(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2001年4月12日 (12.04.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/26169 A1

(51) 国際特許分類[7]: H01L 41/08, 41/22

(21) 国際出願番号: PCT/JP00/06749

(22) 国際出願日: 2000年9月29日 (29.09.2000)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願平11/281522 1999年10月1日 (01.10.1999) JP
特願平11/307844 1999年10月28日 (28.10.1999) JP
特願平11/326195 1999年11月16日 (16.11.1999) JP
特願平11/371967 1999年12月27日 (27.12.1999) JP
特願2000/13576 2000年1月21日 (21.01.2000) JP
特願2000/15123 2000年1月24日 (24.01.2000) JP
特願2000/56434 2000年3月1日 (01.03.2000) JP
特願2000/265902 2000年9月1日 (01.09.2000) JP

(71) 出願人: 日本碍子株式会社 (NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒467-8530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).

(72) 発明者: 武内幸久 (TAKEUCHI, Yukihisa). 七瀧 努 (NANATAKI, Tsutomu). 滑川政彦 (NAMERIKAWA, Masahiko). 木村浩二 (KIMURA, Koji). 柴田和義 (SHIBATA, Kazuyoshi); 〒467-8530 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 Aichi (JP).

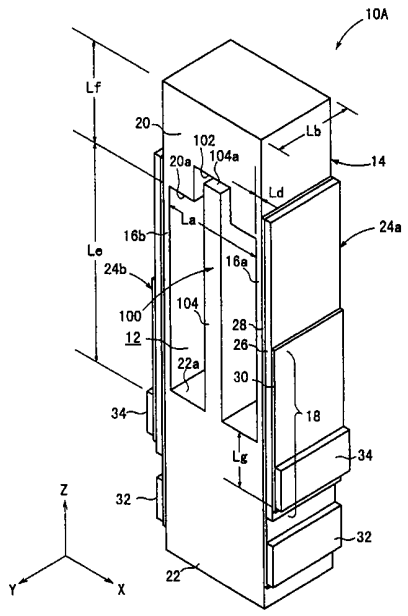
(74) 代理人: 千葉剛宏(CHIBA, Yoshihiro); 〒151-0053 東京都渋谷区代々木2丁目1番1号 新宿マインズタワー16階 Tokyo (JP).

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB, IT).

[続葉有]

(54) Title: PIEZOELECTRIC / ELECTROSTRICTIVE DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURE THEREOF

(54) 発明の名称: 圧電／電歪デバイス及びその製造方法



(57) Abstract: A piezoelectric / electrostrictive device (10A) comprises a pair of opposed thin plates (16a, 16b); a movable part (20); a fixed part (22) supporting the thin plates (16a, 16b) and the movable part (20); a piezoelectric / electrostrictive element (24a, 24b) attached to at least one of the thin plates (16a, 16b); and a hole (12) defined by both inner walls of the thin plates (16a, 16b), an inner wall (20a) of the movable part (20), and an inner wall (22a) of the fixed part (22); and a mechanism (100) for limiting the amplitude of the thin plates (16a, 16b). The mechanism (100) includes a recess (102) formed in the inner wall (20a) of the movable part (20), and a stopper (104) provided on the inner wall (22a) of the fixed part (22) and having its distal end (104a) received in the recess (102).

[続葉有]

WO 01/26169 A1

添付公開書類:
— 国際調査報告書

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

(57) 要約:

相対向する一対の薄板部(16a,16b)と、可動部(20)と、これら薄板部(16a,16b)と可動部(20)を支持する固定部(22)を具備し、一対の薄板部(16a,16b)のうち、少なくとも１つの薄板部(16a,16b)に圧電／電歪素子(24a,24b)が配設され、一対の薄板部(16a,16b)の両内壁と可動部(20)の内壁(20a)と固定部(22)の内壁(22a)とにより孔部(12)が形成された圧電／電歪デバイス(10A)において、薄板部(16a,16b)の振幅を制限する機構(100)を有して構成する。機構(100)は、可動部(20)の内壁(20a)に形成された凹部(102)と、固定部(22)の内壁(22a)に設けられ、先端部(104a)が前記凹部(102)内に入り込んだストッパ部材(104)とを有して構成する。

明細書

圧電／電歪デバイス及びその製造方法

技術分野

本発明は、圧電／電歪素子の変位動作に基づいて作動する可動部を備えた圧電／電歪デバイス、もしくは可動部の変位を圧電／電歪素子により検出できる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関し、詳しくは、強度、耐衝撃性、耐湿性に優れ、効率よく可動部を大きく作動させることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関する。

背景技術

近時、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光路長や位置を調整可能な変位素子が必要とされており、圧電／電歪材料（例えば強誘電体等）に電圧を印加したときに惹起される逆圧電効果や電歪効果による変位を利用した変位素子の開発が進められている。

従来、このような変位素子としては、例えば図２６に示すように、圧電／電歪材料からなる板状体２００に孔部２０２を設けることにより、固定部２０４と可動部２０６とこれらを支持する梁部２０８とを一体に形成し、更に、梁部２０８に電極層２１０を設けた圧電アクチュエータが開示されている（例えば特開平１０－１３６６６５号公報参照）。

前記圧電アクチュエータにおいては、電極層２１０に電圧を印加すると、逆圧電効果や電歪効果により、梁部２０８が固定部２０４と可動部２０６とを結ぶ方向に伸縮するため、可動部２０６を板状体２００の面内において弧状変位又は回転変位させることが可能である。

一方、特開昭６３－６４６４０号公報には、バイモルフを用いたアクチュエータに関して、そのバイモルフの電極を分割して設け、分割された電極を選択して駆動することにより、高精度な位置決めを高速に行う技術が開示され、この公報

（特に第４図）には、例えば２枚のバイモルフを対向させて使用する構造が示されている。

しかしながら、前記圧電アクチュエータにおいては、圧電／電歪材料の伸縮方向（即ち、板状体２００の面内方向）の変位をそのまま可動部２０６に伝達していたため、可動部２０６の作動量が小さいという問題があった。

また、圧電アクチュエータは、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成しているため、機械的強度が低く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に劣ることに加え、圧電アクチュエータ自体が重く、動作上、有害な振動（例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動）の影響を受けやすいという問題点があった。

そこで、例えば梁部の厚みを厚くして剛性を向上させることにより、強度と共に共振周波数を上げるという手法が考えられるが、剛性の向上による影響によって著しい変位低下及び応答速度の低下を招くという問題がある。

また、特開昭６３－６４６４０号公報の第４図が示すものは、中継部材とバイモルフ並びにヘッドとバイモルフとの接合形態において、共に歪みを発生するいわゆる圧電作動部位がそれぞれの接合部位を跨ぐ構造、即ち、中継部材とヘッドにわたってバイモルフが連続的に構成されている。

その結果、バイモルフを作動させた際、中継部材とバイモルフとの接合部を支点とした変位動作と、ヘッドとバイモルフとの接合点を支点とした変位動作が互いに干渉し合い、変位の発現を阻害し、ヘッドを外空間に対して大きく変位させるような作用が得られない構造であった。

また、従来のこの種のデバイスにおいては、外力に対して弱い構造のものが多く、ハンドリングがしにくいことや、高共振周波数化を図ることが困難であるという問題がある。

発明の開示

本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、変位特性、応答特性等のデバイス特性を低下させることなく、外力に対する耐衝撃性が大きく、ハン

ドリングが容易であると共に、大変位の発生、並びに高速応答が可能で、機械的強度が高く、有害な振動の影響を受け難く、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法を提供することを目的とする。

また、本発明の目的は、製造時の不要な振動に伴う不良の発生を抑制し、圧電／電歪デバイスの生産性の向上を図ることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法を提供することにある。

本発明は、相対向する一対の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも１つの薄板部に１以上の圧電／電歪素子が配設され、前記一対の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスであって、前記薄板部の振幅を制限する機構を有することを特徴とする。

これにより、薄板部並びに可動部に対して、大きく振動（振幅）させるような外力等が加わっても、前記機構により薄板部の振動（振幅）が制限され、その結果、薄板部の破損等を防止することができる。この場合、薄板部の厚みを厚くする必要がないため、薄板部上に配設される圧電／電歪素子の材料特性が劣化することがなく、変位特性や応答特性等のデバイス特性を低下させることがない。

つまり、本発明においては、変位特性、応答特性等のデバイス特性を低下させることなく、外力に対する耐衝撃性が大きく、ハンドリングが容易であると共に、大変位の発生、並びに高速応答が可能で、機械的強度が高く、有害な振動の影響を受け難く、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる。

また、製造時などにおいて、不要な振動が加えられても、前記機構により薄板部の振動（振幅）が制限されることから、前記不要な振動に伴う薄板部の破損等を有効に防止することができ、圧電／電歪デバイスの生産性の向上を図ることができる。

そして、前記機構としては、前記可動部の内壁に形成された凹部と、前記固定部の内壁に設けられ、先端部が前記凹部内に入り込んだストッパ部材とを有する

ようにしてもよく、前記固定部の内壁に形成された凹部と、前記可動部の内壁に設けられ、先端部が前記凹部内に入り込んだストッパ部材とを有するようにしてもよい。この場合、ストッパ部材の先端部が凹部に当たることによって、薄板部の振動（振幅）が制限されることになる。また、ストッパ部材の長さと厚みを適宜調整することで、弾力性をもたせることができ、ストッパ部材が凹部に当たる際の衝撃を吸収することができる。

なお、前記ストッパ部材の先端部から前記可動部の変位方向に沿った前記凹部内壁までの最短距離は、前記薄板部の振幅の許容限界以下であることが好ましい。この場合、薄板部の振動（振幅）がその許容限界以下となるため、薄板部の破損等を有効に防止することができる。

また、前記機構としては、前記固定部の内壁に設けられた２本の緩衝部材と、前記可動部の内壁に設けられ、先端部が前記２本の緩衝部材間に入り込んだストッパ部材とを有するようにしてもよく、前記可動部の内壁に設けられた２本の緩衝部材と、前記固定部の内壁に設けられ、先端部が前記２本の緩衝部材間に入り込んだストッパ部材とを有するようにしてもよい。

この場合、ストッパ部材の先端部が緩衝部材に当たることによって、薄板部の振動（振幅）が制限されることになる。特に、緩衝部材の高さと厚みによるアスペクト比を適宜調整することで、弾力性を持たせることができ、ストッパ部材が緩衝部材に当たることによる衝撃を吸収することができる。

また、前記機構は、前記固定部の内壁から孔部内に向かって形成された張出し部を設けて構成し、前記張出し部から前記薄板部までの最短距離が該薄板部の振幅の許容限界以下となるようにしてもよい。この場合、薄板部の振動（振幅）がその許容限界以下となるため、薄板部の破損等を有効に防止することができる。特に、この構成の場合においては、薄板部に直接（集中した）外力が加わったときにも、薄板部を破損に導く振動（振幅）が効果的に制限されるため、薄板部の破損防止に有効となる。

前記可動部、固定部、薄板部及び前記機構は、セラミックスもしくは金属を用いて構成されていてもよく、また、各部をセラミック材料同士で構成することも

できるし、あるいは金属材料同士で構成することもできる。更には、セラミックスと金属の材料とから製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造として構成することもできる。

更に、前記薄板部、前記可動部、前記固定部及び前記機構は、セラミックグリーン積層体を同時焼成することによって一体化し、更に不要な部分を切除してなるセラミック基体で構成するようにしてもよい。また、前記圧電／電歪素子を膜状とし、焼成によって前記セラミック基体に一体化するようにしてもよい。

この場合、前記圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と、該圧電／電歪層に形成された一対の電極とを有して構成することができる。また、前記圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と、該圧電／電歪層の両側に形成された一対の電極とを有し、該一対の電極のうち、一方の電極を少なくとも前記薄板部に形成するようにしてもよい。この場合、圧電／電歪素子による振動を薄板部を通じて効率よく可動部又は固定部に伝達することができ、応答性の向上を図ることができる。特に、前記圧電／電歪素子は、前記圧電／電歪層と前記一対の電極が複数の積層形態で構成されていることが好ましい。

次に、本発明は、相対向する一対の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも１つの薄板部に１以上の圧電／電歪素子が配設され、前記一対の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、少なくとも前記薄板部上に前記圧電／電歪素子を作製した後に、所定部位を切除して、前記薄板部の振幅を制限する機構が設けられた圧電／電歪デバイスを作製することを特徴とする。

ここでいう圧電／電歪素子を作製した後とは、少なくとも圧電／電歪層が薄板部に形成された状態を示し、圧電／電歪層の形成後に形成される電極に対しては、所定部位の切除を行った後に形成するようにしてもかまわない。

また、本発明は、相対向する一対の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも１つの薄板部に１以上の圧電／電歪素子が配設され、前記一対の薄板部の両内壁と前記可

動部の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、少なくとも後に少なくとも前記孔部を形成するための窓部を有するセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部の振幅を制限する機構を形成するためのセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、セラミック積層体を作製するセラミック積層体作製工程と、前記セラミック積層体のうち、前記薄板部となる部分の外表面に前記圧電／電歪素子を形成する工程と、前記圧電／電歪素子が形成されたセラミック積層体に対する少なくとも１回の切除処理によって、前記薄板部の振幅を制限する機構が設けられた圧電／電歪デバイスを作製する切除工程とを含むことを特徴とする。

これらの製造方法により、変位特性、応答特性等のデバイス特性を低下させることなく、外力に対する耐衝撃性が大きく、ハンドリングが容易であると共に、大変位の発生、並びに高速応答が可能で、機械的強度が高く、有害な振動の影響を受け難く、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を容易に得ることができる。

また、これらの製造方法においては、前記切除工程において、前記セラミック積層体に対する切除処理によって前記孔部を露出させることを併せて行うようにしてもよい。この場合、互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部の形成と孔部の形成を同時に行うようにしてもよく、その順番は問わない。

また、前記切除処理を例えば機械加工で行った場合などにおいて、不要な振動が加わることになるが、前記機構の存在により、薄板部の振動（振幅）が制限されることから、前記不要な振動に伴う製造時における薄板部の破損等を有効に防止することができ、圧電／電歪デバイスの生産性の向上を図ることができる。

従って、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法によれば、各種トランスデューサ、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、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、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センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、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利用することができる。

添付した図面と協同する次の好適な実施の形態例の説明から、上記の目的及び他の目的、特徴及び利点がより明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

図１は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

図２は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第１の変形例を示す斜視図である。

図３は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第２の変形例を示す斜視図である。

図４は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第３の変形例を示す斜視図である。

図５は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第４の変形例を示す斜視図である。

図６は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第５の変形例を示す斜視図である。

図７は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第６の変形例を示す斜視図である。

図８は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第７の変形例を示す斜視図である。

図９は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第８の変形例を示す斜視図である。

図１０は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第９の変形例を示す斜視図である。

図１１は、圧電／電歪素子の他の例を一部省略して示す斜視図である。

図１２は、圧電／電歪素子の更に他の例を一部省略して示す斜視図である。

図１３は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスにおいて、圧電／電歪素子が共に変位動作を行っていない場合を示す説明図である。

図１４Ａは、一方の圧電／電歪素子に印加される電圧波形を示す波形図である。

図１４Ｂは、他方の圧電／電歪素子に印加される電圧波形を示す波形図である。

図１５は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスにおいて、圧電／電歪素子が変位動作を行った場合を示す説明図である。

図１６Ａは、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図である。

図１６Ｂは、セラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

図１７は、前記製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成したセラミック積層体とした後、該セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成した状態を示す説明図である。

図１８は、前記製造方法において、セラミック積層体を所定の切断線に沿って切断して、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスとした状態を示す説明図である。

図１９は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第１０の変形例を示す斜視図である。

図２０は、第２の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

図２１は、第２の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの変形例を示す斜視図である。

図２２は、第３の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

図２３は、第４の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

図２４は、第５の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

図２５は、第６の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図で

ある。

図２６は、従来例に係る圧電／電歪デバイスを示す構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法の実施の形態例を図１～図２５を参照しながら説明する。

ここで、圧電／電歪デバイスは、圧電／電歪素子により電気的エネルギと機械的エネルギとを相互に変換する素子を包含する概念である。従って、各種アクチュエータや振動子等の能動素子、特に、逆圧電効果や電歪効果による変位を利用した変位素子として最も好適に用いられるほか、加速度センサ素子や衝撃センサ素子等の受動素子としても好適に使用され得る。

なお、本発明における圧電／電歪とは、圧電及び／又は電歪を意味し、例えば圧電／電歪デバイス並びに圧電／電歪素子は、それぞれ圧電及び／又は電歪デバイス並びに圧電及び／又は電歪素子を意味する。

まず、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａは、図１に示すように、全体として長尺の直方体の形状を呈し、その長軸方向のほぼ中央部分に孔部１２が設けられた基体１４を有する。

基体１４は、相対向する一対の薄板部１６ａ及び１６ｂと、可動部２０と、前記一対の薄板部１６ａ及び１６ｂ並びに可動部２０を支持する固定部２２とを具備し、少なくとも薄板部１６ａ及び１６ｂの各一部にそれぞれ圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂが形成されている。ここで、薄板部１６ａ及び１６ｂのうち、それぞれ圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂが形成される面を、薄板部１６ａ及び１６ｂの側面と定義する。

この基体１４については、全体をセラミックスもしくは金属を用いて構成されたもののほか、セラミックスと金属の材料で製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造としてもよい。

また、基体１４は、各部を有機樹脂、ガラス等の接着剤で接着してなる構造、セラミックグリーン積層体を焼成により一体化してなるセラミック一体構造、ロ

ウ付け、半田付け、共晶接合もしくは溶接等で一体化した金属一体構造等の構成を採用することができるが、一体構造が信頼性の点で望ましく、中でも最も好ましくはセラミックグリーン積層体を焼成により一体化したセラミック積層体で基体１４を構成することが望ましい。

このようなセラミックスの一体化物は、各部の接合部に接着剤が介在しないことから、経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な構造であることに加え、後述するセラミックグリーンシート積層法により、容易に製造することが可能である。

そして、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂは、後述のとおり別体として圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを準備して、基体１４に有機樹脂、ガラス等の接着剤や、ロウ付け、半田付け、共晶接合等で貼り付けられるほか、膜形成法を用いることにより、前記貼り付けではなく直接基体１４に形成されることとなる。

また、この圧電／電歪デバイス１０Ａは、一対の薄板部１６ａ及び１６ｂの両内壁と可動部２０の内壁２０ａと固定部２２の内壁２２ａにより例えば矩形状の前記孔部１２が形成され、前記圧電／電歪素子２４ａ及び／又は２４ｂの駆動によって可動部２０が変位し、あるいは可動部２０の変位を圧電／電歪素子２４ａ及び／又は２４ｂにより検出する構成を有する。

圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂは、圧電／電歪層２６と、該圧電／電歪層２６の両側に形成された一対の電極２８及び３０とを有して構成され、該一対の電極２８及び３０のうち、一方の電極２８が少なくとも一対の薄板部１６ａ及び１６ｂに形成されている。

図１の例では、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを構成する一方の電極２８及び圧電／電歪層２６の各先端部を可動部２０の側面まで延ばし、他方の電極３０の先端部を薄板部１６ａ及び１６ｂの長さ方向（Ｚ軸方向）のほぼ中央に位置させるようにしている。そして、この圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの実質的駆動部分１８（一対の電極２８及び３０が圧電／電歪層２６を間に挟んで重なる部分）が固定部２２の側面の一部から薄板部１６ａ及び１６ｂの側面の一部にかけて連続的に形成されている構成をとることで、可動部２０の変位量を効率的に大

きくすることが可能となる。

そして、上述の第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａにおいては、図１に示すように、前記薄板部１６ａ及び１６ｂや可動部２０の振幅を制限する機構１００を有して構成されている。この機構１００は、第１の実施の形態では、可動部２０の内壁２０ａに形成された凹部１０２と、固定部２２の内壁２２ａに設けられ、先端部１０４ａが前記凹部１０２内に入り込んだ板状のストッパ部材１０４とを有して構成されている。

この場合、例えば図１３に示すように、ストッパ部材１０４の先端部１０４ａから可動部２０の変位方向に沿った前記凹部１０２の内壁（側壁）１０２ａまでの最短距離Ｌｃが、可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂの振幅の許容限界以下であることが好ましい。これにより、可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂの振動（振幅）がその許容限界以下となるため、薄板部１６ａ及び１６ｂの破損等を有効に防止することができる。また、更に、前記ストッパ部材１０４の先端部１０４ａから前記ストッパ部材１０４の伸びる方向に沿った前記凹部１０２の内壁１０２ａまでの最短距離も、前記許容限界に応じ、所定の寸法とすれば、Ｚ軸方向からの外力に対しても、薄板部１６ａ及び１６ｂの破損等を有効に防止することができる。

なお、一対の電極２８及び３０への電圧の印加は、各電極２８及び３０のうち、それぞれ固定部２２の両側面（素子形成面）上に形成された端子（パッド）３２及び３４を通じて行われるようになっている。各端子３２及び３４の位置は、一方の電極２８に対応する端子３２が固定部２２の後端寄りに形成され、外部空間側の他方の電極３０に対応する端子３４が固定部２２の内壁２２ａ寄りに形成されている。

この場合、圧電／電歪デバイス１０Ａの固定を、端子３２及び３４が配置された面とは別の面を利用してそれぞれ別個に行うことができ、結果として、圧電／電歪デバイス１０Ａの固定と、回路と端子３２及び３４間の電気的接続の双方に高い信頼性を得ることができる。この構成においては、フレキシブルプリント回路（ＦＰＣとも称される）、フレキシブルフラットケーブル（ＦＦＣとも称され

る）、ワイヤボンディング等によって端子３２及び３４と回路との電気的接続が行われる。

圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの構成としては、図１に示す構成のほか、図２に示す第１の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａａのように、一対の電極２８及び３０並びに圧電／電歪層２６の各先端面をほぼ揃えるようにし、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの実質的駆動部分１８（一対の電極２８及び３０が圧電／電歪層２６を間に挟んで重なる部分）を固定部２２の側面の一部から可動部２０の側面の一部にかけて連続的に形成するようにしてもよい。

また、図３に示す第２の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｂのように、一対の電極２８及び３０並びに圧電／電歪層２６の各先端面をほぼ揃えるようにし、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの実質的駆動部分１８を固定部２２の外表面の一部から薄板部１６ａ及び１６ｂの側面の一部にかけて連続的に形成するようにしてもよいし、図４に示す第３の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｃのように、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを構成する一対の電極２８及び３０の各先端部を揃え、圧電／電歪層２６の先端部のみを可動部２０側に突出させるようにしてもよい。これら図３、図４に従うような圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの配置を有する構造の場合、図１の例と同様に、可動部２０を固定部２２に対してほぼ平行に、かつ、大きく変位させることができる。

特に、上述の第３の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｃでは、図４に示すように、可動部２０に互いに対向する端面３６ａ及び３６ｂを形成した例を示す。

この場合、製造時に圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂ及び／又は薄板部１６ａ及び１６ｂに生じていた内部残留応力を前記端面３６ａ及び３６ｂの移動によって解放することができるため、可動部２０の変位動作が前記内部残留応力によって阻害されることがなくなり、ほぼ設計通りの可動部２０の変位動作を得ることができる。加えて、この応力の解放によって、圧電／電歪デバイス１０Ａｃの機械強度の向上も図ることができる。

これら端面３６ａ及び３６ｂの間には、図４に示すように、空隙（空気）３８

を介在させるようにしてもよいし、前記可動部２０の構成部材とは異なる部材、例えば樹脂等からなる部材を介在させるようにしてもよい。上述の例では、互いに対向する端面３６ａ及び３６ｂを可動部２０に設けた例を示したが、その他、図５に示す第４の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｄのように、前記端面３６ａ及び３６ｂを固定部２２に設けるようにしてもよい。また、この図５に従う圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの配置も可動部２０を固定部２２に対してほぼ平行に、かつ、大きく変位させることができる。

上述の例では、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを、１層構造の圧電／電歪層２６と一対の電極２８及び３０で構成するようにしたが、その他、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを、圧電／電歪層２６と一対の電極２８及び３０の複数を積層形態にして構成することも好ましい。

例えば図６に示す第５の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｅのように、圧電／電歪層２６並びに一対の電極２８及び３０をそれぞれ多層構造とし、一方の電極２８と他方の電極３０をそれぞれ交互に積層して、これら一対の電極２８と他方の電極３０が圧電／電歪層２６を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分１８）が多段構成とされた圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂとしてもよい。この図６では、圧電／電歪層２６を３層構造とし、１層目の下面（薄板部１６ａ及び１６ｂの側面）と２層目の上面に一方の電極２８をそれぞれ分離して形成し、１層目の上面と３層目の上面に他方の電極３０をそれぞれ分離して形成し、更に、一方の電極２８の各端部にそれぞれ端子３２ａ及び３２ｂを設け、他方の電極３０の各端部にそれぞれ端子３４ａ及び３４ｂを設けた例を示している。

また、図７に示す第６の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｆのように、圧電／電歪層２６並びに一対の電極２８及び３０をそれぞれ多層構造とし、一方の電極２８と他方の電極３０を断面ほぼ櫛歯状となるようにそれぞれ互い違いに積層し、これら一対の電極２８と他方の電極３０が圧電／電歪層２６を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分１８）が多段構成とされた圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂとしてもよい。この図７では、圧電／電歪層２６を３層構造とし、一方の電極２８が１層目の下面（薄板部１６ａ及び１６ｂの側面）と２層目の上面

に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極３０が１層目の上面と３層目の上面に位置するように櫛歯状に形成した例を示している。この構成の場合、一方の電極２８同士並びに他方の電極３０同士をそれぞれつなぎ共通化することで、図６の構成と比べて端子３２及び３４の数を減らすことができるため、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの多層化に伴うサイズの大型化を抑えることができる。

なお、図６においては、一方の電極２８同士、他方の電極３０同士に対して同じ電位の信号を印加する使用法のほか、すべての電極２８及び３０にそれぞれ独立した信号を印加して使用することも可能である。後者のような使用法を採用すれば、各圧電／電歪層２６ごとに異なる歪みを発生させることができ、より精密な変位制御を行わせることが可能である。

また、図８に示す第７の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｇのように、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを、その先端部が薄板部１６ａ及び１６ｂ上にとどまるように形成するようにしてもよい。図８の例では、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの先端部を薄板部１６ａ及び１６ｂの長さ方向ほぼ中央部に位置された例を示す。この場合、可動部２０を固定部２２に対してほぼ平行に大きく変位させることができるという利点がある。

また、図９に示す第８の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｈのように、２つの多段構成の圧電／電歪素子２４ａ１及び２４ｂ１をそれぞれ固定部２２と薄板部１６ａ及び１６ｂとを跨るように形成し、他の２つの多段構成の圧電／電歪素子２４ａ２及び２４ｂ２をそれぞれ可動部２０と薄板部１６ａ及び１６ｂとを跨るように形成するようにしてもよい。この場合、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを多段構成にする効果と、可動部２０を変位させるための作用点が増えるという効果により、可動部２０をきわめて大きく変位させることができ、また、高速応答性にも優れたものになり、好ましい。

また、図１０に示す第９の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｉのように、圧電／電歪層２６を２層構成とし、一方の電極２８が１層目の下面（薄板部１６ａ及び１６ｂの側面）と２層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極３０が１層目の上面に位置するように形成した多段構成の圧電／電歪素子２

４ａ及び２４ｂとしてもよい。

このような圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを多段構成とすることにより、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの発生力が増大し、もって大変位が図られると共に、圧電／電歪デバイス１０Ａｉ自体の剛性が増すことで、高共振周波数化が図られ、変位動作の高速化が容易に達成できる。

ここで、周波数とは、一対の電極２８及び３０に印加する電圧を交番的に切り換えて、可動部２０を左右に変位させたときの電圧波形の周波数を示し、共振周波数とは、可動部２０の変位動作が所定の振動モードで追従できる最大の周波数を示す。

なお、段数を多くすれば、駆動力の増大は図られるが、それに伴い消費電力も増えるため、実際に実施する場合には、用途、使用状態に応じて適宜段数等を決めればよい。また、第５～第９の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｅ～１０Ａｉでは、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを多段構成にして駆動力を上げても、基本的に薄板部１６ａ及び１６ｂの幅（Ｙ軸方向の距離）は不変であるため、例えば非常に狭い間隙において使用されるハードディスク用磁気ヘッドの位置決め、リンギング制御等のアクチュエータに適用する上で非常に好ましいデバイスとなる。

上述の圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂにおいては、一対の電極２８及び３０間に圧電／電歪層２６を介在させたいわゆるサンドイッチ構造で構成した場合を示したが、その他、図１１に示すように、少なくとも薄板部１６ａ及び１６ｂの側面に形成された圧電／電歪層２６の一主面に櫛型の一対の電極２８及び３０を形成するようにしてもよいし、図１２に示すように、少なくとも薄板部１６ａ及び１６ｂの側面に形成された圧電／電歪層２６に櫛型の一対の電極２８及び３０を埋め込んで形成するようにしてもよい。

図１１に示す構造の場合は、消費電力を低く抑えることができるという利点があり、図１２に示す構造の場合は、歪み、発生力の大きな電界方向の逆圧電効果や電歪効果を効果的に利用できる構造であることから、大変位の発生に有利になる。

具体的には、図１１に示す圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂは、圧電／電歪層２６の一主面に櫛型構造の一対の電極２８及び３０が形成されてなり、一方の電極２８及び他方の電極３０が互い違いに一定の幅の間隙２９をもって相互に対向する構造を有する。図１１では、一対の電極２８及び３０を圧電／電歪層２６の一主面に形成した例を示したが、その他、薄板部１６ａ及び１６ｂと圧電／電歪層２６との間に一対の電極２８及び３０を形成するようにしてもよいし、圧電／電歪層２６の一主面並びに薄板部１６ａ及び１６ｂと圧電／電歪層２６との間にそれぞれ櫛型の一対の電極２８及び３０を形成するようにしてもよい。

一方、図１２に示す圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂは、圧電／電歪層２６に埋め込まれるように、櫛型構造の一対の電極２８及び３０が形成され、一方の電極２８及び他方の電極３０が互い違いに一定の幅の間隙２９をもって相互に対向する構造を有する。

図１１及び図１２に示すような圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂも第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａ等に好適に用いることができる。図１１及び図１２に示す圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂのように、櫛型の一対の電極２８及び３０を用いる場合は、各電極２８及び３０の櫛歯のピッチＤを小さくすることで、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの変位を大きくすることが可能である。

ここで、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａの動作について説明する。まず、例えば２つの圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂが自然状態、即ち、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂが共に変位動作を行っていない場合は、図１３に示すように、圧電／電歪デバイス１０Ａの長軸（固定部の長軸）ｍと可動部２０の中心軸ｎとがほぼ一致している。

この状態から、例えば図１４Ａの波形図に示すように、一方の圧電／電歪素子２４ａにおける一対の電極２８及び３０に所定のバイアス電位Ｖｂを有するサイン波Ｗａをかけ、図１４Ｂに示すように、他方の圧電／電歪素子２４ｂにおける一対の電極２８及び３０に前記サイン波Ｗａとはほぼ１８０°位相の異なるサイン波Ｗｂをかける。

そして、一方の圧電／電歪素子２４ａにおける一対の電極２８及び３０に対して例えば最大値の電圧が印加された段階においては、一方の圧電／電歪素子２４ａにおける圧電／電歪層２６はその主面方向に収縮変位する。これにより、例えば図１５に示すように、一方の薄板部１６ａに対し、矢印Ａで示すように、該薄板部１６ａを例えば右方向に撓ませる方向の応力が発生することから、該一方の薄板部１６ａは右方向に撓み、このとき、他方の圧電／電歪素子２４ｂにおける一対の電極２８及び３０には、電圧は印加されていない状態となるため、他方の薄板部１６ｂは一方の薄板部１６ａの撓みに追従して右方向に撓む。

その結果、可動部２０は、圧電／電歪デバイス１０Ａの長軸ｍに対して例えば右方向に変位する。なお、変位量は、各圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂに印加される電圧の最大値に応じて変化し、例えば最大値が大きくなるほど変位量も大きくなる。

そして、この実施の形態では、可動部２０の変位の際に、可動部２０の内壁２０ａに設けられた凹部１０２の側壁１０２ａにストッパ部材１０４の先端部１０４ａが当たり、可動部２０の変位を抑制するかたちとなる。そのため、可動部２０を大きく振動（振幅）させるような外力等が加わっても、前記機構１００の作用（ストッパ部材１０４の先端部１０４ａが凹部１０２の側壁１０２ａに当たること）により、可動部２０の振動（振幅）が制限され、その結果、薄板部１６ａ及び１６ｂの破損等を防止することができる。この場合、薄板部１６ａ及び１６ｂの厚みを厚くして破損等を防止する必要がないため、薄板部１６ａ及び１６ｂ上に形成される圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの材料特性が劣化することがなく、変位特性や応答特性等のデバイス特性を低下させることがない。

特に、圧電／電歪層２６の構成材料として、抗電界を有する圧電／電歪材料を適用した場合には、図１４Ａ及び図１４Ｂの二点鎖線の波形に示すように、最小値のレベルが僅かに負のレベルとなるように、前記バイアス電位Ｖｂを調整するようにしてもよい。この場合、該負のレベルが印加されている圧電／電歪素子（例えば他方の圧電／電歪素子２４ｂ）の駆動によって、例えば他方の薄板部１６ｂに一方の薄板部１６ａの撓み方向と同じ方向の応力が発生し、可動部２０の

変位量をより大きくすることが可能となる。つまり、図１４Ａ及び図１４Ｂにおける二点鎖線に示すような波形を使用することで、負のレベルが印加されている圧電／電歪素子２４ｂ又は２４ａが、変位動作の主体となっている圧電／電歪素子２４ａ又は２４ｂをサポートするという機能を持たせることができる。

なお、図９に示す第８の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｈの例では、対角線上に配置された例えば圧電／電歪素子２４ａ１と圧電／電歪素子２４ｂ２に、図１４Ａに示す電圧（サイン波Ｗａ参照）が印加され、他の圧電／電歪素子２４ａ２と圧電／電歪素子２４ｂ１に、図１４Ｂに示す電圧（サイン波Ｗｂ参照）が印加される。

このように、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａ並びに各種変形例１０Ａａ～１０Ａｉにおいては、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの微小な変位が薄板部１６ａ及び１６ｂの撓みを利用して大きな変位動作に増幅されて、可動部２０に伝達されることになるため、可動部２０は、圧電／電歪デバイス１０の長軸ｍに対して大きく変位させることが可能となる。

特に、可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂの振幅を制限する機構１００を有するようにしたので、可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂに対して、該可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂを大きく振動（振幅）させるような外力等が加わっても、前記機構１００により可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂの振動（振幅）が制限され、その結果、薄板部の破損等を防止することができる。この場合、薄板部１６ａ及び１６ｂの厚みを厚くする必要がないため、薄板部１６ａ及び１６ｂに形成される圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの材料特性が劣化することがなく、変位特性や応答特性等のデバイス特性を低下させることがない。

つまり、この第１の実施の形態においては、変位特性、応答特性等のデバイス特性を損なうことなく、高速応答が可能となる。

また、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａ等においては、可動部２０、薄板部１６ａ及び１６ｂ並びに固定部２２が一体化されており、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成する必要がないため、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れ、動作上、

有害な振動（例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動）の影響を受け難いという利点を有する。

また、この第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａ等においては、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを、圧電／電歪層２６と、該圧電／電歪層２６の両側に形成された一対の電極２８及び３０とを有して構成し、一対の電極２８及び３０のうち、一方の電極２８を少なくとも薄板部１６ａ及び１６ｂの外表面に形成するようにしたので、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂによる振動を薄板部１６ａ及び１６ｂを通じて効率よく可動部２０に伝達することができ、応答性の向上を図ることができる。

特に、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａ、第２～第７の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｂ～１０Ａｇ並びに第９の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｉにおいては、一対の電極２８及び３０が圧電／電歪層２６を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分１８）を固定部２２の一部から薄板部１６ａ及び１６ｂの一部にかけて連続的に形成するようにしている。

実質的駆動部分１８を更に可動部２０の一部にかけて形成した場合、可動部２０の変位動作が前記実質的駆動部分１８によって制限され、大きな変位を得ることができなくなるおそれがあるが、これらの実施の形態や変形例では、前記実質的駆動部分１８を可動部２０と固定部２２の両方にかけないように形成しているため、可動部２０の変位動作が制限されるという不都合が回避され、可動部２０の変位量を大きくすることができる。

また、その中でも、第２、第３、第４及び第７の圧電／電歪デバイス１０Ａｂ、１０Ａｃ、１０Ａｄ及び１０Ａｇ等に示されるような構成を採用することで、可動部２０を固定部２２に対してほぼ平行に変位させることが可能となるため、外力に対する耐衝撃性が増し、薄板部１６ａ及び１６ｂの破損が抑えられることと合わせ、好ましい構造である。

逆に、可動部２０の一部に圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを形成する場合は、前記実質的駆動部分１８が可動部２０の一部から薄板部１６ａ及び１６ｂの一部にかけて位置させるように形成することが好ましい。これは、実質的駆動部分１

８が固定部２２の一部にまでわたって形成されると、上述したように、可動部２０の変位動作が制限されるからである。

この場合も、前記実質的駆動部分１８の位置関係に加え、一方の電極２８、他方の電極３０及び圧電／電歪層２６のすべてが可動部２０の一部から薄板部１６ａ及び１６ｂの一部にかけて位置されるように形成した構造とすれば、可動部２０を固定部２２に対してほぼ平行に変位させることが可能となるため、外力に対する耐衝撃性が増し、薄板部１６ａ及び１６ｂの破損が抑えられることと合わせ、好ましい構造である。

次に、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａの好ましい構成例について説明する。

まず、可動部２０の変位動作を確実なものとするために、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの実質的駆動部分１８が固定部２２もしくは可動部２０にかかる距離Ｌｇを薄板部１６ａ及び１６ｂの厚みＬｄの１／２以上とすることが好ましい。

そして、薄板部１６ａ及び１６ｂの内壁間の距離（Ｘ軸方向の距離）Ｌａと薄板部１６ａ及び１６ｂの幅Ｌｂとの比Ｌａ／Ｌｂが０．５～２０となるように構成する。前記比Ｌａ／Ｌｂは、好ましくは１～１０とされ、更に好ましくは２～８とされる。この比Ｌａ／Ｌｂの規定値は、可動部２０の変位量を大きくし、Ｘ－Ｚ平面内での変位を支配的に得られることの発見に基づく規定である。

一方、薄板部１６ａ及び１６ｂの長さ（Ｚ軸方向の距離）Ｌｅと薄板部１６ａ及び１６ｂの内壁間の距離Ｌａとの比Ｌｅ／Ｌａにおいては、好ましくは０．５～１０とされ、更に好ましくは０．７～５とすることが望ましい。この比Ｌｅ／Ｌａの規定値は、可動部２０の変位量を大きくでき、かつ、高い共振周波数で変位動作を行うことができる（高い応答速度を達成できる）という発見に基づく規定である。

従って、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０ＡをＹ軸方向への煽り変位、あるいは振動を抑制し、かつ、高速応答性に優れ、相対的に低電圧で大きな変位を併せ持つ構造とするには、比Ｌａ／Ｌｂを０．５～２０とし、かつ、比Ｌｅ／Ｌａを０．５～１０にすることが好ましく、更に好ましくは比Ｌａ／Ｌ

ｂを１～１０とし、かつ、比Ｌｅ／Ｌａを０．７～５にするとよい。更に、孔部１２にゲル状の材料、例えばシリコーンゲルを充填することが好ましい。

また、可動部２０の長さ（Ｚ軸方向の距離）Ｌｆは、短いことが好ましい。短くすることで軽量化と共振周波数の増大が図られるからである。しかしながら、可動部２０のＸ軸方向の剛性を確保し、その変位を確実なものとするためには、可動部２０の長さ（Ｚ軸方向の距離）Ｌｆと薄板部１６ａ及び１６ｂの厚みＬｄとの比Ｌｆ／Ｌｄを３以上、好ましくは５以上とすることが望ましい。

なお、各部の実寸法は、可動部２０への部品の取り付けのための接合面積、固定部２２を他の部材に取り付けるための接合面積、電極用端子などの取り付けのための接合面積、圧電／電歪デバイス１０Ａ全体の強度、耐久度、必要な変位量並びに共振周波数、そして、駆動電圧等を考慮して定められることになる。

具体的には、例えば薄板部１６ａ及び１６ｂの内壁間の距離Ｌａは、１００μｍ～２０００μｍが好ましく、更に好ましくは２００μｍ～１０００μｍである。薄板部１６ａ及び１６ｂの幅Ｌｂは、５０μｍ～２０００μｍが好ましく、更に好ましくは１００μｍ～５００μｍである。薄板部１６ａ及び１６ｂの厚みＬｄは、Ｙ軸方向への変位成分である煽り変位が効果的に抑制されるように、薄板部１６ａ及び１６ｂの幅Ｌｂとの関係においてＬｂ＞Ｌｄとされ、かつ、２μｍ～１００μｍが好ましく、更に好ましくは４μｍ～５０μｍである。

薄板部１６ａ及び１６ｂの長さＬｅは、２００μｍ～３０００μｍが好ましく、更に好ましくは３００μｍ～２０００μｍである。可動部２０の長さＬｆは、５０μｍ～２０００μｍが好ましく、更に好ましくは１００μｍ～１０００μｍである。

このような構成にすることにより、Ｘ軸方向の変位に対してＹ軸方向の変位が１０％を超えないが、上述の寸法比率と実寸法の範囲で適宜調整を行うことで低電圧駆動が可能で、Ｙ軸方向への変位成分を５％以下に抑制できるというきわめて優れた効果を示す。つまり、可動部２０は、実質的にＸ軸方向という１軸方向に変位することになり、しかも、高速応答性に優れ、相対的に低電圧で大きな変位を得ることができる。

また、この圧電／電歪デバイス１０Ａにおいては、デバイスの形状が従来のような板状ではなく、可動部２０と固定部２２が直方体の形状を呈しており、可動部２０と固定部２２の側面が連続するように一対の薄板部１６ａ及び１６ｂが設けられているため、圧電／電歪デバイス１０ＡのＹ軸方向の剛性を選択的に高くすることができる。

即ち、この圧電／電歪デバイス１０Ａでは、平面内（ＸＺ平面内）における可動部２０の動作のみを選択的に発生させることができ、可動部２０のＹＺ面内の動作（いわゆる煽り方向の動作）を抑制することができる。

次に、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａの各構成要素について説明する。

可動部２０は、上述したように、薄板部１６ａ及び１６ｂの駆動量に基づいて作動する部分であり、圧電／電歪デバイス１０Ａの使用目的に応じて種々の部材が取り付けられる。例えば、圧電／電歪デバイス１０Ａを変位素子として使用する場合であれば、光シャッタの遮蔽板等が取り付けられ、特に、ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めやリンギング抑制機構に使用するのであれば、磁気ヘッド、磁気ヘッドを有するスライダ、スライダを有するサスペンション等の位置決めを必要とする部材が取り付けられる。

固定部２２は、上述したように、薄板部１６ａ及び１６ｂ並びに可動部２０を支持する部分であると共に、圧電／電歪デバイス１０Ａを他の部材に取り付け固定する部分でもあり、固定部２２を例えば前記ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めに利用する場合には、ＶＣＭ（ボイスコイルモータ）に取り付けられたキャリッジアーム、該キャリッジアームに取り付けられた固定プレート又はサスペンション等に支持固定することにより、圧電／電歪デバイス１０Ａの全体が固定される。また、この固定部２２には、図１に示すように、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを駆動するための端子３２及び３４その他の部材が配置される場合もある。

可動部２０及び固定部２２を構成する材料としては、剛性を有するものであれば、特に限定されないが、後述するセラミックグリーンシート積層法を適用した

セラミックスを好適に用いることができる。具体的には、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニアをはじめとするジルコニア、アルミナ、マグネシア、窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化チタンを主成分とする材料等が挙げられるほか、これらの混合物を主成分とした材料が挙げられるが、機械的強度や靭性が高い点において、ジルコニア、特に安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料が好ましい。また、金属材料においては、剛性を有するものであれば、特に限定されないが、ステンレス鋼、ニッケル等が挙げられる。その他、エンジニアリングプラスチックで構成してもよい。

薄板部１６ａ及び１６ｂは、上述したように、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの変位により駆動する部分である。薄板部１６ａ及び１６ｂは、可撓性を有する薄板状の部材であって、表面に配設された圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの伸縮変位を屈曲変位として増幅して、可動部２０に伝達する機能を有する。従って、薄板部１６ａ及び１６ｂの形状や材質は、可撓性を有し、屈曲変形によって破損しない程度の機械的強度を有するものであれば足り、可動部２０の応答性、操作性を考慮して適宜選択することができる。

薄板部１６ａ及び１６ｂの厚みＬｄは、２μｍ～１００μｍ程度とすることが好ましく、薄板部１６ａ（もしくは１６ｂ）と圧電／電歪素子２４ａ（もしくは２４ｂ）とを合わせた厚みは７μｍ～５００μｍとすることが好ましい。電極２８及び３０の厚みは０．１～５０μｍ、圧電／電歪層２６の厚みは３～３００μｍとすることが好ましい。また、薄板部１６ａ及び１６ｂの幅Ｌｂとしては、５０μｍ～２０００μｍが好適である。

薄板部１６ａ及び１６ｂを構成する材料としては、可動部２０や固定部２２と同様のセラミックスを好適に用いることができ、ジルコニア、中でも安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料は、薄肉であっても機械的強度が大きいこと、靭性が高いこと、圧電／電歪層や電極材との反応性が小さいことから最も好適に用いられる。

また、金属材料で構成する場合にも、前述のとおり、可撓性を有し、屈曲変形が可能な金属材料であればよいが、好ましくは、鉄系材料としては、各種ステン

レス鋼、各種バネ鋼鋼材で構成することが望ましく、非鉄系材料としては、ベリリウム銅、リン青銅、ニッケル、ニッケル鉄合金で構成することが望ましい。

前記安定化ジルコニア並びに部分安定化ジルコニアにおいては、次のように安定化並びに部分安定化されたものが好ましい。即ち、ジルコニアを安定化並びに部分安定化させる化合物としては、酸化イットリウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム、酸化カルシウム、及び酸化マグネシウムがあり、少なくともそのうちの１つの化合物を添加、含有させることにより、ジルコニアは部分的にあるいは完全に安定することになるが、その安定化は、１種類の化合物の添加のみならず、それら化合物を組み合わせて添加することによっても、目的とするジルコニアの安定化は可能である。

なお、それぞれの化合物の添加量としては、酸化イットリウムや酸化イッテルビウムの場合にあっては、１～３０モル％、好ましくは１．５～１０モル％、酸化セリウムの場合にあっては、６～５０モル％、好ましくは８～２０モル％、酸化カルシウムや酸化マグネシウムの場合にあっては、５～４０モル％、好ましくは５～２０モル％とすることが望ましいが、その中でも特に酸化イットリウムを安定化剤として用いることが好ましく、その場合においては、１．５～１０モル％、更に好ましくは２～４モル％とすることが望ましい。また、焼結助剤等の添加物としてアルミナ、シリカ、遷移金属酸化物等を０．０５～２０ｗｔ％の範囲で添加することが可能であるが、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの形成手法として、膜形成法による焼成一体化を採用する場合は、アルミナ、マグネシア、遷移金属酸化物等を添加物として添加することも好ましい。

なお、機械的強度と安定した結晶相が得られるように、ジルコニアの平均結晶粒子径を０．０５～３μｍ、好ましくは０．０５～１μｍとすることが望ましい。また、上述のように、薄板部１６ａ及び１６ｂについては、可動部２０並びに固定部２２と同様のセラミックスを用いることができるが、好ましくは、実質的に同一の材料を用いて構成することが、接合部分の信頼性、圧電／電歪デバイス１０Ａの強度、製造の煩雑さの低減を図る上で有利である。

圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂは、少なくとも圧電／電歪層２６と、該圧電

／電歪層２６に電界をかけるための一対の電極２８及び３０を有するものであり、ユニモルフ型、バイモルフ型等の圧電／電歪素子を用いることができるが、薄板部１６ａ及び１６ｂとの組合せに係るユニモルフ型の方が、発生する変位量の安定性に優れ、軽量化に有利であるため、このような圧電／電歪デバイス１０Ａに適している。

例えば、図１に示すように、一方の電極２８、圧電／電歪層２６及び他方の電極３０が層状に積層された圧電／電歪素子等を好適に用いることができるほか、図６～図１０に示すように、多段構成にしてもよい。

前記圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂは、図１に示すように、圧電／電歪デバイス１０Ａの外面側に形成する方が薄板部１６ａ及び１６ｂをより大きく駆動させることができる点で好ましいが、使用形態などに応じて、圧電／電歪デバイス１０Ａの内面側、即ち、孔部１２の内壁面に形成してもよく、圧電／電歪デバイス１０Ａの外面側、内面側の双方に形成してもよい。

圧電／電歪層２６には、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、ある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。但し、この圧電／電歪デバイス１０Ａをハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決め等に用いる場合は、可動部２０の変位量と駆動電圧又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、抗電界が１０ｋＶ／mm以下の材料を用いることが好ましい。

具体的な材料としては、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、アンチモンスズ酸鉛、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、チタン酸ナトリウムビスマス、ニオブ酸カリウムナトリウム、タンタル酸ストロンチウムビスマス等を単独であるいは混合物として含有するセラミックスが挙げられる。

特に、高い電気機械結合係数と圧電定数を有し、圧電／電歪層２６の焼結時における薄板部（セラミックス）１６ａ及び１６ｂとの反応性が小さく、安定した組成のものが得られる点において、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、及びマグネシウ

ムニオブ酸鉛を主成分とする材料、もしくはチタン酸ナトリウムビスマスを主成分とする材料が好適に用いられる。

更に、前記材料に、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、スズ等の酸化物等を単独で、もしくは混合したセラミックスを用いてもよい。

例えば、主成分である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に、ランタンやストロンチウムを含有させることにより、抗電界や圧電特性を調整可能となる等の利点が得られる場合がある。

なお、シリカ等のガラス化し易い材料の添加は避けることが望ましい。なぜならば、シリカ等の材料は、圧電／電歪層の熱処理時に、圧電／電歪材料と反応し易く、その組成を変動させ、圧電特性を劣化させるからである。

一方、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの一対の電極２８及び３０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、もしくはこれらの合金が用いられ、更に、これらに圧電／電歪層２６及び／又は薄板部１６ａ及び１６ｂ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。

圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂにおける電極２８及び３０の材料選定は、圧電／電歪層２６の形成方法に依存して決定される。例えば薄板部１６ａ及び１６ｂ上に一方の電極２８を形成した後、該一方の電極２８上に圧電／電歪層２６を焼成により形成する場合は、一方の電極２８には、圧電／電歪層２６の焼成温度においても変化しない白金、パラジウム、白金－パラジウム合金、銀－パラジウム合金、金－パラジウム合金等の高融点金属を使用する必要があるが、圧電／電歪層２６を形成した後に、該圧電／電歪層２６上に形成される他方の電極３０は、低温で電極形成を行うことができるため、アルミニウム、金、銀等の低融点金属

を使用することができる。

また、電極２８及び３０の厚みは、少なからず圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの変位を低下させる要因ともなるため、特に圧電／電歪層２６の焼成後に形成される電極２８及び３０には、焼成後に緻密でより薄い膜が得られる有機金属ペースト、例えば金レジネートペースト、白金レジネートペースト、銀レジネートペースト等の材料を用いることが好ましい。

次に、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａの製造方法を図１６Ａ～図１８を参照しながら説明する。

この第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａは、各部材の構成材料をセラミックスとし、圧電／電歪デバイス１０Ａの構成要素として、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを除く基体１４、即ち、薄板部１６ａ及び１６ｂ、固定部２２及び可動部２０についてはセラミックグリーンシート積層法を用いて製造することが好ましく、一方、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂをはじめとして、各端子３２及び３４については、薄膜や厚膜等の膜形成手法を用いて製造することが好ましい。

圧電／電歪デバイス１０Ａの基体１４における各部材を一体的に成形することが可能なセラミックグリーンシート積層法によれば、各部材の接合部の経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な方法である。

この第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａでは、薄板部１６ａ及び１６ｂと固定部２２との境界部分（接合部分）並びに薄板部１６ａ及び１６ｂと可動部２０との境界部分（接合部分）は、変位発現の支点となるため、接合部分の信頼性は圧電／電歪デバイス１０Ａの特性を左右する重要なポイントである。

また、以下に示す製造方法は、生産性や成形性に優れるため、所定形状の圧電／電歪デバイスを短時間に、かつ、再現性よく得ることができる。

以下、具体的に第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａの製造方法について説明する。ここで、定義付けをしておく。セラミックグリーンシートを積層して得られた積層体をセラミックグリーン積層体５８（例えば図１６Ｂ参

照）と定義し、このセラミックグリーン積層体５８を焼成して一体化したものをセラミック積層体６０（例えば図１７参照）と定義し、このセラミック積層体６０から不要な部分を切除して可動部２０、薄板部１６ａ及び１６ｂ並びに固定部２２が一体化されたものをセラミック基体１４Ｃ（図１８参照）と定義する。

また、この製造方法においては、最終的にセラミック積層体６０をチップ単位に切断して、圧電／電歪デバイス１０Ａを多数個取りするものであるが、説明を簡単にするために、圧電／電歪デバイス１０Ａの１個取りを主体にして説明する。

まず、ジルコニア等のセラミック粉末にバインダ、溶剤、分散剤、可塑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セラミックグリーンシートを作製する。

次に、金型を用いた打抜加工やレーザ加工等の方法により、セラミックグリーンシートを図１６Ａのような種々の形状に加工して、複数枚の基体形成用のセラミックグリーンシート５０Ａ、５０Ｂ、５２Ａ、５２Ｂ、５４Ａ、５４Ｂ及び５６を得る。

これらセラミックグリーンシート５０Ａ、５０Ｂ、５２Ａ、５２Ｂ、５４Ａ、５４Ｂ及び５６は、少なくとも後に孔部１２を形成する窓部１１０が形成された複数枚（例えば２枚）のセラミックグリーンシート５０Ａ及び５０Ｂと、少なくとも後に孔部１２を形成する窓部１１０と凹部１０２を形成する窓部１１２が連続形成された複数枚（例えば２枚）のセラミックグリーンシート５４Ａ及び５４Ｂと、窓部１１４が形成され、少なくとも後にストッパ部材１２２となる例えば１枚のセラミックグリーンシート５６と、後に薄板部１６ａ及び１６ｂとなる複数枚（例えば２枚）のセラミックグリーンシート５２Ａ及び５２Ｂとを有する。なお、セラミックグリーンシートの枚数は、あくまでも一例である。

その後、図１６Ｂに示すように、セラミックグリーンシート５２Ａ及び５２Ｂでセラミックグリーンシート５０Ａ、５０Ｂ、５４Ａ、５４Ｂ及び５６を挟み込むようにして、かつ、セラミックグリーンシート５６が中央に位置し、その上下にセラミックグリーンシート５４Ａ及び５４Ｂが位置するように、これらセラミ

ックグリーンシート５０Ａ、５０Ｂ、５２Ａ、５２Ｂ、５４Ａ、５４Ｂ及び５６を積層・圧着して、セラミックグリーン積層体５８とした後、該セラミックグリーン積層体５８を焼成してセラミック積層体６０（図１７参照）を得る。

なお、積層一体化のための圧着回数や順序は限定されない。構造に応じて、例えば窓部１１０、１１２及び１１４の形状、セラミックグリーンシートの枚数等により所望の構造を得るように適宜決めることができる。

窓部１１０、１１２及び１１４の形状は、すべて同一である必要はなく、所望の機能に応じて決定することができる。また、セラミックグリーンシートの枚数、各セラミックグリーンシートの厚みも特に限定されない。

圧着は、熱を加えることで、より積層性を向上させることができる。また、セラミック粉末（セラミックグリーンシートに使用されたセラミックスと同一又は類似した組成であると、信頼性確保の点で好ましい）、バインダを主体としたペースト、スラリー等をセラミックグリーンシート上に塗布、印刷して、接合補助層とすることで、セラミックグリーンシート界面の積層性を向上させることができる。なお、セラミックグリーンシート５２Ａ及び５２Ｂが薄い場合には、プラスチックフィルム、中でも表面にシリコーン系の離型剤をコーティングしたポリエチレンテレフタレートフィルムを用いて取り扱うことが好ましい。

次に、図１７に示すように、前記セラミック積層体６０の両表面、即ち、セラミックグリーンシート５２Ａ及び５２Ｂが積層された表面に相当する表面にそれぞれ圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを形成する。圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの形成法としては、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や、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、化学気相成長法（ＣＶＤ）、めっき等の薄膜形成法を用いることができる。

このような膜形成法を用いて圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを形成することにより、接着剤を用いることなく、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂと薄板部１６ａ及び１６ｂとを一体的に接合、配設することができ、信頼性、再現性を確保できると共に、集積化を容易にすることができる。

この場合、厚膜形成法により圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを形成することが好ましい。特に、圧電／電歪層２６の形成において厚膜形成法を用いれば、平均粒径０．０１～５μｍ、好ましくは０．０５～３μｍの圧電セラミックスの粒子、粉末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ジョン、ゾル等を用いて膜化することができ、それを焼成することによって良好な圧電／電歪特性を得ることができるからである。

なお、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という利点がある。また、スクリーン印刷法は、膜形成とパターン形成とを同時にできるため、製造工程の簡略化に有利である。

具体的に、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの形成について説明する。まず、セラミックグリーン積層体５８を１２００℃～１６００℃の温度で焼成、一体化してセラミック積層体６０を得た後、該セラミック積層体６０の両表面の所定位置に一方の電極２８を印刷、焼成し、次いで、圧電／電歪層２６を印刷、焼成し、更に、他方の電極３０を印刷、焼成して圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを形成する。その後、各電極２８及び３０を駆動回路に電気的に接続するための端子３２及び３４を印刷、焼成する。

ここで、一方の電極２８として白金（Ｐｔ）、圧電／電歪層２６としてジルコン酸チタン酸鉛（ＰＺＴ）、他方の電極３０として金（Ａｕ）、更に、端子３２及び３４として銀（Ａｇ）というように、各部材の焼成温度が積層順に従って低くなるように材料を選定すると、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できる。

なお、適当な材料を選択することにより、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの各部材と端子３２及び３４を逐次印刷して、１回で一体焼成することも可能であり、圧電／電歪層２６を形成した後に低温で各電極３０等を設けることもできる。

また、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの各部材と端子３２及び３４は、スパッタ法や蒸着法等の薄膜形成法によって形成してもよく、この場合には、必ずしも熱処理を必要としない。

圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの形成においては、セラミックグリーン積層体５８の両表面、即ち、セラミックグリーンシート５２Ａ及び５２Ｂの各表面に予め圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを形成しておき、該セラミックグリーン積層体５８と圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂとを同時に焼成することも好ましく行われる。同時焼成にあたっては、セラミックグリーン積層体５８と圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂのすべての構成膜に対して焼成を行うようにしてもよく、一方の電極２８とセラミックグリーン積層体５８とを同時焼成したり、他方の電極３０を除く他の構成膜とセラミックグリーン積層体５８とを同時焼成する方法等が挙げられる。

圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂとセラミックグリーン積層体５８とを同時焼成する方法としては、スラリー原料を用いたテープ成形法等によって圧電／電歪層２６の前駆体を成形し、この焼成前の圧電／電歪層２６の前駆体をセラミックグリーン積層体５８の表面上に熱圧着等で積層し、同時に焼成して可動部２０、薄板部１６ａ及び１６ｂ、圧電／電歪層２６、固定部２２とを同時に作製する方法が挙げられる。但し、この方法では、上述した膜形成法を用いて、セラミックグリーン積層体５８の表面及び／又は圧電／電歪層２６に予め電極２８を形成しておく必要がある。

その他の方法としては、セラミックグリーン積層体５８の少なくとも最終的に薄板部１６ａ及び１６ｂとなる部分にスクリーン印刷により圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの各構成層である電極２８及び３０、圧電／電歪層２６を形成し、同時に焼成することが挙げられる。

圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂの構成膜の焼成温度は、これを構成する材料によって適宜決定されるが、一般には、５００℃～１５００℃であり、圧電／電歪層２６に対しては、好ましくは１０００℃～１４００℃である。この場合、圧電／電歪層２６の組成を制御するためには、圧電／電歪層２６の材料の蒸発源の存在下に焼結することが好ましい。なお、圧電／電歪層２６とセラミックグリーン積層体５８を同時焼成する場合には、両者の焼成条件を合わせることが必要である。圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂは、必ずしもセラミック積層体６０もし

くはセラミックグリーン積層体５８の両面に形成されるものではなく、片面のみでももちろんよい。

次に、上述のようにして、圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂが形成されたセラミック積層体６０のうち、不要な部分を切除する。切除する位置は、セラミック積層体６０の側部、特に、該切除によってセラミック積層体６０の側面に窓部１１０による孔部１２が形成される箇所（切断線Ｃ１及びＣ２参照）である。

切除の方法としては、ダイシング加工、スライシング加工、ワイヤソー加工等の機械加工のほか、ＹＡＧレーザ、エキシマレーザ等のレーザ加工や電子ビーム加工を適用することが可能である。

この切除によって、図１８に示すように、セラミック基体１４Ｃに圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂが形成され、更に、前記可動部２０の内壁２０ａに凹部１０２が形成され、前記固定部２２に先端部１０４ａが前記凹部１０２に入り込むストッパ部材１０４が形成された圧電／電歪デバイス１０Ａを得る。

この製造方法においては、セラミック積層体６０から不要な部分を切除したと同時に、セラミック基体１４Ｃに圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂが形成され、更に、前記可動部２０の内壁２０ａに凹部１０２が形成され、前記固定部２２に先端部１０４ａが前記凹部１０２に入り込むストッパ部材１０４が形成された圧電／電歪デバイス１０Ａを得ることができるため、製造工程の簡略化を図ることができると共に、圧電／電歪デバイス１０Ａの歩留まりを向上させることができる。

特に、前記セラミック積層体６０のうち、不要な部分を切除する際において、例えば機械加工によって切除する場合には、薄板部１６ａ及び１６ｂを振動（振幅）させる何らかの応力が薄板部１６ａ及び１６ｂにかかり、場合によっては、その振動によって薄板部１６ａ及び１６ｂが破損するおそれがある。しかし、本実施の形態では、前記ストッパ部材１０４を設けるようにしているため、切除時の振動（振幅）が制限され、圧電／電歪デバイス１０Ａの生産性を向上させることができる。

上述の第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａ並びに各種変形例１

０Ａａ～１０Ａｉにおいては、機構１００の構成として、可動部２０の内壁２０ａに形成された凹部１０２と、固定部２２の内壁２２ａに設けられ、先端部１０４ａが前記凹部１０２内に入り込んだストッパ部材１０４とを有するようにしたが、その他、図１９に示す第１０の変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ａｊのように、固定部２２の内壁２２ａに凹部１０２を形成し、前記可動部２０の内壁２０ａに前記ストッパ部材１０４を形成して、前記機構１００を構成するようにしてもよい。

この場合も、可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂに対して、該可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂを大きく振動（振幅）させるような外力等が加わっても、前記機構１００により可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂの振動（振幅）が制限され、その結果、薄板部１６ａ及び１６ｂの破損等を防止することができる。この場合、薄板部１６ａ及び１６ｂの厚みを厚くする必要がないため、変位特性や応答特性等のデバイス特性を低下させることがない。

次に、第２の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｂについて図２０を参照しながら説明する。第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａ並びに各種変形例１０Ａａ～１０Ａｉと対応する部材については同符号を付してその重複説明を省略する。

この第２の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｂは、図２０に示すように、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａとほぼ同様の構成を有するが、薄板部１６ａ及び１６ｂの振幅を制限する機構１００が、固定部２２の内壁２２ａに設けられた２本の緩衝部材１２０ａ及び１２０ｂと、可動部２０の内壁２０ａに設けられ、先端部１２２ａが前記２本の緩衝部材１２０ａ及び１２０ｂ間に入り込んだストッパ部材１２２とを有して構成されている点で異なる。

この場合も、前記ストッパ部材１２２の先端部１２２ａから可動部２０の変位方向に沿った前記緩衝部材１２０ａ又は１２０ｂまでの最短距離が、可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂの振幅の許容限界以下であることが好ましい。

この第２の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｂにおいては、ストッパ部材１２２の先端部１２２ａが緩衝部材１２０ａ又は１２０ｂに当たることによ

って、可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂの振動（振幅）が制限されることになる。特に、緩衝部材１２０ａ及び１２０ｂの高さと厚みによるアスペクト比を適宜調整することで、弾力性を持たせることができ、ストッパ部材１２２が緩衝部材１２０ａ及び１２０ｂに当たることによる衝撃を吸収することができる。

なお、図２１に示す変形例に係る圧電／電歪デバイス１０Ｂａのように、可動部２０の内壁２０ａに２本の緩衝部材１２０ａ及び１２０ｂを設け、固定部２２の内壁２２ａに前記ストッパ部材１２２を設けるようにしてもよい。

次に、第３の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｃについて図２２を参照しながら説明する。第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａ並びに各種変形例１０Ａａ～１０Ａｉと対応する部材については同符号を付してその重複説明を省略する。

この第３の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｃは、図２２に示すように、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａとほぼ同様の構成を有するが、薄板部１６ａ及び１６ｂの振幅を制限する機構１００が、固定部２２の内壁２２ａから孔部１２内に向かって形成された張出し部１３０を有して構成され、張出し部１３０から前記薄板部１６ａ及び１６ｂまでの最短距離Ｌｉが該薄板部１６ａ及び１６ｂの振幅の許容限界以下に設定されている点で異なる。

ここで、許容限界とは、薄板部１６ａ及び１６ｂと可動部２０との接合部分並びに薄板部１６ａ及び１６ｂと固定部２２との接合部分にかかる応力が最大のとき（破壊しない最大値）の薄板部１６ａ及び１６ｂの振幅をいう。

この第３の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｃにおいては、可動部２０や薄板部１６ａ及び１６ｂの振動（振幅）がその許容限界以下となるため、薄板部１６ａ及び１６ｂの破損等を有効に防止することができる。特に、この構成の場合においては、薄板部１６ａ及び１６ｂに直接（集中した）外力が加わったときにも、薄板部１６ａ及び１６ｂを破損に導く振動（振幅）が効果的に制限される構造のため、薄板部１６ａ及び１６ｂの破損防止に有効である。

上述の例では、一対の薄板部１６ａ及び１６ｂに圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂを形成した例を示したが、その他、図２３に示す第４の実施の形態に係る圧

電／電歪デバイス１０Ｄのように、一方の薄板部１６ａに圧電／電歪素子２４ａを形成するようにしてもよい。

このように、相対向する一対の薄板部１６ａ及び１６ｂの片側の薄板部１６ａのみに圧電／電歪素子２４ａを形成した圧電／電歪デバイス１０Ｄは、圧電／電歪素子２４ｂが形成されていない薄板部１６ｂの剛性を小さくすることができる。

その結果、両側に圧電／電歪素子２４ａ及び２４ｂが形成されている圧電／電歪デバイス（例えば図８に示す圧電／電歪デバイス１０Ａｇ）と、片側のみに圧電／電歪素子２４ａが形成された圧電／電歪デバイス１０Ｄとを、１つの圧電／電歪素子２４ａを駆動して得られる変位の大きさで比較すると、片側のみに圧電／電歪素子２４ａが形成された圧電／電歪デバイス１０Ｄの方が、対向する側の薄板部１６ｂの剛性が低いという効果から、より大きな変位が得られるという特徴がある。

上述の第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａ並びに各種変形例１０Ａａ～１０Ａｉにおいては、ストッパ部材１０４として板状のものを設けた例を示したが、その他、図２４の第５の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｅに示すように、段差１４０を有するものにしてもよい。即ち、第５の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｅのストッパ部材１０４は、第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａのストッパ部材１０４と第３の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｃの張出し部１３０とを組み合わせた構成となっており、Ｘ軸方向の厚みが大とされた厚肉部１４２の上部中央にＸ軸方向の厚みが小とされた薄肉部１４４が一体に形成された構成を有する。薄肉部１４４の先端部１０４ａは、可動部２０の内壁２０ａに設けられた凹部１０２内に入り込んだ形となっている。なお、厚肉部１４２から前記薄板部１６ａ及び１６ｂまでの最短距離Ｌｉ並びに凹部１０２内に入り込んだ薄肉部１４４の先端部１０４ａから可動部２０の変位方向に沿った前記凹部１０２の内壁１０２ａまでの最短距離Ｌｃは、該薄板部１６ａ及び１６ｂの振幅の許容限界以下に設定されている。

この場合、圧電／電歪デバイス１０Ｅは、その側面（Ｘ軸方向）からの外力に対して総合的に強くなるため、可動部２０並びに薄板部１６ａ及び１６ｂに外力

が加わった場合における耐衝撃性を更に向上させることができる。

また、上述の第２の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｂにおいては、緩衝部材１２０ａ及び１２０ｂとしてそれぞれ薄肉の板状のものを設けた例を示したが、その他、図２５の第６の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｆに示すように、厚肉の板状とし、各緩衝部材１２０ａ及び１２０ｂから前記薄板部１６ａ及び１６ｂまでの最短距離Ｌｉ並びにストッパ部材１２２の先端部１２２ａから可動部２０の変位方向に沿った各緩衝部材１２０ａ及び１２０ｂまでの最短距離Ｌｃが該薄板部１６ａ及び１６ｂの振幅の許容限界以下に設定されたものを設けるようにしてもよい。

この場合も、圧電／電歪デバイス１０Ｆは、その側面（Ｘ軸方向）からの外力に対して総合的に強くなるため、可動部２０並びに薄板部１６ａ及び１６ｂに外力が加わった場合における耐衝撃性を更に向上させることができる。

この第６の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｆの構造は、図１９に示す第１の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ａの第１０の変形例（１０Ａｊ）や、図２１に示す第２の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス１０Ｂの変形例（１０Ｂａ）にも適用させることができる。

なお、図１９や図２１に示すように、可動部２０にストッパ部材１０４や緩衝部材１２０ａ及び１２０ｂを有するものについては、可動部２０の質量が増加するため、アクチュエータとして使用した場合、その応答性が若干低下することになるが、加速度センサ等の慣性質量を利用するセンサ等に使用した場合は、検出感度の向上に有効である。

上述した種々の圧電／電歪デバイスによれば、各種トランスデューサ、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、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、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センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、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利用することができる。

なお、この発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

請求の範囲

1．相対向する一対の薄板部(16a,16b)と、可動部(20)と、これら薄板部(16a,16b)と可動部(20)を支持する固定部(22)とを具備し、

前記一対の薄板部(16a,16b)のうち、少なくとも１つの薄板部(16a,16b)に１以上の圧電／電歪素子(24a,24b)が配設され、

前記一対の薄板部(16a,16b)の両内壁と前記可動部(20)の内壁(20a)と前記固定部(22)の内壁(22a)とにより孔部(12)が形成された圧電／電歪デバイスであって、

前記薄板部(16a,16b)の振幅を制限する機構(100)を有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

2．請求項１記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記機構(100)は、

前記可動部(20)の内壁(22a)に形成された凹部(102)と、

前記固定部(22)の内壁(22a)に設けられ、先端部(104a)が前記凹部(102)内に入り込んだストッパ部材(104)とを有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

3．請求項１記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記機構(100)は、

前記固定部(22)の内壁(22a)に形成された凹部(102)と、

前記可動部(20)の内壁(20a)に設けられ、先端部(104a)が前記凹部(102)内に入り込んだストッパ部材(104)とを有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

4．請求項２又は３記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記ストッパ部材(104)の先端部(104a)から前記可動部(20)の変位方向に沿

った前記凹部内壁(102a)までの最短距離(Lc)が、前記薄板部(16a,16b)の振幅の許容限界以下であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

5．請求項１記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記機構(100)は、

前記固定部(22)の内壁(22a)に設けられた２本の緩衝部材(120a,120b)と、

前記可動部(20)の内壁(20a)に設けられ、先端部(122a)が前記２本の緩衝部材(120a,120b)間に入り込んだストッパ部材(122)とを有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

6．請求項１記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記機構(100)は、

前記可動部(20)の内壁(20a)に設けられた２本の緩衝部材(120a,120b)と、

前記固定部(22)の内壁(22a)に設けられ、先端部(122a)が前記２本の緩衝部材(120a,120b)間に入り込んだストッパ部材(122)とを有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

7．請求項５又は６記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記ストッパ部材(122)の先端部(122a)から前記可動部(20)の変位方向に沿った前記緩衝部材(120a,120b)までの最短距離が、前記薄板部(16a,16b)の振幅の許容限界以下であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

8．請求項１記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記機構(100)は、

前記固定部(22)の内壁(22a)から孔部(12)内に向かって形成された張出し部(130)を有し、

前記張出し部(130)から前記薄板部(16a,16b)までの最短距離が該薄板部(16a,16b)の振幅の許容限界以下であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

９．請求項１～８のいずれか１項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記薄板部(16a,16b)、前記可動部(20)、前記固定部(22)及び前記機構(100)は、セラミックグリーン積層体(58)を同時焼成することによって一体化し、更に不要な部分を切除してなるセラミック基体(14C)で構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

１０．請求項９記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子(24a,24b)は膜状であって、焼成によって前記セラミック基体(14C)に一体化されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

１１．請求項１～１０のいずれか１項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子(24a,24b)は、

圧電／電歪層(26)と、該圧電／電歪層(26)に形成された一対の電極(28,30)とを有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

１２．請求項１１記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子(24a,24b)は、

前記圧電／電歪層(26)と前記一対の電極(28,30)を複数の積層形態で構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

１３．請求項１～１２のいずれか１項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記孔部(12)にゲル状の材料が充填されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

１４．相対向する一対の薄板部(16a,16b)と、可動部(20)と、これら薄板部(16a,16b)と可動部(20)を支持する固定部(22)とを具備し、

前記一対の薄板部(16a,16b)のうち、少なくとも１つの薄板部(16a,16b)に

1以上の圧電／電歪素子(24a,24b)が配設され、

前記一対の薄板部(16a,16b)の両内壁と前記可動部(20)の内壁(20a)と前記固定部(22)の内壁(22a)とにより孔部(12)が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、

少なくとも前記薄板部(16a,16b)上に前記圧電／電歪素子(24a,24b)を作製した後に、所定部位を切除して、前記薄板部(16a,16b)の振幅を制限する機構(100)が設けられた圧電／電歪デバイスを作製することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

１５．相対向する一対の薄板部(16a,16b)と、可動部(20)と、これら薄板部(16a,16b)と可動部(20)を支持する固定部(22)とを具備し、

前記一対の薄板部(16a,16b)のうち、少なくとも１つの薄板部(16a,16b)に1以上の圧電／電歪素子(24a,24b)が配設され、

前記一対の薄板部(16a,16b)の両内壁と前記可動部(20)の内壁(20a)と前記固定部(22)の内壁(22a)とにより孔部(12)が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、

少なくとも後に少なくとも前記孔部(12)を形成するための窓部(110)を有するセラミックグリーンシート(50A,50B)と、後に前記薄板部(16a,16b)の振幅を制限する機構(100)を形成するためのセラミックグリーンシート(54A,54B,56)と、後に前記薄板部(16a,16b)となるセラミックグリーンシート(52A,52B)とを含むセラミックグリーン積層体(58)を一体焼成して、セラミック積層体(60)を作製するセラミック積層体作製工程と、

前記セラミック積層体(60)のうち、前記薄板部(16a,16b)となる部分の外表面に前記圧電／電歪素子(24a,24b)を形成する工程と、

前記圧電／電歪素子(24a,24b)が形成されたセラミック積層体(60)に対する少なくとも１回の切除処理によって、前記薄板部(16a,16b)の振幅を制限する機構(100)が設けられた圧電／電歪デバイスを作製する切除工程とを含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

FIG. 1

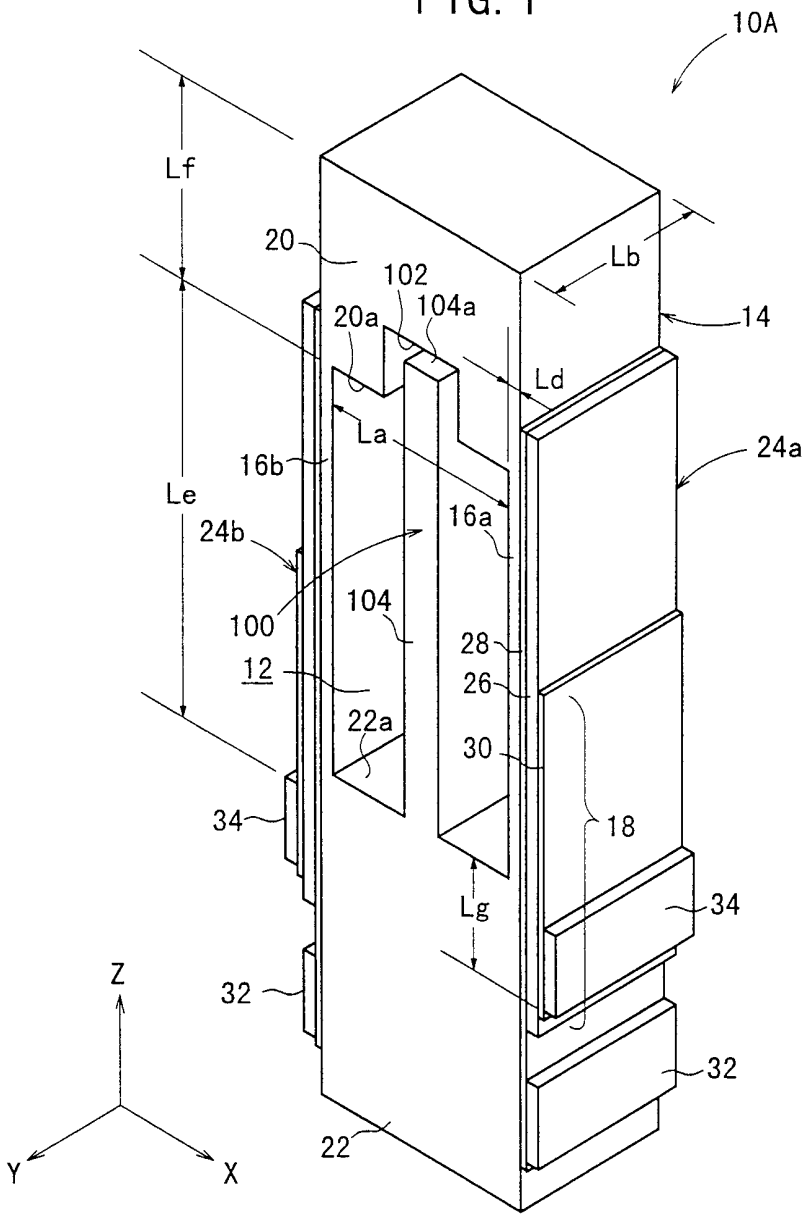

10A
Lf
20
102
104a
20a
Lb
14
Ld
La
24a
16b
Le
16a
24b
100
104
28
12
26
22a
30
34
18
Lg
34
32
Z
32
Y
X
22

FIG. 2

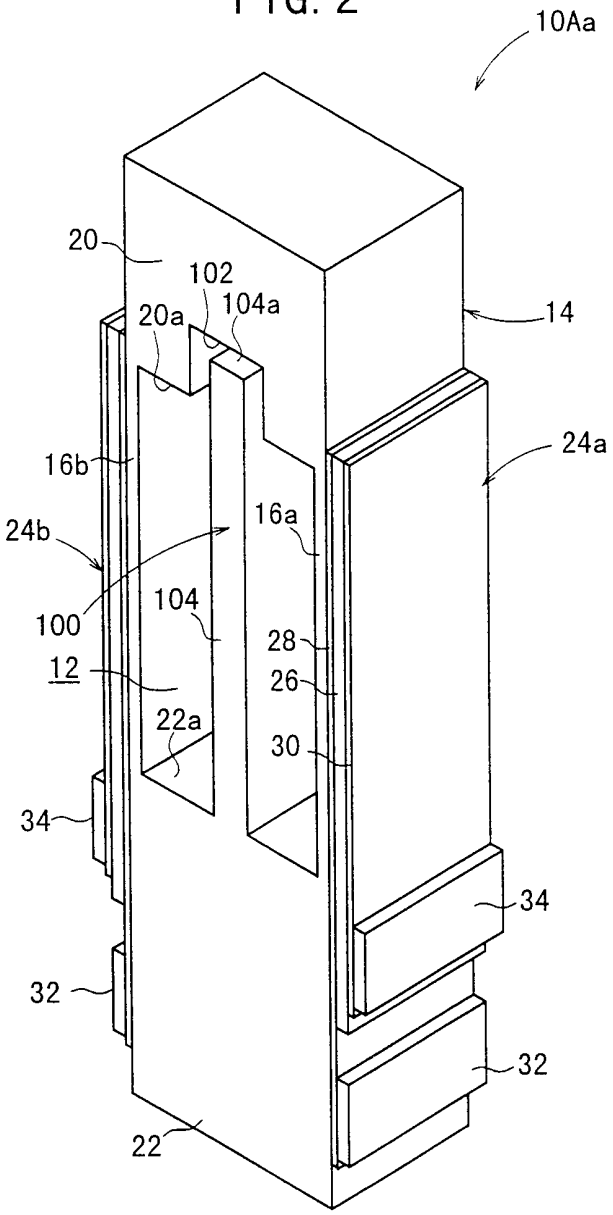

10Aa
20
102
104a
20a
14
24a
16b
16a
24b
100
104
28
12
26
22a
30
34
34
32
32
22

FIG. 3

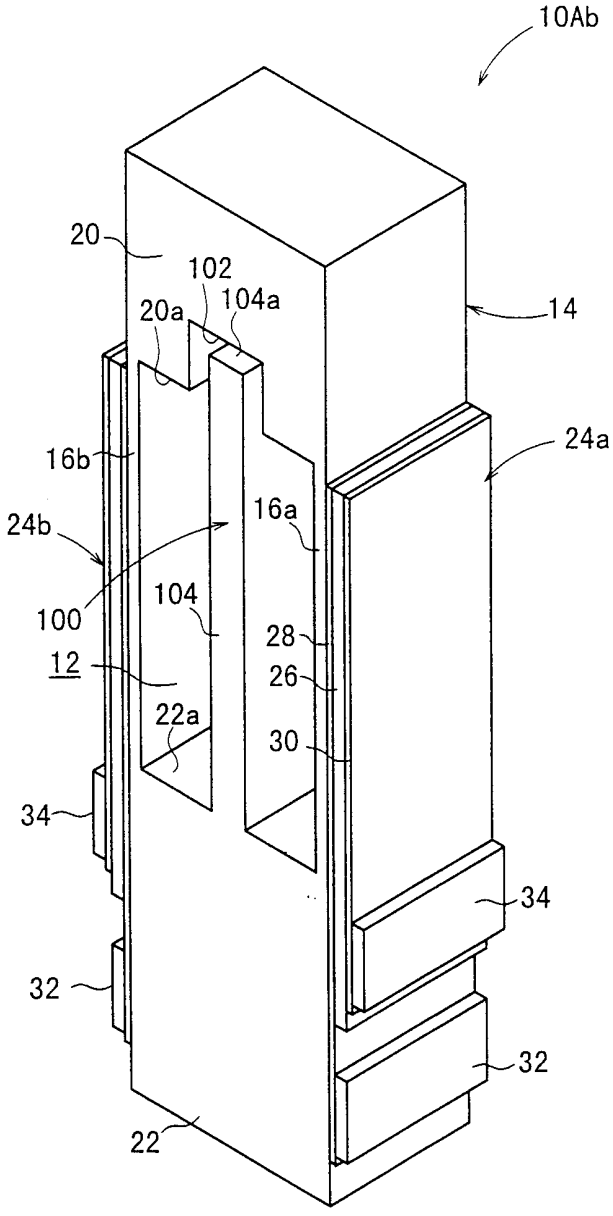

10Ab
20
102
104a
20a
14
24a
16b
16a
24b
104
100
28
12
26
22a
30
34
34
32
32
22

FIG. 4

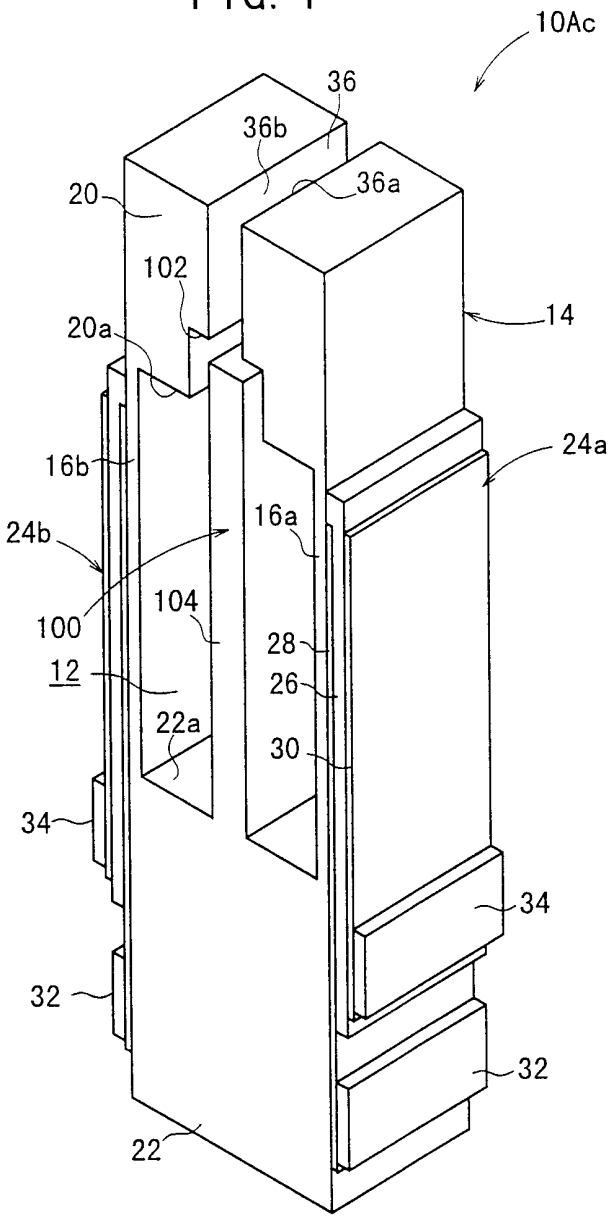

10Ac
36
36b
36a
20
102
14
20a
24a
16b
16a
24b
104
100
28
12
26
22a
30
34
34
32
32
22

FIG. 5

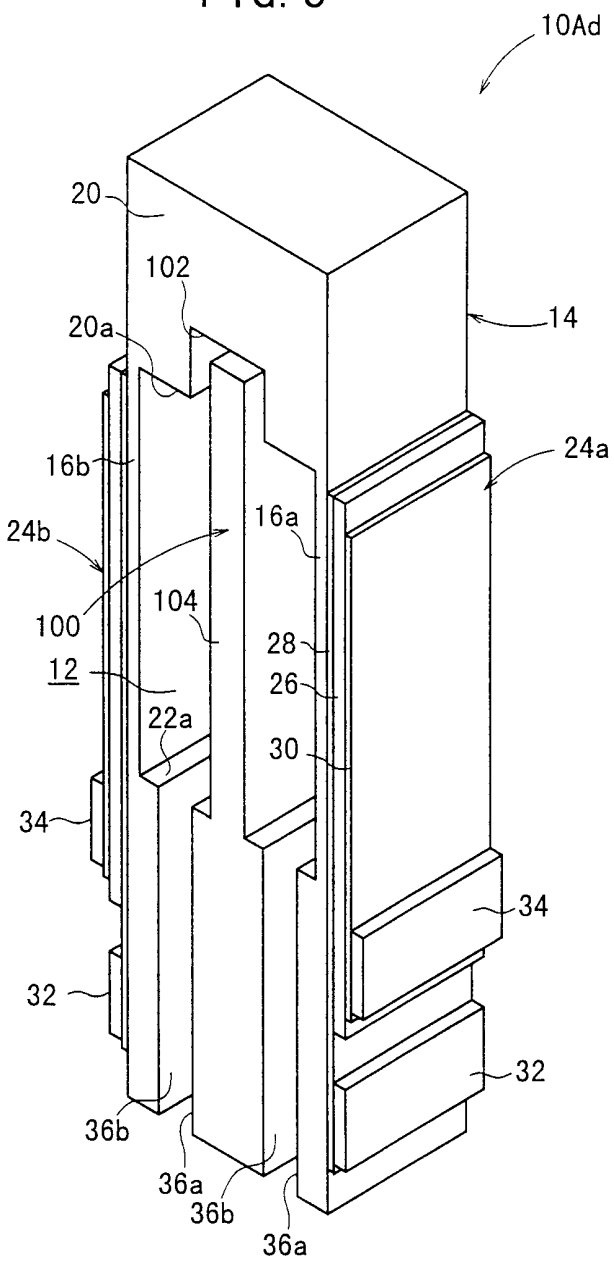

10Ad
20
102
20a
14
24a
16b
16a
24b
104
100
28
12
26
22a
30
34
34
32
32
36b
36a
36b
36a

FIG. 6

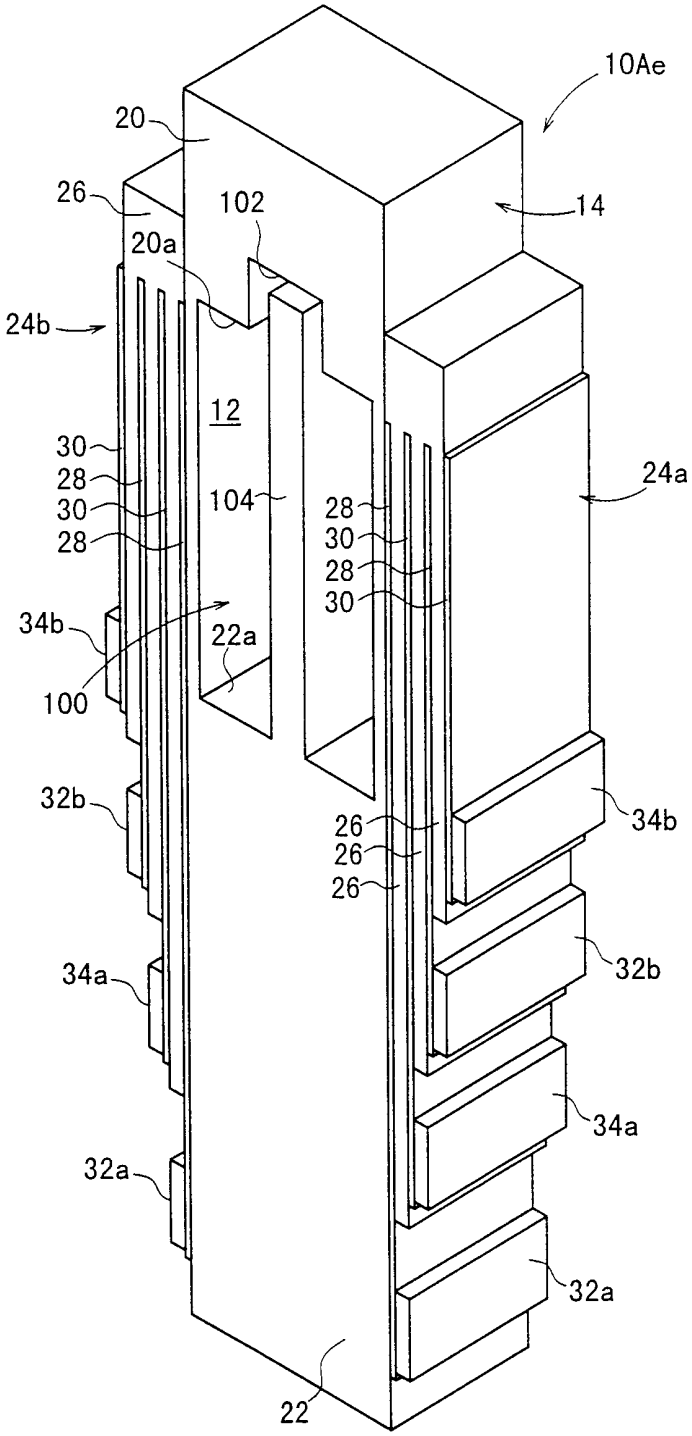

10Ae
20
26
102
14
20a
24b
12
30
28
30
28
104
28
30
28
30
24a
34b
22a
100
32b
26
26
26
34b
32b
34a
34a
32a
32a
22

FIG. 7

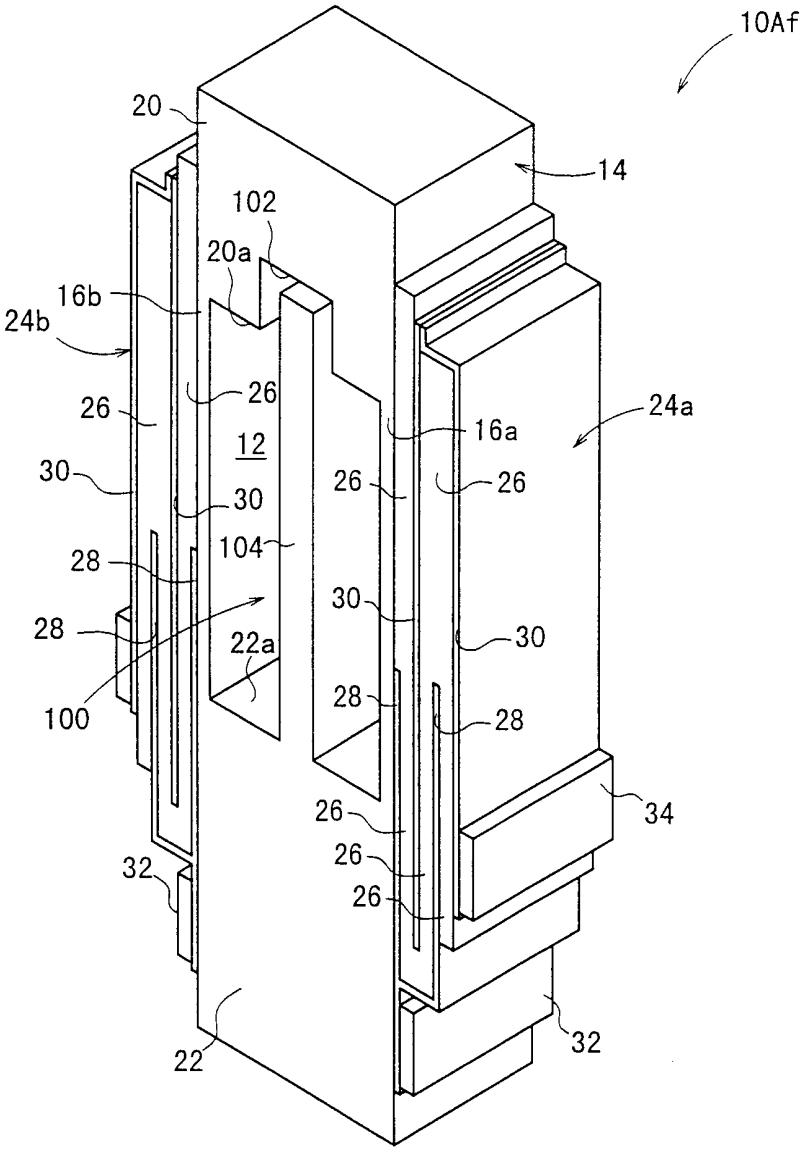

10Af
20
14
102
20a
16b
24b
26
26
12
24a
16a
30
26
26
30
104
28
30
28
22a
30
100
28
28
26
34
26
26
32
32
22

FIG. 8

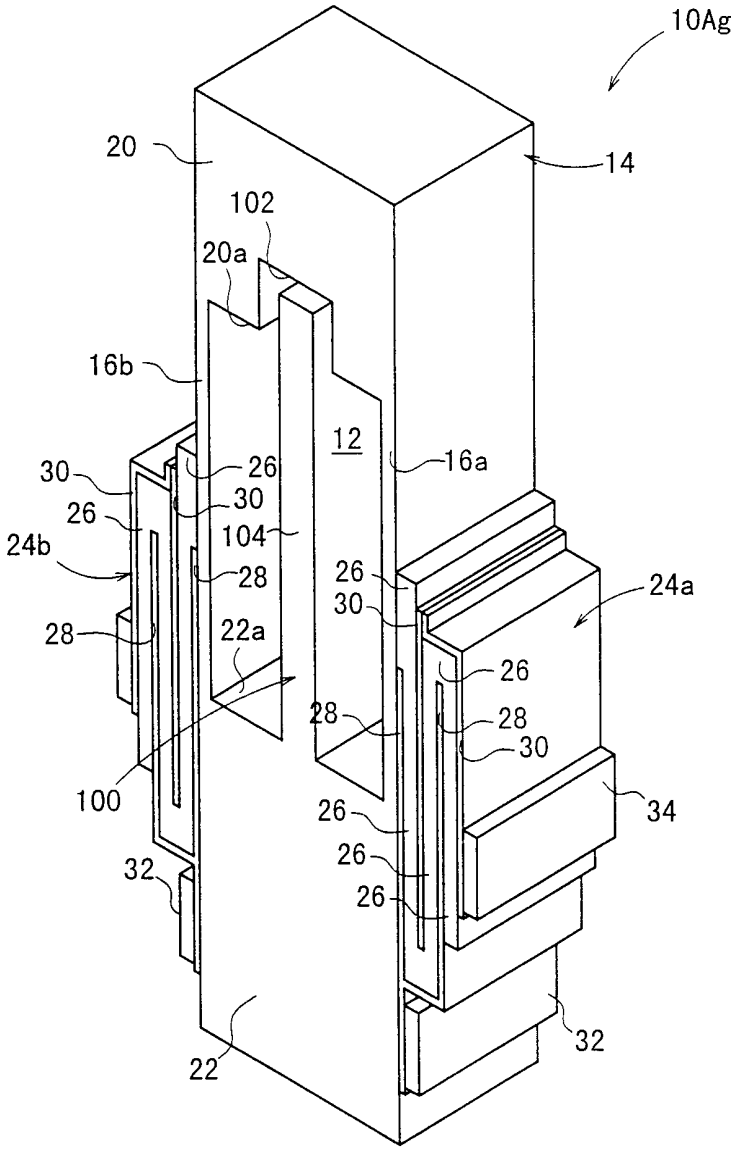

10Ag
20
14
102
20a
16b
12
16a
30
26
30
26
104
24b
28
26
24a
30
28
22a
26
28
28
30
100
26
34
26
32
26
32
22

FIG. 9

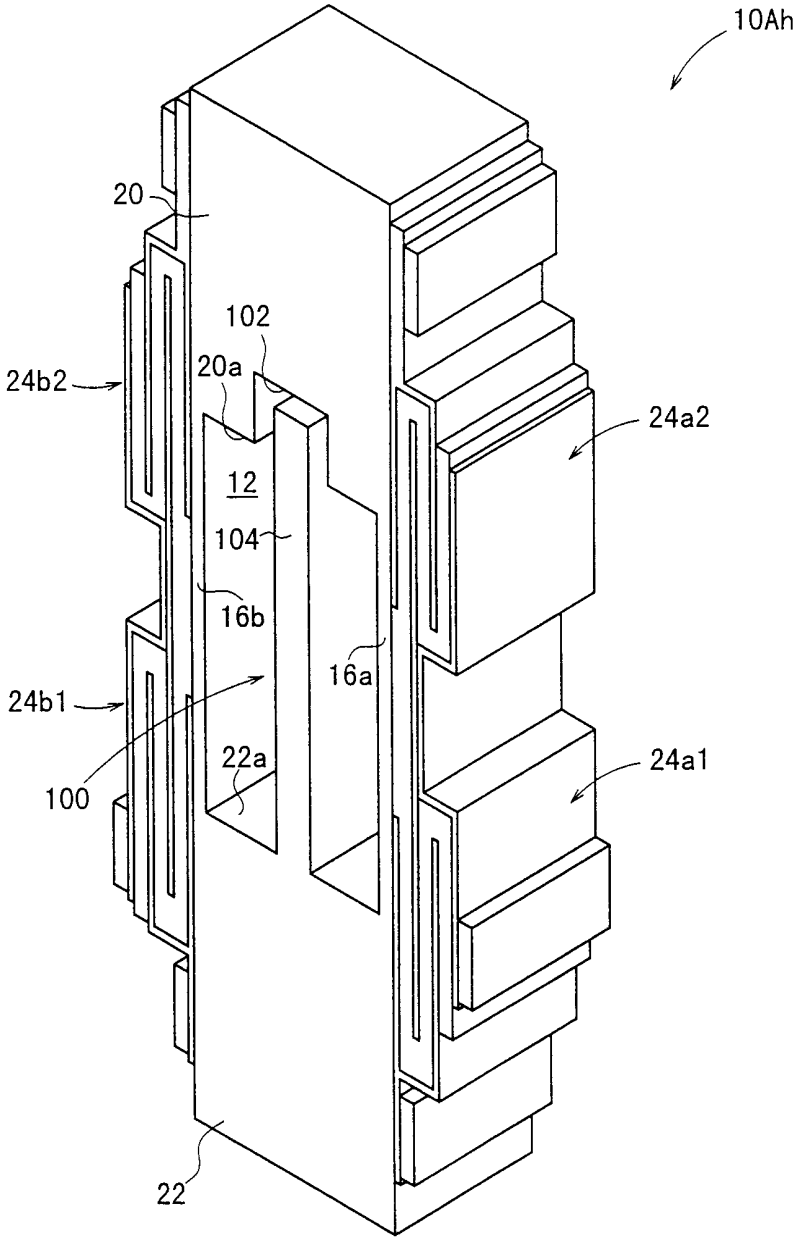


FIG. 10

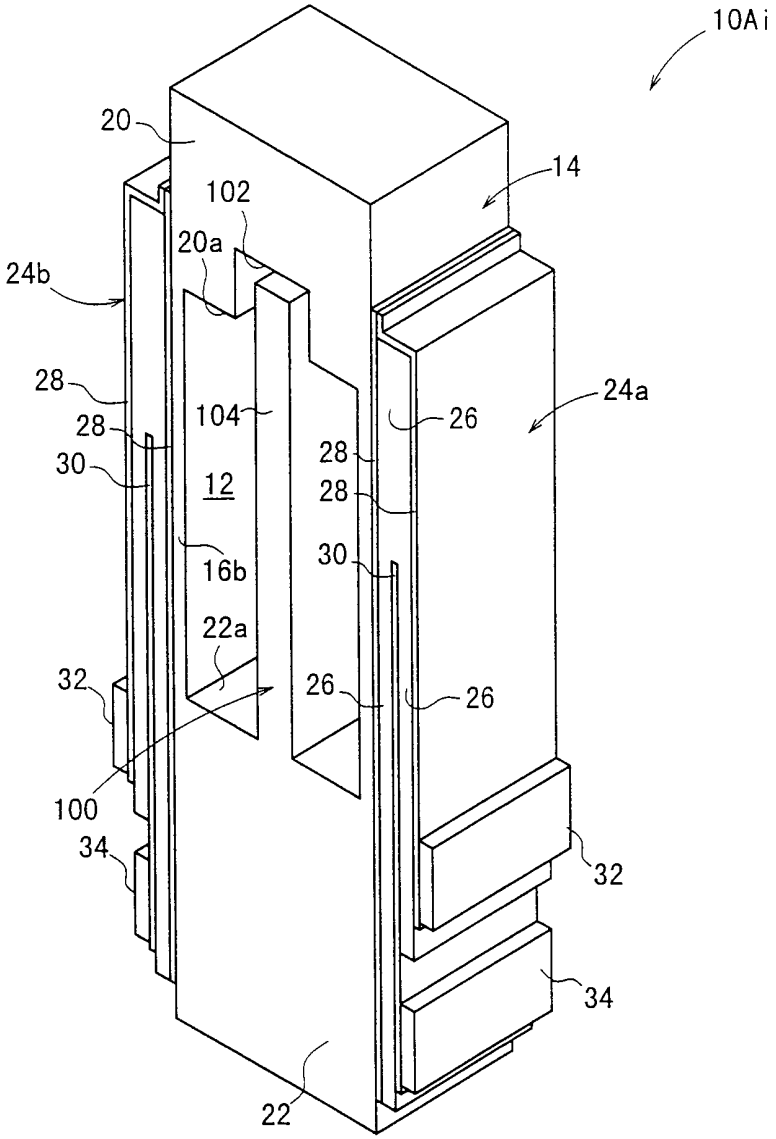

10Ai
20
14
102
20a
24b
28
104
26
24a
28
28
30
12
28
16b
30
22a
32
26
26
100
34
32
34
22

FIG. 11

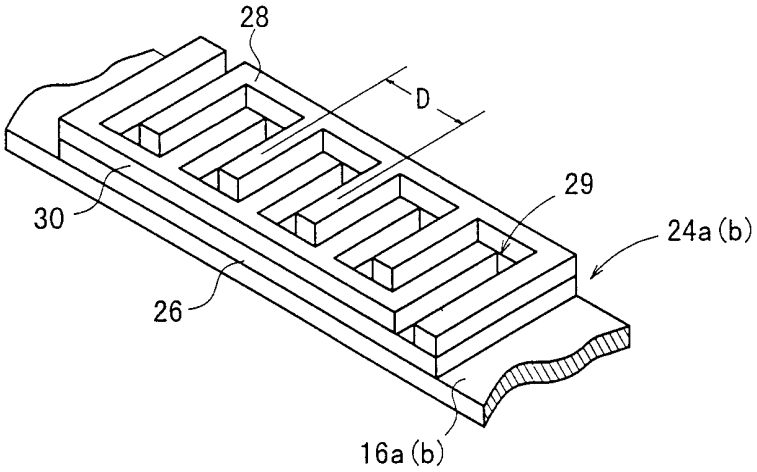


FIG. 12

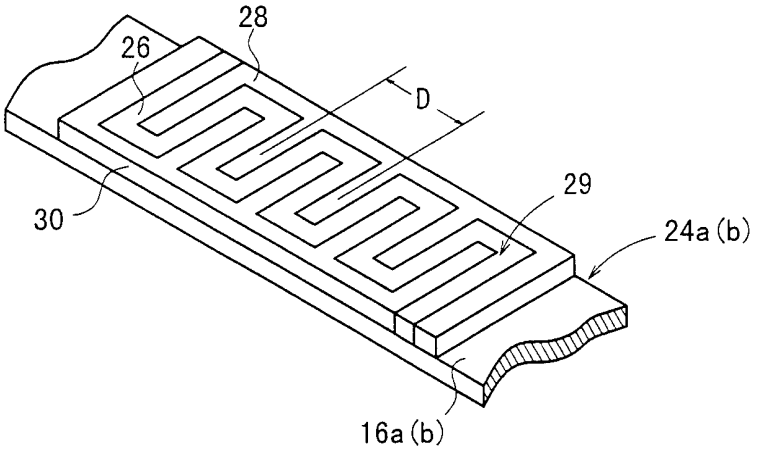
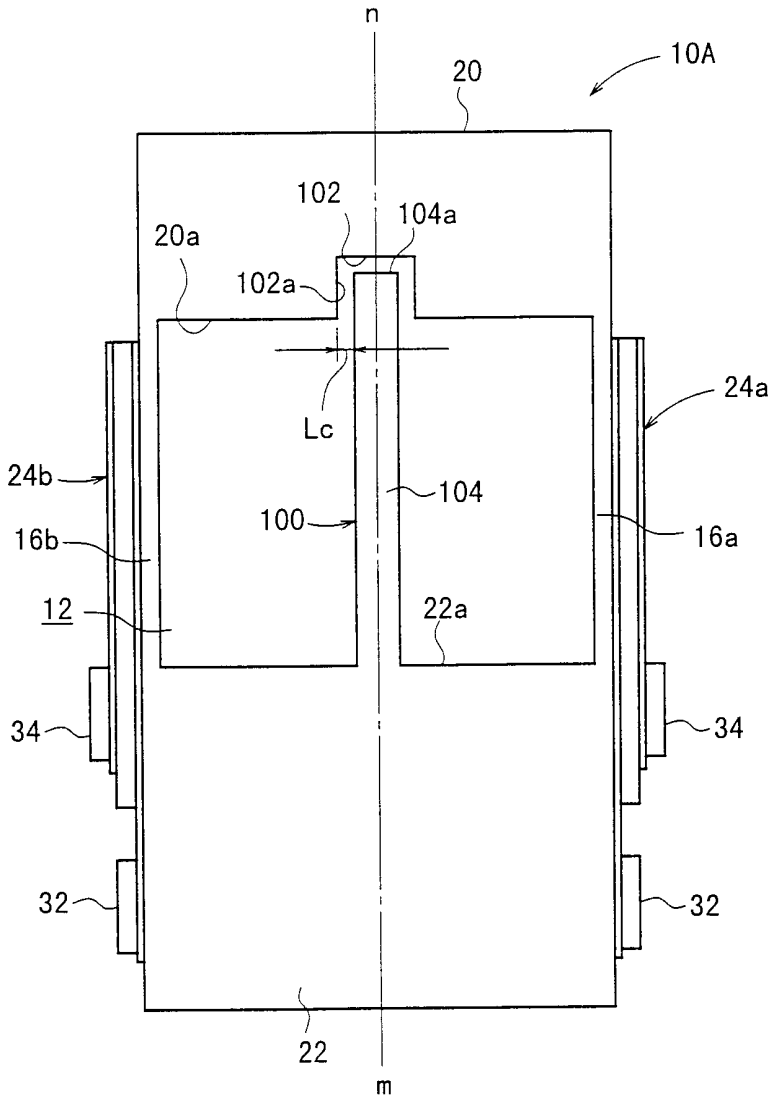


FIG. 13


n
10A
20
102
104a
20a
102a
Lc
24a
24b
104
100
16b
16a
12
22a
34
34
32
32
22
m

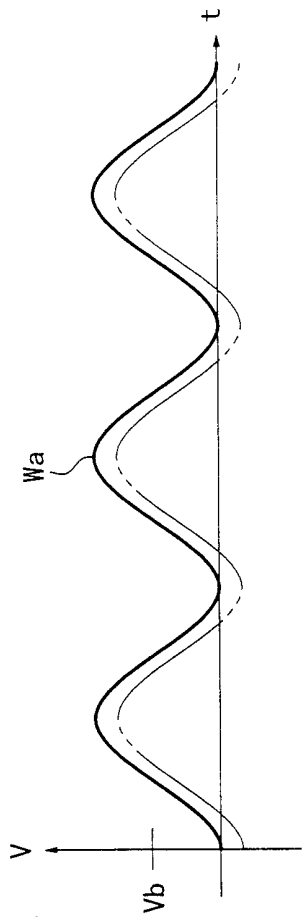


FIG. 14A

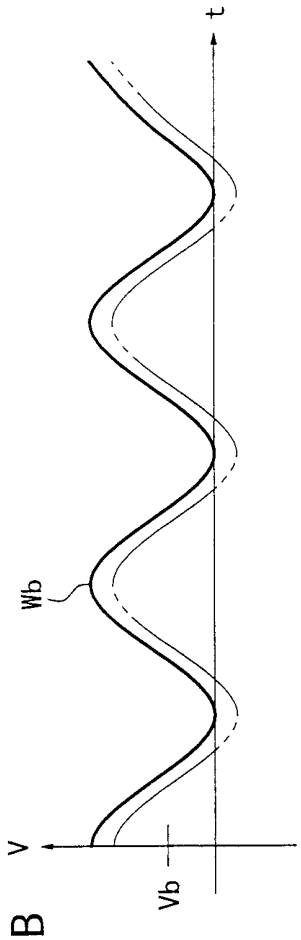


FIG. 14B

FIG. 15

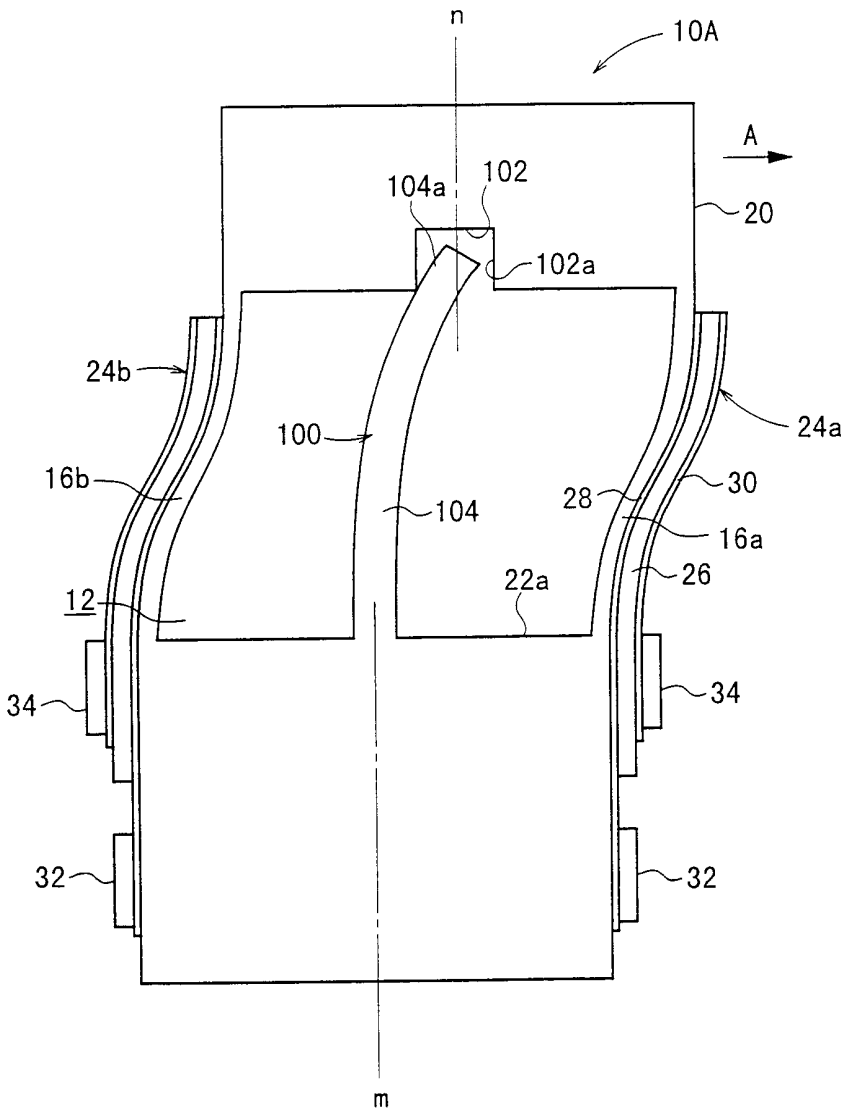

n
10A
A
104a
102
20
102a
24b
24a
100
16b
104
28
30
16a
22a
26
12
34
34
32
32
m

FIG. 16B

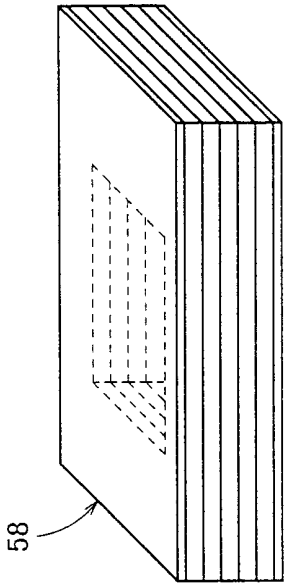


FIG. 16A

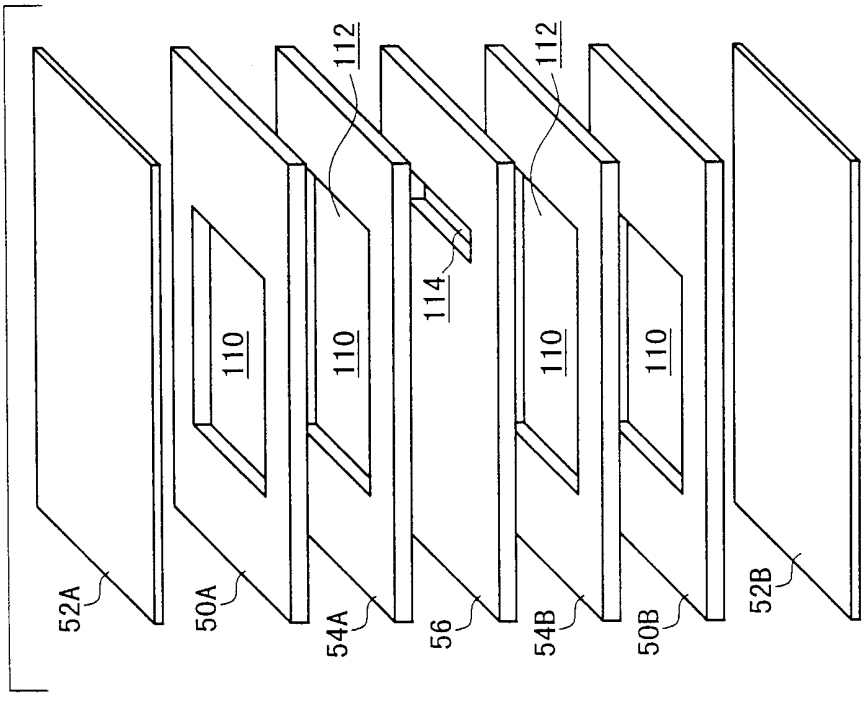


FIG. 17

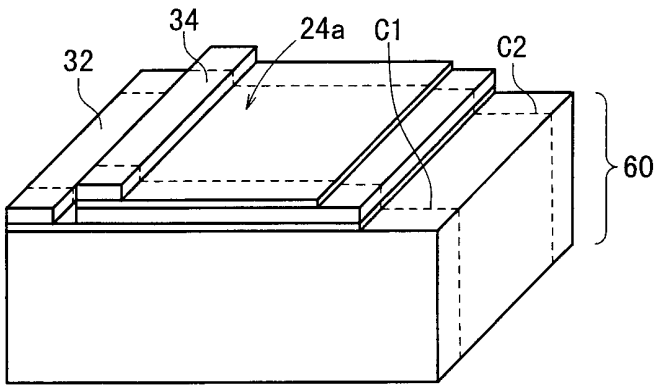


FIG. 18

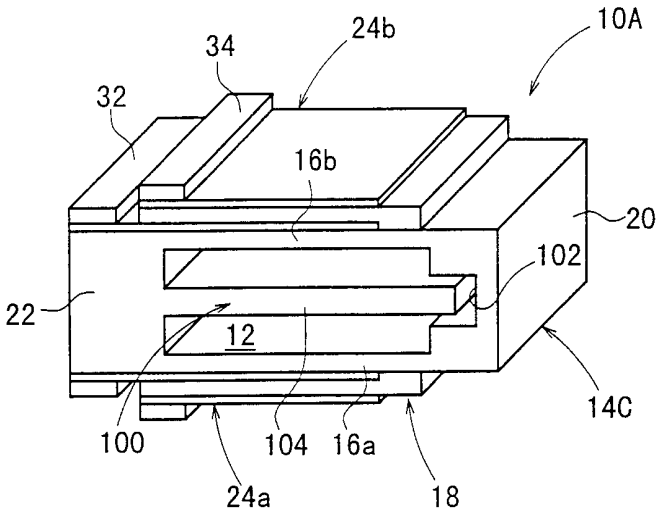


FIG. 19

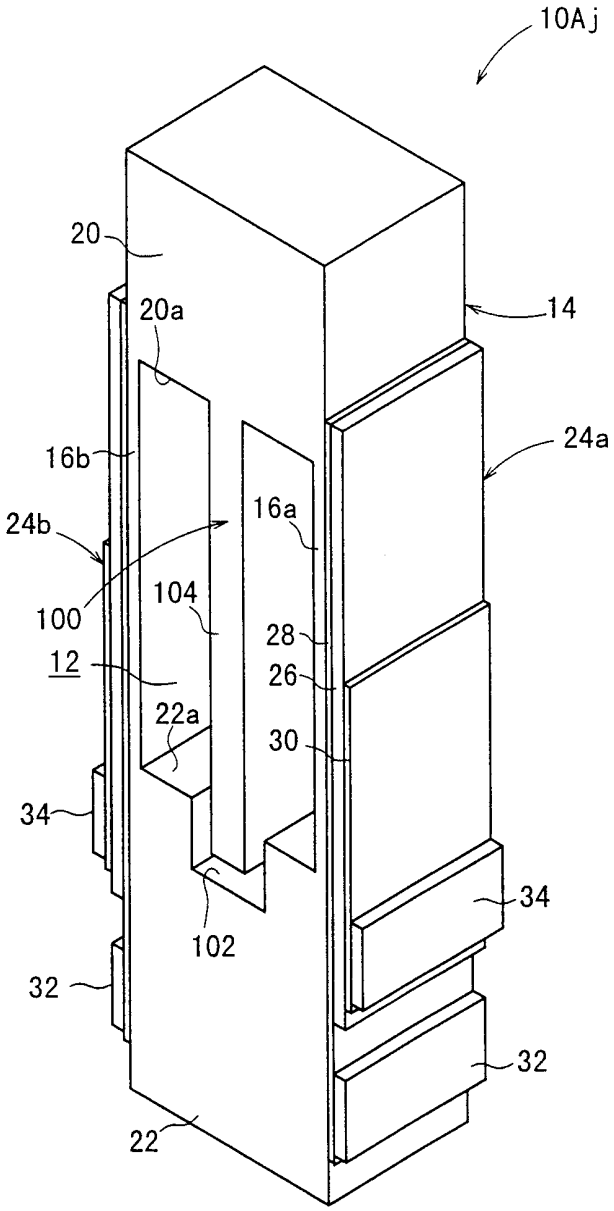

10Aj
20
20a
14
24a
16b
16a
24b
104
100
28
12
26
22a
30
34
34
102
32
32
22

FIG. 20

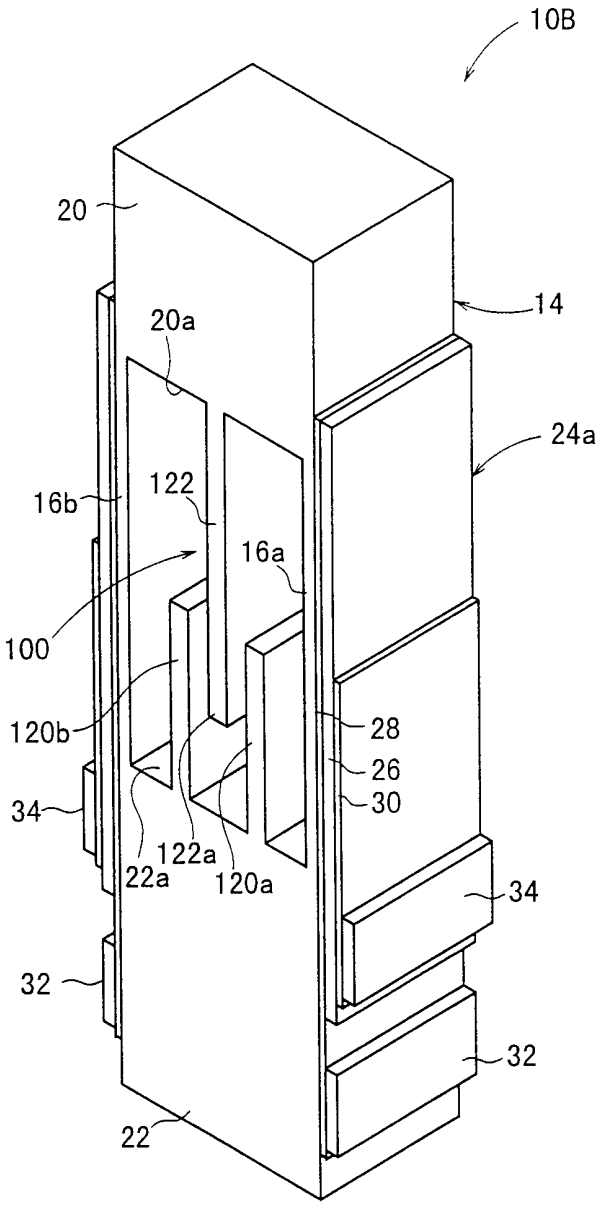

10B
20
14
20a
24a
122
16b
16a
100
120b
28
26
30
34
22a
122a
120a
34
32
32
22

FIG. 21

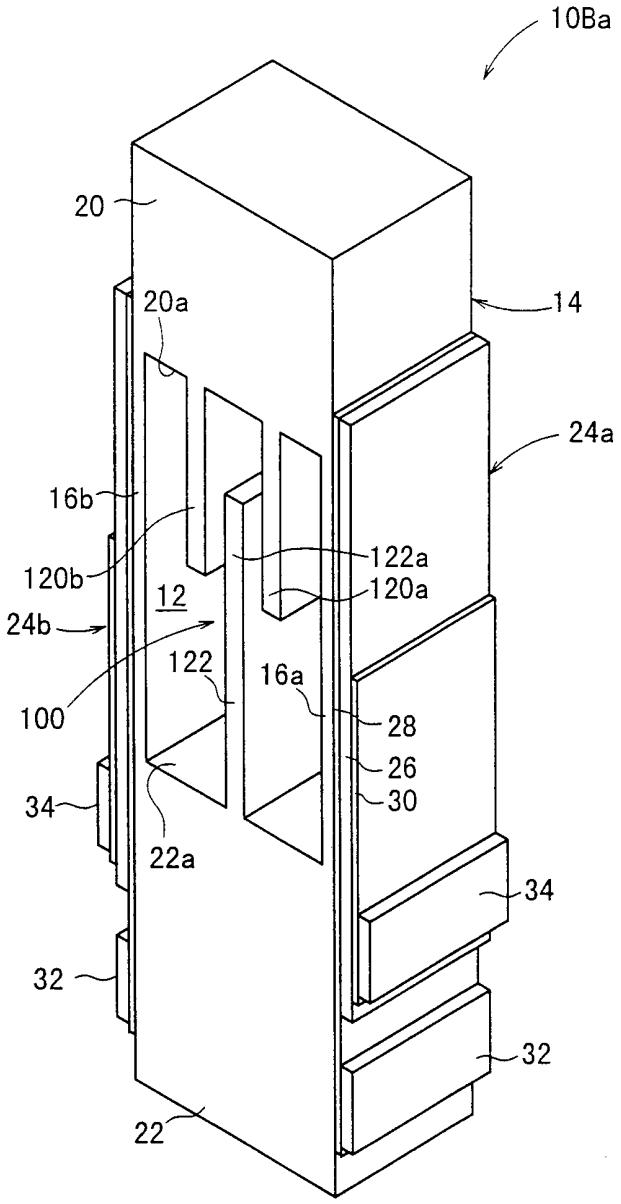

10Ba
20
20a
14
24a
16b
120b
122a
120a
12
24b
122
16a
100
28
26
30
34
22a
34
32
32
22

FIG. 22

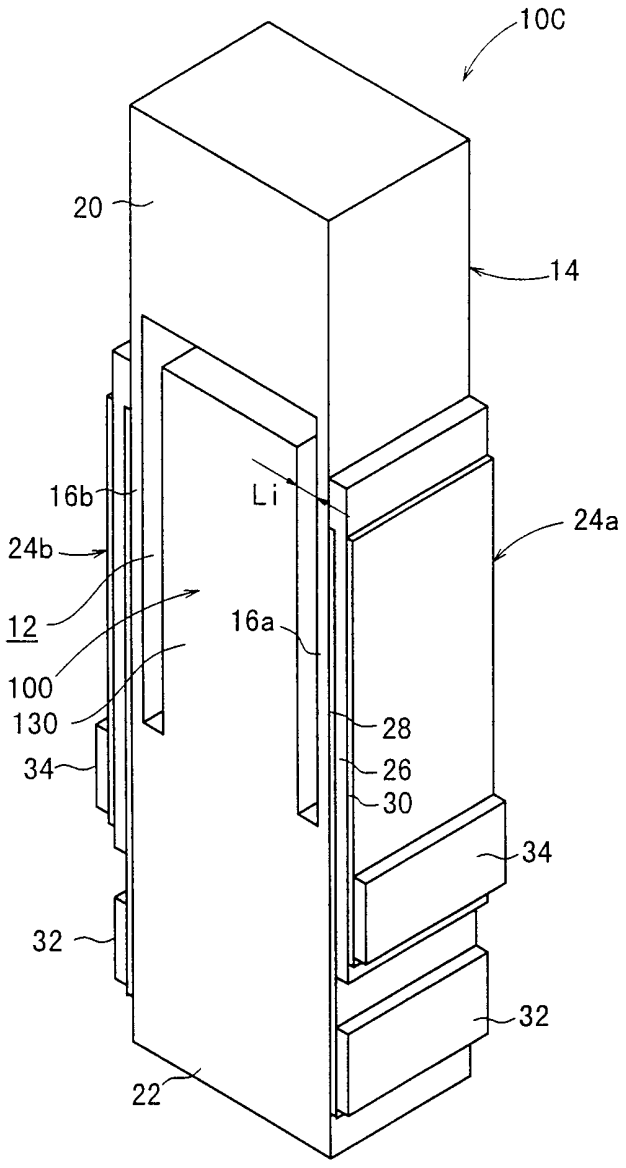


FIG. 23

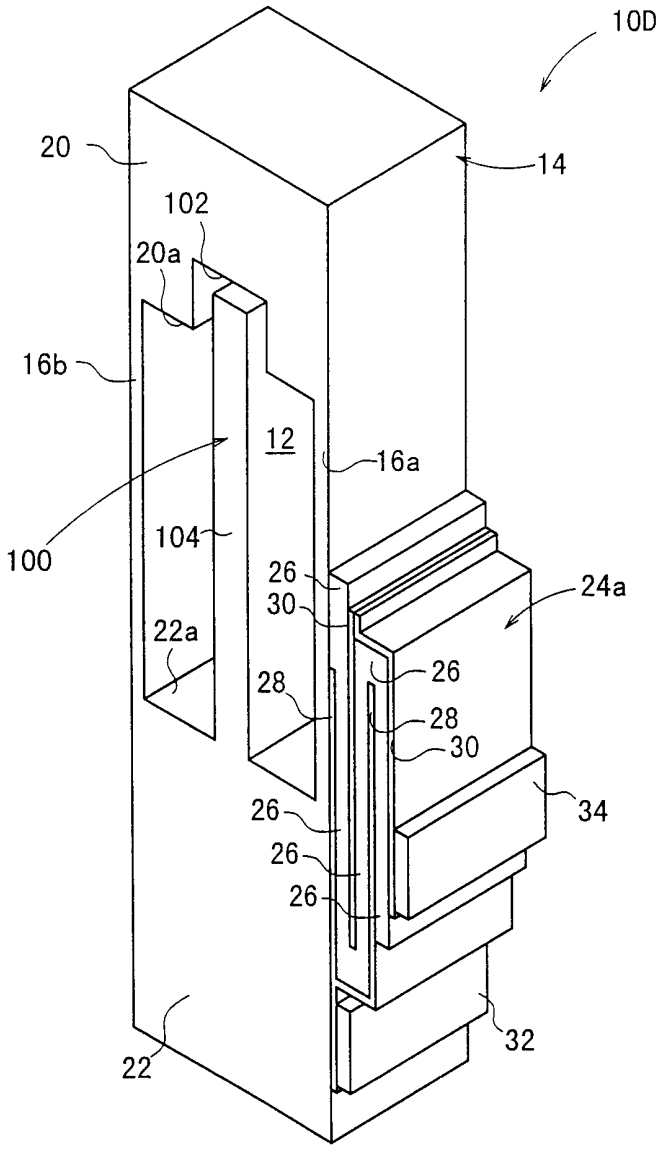

10D
20
14
102
20a
16b
12
16a
100
104
26
30
24a
22a
28
26
28
30
34
26
26
26
32
22

FIG. 24

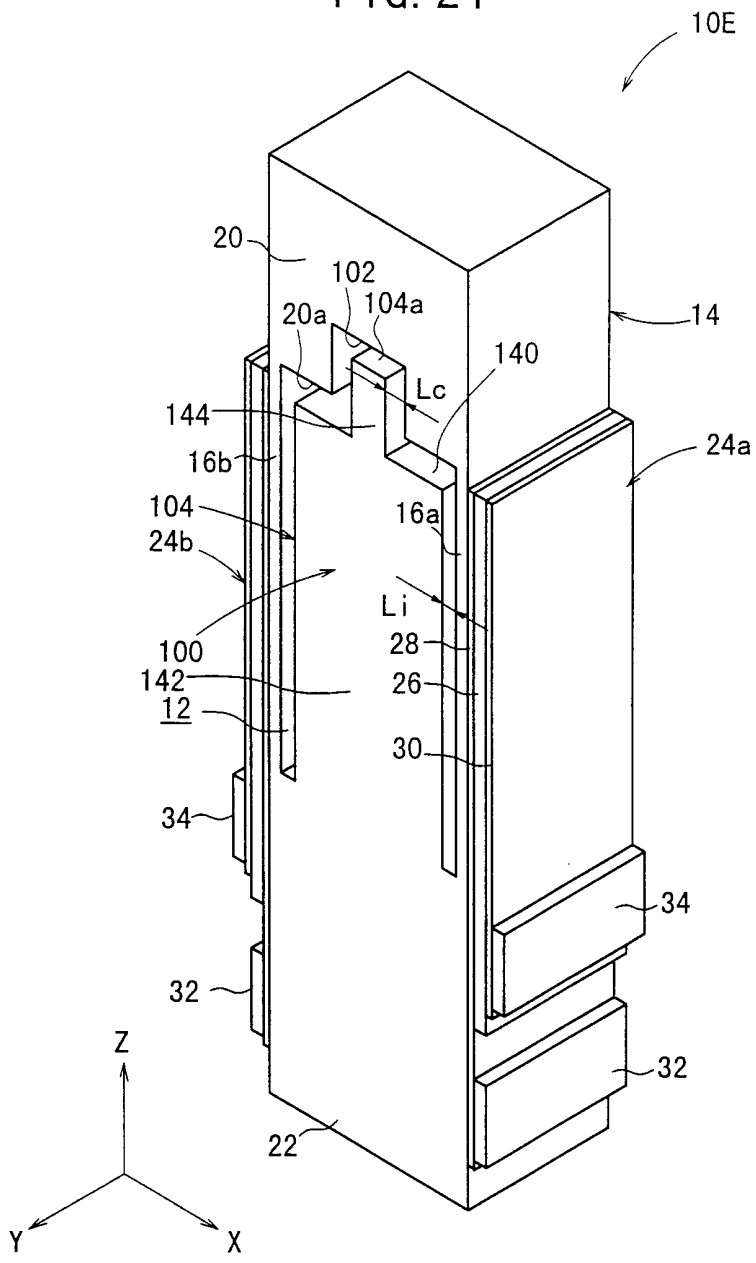

10E
20
102
104a
20a
14
140
Lc
144
24a
16b
104
16a
24b
Li
28
100
142
26
12
30
34
34
32
32
Z
22
Y
X

FIG. 25

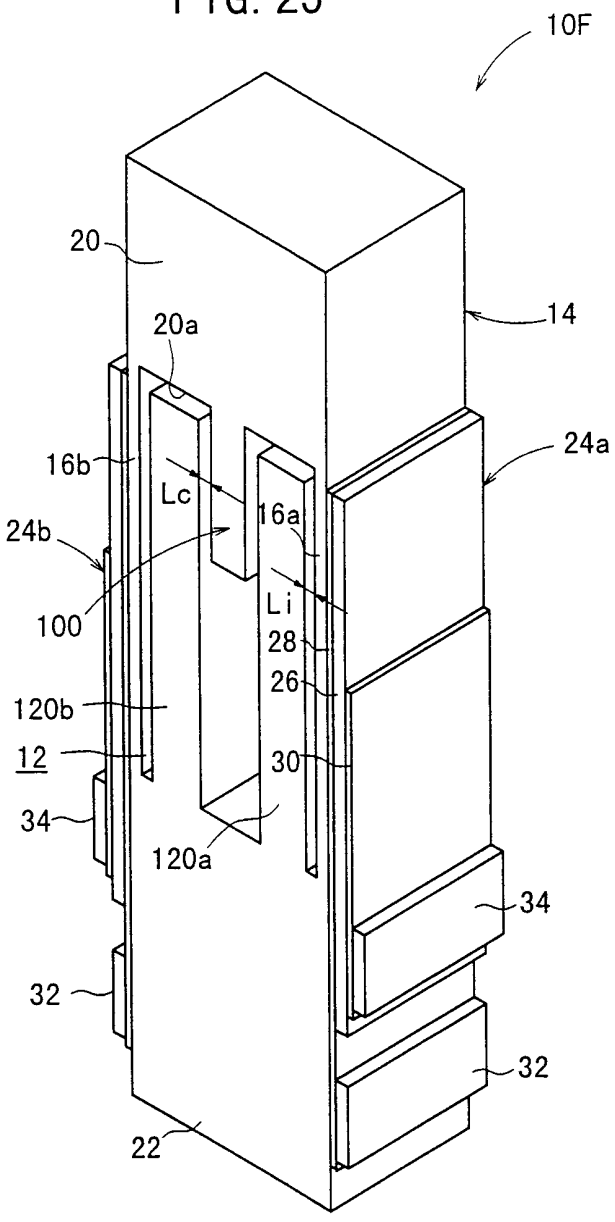
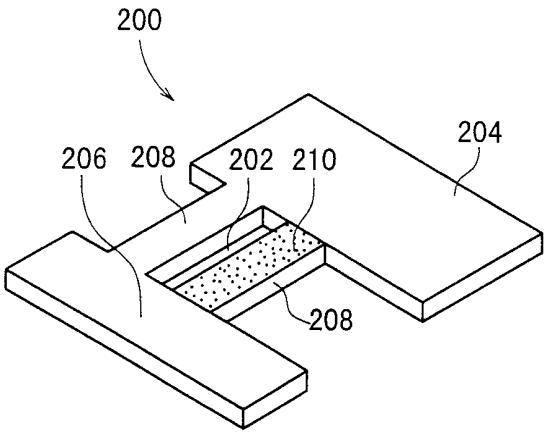

10F
20
14
20a
24a
16b
Lc
16a
24b
Li
100
28
26
120b
12
30
34
120a
34
32
32
22

FIG. 26



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP00/06749

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] H01L41/08, 22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl[7] H01L41/08, 22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 2-159982, A (Marcon Electron Co., Ltd.), 20 June, 1990 (20.06.90), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-15
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.3026/1988 (Laid-open No.107997/1989) (NEC Corporation), 20 July, 1989 (20.07.89), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-15
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.199902/1985 (Laid-open No.168535/1987) (ANRITSU CORPORATION), 26 October, 1987 (26.10.87), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-15
A	JP, 61-183981, A (NEC Corporation), 16 August, 1986 (16.08.86), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 December, 2000 (19.12.00)	26 December, 2000 (26.12.00)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ００／０６７４９

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ⁷　　Ｈ０１Ｌ４１／０８，２２

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ⁷　　Ｈ０１Ｌ４１／０８，２２

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０００年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０００年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０００年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
A	ＪＰ，２－１５９９８２，Ａ（マルコン電子株式会社） ２０．６月．１９９０（２０．０６．９０） 全文、第１－６図（ファミリーなし）	１－１５
A	日本国実用新案登録出願６３－３０２６号（日本国実用新案登録出願公開１－１０７９９７号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（日本電気株式会社） ２０．７月．１９８９（２０．０７．８９） 全文，第１－４図（ファミリーなし）	１－１５

☒ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １９．１２．００	国際調査報告の発送日 26.12.00
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員） 小野田　誠　印　4M　8427 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６２

国際調査報告	国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ００／０６７４９

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
A	日本国実用新案登録出願６０－１９９９０２号（日本国実用新案登録出願公開６２－１６８５３５号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（アンリツ株式会社） ２６．１０月．１９８７（２６．１０．８７） 全文，第１－５図（ファミリーなし）	１－１５
A	ＪＰ，６１－１８３９８１，Ａ（日本電気株式会社） １６．８月．１９８６（１６．０８．８６） 全文，第１－４図（ファミリーなし）	１－１５