

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4915435号  
(P4915435)

(45) 発行日 平成24年4月11日(2012.4.11)

(24) 登録日 平成24年2月3日(2012.2.3)

(51) Int.Cl. F1  
H02N 2/00 (2006.01) H02N 2/00 B

請求項の数 15 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-146528 (P2009-146528)	(73) 特許権者	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(22) 出願日	平成21年6月19日(2009.6.19)	(74) 代理人	100086597 弁理士 官▲崎▼ 主税
(65) 公開番号	特開2011-4547 (P2011-4547A)	(74) 代理人	100134566 弁理士 中山 和俊
(43) 公開日	平成23年1月6日(2011.1.6)	(72) 発明者	橋本 順一 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
審査請求日	平成23年4月26日(2011.4.26)	(72) 発明者	長谷 貴志 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内

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】

高さ方向において互いに対向する第1及び第2の端面と、互いに対向する第1及び第2の側面とを有し、第1及び第2の内部電極が高さ方向に対向するように内部に形成されている柱状の圧電体と、前記圧電体の第1の端面に接合されており、前記圧電体よりも密度が高く、かつ導電性を有し、前記圧電体の第1の側面に連なる第1の側面と、前記圧電体の第2の側面に連なる第2の側面とを有する錘とを有するアクチュエータ本体と、

前記圧電体の第1の側面と、前記錘の第1の側面との上に形成されており、前記第1の内部電極が接続されている第1の導電層と、

前記圧電体の第2の側面と、前記錘の第2の側面との上に形成されており、前記第2の内部電極が接続されている第2の導電層とを備え、

前記第1の導電層の表面から前記アクチュエータ本体の内部にまで至るように、前記圧電体の前記第1の端面に対して平行な第1の溝が形成されており、

前記第1の導電層は、前記第1の溝により、前記第1の内部電極に接続されている一方、前記錘に接続されていない部分と、前記錘に接続されている一方、前記第1の内部電極には接続されていない部分とに分断されている、圧電アクチュエータ。

【請求項2】

前記第1及び第2の内部電極が、高さ方向に沿って交互に複数設けられており、前記複数の第1及び第2の内部電極のうちの最も前記圧電体の前記第1の端面側に位置している内部電極が前記第2の内部電極である、請求項1に記載の圧電アクチュエータ。

10

20

## 【請求項 3】

前記第 1 の溝が、最も前記圧電体の前記第 1 の端面側に位置している内部電極よりも前記第 2 の端面側に位置している、請求項 2 に記載の圧電アクチュエータ。

## 【請求項 4】

前記第 1 の溝の少なくとも一部が、前記錘に形成されており、前記第 1 の溝の前記第 2 の端面側の側壁が、前記圧電体の前記第 1 の端面と面一か、前記圧電体の前記第 1 の端面よりも前記第 2 の端面側に位置している、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

## 【請求項 5】

前記第 1 及び第 2 の導電層は、Ag 及び Cu のうちの少なくとも一方を含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

10

## 【請求項 6】

前記第 2 の導電層の表面から前記アクチュエータ本体の内部にまで至るように、前記圧電体の前記第 1 の端面に対して平行な第 2 の溝が形成されており、

前記第 2 の導電層は、前記第 2 の溝により、前記第 2 の内部電極に接続されている一方、前記錘に接続されていない部分と、前記錘に接続されている一方、前記第 2 の内部電極には接続されていない部分とに分断されている、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

## 【請求項 7】

前記第 2 の溝の少なくとも一部が、前記錘に形成されており、前記第 2 の溝の前記圧電体の前記第 2 の端面側の側壁が、前記圧電体の前記第 1 の端面と面一か、前記圧電体の前記第 1 の端面よりも前記圧電体の前記第 2 の端面側に位置している、請求項 6 に記載の圧電アクチュエータ。

20

## 【請求項 8】

前記圧電体と前記錘とが接着剤により接着されている、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

## 【請求項 9】

前記接着剤が、エポキシ系樹脂を主成分とする接着剤である、請求項 8 に記載の圧電アクチュエータ。

## 【請求項 10】

前記錘は、導電性粒子が分散された樹脂部材からなる、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

30

## 【請求項 11】

前記第 1 及び第 2 の導電層のそれぞれが、金属薄膜または合金薄膜からなる、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

## 【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータの製造方法であって、前記溝をダイシングにより形成することを特徴とする圧電アクチュエータの製造方法。

## 【請求項 13】

前記第 1 及び第 2 の導電層を、薄膜形成方法により形成する、請求項 12 に記載の圧電アクチュエータの製造方法。

40

## 【請求項 14】

第 1 及び第 2 の主面を有し、内部に第 1 の主面に平行な第 1 及び第 2 の内部導電層が厚さ方向に対向するように形成されている圧電体と、前記圧電体の前記第 1 の主面に接合されており、前記圧電体よりも密度が高く、かつ導電性を有する部材とを備えるマザー積層体を準備する工程と、

前記マザー積層体を複数に分断することにより、前記複数のアクチュエータ本体を形成する工程と、

前記複数のアクチュエータ本体のそれぞれに前記第 1 及び第 2 の導電層を形成する工程と、

50

前記溝を形成する工程とを備える、請求項 1 2 または 1 3 に記載の圧電アクチュエータの製造方法。

【請求項 1 5】

第 1 及び第 2 の主面を有し、内部に第 1 の主面に平行な第 1 及び第 2 の内部導電層が厚さ方向に対向するように形成されている圧電体と、前記圧電体の前記第 1 の主面に接合されており、前記圧電体よりも密度が高く、かつ導電性を有する部材とを備えるマザー積層体を準備する工程と、

前記マザー積層体を第 1 の方向に沿って分断することにより、複数の短冊状部材を形成する工程と、

前記複数の短冊状部材のそれぞれに前記第 1 及び第 2 の導電層を形成する工程と、

前記第 1 及び第 2 の導電層を形成した複数の短冊状部材のそれぞれを前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に沿って分断することにより、前記第 1 及び第 2 の導電層が形成された前記アクチュエータ本体を複数形成する工程と、

前記溝を形成する工程とを備える請求項 1 2 または 1 3 に記載の圧電アクチュエータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電アクチュエータに関し、詳細には、一方の端部に導電性を有する錘が設けられた圧電アクチュエータに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、カメラのオートフォーカス機構においてレンズまたはレンズ群を移動させるために用いられるアクチュエータとして、圧電アクチュエータが知られている。例えば、下記の特許文献 1 には、そのような圧電アクチュエータの一例が開示されている。

【0003】

図 1 3 は、特許文献 1 に開示されている圧電アクチュエータの概略図である。図 1 3 に示すように、圧電アクチュエータ 1 0 0 は、電圧が印加されることにより伸縮する柱状の電気機械変換素子 1 0 1 を備えている。電気機械変換素子 1 0 1 の一方側の端部には、錘 1 0 2 が接続されている。電気機械変換素子 1 0 1 の他方側の端部には、振動部材 1 0 3 が接続されている。振動部材 1 0 3 は、摩擦係合部材 1 0 4 と係合している。

【0004】

圧電アクチュエータ 1 0 0 では、電気機械変換素子 1 0 1 が伸縮することにより、振動部材 1 0 3 が変位する。その結果、振動部材 1 0 3 と摩擦係合部材 1 0 4 との間に生じる摩擦力によって摩擦係合部材 1 0 4 が駆動される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2 0 0 8 - 1 9 9 7 7 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

圧電アクチュエータ 1 0 0 では、電気機械変換素子 1 0 1 の一方側の端部に錘 1 0 2 が取り付けられている。このため、圧電アクチュエータ 1 0 0 の変位の重心が、錘 1 0 2 側にずらされている。従って、振動部材 1 0 3 を大きく変位させることができる。

【0007】

振動部材 1 0 3 の変位量をより大きくする観点からは、錘 1 0 2 の密度を高くして、圧電アクチュエータ 1 0 0 の変位の重心を錘 1 0 2 側により大きくずらすことが好ましい。しかしながら、高密度の材料は、一般的に導電性を有しているため、錘 1 0 2 の密度を高めるために、導電性材料により錘 1 0 2 を形成した場合、電気機械変換素子 1 0 1 の外部

10

20

30

40

50

電極 101a、101b が錘 102 を介して短絡してしまうおそれがある。よって、錘 102 を導電性材料により形成した場合は、図 13 に示すように外部電極 101a、101b と錘 102 とが接するように錘 102 を配置することができず、外部電極 101a、101b と錘 102 とを隔離して配置する必要がある。従って、錘 102 を、密度が高い導電性材料により形成した場合は、圧電アクチュエータ 100 が大型化してしまうという問題がある。

【0008】

特に、図 13 のように、圧電体の側面のみ、外部電極 101a、101b をスパッタリング法や、CVD 法などの蒸着法により形成する場合は、マスクが必要となるため、外部電極 101a、101b の形成の位置精度が低くなる。このため、外部電極 101a、101b と錘 102 とをより大きく隔離して配置する必要がある。従って、圧電アクチュエータ 100 の寸法がより大きくなる傾向にある。

【0009】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、小型でありつつ、大きな変位量を有する圧電アクチュエータを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係る圧電アクチュエータは、アクチュエータ本体と、第 1 の導電層と、第 2 の導電層とを備えている。アクチュエータ本体は、柱状の圧電体と、錘とを有する。圧電体は、高さ方向において互いに対向する第 1 及び第 2 の端面と、互いに対向する第 1 及び第 2 の側面とを有する。圧電体の内部には、第 1 及び第 2 の内部電極が高さ方向に対向するように形成されている。錘は、圧電体の第 1 の端面に接合されている。錘は、圧電体よりも密度が高い。錘は、導電性を有する。錘は、第 1 の側面と、第 2 の側面とを有する。錘の第 1 の側面は、圧電体の第 1 の側面に連なっている。錘の第 2 の側面は、圧電体の第 2 の側面に連なっている。第 1 の導電層は、圧電体の第 1 の側面と、錘の第 1 の側面との上に形成されている。第 1 の導電層には、第 1 の内部電極が接続されている。第 2 の導電層は、圧電体の第 2 の側面と、錘の第 2 の側面との上に形成されている。第 2 の導電層には、第 2 の内部電極が接続されている。本発明に係る圧電アクチュエータには、第 1 の導電層の表面からアクチュエータ本体の内部にまで至るように、圧電体の第 1 の端面に対して平行な第 1 の溝が形成されている。第 1 の導電層は、第 1 の溝により、第 1 の内部電極に接続されている一方、錘に接続されていない部分と、錘に接続されている一方、第 1 の内部電極には接続されていない部分とに分断されている。

【0011】

本発明に係る圧電アクチュエータのある特定の局面では、第 1 及び第 2 の内部電極が、高さ方向に沿って交互に複数設けられており、複数の第 1 及び第 2 の内部電極のうち最も圧電体の第 1 の端面側に位置している内部電極が第 2 の内部電極である。この構成では、第 1 の溝を、最も圧電体の第 1 の端面側に位置している内部電極である第 2 の内部電極よりも第 2 の端面側に位置させることができる。従って、圧電アクチュエータをより小型化することができる。

【0012】

本発明に係る圧電アクチュエータの他の特定の局面では、第 1 の溝が、最も圧電体の第 1 の端面側に位置している内部電極よりも第 2 の端面側に位置している。この構成によれば、圧電アクチュエータをより小型化することができる。

【0013】

本発明に係る圧電アクチュエータの別の特定の局面では、第 1 の溝の少なくとも一部が、錘に形成されており、第 1 の溝の第 2 の端面側の側壁が、圧電体の第 1 の端面と面一か、圧電体の第 1 の端面よりも第 2 の端面側に位置している。この構成によれば、圧電アクチュエータをより小型化することができる。

【0014】

本発明に係る圧電アクチュエータのさらに他の特定の局面では、第 1 及び第 2 の導電層

10

20

30

40

50

は、A g及びC uのうちの少なくとも一方を含む。第1及び第2の導電層がA gやC uを含む場合、第1及び第2の導電層からA gやC uのマイグレーションが生じ、短絡不良が生じやすくなる傾向にある。しかしながら、本発明においては、第1の溝が形成されているため、A gやC uのマイグレーションに起因する短絡不良の発生が効果的に抑制されている。

【0015】

本発明に係る圧電アクチュエータのさらに別の特定の局面では、第2の導電層の表面からアクチュエータ本体の内部にまで至るように、圧電体の第1の端面に対して平行に形成されている第2の溝が形成されており、第2の導電層は、第2の溝により、第2の内部電極に接続されている一方、錘に接続されていない部分と、錘に接続されている一方、第2の内部電極には接続されていない部分とに分断されている。この構成によれば、短絡不良の発生をより確実に抑制することができる。また、圧電体と錘との接合部の破損をより効果的に抑制することができる。

10

【0016】

本発明に係る圧電アクチュエータのまた他の特定の局面では、第2の溝の少なくとも一部が、錘に形成されており、第2の溝の圧電体の第2の端面側の側壁が、圧電体の第1の端面と面一か、圧電体の第1の端面よりも圧電体の第2の端面側に位置している。この構成によれば、圧電アクチュエータをより小型化することができる。

【0017】

本発明に係る圧電アクチュエータのまた別の特定の局面では、圧電体と錘とが接着剤により接着されている。この構成によれば、圧電体と錘とを容易に接合することができる。

20

【0018】

本発明に係る圧電アクチュエータのさらにまた他の特定の局面では、接着剤が、エポキシ系樹脂を主成分とする接着剤である。

【0019】

本発明に係る圧電アクチュエータのさらにまた別の特定の局面では、錘は、導電性粒子が分散された樹脂部材からなる。錘が、導電性微粒子が分散された樹脂部材からなる場合、導電性微粒子が錘から脱落しやすくなる。しかしながら、本発明においては、錘の側面にも導電層が形成されているため、導電性微粒子の脱落をより効果的に抑制することができる。

30

【0020】

本発明に係る圧電アクチュエータのまたさらに他の特定の局面では、第1及び第2の導電層のそれぞれが、金属薄膜または合金薄膜からなる。この構成によれば、第1及び第2の導電層の電気抵抗を低くできるため、圧電アクチュエータの駆動効率を高めることができる。

【0021】

本発明に係る圧電アクチュエータの製造方法は、上記本発明に係る圧電アクチュエータを製造するための方法に関する。本発明に係る圧電アクチュエータの製造方法は、溝をダイシングにより形成することを特徴とする。

【0022】

本発明に係る圧電アクチュエータの製造方法のある特定の局面では、第1及び第2の導電層を、薄膜形成方法により形成する。この構成によれば、例えば、焼き付けにより第1及び第2の導電層を形成する場合と比較して、第1及び第2の導電層を形成するときの雰囲気温度を低くすることができるため、例えば、錘と圧電体とを接着剤により接合している場合には、第1及び第2の導電層の形成時における接着剤の劣化を抑制することができる。

40

【0023】

本発明に係る圧電アクチュエータの製造方法の他の特定の局面では、第1及び第2の主面を有し、内部に第1の主面に平行な第1及び第2の内部導電層が厚さ方向に対向するように形成されている圧電体と、圧電体の第1の主面に接合されており、圧電体よりも密度

50

が高く、かつ導電性を有する部材とを備えるマザー積層体を準備する工程と、マザー積層体を複数に分断することにより、複数のアクチュエータ本体を形成する工程と、複数のアクチュエータ本体のそれぞれに第1及び第2の導電層を形成する工程と、溝を形成する工程とを備えている。この構成では、一度に複数のアクチュエータ本体を形成することができるため、高効率に圧電アクチュエータを製造することができる。

【0024】

本発明に係る圧電アクチュエータの製造方法の別の特定の局面では、第1及び第2の主面を有し、内部に第1の主面に平行な第1及び第2の内部導電層が厚さ方向に対向するように形成されている圧電体と、圧電体の第1の主面に接合されており、圧電体よりも密度が高く、かつ導電性を有する部材とを備えるマザー積層体を準備する工程と、マザー積層体を第1の方向に沿って分断することにより、複数の短冊状部材を形成する工程と、複数の短冊状部材のそれぞれに第1及び第2の導電層を形成する工程と、第1及び第2の導電層を形成した複数の短冊状部材のそれぞれを第1の方向と直交する第2の方向に沿って分断することにより、第1及び第2の導電層が形成されたアクチュエータ本体を複数形成する工程と、溝を形成する工程とを備える。この構成では、一度に複数のアクチュエータ本体を形成することができるため、高効率に圧電アクチュエータを製造することができる。

【発明の効果】

【0025】

本発明では、第1の導電層が、第1の溝により、第1の内部電極に接続されている一方、錘に接続されていない部分と、錘に接続されている一方、第1の内部電極には接続されていない部分とに分断されている。溝は、例えばダイシングなどにより、細い溝幅で、正確な位置に形成することが可能であるため、圧電アクチュエータの高さ寸法を小さくすることができる。

【0026】

また、第1の溝を形成することにより、圧電体と錘との接合部の破損を効果的に抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】第1の実施形態の圧電アクチュエータの略図的斜視図である。

【図2】図1におけるII-II線部分の略図的断面図である。

【図3】図1におけるIII-III線部分の略図的断面図である。

【図4】図1におけるIV-IV線部分の略図的断面図である。

【図5】図1におけるV-V線部分の略図的断面図である。

【図6】マザー積層体の略図的斜視図である。

【図7】比較例に係る圧電アクチュエータの略図的斜視図である。

【図8】第2の実施形態の圧電アクチュエータの略図的斜視図である。

【図9】第3の実施形態の圧電アクチュエータの略図的斜視図である。

【図10】第4の実施形態の圧電アクチュエータの略図的斜視図である。

【図11】第5の実施形態の圧電アクチュエータの略図的斜視図である。

【図12】第6の実施形態の圧電アクチュエータの略図的斜視図である。

【図13】特許文献1に開示されている圧電アクチュエータの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明を実施した好ましい形態の一例について説明する。

【0029】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態の圧電アクチュエータの略図的斜視図である。図2は、図1におけるII-II線部分の略図的断面図である。図3は、図1におけるIII-III線部分の略図的断面図である。図4は、図1におけるIV-IV線部分の略図的断面図である。図5は、図1におけるV-V線部分の略図的断面図である。

## 【0030】

図1に示すように、圧電アクチュエータ1は、柱状のアクチュエータ本体10を備えている。詳細には、本実施形態では、アクチュエータ本体10は、直方体状に形成されている。アクチュエータ本体10は、直方体状の圧電体20と、直方体状の錘40とを備えている。

## 【0031】

図1～図5に示すように、圧電体20は、第1及び第2の端面20a、20bと、第1～第4の側面20c～20fとを有する。第1及び第2の端面20a、20bは、長さ方向L及び幅方向Wに沿っている。第1及び第2の端面20a、20bは、高さ方向Hにおいて互いに対向している。第1及び第2の側面20c、20dは、高さ方向H及び長さ方向Lに沿って設けられている。第3及び第4の側面20e、20fは、高さ方向H及び幅方向Wに沿って設けられている。

10

## 【0032】

圧電体20は、実質的に、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)系セラミックなどの圧電セラミックからなる。図1及び図3に示すように、圧電体20の内部には、複数の第1及び第2の内部電極21、22が設けられている。複数の第1及び第2の内部電極21、22は、高さ方向Hに沿って交互に配置されている。図1～図3に示すように、第1及び第2の内部電極21、22は、圧電体層20gを介して、高さ方向Hに互いに対向している。本実施形態では、複数の第1及び第2の内部電極21、22のうち、錘40が接合されている第1の端面20aに最も近接して位置している内部電極は、第2の内部電極22である。

20

## 【0033】

図2～図4に示すように、具体的には、第1及び第2の内部電極21、22のそれぞれは、長さ方向Lと幅方向Wに沿って設けられている。第1の内部電極21は、第2の側面20dを除く、第1、第3及び第4の側面20c、20e、20fに露出している。一方、第2の内部電極22は、第1の側面20cを除く、第2～第4の側面20d～20fに露出している。

## 【0034】

第1及び第2の内部電極21、22は、例えば、Ag、Cu、Pt、Au、Ni、Pdなどの金属や、Ag-Pd合金などの、上記金属の少なくとも1種以上を主成分として含む合金などにより形成されている。

30

## 【0035】

図1及び図3に示すように、圧電体20の第1の端面20aには、直方体状の錘40が接合されている。錘40と圧電体20との接合方法は、特に限定されないが、本実施形態では、錘40と圧電体20とを接着剤により接着することにより錘40と圧電体20とを接合している。錘40と圧電体20との接着に使用する接着剤は、特に限定されないが、弾性率の高い接着剤により錘40と圧電体20とを接着することが好ましい。そうすることにより、接着剤による振動吸収を抑制することができる。従って、圧電アクチュエータ1の変位量が小さくなることを効果的に抑制することができる。なお、弾性率の高い接着剤の具体例としては、例えば、エポキシ系樹脂を主成分とする接着剤などが挙げられる。

40

## 【0036】

錘40は、第1及び第2の端面40a、40bと、第1～第4の側面40c～40fとを備えている。圧電体20の第1の端面20aには、錘40の第1の端面40aが接合されている。錘40の第1の側面40cは、圧電体20の第1の側面20cに連なっている。すなわち、錘40の第1の側面40cと、圧電体20の第1の側面20cとは、同一平面上に位置している。錘40の第2の側面40dは、圧電体20の第2の側面20dに連なっている。すなわち、錘40の第2の側面40dと、圧電体20の第2の側面20dとは、同一平面上に位置している。

## 【0037】

錘40は、導電性を有している。ここで、「錘が導電性を有する」とは、錘40の第1

50

の側面 40c と第 2 の側面 40d との間の抵抗が 1k 以下であることをいう。

【0038】

また、錘 40 は、圧電体 20 の密度よりも高い密度を有している。詳細には、錘 40 の密度は、圧電体 20 の密度の 1.6 倍以上であることが好ましい。この場合、圧電アクチュエータ 1 の変位の重心を、より錘 40 側に位置させることができる。従って、圧電アクチュエータ 1 の第 2 の端面 20b 側の端面の変位量をより大きくすることができる。錘 40 の密度の圧電体 20 に対する密度の大きさ（錘 40 の密度 / 圧電体 20 に対する密度）の上限は、特に限定されないが、例えば、2.4 倍とすることができる。

【0039】

錘 40 の形成材料は、導電性を有し、圧電体 20 よりも密度が高い材料であれば特に限定されない。例えば、金属、合金や、若しくは、金属微粒子や合金微粒子などの導電性微粒子が分散された樹脂などにより錘 40 を形成することができる。なかでも、錘 40 は、導電性微粒子が分散された樹脂部材により構成されていることが好ましい。導電性微粒子が分散された樹脂部材は、例えば、金属部材などと比較して、加工性が良好であり、切削により錘 40 を作製する場合に、バリなどが生じ難く、錘 40 の重さがばらつくことを抑制することができる。従って、所定の変位量の圧電アクチュエータ 1 を安定して製造することが容易となる。

【0040】

但し、導電性微粒子が分散された樹脂により錘 40 を形成した場合、経時的に導電性微粒子が錘 40 から脱落していくおそれがある。しかしながら、本実施形態では、後述のように、錘 40 の側面に導電層 31, 32 が形成されているため、導電性微粒子の錘 40 からの脱落を効果的に抑制することができる。

【0041】

また、錘 40 の側面に導電層 31, 32 が形成されているため、錘 40 に静電気が帯電することが抑制される。従って、錘 40 にゴミ等の異物が付着することを抑制することができる。

【0042】

なお、錘 40 の形成に使用する導電性微粒子の具体例としては、例えば、タングステン微粒子、鉄微粒子、銅微粒子などの金属微粒子やステンレス微粒子などの合金微粒子などが挙げられる。導電性微粒子の平均粒子径は、5 ~ 100 μm 程度とすることができる。錘 40 の形成に使用する樹脂の具体例としては、例えば、アクリルニトリルブタジエンスチレン、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリフェニレンサルファイドなどが挙げられる。

【0043】

図 1 及び図 3 に示すように、アクチュエータ本体 10 のひとつの側面と、そのひとつの側面に対向するもうひとつの側面の上には、第 1 及び第 2 の導電層 31, 32 が形成されている。具体的には、第 1 の導電層 31 は、圧電体 20 の第 1 の側面 20c と、錘 40 の第 1 の側面 40c との上に形成されている。第 1 の導電層 31 には、第 1 の内部電極 21 が接続されている。一方、第 2 の導電層 32 は、圧電体 20 の第 2 の側面 20d と、錘 40 の第 2 の側面 40d との上に形成されている。第 2 の導電層 32 には、第 2 の内部電極 22 が接続されている。

【0044】

第 1 及び第 2 の導電層 31, 32 は、第 1 及び第 2 の内部電極 21, 22 と同様に、例えば、Ag、Cu、Pt、Au、Ni、Pd などの金属や、Ag-Pd 合金などの、上記金属の少なくとも 1 種以上を主成分として含む合金などの適宜の導電材料により形成することができる。

【0045】

第 1 及び第 2 の導電層 31, 32 は、金属薄膜または合金薄膜からなることが好ましい。この場合、第 1 及び第 2 の導電層 31, 32 の電気抵抗を低くできるため、圧電アクチュエータ 1 の駆動効率を高めることができる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 4 6 】

本実施形態では、圧電アクチュエータ 1 には、第 1 の導電層 3 1 の表面からアクチュエータ本体 1 0 の内部にまで至る溝 3 5 が形成されている。溝 3 5 は、圧電体 2 0 の第 1 の端面 2 0 a に対して平行である。本実施形態では、溝 3 5 は、高さ方向 H において、圧電体 2 0 と重なる位置に位置している。より詳細には、溝 3 5 は、高さ方向 H において、複数の第 1 及び第 2 の内部電極 2 1 , 2 2 のうちの最も圧電体 2 0 の第 1 の端面 2 0 a 側に位置している第 2 の内部電極 2 2 a よりも第 2 の端面 2 0 b 側であって、複数の第 1 の内部電極 2 1 のうちの最も圧電体 2 0 の第 1 の端面 2 0 a 側に位置している第 1 の内部電極 2 1 a よりも第 1 の端面 2 0 a 側に形成されている。

## 【 0 0 4 7 】

溝 3 5 は、第 3 の端面 2 0 e から第 4 の端面 2 0 f にわたって形成されている。換言すれば、溝 3 5 は、長さ方向 L において、圧電アクチュエータ 1 の全体に形成されている。このため、第 1 の導電層 3 1 は、溝 3 5 により、第 1 の内部電極 2 1 に接続されている一方、錘 4 0 には接続されていない第 1 の部分 3 1 a と、錘 4 0 に接続されている一方、第 1 の内部電極 2 1 には接続されていない第 2 の部分 3 1 b とに分断されている。本実施形態では、第 1 の部分 3 1 a により第 1 の外部電極 3 3 が構成されている。第 2 の導電層 3 2 と、錘 4 0 と、第 1 の導電層 3 1 の第 2 の部分 3 1 b により第 2 の外部電極 3 4 が構成されている。

## 【 0 0 4 8 】

次に、本実施形態における圧電アクチュエータ 1 の製造方法について説明する。まず、図 6 に示すマザー積層体 5 0 を用意する。具体的には、第 1 及び第 2 の内部電極 2 1 , 2 2 形成用の導電パターンを形成したセラミックグリーンシートを複数積層し、さらに、錘 4 0 形成用の導電性微粒子含有樹脂部材を接着剤により接合する。これにより、第 1 及び第 2 の主面 5 1 a , 5 1 b を有し、内部に、第 1 及び第 2 の内部導電層 5 2 , 5 3 が厚さ方向に対向するように形成されている圧電体 5 1 と、圧電体 5 1 の第 1 の主面 5 1 a に接合されている導電性微粒子含有樹脂部材 5 4 とを備えるマザー積層体 5 0 を用意する。次に、図 6 に一点破線で示す切断線 5 5 に沿ってマザー積層体を複数に分断することにより、複数のアクチュエータ本体 1 0 ( 図 1 を参照 ) を形成する。

## 【 0 0 4 9 】

次に、複数のアクチュエータ本体 1 0 のそれぞれの第 1 及び第 2 の側面に第 1 及び第 2 の導電層 3 1 , 3 2 を形成する。第 1 及び第 2 の導電層 3 1 , 3 2 の形成方法は特に限定されず、スクリーン印刷法などの印刷法により導電性ペーストを塗布した後に焼き付けを行うことにより形成してもよい。また、第 1 及び第 2 の導電層 3 1 , 3 2 を、スパッタリング法、CVD 法などの蒸着法、イオンプレーティング法等の薄膜形成方法により形成してもよい。第 1 及び第 2 の導電層 3 1 , 3 2 を薄膜形成方法により形成する場合、A g ペーストなどの導電性ペーストの印刷及び焼き付けにより第 1 及び第 2 の導電層 3 1 , 3 2 を形成する場合よりも、導電層の形成工程における温度が低温となる。従って、圧電体 2 0 と錘 4 0 とを接着している接着剤の劣化を抑制することができる。また、熱的耐久性の低い接着剤の使用も可能となる。例えば、弾性率が高いエポキシ系樹脂を主成分とする接着剤の使用も可能となる。

## 【 0 0 5 0 】

次に、第 1 の導電層 3 1 に溝 3 5 を形成することにより、圧電アクチュエータ 1 を完成させる。なお、溝 3 5 の形成は、ダイシングにより行うことが好ましい。

## 【 0 0 5 1 】

以上のように、マザー積層体 5 0 を形成し、それを複数に分断することにより、アクチュエータ本体 1 0 を形成することにより、多数のアクチュエータ本体 1 0 を一度に形成することができる。従って、多数の圧電アクチュエータ 1 を容易に作製することができる。

## 【 0 0 5 2 】

なお、上記製造方法の説明では、マザー積層体 5 0 を幅方向 W 及び長さ方向 L のそれぞれに沿って分断し、アクチュエータ本体 1 0 を形成した後に、第 1 及び第 2 の導電層 3 1

10

20

30

40

50

、32を形成する例について説明した。但し、第1及び第2の導電層31、32の形成を、アクチュエータ本体10を形成した後にする必要は必ずしもない。例えば、以下のような手順で第1及び第2の導電層31、32を形成してもよい。すなわち、マザー積層体50を長さ方向Lに沿って分断し、複数のアクチュエータ本体10が長さ方向Lに連なった短冊状部材56を複数形成する。複数の短冊状部材56のそれぞれの幅方向Wを向く両側面に、第1及び第2の導電層31、32を形成する。その後、第1及び第2の導電層31、32を形成した複数の短冊状部材56のそれぞれを、長さ方向Lと直交する幅方向Wに沿って分断することにより、第1及び第2の導電層31、32が形成されたアクチュエータ本体10を複数形成する。

#### 【0053】

ところで、例えば、図7に示すように、導電層131、132に溝を形成せず、導電層131、132を、導電性の錘140と高さ方向Hに隔離して薄膜形成方法により形成することにより、導電層131、132間の短絡を防止することも考えられる。しかしながら、マスクを高い位置精度で配置すること、マスクを高い形状精度で形成することが困難であり、かつマスクとアクチュエータ本体10との熱膨張量差などのため、マスクを高い位置精度で保持することも困難である。このため、導電層131、132と錘140との間の距離L2を大きくする必要がある。通常、薄膜形成方法では、位置精度は、 $\pm 0.05\text{ mm}$  ( $\pm 50\text{ }\mu\text{ m}$ )程度であるため、L2を0.1mm以上とする必要がある。このため、導電層131、132と錘140との間の、内部電極121、122が配置されておらず、圧電アクチュエータの伸縮に寄与しない非活性領域の高さ方向Hに沿った寸法が大きくなる。従って、圧電アクチュエータが大型化してしまう。

#### 【0054】

それに対して、本実施形態では、溝35により第1の導電層31が、第1の部分31aと、第2の部分31bとに分断されており、これにより、第1の外部電極33と、第2の外部電極34との間が絶縁されている。このため、第1の導電層31の形成時に、高精度な位置合わせなどが困難であるマスクが不要である。また、溝35は、ダイシングにより、細かい溝幅で正確な位置に形成することができる。具体的には、ダイシングによれば、溝35の位置精度は、一般的には、 $10\text{ }\mu\text{ m}$ 以下となる。よって、非活性領域の高さ方向Hに沿った寸法を小さくすることができる。従って、圧電アクチュエータが大型化することを抑制することができる。

#### 【0055】

すなわち、導電性を有し、密度が高い錘40を用い、溝35により第1の外部電極33と、第2の外部電極34との間を絶縁することにより、端部の変位量が大きく、小型な圧電アクチュエータ1を実現することができる。

#### 【0056】

また、本実施形態では、図1及び図3に示すように、最も第1の端面20a側に位置する第2の内部電極22aよりも第2の端面20b側に溝35が形成されている。すなわち、溝35が活性領域に形成されている。このため、溝35を形成するために、非活性領域を拡張する必要がない。従って、より小型な圧電アクチュエータ1を実現することができる。

#### 【0057】

また、本実施形態では、溝35により第1の導電層31の第1の部分31aと第2の部分31bとを分断するため、第1及び第2の導電層31、32の形成の位置精度がそれほど高くなくてもよい。従って、第1及び第2の導電層31、32を容易に形成することができる。

#### 【0058】

また、圧電体20に錘40が接合された圧電アクチュエータ1では、圧電体20の活性領域において発生する歪みの量と、圧電体20の非活性領域及び錘40において発生する歪みの量とに差があるため、駆動時に、圧電体20と錘40との接合部に応力が加わり、接合部が破損しやすい。それに対して、本実施形態では、圧電体20と錘40との接合部

10

20

30

40

50

に溝35が形成されている。このため、圧電体20と錘40との接合部にかかる応力が緩和される。従って、圧電体20と錘40との接合部が破損することが効果的に抑制されている。

#### 【0059】

また、本実施形態では、錘40が導電性を有している場合、第1及び第2の導電層31, 32に、AgやCuなどのマイグレーションしやすい材料が含まれていると、駆動時に生じる第1の導電層31の第1の部分31aと錘40及び第2の部分31bとの間の電圧差により、AgやCuがマイグレーションし、第1及び第2の外部電極33, 34間が短絡するおそれがある。しかしながら、本実施形態では、第1の部分31aと第2の部分31bとが溝35により分断されている。このため、第1の部分31aと第2の部分31bとの間の表面上の距離が長くされている。従って、AgやCuのマイグレーションによる短絡不良の発生が効果的に抑制されている。逆に言えば、溝35を設けることにより第1の部分31aと第2の部分31bとの間の表面上の長さを、溝35を設けない場合よりも長くできるため、その分、溝35の幅を小さくしても、AgやCuのマイグレーションを抑制することができる。具体的には、例えば、溝35の横断面が矩形状であり、アスペクト比が1である場合は、第1の部分31aと第2の部分31bとの間の表面上の長さを、溝35を設けない場合よりも、溝35の幅の2倍分長くできる。従って、溝35の幅の2倍分だけ第1の部分31aと第2の部分31bとの間の距離を短くすることができる。その結果、圧電アクチュエータ1の小型化を図ることができる。

#### 【0060】

また、本実施形態では、第2の導電層32が錘40と接続されているため、第2の外部電極34の一部が、第1の外部電極33と同じ平面上に位置している。このため、第1及び第2の外部電極33, 34に片側からのプローブ接触が可能となり、圧電体層20gの分極を容易に行うことができる。また、配線基板などの上への実装も容易である。

#### 【0061】

なお、本実施形態では、圧電体20が直方体状である場合について説明したが、圧電体20の形状は、第1及び第2の端面並びに第1及び第2の側面を有する柱状である限りにおいて特に限定されない。例えば、圧電体は、六角柱状や八角柱状などの多角柱状であってもよい。

#### 【0062】

以下、本発明を実施した好ましい形態の他の例について説明する。なお、以下の説明において、上記第1の実施形態と実質的に共通の機能を有する部材を共通の符号で参照し、説明を省略する。

#### 【0063】

(第2及び第3の実施形態)

上記第1の実施形態では、第1の導電層31を分断する溝35が設けられている例について説明した。但し、本発明において、溝は、第1の導電層を分断するものでなくてもよい。例えば、図8に示すように、第2の導電層32を、第2の内部電極22に接続されている一方、錘40には接続されていない第1の部分32aと、錘40に接続されている一方、第2の内部電極22には接続されていない第2の部分32bとに分断する溝36を設けてもよい。なお、溝36は、第1の端面20aに平行である。溝36は、第2の導電層32の表面から圧電体20の内部にまで至るように形成されている。

#### 【0064】

また、図9に示すように、溝35と溝36とを両方設けてもよい。この場合は、第1及び第2の外部電極33, 34のそれぞれと、錘40との間が絶縁されることとなる。

#### 【0065】

(第4～第6の実施形態)

上記第1の実施形態では、溝35が第1の導電層31及び圧電体20に形成されている場合について説明した。但し、本発明は、この構成に限定されない。例えば、図10に示すように、溝35の一部が錘40に形成されていてもよい。図10では、溝35の圧電体

20の第2の端面20b側の側壁35aが圧電体220の第1の端面20aよりも第2の端面20b側に位置しており、溝35は、錘40と圧電体20とにわたって形成されている。

【0066】

また、図11に示すように、溝35を圧電体20に形成せずに、錘40にのみ形成してもよい。具体的には、溝35の側壁35aが圧電体20の第1の端面20aと面一となるように形成してもよい。さらには、図12に示すように、溝35と共に、溝36の側壁36aが圧電体20の第1の端面20aと面一となるように溝36を形成してもよい。

【0067】

このように、溝35, 36を圧電体20に形成しないことにより、圧電体20にクラック等が生じることを抑制することができる。

10

【符号の説明】

【0068】

1 ... 圧電アクチュエータ  
 10 ... アクチュエータ本体  
 20 ... 圧電体  
 20a ... 圧電体の第1の端面  
 20b ... 圧電体の第2の端面  
 20c ... 圧電体の第1の側面  
 20d ... 圧電体の第2の側面  
 20e ... 圧電体の第3の端面  
 20f ... 圧電体の第4の端面  
 20g ... 圧電体層  
 21 ... 第1の内部電極  
 22 ... 第2の内部電極  
 31 ... 第1の導電層  
 31a ... 第1の導電層の第1の部分  
 31b ... 第1の導電層の第2の部分  
 32 ... 第2の導電層  
 32a ... 第2の導電層の第1の部分  
 32b ... 第2の導電層の第2の部分  
 33 ... 第1の外部電極  
 34 ... 第2の外部電極  
 35, 36 ... 溝  
 35a, 36a ... 側壁  
 40 ... 錘  
 40a ... 錘の第1の端面  
 40b ... 錘の第2の端面  
 40c ... 錘の第1の側面  
 40d ... 錘の第2の側面  
 40e ... 錘の第3の側面  
 40f ... 錘の第4の側面  
 50 ... マザー積層体  
 51 ... 圧電体  
 51a ... 圧電体の第1の主面  
 51b ... 圧電体の第2の主面  
 52, 53 ... 内部導電層  
 54 ... 導電性微粒子含有樹脂部材  
 55 ... 切断線  
 56 ... 短冊状部材

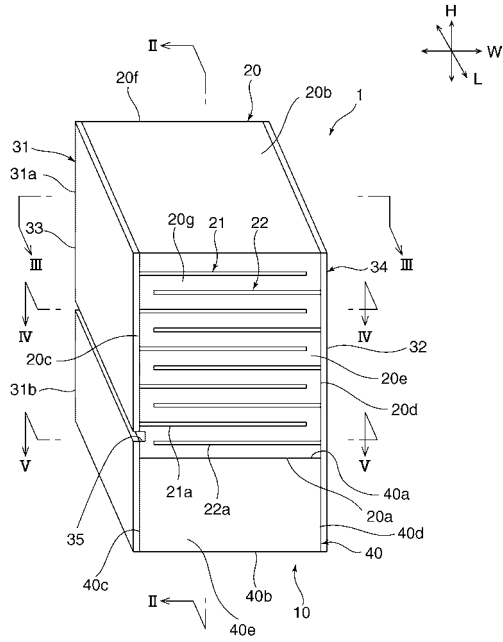
20

30

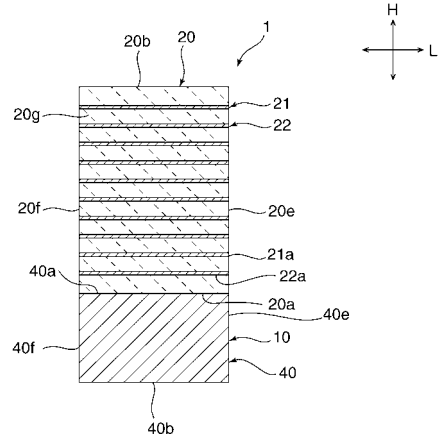
40

50

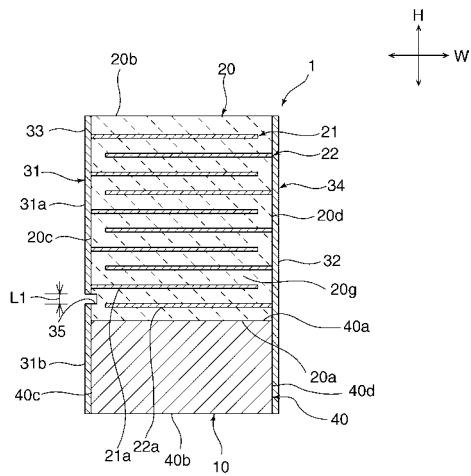
【 図 1 】



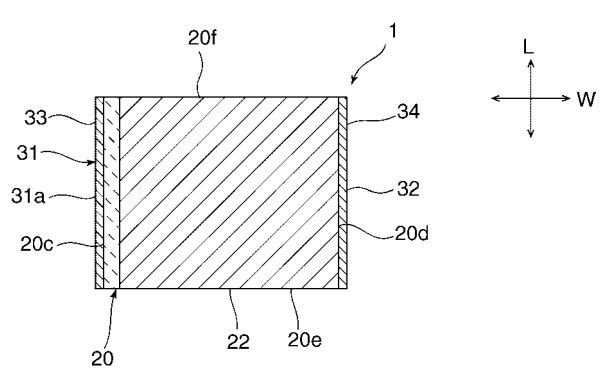
【 図 2 】



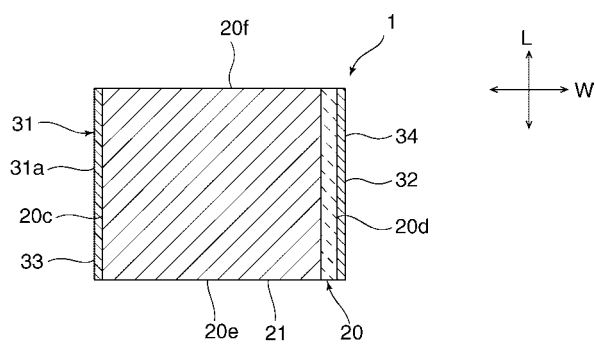
【 図 3 】



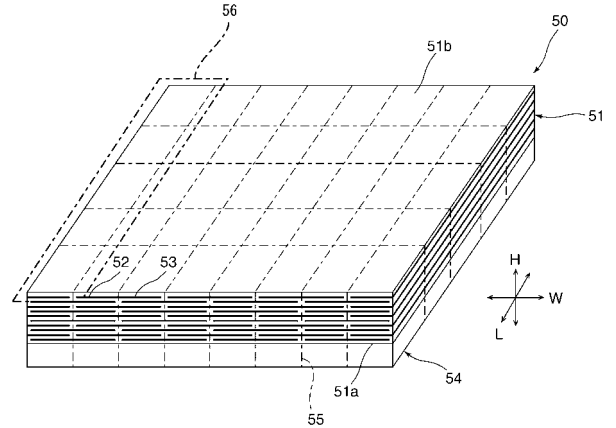
【 図 5 】



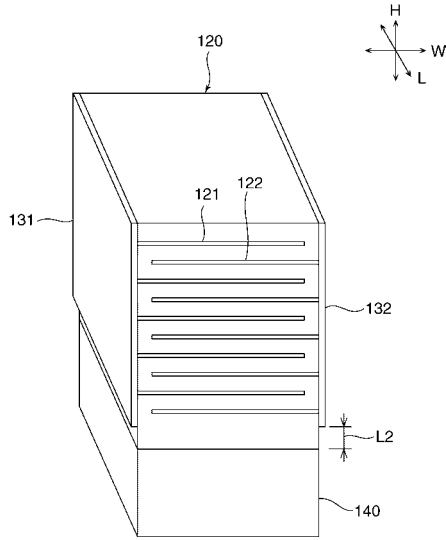
【 図 4 】



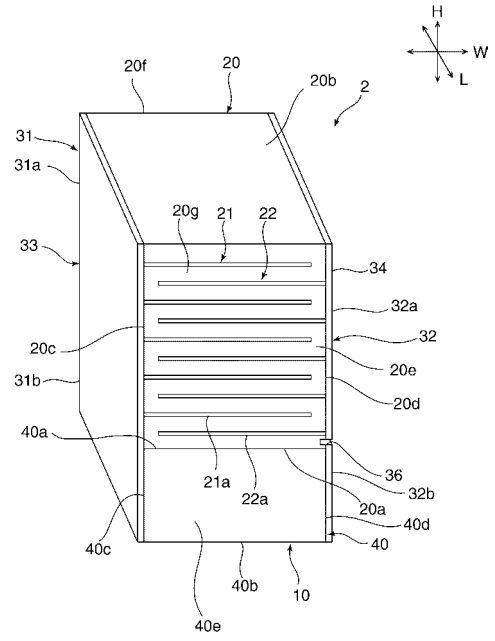
【 図 6 】



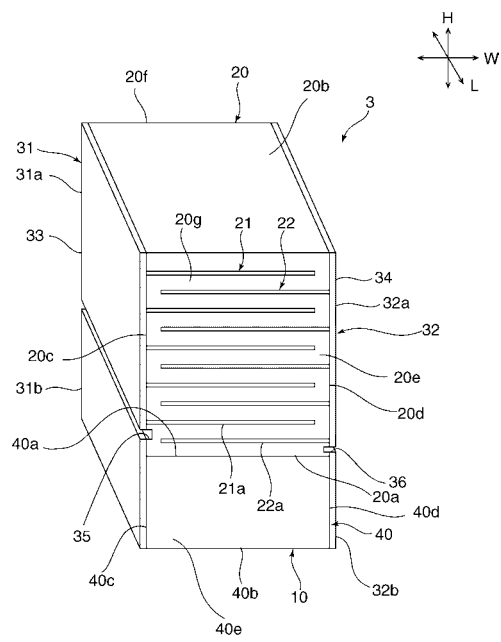
【図7】



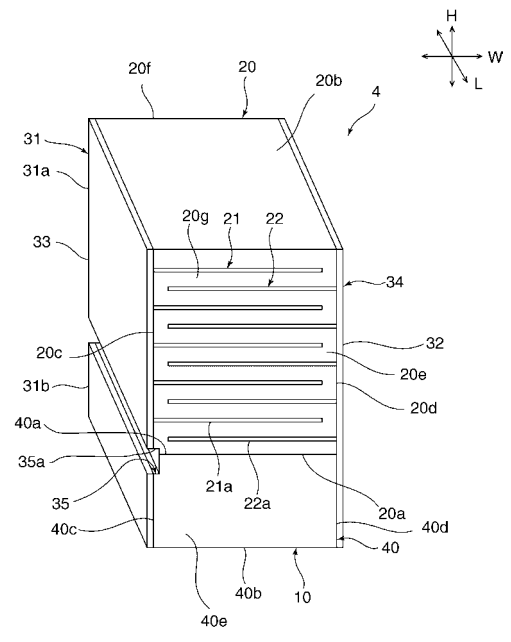
【図8】



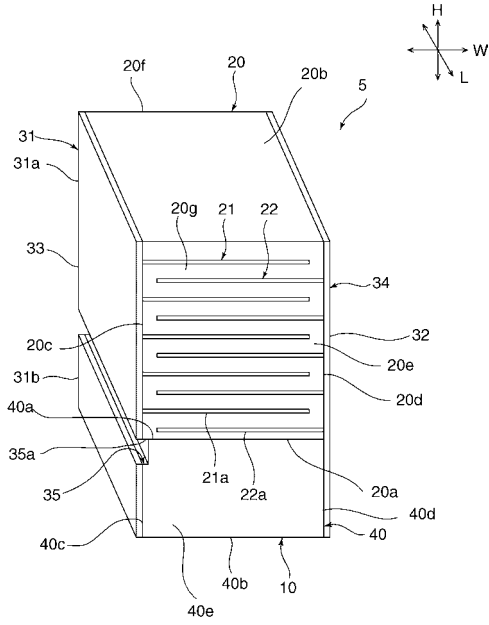
【図9】



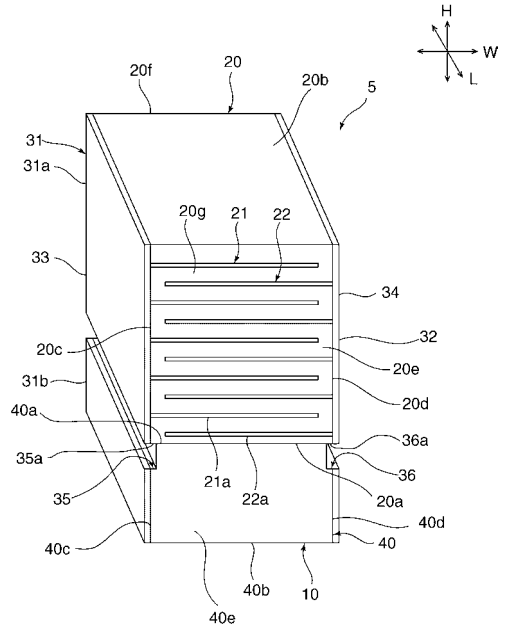
【図10】



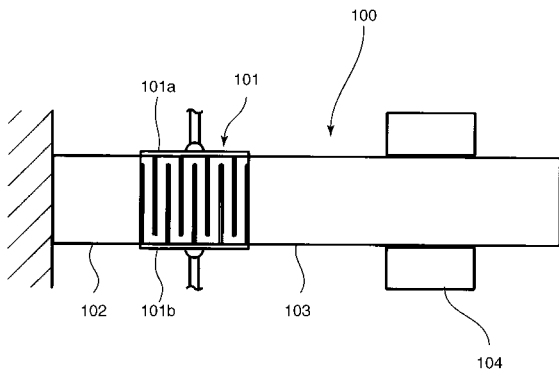
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 西川 雅永  
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 中谷 宏  
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 竹島 哲夫  
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 西村 俊雄  
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内

審査官 大山 広人

- (56)参考文献 特開2008-199773(JP,A)  
特開2007-267538(JP,A)  
特開2005-318720(JP,A)  
特開2002-357490(JP,A)  
特開2006-245594(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02N 2/00