

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5069233号  
(P5069233)

(45) 発行日 平成24年11月7日 (2012. 11. 7)

(24) 登録日 平成24年8月24日 (2012. 8. 24)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 41/083 (2006. 01)  
 HO 1 L 41/187 (2006. 01)  
 FO 2 M 51/00 (2006. 01)  
 FO 2 M 51/06 (2006. 01)

HO 1 L 41/08 S  
 HO 1 L 41/08 Q  
 HO 1 L 41/18 I O 1 D  
 FO 2 M 51/00 E  
 FO 2 M 51/06 N

請求項の数 10 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2008-523358 (P2008-523358)  
 (86) (22) 出願日 平成18年7月26日 (2006. 7. 26)  
 (65) 公表番号 特表2009-503834 (P2009-503834A)  
 (43) 公表日 平成21年1月29日 (2009. 1. 29)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2006/064682  
 (87) 国際公開番号 W02007/012654  
 (87) 国際公開日 平成19年2月1日 (2007. 2. 1)  
 審査請求日 平成20年1月28日 (2008. 1. 28)  
 (31) 優先権主張番号 102005034814. 9  
 (32) 優先日 平成17年7月26日 (2005. 7. 26)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 390039413  
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト  
 Siemens Aktiengesellschaft  
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン  
 ヴィッテルスバッハープラッツ 2  
 Wittelsbacherplatz  
 2, D-80333 Muenchen  
 , Germany  
 (74) 代理人 100099483  
 弁理士 久野 琢也  
 (74) 代理人 100128679  
 弁理士 星 公弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移行領域において分極方向が回転するモノリシックピエゾアクチュエータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

モノリシックな多層構造を有するピエゾアクチュエータ (1) であって、  
 ・少なくとも 1 つの圧電性の活性部分積層体を有し、該活性部分積層体は交互に重なって配置されている圧電セラミック層 (111, 121) と該圧電セラミック層間に配置されている電極層 (112, 122) とを有し、  
 ・前記圧電性の活性部分積層体の上に配置されている少なくとも 1 つの圧電性の不活性終端領域を有し、  
 ・前記圧電性の活性部分積層体と前記活性終端領域との間に配置されている少なくとも 1 つの移行領域を有し、  
 ・前記圧電性の活性部分積層体、前記終端領域および前記移行領域は相互に接続されて 1 つのモノリシックな全積層体となっている、ピエゾアクチュエータにおいて、  
 ・前記移行領域が、相互に重なって配置されている移行領域圧電セラミック層と該移行領域圧電セラミック層間に配置されている移行領域電極層とを有し、  
 ・前記移行領域圧電セラミック層および前記移行領域電極層は相互に配置されており、前記移行領域積層体の積層方向において、圧電性の活性部分積層体から不活性終端領域へ向けて、前記移行領域圧電セラミック層の分極方向および / または電界の印加方向が漸次的に回転されるように構成されていることを特徴とする、ピエゾアクチュエータ。

【請求項 2】

前記移行領域圧電セラミック層の分極方向及び / または電界の印加方向は、前記移行領

域部分積層体と前記圧電性の活性部分積層体の間の境界領域においては、前記移行領域部分積層体の積層方向に対して平行に配向されている、請求項 1 記載のピエゾアクチュエータ。

【請求項 3】

前記移行領域電極層の構造および／または寸法を変えることによって、前記回転が生じる、請求項 1 または 2 記載のピエゾアクチュエータ。

【請求項 4】

それぞれの前記移行領域電極層の平面構造は櫛状構造である、請求項 3 記載のピエゾアクチュエータ。

【請求項 5】

それぞれの前記移行領域電極層の平面構造は環状構造である、請求項 3 記載のピエゾアクチュエータ。

【請求項 6】

隣接する移行領域電極層が 1 つの交差指型構造 ( 1 1 2 1 ) を形成する、請求項 4 記載のピエゾアクチュエータ。

【請求項 7】

前記活性部分積層体および／または前記終端領域が 1 mm 以上 10 mm 以下の範囲から選択された積層体高さを有する、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項記載のピエゾアクチュエータ。

【請求項 8】

前記移行領域部分積層体は 0.2 mm 以上 5.0 mm 以下の範囲から選択された移行領域積層体高さを有する、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載のピエゾアクチュエータ。

【請求項 9】

前記全積層体は 10 mm 以上 200 mm 以下の範囲から選択された全積層体高さ ( 103 ) を有する、請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項記載のピエゾアクチュエータ。

【請求項 10】

内燃機関の噴射弁を駆動制御する、請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項記載のピエゾアクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はモノリシックな多層構造を有するピエゾアクチュエータに関し、このピエゾアクチュエータは、交互に重なって配置されている圧電セラミック材料からなる圧電セラミック層とこの圧電セラミック層間に配置されている電極層 ( 内部電極 ) とを有する少なくとも 1 つの圧電性の活性部分積層体と、この圧電性の活性部分積層体の上に配置されている少なくとも 1 つの圧電性の不活性終端領域と、圧電性の活性部分積層体と終端領域との間に配置されている少なくとも 1 つの移行領域とを有し、圧電性の活性部分積層体、終端領域および移行領域は相互に接続されて 1 つのモノリシックな全積層体となっている。

【0002】

大きな信号領域 ( 数 kV/mm の電界強度 ) においてその種のピエゾアクチュエータが最初に電氣的に駆動制御される際に圧電セラミック材料は分極される。これにより不可逆性の長さ変化、いわゆる残留変形が生じる。この残留変形および、ピエゾアクチュエータの動作時に電極層を電氣的に駆動制御する際に生じる付加的な変形に基づき全積層体内では引っ張り応力が発生する。この引っ張り応力により分極の経過において、またはピエゾアクチュエータの動作時に例えば圧電セラミック層と電極層との間の境界面に沿って亀裂 ( 分極割れ ) が生じる。その種の亀裂は殊に活性部分積層体と終端領域との間の移行領域においても生じる。亀裂が枝分かれするか、全積層体の長手方向において拡がる場合は殊に悪影響が及ぼされる。その種の亀裂によりピエゾアクチュエータが早期に故障することは不可避である。

10

20

30

40

50

## 【0003】

本発明の課題は、上述の亀裂の形成および亀裂の増大に関する確率が従来技術に比べて低減されている piezo actuator を提供することである。

## 【0004】

この課題を解決するために、交互に重なって配置されている圧電セラミック層とこの圧電セラミック層間に配置されている電極層とを有する少なくとも1つの圧電性の活性部分積層体と、この圧電性の活性部分積層体の上に配置されている少なくとも1つの圧電性の不活性終端領域と、圧電性の活性部分積層体と終端領域との間に配置されている少なくとも1つの移行領域とを有し、圧電性の活性部分積層体、終端領域および移行領域は相互に接続されて1つのモノリシックな全積層体となっている、モノリシックな多層構造を有する piezo actuator が提供される。この piezo actuator は以下の特徴を有する。すなわち、移行領域が移行領域積層体を有しており、この移行領域積層体は相互に重なって配置されている移行領域圧電セラミック層とこれらの移行領域圧電セラミック層間に配置されている移行領域電極層とを有しており、これらの移行領域圧電セラミック層および移行領域電極層は次のように構成され、相互に配置されている。すなわち、移行領域積層体の積層方向において、移行領域圧電セラミック層から移行領域圧電セラミック層へと、分極主軸および/または電氣的駆動制御の主軸が漸次的に回転するように構成され、相互に配置されている。これらの主軸は、分極ベクトルないしは電界のベクトルに関する。ここでこの電界は電氣的駆動制御によって生じられ、それぞれ移行領域圧電セラミック層内に入力される。ここで、2つまたは3つの、直接的に相互に重なって積層されている圧電セラミック層の主軸は等しく配向されている。これらの圧電セラミック層は1つの圧電セラミック層セットを構成し、これは等しく配向された、分極主軸を有している。

## 【0005】

終端領域は全積層体の頂部領域または底部領域でよい。終端領域を1つまたは複数の層から構成することができる。後者の場合には1つのカバーセットとなる。終端領域の材料としてセラミック材料または金属材料が考えられる。

## 【0006】

電氣的駆動制御の主軸は電界の主軸を定める。ここでこの電界は移行圧電セラミック層内での駆動制御によって誘起される。

## 【0007】

圧電セラミック層の圧電セラミック材料と移行領域圧電セラミック層の圧電セラミック材料は同一のものでよい。しかしながら異なる材料を使用することもできる。同様にこれらの層の総厚は同一でもよいし、異なってもよい。

## 【0008】

本発明の基礎となる着想は、移行領域圧電セラミック層の変形が段階的に変化する移行領域を提供することである。段階的な変化により従来技術から公知である、圧電性の活性部分積層体と圧電性の不活性終端領域との間の高い引っ張り応力が著しく低減される。

## 【0009】

特に有利な構成では、各主軸の回転は、移行領域部分積層体の積層方向に対して実質的に平行な配向から、移行領域部分積層体の積層方向に対して実質的に垂直な配向への主軸の回転を含む。ここでは実質的に、正確な垂直ないし平行配向が設けられる必要はない。50%までのずれは許容可能である。

## 【0010】

この回転により、分極の間または動作中に生じる変形も変化する。横方向 ( $a/b$  方向) において生じる変形と積層方向 ( $c$  方向) において生じる変形はもはや  $d_{31}$  (負) 成分および  $d_{33}$  (正) 成分のみから構成されているものではない。その結果この効果の重ね合わせが生じる。層平面に対する 分極ベクトルおよび駆動制御ベクトルの所定方向においては、それぞれの方向における最小変形が達成される。これにより、移行領域の2つの層間では相応に僅かな機械的な引っ張り応力が生じる。

## 【0011】

有利には実質的に垂直な配向は、移行領域部分積層体と終端領域との間の境界領域に配置されている。分極が漸次的に「不鮮明になる (Verschmierung)」。この結果、移行領域と不活性終端領域との間の境界領域において、非常に小さい機械的応力が生じる。亀裂が生じる確率は格段に低減される。

【 0 0 1 2 】

特に有利な構成では、移行領域電極層の構造および / または寸法の変化によって、回転が生起される。移行領域電極層の漸次的な変化によって段階的な変化が生起される。

【 0 0 1 3 】

このために、それぞれの移行領域電極層の横方向の拡張に対して移行領域電極層の構造は櫛状である。別の実施形態においては、それぞれの移行領域電極層の横方向の拡張に平行な構造は円形である。殊に櫛状の構造は交差指型構造 ( Interdigital-Structure ) の形成に適している。したがって殊に有利な実施形態によれば、隣接する移行領域電極層が 1 つの交差指型構造を形成する。

【 0 0 1 4 】

殊に有利な実施形態によれば、活性部分積層体および / または終端領域が 1 mm 以上 10 mm 以下、殊に 3 mm 以上 5 mm 以下の範囲から選択された部分積層体高さを有する。例えば部分積層体高さは 2 mm である。この部分積層体高さにより電圧スパイクを非常に良好に除去することができる。殊に有利な実施形態によれば、移行領域部分積層体は 0 . 2 mm 以上 5 . 0 mm 以下、殊に 0 . 5 mm 以上 2 . 0 mm 以下の範囲から選択された移行領域積層体高さを有する。部分積層体により非常に高い全積層体が得られる。殊に有利な実施形態においては全積層体が、10 mm 以上 200 mm 以下の範囲から選択された全積層体高さを有する。それよりも高い全積層体高さも同様に得られる。

【 0 0 1 5 】

この新たな信頼性の高いピエゾアクチュエータは有利には内燃機関の弁、殊に噴射弁を駆動制御するために使用される。内燃機関は例えば自動車のエンジンである。

【 0 0 1 6 】

以下では本発明を複数の実施例および所属の図面に基づき詳細に説明する。図面は概略的に示されたものであり、縮尺通りに描かれていない。

【 0 0 1 7 】

図 1 はモノリシックな多層構造を有するピエゾアクチュエータの側面図を示し、図 2 A は移行領域電極層の櫛状構造の漸次的な変更を示し、図 2 B は移行領域電極層の櫛状構造の漸次的な変更を示す。

【 0 0 1 8 】

ピエゾアクチュエータ 1 はモノリシックな多層構造の全積層体 10 を有するピエゾアクチュエータである。ピエゾアクチュエータ 1 は圧電性の活性部分積層体 11 を有し、この部分積層体 11 においては圧電セラミック材料としてのチタン酸ジルコン酸鉛 ( P Z T ) を有する圧電セラミック層 111 と銀パラジウム合金からなる電極層 112 とが交互に重なって配置されている。

【 0 0 1 9 】

圧電性の活性部分積層体 11 の上には、セラミック層からなるセラミック性のカバーセットの形の圧電性の不活性終端領域 12 が配置されている。

【 0 0 2 0 】

圧電性の活性部分積層体 11 とカバーセット 12 との間には移行領域積層体の形の移行領域 13 が配置されている。移行領域積層体 13 は交互に重なって配置されている移行領域圧電セラミック層 131 と移行領域電極層 132 とを有する。移行領域圧電セラミック層の圧電セラミック材料と圧電性の活性部分積層体 11 の圧電セラミック層の圧電セラミック材料は同一である。択一的な実施形態においては、これらの圧電セラミック層の圧電セラミック材料は異なる。

【 0 0 2 1 】

圧電性の活性部分積層体 11、移行領域積層体 13 および終端領域 12 は一緒に 1 つの

10

20

30

40

50

モノリシックな全積層体 10 を形成する。

【0022】

活性部分積層体 11 の領域および移行領域積層体 13 の領域における全積層体の側面にはそれぞれの電極層と電氣的に接触するための外部金属化部 14 が取付けられている。交番的に接触するために図示していない別の外部金属化部が設けられている。

【0023】

積層方向 101 における全積層体 10 の全高 103 は 30 mm である。圧電性の活性部分積層体 11 の部分積層体高さ 113 は約 10 mm である。移行領域積層体 13 の移行領域部分積層体高さ 114 は約 2 mm である。

【0024】

移行領域圧電セラミック層 131 および移行領域電極層 132 は、次のように構成され、相互に配置されている。すなわち、移行領域積層体 13 の積層方向 133 において、移行領域圧電セラミック層から移行領域圧電セラミック層へと漸次的に、分極主軸 134 の回転 135 が行われるように構成され、相互に配置されている。択一的に、電氣的駆動制御の主軸 134 の回転 135 が行われる。

【0025】

各主軸 134 の回転 135 は、移行領域部分積層体 13 の積層方向 133 に対して実質的に平行な配向（活性部分積層体 11 と移行領域積層体 13 との間の移行領域 121 において）から、移行領域部分積層体 13 の積層方向 133 に対して実質的に垂直な配向（移行領域積層体 13 と圧電性不活性カバーセット 12 との間の移行領域において）への主軸 134 の回転を含む。

【0026】

第 1 の実施形態によれば、移行領域電極層 132 は櫛状の構造を有する。この櫛状の構造 1321 は図 2A に示されている。この実施例によれば、移行領域電極層 132 の櫛状の構造 1321 が連続的に変更される。図 2A に示されているように、櫛状の構造 1321 のウェブ間の間隔は移行領域電極層から移行領域電極層へ変更される。隣接する移行領域電極層 132 は一緒にそれぞれ 1 つの交差指型構造 134 を形成する。

【0027】

択一的な実施形態では、移行領域電極層 132 は環状の構造 1322 を有する（図 2B）。ここで環状構造 1322 の円の間の間隔は、移行領域電極層から移行領域電極層へと変化する。

【0028】

別の実施例によれば、終端領域 12 および移行領域 13 の図示した配置構成に付加的もしくは択一的に、全積層体 10 の頂部領域に終端領域 12 が配置され、全積層体 10 の底部領域に移行領域が配置される。

【0029】

この新たなピエゾアクチュエータ 1 は自動車のエンジンの噴射弁を駆動制御するために使用される。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】モノリシックな多層構造を有するピエゾアクチュエータの側面図

【図 2A】図 2A は移行領域電極層の櫛状構造の漸次的な変更

【図 2B】図 2B は移行領域電極層の櫛状構造の漸次的な変更

10

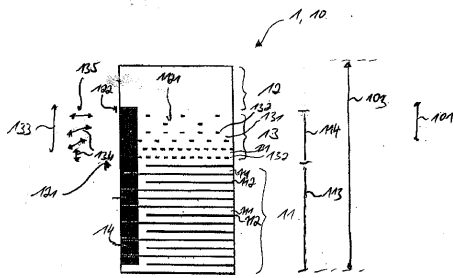
20

30

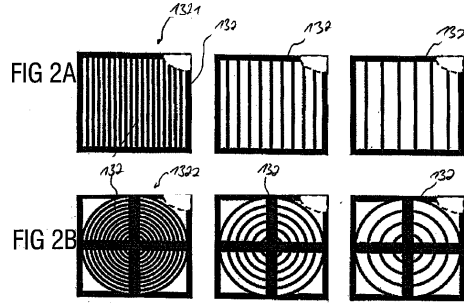
40

【図 1】

FIG 1



【図 2 A - B】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ハラルト ヨハネス カストル  
ドイツ連邦共和国 フィヒテルベルク バイロイター シュトラーセ 22
- (72)発明者 カールステン シュー  
ドイツ連邦共和国 バルトハム ハイデヴェーク 9

審査官 川村 裕二

- (56)参考文献 特開平11-186626(JP,A)  
特開2004-274029(JP,A)  
特開平11-284240(JP,A)  
特開平07-030165(JP,A)  
特開平03-064979(JP,A)  
特開平01-226186(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 41/083  
F02M 51/00  
F02M 51/06  
H01L 41/187