性能の光学反射素子の生産効率の向上を図ることができる。

40

【 0 0 6 9 】

その他、実施の形態 1 と同様の構成から得られる効果については実施の形態と同じであるので説明を省略する。

【 0 0 7 0 】

（実施の形態 3）

図 1 4 は、本発明の実施の形態 3 における光学反射素子の電極パターンを模式的に示した図である。本実施の形態と実施の形態 1 との違いは、図 1 4 に示すように、振動部 7 および振動部 9 のモニター素子は、共通のモニター電極 3 3 を有し、これらのモニター電極 3 3 は、図 1 5 に示すように、共通の配線電極 3 3 A で外部電極 3 4 から引き出される点である。

50

## 【 0 0 7 1 】

また、本実施の形態では、振動部 7 の圧電素子 1 1 を駆動させる駆動電極 3 5 と、振動部 9 の圧電素子を駆動させる駆動電極 3 6 とは個々に形成し、電氣的に独立させている。したがって、これらの駆動電極 3 5、3 6 の配線電極 3 5 A、3 6 A は、それぞれ個々に引き回している。

## 【 0 0 7 2 】

本実施の形態では、図 1 5 に示すように、振動部 7 の圧電素子の駆動により発生した電気信号と、振動部 9 の圧電素子の駆動により発生した電気信号とは、混在した状態で共通のモニター電極 3 3 で感知される。混在した電気信号は、外部電極 3 4 からフィルター 3 7 A を介することによって、振動部 7 で発生した電気信号のみが取り出される。また、フィルター 3 7 B を介することによって、振動部 9 で発生した電気信号のみが取り出される。このようにして、本実施の形態によれば、共通のモニター電極 3 3 で感知された電気信号を、個々の電気信号に分離検出することができる。

10

## 【 0 0 7 3 】

これにより本実施の形態では、従来電氣的に独立させていた二つのモニター電極を、共通にすることができ、一つの配線電極 3 3 A で引き出すことができる。すなわち電極配線の数が減り、結果としてパターンニングが簡易になり、生産効率を向上させることができる。

## 【 0 0 7 4 】

なお、上記実施の形態では、振動部 7 と振動部 9 とで駆動電極 3 5、3 6 は共通にしていないが、駆動電極 3 5、3 6 も共通にしてもよい。これにより、駆動電極 3 5、3 6 の電極配線数も減らすことができる。

20

## 【 0 0 7 5 】

また本実施の形態の別の例として、一方の振動部 7 (例えば、図 1 の下方の振動部 7) および一方の振動部 9 (例えば、図 1 の右側の振動部 9) とに共通の駆動電極を形成し、他方の振動部 7 (例えば、図 1 の上方の振動部 7) と振動部 9 (例えば、図 1 の左側の振動部 9) とに共通のモニター電極を形成してもよい。

## 【 0 0 7 6 】

これにより各一方の振動部 7 および振動部 9 上には駆動電極を、各他方の振動部 7 および振動部 9 上にはモニター電極を形成すればよいため、パターンニングがより簡易となる。なお、これとは逆に、一方の振動部 7 および一方の振動部 9 とに共通のモニター電極を形成し、他方の振動部 7 と振動部 9 とに共通の駆動電極を形成してもよい。

30

## 【 0 0 7 7 】

その他、実施の形態 1 と同様の構成から得られる効果については実施の形態と同じであるので説明を省略する。

## 【 0 0 7 8 】

(実施の形態 4)

図 1 6 は、本発明の実施の形態 4 における圧電駆動装置の構成を示すブロック図である。本実施の形態と実施の形態 1 との主な違いは、圧電駆動装置に電気信号を合成する合成回路を設けた点である。

40

## 【 0 0 7 9 】

図 1 6 に示すように、本実施の形態における駆動制御装置 6 2 は、2つの前置アンプ(第一前置アンプ、第二前置アンプ) 3 8、3 9 が並列に配置されている。前置アンプ 3 8 は飽和アンプ(第一飽和アンプ) 4 0 と電氣的に接続され、飽和アンプ 4 0 は帯域フィルター 4 1 (第一帯域フィルター) と電氣的に接続され、帯域フィルター 4 1 から振動部 7 の共振駆動信号(第一電気信号)が取り出される。

## 【 0 0 8 0 】

同様に、前置アンプ 3 9 は飽和アンプ(第二飽和アンプ) 4 2 と電氣的に接続され、飽和アンプ 4 2 は帯域フィルター(第二帯域フィルター) 4 3 と電氣的に接続され、帯域フィルター 4 3 から振動部 9 の共振駆動信号(第二電気信号)が取り出される。

50

## 【 0 0 8 1 】

なお、飽和アンプ 4 0、4 2 としては、出力が所定値に達すると、その値を維持する飽和型アンプ、あるいは出力が所定値に達すると、出力を減衰させる負性飽和型アンプ等を用いることができる。

## 【 0 0 8 2 】

これらの飽和アンプ 4 0 と帯域フィルター 4 1、または飽和アンプ 4 2 と帯域フィルター 4 3 とを通過して出力された各共振駆動信号は、加算器 4 4 等を含む加算合成回路 4 5 で合成される。加算合成回路 4 5 から出力された信号は、外部電極 1 9 から光学反射素子 6 0 を引き回され、振動部 7 および振動部 9 に共通の駆動電極 1 8 に入力される。

## 【 0 0 8 3 】

また、本実施の形態では、振動部 7 の振動振幅によって発生した電気信号を、モニター電極 2 1 で検出し、前置アンプ 3 8 に帰還する帰還回路を構成している。ここで本実施の形態では、この帰還回路における閉ループゲインが 1 以上となるよう、すなわちモニター電極 2 1 から出力された信号が、前置アンプ 3 8 に入力された信号より減衰しないよう、振動部 7 の駆動周波数と帯域フィルター 4 1 の通過周波数帯域を設定した。また、加算合成回路 4 5 で合成するのは 3 つ以上の電気信号でもよい。

## 【 0 0 8 4 】

また、この振動部 7 と同様に、振動部 9 の振動振幅によって発生した電気信号を、モニター電極 2 3 で検出し、前置アンプ 3 9 へと帰還している。本実施の形態では、この帰還回路における閉ループゲインも 1 以上となるように振動部 9 の駆動周波数と帯域フィルター 4 3 の通過周波数帯域を設定した。

## 【 0 0 8 5 】

次に、本実施の形態の光学反射素子の駆動方法を説明する。図 1 6 に示すように、まず、振動部 7 を駆動させる電気信号（交流電圧）が前置アンプ 3 8 の入力端子 3 8 A に入力されると、この信号が前置アンプ 3 8 で増幅される。次に前置アンプ 3 8 で増幅された信号が飽和アンプ 4 0 に入力され、所定レベルの信号に矯正される。飽和アンプ 4 0 から出力された信号は帯域フィルター 4 1 に入力され、振動部 7 の共振駆動信号が取り出される。

## 【 0 0 8 6 】

また、同様に、前置アンプ 3 9 の入力端子 3 9 A に振動部 9 を駆動させる電気信号（交流電圧）が入力され、増幅される。増幅された信号は、飽和アンプ 4 2 で矯正され、その後帯域フィルター 4 3 に入力され、振動部 9 の共振駆動信号が取り出される。

## 【 0 0 8 7 】

これらの振動部 7 および振動部 9 から取り出された共振駆動信号が、加算合成回路 4 5 で合成される。合成された電気信号は、光学反射素子 6 0 の外部電極 1 9 から引き回され、駆動電極 1 8 に流れ、振動部 9 および振動部 7 を同時に駆動させる。

## 【 0 0 8 8 】

また、図 1 6 に示すように、モニター電極 2 1 は、振動部 7 の振動振幅により電圧を検知し、その電気信号は外部電極 2 2 から引き出される。一方、モニター電極 2 3 は、振動部 9 の振動振幅により電圧を検知し、その電気信号は外部電極 2 4 から引き出される。これら外部電極 2 2、2 4 から引き出された電気信号は、前置アンプ 3 8 および前置アンプ 3 9 にそれぞれ帰還される。

## 【 0 0 8 9 】

なお、光学反射素子 6 0 の振動部 7 あるいは振動部 9 を、信号に追従させて共振駆動させるには、印加する駆動周波数の位相ずれを、 $\pm 70 \text{ deg}$  以内の範囲とすることが好ましい。

## 【 0 0 9 0 】

したがって、本実施の形態では、帯域フィルター 4 1 は、その通過帯域が、振動部 7 において位相範囲が  $\pm 70 \text{ deg}$  以内に相当する周波数帯域となるように制御した。また同様に、帯域フィルター 4 3 は、その通過帯域が、振動部 9 において位相範囲  $\pm 70 \text{ deg}$

10

20

30

40

50

以内に相当する周波数帯域となるように制御した。

【 0 0 9 1 】

なお本実施の形態では、振動部 7 および振動部 9 がそれぞれ位相範囲  $\pm 70 \text{ deg}$  で駆動したかどうかをモニター電極 21 またはモニター電極 23 で検知し、加算合成回路 45 に入力される各信号を所定値に制御する手段をさらに設けてもよい。

【 0 0 9 2 】

本実施の形態では、実施の形態 1 と同様に、駆動電極 18 の電極配線数を低減することができ、簡易な配線パターンとすることができる。

【 0 0 9 3 】

また本実施の形態では、前置アンプ 38、39、飽和アンプ 40、42、帯域フィルタ 41、43、加算合成回路 45 はいずれも能動素子からなるため、これらは IC チップ化することができ、実装工程における合理化が図れる。

【 0 0 9 4 】

なお、本実施の形態では、振動部 7 および振動部 9 のそれぞれの振動板 ( 図 1 の 7 A ~ 7 D , 9 A ~ 9 E ) 上に共通の駆動電極 18 を配置したが、例えば振動部 7 または振動部 9 のいずれか一方、あるいは双方の振動板上に、二種類の駆動電極を交互に配置してもよい。この場合は、実施の形態 2 で説明したように、各駆動電極に正負逆位相の電圧を印加することにより、変位が蓄積され、大きな振幅を得ることができる。

【 0 0 9 5 】

また、本実施の形態では、振動部 7、振動部 9 の各振動板上に駆動電極 18 を配置しているが、駆動電極 18 の配置場所はこれに限定されず、例えば振動部 7 および振動部 9 には、それぞれ一部の振動板上に駆動電極 18 を配置してもよい。

【 0 0 9 6 】

図 17 は、本実施の形態 1 ~ 4 の光学反射素子を用いた画像投影装置を示す構成図である。図 17 に示すように、本実施の形態の画像投影装置は、レーザ光源などの光源 46 と光学反射素子 60 とスクリーン 49 とから構成される。

【 0 0 9 7 】

この構成によれば、光源 46 から光学反射素子 60 のミラー部 6 へ入射光 47 を入射し、ミラー部 6 からの反射光 48 を、スクリーン 49 に投影する。このとき、ミラー部 6 を振動させることによって、反射光 48 を X 軸、Y 軸方向に走査させることができ、スクリーン 49 や壁に画像 50、文字等を投影することができる。

【 0 0 9 8 】

なお、実施の形態 1 ~ 4 の光学反射素子では、振動部 7、9 の形状をミアンダ形としたが、これに限定されず、その他、例えばカンチレバー形、十字形等、各種形状でも応用が可能である。

【 0 0 9 9 】

また、実施の形態 1 ~ 4 では、振動部 7、9 から構成される圧電アクチュエータは、ミラー部 6 が連結されて光学反射素子として用いていた。しかし、この圧電アクチュエータは、例えばミラー部の代わり発光素子を連結させ、光学デバイスとして用いることもできる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 0 0 】

本発明の光学反射素子は、配線電極数を減らすことで、複雑な形状の振動部上にも容易に形成することができ、小型のプロジェクタやヘッドアップディスプレイ、ヘッドマウントディスプレイなど、小型画像投影装置に有用である。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 1 】

- 6      ミラー部
- 7 , 9      振動部
- 7 A ~ 7 D , 9 A ~ 9 E      振動板

10

20

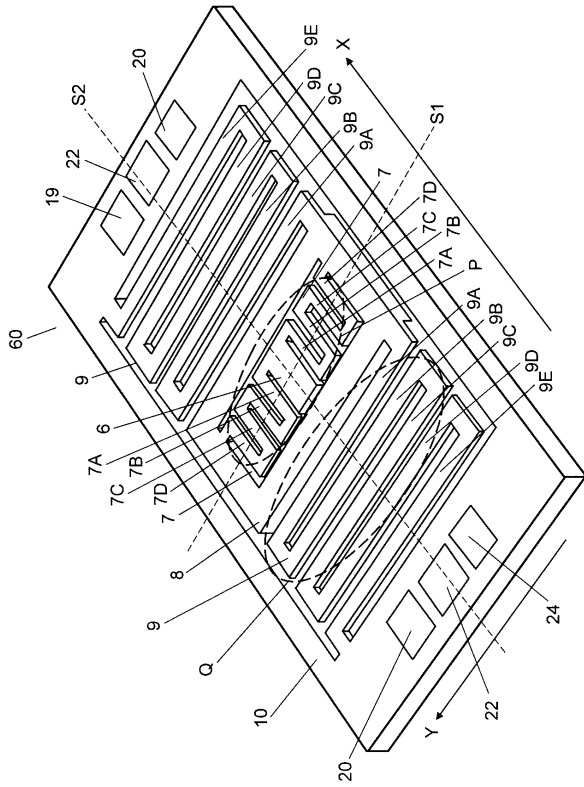
30

40

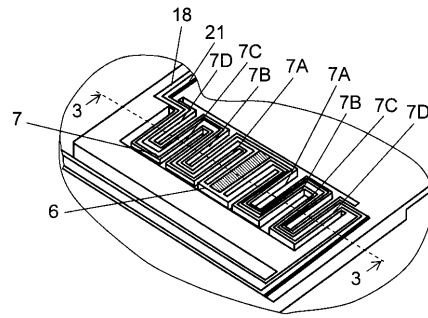
50

8	枠体	
1 0	支持体	
1 1	圧電素子	
1 2 , 1 3	モニター素子	
1 4	シリコン基板	
1 5	シリコン酸化膜	
1 6	接地電極	
1 7	圧電層	
1 8 , 3 1 , 3 2 , 3 5 , 3 6	駆動電極	
1 8 A , 2 1 A , 2 3 A , 3 1 A , 3 2 A , 3 3 A , 3 5 A , 3 6 A	配線電極	10
1 9 , 1 9 A , 1 9 B , 2 0 , 2 2 , 2 4 , 3 4	外部電極	
2 5 , 2 6	増幅器	
2 7 , 2 8	インピーダンス素子	
2 9 , 3 0 , 3 7 A , 3 7 B	フィルター	
3 8 , 3 9	前置アンプ	
4 0 , 4 2	飽和アンプ	
4 1 , 4 3	帯域フィルター	
4 4	加算器	
4 5	加算合成回路	
4 6	光源	20
4 7	入射光	
4 8	反射光	
4 9	スクリーン	
5 0	画像	
6 0	光学反射素子	
6 1	駆動装置	
6 2	駆動制御装置	
S 1 , S 2	中心軸	

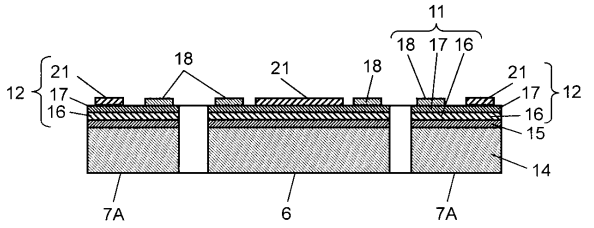
【 図 1 】



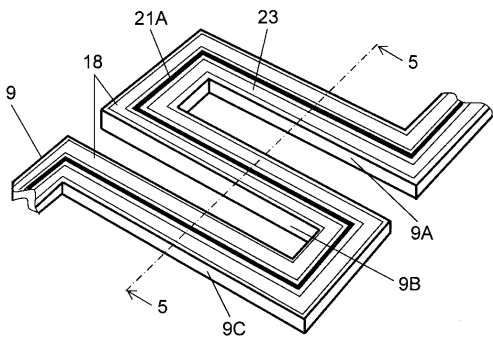
【 図 2 】



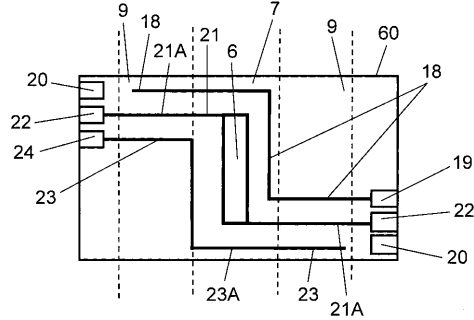
【 図 3 】



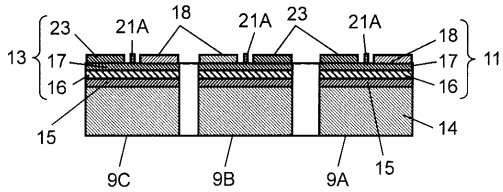
【 図 4 】



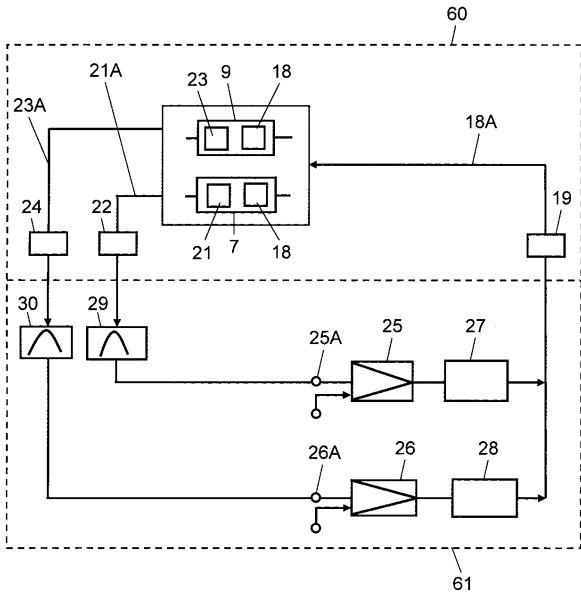
【 図 6 】



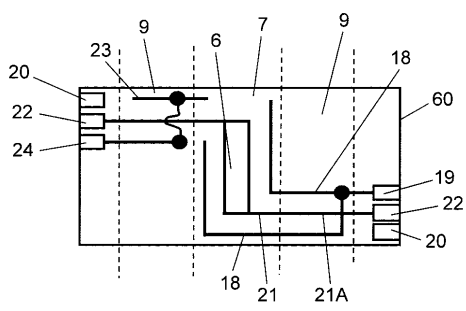
【 図 5 】



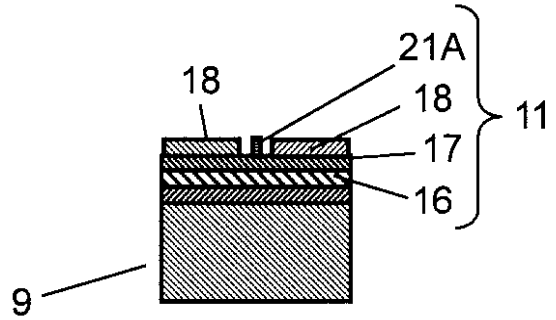
【図7】



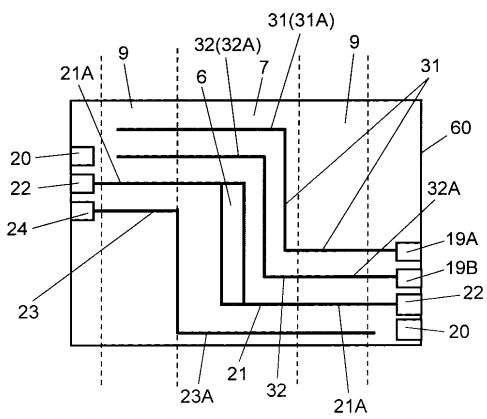
【図8】



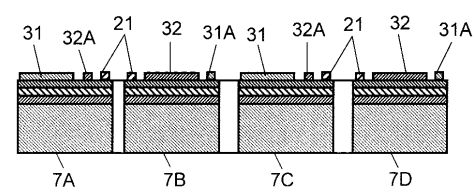
【図9】



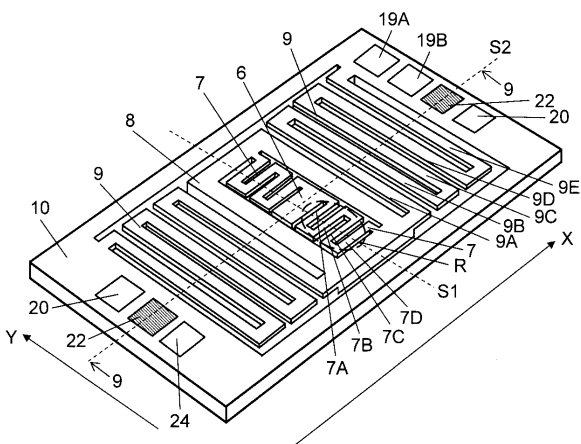
【図10】



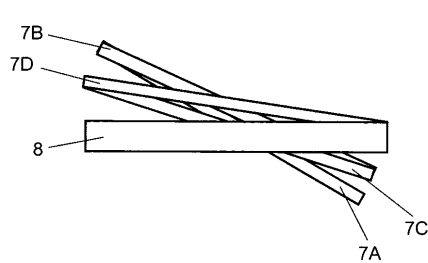
【図12】



【図11】

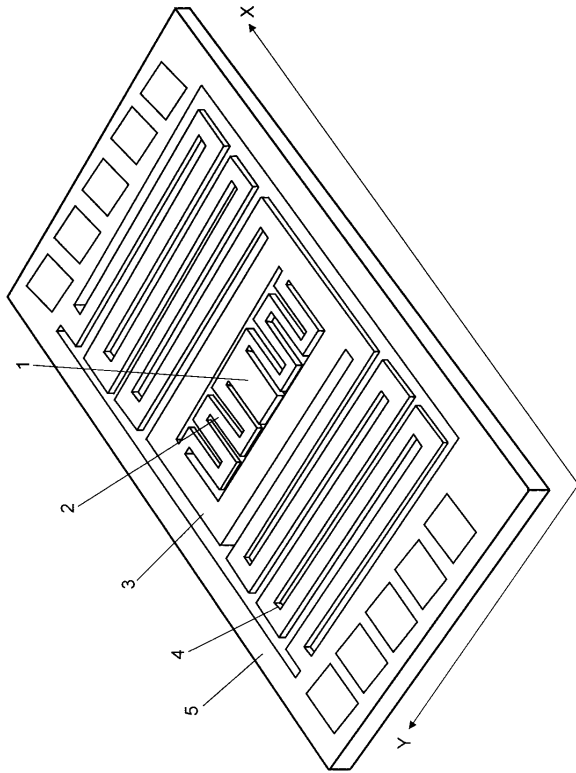


【図13】





【図18】



---

フロントページの続き

(72)発明者 中園 晋輔

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニックエレクトロニックデバイス株式会社内

(72)発明者 古川 成男

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニックエレクトロニックデバイス株式会社内

審査官 松永 謙一

(56)参考文献 特開平09-101474(JP,A)

特開2003-181800(JP,A)

特開2008-035600(JP,A)

特開2004-237400(JP,A)

特開2005-148459(JP,A)

特開2001-111672(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 2/00

B81B 3/00

G02B 26/10