

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-180090

(43)Date of publication of application : 27.06.2003

(51)Int.Cl.

H02N 2/00
H01L 41/083

(21)Application number : 2001-376246

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 10.12.2001

(72)Inventor : ASANO HIROAKI
OKAMOTO SHINICHI

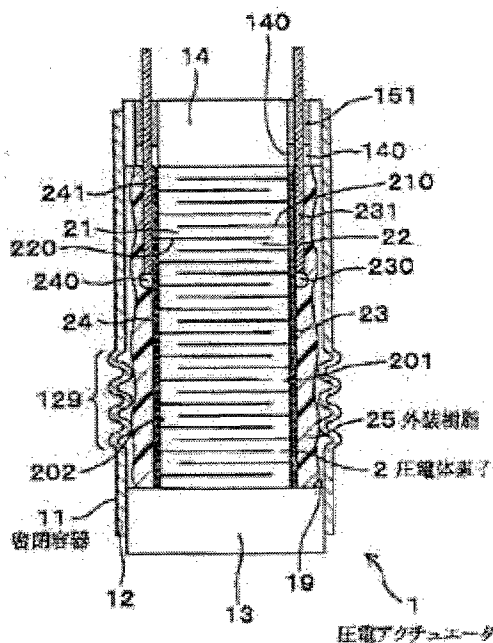
(54) PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a piezoelectric actuator superior in durability.

SOLUTION: The piezoelectric actuator has a piezoelectric element 2 where multiple piezoelectric layers extended in accordance with a applied voltage and inner electrode layers for supplying the applied voltage are alternately laminated, and at least a part of sides 201 and 202 is covered by outer package resin 25. The piezoelectric element 2 is stored in a sealed container 11 which is substantially blocked from the outside air and in which an inner atmosphere 19 is replaced by an inert gas or the piezoelectric element 2 is stored in a sealed vessel 11 which is substantially blocked from the outside air and outer package resin 25 includes antioxidant.

(図1)



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3900918号
(P3900918)

(45) 発行日 平成19年4月4日(2007.4.4)

(24) 登録日 平成19年1月12日(2007.1.12)

(51) Int.Cl.

F 1

HO 2 N 2/00 (2006.01)
HO 1 L 41/083 (2006.01)HO 2 N 2/00 B
HO 1 L 41/08 R

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2001-376246 (P2001-376246)	(73) 特許権者	000004260 株式会社アンソー
(22) 出願日	平成13年12月10日 (2001.12.10)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(65) 公開番号	特開2003-180090 (P2003-180090A)	(74) 代理人	100096998 弁理士 碓氷 裕彦
(43) 公開日	平成15年6月27日 (2003.6.27)	(74) 代理人	100123191 弁理士 伊藤 高順
審査請求日	平成16年4月19日 (2004.4.19)	(72) 発明者	浅野 浩章 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社アンソー内
前置審査		(72) 発明者	岡本 真一 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社アンソー内
		審査官	大山 広人 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

印加電圧に応じて伸張する複数の圧電層と印加電圧供給用の内部電極層とを交互に積層し、側面の少なくとも一部を外装樹脂で覆った圧電体素子を有し、該圧電体素子は、実質的に外気と遮断され、不活性気体によって内部雰囲気気置換された密閉容器に収納し、

上記外装樹脂は2層構造であり、内側層は酸化劣化防止剤を含有せず、外側層は酸化劣化防止剤を含有しており、

かつ、上記密閉容器の内部雰囲気における不活性ガスの濃度は85%以上であり、

100度以上の温度雰囲気気置換が100時間以上継続する環境に設置されるものであることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 2】

請求項1において、上記外装樹脂はシリコン、ポリイミド、ウレタン、エポキシより選択される一種以上であることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 3】

請求項1～2のいずれか1項において、上記密閉容器の内部雰囲気における酸素濃度は0.1%以下であることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 4】

請求項1～3のいずれか1項において、内側層はエポキシ、外側層は酸化劣化防止剤を含有したシリコンであることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 5】

請求項 1～3 のいずれか 1 項において、内側層はシリコン、外側層は酸化劣化防止剤を含有したシリコンであることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 6】

請求項 1～5 のいずれか一項において、燃料が流通する燃料通路に燃料に曝された状態で設置することを特徴とする圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】

本発明は、光学装置の位置決め装置、振動防止用の駆動素子、燃料噴射装置等に利用する圧電アクチュエータに関する。

【0002】

【従来技術】

印加電圧に応じて伸張する複数の圧電層と印加電圧供給用の内部電極層とを交互に積層構成した圧電体素子を利用する圧電アクチュエータが知られている。圧電アクチュエータにおいて、圧電体素子が湿気や衝撃等の外部影響を受けて劣化しないように、圧電体素子の側面を外装樹脂で覆ったり、密閉容器に格納して用いる。例えば、特公平 6-28832 号に示すように、密閉容器に不活性ガスを封入することで、圧電体素子の内部電極層の酸化劣化を防止して、信頼性を高めることがある。また、特開平 2001-102649 号に示すように、圧電体素子の側面を外装樹脂で覆って、圧電体素子の耐湿性を高めることがある。

【0003】

【解決しようとする課題】

しかしながら、従来知られた構成では過酷な環境下で使用する圧電アクチュエータの圧電体素子の劣化を十分に防止することが難しく、より確実に外部からの悪影響を受け難く、耐久性に優れた圧電アクチュエータが求められていた。

【0004】

本発明は、かかる従来の問題点を鑑みてなされたもので、耐久性に優れた圧電アクチュエータを提供しようとするものである。

【0005】

【課題の解決手段】

第 1 の発明は、印加電圧に応じて伸張する複数の圧電層と印加電圧供給用の内部電極層とを交互に積層し、側面の少なくとも一部を外装樹脂で覆った圧電体素子を有し、該圧電体素子は、実質的に外気と遮断され、不活性気体によって内部雰囲気置換された密閉容器に収納し、

上記外装樹脂は 2 層構造であり、外側層は酸化劣化防止剤を含有しており、

かつ、上記密閉容器の内部雰囲気における不活性ガスの濃度は 85% 以上であり、

100 度以上の温度雰囲気が 100 時間以上継続する環境に設置されるものであることを特徴とする圧電アクチュエータにある（請求項 1）。

【0006】

第 1 の発明は、外装樹脂を設けた圧電体素子が不活性気体で充填され、実質的に外気と遮断された密閉容器に収納される。外装樹脂が直接外気に触れることがなく、また密閉容器内の酸素はないか、非常に少ないため、外装樹脂に酸化劣化が生じ難い。また、外装樹脂で圧電体素子の側面が覆われているため、外部からの衝撃は外装樹脂が吸収し、圧電体素子のひびや割れを防ぐことができる。また、外部からの湿気が圧電体素子に届き難くなり、圧電体素子側面の沿面放電が防止される。そして、これらの効果が外装樹脂が酸化劣化し難いことから、長期に渡って維持される。

【0007】

また、第 2 の発明は、印加電圧に応じて伸張する複数の圧電層と印加電圧供給用の内部電極層とを交互に積層し、側面の少なくとも一部を外装樹脂で覆った圧電体素子を有し、該圧電体素子は、実質的に外気と遮断された密閉容器に収納し、

10

20

30

40

50

上記外装樹脂は酸化劣化防止剤を含有することを特徴とする圧電アクチュエータにある。

【0008】

第2の発明は、密閉容器に収納した圧電体素子の側面に外装樹脂を設け、この外装樹脂に酸化劣化防止剤を含有させる。よって、外装樹脂に入り込む酸素は酸化劣化防止剤によってトラップされ、外装樹脂が酸素によって劣化しない。

また、圧電体素子は密閉容器に収納されているため、酸化劣化防止剤でトラップしきれないほどの大量の酸素が密閉容器内に入り込むことも防止できる。

【0009】

また、外装樹脂で圧電体素子の側面が覆われているため、外部からの衝撃は外装樹脂が吸収し、圧電体素子のひびや割れを防ぐことができる。また、外部からの湿気が圧電体素子に届き難くなり、圧電体素子側面の沿面放電が防止される。そして、これらの効果が外装樹脂が酸化劣化し難いことから、長期に渡って維持される。

【0010】

また、第3の発明は、印加電圧に応じて伸張する複数の圧電層と印加電圧供給用の内部電極層とを交互に積層し、側面の少なくとも一部を外装樹脂で覆った圧電体素子を有し、

該圧電体素子は、実質的に外気と遮断され、不活性気体によって内部雰囲気置換された密閉容器に収納し、

上記外装樹脂は酸化劣化防止剤を含有することを特徴とする圧電アクチュエータにある。

第3の発明は、外装樹脂を設けた圧電体素子が不活性気体で充填され、実質的に外気と遮断された密閉容器に収納される。外装樹脂が直接外気に触れることがなく、また密閉容器内の酸素はないか、非常に少ないため、そもそも外装樹脂に酸化劣化が生じ難い。

さらに、外装樹脂に酸化劣化防止剤が含まれるため、外装樹脂に入り込む酸素は酸化劣化防止剤によってトラップされ、外装樹脂が酸素によって劣化しない。

【0011】

また、外装樹脂で圧電体素子の側面が覆われているため、外部からの衝撃は外装樹脂が吸収し、圧電体素子のひびや割れを防ぐことができる。また、外部からの湿気が圧電体素子に届き難くなり、圧電体素子側面の沿面放電が防止される。そして、これらの効果が外装樹脂が酸化劣化し難いことから、長期に渡って維持される。

【0012】

以上、本発明によれば、耐久性に優れた圧電アクチュエータを提供することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】

上記第1～3の発明において、外装樹脂は圧電体素子の側面全体に設けることが好ましい。多くの場合、後述する図1～図4に示すごとく、内部電極層は圧電体素子側面に露出しており、外装樹脂で側面を覆うことで、側面に露出した内部電極層からの沿面放電を防止することができる。なお、上記外装樹脂は圧電体素子の側面を部分的に覆うように設けることもできる。

また、上記外装樹脂は通電により伸縮する圧電体素子の動きに追従する必要があるため、柔らかく、弾性のある材料より構成することが好ましい。また、圧電アクチュエータの使用環境によっては耐熱性が必要である。

【0014】

また、上記密閉容器も圧電体素子の伸縮に対応し、圧電体素子を実質的に外気と遮断できる構成を有する。また、密閉容器の気密性は、例えば、シール材、Oリング、グロメット等を用いて、実現することができる（実施例1～4参照）。

また、上記密閉容器は、圧電アクチュエータの使用環境に応じて、耐熱性、耐油性、耐酸化性等の耐久性に優れた材料で構成することが好ましい。

【0015】

また、第1の発明において、上記外装樹脂はシリコーン、ポリイミド、ウレタン、エポキ

シより選択される一種以上であることが好ましい（請求項2）。

これらの樹脂は熱に強いため、耐熱性に優れる圧電アクチュエータを得ることができる。

【0016】

また、第1の発明において、上記密閉容器の内部雰囲気における不活性ガスの濃度は85%以上である。

この場合、密閉容器内での酸素量が充分少なくなるため、外装樹脂の酸化劣化をよりいっそう防止することができる。

不活性ガスの濃度が85%未満である場合は、外装樹脂が酸化劣化して、長時間の使用に耐えない、または酸化劣化が進行しやすい高温での使用が困難な圧電アクチュエータとなるおそれがある。

また、内部雰囲気のすべてが不活性ガスで置換されていることがもっとも好ましい。

【0017】

また、第1の発明において、上記密閉容器の内部雰囲気における酸素濃度は0.1%以下であることが好ましい（請求項3）。

この場合、内部雰囲気での酸素量が充分少なくなるため、外装樹脂の酸化劣化を防止することができる。

酸素濃度が0.1%より大である場合は、外装樹脂が酸化劣化して、長時間の使用に耐えない、または酸化劣化が進行しやすい高温での使用が困難な圧電アクチュエータとなるおそれがある。

また、内部雰囲気の酸素濃度が0となる場合がもっとも好ましい。

【0018】

また、第2の発明において、上記外装樹脂はシリコンよりなり、上記酸化劣化防止剤は酸化鉄、酸化セリウム、酸化チタン、炭素より選択される一種以上であることが好ましい。

シリコンは耐熱性に優れると共に柔軟性が高い。よって、耐熱性に優れる圧電アクチュエータを得ることができる。また、シリコンは圧電体素子の伸縮に追従可能で、圧電体素子の伸縮が阻害されない。

また、上述した酸化劣化防止剤は、いずれもシリコンと反応し難い物質であるため、外装樹脂を劣化させ難い。

【0019】

また、第2の発明において、上記外装樹脂はポリイミド、ウレタン、エポキシより選択される一種以上よりなり、上記酸化劣化防止剤は酸化鉄、酸化セリウム、酸化チタン、炭素より選択される一種以上であることが好ましい。

上述した各樹脂は耐熱性に優れると共に柔軟性が高い。よって、耐熱性に優れる圧電アクチュエータを得ることができ、外装樹脂が圧電体素子の伸縮に追従できて、圧電体素子の伸縮が阻害されない。

また、上述した酸化劣化防止剤は、いずれも各樹脂と反応し難い物質であるため、外装樹脂を劣化させ難い。

【0020】

また、第2の発明において、上記外装樹脂における酸化劣化防止剤の含有量は1~30重量%であることが好ましい。

これにより、外装樹脂の酸化劣化を確実に防止することができる。

1重量%未満である場合は、酸化劣化防止剤の量が少なすぎて、外装樹脂の酸化劣化が発生するおそれがある。30重量%より大である場合は、外装樹脂の柔軟性が損なわれ、圧電体素子の駆動により、外装樹脂がひび割れたり、圧電体素子から脱落する等の問題が生じるおそれがある。

【0021】

第3の発明において、上記外装樹脂は2層構造であり、内側層はエポキシ、外側層は酸化劣化防止剤を含有したシリコンであることが好ましい。

内側層はエポキシよりなるため、圧電体素子と密着性に優れ、圧電体素子の伸縮に対する

10

20

30

40

50

追従性に優れている。外側層は酸化劣化防止剤を含んだシリコンであるため、酸化劣化し難い。そして、酸素は外側層の酸化劣化防止剤によって不活性化されるため、内側層も酸化劣化し難い。

なお、上記シリコンに含ませる酸化劣化防止剤としては、上述したごとく、酸化鉄、酸化セリウム、酸化チタン、炭素等を用いることができる。

【0022】

第3の発明において、上記外装樹脂は2層構造であり、内側層はシリコン、外側層は酸化劣化防止剤を含有したシリコンであることが好ましい。

内側層はシリコンよりなるため、柔軟性が高く、圧電体素子と密着性に優れ、圧電体素子の伸縮に対する追従性に優れている。外側層は酸化劣化防止剤を含んだシリコンであるため、酸化劣化し難い。そして、酸素は外側層の酸化劣化防止剤によって不活性化されるため、内側層も酸化劣化し難い。

なお、上記シリコンに含ませる酸化劣化防止剤としては、上述したごとく、酸化鉄、酸化セリウム、酸化チタン、炭素等を用いることができる。

【0023】

また、本発明にかかる圧電アクチュエータは、100度以上の温度雰囲気が100時間以上継続する環境に設置することができる。

また、燃料が流通する燃料通路に燃料に曝された状態で設置することができる（請求項7）。

このような特質を備えるため、本発明にかかる圧電アクチュエータは、自動車や各種車両のエンジンに設置する燃料噴射装置の駆動源として用いることができる。圧電アクチュエータは、電磁式を代表とする従来のアクチュエータに比較して高速応答、高精度変位、および高分解能であるため、燃料噴射装置の駆動源として用いることで、低燃費や低排出ガス、高出力という性能を得ることができる。

なお、上記燃料は、元素組成は主として炭素からなり、これに水素、酸素が結合しているものが多い。このほかに窒素、硫黄、灰分などを含むものもある。具体的には、ガソリン、灯油、軽油、重油、アルコールなどである。

なお、100度未満の温度環境であったり、100度以上での耐久性が100時間未満である場合は、耐久性が低く、燃料噴射装置の駆動源として使用することが困難となるおそれがある。

【0024】

【実施例】

以下に、図面を用いて本発明の実施例について説明する。

（実施例1）

本発明にかかる圧電アクチュエータについて、図1～図4より説明する。

本例の圧電アクチュエータ1は、図1～図4に示すごとく、印加電圧に応じて伸張する複数の圧電層21、22と印加電圧供給用の内部電極層210、220とを交互に積層し、側面（符号201や符号202等）の全体を外装樹脂25で覆った圧電体素子2を有し、該圧電体素子2は、実質的に外気と遮断され、不活性気体によって内部雰囲気19が置換された密閉容器11に収納する。

【0025】

以下、詳細について説明する。

本例の圧電アクチュエータ1の圧電体素子2は、図2～図4に示すごとく、圧電層21、22の層間に内部電極層210、220を交互に形成し、圧電層21、22を交互に正負に印加できるようにする。

図2に示すごとく、圧電層21に隣接する内部電極層210は図面左側に電極未形成部211が、図3に示すごとく、圧電層22に隣接する内部電極層220は図面右側に電極未形成部221を持つ。

一方の内部電極層210は圧電体素子2の一方の側面201に露出するように配設し、他方の内部電極層220は他方の側面202に露出するように配設する。

10

20

30

40

50

【0026】

そして、図1に示すごとく、圧電体素子2の側面201、202には、露出した内部電極層210、220の端部をそれぞれ導通させるように銀等の貴金属よりなる側面電極23、24をそれぞれ形成する。

上記側面電極23、24上には、ステンレス棒製の断面円形の外部電極231、241をエポキシ樹脂製の導電性接着剤230、240を用いて接合する。上記外部電極231、241は図示を省略した駆動電源に接続する。

【0027】

そして、図1に示すごとく、圧電体素子2の側面201、202、また図1からは図示されない側面の全体を、ディッピング法により形成し、シリコンよりなる平均厚さ0.5ミリの外装樹脂25によって被覆する。また、上記側面電極23、24、外部電極231、241の一部分は外装樹脂25の内部に埋設する。

10

【0028】

上記圧電体素子2を収納する密閉容器11について説明する。

上記密閉容器11は、断面が円型で筒状の金属ケース12、上板14、下板13とよりなり、上記上板14及び下板13は金属ケース12に対し溶接にて密閉接合する。

また、図1に示すごとく、金属ケース12は圧電体素子2の伸縮を阻害しないように、符号129にかかる部分をベローズ構造としている。

また、上記上板14は外部電極231、241用の挿通穴140を有する。この挿通穴140の断面形状は円形である。そして、上記挿通穴140と外部電極231、241の側面との間の隙間はシリコン樹脂製のシール材151で封止する。

20

【0029】

また、本例の密閉容器11に対し圧電体素子2を組み付けて圧電アクチュエータとするには、まず金属ケース12に下板13を溶接固定し、金属ケース12内に圧電体素子2を収納する。その後、上板14の挿通穴140に外部電極231、241を挿通しながら金属ケース12の所定位置に上板14を仮止めする。

【0030】

その後、上板14と金属ケース12とを溶接固定し、挿通穴140と外部電極231、242との隙間から空気を真空ポンプで吸出し、その後窒素ガスを入れるという方法で金属ケース12（すなわち密閉容器11内）の内部雰囲気19を窒素ガスで置換する。その後、挿通穴140と外部電極231、241との間の隙間にシール材151を充填する。

30

【0031】

これにより、密閉容器11の内部が不活性ガスである窒素ガスに置換され、かつ溶接とシール材151により実質的に外気と遮断された内部雰囲気19の中に圧電体素子2が収納された圧電アクチュエータ1を得た。

【0032】

本例の構成の圧電アクチュエータ1に以下に記載する耐久試験を行った。

圧電アクチュエータ1を温度100℃に保持し、外部電極231、241から電圧を印加して、積層方向の変位率が0.01%となるように圧電体素子を100時間駆動した。

耐久試験の前後で圧電体素子1に沿面放電は発生しなかった。また、外装樹脂25の酸化劣化も生じなかった。また、外装樹脂25の破断伸びは耐久試験前は180%で、耐久試験後は170%であった。

40

【0033】

比較として、実施例1と同様の構成であるが、金属ケースと上板との間が密閉されていない、また上板の挿通穴と外側電極との間が密閉されていない圧電アクチュエータを準備し、これについて同様の耐久試験を行った。

その結果、外装樹脂は酸化劣化し、破断伸びが試験前の180%から試験後は120%に低下した。また、外装樹脂の劣化により、外装樹脂の一部が圧電体素子から剥がれるという問題が発生した。

【0034】

50

また、外装樹脂のない圧電体素子を、実施例 1 にかかる密閉容器に収納した圧電アクチュエータを準備し、同様の耐久試験を行った。その結果、試験開始後 0.5 時間で沿面放電が発生し、圧電体素子の駆動が不可能となった。つまり圧電アクチュエータとして機能しなくなった。

【0035】

本例の作用効果について説明する。

本例の圧電アクチュエータ 1 は、外装樹脂 25 を設けた圧電体素子 2 が不活性気体で充填され、実質的に外気と遮断された密閉容器 11 に収納される。外装樹脂 25 が直接外気に触れることがなく、また密閉容器 25 内の酸素はないか、非常に少ないため、外装樹脂 25 に酸化劣化が生じ難い。

10

【0036】

また、外装樹脂 25 で圧電体素子 2 の側面全体が覆われているため、外部からの衝撃は外装樹脂 25 が吸収し、圧電体素子 2 のひびや割れを防ぐことができる。また、外部からの湿気が圧電体素子 2 に届き難くなり、圧電体素子 2 側面での沿面放電が防止される。そして、これらの効果は外装樹脂 25 が酸化劣化し難いことから、長期に渡って維持される。

【0037】

以上、本例にかかる圧電アクチュエータによれば、耐久性に優れる圧電アクチュエータを効果が得られることがわかった。

【0038】

また、本例にかかる外部電極はステンレス棒より構成したが、図 5 に示すごとく、樹脂被覆リード線（撚り線）232、242 を外部電極として使用することができる。樹脂被覆内の撚り線間には隙間があるが、樹脂被覆で周囲が覆われているため、該樹脂被覆リード線 232、242 を上板 14 の挿通穴 140 に配置し、シール材 152 でシールすることで密閉容器 11 は実質的に外気と遮断される。

20

【0039】

（実施例 2）

本例の圧電アクチュエータ 1 は、実施例 1 と同様の構成であるが、上板 14 の挿通穴 140 を密閉する構成が異なる。

図 6 に示すごとく、挿通穴 140 は環状で、ここに Oリング 152 が嵌合される。その他、詳細は実施例 1 と同様の構成を有する。

30

このように密閉容器 11 が Oリング構成であっても、該密閉容器 11 は実質的に外気と遮断される。よって、外装樹脂 25 の酸化劣化が生じ難い。

【0040】

（実施例 3）

本例の圧電アクチュエータ 1 は、実施例 1 と同様の構成であるが、上板 14 の挿通穴 140 を密閉する構成が異なる。

図 7 に示すごとく、挿通穴 140 は環状で、ここにグロメット 254 がはめ込まれる。その他、詳細は実施例 1 と同様の構成を有する。

このように密閉容器 11 がグロメット構成であっても、該密閉容器 11 は実質的に外気と遮断され、外装樹脂 25 の酸化劣化が生じ難い。

40

【0041】

（実施例 4）

本例の圧電アクチュエータ 1 は、実施例 1 と同様の構成であるが、図 8 に示すごとく、上板 14 及び下板 13 と金属ケース 12 との間に Oリング 135、145 を配置した密閉容器 11 に圧電体素子 2 が収納される構成である。

図 8 に示すごとく、上記密閉容器 11 は、Oリング 135、145 によって上板 14、下板 13 が金属ケース 12 に対し固定される。このため、上板 14、または下板 13 はアクチュエータの伸縮に追従して動くことができるように構成する。その他、詳細は実施例 1 と同様の構成を有する。

【0042】

50

本例にかかるリング構成で上板 1 4 及び下板 1 3 と金属ケース 1 2 間が密閉することでも、密閉容器 1 1 は実質的に外気と遮断され、外装樹脂 2 5 の酸化劣化が生じ難い。また、図 9 に示すごとく、リング 1 3 5, 1 4 5 に代えて、シール材（接着剤）1 3 6, 1 4 6 を用いて、上板 1 4 及び下板 1 3 と金属ケース 1 2 とを接着して、実質的に外気と遮断された密閉容器 1 1 となし、外装樹脂 2 5 の酸化劣化を生じ難くすることができる。

【0043】

（実施例 5）

本例の圧電アクチュエータは、実施例 1 と同様の構成であるが、外装樹脂として酸化劣化防止剤を含有したものをを用いた。

本例の外装樹脂はシリコンが 80 重量％、酸化鉄の微粉末 20 重量％よりなる。そして、シリコンの中に酸化鉄の微粉末が分散している。なお、酸化鉄は二価である。その他、圧電アクチュエータの構成としては実施例 1 と同様であるが、密閉容器内は通常の大気雰囲気である。

【0044】

また、本例の圧電アクチュエータについて、実施例 1 と同様の耐久試験を行った。その結果、外装樹脂の酸化劣化は殆ど生じず、破断伸びは試験前が 180% で、試験後も 180% と変化がなかった。

【0045】

つまり、従来の圧電アクチュエータであれば、密閉容器内の酸素がシリコンに触れた場合、酸素がシリコンの主鎖を切断し、シリコンを劣化させ、外装樹脂の弾性を低下させる。

しかしながら、本例の圧電アクチュエータのように酸化鉄が外装樹脂に含まれている場合、酸素のラジカルは酸化鉄が吸収するため、酸素によるシリコン主鎖の切断が生じない。このように、酸化劣化防止剤が酸素を不活性化させるため、外装樹脂の劣化を防止できる。

その他詳細は実施例 1 と同様の作用効果を有する。

【0046】

また、上記密閉容器内の雰囲気を、実施例 1 と同様に不活性の窒素ガスなどで置換することもできる。

また、上記外装樹脂として、ポリイミドを、酸化劣化防止剤として炭素の微粉末を用いることもできる。

双方の圧電アクチュエータについて、上述と同様の耐久試験を行った場合、外装樹脂の酸化劣化が殆ど発生せず、破断伸びは試験前と後で共に 110% と変化が殆どなかった。

【0047】

（実施例 6）

本例の圧電アクチュエータ 1 は、図 10 に示すごとく、二層構造の外装樹脂 2 5 を有し、内側層 2 5 2 はエポキシ、外側層 2 5 1 は酸化劣化防止剤の酸化鉄を含有したシリコンよりなる。その他詳細は実施例 1 と同様の構成である。

【0048】

内側層 2 5 2 はエポキシよりなるため、ヤング率が低く、圧電体素子 2 との密着性に優れ、圧電体素子 2 の伸縮に対する追従性に優れている。外側層 2 5 1 は酸化劣化防止剤を含んだシリコンであるため、酸化劣化し難い。さらに、酸素は外側層 2 5 1 の酸化劣化防止剤によって不活性化されるため、内側層 2 5 2 の酸化劣化を防止することができる。

また、内側層 2 5 2 をシリコンより構成し、外側層 2 5 1 を酸化劣化防止剤の酸化鉄を含むシリコンで構成した場合も、上述と同じ効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 実施例 1 における、圧電アクチュエータの縦断面説明図。

【図 2】 実施例 1 における、圧電層と内部電極層との平面図。

【図 3】 実施例 1 における、図 2 にかかる圧電層と隣接して積層する圧電層と内部電極層

10

20

30

40

50

との平面図。

【図4】実施例1における、圧電体素子の斜視展開説明図。

【図5】実施例1における、外部電極として樹脂被覆リード線を用いた圧電アクチュエータの説明図。

【図6】実施例2における、Oリングで挿通穴を密閉した密閉容器を有する圧電アクチュエータの縦断面説明図。

【図7】実施例3における、グロメットで挿通穴を密閉した密閉容器を有する圧電アクチュエータの縦断面説明図。

【図8】実施例4における、上板及び下板と金属ケースとの間をOリングで密閉した気密容器を有する圧電アクチュエータの縦断面説明図。

10

【図9】実施例4における、上板及び下板と金属ケースとの間をシール材で密閉した気密容器を有する圧電アクチュエータの縦断面説明図。

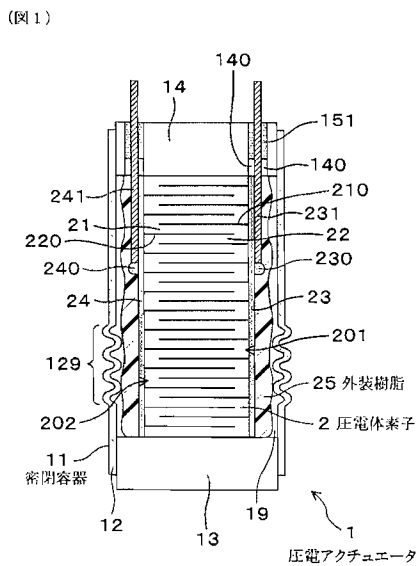
【図10】実施例6における、二層構造の外装樹脂を有する圧電体素子を備えた圧電アクチュエータの縦断面説明図。

【符号の説明】

- 1 . . . 圧電アクチュエータ,
- 2 . . . 密閉容器,
- 21, 22 . . . 圧電層,
- 201, 202 . . . 外側,
- 210, 220 . . . 内部電極層,
- 25 . . . 外装樹脂,
- 251 . . . 外側層,
- 252 . . . 内側層,

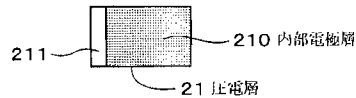
20

【図1】



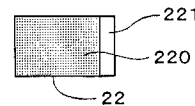
【図2】

(図2)



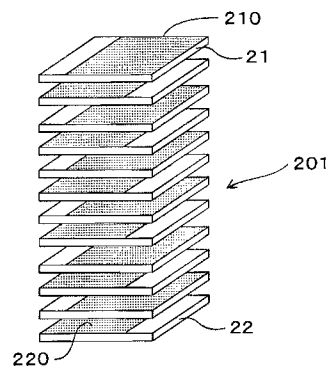
【図3】

(図3)



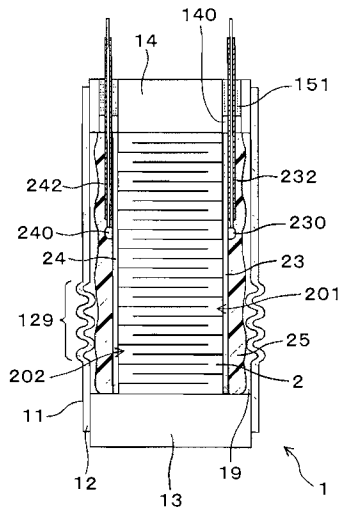
【図4】

(図4)



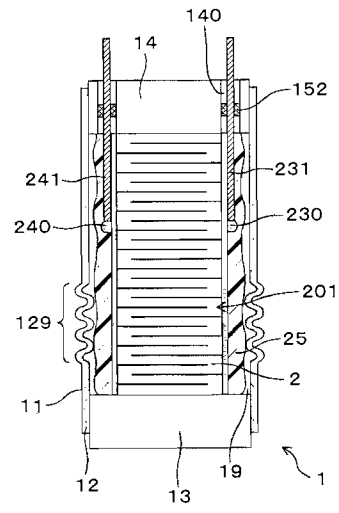
【図5】

(図5)



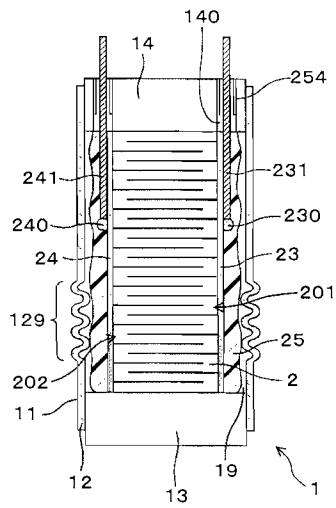
【図6】

(図6)



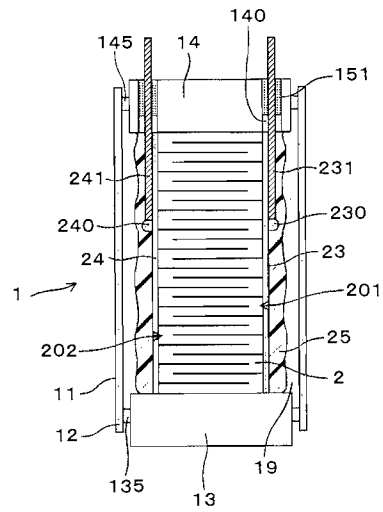
【図7】

(図7)



【図8】

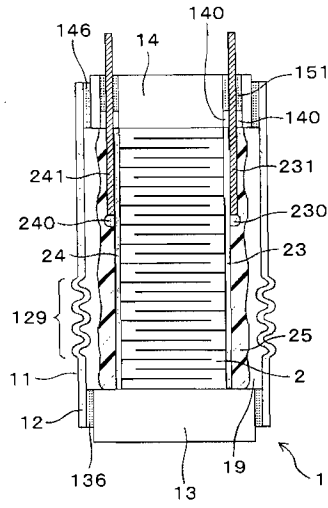
(図8)



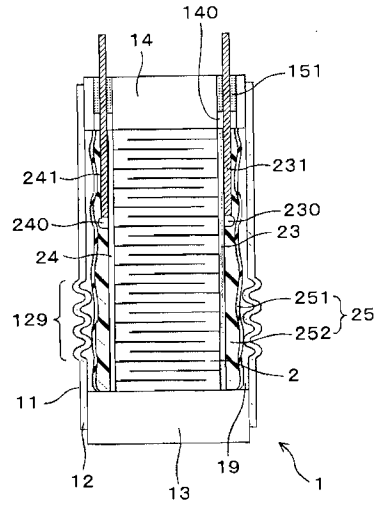
【図9】

【図10】

(図9)



(図10)



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平04-349675 (JP, A)
特公平06-028832 (JP, B2)
実開平02-042457 (JP, U)
特開平02-288277 (JP, A)
特開2001-102649 (JP, A)
特開2001-205751 (JP, A)
特開平09-185959 (JP, A)
特開2001-143540 (JP, A)
特開平08-170070 (JP, A)
特開平10-009084 (JP, A)

(58)調査した分野(Int. Cl., DB名)

H02N 2/00

H01L 41/083