

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5233221号  
(P5233221)

(45) 発行日 平成25年7月10日 (2013. 7. 10)

(24) 登録日 平成25年4月5日 (2013. 4. 5)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 N 2/00 (2006. 01)

H O 2 N 2/00 C

G O 2 B 26/10 (2006. 01)

G O 2 B 26/10 1 O 5 Z

B O 6 B 1/04 (2006. 01)

G O 2 B 26/10 B

B 4 1 J 2/44 (2006. 01)

G O 2 B 26/10 C

H O 4 N 1/113 (2006. 01)

B O 6 B 1/04 Z

請求項の数 10 (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-246298 (P2007-246298)  
 (22) 出願日 平成19年9月21日 (2007. 9. 21)  
 (65) 公開番号 特開2009-77595 (P2009-77595A)  
 (43) 公開日 平成21年4月9日 (2009. 4. 9)  
 審査請求日 平成22年8月25日 (2010. 8. 25)

(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 100091292  
 弁理士 増田 達哉  
 (74) 代理人 100091627  
 弁理士 朝比 一夫  
 (72) 発明者 溝口 安志  
 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 中村 真希子  
 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

審査官 服部 俊樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アクチュエータ、光スキャナ、および画像形成装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

可動板と、該可動板を支持する1対の軸部材とを備えた振動部と、  
 前記振動部を支持する支持部と、  
 前記振動部に設けられ、前記可動板の挙動を検出するためのピエゾ抵抗素子と、  
 前記支持部に設けられた複数の電極と、  
 一部が前記振動部および前記支持部に接合され、残部が前記各軸部材に対し離間するよ  
 うに形成された樹脂層と、  
 前記樹脂層上に成膜され、前記ピエゾ抵抗素子と前記各電極とを電氣的に接続する配線  
 と、

前記可動板を前記各軸部材の捩れ変形を伴って回転させる駆動手段とを有し、  
 前記配線は、その少なくとも一部が前記各軸部材に対し離間するように配設され、  
 前記樹脂層は、前記樹脂層の前記配線側の面を前記振動部側とするように設けられ、前  
 記各配線は、導電性を有するバンプを介して前記ピエゾ抵抗素子に接合され、  
 前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材側にて、前記複数の配線を一括して担持  
 し、

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材とは反対側に延出する部分を有し、該部  
 分に前記複数の電極が接合されていることを特徴とするアクチュエータ。

## 【請求項 2】

前記ピエゾ抵抗素子は、前記1対の軸部材のうちの少なくとも一方の軸部材上に設けら

れ、前記配線は、当該少なくとも一方の軸部材に沿って設けられている請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項 3】

前記 piezo 抵抗素子は、前記軸部材上に設けられた piezo 抵抗領域と、該 piezo 抵抗領域に互いに離間して設けられた少なくとも 1 対の端子とを有する請求項2に記載のアクチュエータ。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 対の端子は、前記軸部材の軸線方向に互いに離間して並設された 1 対の第 1 の端子と、前記軸部材の軸線に直交する方向に互いに離間して並設された 1 対の第 2 の端子とを含む請求項3に記載のアクチュエータ。

10

【請求項 5】

前記 piezo 抵抗素子は、前記各軸部材に設けられており、前記配線は、前記 1 対の軸部材に対する影響が互いに等しくなるように設けられている請求項2ないし4のいずれかに記載のアクチュエータ。

【請求項 6】

前記 piezo 抵抗素子は、前記軸部材の前記支持部側の端部に設けられている請求項2ないし5のいずれかに記載のアクチュエータ。

【請求項 7】

前記可動板および前記各軸部材は、シリコンで一体的に形成されている請求項 1 ないし6のいずれかに記載のアクチュエータ。

20

【請求項 8】

前記配線は、金属で構成されている請求項 1 ないし7のいずれかに記載のアクチュエータ。

【請求項 9】

光反射部が設けられた可動板と、該可動板を支持する 1 対の軸部材とを備えた振動部と、

前記振動部を支持する支持部と、

前記振動部に設けられ、前記可動板の挙動を検出するための piezo 抵抗素子と、

前記支持部に設けられた複数の電極と、

一部が前記振動部および前記支持部に接合され、残部が前記各軸部材に対し離間するように形成された樹脂層と、

30

前記樹脂層上に成膜され、前記 piezo 抵抗素子と前記各電極とを電氣的に接続する配線と、

前記可動板を前記各軸部材の捩れ変形を伴って回転させる駆動手段とを有し、

前記光反射部で反射した光を走査するように構成され、

前記配線は、その少なくとも一部が前記各軸部材に対し離間するように配設され、

前記樹脂層は、前記樹脂層の前記配線側の面を前記振動部側とするように設けられ、前記各配線は、導電性を有するバンプを介して前記 piezo 抵抗素子に接合され、

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材側にて、前記複数の配線を一括して担持し、

40

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材とは反対側に延出する部分を有し、該部分に前記複数の電極が接合されていることを特徴とする光スキャナ。

【請求項 10】

光反射部が設けられた可動板と、該可動板を支持する 1 対の軸部材とを備えた振動部と、

前記振動部を支持する支持部と、

前記振動部に設けられ、前記可動板の挙動を検出するための piezo 抵抗素子と、

前記支持部に設けられた複数の電極と、

一部が前記振動部および前記支持部に接合され、残部が前記各軸部材に対し離間するように形成された樹脂層と、

50

前記樹脂層上に成膜され、前記ピエゾ抵抗素子と前記各電極とを電氣的に接続する配線と、

前記可動板を前記各軸部材の捩れ変形を伴って回動させる駆動手段とを有し、

前記光反射部で反射した光を走査して、画像を形成するように構成され、

前記配線は、その少なくとも一部が前記各軸部材に対し離間するように配設され、

前記樹脂層は、前記樹脂層の前記配線側の面を前記振動部側とするように設けられ、前記各配線は、導電性を有するバンプを介して前記ピエゾ抵抗素子に接合され、

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材側にて、前記複数の配線を一括して担持し、

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材とは反対側に延出する部分を有し、該部分に前記複数の電極が接合されていることを特徴とする画像形成装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アクチュエータ、光スキャナ、および画像形成装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、レーザープリンタやディスプレイ等にて光走査により描画を行うための光スキャナとして、捩り振動子を構成する構造体を有するアクチュエータを用いたものが知られている（例えば、特許文献1参照。）。

20

例えば、特許文献1に開示されたアクチュエータは、ミラー面を有するミラー部を1対のトーションバーにより支持した構造を有している。そして、ミラー部を各トーションバーの捩り変形を伴って回動させ、光反射部で反射した光を走査する。これにより、光走査により描画を行うことができる。

特許文献1にかかるアクチュエータにあつては、トーションバー上に歪ゲージ（ピエゾ抵抗素子）が設けられている。そして、歪ゲージの抵抗値の変化量に基づき、ミラー部の回動角を検知する。このような検知結果に基づいてミラー部を回動駆動することにより、ミラー部の挙動を所望のものとすることができる。

【0003】

しかしながら、特許文献1にかかる光スキャナでは、次の（1）～（3）のような問題点を有している。

30

（1）歪みゲージのための配線がトーションバー上に設けられているため、トーションバーの幅が小さいと、当該配線を引き回すことが難しく、アクチュエータの小型化を図ることが難しい。

【0004】

（2）また、配線を引き回すスペースを確保するために歪みゲージを小さくすると、歪みゲージと配線とのアライメント及び電氣的なコンタクトが難しくなる。また、配線の引き回しのためのスペースを確保するためにトーションバーの幅を大きくしても、トーションバーの単位捩り量に対する歪みゲージの出力が低下し、その結果、検出精度の低下を招いてしまう。

40

（3）また、トーションバーの捩れ変形によって配線に大きな応力が生じてしまう。そのため、配線の断線が生じやすく、アクチュエータの信頼性を低下させてしまう。

【0005】

【特許文献1】特開平5 - 119280号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、可動板の挙動検知のためのピエゾ抵抗素子を有する構成において、小型化を図りつつ検出精度を優れたものとするとともに、優れた信頼性を発揮することができるアクチュエータ、光スキャナ、および画像形成装置を提供することにある。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明のアクチュエータは、可動板と、該可動板を支持する1対の軸部材とを備えた振動部と、

前記振動部を支持する支持部と、

前記振動部に設けられ、前記可動板の挙動を検出するためのピエゾ抵抗素子と、

前記支持部に設けられた複数の電極と、

一部が前記振動部および前記支持部に接合され、残部が前記各軸部材に対し離間するように形成された樹脂層と、

前記樹脂層上に成膜され、前記ピエゾ抵抗素子と前記各電極とを電氣的に接続する配線と、

前記可動板を前記各軸部材の捩れ変形を伴って回転させる駆動手段とを有し、

前記配線は、その少なくとも一部が前記各軸部材に対し離間するように配設され、

前記樹脂層は、前記樹脂層の前記配線側の面を前記振動部側とするように設けられ、前記各配線は、導電性を有するバンプを介して前記ピエゾ抵抗素子に接合され、

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材側にて、前記複数の配線を一括して担持し、

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材とは反対側に延出する部分を有し、該部分に前記複数の電極が接合されていることを特徴とする。

## 【0008】

これにより、各軸部材の幅が小さい場合でも、配線を簡単に引き回すことができる。また、各軸部材の幅方向においてピエゾ抵抗素子の両側に配線を引き回すためのスペースを要しないため、ピエゾ抵抗素子のレイアウトの自由度が高い。そのため、アクチュエータの小型化を図りつつ、ピエゾ抵抗素子による検出精度を優れたものとすることができる。

さらに、各軸部材の捩れ変形によって配線に生じる応力を低減することができる。そのため、配線の断線が生じにくく、アクチュエータの信頼性を向上させることができる。

また、樹脂層が配線を補強するため、配線の断線を防止することができる。また、樹脂層および配線をそれぞれ柔軟なものとし、各軸部材に対する配線の影響を少なくすることができる。

さらに、樹脂層の一部が前記振動部および前記支持部に接合され、残部が前記各軸部材に対し離間するように形成されていることにより、各軸部材に対する配線の影響を少なくしつつ、樹脂層による配線の補強を強固なものとするすることができる。

また、樹脂層は、その配線側の面を振動部側とするように設けられ、配線は、導電性を有するバンプを介してピエゾ抵抗素子に接合されているため、配線を樹脂層上に予め形成したものを振動部および支持部に貼り付けるだけで、簡単に配線を設置することができる。

さらに、樹脂層は、支持部に対して軸部材とは反対側に延出する部分を有し、該部分に複数の電極が接合されているため、樹脂層の下面側から各電極に容易にアクセスすることができる。

## 【0011】

本発明のアクチュエータでは、前記ピエゾ抵抗素子は、前記1対の軸部材のうちの少なくとも一方の軸部材上に設けられ、前記配線は、当該少なくとも一方の軸部材に沿って設けられていることが好ましい。

これにより、ピエゾ抵抗素子が軸部材の捩れ変形量を検出し、その検出結果に基づいて可動板の挙動を検出することができる。また、このような場合、配線を軸部材に沿って設けることで、軸部材に対する配線の影響を少なくすることができる。

## 【0012】

本発明のアクチュエータでは、前記ピエゾ抵抗素子は、前記軸部材上に設けられたピエゾ抵抗領域と、該ピエゾ抵抗領域に互いに離間して設けられた少なくとも1対の端子とを

10

20

30

40

50

有することが好ましい。

このようなピエゾ抵抗領域を有するピエゾ抵抗素子は、軸部材の一部に不純物をドーピングすることにより形成することができ、幅の狭い軸部材に用いるのに適している。したがって、このようなピエゾ抵抗素子を用いた場合に、前述したような本発明の効果が顕著となる。

【0013】

本発明のアクチュエータでは、前記少なくとも1対の端子は、前記軸部材の軸線方向に互いに離間して並設された1対の第1の端子と、前記軸部材の軸線に直交する方向に互いに離間して並設された1対の第2の端子とを含むことが好ましい。

このように2対の端子を有するピエゾ抵抗素子は、優れた検出精度を有する。また、このようなピエゾ抵抗素子は、端子の数が多く、これに伴い配線の数も多いが、本発明を適用することで、前述したような本発明の効果が極めて顕著となる。

【0014】

本発明のアクチュエータでは、前記ピエゾ抵抗素子は、前記各軸部材に設けられており、前記配線は、前記1対の軸部材に対する影響が互いに等しくなるように設けられていることが好ましい。

これにより、振動部の振動特性を優れたものとしつつ、ピエゾ抵抗素子の検出精度を向上させることができる。

【0015】

本発明のアクチュエータでは、前記ピエゾ抵抗素子は、前記軸部材の前記支持部側の端部に設けられていることが好ましい。

これにより、配線の長さを短くして、各軸部材に対する配線の影響を少なくすることができる。

本発明のアクチュエータでは、前記可動板および前記各軸部材は、シリコンで一体的に形成されていることが好ましい。

これにより、振動部の振動特性を優れたものとすることができる。また、シリコンの結晶方向によってせん断応力に対するピエゾ抵抗素子の検出精度を高める構成が可能である。

本発明のアクチュエータでは、前記配線は、金属で構成されていることが好ましい。

金属は一般に優れた電気伝導性を有するものの変形を繰り返すことにより金属疲労が生じる。したがって、金属で構成された配線を用いた場合に、本発明を適用することによる効果が顕著となる。

【0016】

本発明の光スキャナは、光反射部が設けられた可動板と、該可動板を支持する1対の軸部材とを備えた振動部と、

前記振動部を支持する支持部と、

前記振動部に設けられ、前記可動板の挙動を検出するためのピエゾ抵抗素子と、

前記支持部に設けられた複数の電極と、

一部が前記振動部および前記支持部に接合され、残部が前記各軸部材に対し離間するように形成された樹脂層と、

前記樹脂層上に成膜され、前記ピエゾ抵抗素子と前記各電極とを電氣的に接続する配線と、

前記可動板を前記各軸部材の捩れ変形を伴って回転させる駆動手段とを有し、

前記光反射部で反射した光を走査するように構成され、

前記配線は、その少なくとも一部が前記各軸部材に対し離間するように配設され、

前記樹脂層は、前記樹脂層の前記配線側の面を前記振動部側とするように設けられ、前記各配線は、導電性を有するバンプを介して前記ピエゾ抵抗素子に接合され、

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材側にて、前記複数の配線を一括して担持し、

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材とは反対側に延出する部分を有し、該部

10

20

30

40

50

分に前記複数の電極が接合されていることを特徴とする。

これにより、本発明の光スキャナは、可動板の挙動検知のためのピエゾ抵抗素子を有する構成において、小型化を図りつつ検出精度を優れたものとするとともに、優れた信頼性を発揮することができる。

【 0 0 1 7 】

本発明の画像形成装置は、光反射部が設けられた可動板と、該可動板を支持する 1 対の軸部材とを備えた振動部と、

前記振動部を支持する支持部と、

前記振動部に設けられ、前記可動板の挙動を検出するためのピエゾ抵抗素子と、

前記支持部に設けられた複数の電極と、

一部が前記振動部および前記支持部に接合され、残部が前記各軸部材に対し離間するように形成された樹脂層と、

前記樹脂層上に成膜され、前記ピエゾ抵抗素子と前記各電極とを電氣的に接続する配線と、

前記可動板を前記各軸部材の捩れ変形を伴って回転させる駆動手段とを有し、

前記光反射部で反射した光を走査して、画像を形成するように構成され、

前記配線は、その少なくとも一部が前記各軸部材に対し離間するように配設され、

前記樹脂層は、前記樹脂層の前記配線側の面を前記振動部側とするように設けられ、前記各配線は、導電性を有するバンプを介して前記ピエゾ抵抗素子に接合され、

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材側にて、前記複数の配線を一括して担持し、

前記樹脂層は、前記支持部に対して前記軸部材とは反対側に延出する部分を有し、該部分に前記複数の電極が接合されていることを特徴とする。

これにより、本発明の画像形成装置は、高画質な画像が得られるとともに、優れた信頼性を発揮することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明のアクチュエータの好適な実施形態について、添付図面を参照しつつ説明する。

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、本発明のアクチュエータの第 1 実施形態を示す斜視図、図 2 は、図 1 に示すアクチュエータの平面図、図 3 は、図 1 に示すアクチュエータの断面図（（ a ）は図 2 中の A - A 線断面図、（ b ）は図 2 中の B - B 線断面図）、図 4 は、図 1 に示すアクチュエータに備えられたコイルを説明するための部分拡大斜視図、図 5 は、図 1 に示すアクチュエータに備えられたピエゾ抵抗素子およびその配線を説明するための部分拡大斜視図である。

【 0 0 1 9 】

なお、以下では、説明の便宜上、図 3 中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

図 1 に示すように、本実施形態のアクチュエータ 1 は、電磁駆動方式（より具体的にはムービングコイル方式）を採用するアクチュエータであって、振動系（振動部）を有する基体 2 と、この基体 2 を支持する支持体 3 と、1 対の磁石（永久磁石）4 1、4 2 と、基体 2 の振動系の挙動を検出するためのピエゾ抵抗素子 5 1、5 2 とを有している。

【 0 0 2 0 】

以下、アクチュエータ 1 を構成する各部を順次説明する。

基体 2 は、図 1 に示すように、可動板 2 1 と、可動板 2 1 を支持する 1 対の軸部材 2 2、2 3 と、これらを囲むように枠状に形成された支持部 2 4 とを有している。

可動板 2 1 は、板状をなし、本実施形態では、平面視形状が長方形をなしている。そして、可動板 2 1 の板面（上面）には、光反射性を有する光反射部 2 1 1 が設けられている。これにより、アクチュエータ 1 を光スキャナ、光アッテネータ、光スイッチ等の光学デバイスに適用することができる。

## 【 0 0 2 1 】

また、図 3 および図 4 に示すように、可動板 2 1 の下面には、コイル 2 1 2 が設けられている。このコイル 2 1 2 は、後述する 1 対の磁石 4 1、4 2 の磁界中に配され、通電により可動板 2 1 に電磁力を作用させることができる。ここで、コイル 2 1 2 と 1 対の磁石 4 1、4 2 は、可動板 2 1 が各軸部材 2 2、2 3 の捩れ変形を伴って回動させる駆動手段を構成する。

このコイル 2 1 2 は、可動板 2 1 の光反射部 2 1 1 とは反対側の面に設けられているため、光反射部 2 1 1 の設計の自由度が低下することはない。

## 【 0 0 2 2 】

また、本実施形態では、コイル 2 1 2 は、図 4 に示すように、可動板 2 1 の板面に沿って渦巻状に形成されている。このような渦巻状のコイル 2 1 2 は、単に環状に形成したコイルに比し大きな磁力を発生させることができ、また、可動板 2 1 の厚さ方向に積層して形成したコイルに比し構成が簡単で製造も容易である。すなわち、コイル 2 1 2 の構成を比較的簡単なものとするとともに、駆動電圧を抑えつつ、コイル 2 1 2 に生じる磁力を大きくすることができる。

## 【 0 0 2 3 】

また、コイル 2 1 2 を構成する素線の一端（渦巻きの外周側の端）は、可動板 2 1 と軸部材 2 3 との境界部付近に位置し、配線 2 3 1 に電氣的に接続されている。また、コイル 2 1 2 を構成する素線他端（渦巻きの中心側の端）は、可動板 2 1 の板面の中心付近に位置しているが、ワイヤーボンディングで構成された配線 2 1 4 を介して、可動板 2 1 と軸部材 2 2 との境界部付近で、配線 2 2 1 に電氣的に接続されている。

## 【 0 0 2 4 】

なお、コイル 2 1 2 を構成する素線他端（渦巻きの中心側の端）と配線 2 2 1 との接続は、ワイヤーボンディングに限定されず、例えば、振動部上に絶縁膜を介して配線パターンを成膜するとともに、その絶縁膜に配線パターンに導通する貫通電極を設けた構成でもよい。

ここで、前述した配線 2 1 4 は、その一端がコイル 2 1 2 を構成する素線他端（渦巻きの中心側の端）付近の接合点 2 1 3 で可動板 2 1 に接合・固定され、他端が可動板 2 1 と軸部材 2 2 との境界部付近の第 1 の接合点 2 2 2 に接合・固定されている。

## 【 0 0 2 5 】

また、可動板 2 1（振動部）とコイル 2 1 2 との間には、絶縁膜が介在しているのが好ましい。これにより、コイル 2 1 2 と可動板 2 1 と間の絶縁性を優れたものとし、信頼性を向上させることができる。この場合、コイル 2 1 2 を構成する素線の外周に絶縁膜を形成してもよいし、可動板 2 1 の下面全域に絶縁膜を形成してもよい。また、この絶縁膜の構成材料としては、絶縁性を有していれば特に限定されないが、樹脂、金属酸化物等が挙げられる。

## 【 0 0 2 6 】

また、コイル 2 1 2 の構成材料としては、導電性を有するものであれば、特に限定されないが、銅、アルミニウム等の金属が好適に用いられる。

このような可動板 2 1 は、1 対の軸部材 2 2、2 3 によって支持（両持ち支持）されている。

1 対の軸部材 2 2、2 3 は、それぞれ、弾性変形可能であるとともに、可動板 2 1 と支持部 2 4 とを連結している。

## 【 0 0 2 7 】

また、1 対の軸部材 2 2、2 3 は、互いに同軸的に設けられており、これらを回動中心軸（回転軸）X として、可動板 2 1 が各軸部材 2 2、2 3 の捩れ変形を伴って支持部 2 4 に対して回動可能となっている。

また、軸部材 2 2 の上面には、圧電抵抗素子 5 1 が設けられ、また、軸部材 2 3 の上面には、圧電抵抗素子 5 2 が設けられている。より具体的には、圧電抵抗素子 5 1 は、軸部材 2 2 の支持部 2 4 側（可動板 2 1 と反対側）の端部に設けられ、圧電抵抗素子

10

20

30

40

50

5 2 は、軸部材 2 3 の支持部 2 4 側（可動板 2 1 と反対側）の端部に設けられている。これにより、後述する配線群 5 3、5 5（配線）の長さを短くして、各軸部材 2 2、2 3 に対する配線の影響を少なくすることができる。

#### 【0028】

ピエゾ抵抗素子 5 1 は、配線群 5 3 を介して、支持部 2 4 上に設けられた電極群 5 4 に電氣的に接続されている。また、ピエゾ抵抗素子 5 2 は、配線群 5 5 を介して、支持部 2 4 上に設けられた電極群 5 6 に電氣的に接続されている。

配線群 5 3 と配線群 5 5 とは、1 対の軸部材 2 2、2 3 に対する影響が互いに等しくなるように設けられている。より具体的には、配線群 5 3 および配線群 5 5 の各配線の太さ、長さ等が、1 対の軸部材 2 2、2 3 に対する影響が互いに等しくなるように設定されている。これにより、基体 2 の振動系（振動部）の振動特性を優れたものとしつつ、ピエゾ抵抗素子 5 1、5 2 の検出精度を向上させることができる。

#### 【0029】

電極群 5 4 は、電極 5 4 1、5 4 2、5 4 3、5 4 4 で構成され、電極群 5 6 は、電極 5 6 1、5 6 2、5 6 3、5 6 4 で構成され、平面視にて可動板 2 1 の中心に対し対称となるように設けられている。より具体的には、電極 5 4 1、5 4 2、5 4 3、5 4 4 と、電極 5 6 1、5 6 2、5 6 3、5 6 4 とは、平面視にて可動板の 2 1 の中心に対し互いに対称となるように、それぞれの形状、大きさ、配置などが設定されている。これにより、比較的簡単に、軸部材 2 2 に対する配線群 5 3 の影響と、軸部材 2 3 に対する配線群 5 5 の影響とを等しくすることができる。

ここで、ピエゾ抵抗素子 5 2 およびその配線群 5 5 についてさらに詳細に説明する。なお、ピエゾ抵抗素子 5 1 およびその配線群 5 3 については、ピエゾ抵抗素子 5 1 および配線群 5 5 と同様であるので、その説明を省略する。

#### 【0030】

図 5 に示すように、ピエゾ抵抗素子 5 2 は、軸部材 2 3 上に設けられたピエゾ抵抗領域 5 2 1 と、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 上に回動中心軸 X 方向に並設された 1 対の第 1 の端子（入力電極）5 2 2、5 2 3 と、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 上に回動中心軸 X に対し直角な方向に並設された 1 対の第 2 の端子（出力電極）5 2 4、5 2 5 とを有している。

ピエゾ抵抗領域 5 2 1 は、軸部材 2 3 表面に n 型または p 型の不純物をドーピング（拡散あるいはイオン注入）することにより形成されたものである。より具体的には、基体 2 が p 型シリコン単結晶基板を加工することにより形成されたものである場合、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 は、軸部材 2 3 表面にリンなどの不純物をドーピングすることにより形成された n 型シリコン単結晶（n 型抵抗領域）である。一方、基体 2 が n 型シリコン単結晶基板を加工することにより形成されたものである場合、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 は、軸部材 2 3 表面にボロンなどの不純物をドーピングすることにより形成された p 型シリコン単結晶（p 型抵抗領域）である。

#### 【0031】

また、基体 2 が（001）面の p 型シリコン単結晶基板を加工することにより形成されたものである場合、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 の〈110〉方向（すなわち、回動中心軸 X 方向）に沿って、軸部材 2 3 が延在している。一方、基体 2 が（001）面の n 型シリコン単結晶基板を加工することにより形成されたものである場合、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 の〈100〉方向または〈010〉方向（すなわち、回動中心軸 X 方向）に沿って、軸部材 2 3 が延在している。

#### 【0032】

このような結晶方位に沿って軸部材 2 3 が延在していると、軸部材 2 3 の捩れ変形によりピエゾ抵抗領域 5 2 1 にせん断応力が生じたとき、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 の比抵抗値の変化率を最も大きくすることができる。

このようなピエゾ抵抗領域 5 2 1 上における回動中心軸 X 方向での両端部のうち、一端部（可動板 2 1 側の端部）に第 1 の端子 5 2 2 が設けられ、他端部（可動板 2 1 と反対側の端部）に第 1 の端子 5 2 3 が設けられている。第 1 の端子 5 2 2 は、配線 5 5 1 を介し

10

20

30

40

50



て前述した電極 5 6 1 に接続され、第 1 の端子 5 2 3 は、配線 5 5 3 を介して前述した電極 5 6 3 に接続されている。これにより、電極 5 6 1、5 6 3 および配線 5 5 1、5 5 3 を介して 1 対の第 1 の端子 5 2 2、5 2 3 間に電圧を印加することができる。

【0033】

また、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 上における回動中心軸 X に対し直角な方向での両端部のうち、一端部（図 5 にて左側の端部）に第 2 の端子 5 2 4 が設けられ、他端部（図 5 にて右側の端部）に第 2 の端子 5 2 5 が設けられている。第 2 の端子 5 2 4 は、配線 5 5 4 を介して前述した電極 5 6 4 に接続され、第 2 の端子 5 2 5 は、配線 5 5 2 を介して前述した電極 5 6 2 に接続されている。これにより、電極 5 6 2、5 6 4 および配線 5 5 2、5 2 5 を介して 1 対の第 2 の端子 5 2 4、5 2 5 間の電圧値や比抵抗値を検知することができる。

10

このように構成されたピエゾ抵抗素子 5 2 にあっては、1 対の第 1 の端子 5 2 2、5 2 3 を介してピエゾ抵抗領域 5 2 1 に電界 E を印加しつつ、1 対の第 2 の端子 5 2 4、5 2 5 を介してピエゾ抵抗領域 5 2 1 の電圧値を検知することにより、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 の比抵抗値を検知することができる。

【0034】

より具体的に説明すると、1 対の第 1 の端子 5 2 2、5 2 3 間に電圧を印加することにより、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 上に電界 E を生じさせる。そして、このような電界 E のもと、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 にせん断応力が生じると、そのせん断応力の程度に応じて、ピエゾ抵抗領域 5 2 1 の比抵抗値が変化し、その変化に応じた電位差が 1 対の第 2 の端子 5 2 4、5 2 5 間に生じる。この電位差は、軸部材 2 3 の捩れ変形量や可動板 2 1 の回動角に応じたものである。したがって、この電位差に基づき、可動板 2 1 の挙動を検知することができる。

20

【0035】

以上説明したようにピエゾ抵抗素子 5 2 と各電極 5 6 1、5 6 2、5 6 3、5 6 4 とを電氣的に接続する配線 5 5 1、5 5 2、5 5 3、5 5 4（すなわち配線群 5 5）は、それぞれ、ピエゾ抵抗素子 5 2 と対応する電極 5 6 1、5 6 2、5 6 3、5 6 4 との間の距離よりも長尺となっている。その結果、配線 5 5 1、5 5 2、5 5 3、5 5 4 は、それぞれ、軸部材 2 3 に対し離間するように配設されている。

【0036】

30

これにより、軸部材 2 3 の幅（平面視にて回動中心軸 X に直角な方向での長さ）を小さくしても、配線 5 5 1、5 5 2、5 5 3、5 5 4 を簡単に引き回すことができる。また、軸部材 2 3 の幅方向においてピエゾ抵抗素子 5 2 の両側に配線を引き回すためのスペースを要しないため、ピエゾ抵抗素子のレイアウトの自由度が高い。そのため、アクチュエータ 1 の小型化を図りつつ、ピエゾ抵抗素子 5 2 による検出精度を優れたものとすることができる。

【0037】

さらに、軸部材 2 3 の捩れ変形によって各配線 5 5 1、5 5 2、5 5 3、5 5 4 に生じる応力を低減することができる。そのため、各配線 5 5 1、5 5 2、5 5 3、5 5 4 の断線が生じにくく、アクチュエータ 1 の信頼性を向上させることができる。

40

また、前述したようにピエゾ抵抗領域 5 2 1 を有するピエゾ抵抗素子 5 2 は、前述したように不純物のドーピングより形成できるため、幅の狭い軸部材 2 3 に用いるのに適している。したがって、このようなピエゾ抵抗素子 5 2 を用いた場合に、前述したような本発明の効果が顕著となる。

【0038】

また、2 対の端子を有するピエゾ抵抗素子 5 2 は、優れた検出精度を有するが、端子の数が多く、これに伴い配線の数も多い。しかし、本発明を適用することで、軸部材 2 3 上に配線のためのスペースをほとんど考慮する必要がなくなる。そのため、このようなピエゾ抵抗素子 5 2 について本発明を適用すると、その効果が極めて顕著となる。

特に、本実施形態では、各配線 5 5 1、5 5 2、5 5 3、5 5 4 は、ピエゾ抵抗素子 5

50

2と対応する各電極561、562、563、564との間をワイヤーボンディングすることにより形成されたものである。すなわち、各配線551、552、553、554は、ボンディングワイヤーで構成されている。これにより、各配線551、552、553、554の形成を比較的簡単なものとすることができる。また、ボンディングワイヤーで構成された各配線551、552、553、554は柔軟であり、そのバネ定数は軸部材23のバネ定数に比し極めて低いため、軸部材23に対する各配線551、552、553、554の影響を極めて低くすることができる。

【0039】

また、各配線551、552、553、554は軸部材23に沿って設けられている。これにより、軸部材23に対する配線551、552、553、554の影響を少なくすることができる。

10

また、各配線551、552、553、554の構成材料としては、導電性を有するものであれば、特に限定されないが、本実施形態のようにワイヤーボンディング法を用いる場合、金のような金属が好適に用いられる。

【0040】

金属は一般に優れた電気伝導性を有するものの変形を繰り返すことにより金属疲労が生じる。しかしながら、前述したように各配線551、552、553、554が軸部材23に対し離間しているため、軸部材23の捩れ変形や可動板21の回転によって各配線551、552、553、554に生じる応力を低減して、各配線551、552、553、554の断線を防止することができる。

20

【0041】

支持部24の下面には、図3に示すように、各軸部材22、23との境界部付近に、端子241、242が設けられている。

そして、端子241は、前述したコイル212と配線221を介して電氣的に接続され、端子242は、コイル212と配線231を介して電氣的に接続されている。これにより、配線221、231を介してコイル212に通電することができる。

【0042】

配線221は、その一端が可動板21と軸部材22との境界部付近の第1の接合点222で、可動板21に接合・固定され、他端が端子241上の第2の接合点223で支持部24に接合・固定されている(図3参照。 )。

30

このような配線221は、第1の接合点222と第2の接合点223とをワイヤーボンディングすることにより形成されたものである。

【0043】

同様に、配線231は、その一端が可動板21と軸部材23との境界部付近の第1の接合点232で、可動板21に接合・固定され、他端が端子242上の第2の接合点233で支持部24に接合・固定されている(図3参照。 )。

このような配線231は、前述した配線221と同様、第1の接合点232と第2の接合点233とをワイヤーボンディングすることにより形成されたものである。

【0044】

なお、配線221、231は、ワイヤーボンディング法により形成されたものに限定されない。

40

このような各配線221、231は、各軸部材22、23に対し離間するように配設されている。これにより、各軸部材22、23の捩れ変形によって配線221、231に生じる応力を低減して、アクチュエータ1の信頼性を向上させることができる。

【0045】

また、配線221が軸部材22に沿って設けられているとともに、配線231が軸部材23に沿って設けられているため、可動板21の回転によって配線221、231に生じる応力を低減して、アクチュエータ1の信頼性を向上させることができる。

また、各配線221、231は前述したようにワイヤーボンディングを用いて形成されたものであるため、配線221、231の形成を比較的簡単なものとしつつ、アクチュエ

50

ータ１の信頼性を向上させることができる。

【００４６】

また、配線２２１、２３１が前述したような１対の第１の接合点２２２、２３２を有しているため、可動板２１の回転によって配線２２１、２３１に生じる応力を低減して、アクチュエータ１の信頼性を向上させることができる。

その上、配線２２１、２３１が前述したような１対の第２の接合点２２３、２３３を有しているため、可動板２１の回転によって配線に生じる応力を簡単かつ確実に低減して、アクチュエータ１の信頼性を向上させることができる。

【００４７】

また、各接合点２２２、２２３、２３２、２３３が回転中心軸Ｘ上に位置するとともに、第１の接合点２２２と第２の接合点２２３との間の距離と、第１の接合点２３２と第２の接合点２３３との間の距離とが等しくなっている。したがって、１対の第１の接合点２２２、２３２および１対の第２の接合点２２３、２３３は、１対の軸部材２２、２３に対する配線２２１、２３１の影響が互いに等しくなるように設けられている。これにより、アクチュエータ１の設計を簡単なものとしつつ、振動部の振動特性を優れたものとする

10

【００４８】

また、各配線２２１、２３１は、１対の軸部材２２、２３に対する影響が互いに等しくなるように設けられている。より具体的には、配線２２１の長さや配線２３１の長さやとが等しく設定され、また、配線２２１の横断面形状と配線２３１の横断面形状とが等しく設定され、さらに、配線２２１の横断面積（太さ）と配線２３１の横断面積（太さ）とが等しく設定されている。言い換えれば、配線２２１と配線２３１とは対称的に構成されている。これにより、アクチュエータ１の設計を簡単なものとしつつ、振動部の振動特性を優れたものとする

20

【００４９】

また、配線２２１は第１の接合点２２２と第２の接合点２２３との間の距離よりも長く、また、配線２３１は第１の接合点２３２と第２の接合点２３３との間の距離よりも長くなっている。これにより、軸各配線２２１、２３１に生じる張力を小さくして、配線２２１、２３１に生じる応力を低減することができる。

このような各配線２２１、２３１についても、前述したコイル２１２と同様に、軸部材２２（振動部）と配線２２１との間や、軸部材２３（振動部）と配線２３１の間には、絶縁膜が介在しているのが好ましい。これにより、配線２２１、２３１と振動部と間の絶縁性を優れたものとし、信頼性を向上させることができる。

30

【００５０】

また、各配線２２１、２３１の構成材料としては、導電性を有するものであれば、特に限定されないが、本実施形態のようにワイヤーボンディング法を用いる場合、金のような金属が好適に用いられる。

このような可動板２１および１対の軸部材２２、２３は、振動系（振動部）を構成している。すなわち、本実施形態では、振動部が可動板２１および１対の軸部材２２、２３からなる１つの振動系（すなわち１自由度振動系）を有するものである。

40

このような振動系を有する基体２は、例えば、シリコンを主材料として構成されていて、可動板２１と１対の軸部材２２、２３と支持部２４が一体的に形成されている。これにより、振動部の振動特性および耐久性を優れたものとする

【００５１】

また、このような振動部は、１つの基板をエッチングすることにより一体的に形成されたものである。これにより、シリコンで一体的に形成された振動部を簡単に製造することができる。

この基板の平均厚さ（すなわち可動板２１や軸部材２２、２３の厚さ）は、それぞれ、特に限定されないが、１～１５００μmであるのが好ましく、１０～３００μmであるのがより好ましい。

50

## 【 0 0 5 2 】

また、前述したような振動系（振動部）を支持するための支持部 2 4 は、可動板 2 1 の外周を囲むように枠状をなしている。そして、この支持部 2 4 の下面に、支持体 3 が接合されている。

支持体 3 は、例えば、ガラスやシリコンを主材料として構成されている。そして、基体 2 と支持体 3 とは直接接合または陽極接合により接合されている。なお、基体 2 と支持体 3 とは、例えば、ガラス、シリコン、または  $\text{SiO}_2$  を主材料として構成された接合層を介して接合されていてもよいし、接着剤を介して接合されていてもよい。

## 【 0 0 5 3 】

支持体 3 は、前述した支持部 2 4 に沿って枠状をなしている。なお、支持体 3 の形状は、前述したものに限定されない。

このような支持体 3 にあっては、その内側の空間が、基体 2 の振動系の振動、すなわち可動板 2 1 が回転（振動）する際に、支持体 3 に接触するのを防止する逃げ部を構成する。このような逃げ部を設けることにより、アクチュエータ 1 全体の大型化を防止しつつ、可動板 2 1 の振れ角（振幅）をより大きく設定することができる。

このような支持体 3 の側面には、1 対の磁石 4 1、4 2 が接合・固定されている。

この 1 対の磁石 4 1、4 2 は、可動板 2 1 の回転中心軸 X を介して互いに対向するとともに、それぞれ非回転時の可動板 2 1 の端面に対向するように設けられている。このようにして各磁石 4 1、4 2 は、コイル 2 1 2 に対向している。

## 【 0 0 5 4 】

また、磁石 4 1 は、可動板 2 1 側を S 極とし、磁石 4 2 は、可動板 2 1 側を N 極とするように設置されている。したがって、1 対の磁石 4 1、4 2 は、可動板 2 1 付近に、非回転時の可動板 2 1 の板面に平行で、かつ、可動板 2 1 の回転中心軸 X に直角な方向の磁界を発生させる。

なお、磁石 4 1、4 2 は、永久磁石ではなく、電磁石であってもよい。また、磁石 4 1、4 2 の極性は、図示のものに限定されないことは言うまでもない。

## 【 0 0 5 5 】

以上のような構成を有するアクチュエータ 1 は、次のようにして作動する。

図示しない電源回路が配線 2 2 1、2 3 1 を介してコイル 2 1 2 に交番電圧を印加することにより、コイル 2 1 2 に生じる磁界の方向が上方向と下方向とで交互に切り換わる。

そのため、1 対の磁石 4 1、4 2 の磁界中に配された可動板 2 1 は、各軸部材 2 2、2 3 の捩れ変形を伴いながら、可動板 2 1 が支持部 2 4 に対し回転（振動）する。

## 【 0 0 5 6 】

一方、1 対の第 1 の端子 5 2 2、5 2 3 間に電圧を印加することにより、圧電抵抗領域 5 2 1 上に電界 E を生じさせる。そして、このような電界 Eのもと、1 対の第 2 の端子 5 2 4、5 2 5 間に生じる電位差を検出し、この電位差に基づき、可動板 2 1 の周波数、振幅、回転角などの挙動を検知する。図示しない制御手段は、検出された挙動に基づき、可動板 2 1 が所望の挙動となるように、コイル 2 1 2 への交番電圧を制御する。

## 【 0 0 5 7 】

ここで、可動板 2 1 と 1 対の軸部材 2 2、2 3 とからなる振動系の固有振動数  $f_1$  は、可動板 2 1 の慣性モーメント  $J_1$  と、1 対の軸部材 2 2、2 3 のばね定数  $k_1$  とにより、 $f_1 = (k_1 / J_1)^{1/2}$  によって与えられる。コイル 2 1 2 に印加する交番電圧の周波数は、固有振動数  $f_1$  と同じであっても異なってもよいが、固有振動数  $f_1$  と同じである場合、効率よくアクチュエータ 1 を作動させることができる。

## 【 0 0 5 8 】

以上説明したように構成されたアクチュエータ 1 によれば、圧電抵抗素子 5 1 と電極群 5 4 とを電氣的に接続する配線群 5 3 が軸部材 2 2 に対し離間し、また、圧電抵抗素子 5 2 と電極群 5 6 とを電氣的に接続する配線群 5 5 が軸部材 2 3 に対し離間するように配設されているため、軸部材 2 3 の幅を小さくしても、配線群 5 3 および配線群 5 5 の各配線を簡単に引き回すことができる。また、各軸部材 2 2、2 3 の幅方向において圧電

10

20

30

40

50

抵抗素子の両側に配線を引き回すためのスペースを要しないため、各ピエゾ抵抗素子のレイアウトの自由度が高い。そのため、アクチュエータ１の小型化を図りつつ、各ピエゾ抵抗素子５１、５２による検出精度を優れたものとすることができる。

#### 【００５９】

さらに、軸部材２２、２３の捩れ変形によって配線群５３、５５の各配線に生じる応力を低減することができる。そのため、配線群５３、５５の各配線の断線が生じにくく、アクチュエータ１の信頼性を向上させることができる。

特に、本実施形態では、配線群５３、５５の各配線は、ボンディングワイヤーで構成されているため、配線群５３、５５の各配線の形成を比較的簡単なものとすることができる。また、軸部材２２、２３に対する配線群５３、５５の各配線の影響を少なくすることができる。

10

#### 【００６０】

##### <第２実施形態>

次に、本発明のアクチュエータの第２実施形態について説明する。

図６は、本発明のアクチュエータの第２実施形態を示す平面図、図７は、図６に示すアクチュエータに備えられたピエゾ抵抗素子およびその配線を説明するための部分拡大斜視図である。

#### 【００６１】

以下、第２実施形態について説明するが、前述した第１実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

20

本実施形態のアクチュエータは、ピエゾ抵抗素子のための配線の構成が異なる以外は、前述した第１実施形態と同様である。なお、以下の説明では、一方の軸部材側の構成のみについて説明するが、他方の軸部材側の構成に関しても同様である。

#### 【００６２】

図６に示すように、本実施形態のアクチュエータ１Ａでは、ピエゾ抵抗素子５１は、配線群５３Ａを介して、電極群５４に電氣的に接続されている。また、ピエゾ抵抗素子５２は、配線群５５Ａを介して電極群５６に電氣的に接続されている。

各配線群５３Ａ、５５Ａは、薄膜状をなし、前述した第１実施形態の各配線群５３、５５と同様、１対の軸部材２２、２３に対する影響が互いに等しくなるように設けられている。

30

#### 【００６３】

ここで、配線群５５Ａについてさらに詳細に説明する。なお、配線群５３Ａについては、配線群５５Ａと同様であるので、その説明を省略する。

配線群５５Ａは、配線５５１Ａ～５５４Ａで構成されている。

配線５５１Ａは、軸部材２３に沿った直線状の部分とＬ字状をなす部分とを有し、ピエゾ抵抗素子５２の第１の端子５２２と電極５６１とを電氣的に接続している。

#### 【００６４】

配線５５２Ａは、Ｌ字状をなし、ピエゾ抵抗素子５２の第２の端子５２５と電極５６２とを電氣的に接続している。

配線５５３Ａは、直線状をなし、ピエゾ抵抗素子５２の第１の端子５２３と電極５６３とを電氣的に接続している。

40

配線５５４Ａは、Ｌ字状をなし、ピエゾ抵抗素子５２の第２の端子５２４と電極５６４とを電氣的に接続している。

これらの配線５５１Ａ～５５４Ａにおいては、配線５５１Ａ、５５２Ａ、５５４Ａはそれぞれ軸部材２３に対し離間した部分を有している。これにより、前述した第１実施形態のアクチュエータ１と同様の効果を発揮することができる。

#### 【００６５】

なお、配線５５３Ａは軸部材２３上に設けられているが、配線５５３Ａと軸部材２３とは、接合されていてもよいし、接合されずに接触または非接触であってもよい。

このような各配線５５１Ａ～５５４Ａの形成方法（薄膜形成方法）としては、特に限定

50

されないが、真空蒸着、スパッタリング（低温スパッタリング）、イオンプレーティング等の乾式メッキ法、電解メッキ、無電解メッキ等の湿式メッキ法、溶射法、金属箔の接合等を用いることができる。

【0066】

また、これらの配線551A～554Aは、前述したような薄膜形成方法を用いることにより、第1の端子522、523と第2の端子524、525と電極561～564と一体的に形成されている。これにより、アクチュエータ1Aの製造工程を簡略化するとともに、配線群55Aの機械的強度を優れたものとし、アクチュエータ1Aの信頼性を向上させることができる。

【0067】

また、このように構成された各配線551A、552A、553A、554Aのパネ定数は軸部材23のパネ定数に比し極めて低いため、軸部材23に対する各配線551A、552A、553A、554Aの影響を極めて低くすることができる。

以上説明したように、第2実施形態にかかるアクチュエータ1Aによっても、前述した第1実施形態のアクチュエータ1と同様の効果を発揮することができる。

【0068】

<第3実施形態>

次に、本発明のアクチュエータの第3実施形態について説明する。

図8は、本発明の第3実施形態にかかるアクチュエータに備えられたピエゾ抵抗素子およびその配線を説明するための部分拡大斜視図である。

以下、第3実施形態について説明するが、前述した第1、2実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0069】

本実施形態のアクチュエータは、配線を樹脂層上に設けた以外は、前述した第2実施形態と同様である。なお、以下の説明では、一方の軸部材側の構成のみについて説明するが、他方の軸部材側の構成に関しても同様である。

図8に示すように、本実施形態のアクチュエータでは、配線551A～554Aおよび電極561～564が樹脂層57を介して基体2上に接合されている。すなわち、配線551A～554Aおよび電極561～564は、基体2上に接合された樹脂層57上に接合されている。

【0070】

このように各配線551A～554Aが樹脂層57上に成膜されたものであるため、樹脂層57が各配線551A～554Aを補強するため、各配線551A～554Aの断線を防止することができる。また、柔軟な材料を選択したり厚さを抑えたりすることで、樹脂層57および各配線551A～554Aをそれぞれ柔軟なものとし、軸部材23に対する各配線551A～554Aの影響を少なくすることができる。

より具体的に説明すると、樹脂層57は、電極群56を担持する四角状の本体部571と、本体部571から延出し配線群56Aの各配線を個別に担持する複数の延出部572～575とを有し、これらが一体的に形成されている。

【0071】

本体部571は、その下面が基体2の支持部24上に接合され、上面に各電極561～564が接合されている。これにより、各電極561～564は、基体2に対し固定的に設置されている。

延出部572は、配線551Aに沿ってL字状に形成され、配線551Aをその下面側から支持している。また、延出部572は、その一端部が軸部材23に接合され、他端部が支持部24に接合されている。

【0072】

延出部573は、配線552Aに沿ってL字状に形成され、配線552Aをその下面側から支持している。また、延出部573は、その一端部が軸部材23に接合され、他端部が支持部24に接合されている。

延出部 5 7 4 は、配線 5 5 3 A に沿って（回動中心軸 X に沿って）直線状をなし、配線 5 5 3 A をその下面側から支持している。また、延出部 5 7 4 は、その長手方向でのほぼ全域に亘って基体 2 に接合されている。

【 0 0 7 3 】

延出部 5 7 5 は、配線 5 5 4 A に沿って L 字状をなし、配線 5 5 4 A をその下面側から支持している。また、延出部 5 7 5 は、その一端部が軸部材 2 3 に接合され、他端部が支持部 2 4 に接合されている。

このように、樹脂層 5 7 は、その一部が軸部材 2 3（振動部）および支持部 2 4 に接合され、残部が軸部材 2 3 に対し離間するように形成されているため、軸部材 2 3 に対する配線群 5 5 A（特に配線 5 5 1 A、5 5 2 A、5 5 4 A）の影響を少なくしつつ、樹脂層 5 7 による各配線の補強を強固なものとすることができる。

10

【 0 0 7 4 】

このような樹脂層 5 7 の構成材料としては、特に限定されず、各種熱可塑性樹脂、各種熱硬化性樹脂を 1 種または 2 種以上を組み合わせ（例えば 2 層以上の積層体として）用いることができるが、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ポリエステル（不飽和ポリエステル）樹脂、ポリイミド樹脂、シリコン樹脂、ポリウレタン樹脂等の熱硬化性樹脂を用いるのが好ましく、特に、フレキシブルプリント基板（FPC）に用いるような樹脂を用いるのが好ましい。これにより、樹脂層 5 7 の機械的強度や熱的特性を優れたものとすることができる。

また、樹脂層 5 7 の形成方法としては、特に限定されず、各種成膜法を用いることができる。

20

また、樹脂層 5 7 と基体 2 との接合方法としては、特に限定されず、接着剤によるもの等が挙げられる。

【 0 0 7 5 】

< 第 4 実施形態 >

次に、本発明のアクチュエータの第 4 実施形態について説明する。

図 9 は、本発明の第 4 実施形態にかかるアクチュエータに備えられたピエゾ抵抗素子およびその配線を説明するための部分拡大斜視図である。

以下、第 4 実施形態について説明するが、前述した第 1 ～ 3 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

30

【 0 0 7 6 】

本実施形態のアクチュエータは、樹脂層の形状および設置位置と、配線群の形状と、配線とピエゾ抵抗素子との接合形態とが異なる以外は、前述した第 3 実施形態と同様である。なお、以下の説明では、一方の軸部材側の構成のみについて説明するが、他方の軸部材側の構成に関しても同様である。

図 9 に示すように、本実施形態のアクチュエータでは、ピエゾ抵抗素子 5 2 が配線群 5 5 B を介して電極群 5 6 に接合されている。そして、配線群 5 5 B および電極群 5 6 の上面には、樹脂層 5 8 が接合されている。

【 0 0 7 7 】

言い換えれば、配線群 5 5 B および電極群 5 6 は、樹脂層 5 8 上に接合（担持）され、樹脂層 5 8 は、その配線群 5 5 B および電極群 5 6 側の面を基体 2 側（振動部側）とするように設けられている。

40

配線群 5 5 B は、配線 5 5 1 B ～ 5 5 4 B で構成されている。そして、配線 5 5 1 B ～ 5 5 4 A は、導電性のバンプを介してピエゾ抵抗素子 5 2 に接合されている。

【 0 0 7 8 】

例えば、図 9 に示すように、配線 5 5 4 B は、略半球状をなすバンプ 5 9 を介して第 2 の端子 5 2 4 に接合されている。なお、図示しないが、配線 5 5 1 B ～ 5 5 3 B に関しても、配線 5 5 4 B と同様に、配線 5 5 1 B は第 1 の端子 5 2 2 に導電性のバンプを介して接合され、配線 5 5 2 B は第 2 の端子 5 2 5 に導電性のバンプを介して接合され、配線 5 5 3 B は第 1 の端子 5 2 3 に導電性のバンプを介して接合されている。

50

## 【0079】

このように各配線551B～554Bが導電性のパンプを介してピエゾ抵抗素子52に接合されているため、配線551B～554Bを樹脂層58上に予め形成したものを基体2（軸部材23（振動部）および支持部24）に貼り付けるだけで、簡単に各配線561B～564Bを設置することができる。例えば、溶融した金属材料の液滴を第1の端子522、523および第2の端子524、525にそれぞれ付与し、当該各液滴が完全に固化または硬化する前に（すなわち溶融状態または半固化状態のときに）、第1の端子522、523および第2の端子524、525と配線群55Bとを接触させ、その後、当該各液滴を硬化または固化させることで、パンプを形成する。これにより、配線群55Bおよび樹脂層58からなる構造体が基体2に貼り付けられる。

10

## 【0080】

パンプの構成材料としては、導電性を有していれば特に限定されないが、金属材料が好適に用いられる。

また、本実施形態では、樹脂層58が支持部24の縁部から延出する部分581を有し、当該部分581に電極群56が設けられている。これにより、樹脂層58の下面側から電極群56に容易にアクセスすることができる。

また、樹脂層58の構成材料としては、前述した第3実施形態における樹脂層57の構成材料と同様のものを用いることができる。

## 【0081】

以上説明したような第1～4実施形態にかかるアクチュエータは、例えば、光スキャナ、光スイッチ、光アッテネータなどに適用することができる。

20

かかるアクチュエータを光スキャナとして用いた場合、その光スキャナ（本発明にかかる光スキャナ）は、光反射部211で反射した光を走査する。このような本発明にかかる光スキャナは、優れた信頼性を発揮することができる。

このような光スキャナは、例えば、レーザープリンタ、イメージング用ディスプレイ、バーコードリーダー、走査型共焦点顕微鏡などの画像形成装置に好適に適用することができる。

## 【0082】

以下、本発明の光スキャナを備えた画像形成装置の具体例を説明する。

まず、電子写真方式を採用するプリンタに本発明を適用した例を説明する。

30

図10は、本発明の光スキャナを備える画像形成装置（プリンタ）の一例を示す全体構成の模式的断面図、図11は、図10に示す画像形成装置に備えられた露光ユニットの概略構成を示す図である。

## 【0083】

図10に示す画像形成装置110（プリンタ）は、露光・現像・転写・定着を含む一連の画像形成プロセスによって、トナーからなる画像を紙やOHPシートなどの記録媒体に記録するものである。このような画像形成装置110は、図10に示すように、図示矢印方向に回転する感光体111を有し、その回転方向に沿って順次、帯電ユニット112、露光ユニット113、現像ユニット114、転写ユニット115、クリーニングユニット116が配設されている。また、画像形成装置110は、図10にて、下部に、紙などの記録媒体Pを収容する給紙トレイ117が設けられ、上部に、定着装置118が設けられている。

40

## 【0084】

このような画像形成装置110にあっては、まず、図示しないホストコンピュータからの指令により、感光体111、現像ユニット114に設けられた現像ローラ（図示せず）、および中間転写ベルト151が回転を開始する。そして、感光体111は、回転しながら、帯電ユニット112により順次帯電される。

感光体111の帯電された領域は、感光体111の回転に伴って露光位置に至り、露光ユニット113によって、第1色目、例えばイエローYの画像情報に応じた潜像が前記領域に形成される。

50



## 【 0 0 8 5 】

感光体 1 1 1 上に形成された潜像は、感光体 1 1 1 の回転に伴って現像位置に至り、イエロー現像のための現像装置 1 4 4 によってイエロートナーで現像される。これにより、感光体 1 1 1 上にイエロートナー像が形成される。このとき、現像ユニット 1 1 4 は、現像装置 1 4 4 が選択的に前記現像位置にて感光体 1 1 1 と対向している。なお、この選択は、保持体 1 4 5 の軸 1 4 6 まわりの回転により、現像装置 1 4 1 ~ 1 4 4 の相対位置関係を維持しつつそれぞれの位置を変えることで行う。

## 【 0 0 8 6 】

感光体 1 1 1 上に形成されたイエロートナー像は、感光体 1 1 1 の回転に伴って一次転写位置（すなわち、感光体 1 1 1 と一次転写ローラ 1 5 2 との対向部）に至り、一次転写ローラ 1 5 2 によって、中間転写ベルト 1 5 1 に転写（一次転写）される。このとき、一次転写ローラ 1 5 2 には、トナーの帯電極性とは逆の極性の一次転写電圧（一次転写バイアス）が印加される。なお、この間、二次転写ローラ 1 5 5 は、中間転写ベルト 1 5 1 から離間している。

10

## 【 0 0 8 7 】

前述の処理と同様の処理が、第 2 色目、第 3 色目および第 4 色目について繰り返して実行されることにより、各画像信号に対応した各色のトナー像が、中間転写ベルト 1 5 1 に重なり合って転写される。これにより、中間転写ベルト 1 5 1 上にはフルカラートナー像が形成される。

一方、記録媒体 P は、給紙トレイ 1 1 7 から、給紙ローラ 1 7 1、レジローラ 1 7 2 によって二次転写位置（すなわち、二次転写ローラ 1 5 5 と駆動ローラ 1 5 4 との対向部）へ搬送される。

20

## 【 0 0 8 8 】

中間転写ベルト 1 5 1 上に形成されたフルカラートナー像は、中間転写ベルト 1 5 1 の回転に伴って二次転写位置に至り、二次転写ローラ 1 5 5 によって記録媒体 P に転写（二次転写）される。このとき、二次転写ローラ 1 5 5 は中間転写ベルト 1 5 1 に押圧されるとともに二次転写電圧（二次転写バイアス）が印加される。また、中間転写ベルト 1 5 1 は、駆動ローラ 1 5 4 を回転させることで一次転写ローラ 1 5 2 および従動ローラ 1 5 3 を従動回転させながら回転する。

## 【 0 0 8 9 】

30

記録媒体 P に転写されたフルカラートナー像は、定着装置 1 1 8 によって加熱および加圧されて記録媒体 P に融着される。その後、片面プリントの場合には、記録媒体 P は、排紙ローラ対 1 7 3 によって画像形成装置 1 1 0 の外部へ排出される。

一方、感光体 1 1 1 は一次転写位置を経過した後に、クリーニングユニット 1 1 6 のクリーニングブレード 1 6 1 によって、その表面に付着しているトナーが掻き落とされ、次の潜像を形成するための帯電に備える。掻き落とされたトナーは、クリーニングユニット 1 1 6 内の残存トナー回収部に回収される。

## 【 0 0 9 0 】

両面プリントの場合には、定着装置 1 1 8 によって一方の面に定着処理された記録媒体 P を一旦排紙ローラ対 1 7 3 により挟持した後に、排紙ローラ対 1 7 3 を反転駆動するとともに、搬送ローラ対 1 7 4、1 7 6 を駆動して、当該記録媒体 P を搬送路 1 7 5 を通じて表裏反転して二次転写位置へ帰還させ、前述と同様の動作により、記録媒体 P の他方の面に画像を形成する。

40

## 【 0 0 9 1 】

このような画像形成装置に備えられた露光ユニット 1 1 3 は、図示しないパーソナルコンピュータなどのホストコンピュータから画像情報を受けこれに応じて、一様に帯電された感光体 1 1 1 上に、レーザーを選択的に照射することによって、静電的な潜像を形成する装置である。

より具体的に説明すると、露光ユニット 1 1 3 は、図 1 1 に示すように、光スキャナであるアクチュエータ 1 と、レーザー光源 1 3 1 と、コリメータレンズ 1 3 2 と、f レン

50

ズ 1 3 3 とを有している。

【 0 0 9 2 】

露光ユニット 1 1 3 にあっては、レーザー光源 1 3 1 からコリメータレンズ 1 3 2 を介してアクチュエータ 1 ( 光反射部 2 1 1 ) にレーザー光 L が照射される。そして、光反射部 2 1 1 で反射したレーザー光 L が f レンズを介して感光体 1 1 1 上に照射される。

その際、アクチュエータ 1 の駆動 ( 可動板 2 1 の回動中心軸 X まわりの回動 ) により、光反射部 2 1 1 で反射した光 ( レーザー L ) は、感光体 1 1 1 の軸線方向に走査 ( 主走査 ) される。一方、感光体 1 1 1 の回転により、光反射部 2 1 1 で反射した光 ( レーザー L ) は、感光体 1 1 1 の周方向に走査 ( 副走査 ) される。また、レーザー光源 1 3 1 から出力されるレーザー光 L の強度は、図示しないホストコンピュータから受けた画像情報に応じて変化する。

10

このようにして露光ユニット 1 1 3 は、感光体 1 1 1 上を選択的に露光して画像形成 ( 描画 ) を行う。

【 0 0 9 3 】

次に、イメージングディスプレイ ( 表示装置 ) に本発明を適用した例を説明する。

図 1 2 は、本発明の画像形成装置 ( イメージングディスプレイ ) の一例を示す概略図である。

図 1 2 に示す画像形成装置 1 1 9 は、光スキャナであるアクチュエータ 1 と、R ( 赤 ) 、G ( 緑 ) 、B ( 青 ) の 3 色の光源 1 9 1 、 1 9 2 、 1 9 3 と、クロスダイクロイックプリズム ( X プリズム ) 1 9 4 と、ガルバノミラー 1 9 5 と、固定ミラー 1 9 6 と、スクリーン 1 9 7 とを備えている。

20

このような画像形成装置 1 1 9 にあっては、光源 1 9 1 、 1 9 2 、 1 9 3 からクロスダイクロイックプリズム 1 9 4 を介してアクチュエータ 1 ( 光反射部 2 1 1 ) に各色の光が照射される。このとき、光源 1 9 1 からの赤色の光と、光源 1 9 2 からの緑色の光と、光源 1 9 3 からの青色の光とが、クロスダイクロイックプリズム 1 9 4 にて合成される。

【 0 0 9 4 】

そして、光反射部 2 1 1 で反射した光 ( 3 色の合成光 ) は、ガルバノミラー 1 9 5 で反射した後に、固定ミラー 1 9 6 で反射し、スクリーン 1 9 7 上に照射される。

その際、アクチュエータ 1 の駆動 ( 可動板 2 1 の回動中心軸 X まわりの回動 ) により、光反射部 2 1 1 で反射した光は、スクリーン 1 9 7 の横方向に走査 ( 主走査 ) される。一方、ガルバノミラー 1 9 5 の軸線 Y まわりの回転により、光反射部 2 1 1 で反射した光は、スクリーン 1 9 7 の縦方向に走査 ( 副走査 ) される。また、各色の光源 1 9 1 、 1 9 2 、 1 9 3 から出力される光の強度は、図示しないホストコンピュータから受けた画像情報に応じて変化する。

30

このようにして画像形成装置 1 1 9 は、スクリーン 1 9 7 上に画像形成 ( 描画 ) を行う。

【 0 0 9 5 】

以上、本発明のアクチュエータ、光スキャナ、および画像形成装置について、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、本発明のアクチュエータ等では、各部の構成は、同様の機能を発揮する任意の構成のものに置換することができ、また、任意の構成を付加することもできる。

40

前述した実施形態では、圧電抵抗素子が軸部材 2 2 、 2 3 のそれぞれに設けられ、各圧電抵抗素子のための配線の少なくとも一部を軸部材に対し離間した構成を説明したが、一方の圧電抵抗素子のための配線のみを軸部材に対し離間した構成でも本発明の効果を発揮し得る。

【 0 0 9 6 】

また、前述した実施形態では、振動部が 1 自由度振動系を構成するものについて説明したが、振動部が 2 次自由度以上の振動系を構成していてもよい。例えば、振動部が 2 自由度振動系を構成する場合、振動部は、各軸部材の途中に駆動部材 ( 質量部 ) を設けることにより構成する。これにより、振動部が 2 自由度振動系を構成し、駆動電圧を低減しつつ

50

、可動板の振れ角を大きくすることができる。この場合、電磁駆動用のコイルは、１つまたは１対の駆動部材に設け、また、配線の接合点を駆動部材上に設ける。

なお、前述した実施形態では駆動方式としてムービングコイル方式を採用したアクチュエータについて説明したが、これに限定されず、本発明のアクチュエータの駆動方式（すなわち駆動手段の構成）は、ムービングコイル方式であってもよいし、圧電駆動方式や静電駆動方式などの電磁駆動方式以外の駆動方式であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【００９７】

【図１】本発明のアクチュエータの第１実施形態を示す斜視図である。

【図２】図２は、図１に示すアクチュエータの平面図である。

【図３】図１に示すアクチュエータの断面図（（ａ）は図２中のＡ－Ａ線断面図、（ｂ）は図２中のＢ－Ｂ線断面図）である。

【図４】図１に示すアクチュエータに備えられたコイルを説明するための部分拡大斜視図である。

【図５】図１に示すアクチュエータに備えられたピエゾ抵抗素子およびその配線を説明するための部分拡大斜視図である。

【図６】本発明のアクチュエータの第２実施形態を示す平面図である。

【図７】図６に示すアクチュエータに備えられたピエゾ抵抗素子およびその配線を説明するための部分拡大斜視図である。

【図８】本発明の第３実施形態にかかるアクチュエータに備えられたピエゾ抵抗素子およびその配線を説明するための部分拡大斜視図である。

【図９】本発明の第４実施形態にかかるアクチュエータに備えられたピエゾ抵抗素子およびその配線を説明するための部分拡大斜視図である。

【図１０】本発明の光スキャナを備える画像形成装置（プリンタ）の一例を示す模式的断面図である。

【図１１】図１０の画像形成装置に備えられた露光ユニットの概略構成を示す図である。

【図１２】本発明の光スキャナを備える画像形成装置（イメージングディスプレイ）の一例を示す模式的断面図である。

【符号の説明】

【００９８】

１、１Ａ	アクチュエータ	２	基体	２１	可動板	２２、２３
軸部材	２４	支持部	２１１	光反射部	２１２	コイル
接合点	２２１、２３１	配線	２２２、２３２	第１の接合点	２２３、２３	
３	第２の接合点	２４１、２４２	端子	２１４	配線	４１、４２
磁石	３	支持体	１１０、１１９	画像形成装置	１１１	感光体
１２	帯電ユニット	１１３	露光ユニット	１１４	現像ユニット	１１
５	転写ユニット	１１６	クリーニングユニット	１１７	給紙トレイ	
１１８	定着装置	１３１	レーザー光源	１３２	コリメータレンズ	１
３３	f レンズ	１４１～１４４	現像装置	１４５	保持体	１４６
軸	１５１	中間転写ベルト	１５２	一次転写ローラ	１５３	従動
ローラ	１５４	駆動ローラ	１５５	二次転写ローラ	１６１	クリー
ニングブレード	１７１	給紙ローラ	１７２	レジローラ	１７３	排紙ロ
ーラ対	１７４、１７６	搬送ローラ対	１７５	搬送路	１９１～１９３	
光源	１９４	クロスダイクロミックプリズム	１９５	ガルバノミラー	１	
９６	固定ミラー	１９７	スクリーン	５１、５２	ピエゾ抵抗素子	５
３、５３Ａ、５５、５５Ａ、５５Ｂ		配線群	５４、５６	電極群	５７、５８	
樹脂層	５９	ポンプ	５２１	ピエゾ抵抗領域	５２２、５２３	
第１の端子	５２４、５２５	第２の端子	５４１～５４４、５６１～５６４			
電極	５５１～５５４、５５１Ａ～５５４Ａ、５５１Ｂ～５５４Ｂ	配線	５７１			
本体部	５７２～５７５	延出部	５８１	部分	Ｐ	記録媒体
						Ｘ

10

20

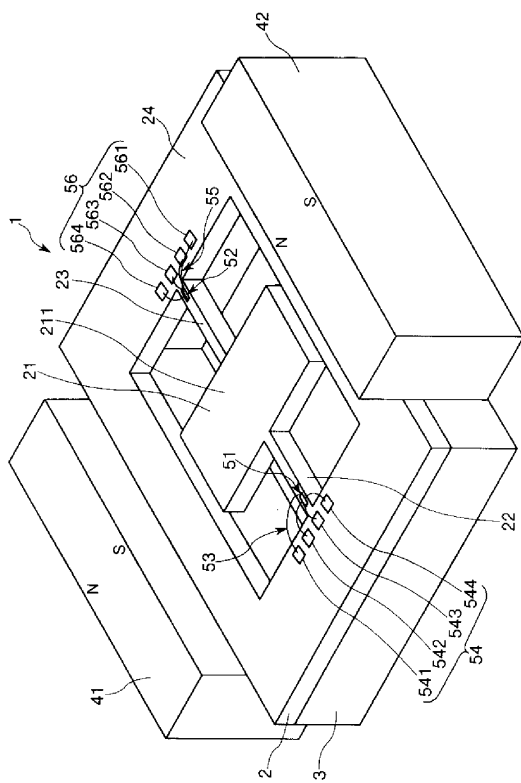
30

40

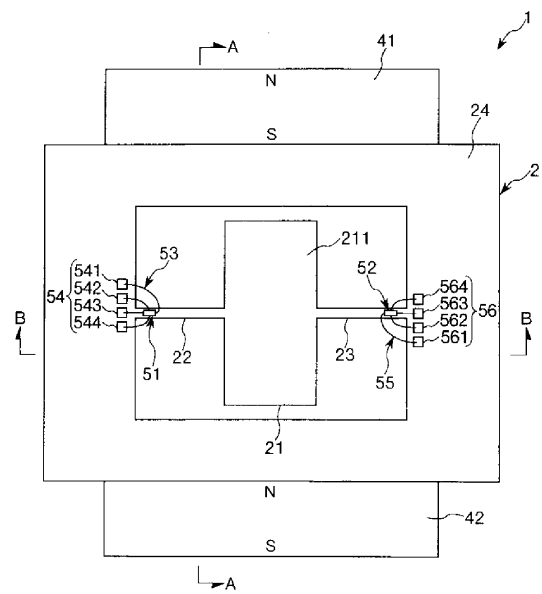
50

回動中心軸 E 電界

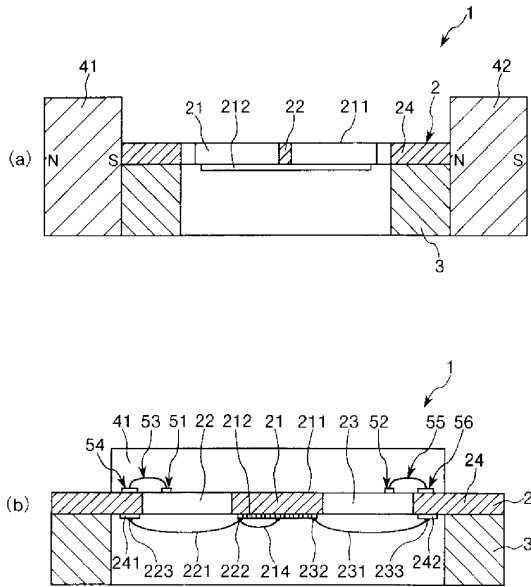
【図 1】



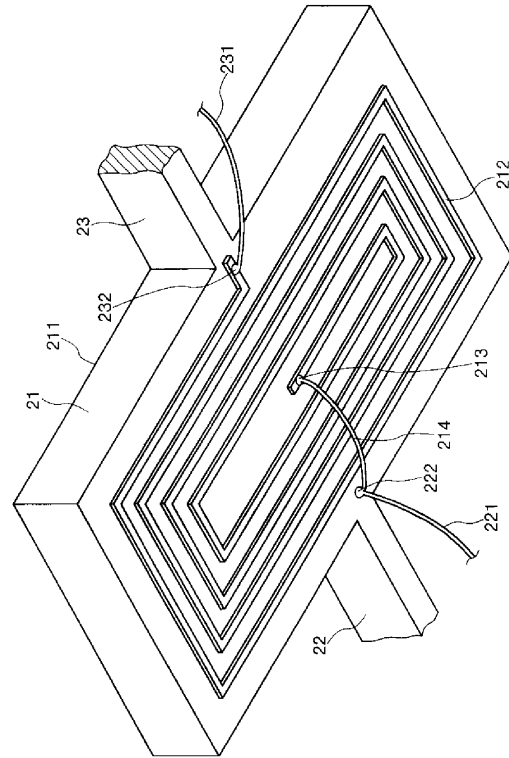
【図 2】



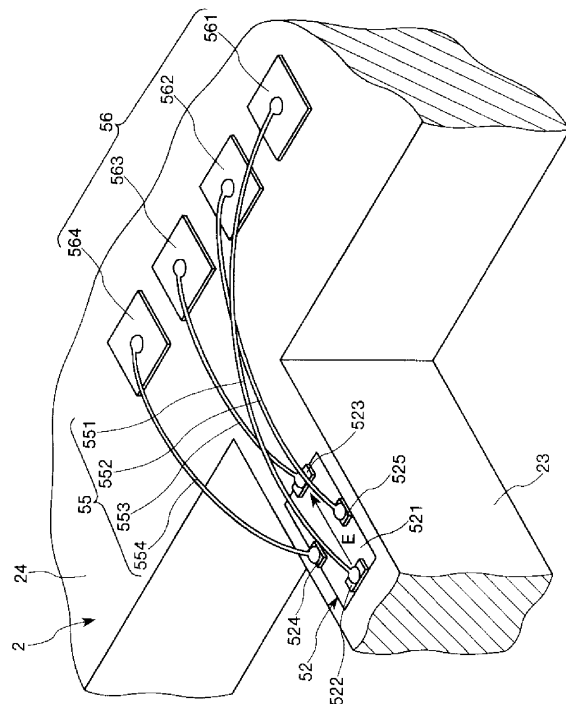
【図 3】



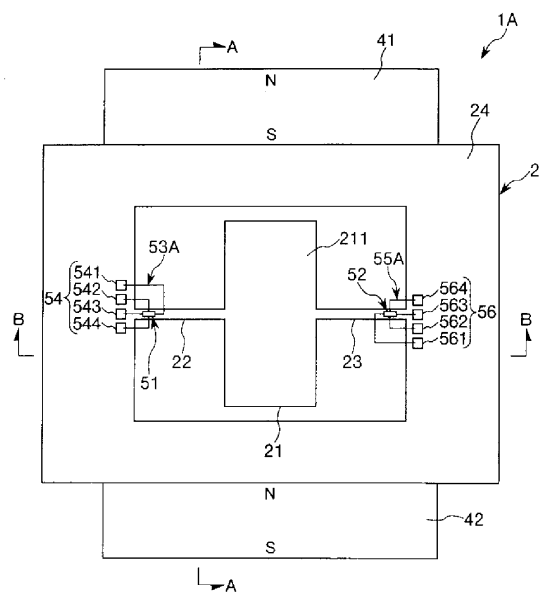
【図 4】



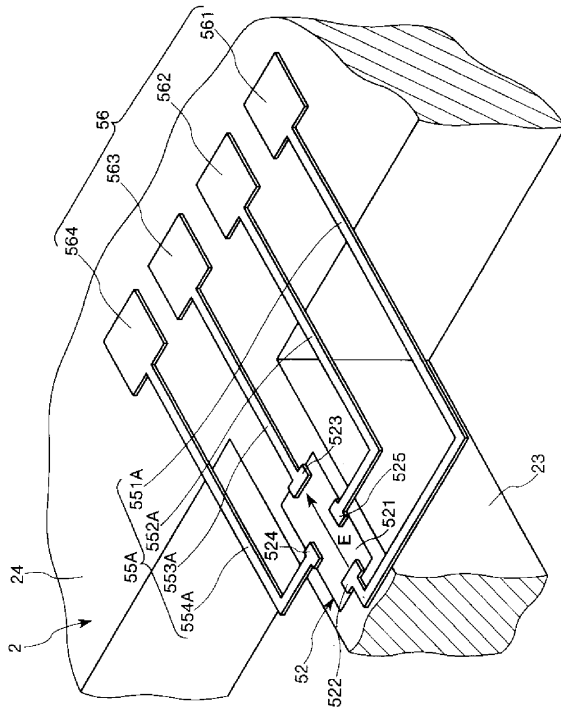
【図 5】



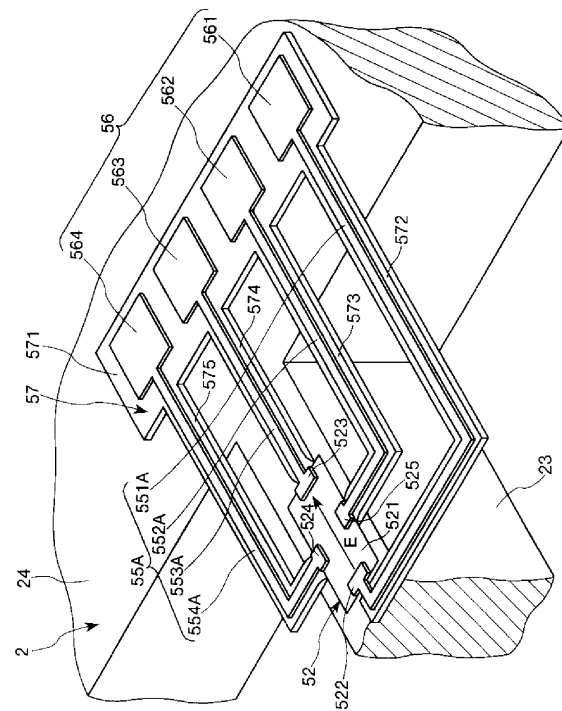
【図 6】



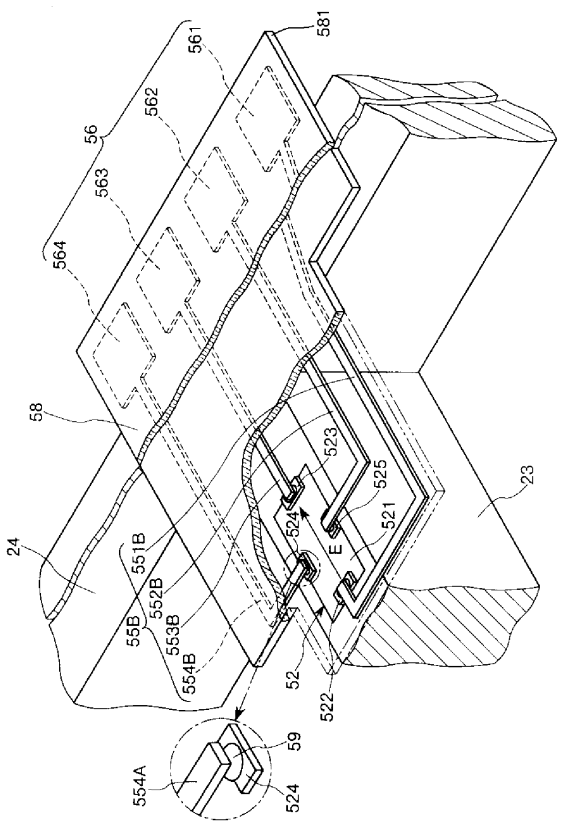
【図 7】



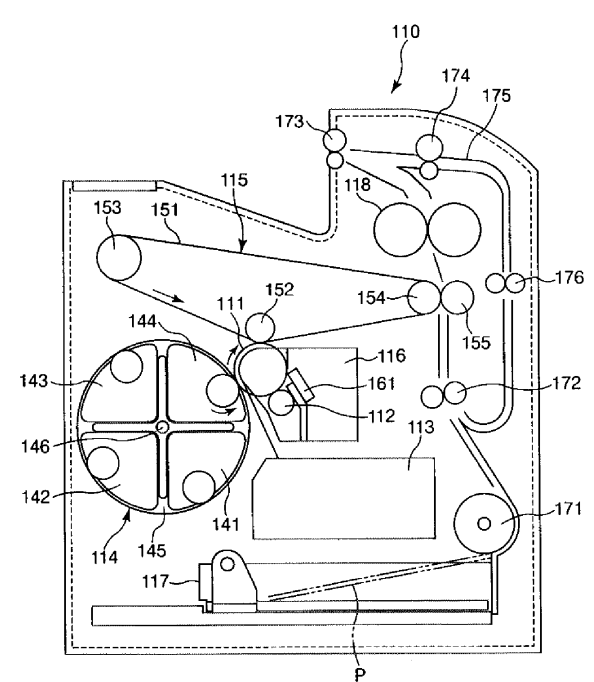
【図 8】



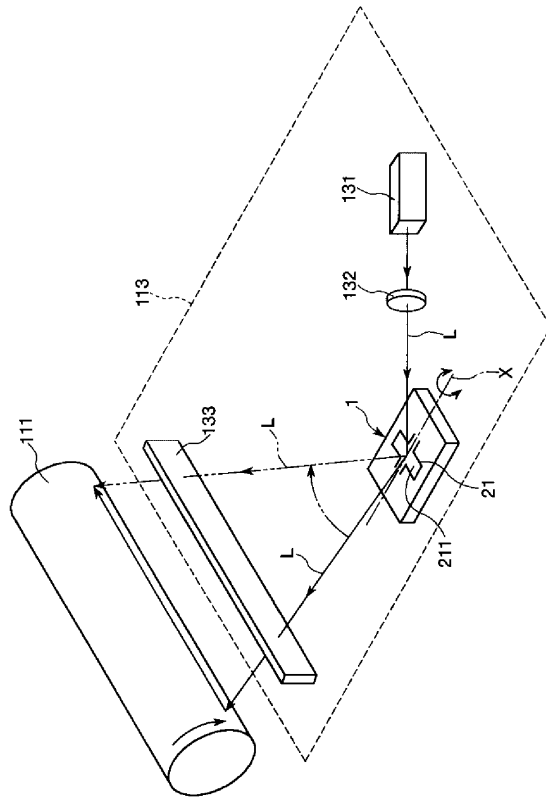
【図 9】



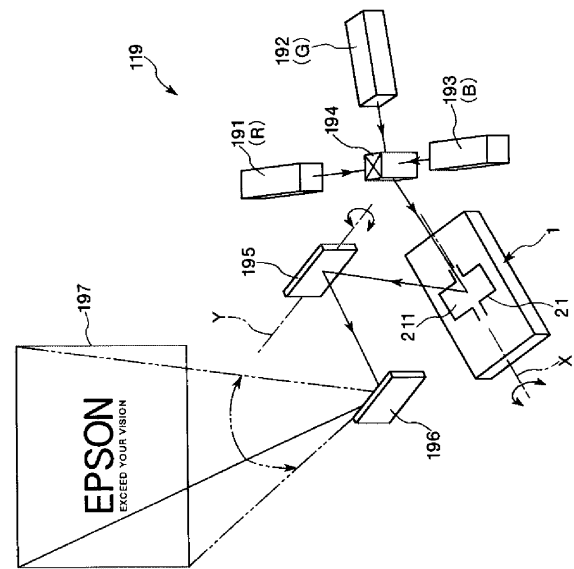
【図 10】



【図 11】



【図 12】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B 4 1 J 3/00 P  
H 0 4 N 1/04 1 0 4 Z

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 2 0 7 7 3 7 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 3 4 1 5 8 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 0 8 5 1 5 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 3 5 4 4 4 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 1 8 5 4 4 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H 0 2 N 2 / 0 0  
B 0 6 B 1 / 0 4  
B 4 1 J 2 / 4 4  
G 0 2 B 2 6 / 1 0  
H 0 4 N 1 / 1 1 3