

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3778736号
(P3778736)

(45) 発行日 平成18年5月24日(2006.5.24)

(24) 登録日 平成18年3月10日(2006.3.10)

(51) Int. Cl. F I
 HO 2 N 2/00 (2006.01) HO 2 N 2/00 B
 HO 1 L 41/09 (2006.01) HO 1 L 41/08 C

請求項の数 31 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願平11-245571	(73) 特許権者	000004064
(22) 出願日	平成11年8月31日(1999.8.31)		日本碍子株式会社
(65) 公開番号	特開2000-102268(P2000-102268A)		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(43) 公開日	平成12年4月7日(2000.4.7)	(74) 代理人	100088616
審査請求日	平成13年8月2日(2001.8.2)		弁理士 渡邊 一平
(31) 優先権主張番号	PCT/JP/98/03971	(72) 発明者	武内 幸久
(32) 優先日	平成10年9月4日(1998.9.4)		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(33) 優先権主張国	欧州特許庁(EP)		日本碍子株式会社内
(31) 優先権主張番号	09/242642	(72) 発明者	大西 孝生
(32) 優先日	平成10年12月28日(1998.12.28)		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(33) 優先権主張国	米国(US)		日本碍子株式会社内
		(72) 発明者	木村 浩二
			愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
			日本碍子株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電／電歪デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

長手方向における一端が少なくとも2枚の振動板によって挟持され、かつ、他端が別の少なくとも2枚の振動板によって挟持された連結板が、基板に形成された対向する凹部の底面間に跨設され、

当該各振動板の少なくとも一方の平板面の少なくとも一部に圧電素子が配設されると共に、当該各振動板が、少なくとも当該各振動板が当該連結板を挟持する方向において当該凹部の側面と接合され、

固定板が、当該固定板の長手方向が当該振動板が当該連結板を挟持する方向と平行になるように、当該連結板に接合されてなり、少なくとも前記圧電素子の変位を前記連結板の撓みによって拡大する変位拡大機構に基づき前記固定板の変位を得ることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項2】

当該固定板と当該連結板との接合部に切欠部が形成されていることを特徴とする請求項1記載の圧電／電歪デバイス。

【請求項3】

当該連結板が当該連結板の跨設方向において2分割されて、当該連結板の中央部に間隙部が形成され、当該間隙部を横架するように、当該固定板が当該連結板の平板面に接合されてなることを特徴とする請求項1記載の圧電／電歪デバイス。

【請求項4】

10

20

分割された当該連結板を横架する位置において、当該固定板の端部に切欠部が形成されていることを特徴とする請求項 3 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 5】

当該固定板が、当該連結板と交差するように接合されてなることを特徴とする請求項 1 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 6】

当該連結板における、当該連結板と当該基板との接合部と、当該連結板と当該振動板との接合部との間において、当該連結板に切欠部が形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 7】

当該連結板が当該固定板の長手方向に少なくとも 2 分割され、当該固定板が、分割されて形成された少なくとも 2 枚の連結板と接合されてなることを特徴とする請求項 1 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 8】

当該固定板と当該連結板との接合部から当該固定板の長手方向にかけて、当該固定板にひんじ部が設けられていることを特徴とする請求項 2 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 9】

当該固定板と当該連結板との接合部を中心として、対角対置に位置する 1 組の圧電素子を同位相で駆動し、かつ、他組の圧電素子を逆位相で駆動することを特徴とする請求項 1 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 10】

当該固定板の長手方向軸を対称軸として、線対称の位置にある 1 組の圧電素子を同位相で駆動し、かつ、他組の圧電素子を逆位相で駆動することを特徴とする請求項 1 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 11】

当該連結板を挟持する 1 対の振動板 2 枚が、当該連結板の厚み方向にずれた位置において、それぞれ当該連結板と接合されていることを特徴とする請求項 1 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 12】

当該連結板を挟持する 1 対の振動板 2 枚と当該連結板との接合位置の midpoint を点対称中心として、当該各振動板の一方の平板面に圧電素子を配設し、かつ、当該圧電素子を同位相で駆動することを特徴とする請求項 1 1 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 13】

連結板が基板に形成された凹部の側面間に跨設され、
 少なくとも一方の平板面の少なくとも一部に圧電素子を配設した少なくとも 2 枚の振動板が、当該連結板と当該基板の凹部底面との間に跨設され、
 固定板が、当該固定板の長手方向が当該振動板の跨設方向と平行となるように当該連結板に接合されてなり、少なくとも前記圧電素子の変位を前記連結板の撓みによって拡大する変位拡大機構に基づき前記固定板の変位を得ることを特徴とする圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 14】

平板面を対向するように構成した 2 枚 1 組の振動板が、少なくとも 2 組、当該連結板と当該基板の凹部底面との間に跨設されてなることを特徴とする請求項 1 3 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 15】

当該固定板と当該連結板との接合部に切欠部が形成されていることを特徴とする請求項 1 3 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 16】

当該連結板が当該連結板の跨設方向において 2 分割されて、当該連結板の中央部に間隙部が形成され、当該間隙部を横架するように、当該固定板が当該連結板の平板面に接合されてなることを特徴とする請求項 1 3 記載の圧電 / 電歪デバイス。

10

20

30

40

50

【請求項 17】

分割された当該連結板を横架する位置において、当該固定板の端部に切欠部が形成されていることを特徴とする請求項 16 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 18】

少なくとも、当該連結板と当該振動板並びに当該基板から選ばれた任意の 2 つの部材の全ての接合が、それぞれの側面でなされていることを特徴とする請求項 1 又は 13 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 19】

少なくとも、当該連結板と当該振動板並びに当該基板が、一体的に形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 13 記載の圧電 / 電歪デバイス。

10

【請求項 20】

少なくとも当該圧電素子を除くデバイス各部分が、グリーンシート積層法を用いて作製されていることを特徴とする請求項 1 又は 13 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 21】

当該固定板の変位として、当該固定板の長手方向における一軸方向変位、若しくは、当該固定板と当該連結板との接合部近傍を中心とした面内回転変位、或いは、当該連結板の長手方向軸を中心とした回転変位、の少なくともいずれかを用いることを特徴とする請求項 1 又は 13 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 22】

当該回転変位が、当該圧電素子の変位を、当該連結板の撓み変位として拡大する変位拡大と、前記連結板の撓み変位を当該固定板の回転モードの変位として拡大する変位拡大の 2 段階に拡大する変位拡大機構に基づいたものであることを特徴とする請求項 21 記載の圧電 / 電歪デバイス。

20

【請求項 23】

1 個の圧電素子を 2 分割し、一方を駆動用素子として用い、他方を補助素子として用いることを特徴とする請求項 1 又は 13 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 24】

当該圧電素子及び当該圧電素子の電極に導通する電極リードが、樹脂若しくはガラスからなる絶縁コーティング層により被覆されてなることを特徴とする請求項 1 又は 13 記載の圧電 / 電歪デバイス。

30

【請求項 25】

当該樹脂がフッ素樹脂若しくはシリコン樹脂であることを特徴とする請求項 24 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 26】

当該絶縁コーティング層の表面上に、更に導電性部材からなるシールド層が形成されてなることを特徴とする請求項 24 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 27】

当該基板、当該固定板、当該連結板、当該振動板が、安定化ジルコニアあるいは部分安定化ジルコニアからなることを特徴とする請求項 1 又は 13 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 28】

当該圧電素子における圧電膜が、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛からなる成分を主成分とする材料からなることを特徴とする請求項 1 又は 13 記載の圧電 / 電歪デバイス。

40

【請求項 29】

当該固定板、当該連結板、当該振動板の少なくともいずれかの形状が、レーザ加工若しくは機械加工によりトリミングして寸法調整されたものであることを特徴とする請求項 1 又は 13 記載の圧電 / 電歪デバイス。

【請求項 30】

当該圧電素子における電極がレーザ加工若しくは機械加工されることにより、当該圧電素子の有効電極面積の調整されたものであることを特徴とする請求項 1 又は 13 記載の圧電

50

／電歪デバイス。

【請求項 3 1】

少なくともそれぞれの固定板を連結した 2 個以上の圧電／電歪デバイスからなることを特徴とする請求項 1 又は 1 3 記載の圧電／電歪デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧電／電歪膜を用いたデバイスに係り、特に、電気エネルギーを機械的な変位や力あるいは振動等の機械エネルギーに変換したり、その逆の変換を行う素子において、その作動特性を向上せしめる圧電／電歪デバイスの構造に関するものである。具体的には、各トランスデューサ、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品（フィルタ）、トランス、通信用や動力用の振動子や共振子、発信子、ディスクリミネータ、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種のセンサ、更には、内野研二著「圧電／電歪アクチュエータ 基礎から応用まで」（日本工業技術センター編、森北出版）に記載のサーボ変位素子等に用いられるユニモルフ型素子並びにバイモルフ型素子に適用されるものであり、好ましくは光学機器、精密機器等の各種精密部品等の変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられる各種アクチュエータに好適に採用される圧電／電歪デバイスに関する。

10

【0002】

【従来の技術】

近年、光学や磁気記録、精密加工等の分野において、サブミクロンオーダーでの光路長や位置を調整する変位制御素子が所望されるようになってきている。これに応えるものとして、強誘電体等の圧電／電歪材料に電界を加えたときに惹起される逆圧電効果や電歪効果に基づくところの変位を利用した素子である圧電／電歪アクチュエータ等の開発が進められている。

20

【0003】

その中で、ハードディスクに代表される磁気記録分野においては、近年特に記憶容量の大容量化が著しいが、これは書込／読出とい記録方式の改善に加え、記録トラック数を増して記録媒体をより効率よく使用し、記録密度自体を増大させるという試みがなされていることによる。

30

【0004】

この試みはこれまで、ボイスコイルモータの改良を主に行われてきたが、新たな技術として、例えば、「TRANSDUCER '97」の「1997 International Conference on solid-state Sensors and Actuators」の予稿集 1081～1084 頁には、Si 若しくは Ni のマイクロマシンプロセスで作製した静電方式のマイクロアクチュエータをハードディスク用磁気ヘッドのトラッキングシステムに適用する試みが紹介されている。

【0005】

また、特開平 10 - 136665 号公報には、図 16 に示されるような、圧電／電歪材料から構成される板状体に少なくとも 1 つの孔部を設けることにより固定部 103 と可動部 104 とこれらを接続する少なくとも 1 つの梁部 102 とを一体的に形成し、少なくとも 1 つの梁部 102 の少なくとも一部に固定部 103 と可動部 104 とを結ぶ方向に伸縮が生じるように、電極層 105 を設けて変位発生部を構成し、変位発生部の伸縮に伴って発生する固定部 103 に対する可動部 104 の変位が、板状体の面内における弧状変位又は回転変位となるような圧電アクチュエータが開示されている。

40

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の主としてボイスコイルモータを用いた記録ヘッドの位置決め技術では、さらなる大容量化に応えるべく、トラック数を増して正確にそのトラックをトレースするように、正確に位置決めすることは困難である。

50

【 0 0 0 7 】

また、前述した静電方式マイクロアクチュエータを用いた技術は、マイクロマシニングにより形成した複数の板状電極間に電圧を印加することにより変位を得るものであるが、構造上、共振周波数を上げることが難しく、その結果、高速動作を行った場合に振動が減衰し難く、位置決め精度が低下するという問題を内在する。また、変位原理的に、電圧 - 変位特性の直線性に劣るという特徴があり、精密な位置合わせの観点からみると、解決課題は多い。更に、マイクロマシニングというプロセス自体、製造コストの面で問題がある。

【 0 0 0 8 】

更に、特開平 1 0 - 1 3 6 6 6 5 号公報開示の圧電アクチュエータは、圧電作動部がモノモルフ構造をとっていることから、おのずと圧電膜の主歪みの軸と圧電作動部の主変位の軸とは同軸若しくは平行となり、このため圧電作動部自体の発生変位は小さく、可動部の変位も小さいという問題がある。また圧電アクチュエータ自体が重く、しかも特開平 1 0 - 1 3 6 6 6 5 号公報中にも記されているように、動作上有害な振動、例えば高速作動時の残留振動や振動ノイズに対しても影響を受けやすく、孔部に充填材を充填して有害振動を抑制しなければならない必要がある。ところが、このような充填材の使用は、可動部の変位に対して悪影響を与えるおそれがある。更に、圧電アクチュエータそのものが、機械的強度に劣る圧電 / 電歪材料そのもので構成せざるを得ないことから、材料強度からくる形状の制約、使用用途の制約等を受け易いという問題もある。

【 0 0 0 9 】

【 課題を解決するための手段 】

本発明は上述した圧電 / 電歪デバイスの問題点に鑑みてなされたものであり、本発明によれば、高速かつ精密に、平面内運動や回転運動による大きな変位を得ることができる圧電電歪デバイスが提供される。

即ち、本発明によれば、第 1 の圧電 / 電歪デバイスとして、長手方向における一端が少なくとも 2 枚の振動板によって挟持され、かつ、他端が別の少なくとも 2 枚の振動板によって挟持された連結板が、基板に形成された対向する凹部の底面間に跨設され、当該各振動板の少なくとも一方の平板面の少なくとも一部に圧電素子が配設されると共に、当該各振動板が、少なくとも当該各振動板が当該連結板を挟持する方向において当該凹部の側面と接合され、固定板が、当該固定板の長手方向が当該振動板が当該連結板を挟持する方向と平行になるように、当該連結板に接合されてなり、少なくとも前記圧電素子の変位を前記連結板の撓みによって拡大する変位拡大機構に基づき前記固定板の変位を得ることを特徴とする圧電 / 電歪デバイス、が提供される。

【 0 0 1 0 】

この第 1 の圧電 / 電歪デバイスにおいては、固定板と連結板との接合部に切欠部を形成することが好ましい。また、連結板を、連結板の跨設方向において 2 分割して、連結板の中央部に間隙部を形成し、この間隙部を横架するように、固定板を連結板の平板面に接合して構成することも可能である。この場合には、分割された連結板を横架する位置において、固定板の端部に切欠部を形成することが好ましい。なお、固定板を連結板と交差するように連結板に接合する構造も好適に採用される。

【 0 0 1 1 】

また、連結板における、連結板と基板との接合部と、連結板と振動板との接合部との間において、連結板に切欠部を形成することも好ましい。また、連結板を固定板の長手方向に少なくとも 2 分割し、固定板を分割されて形成された少なくとも 2 枚の連結板に接合した構造とすることも可能である。更に、固定板と連結板との接合部から固定板の長手方向にかけて、固定板にひんじ部を設けることも好ましい。

【 0 0 1 2 】

なお、第 1 の圧電 / 電歪デバイスにおいては、固定板と連結板との接合部を中心として、対角対置に位置する 1 組の圧電素子を同位相で駆動し、かつ、他組の圧電素子を逆位相で駆動する作動方法が好適に採用される。一方、固定板の長手方向軸を対称軸として、線対

10

20

30

40

50

称の位置にある1組の圧電素子を同位相で駆動し、かつ、他組の圧電素子を逆位相で駆動する作動方法も用いられる。ところで、本発明の圧電/電歪デバイスにおいては、連結板を挟持する1対の振動板2枚を、連結板の厚み方向にずれた位置において、それぞれ連結板と接合した構造とすることが可能であり、このときには、連結板を挟持する1対の振動板2枚と連結板との接合位置の midpoint を点対称中心として、各振動板の一方の平板面に圧電素子を配設し、かつ、これらの圧電素子を同位相で駆動する作動方法を用いることも可能である。

【0013】

さて、本発明によれば、第2の圧電/電歪デバイスとして、連結板が基板に形成された凹部の側面間に跨設され、少なくとも一方の平板面の少なくとも一部に圧電素子を配設した少なくとも2枚の振動板が、当該連結板と当該基板の凹部底面との間に跨設され、固定板が、当該固定板の長手方向が当該振動板の跨設方向と平行となるように当該連結板に接合されてなり、少なくとも前記圧電素子の変位を前記連結板の撓みによって拡大する変位拡大機構に基づき前記固定板の変位を得ることを特徴とする圧電/電歪デバイス、が提供される。

10

【0014】

この第2の圧電/電歪デバイスにおいては、平板面を対向するように構成した2枚1組の振動板を、少なくとも2組、連結板と基板の凹部底面との間に跨設した構造も好適に採用される。また、固定板と連結板との接合部に切欠部を形成することも好ましい。更に、連結板を連結板の跨設方向において2分割して、連結板の中央部に間隙部を形成し、この間隙部を横架するように、固定板を連結板の平板面に接合した構造とすることもできる。なお、分割された連結板を横架する位置において、固定板の端部に切欠部を形成することが好ましい。

20

【0015】

上述した本発明にかかる第1及び第2の圧電/電歪デバイスについては、少なくとも、連結板と振動板並びに基板から選ばれた任意の2つの部材の全ての接合が、それぞれの側面でなされていることが好ましい。従って、連結板をその跨設方向に分割した場合を除いては、固定板もまた連結板と互いの側面において接合されていることが好ましい。そして、少なくとも、連結板と振動板並びに基板は一体的に形成されていることが好ましい。従って、この場合にも、連結板をその跨設方向に分割した場合を除いては、固定板もまた連結板等と一体的に形成されていることが好ましい。このような各部の側面接合や一体構造は、少なくとも圧電素子を除くデバイス各部、即ち、基板、固定板、連結板、振動板を、グリーンシート積層法を用いて作製することで、容易に得ることができる。

30

【0016】

本発明の圧電/電歪デバイスは、固定板の変位、特に固定板の先端の変位を利用するものであるが、この固定板の変位としては、固定板の長手方向における一軸方向変位、若しくは、固定板と連結板との接合部近傍を中心とした面内回転変位、或いは連結板の長手方向軸を中心とした回転変位、の少なくともいずれかを用いることが好ましく、このうち回転変位については、圧電素子の変位を2段階に拡大する変位拡大機構に基づくものを利用することが好ましい。ここで、「2段階に拡大する変位拡大機構」とは、圧電素子の発生変位を連結板の撓み変位として拡大する変位拡大と、更にその拡大された連結板の撓み変位を固定板の回転モードの変位として拡大する変位拡大の2段階に拡大する変位拡大機構をいう。このような各種の変位は、振動板及び圧電素子の配設位置や圧電素子の駆動位相を制御することにより行われる。なお、1個の圧電素子を2分割し、一方を駆動用素子として用い、他方を補助素子として用いることも好ましい。ここでの補助素子とは、故障診断用素子、変位確認/判定用素子、駆動補助用素子等をいう。

40

【0017】

圧電素子及び圧電素子の電極に導通する電極リードを樹脂若しくはガラスからなる絶縁コーティング層により被覆することが好ましい。樹脂としては、フッ素樹脂若しくはシリコン樹脂が好適に用いられる。こうして、絶縁コーティング層を形成した場合には、更に

50

その表面上に、導電性部材からなるシールド層を形成することが好ましい。

【0018】

基板、固定板、連結板、振動板の材料としては、安定化ジルコニアあるいは部分安定化ジルコニアが好適に用いられる。一方、圧電素子における圧電膜としては、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛からなる成分を主成分とする材料が好適に用いられる。固定板、連結板、振動板の少なくともいずれかの形状はレーザ加工若しくは機械加工によりトリミングして寸法調整を容易に行うことができ、圧電素子における電極をレーザ加工若しくは機械加工することにより、圧電素子の有効電極面積を調整することも好ましい。なお、本発明においては、2個以上の上述した圧電/電歪デバイスを、少なくともそれぞれの固定板が連結するように一体化し、1個の圧電/電歪デバイスとすることも好ま

10

【0019】

ところで、本発明の圧電/電歪デバイスを前述した特開平10-136665号公報記載の圧電アクチュエータと比較すると、本発明の圧電/電歪デバイスは、振動板を有するユニモルフ若しくはバイモルフ型構造であるため、圧電膜の主歪みの軸と圧電作動部(圧電膜の歪みにより変位を起こす部分)の主変位の軸とは方向が異なるものであり、この特徴を活かして圧電膜の歪みを屈曲モードへ拡大でき、従って、大きな固定板の変位が得られるという特徴を有する。また、本発明の圧電/電歪デバイスは、機能分化が可能であり、圧電膜以外の基板等を機械的強度、靱性に優れるジルコニアを主成分とする材料で構成し得ることから、所望の強度を有し、しかも小型、薄型、軽量のデバイスを得ることができる利点がある。更に、変位特性に対する外部からの影響を受け難く、従って充填材等を用いる必要がないという特徴をも有する。

20

なお、本発明において使用する圧電素子、圧電膜そして圧電セラミックスの「圧電」には、「圧電」及び「電歪」の双方の意味が含まれる。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

図1(a)は、第1の圧電/電歪デバイス(以下、「デバイス」という。)31の一実施態様を示す平面図であり、図1(b)は、Y1軸を通り、X-Y平面に垂直な面、即ち、Y-Z平面におけるデバイス31の断面を、X軸方向から見た断面図である(以下、図1(b)のような断面図を「Y1軸における矢視AA図」のように表現することとする。)ここで、デバイス31において、連結板2は、その長手方向(X軸方向)における一端が2枚の振動板3A・3Bによって挟持され、かつ、他端が別の2枚の振動板3C・3Dによって挟持された状態において、基板5に形成された対向する凹部6A・6Bの底面間に跨設されている。また、振動板3A~3Dの一方の平板面には圧電素子4A~4Dがそれぞれ配設されると共に、振動板3A~3Dは凹部6A・6Bの側面及び底面に接合され、固定板1は、固定板1の長手方向が振動板3A~3Dが連結板2を挟持する方向、即ちY軸方向と平行になるように、連結板2に接合されている。

30

【0021】

これら固定板1、連結板2、振動板3A~3D、基板5の各部材の接合は、各部材の側面において好適に行われ、一体的に形成されていることが好ましい。後述するグリーンシート積層法を用いれば、容易に一体成形されたデバイス31を得ることができる。なお、圧電素子4A~4Dには、圧電素子4A~4Dを形成する電極から電極リードが基板5へ向けて配設されるが、図1では省略されている。

40

【0022】

ここで、固定板とは、圧電素子の駆動により所定の変位を生ずる要素であって、固定板には、例えば磁気ヘッド等の部材を取り付けられる。また、連結板とは、固定板と基板並びに振動板を連結する要素をいい、振動板とは表面に配設した圧電素子によって歪みを生じ、この歪みを連結板に伝達する要素をいう。なお、振動板は、逆に固定板が変位したときに発生する歪みが連結板を介して振動板に伝達された場合に、その歪みを圧電素子に伝達

50

する役割をも果たす。基板とは、駆動部（連結板、固定板、振動板並びに圧電素子をいう。）を保持すると共に、測定装置へ取り付けするための種々の電極端子を配設し、実際の使用においてハンドリングに供される要素をいう。

【0023】

基板に形成される凹部は、必ずしも底面に対して垂直な側面を有する窪みである必要はなく、また、必ずしも一方向に開口している部位を有する必要もない。底面と側面とは曲率を有した角部を有していても良い。即ち、凹部とは1辺の底面と2辺の側面を有している部位をいう。例えば、基板の外周の一部を四角形状に切り欠くことで凹部が形成され、また、基板内部に四角形状の孔部を設けた場合には、4辺の内の3辺を凹部とみなすことができる。なお、凹部における側面と底面のなす角は、本発明におけるデバイスの駆動特性

10

【0024】

圧電素子4A～4Bの態様としては、図12に示されるように、圧電膜86を第1電極85と第2電極87とで挟んで層状に形成した積層型圧電素子88が代表的であるが、図13に示すような振動板89上に圧電膜90を配し、圧電膜90上部に第1電極91と第2電極92とが、一定幅の隙間部93を形成した櫛型構造を有する圧電素子94Aを用いることもできる。なお、図13における第1電極91と第2電極92は、振動板89と圧電膜90の接続面の間に形成されてもかまわない。更に、図14に示すように、櫛型の第1電極91と第2電極92との間に圧電膜90を埋設するようにした圧電素子94Bも好適に用いられる。

20

【0025】

図13及び図14に示した櫛型電極を有する圧電素子を用いる場合には、櫛形電極におけるピッチDを小さくすることで、変位を大きくすることが可能となる。このような図12～図14記載の圧電素子は、後述する本発明のデバイス全てに適用することができる。

【0026】

さて、デバイス31において、圧電素子4A～4Dに電圧を印加すると、圧電膜には印加電圧に応じた歪みが発生する。この歪みが振動板3A～3Dに伝達され、次に連結板2へ、更に固定板1へと伝達されることにより、固定板1に所定の変位が発生する。

【0027】

従って、図1に示されるように、振動板3A～3Dにおける同じ向きの平板面に圧電素子4A～4Dを配設した場合に、固定板1と連結板2との接合部を中心として、即ち、X軸とY軸の交点を中心として、対角対置に位置する1組の圧電素子4A・4Dを同位相で駆動し、かつ、他組の圧電素子4B・4Cを、圧電素子4A・4Dに対して逆位相で駆動すると、圧電素子4A・4Dが伸びた場合に圧電素子4B・4Cは縮み、この状態が圧電素子4A～4Dが配設された振動板3A～3Dの変位となって現れるため、固定板1には、図1中の矢印K1で示されるような、X-Y平面内におけるX軸とY軸の交点を中心とした面内回転変位が生ずる。

30

【0028】

一方、固定板1の長手方向軸であるY軸を対称軸として、線対称の位置にある1組の圧電素子4A・4Cを同位相で駆動し、かつ、他組の圧電素子4B・4Dを逆位相で駆動すると、図1中の矢印K2で示されるような、X-Y平面内におけるY軸方向の一軸方向変位が得られる。

40

【0029】

なお、圧電素子の駆動に関する同位相/逆位相とは、発生する圧電素子の歪み方向を定めるものであり、同位相とは同じ方向の歪みとなるように圧電素子を駆動することであり、逆位相とは逆方向の歪みとなるように駆動させるか、若しくは信号を加えずに駆動させないこと、即ち相対的にみて逆向きの歪みとなるように駆動することを意味する。従って、電界誘起歪みの横効果(d_{31})を利用するもの並びに電界誘起歪みの縦効果(d_{33})を利用するものを適宜組み合わせ、一群の圧電素子を構成することが可能である。また、分極操作の必要な圧電材料で圧電素子を構成すれば、全て同じ d_{33} 若しくは d_{31} を利用する

50

ものであっても、駆動時の信号を分極時の極性と同一向きとするか逆向きとするかで、位相を制御することができる。

【0030】

このように、デバイス31は、圧電素子4A～4Dの変位を拡大した連結板2の変位が、更に固定板1の変位として拡大される構造を有していることから、連結板2の長さ¹⁰と固定板の長さを種々に選択することにより、応答速度や固定板1の先端変位量、変位の発生力を任意に設定することが可能である。

【0031】

さて、固定板1に上述した変位を発生させるデバイス31においては、固定板1が連結板2の長手方向中央部において連結板2と接合されていることが好ましく、この場合には変位の制御が容易であって、最も大きな変位拡大率を得ることができる。

【0032】

また、デバイス31において、振動板3A～3Dと圧電素子4A～4Dは、全てが同一形状を有する必要はない。例えば、振動板3A・3Cと圧電素子4A・4CのY軸方向長さを短くして、逆に振動板3B・3Dと圧電素子4B・4DのY軸方向長さを長く設定して、固定板1に前述した一軸方向変位を発生させることも可能である。同様に、振動板3A・3Dと圧電素子4A・4DのY軸方向長さを短くして、逆に振動板3B・3Cと圧電素子4B・4CのY軸方向長さを長く設定することにより、固定板1に面内回転変位を発生させることも可能である。

【0033】

更に、振動板3A・3Dには圧電素子4A・4Dを設けずにX軸方向に平行なスリットを設けた構造とし、或いは振動板3A・3Dを設けない構造として、圧電素子4B・4Cを同位相で駆動することにより、固定板1に面内回転変位を起こすことが可能であり、振動板3A・3Cには圧電素子4A・4Cを設けずにX軸方向に平行なスリットを設けた構造とし、或いは振動板3A・3Dを設けない構造として、圧電素子4B・4Dを同位相で駆動することにより、固定板1に一軸方向変位を起こすことも可能である。

【0034】

なお、デバイス31では、振動板3A～3Dの一方の平板面にのみ圧電素子4A～4Dが設けられているが、他方の平板面にも圧電素子を配設することも、また好ましい。この場合、全ての圧電素子を駆動用に用いることができることはいうまでもなく、一方の平板面側の圧電素子については、上述したように固定板1の駆動に用い、他方の平板面側の圧電素子については、補助素子として用いることもできる。ここでの補助素子とは、故障診断用素子、変位確認/判定用素子、駆動補助用素子等を用い、補助素子の使用により高精度な固定板の駆動が可能となる。

【0035】

補助素子の配設は、振動板3A～3Dの一方の平板面に設けられた圧電素子4A～4DをX軸方向に分割した2素子1組として形成することによっても行うことができる。この場合、固定板1と連結板2との接合部に近い側の圧電素子を駆動用として用い、他方を補助素子として用いる。1個の圧電素子の分割は、1個の圧電素子を配設した後にレーザ加工等により分割加工する方法、あるいは圧電素子を配設する際に最初から分割して2素子1組として配設する方法のいずれを用いてもよい。更に1枚の振動板に複数の圧電素子を配設して、変位・振動の制御を行うことも好ましい。

【0036】

なお、圧電素子は連結板2に掛からなければ、基板5に掛かるように設けても構わない。上述した振動板や圧電素子の態様は種々に組み合わせて用いることができることはいうまでもない。

【0037】

次に、図2の平面図は、本発明のデバイスの別の実施態様を示すものである。デバイス2においては、振動板3A～3Dは、それぞれが凹部6A・6Bの側面とのみ接合されており、凹部6A・6Bの底面とは接合されずに、凹部6A・6Bの底面と振動板3A～3

10

20

30

40

50

Dとの間には、間隙部7が形成されている。このように、振動板3A～3Dは、少なくとも振動板3A～3Dが連結板2を挟持する方向(Y軸方向)において凹部6A・6Bの側面と接合されていればよく、この場合には、前述したデバイス1と比較して、固定板1のY軸への一軸方向変位をより純粋なものとする事ができる利点がある。

【0038】

なお、デバイス31とデバイス32のそれぞれの固定板1の形状を比較しても明らかなように、固定板1の形状には制限はなく、固定板1の先端に取り付ける素子やセンサの形状並びに重量等を考慮して、固定板1の形状を設定すればよい。

【0039】

続いて、本発明のデバイスの更に別の実施態様を示す平面図を図3に示す。デバイス33は、デバイス31における固定板1と連結板2との接合部に、切欠部8を設けた構造を有している。この場合には、デバイス31と比較して、連結板の変位をより効率よく、固定板1の面内回転変位に変換することが可能となる。つまり、先に図1に示したデバイス31における固定板1の面内回転変位は、主に連結板2のX-Y平面内における撓み変位に基づいて発生するものであり、そのため連結板2と固定板1との接合角度が概略維持された変位であるのに対し、図3に示したデバイス33のように切欠部8を設けた場合には、更に連結板2と固定板1との接合位置において、連結板2の撓み変位を、更に固定板1と連結板2の接合角を変化させる形の回転変位に変換することが可能となり、その結果、固定板1の変位をより大きなものとする事ができる。即ち、図1に示したデバイス31は、圧電素子4A～4Dの変位を主に連結板2の撓み変位に拡大して利用するものであり、図3に示したデバイス33は、その撓み変位に拡大された変位を更に回転変位として拡大した、いふなれば2段階の拡大機構を有効に発現し得る構造である。なお、切欠部8は、連結板2の幅方向の距離、即ちY軸方向の距離を、固定板1内に至るまでに長く形成することが好ましく、一方、切欠部8の幅、即ち切欠部8のX軸方向の距離は短い方が好ましい。

【0040】

図4は、本発明のデバイスの更に別の実施態様を示す平面図である。デバイス34における振動板の配設状態は、前述したデバイス32と同様であるが、デバイス34においては、連結板2が、連結板2の跨設方向であるX軸方向において2分割されて連結板2の中央部に間隙部9が形成され、この間隙部9を横架するように、固定板1を連結板2の平板面に接合した構造を有している。

【0041】

このように、固定板1を別体として準備することにより、用途等に応じて、固定板1の材料選択及び形状選択の幅を広げることができる利点がある。しかしながら、連結板2と固定板1とは、接着剤等を用いて接合しなければならないために、信頼性の点で若干劣ることは否めない。なお、デバイス34において、分割された連結板2を横架する位置、即ち間隙部9において、固定板1の端部に、デバイス33と同様の切欠部8を形成することが可能である。

【0042】

図5(a)は、本発明のデバイスの更に別の実施態様を示す平面図であり、デバイス35においては、固定板1が連結板2と交差するように連結板2に接合して形成された構造を有している。このような構造とすることにより、固定板1の両端を大きく変位させることができ、両端のそれぞれに素子やセンサを取り付けることが可能となる。

【0043】

図5(b)はY1軸における矢視AA図であり、ここで、連結板2を挟持する1対の振動板2枚(振動板3C・3D)は、連結板2の厚み方向(Z軸方向)にずれた位置において、それぞれ連結板2と接合されている。この場合には、連結板2を挟持する1対の振動板2枚(振動板3C・3D)と連結板2との接合位置の midpoint O を点対称中心として、振動板3C・3Dの一方の平板面に圧電素子4C・4Dを配設し、かつ、これらの圧電素子4C・4Dを同位相で駆動すると、図5(c)に示されるY軸における矢視BB図に示される

10

20

30

40

50

ように、連結板 2 の長手方向軸 (X 軸) を中心とした回転変位を生じさせることが可能となる。

【 0 0 4 4 】

図 6 (a) は、デバイス 3 5 の連結板 2 における、連結板 2 と基板 5 との接合部と、連結板 2 と振動板 3 A ~ 3 D との接合部との間において、連結板 2 に切欠部 1 0 を形成したデバイス 3 6 を示す平面図であり、図 6 (b) は、X 軸における矢視 A A 図である。この切欠部 1 0 の形成により、固定板 1 をより効率よく動作させることが可能となる。なお、この切欠部 1 0 の形成に当たっては、連結板 2 の厚みをも低減させると、更に動作効率が高まるため、好ましい。切欠部 1 0 の形状は、その幅及びノ又は厚みを小さくする限りにおいて、制限されるものではない。

10

【 0 0 4 5 】

さて、図 7 に示したデバイス 3 7 は、連結板 2 を固定板 1 の長手方向 (Y 軸方向) に 2 分割し、更に、分割された連結板 2 のそれぞれを連結板 2 の跨設方向に 2 分割した態様を有している。従って、固定板 1 は、結果的に 4 枚の連結板 2 に横架するように、連結板 2 の片側平面に接合されている。ここで、連結板 2 と固定板 1 とが一体的に形成されていてもよいことは言うまでもなく、連結板 2 の分割は 3 分割以上であっても構わない。本発明におけるこのような固定板の長手方向 (Y 軸方向) における連結板の分割とは、連結板が分割されて間隙が形成された結果、新たに形成された連結板の Y 軸方向の幅が小さくなる場合に加えて、連結板の Y 軸方向幅を変化させずに、Y 軸方向に間隙を介して複数並列に配設された形状となる場合をも含む。

20

【 0 0 4 6 】

このようなデバイス 3 7 においては、圧電素子 4 A ~ 4 D は、それぞれ 1 枚ずつの連結板 2 を、対応する振動板 3 A ~ 3 D を介して駆動する態様となっているために、圧電素子 4 A ~ 4 D の歪みを固定板 1 に作用させるポイント (接合部) を複数取ることができ、例えば、圧電素子 4 A ・ 4 D を同位相で、圧電素子 4 B ・ 4 C を圧電素子 4 A ・ 4 D とは逆位相で駆動することにより、効率的に固定板 1 に面内回転変位を生ぜしめることが可能となる。

【 0 0 4 7 】

また、圧電素子 4 A ・ 4 C を同位相で、圧電素子 4 B ・ 4 D を圧電素子 4 A ・ 4 C とは逆位相で駆動することにより、Y 軸方向の一軸方向変位を得ることができるが、このとき、Y 軸方向において連結板 2 間に間隙部 1 1 が形成されているために、前述したデバイス 3 1 等と比較して、より純粋な変位を得ることが可能となる。

30

【 0 0 4 8 】

なお、間隙部 1 1 において、連結板 2 よりも厚みの薄い板状部材を Y 軸方向において、連結板 2 間に跨設しても構わない。この場合には、板状部材を跨設しない場合と比較すると、固定板 1 の相対的な変位量は低下するものの、剛性を高めて、より早い応答速度で固定板 1 を動作させることが可能となる。また、間隙部 1 1 は必ずしも連結板 2 の全長 (X 軸方向長さ) にわたって形成する必要はなく、連結板 2 内の少なくとも一部に形成されていてもその効果は得られる。

【 0 0 4 9 】

図 8 には、固定板 1 の長手方向に分割されて形成された 2 枚の連結板に、固定板 1 が一体的に接合され、また、固定板 1 と連結板 2 との接合部から固定板 1 の長手方向にかけて、固定板 1 にひんじ部 1 2 が設けられ、更に固定板 1 と連結板 2 との接合部に切欠部 8 が形成されたデバイス 3 8 の平面図を示した。ひんじ部 1 2 は固定板 1 の面内回転変位の発生を補助するため、切欠部 8 と同時に形成することによって、より効果的に大きな面内回転変位を得ることができるようになる。このようなひんじ部 1 2 は、前述したデバイス 3 1 ~ 3 7 においても形成することができることはいうまでもない。

40

【 0 0 5 0 】

さて、次に、図 9 には、本発明のデバイスの更に別の実施態様を示す。デバイス 3 9 は、例えば、図 9 (a) に示されるように、2 枚の振動板 3 A ・ 3 B を用いた場合には、前述

50

したデバイス 32 における振動板 3A・3C を取り除いた態様である。つまり、デバイス 39 は、連結板 2 が基板 5 に形成された凹部 6 の側面間に跨設され、圧電素子 4A・4B を配設した 2 枚の振動板 3A・3B が、連結板 2 と基板 5 の凹部 6 底面との間に跨設され、固定板 1 が、固定板 1 の長手方向が振動板 3A・3B の跨設方向（Y 軸方向）と平行となるようにして連結板 2 に接合された構造を有している。なお、振動板 3A・3B は、通常は、固定板 1 の長手方向軸（Y 軸）について対称な位置に配設される。また、連結板 2 と凹部 6 底面との間に跨設される振動板は 2 枚以上であってもよい。

【0051】

図 9（b）～（d）は、このデバイス 39 に好適に採用される振動板 3B の態様を示す Y 1 軸における矢視 A-A 図である。この振動板 3B の態様は当然に振動板 3A にも適用される。図 9（b）は、連結板 2 と基板 5 のそれぞれの表面近傍に振動板 3B を跨設した態様を示している。

10

【0052】

また、図 9（c）は、平板面を対向するように構成した 2 枚 1 組の振動板 3B・3C を、連結板 2 と基板 5 との間に跨設した構造を示している。この場合、振動板 3A についても、2 枚 1 組となるように別に 1 枚の振動板 3D が設けられ、合計 4 枚の振動板で固定板を駆動することとなる。このような構造において、圧電素子 4B・4C を同位相で駆動し、圧電素子 4A と圧電素子 4D（図示されていない振動板 3D に配設される圧電素子）を圧電素子 4B・4C とは逆位相で駆動することにより、固定板 1 に面内回転変位を支配的に生じさせることが可能であり、また、全ての圧電素子 4A～4D を同位相で駆動することにより、一軸方向変位を支配的に生じさせることが可能となる。こうして、2 枚の振動板 / 圧電素子を用いた場合と比較して、Z 軸方向の固定板 1 の変位を抑制することが可能となるのみならず、固定板 1 の変位量と駆動力を大きくとることができる利点があり、好ましい。なお、前述したように、連結板 2 と凹部 6 底面との間に跨設される振動板は 2 枚以上であってもよいことに対応して、平板面を対向するように構成した 2 枚 1 組の振動板は、2 組以上配設することができる。

20

【0053】

図 9（d）は、振動板 3B を、連結板 2 の厚み方向の中央部に設置した態様を示している。この場合、圧電素子 4B（振動板 3B）の連結板 2 に対する作用点を連結板 2 の重心位置とすることができるために、固定板 1 の Z 軸方向の変位を低減させることが可能となり、好ましい。

30

【0054】

なお、これら図 9（c）、（d）に示した振動板の態様は、連結板を挟持する他の実施の態様に対しても適用することが可能である。即ち、図 9（c）の態様を適用した場合には、連結板の厚み方向に対向する 2 枚 1 組の振動板で連結板を挟持することとなり、図 9（d）の態様を適用した場合には、連結板の厚み方向の中央部において 2 枚の振動板で連結板が挟持されることとなる。

【0055】

続いて、図 17 には、前述した図 3 記載のデバイス 33 を 2 個連結したデバイス 40 の平面図を示した。デバイス 40 においては、圧電素子 4A～4D によって駆動される固定板 1A と、圧電素子 4E～4H によって駆動される固定板 1B が連結され、一体的な固定板 1 が形成されている。このような構造とすることにより、大きな発生変位を維持し、さらにデバイスの駆動力を増大させることができる効果がある。こうして、例えば、固定板に各種センサや磁気ヘッド等の他のデバイスを固定する際に、そのデバイスの大きさや質量に応じて、デバイス 33 の構造とするか、連結したデバイス 40 の構造とするかを、適宜選択することが容易となる。

40

【0056】

また、デバイス 40 は、変位制御並びに振動制御の観点からは、連結した一方のデバイス（例えば固定板 1B 側）を所定のタイミングで制動用に駆動させることで、高速作動時に発生する固定板 1 の不要な残留振動を低減し、高速な位置決めを行うことができる特徴を

50

有する。

【0057】

このようなデバイスの連結は、デバイス33を用いた場合に限定されるものではなく、図1～図9に示した全てのデバイス31～39にも適用することができる。例えば、図18の平面図に示されるデバイス41は、図5に示したデバイス35を連結した構造を有し、連結板2A・2Bの長手方向軸を中心とした回転変位の発生変位を維持し、また駆動力を増大させ、一方、固定板1の制動を行うことが可能となる。

【0058】

さて、上述したデバイスの連結は、2個のデバイスの連結に限定されるものではなく、実施態様を考慮して2個以上のデバイスを連結することも可能である。一例として、図19に、図3に示したデバイス33を4個連結したデバイス42の平面図を示す。デバイス42は、換言すれば、図17に示したデバイス40をX軸について対称となるように2個連結した構造でもあるが、このような構造とすることによって、より純粋なX軸方向並びにY軸（Y1軸、Y2軸）方向の変位を、大きな力で発生することが可能となる。

【0059】

以上、本発明のデバイスの構造を中心に、その実施の態様について説明してきたが、固定板の変位モード、即ち面内回転変位、一軸方向変位、回転変位の各種の変位モードは、固定板の変位方向がそれぞれ説明した方向に支配的であることを意味しているものであって、それ以外の方向成分を有することを完全に排除しているものではない。本発明のデバイスを、磁気ヘッドへ適用することを考えると、ヘッドと記録媒体との間隔（ギャップ）を一定に保つように、三次元的に変位しない一軸方向変位と面内回転変位を用いることが好ましい。

【0060】

なお、上述した各種のデバイスについては、圧電素子がユニモルフ構造となっているが、勿論、バイモルフ構造としても何ら問題はなく、更に、配設する振動板、圧電素子の数についても、上述したデバイスの設計思想を逸脱しない範囲において任意に選択することができるというまでもない。また、本発明のデバイスは、上述したように、圧電素子によって駆動する変位素子や振動子といった能動素子としての利用に限定されず、加速度センサや衝撃センサ等の受動素子である各種センサにも用いることができる。特に、加速度の検出にあつては、固定板先端におもり等の慣性質量を設けて、先端部の重量を大きくすることによって、検出感度の向上を容易に図ることができる。

【0061】

次に、前述したデバイス39を例に、圧電素子からの電極リードの形成の態様について説明する。図10(a)は、デバイス39に配設した圧電素子4A・4Bに、電極リード21A～21Dを設けると共に、圧電素子4A・4Bと電極リード21A～21Dに絶縁コーティング層22を設け、更に絶縁コーティング層22を被覆するようにシールド層23を形成した一実施態様を示す平面図であり、図10(b)～(d)は、それぞれが、図10(a)中のX1軸における矢視AA図であつて、異なる実施の態様を示している。

【0062】

絶縁コーティング層22は、固定板1や圧電素子4A・4Bを液体雰囲気や加湿雰囲気等で使用する場合の圧電素子4A・4Bや電極リード21A～21Dの短絡を有効に防止する機能を有する。シールド層23は、デバイスを高周波数で動作させる場合や高周波の振動を検出する場合等に、外部からの電磁波を遮断して変位精度を良好に確保する他、誤作動やノイズの混入を防止する機能を有する。

【0063】

シールド層23の配設の態様としては、図10(b)に示されるように、基板5を挟み込むように形成する態様その他、図10(c)に示されるように、基板5上の配線部分のみを囲う態様や、図10(d)に示すように、配線部分を上部片側のみでシールドする態様が挙げられるが、中でも、図10(b)、(c)に示すような配線部分全体をシールドする態様が好ましい。なお、図10(a)においては、基板5に設けられたスルーホール24

10

20

30

40

50

を用いて基板5の各面に形成されたシールド層23の導通を確保しているが、基板5の側面を利用してこの導通を図ってもよい。これら、絶縁コーティング層22及びシールド層23の形成に好適に用いられる材料の詳細については、デバイスの構成材料について後述する際に併せて説明する。

【0064】

次に、本発明のデバイスに用いられる材料について説明する。基板、固定板、連結板、振動板としては、好適にはセラミックが用いられ、例えば、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニア、アルミナ、マグネシア、窒化珪素等を挙げることができる。このうち、安定化ジルコニアと部分安定化ジルコニアは、薄板においても機械的強度が大きいこと、靱性が高いこと、圧電膜や電極材との反応性が小さいことから最も好適に採用される。なお、これら基板等の材料として、安定化ジルコニア若しくは部分安定化ジルコニアを使用する場合には、少なくとも振動板には、アルミナあるいはチタニア等の添加物を含有させて構成すると好ましい。

10

【0065】

また、セラミックを用いた場合には、後述するグリーンシート積層法を用いて、デバイスを一体的に成形することができるため、各部の接合部の信頼性の確保や製造工程の簡略化等の見地から好ましい。

【0066】

なお、本発明のデバイスにおける固定板の厚みや形状には制限がなく、使用用途に応じて適宜設計されることは既に述べたが、基板の厚みもまた、操作性を考慮して適宜決められる。これに対し、振動板の厚みは3~20 μm 程度とすることが好ましく、振動板と圧電素子を合わせた厚みは15~60 μm とすることが好ましい。また、連結板の厚みは20~600 μm 、幅30~500 μm が好適であり、連結板のアスペクト比(幅(Y軸方向長さ)/厚み(Z軸(X軸及びY軸の両方に垂直な軸)方向長さ))は、0.1~1.5の範囲とすることが好ましいが、特にX-Y平面内の変位をより支配的なものとする為には、0.1~7の範囲とすることが好ましい。

20

【0067】

圧電素子における圧電膜としては、膜状に形成された圧電セラミックスが好適に用いられるが、電歪セラミックスや強誘電体セラミックス、或いは反強誘電体セラミックスを用いることも可能である。また、分極処理が必要な材料でも、必要でない材料のいずれであってもよい。但し、磁気記録ヘッド等に用いる場合には、固定板の変位量と駆動電圧若しくは出力電圧とのリニアリティが重要とされるため、歪み履歴の小さい材料を用いることが好ましく、従って、坑電界としては、10kV/mm以下の材料を用いることが好ましい。

30

【0068】

具体的な圧電セラミックスとしては、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンズ酸鉛、マンガンタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛、チタン酸バリウム等や、これらのいずれかを組み合わせた成分を含有するセラミックスが挙げられる。このうち、本発明においては、ジルコン酸鉛とチタン酸鉛及びマグネシウムニオブ酸鉛からなる成分を主成分とする材料が好適に用いられるが、これは、このような材料が高い電気機械結合係数と圧電定数を有すること、圧電膜の焼結時における基板(セラミック基板)との反応性が小さく、所定の組成のものを安定に形成することができること等の理由による。

40

【0069】

更に、上記圧電セラミックスに、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン、セリウム、カドミウム、クロム、コバルト、アンチモン、鉄、イットリウム、タンタル、リチウム、ビスマス、スズ等の酸化物、若しくはこれらいずれかの組み合わせ又は他の化合物を、適宜添加したセラミックスを用いてもよい。例えば、ジルコン酸鉛とチタン酸鉛及びマグネシウムニオブ酸鉛を主成分とし、これにランタンやストロンチウムを含有させ、坑電界や圧電特性を調

50

整して用いることもまた好ましい。

【0070】

一方、圧電素子の電極は、室温で固体であり、導電性に優れた金属で構成されていることが好ましく、例えば、アルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、鉛等の金属単体あるいはこれらのいずれかを組み合わせた合金が用いられ、更に、これらに圧電膜あるいは振動板と同じ材料を分散させたサーメット材料を用いてもよい。

【0071】

圧電素子における電極の材料選定は、圧電膜の形成方法に依存して決定される。例えば、振動板上に第1電極を形成した後、第1電極上に圧電膜を焼成により形成する場合には、第1電極には圧電膜の焼成温度においても変化しない白金等の高融点金属を使用する必要があるが、圧電膜を形成した後に圧電膜上に形成される第2電極は、低温で電極形成を行うことができるので、アルミニウム等の低融点金属を使用することができる。

10

【0072】

また、圧電素子を一体焼成して形成することもできるが、この場合には、第1電極及び第2電極の両方を圧電膜の焼成温度に耐える高融点金属としなければならない。一方、図13に示したように、圧電膜90上に第1及び第2電極91・92を形成する場合には、双方を同じ低融点金属を用いて形成することができる。このように、第1電極及び第2電極は、圧電膜の焼成温度に代表される圧電膜の形成温度、圧電素子の構造に依存して、適宜好適なものを選択すればよい。なお、電極リードは、圧電素子における電極と同時に形成することが可能であり、また、振動板上の電極リードは圧電素子と同時に形成しておき、その後基板の電極リードを、スパッタ法、スクリーン印刷法等、種々の方法を用いて形成してもよい。

20

【0073】

続いて、圧電素子並びに電極リード上に形成する絶縁コーティング層の材料としては、絶縁性のガラス若しくは樹脂が用いられるが、変位を阻害しないようにしてデバイスの性能を上げるためには、ガラスよりも樹脂を用いることが好ましく、化学的安定性に優れたフッ素樹脂、例えば、四フッ化エチレン樹脂系テフロン（デュポン（株）製のテフロンPTFE）、四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合体樹脂系テフロン（テフロンFEP）、四フッ化エチレン・パーフロロアルキルビニルエーテル共重合体樹脂系テフロン（テフロンPFA）、PTFE/PFA複合テフロン等が好適に用いられる。また、これらのフッ素樹脂よりも耐食性、耐候性等に劣るが、シリコン樹脂（中でも熱硬化型のシリコン樹脂）も好適に用いられる他、エポキシ樹脂、アクリル樹脂等も目的に応じて使用することができる。なお、圧電素子並びにその近傍と、電極リード並びにその近傍とで異なる材料を用いて、絶縁コーティング層を形成することも好ましい。更に、絶縁性樹脂に無機・有機充填材を添加し、振動板等の剛性を調整することも好ましい。

30

【0074】

絶縁コーティング層を形成した場合に、絶縁コーティング層上に形成されるシールド層の材料としては、金、銀、銅、ニッケル、アルミニウム等の種々の金属が好適に用いられるが、他にも上述した圧電素子における電極等に用いられる全ての金属材料を用いることができる。また、金属粉末を樹脂と混合してなる導電性ペーストを用いることもできる。

40

【0075】

続いて、本発明のデバイスの作製方法について、前述したデバイス31を例に説明するが、その他のデバイス32～39も同様の方法により作製することができる。上述した通り、デバイスは固定板等の部材から構成されているため、別体で準備された種々の材料からなる部品をそれぞれ接合して作製することが可能である。しかし、この場合、生産性が高いものではなく、接合部における破損等が生じやすいことから、信頼性の面で問題がある。そこで、本発明においてはセラミックス粉末を原料としてグリーンシート積層法が好適に採用される。

50

【0076】

グリーンシート積層法においては、先ず、ジルコニア等のセラミックス粉末にバインダ、溶剤、分散剤等を添加混合してスラリーを作製し、これを脱泡処理後、リバースロールコーター法、ドクターブレード法等の方法により所定の厚みを有するグリーンシート若しくはグリーンテープを作製する。次に、グリーンシートを金型を用いた打ち抜き（パンチング）等の方法により、図11に示すような種々のグリーンシート部材（以下、「シート部材」という。）を作製する。

【0077】

シート部材51は、焼成後に、基板5、連結板2、固定板1並びに振動板3A～3Dとなる部材であり、この時点ではそれらの形状が不明確な一枚板の状態となっている。これは、前述したように、振動板3A～3Dは、3～20 μm と薄く形成することが好ましいことから、グリーンシートの状態でこれら各部材の形状を形成するよりも、焼成後に、レーザ加工等により、不要な部分を切り落とす方が、形状精度が良好に保たれ、好ましいことによる。

10

【0078】

シート部材52は、基板5となる他、固定板1と連結板2の厚みを振動板3A～3Dよりも厚く形成するための部材であって、孔部55、固定板1、連結板2が形成されている。固定板1と連結板2の接合部には、切欠部8を形成しておくこともできる。このシート部材52を所定数ほど積層して、所望する固定板1並びに連結板2の厚みを得る。なお、固定板1を連結板2よりも薄く形成する場合には、シート部材52から固定板1となる部分のみを削除したシート部材を作製し、これを積層すればよい。孔部55を形成したシート部材53は、基板5となる部材である。所定枚数ほど積層することで、所望する厚みを得ることができる。

20

【0079】

これらのシート部材51～53を、この順番で基準孔54を利用して位置決めを行いながら積層して、熱圧着等の方法により一体化し、積層体を作製する。そしてその後、1200～1600の温度で焼成を行う。なお、シート部材51の最終的に振動板3A～3Dが形成される位置に、予め圧電素子4A～4Dを形成しておき、積層体と一体焼成することも好ましい。同時焼成による圧電素子4A～4Dの配設方法としては、金型を用いたプレス成形法又はスラリー原料を用いたテープ成形法等によって圧電膜を成形し、この焼成前の圧電膜をシート部材51に熱圧着で積層し、同時に焼結して基板と圧電膜とを同時に作製する方法が挙げられる。但し、この場合には、後述する膜形成法を用いて、基板あるいは圧電膜に予め電極を形成しておく必要がある。

30

【0080】

圧電膜の焼成温度は、これを構成する材料によって適宜定められるが、一般には、800～1400であり、好ましくは1000～1400である。この場合、圧電膜の組成を制御するために、圧電膜の材料の蒸発源の存在化に焼結することが好ましい。なお、圧電膜の焼成と基板との焼成を同時に行う場合には、両者の焼成条件をマッチングすることが当然に必要となる。

【0081】

また、焼結後の積層体における振動板形成位置に、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法等の厚膜形成法、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着、イオンプレーティング法、化学気相蒸着法（CVD）、メッキ等の各種薄膜形成法により、圧電素子を配設することができる。このうち、本発明においては、圧電膜を形成するにあたり、スクリーン印刷法やディッピング法、塗布法、電気泳動法等による厚膜形成法が好適に採用される。これは、これらの手法は、平均粒径0.01～5 μm 、好ましくは0.05～3 μm の圧電セラミックスの粒子を主成分とするペーストやスラリー、又はサスペンションやエマルション、ゾル等を用いて圧電膜を形成することができ、良好な圧電作動特性が得られるからである。また、特に電気泳動法は、膜を高い密度で、かつ、高い形状精度で形成できることをはじめ、技術文献「「DENKI KAGAKU」、53、No

40

50

・ 1 (1 9 8 5) p 6 3 ~ 6 8、安齋和夫著」に記載されているような特徴を有する。従って、要求精度や信頼性等を考慮して、適宜、手法を選択して用いると良い。

【 0 0 8 2 】

例えば、作製した積層体を所定条件にて焼成した後、焼成後のシート部材 2 1 の表面の所定位置に第 1 電極を印刷、焼成し、次いで圧電膜を印刷、焼成し、更に第 2 電極を印刷、焼成して圧電素子を配設することができ、続いて形成された圧電素子における電極を測定装置に接続するための電極リードを印刷、焼成する。ここで、例えば、第 1 電極として白金 (P t) を、圧電膜としてはジルコン酸チタン酸鉛 (P Z T) を、第 2 電極としては金 (A u) を、更に電極リードとして銀 (A g) 等の材料を使用すると、焼成工程における焼成温度が逐次低くなるように設定されるので、ある焼成段階において、それより以前に焼成された材料の再焼結が起こらず、電極材等の剥離や凝集といった不具合の発生を回避することが可能となる。

10

【 0 0 8 3 】

なお、適当な材料を選択することにより、圧電素子の各部材と電極リードを逐次印刷して、一回で一体焼成することも可能であり、一方、圧電膜を形成した後に低温で各電極等を設けることもできる。また、圧電素子の各部材と電極リードはスパッタ法や蒸着法等の薄膜法によって形成してもかまわず、この場合には、必ずしも熱処理を必要としない。

【 0 0 8 4 】

こうして圧電素子を膜形成法によって形成することにより、接着剤を用いることなく圧電素子と振動板とを一体的に接合、配設することができ、信頼性、再現性を確保し、集積化を容易とすることができる。ここで、更に圧電膜を適当なパターンに形成してもよく、その形成方法としては、例えば、スクリーン印刷法やフォトリソグラフィ法、あるいはレーザ加工法、又はスライシング、超音波加工等の機械加工法を用いることができる。

20

【 0 0 8 5 】

次に、圧電素子 4 A ~ 4 D や電極リードが形成された焼成後の積層体の所定位置に振動板 3 A ~ 3 D や固定板 1、連結板 2、また必要に応じて切欠部 8 を形成する。ここで、Y A G レーザの第 4 次高調波を用いた加工により、焼結後のシート部材 2 1 の不要な部分を切り出し加工して除去することが好ましい。こうして、振動板 3 A ~ 3 D、固定板 1、連結板 2 を図 1 に示す形状に加工することができる。なお、基板 5 に相当する部分であって、不要な部分を前記レーザ加工やダイシングによって除去しても構わない。また、主にシート部材 2 2 により形成された固定板 1、連結板 2 の形状や、シート部材 2 1 により形成された振動板 3 A ~ 3 D 等の形状を、このような加工時に調整することで、変位量を調整することも好ましい。

30

【 0 0 8 6 】

更に、図 1 2 に示した圧電素子 8 8 を、図 1 5 に示すように、第 2 電極 8 7 を上部電極、第 1 電極 8 5 を下部電極として、その中間に圧電膜 8 6 を形成した圧電素子 8 8 を一度配設した後、上部電極を Y A G 第 4 次高調波レーザ、機械加工等により除去して圧電素子の有効電極面積を調整して、圧電 / 電歪デバイスのインピーダンス等の電気特性を調整し、所定の変位特性を得ることも好ましい。なお、圧電素子 8 8 の構造が、図 1 3 あるいは図 1 4 に示されるような櫛型構造である場合には、一方のあるいは両方の電極の一部を除去すればよい。

40

【 0 0 8 7 】

このような加工においては、上記の Y A G 第 4 次高調波レーザを用いた加工以外にも、Y A G レーザ及び Y A G レーザの第 2 次又は第 3 次高調波、エキシマレーザ、C O₂ レーザ等によるレーザ加工、電子ビーム加工、ダイシング (機械加工) など、駆動部の大きさと形状に適した種々の加工方法を適用することができる。

【 0 0 8 8 】

なお、本発明のデバイスは、上述したグリーンシートを用いた作製方法の他に、成形型を用いた加圧成形法や鋳込成形法、射出成形法等を用いて作製することもできる。これらの場合においても、焼成前後において、切削や研削加工、レーザ加工、パンチングによる打

50

ち抜き、あるいは超音波加工等の機械加工により加工が施され、所定形状とされる。

【0089】

こうして作製されたデバイス11における圧電素子4A～4D並びに並びに電極リード上に形成する絶縁コーティング層は、ガラス若しくは樹脂を用いて、スクリーン印刷法、塗布法、スプレー法等によって形成することができる。ここで、材料としてガラスを用いた場合には、デバイス自体をガラスの軟化温度程度まで昇温する必要があり、また硬度が大きいので変位若しくは振動を阻害するおそれがあるが、樹脂は柔らかく、しかも乾燥程度の処理で済むことから、樹脂を用いることが好ましい。

【0090】

なお、絶縁コーティング層として用いられる樹脂として、フッ素樹脂あるいはシリコーン樹脂が好適に用いられる旨は既に述べたが、これらの樹脂を用いる場合には、下地のセラミックスとの密着性を改善する目的で、使用する樹脂とセラミックスとの種類に応じたプライマー層を形成し、その上に絶縁コーティング層を形成することが好ましい。

【0091】

次に、絶縁コーティング層上に形成されるシールド層の形成は、絶縁コーティング層が樹脂からなる場合には、焼成処理を行うことが困難なため、種々の金属材料を用いる場合には、スパッタ法等の加熱を要しない方法を用いて行われ、一方、金属粉末と樹脂からなる導電性ペーストを用いる場合には、スクリーン印刷法、塗布法等を好適に用いることができる。なお、絶縁コーティング層をガラスで形成した場合には、ガラスが流動しない温度以下で、金属ペーストをスクリーン印刷等し、焼成することも可能である。

【0092】

以上、本発明の圧電/電歪デバイスの態様、材料、製法について、詳述してきたが、本発明が上記実施の態様に限定されるものでないことはいうまでもなく、本発明には上記の実施態様の他にも、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて種々の変更、修正、改良等を加え得るものであることが理解されるべきである。

【0093】

【発明の効果】

以上の説明で明らかのように、本発明の圧電/電歪デバイスは、構造が簡単であり小型化、軽量化が容易であるとともに、外部からの有害振動等の影響を受け難い特徴を有する。また、応答速度や変位量などを任意に設定することができるとともに、圧電素子の駆動を制御することで、一軸回転変位、面内回転変位や回転変位等の変位方向も自在にコントロールすることができるため、静的変位のみならず、動的変位のいずれに対しても高精度な制御が可能であり、大変位を容易に得ることができるとともに、センサとして用いた場合には高感度とすることができるという特徴を有する。更にグリーンシート積層法といった簡便な製造方法を用いることにより、一体構造として信頼性を高めつつ、安価に作製することができる利点がある。加えて、構成材料の選択の許容範囲が広く、目的に応じて都度好適な材料を使用することができる利点もある。従って、各種のアクチュエータやセンサに組み込んだ場合に高精度な制御、測定が可能となり、また、小型化、軽量化にも寄与するという優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の圧電/電歪デバイスの一実施態様を示す(a)平面図及び(b)断面図である。

【図2】 本発明の圧電/電歪デバイスの別の実施態様を示す平面図である。

【図3】 本発明の圧電/電歪デバイスの更に別の実施態様を示す平面図である。

【図4】 本発明の圧電/電歪デバイスの更に別の実施態様を示す平面図である。

【図5】 本発明の圧電/電歪デバイスの更に別の実施態様を示す(a)平面図及び(b)断面図並びに(c)変位説明図である。

【図6】 本発明の圧電/電歪デバイスの更に別の実施態様を示す(a)平面図及び(b)断面図である。

【図7】 本発明の圧電/電歪デバイスの更に別の実施態様を示す平面図である。

10

20

30

40

50

【図 8】 本発明の圧電 / 電歪デバイスの更に別の実施態様を示す平面図である。

【図 9】 本発明の圧電 / 電歪デバイスの更に別の実施態様を示す (a) 平面図及び (b) (c) (d) 断面図である。

【図 10】 図 9 記載の圧電 / 電歪デバイスの更に詳細な構造の一態様を示す (a) 平面図及び (b) (c) (d) 断面図である。

【図 11】 本発明の圧電 / 電歪デバイスの作製に用いられるシート部材の形状例を示す平面図である。

【図 12】 本発明の圧電 / 電歪デバイスに配設される圧電素子の一実施態様を示す斜視図である。

【図 13】 本発明の圧電 / 電歪デバイスに配設される圧電素子の別の実施態様を示す斜視図である。 10

【図 14】 本発明の圧電 / 電歪デバイスに配設される圧電素子の更に別の実施態様を示す斜視図である。

【図 15】 本発明の圧電 / 電歪デバイスの圧電素子の加工方法の一例を示す説明図である。

【図 16】 従来の圧電 / 電歪デバイス (圧電アクチュエータ) の構造の一例を示す斜視図である。

【図 17】 本発明の圧電 / 電歪デバイスの更に別の実施態様を示す平面図である。

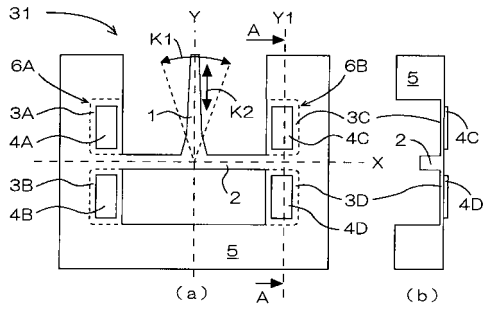
【図 18】 本発明の圧電 / 電歪デバイスの更に別の実施態様を示す平面図である。

【図 19】 本発明の圧電 / 電歪デバイスの更に別の実施態様を示す平面図である。 20

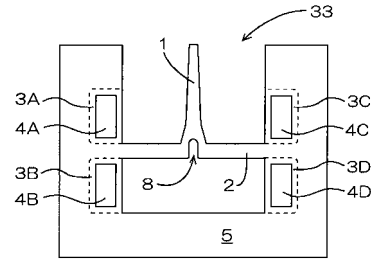
【符号の説明】

1 ... 固定板、2 ... 連結板、3 A ~ 3 D ... 振動板、4 A ~ 4 D ... 圧電素子、5 ... 基板、6 A · 6 B ... 凹部、7 ... 間隙部、8 ... 切欠部、9 ... 間隙部、10 ... 切欠部、11 ... 間隙部、12 ... ひんじ部、21 A ~ 21 D ... 電極リード、22 ... 絶縁コーティング層、23 ... シールド層、24 ... スルーホール、31 ~ 39 ... 圧電 / 電歪デバイス (デバイス)、51 ~ 53 ... シート部材、54 ... 基準孔、55 ... 孔部、85 ... 第 1 電極、86 ... 圧電膜、87 ... 第 2 電極、88 ... 圧電素子、89 ... 振動膜、90 ... 圧電膜、91 ... 第 1 電極、92 ... 第 2 電極、93 ... 隙間部、94 A · 94 B ... 圧電素子、102 ... 梁部、103 ... 固定部、104 ... 可動部、105 ... 電極層。

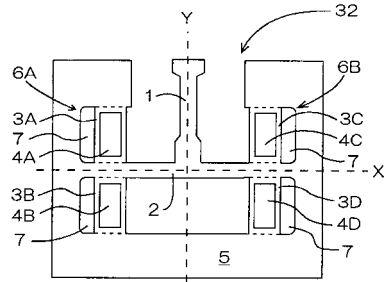
【図1】



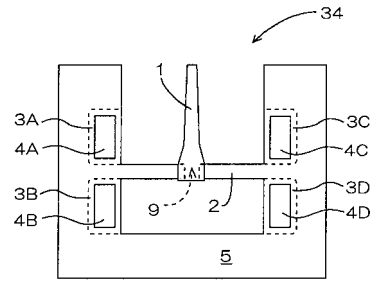
【図3】



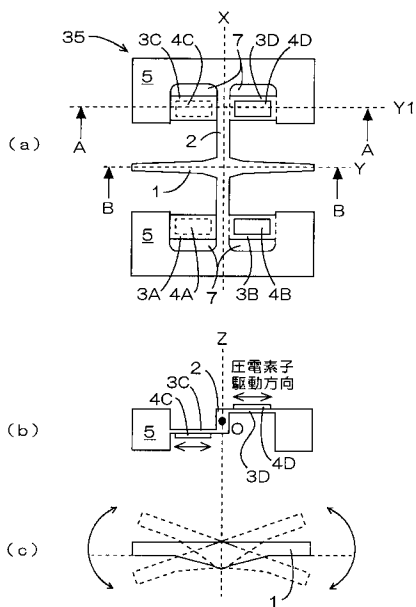
【図2】



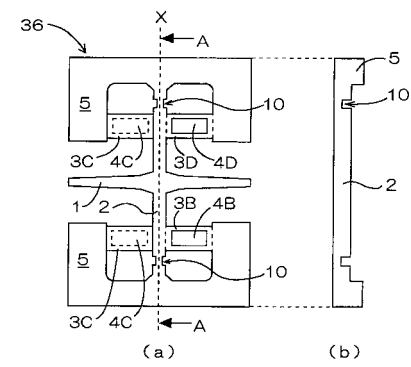
【図4】



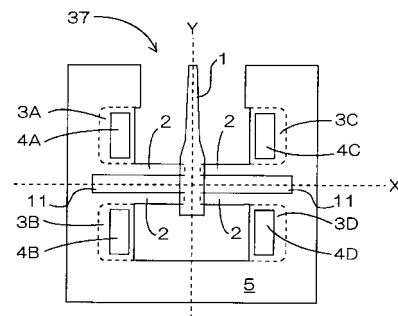
【図5】



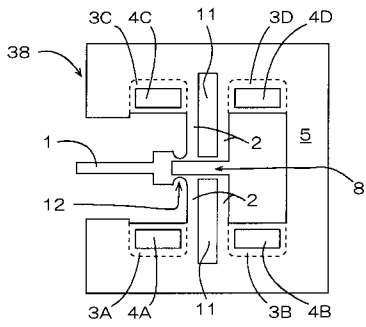
【図6】



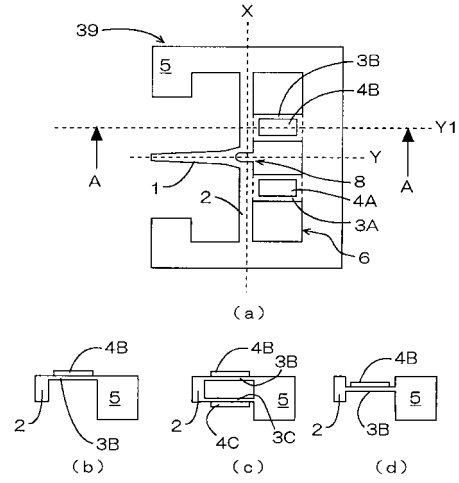
【図7】



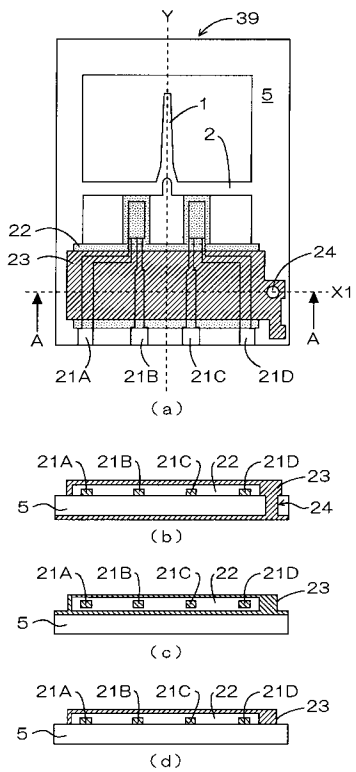
【 図 8 】



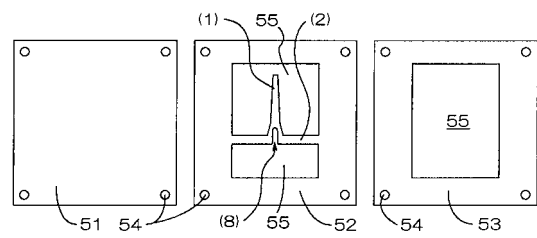
【 図 9 】



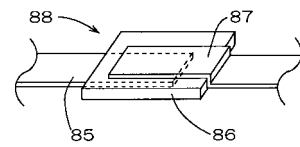
【 図 10 】



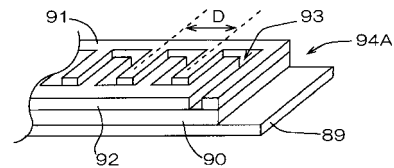
【 図 11 】



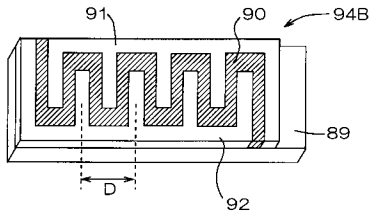
【 図 12 】



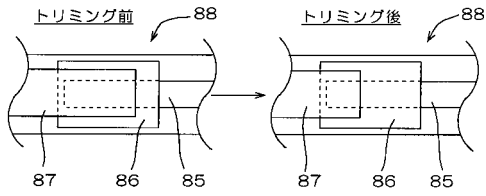
【 図 13 】



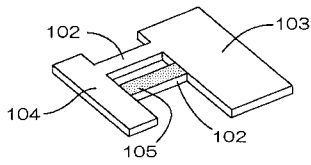
【図14】



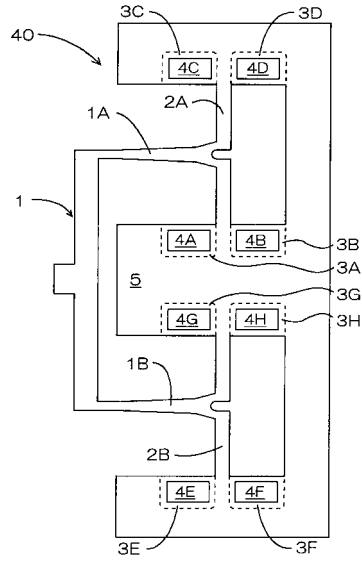
【図15】



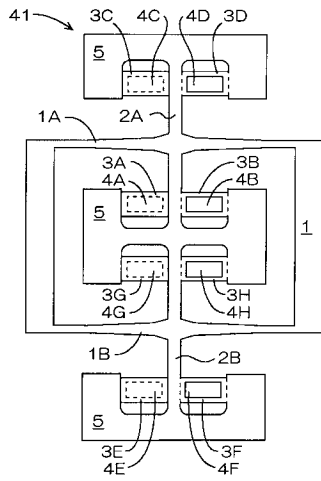
【図16】



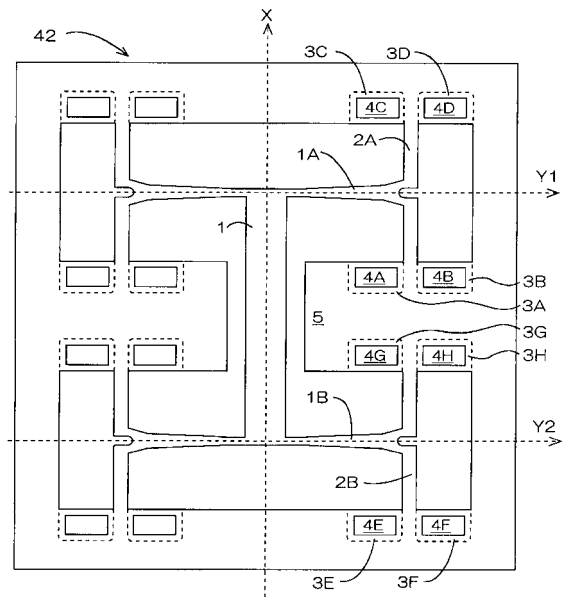
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

審査官 牧 初

- (56)参考文献 特開昭61-209846(JP,A)
特開昭62-272575(JP,A)
特開平07-107753(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02N 2/00-2/16