

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-157406

(P2013-157406A)

(43) 公開日 平成25年8月15日(2013.8.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 41/083 (2006.01)	HO 1 L 41/08 S	
HO 1 L 41/257 (2013.01)	HO 1 L 41/08 Q	
HO 1 L 41/187 (2006.01)	HO 1 L 41/22 B	
HO 1 L 41/22 (2013.01)	HO 1 L 41/18 1 O 1 D	
HO 1 L 41/39 (2013.01)	HO 1 L 41/18 1 O 1 B	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-15681 (P2012-15681)
 (22) 出願日 平成24年1月27日 (2012.1.27)

(71) 出願人 000003067
 T D K 株式会社
 東京都港区芝浦三丁目9番1号
 (74) 代理人 100097180
 弁理士 前田 均
 (74) 代理人 100110917
 弁理士 鈴木 亨
 (72) 発明者 小澤 里志
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
 D K - E P C 株式会社内
 (72) 発明者 伊藤 州児
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
 D K - E P C 株式会社内
 (72) 発明者 田口 春男
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
 D K - E P C 株式会社内

(54) 【発明の名称】 積層型圧電素子

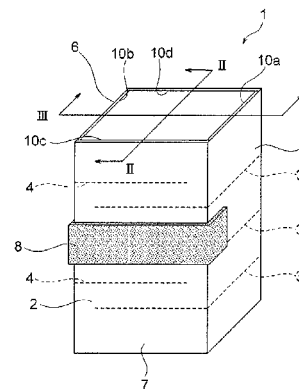
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 マイグレーション防止および焦電効果に起因する特性劣化の抑制を確実に実現することができ、しかも、圧電体層の薄層化が容易で信頼性の高い積層型圧電素子を提供する。

【解決手段】 複数の圧電体層 2 と、内部電極 3, 4 と、が積層された素子本体と、内部電極 3, 4 と電気的に接続され、素子本体の表面 10 a, 10 b に形成された外部電極 5, 6 と、絶縁層 7 と、抵抗層 8 と、を有する積層型圧電素子 1 である。絶縁層 7 は、素子本体において、電圧印加により機械的変位を生じる部分のうち、素子本体の表面に内部電極 3, 4 が露出している部分を少なくとも覆う。抵抗層 8 は、外部電極 5, 6 間を接続するように形成され、絶縁層 7 よりも低い電気抵抗値を有する。

【選択図】 図 1

図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の圧電体層と、第 1 内部電極と、前記第 1 内部電極とは極性が異なる第 2 内部電極と、が積層された素子本体と、

前記第 1 内部電極と電氣的に接続され、前記素子本体の表面に形成された第 1 外部電極と、前記第 2 内部電極と電氣的に接続され、前記素子本体の表面に形成された第 2 外部電極と、

前記素子本体において、電圧印加により機械的変位を生じる部分のうち、前記素子本体の表面に前記第 1 内部電極および前記第 2 内部電極が露出している部分を少なくとも覆う絶縁層と、

前記第 1 外部電極と前記第 2 外部電極とを電氣的に接続するように形成され、前記絶縁層よりも低い電気抵抗値を有する抵抗層と、を有する積層型圧電素子。

【請求項 2】

前記抵抗層は前記第 1 内部電極および前記第 2 内部電極に接触していない請求項 1 に記載の積層型圧電素子。

【請求項 3】

前記抵抗層は前記第 1 外部電極および / または前記第 2 外部電極の一部を覆う請求項 1 または 2 に記載の積層型圧電素子。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、積層型圧電素子に関する。さらに詳しくは、マイグレーションの防止と、焦電効果に起因する特性劣化の抑制とを両立できる積層型圧電素子に関する。

【背景技術】**【0002】**

圧電素子は、圧電効果および逆圧電効果を利用し、機械的な変位と電氣的な変位とを相互に変換する素子である。このような圧電素子は、圧電セラミックスを成形・焼成して、素子本体を得て、これに電極を形成して、直流電界を印加し、自発分極の方向を揃えることで得られる。

【0003】

圧電素子により得られる機械的変位は微小であるため、圧電素子は、たとえば精密かつ正確な制御が要求される用途のアクチュエータとして様々な製品に利用されている。具体的には、レンズ駆動用、HDDのヘッド駆動用、インクジェットプリンタのヘッド駆動用、燃料噴射弁駆動用等の用途が挙げられる。

【0004】

また、得られる変位を大きくするために、圧電素子を積層して、積層型圧電素子とする場合には、圧電体層を挟み込む内部電極の端部が素子本体の表面に露出することがある。この場合、空気中等の水分により、極性の異なる内部電極間でマイグレーションが生じる恐れがあった。

【0005】

また、このような圧電素子が、たとえば、携帯用電子機器等に用いられた場合、周囲の環境変化により、温度変化に曝されることになる。

【0006】

このような温度変化に曝されると、焦電効果による分極が問題となる。特に温度が低下する過程では、圧電素子には、焦電効果により自発分極とは逆方向の分極が生じ、分極度が低下してしまう。この低下した分極度は、温度が再度上昇しても回復しないため、温度が低下する過程が繰り返されると、分極度が徐々に低下し、所望の変位が得られず、特性が劣化してしまうという問題があった。

【0007】

このような問題に対処するため、特許文献 1 には、積層型圧電体において、その側面に

10

20

30

40

50

露出している内部電極をマイグレーション防止用外装材で覆い、さらに該外装材に導電性粒子を分散させた圧電素子が記載されている。

【0008】

また、特許文献1には、この圧電素子によれば、マイグレーション防止用外装材により、マイグレーションを防止し、かつ焦電効果による分極度の低下を抑制できることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】国際公開第2007/052599号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、外装材の抵抗値を、マイグレーションを防止し、かつ分極度の低下を抑制できる範囲とするためには、外装材を構成する樹脂の抵抗値の変動や導電性粒子の含有量等を考慮する必要があり、抵抗値の調整が困難であるという問題があった。

【0011】

また、外装材中で導電性粒子が凝集している場合、凝集している部分の抵抗値が局部的に低下し、該部分を通じ短絡を生じる恐れがあるという問題があった。特に、内部電極間の距離（圧電体層の厚み）が小さくなるほど、この問題が顕著になってしまう。

【0012】

さらには、外装材に複数の機能を持たせると、水分の透過を十分に防止できない可能性があった。また、焼成後に圧電素子の集合体を切断して、個々の圧電素子を得る際には、切断された内部電極が切断刃の進入方向に沿って延びてしまい、抵抗値のバラツキが生じる可能性などの問題があった。

【0013】

本発明は、このような実状に鑑みてなされ、マイグレーション防止および焦電効果に起因する特性劣化の抑制を確実に実現することができ、しかも、圧電体層の薄層化が容易で信頼性の高い積層型圧電素子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記目的を達成するために、本発明に係る積層型圧電素子は、複数の圧電体層と、第1内部電極と、第1内部電極とは極性が異なる第2内部電極と、が積層された素子本体と、第1内部電極と電気的に接続され、素子本体の表面に形成された第1外部電極と、第2内部電極と電気的に接続され、素子本体の表面に形成された第2外部電極と、絶縁層と、抵抗層と、を有する。絶縁層は、素子本体において、電圧印加により機械的変位を生じる部分のうち、素子本体の表面に第1内部電極および第2内部電極が露出している部分を少なくとも覆っている。また、抵抗層は、第1外部電極と第2外部電極とを電気的に接続するように形成され、絶縁層よりも低い電気抵抗値を有する。

【0015】

本発明では、素子本体の表面に内部電極が露出している部分のうち、少なくとも上記の部分絶縁層で覆っている。このようにすることで、外部からの水分の浸入を防ぎ、極性の異なる内部電極間で生じるマイグレーションを確実に防止することができる。

【0016】

さらに、本発明では、極性の異なる外部電極間を電気的に接続する抵抗層が形成されている。この抵抗層は絶縁層よりも電気抵抗値が低くしてあり、本発明に係る圧電素子が温度が低下する過程に曝され、自発分極の方向とは逆方向の分極が生じても、抵抗層を通じ、生じた電荷を確実に放電することができる。その結果、本発明に係る圧電素子によれば、温度変化が生じる環境に置かれたとしても、分極度の低下を抑制できる。

【0017】

10

20

30

40

50

このように、絶縁層によりマイグレーションを防止し、抵抗層により分極度の低下を抑制することで、信頼性の高い積層型圧電素子を得ることができる。

【0018】

好ましくは、抵抗層は第1内部電極および第2内部電極に接触していない。このようにすることで、抵抗層を通じての短絡を完全に防止することができる。

【0019】

好ましくは、抵抗層は第1外部電極および/または第2外部電極の一部を覆う。このようにすることで、抵抗層と外部電極とを確実に物理的および電氣的に接続される。したがって、抵抗層と外部電極との接合がアンカー効果により強固になり、しかも焦電効果により生じる電荷を確実に放電することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に係る積層型圧電素子を示す概略斜視図である。

【図2】図2は、図1におけるII-II線に沿って切断した概略断面図である。

【図3】図3は、図1におけるIII-III線に沿って切断した概略断面図である。

【図4】図4は、抵抗層が形成される箇所を説明するための概略斜視図である。

【図5】図5は、抵抗層が形成される箇所を説明するための概略斜視図である。

【図6】図6は、素子本体の稜線部の形状を示す概略平面断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下に、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

20

【0022】

図1に示すように、本実施形態に係る積層型圧電素子1は、圧電体層2と、内部電極3、4と、が交互に積層された構成の素子本体10を有する。この素子本体10の側面10a、10bには一対の外部電極が形成されている。すなわち、側面10aには第1外部電極5が形成してあり、側面10bには、第1外部電極5とは極性の異なる第2外部電極6が形成してある。

【0023】

また、図2に示すように、内部電極3、4の端部が露出している側面10cおよび10dには、絶縁層7が形成してあり、その上に、抵抗層8が第1外部電極5と第2外部電極6とを電氣的に接続するように形成してある。

30

【0024】

本実施形態では、図3に示すように、内部電極3、4は、第1外部電極5の内側に対して電氣的に接続される一端を持ち、他端が第2外部電極6の内側近傍付近まで引き出されている第1内部電極3a~3cと、第2外部電極6の内側に対して電氣的に接続される一端を持ち、他端が第1外部電極5の内側近傍付近まで引き出されている第2内部電極4a~4cとで、構成されている。

【0025】

本実施形態では、素子本体10において、最外に配置された内部電極（最外内部電極）は、第1内部電極3cと第2内部電極4aとである。

40

【0026】

この最外内部電極の積層方向において、第1内部電極と第2内部電極とが重複する部分（図3のA）は、圧電素子に電圧を印加した場合に機械的な変位を生じる部分（圧電活性部）である。また、それ以外の部分は、圧電素子に電圧を印加しても機械的な変位を生じない部分（圧電不活性部）である。

【0027】

（絶縁層7）

本実施形態では、絶縁層は、圧電活性部に含まれる部分であって、素子本体の表面に第1内部電極および第2内部電極が露出している部分を少なくとも覆っている。すなわち、図3において、絶縁層7は、第1内部電極3a~3cおよび第2内部電極4a~4cの長

50

さLの部分を少なくとも覆う。

【0028】

マイグレーションは、極性の異なる内部電極間の距離が小さいほど生じやすいため、上記の部分を絶縁層7で覆い、内部電極が露出しているL部分への水分の浸入を防止することで、マイグレーションを防止することができる。

【0029】

なお、図3において、上記の部分を絶縁層7が覆うことで、極性が同一の内部電極間の距離は比較的近いものの、極性が異なる内部電極間の距離は遠くなるため、マイグレーション防止の効果を奏することができる。

【0030】

本実施形態では、図1に示すように、絶縁層7は、素子本体10の表面に第1内部電極5および第2内部電極6が露出している部分の全部を覆っていることが好ましい。このようにすることで、マイグレーションをより確実に防止することができる。また、絶縁層は、内部電極が露出している部分を含む面の全部(図1の素子本体10の側面10cおよび10d)を覆ってもよい。また、複数の絶縁層を設けてもよい。絶縁層の厚みは特に制限されないが、たとえば1~20 μ m程度である。

【0031】

絶縁層の材質は、絶縁性が高く、水分の浸入を防止し、内部電極間のマイグレーションを防止できる材料であれば特に制限されない。具体的な材料としては、樹脂、ガラスなどが挙げられる。また、絶縁層の電気抵抗値は、絶縁性を確保できれば特に制限されないが、本実施形態では、 10^9 以上であることが好ましい。

【0032】

(抵抗層8)

本実施形態では、抵抗層8は、図1に示すように、その両端部が外部電極(第1外部電極5および第2外部電極6)上に形成され、第1外部電極5および第2外部電極6を物理的および電気的に接続している。

【0033】

抵抗層8が形成されていることで、以下に示すように、焦電効果により自発分極の方向とは逆方向の分極で生じる電荷を放電することができる。

【0034】

圧電素子は、通常、その製造工程において、電圧を印加して伸縮するように分極処理され、自発分極の方向が決められる。このような圧電素子が温度変化する環境に置かれると、特に温度が低下する場合、焦電効果により自発分極の方向とは逆方向に分極が生じる。この分極により生じる電荷は、自発分極で生じている電荷を打ち消すように働くため、自発分極による分極度が低下してしまう。

【0035】

このような分極度の低下を抑制するために、本実施形態では、抵抗層8を極性の異なる外部電極間に接続することで、焦電効果により生じる電荷を放電させている。抵抗層8の電気抵抗値は絶縁層7よりも低いため、絶縁層で短絡する恐れはなく、抵抗層において焦電効果により生じる電荷を放電することができる。

【0036】

なお、抵抗層は、図3において、第1内部電極3a~3cおよび第2内部電極4a~4cのL部分を直接覆うことは好ましくない。抵抗層は、絶縁層よりも電気抵抗値が低いいため、上記の部分を抵抗層で覆うと、極性の異なる内部電極間で短絡が生じる可能性があるからである。したがって、本実施形態では、抵抗層8は、上記の部分を覆わないことが好ましい。さらに、図1および2に示すように、抵抗層8と、素子本体10の表面に内部電極3、4が露出している部分と、の間に絶縁層が存在していることが好ましい。

【0037】

抵抗層は、極性が異なる外部電極間を電気的に接続するように形成されていれば、形成される場所は限定されない。たとえば、図4に示すように、抵抗層8が、素子本体10の

10

20

30

40

50

側面の全周に渡って形成されていてもよいし、図5に示すように、素子本体10の上面あるいは下面と各側面の一部とに形成されていてもよい。さらに、複数の抵抗層を設けてもよい。抵抗層の厚みは特に制限されないが、たとえば1~20 μm 程度である。

【0038】

抵抗層の材質は、絶縁層よりも電気抵抗値が低く、焦電効果により生じる電荷を放電できる材料であれば特に制限されない。具体的な材料としては、所定の抵抗値を有する樹脂、カーボン等の導電性粒子を含む絶縁性樹脂、金属酸化物などが挙げられる。また、素子本体の側面に所定の電気抵抗値を有するフィルムを巻きつけて抵抗層を形成してもよい。さらに、抵抗層はスパッタ膜等で形成されていてもよい。また、絶縁層で用いる絶縁性樹脂等に導電性粒子等を含有させ、電気抵抗値を低くして抵抗層としてもよい。

10

【0039】

抵抗層の電気抵抗値は、圧電素子の特性等により適宜決定すればよいが、本実施形態では、 $10^4 \sim 10^8$ 程度であることが好ましい。抵抗層の電気抵抗値は、材料の種類を変更する、あるいは、複数の材料を組み合わせることで調整してもよいし、抵抗層の幅や厚み等の寸法を変更することで調整してもよい。したがって、本実施形態では、抵抗層の電気抵抗値を所望の値に応じて容易に調整することができる。

【0040】

上述したように、本実施形態では、マイグレーションを防止するための絶縁層と、焦電効果による分極度の低下を抑制するための抵抗層と、をそれぞれ設けている。このようにすることで、絶縁層が有する高い絶縁性に基つき確実にマイグレーションを防止することができる。しかも、抵抗層の電気抵抗値の調整が容易であるから、電気抵抗値のバラツキがある程度生じた場合であっても、焦電効果により生じた電荷を確実に放電させることができる。したがって、本実施形態に係る積層型圧電素子の信頼性を高めることができる。

20

【0041】

素子本体10の形状は、特に制限されないが、通常、直方体状とされる。また、図6に示すように、直方体の角部あるいは稜線部には丸み(R面)が付けられていることが好ましい。このようにすることで、後述する圧電素子の製造方法において、抵抗層を形成するのが容易となる。

【0042】

圧電体層2の材質は、圧電効果あるいは逆圧電効果を示す材料であれば、特に制限されず、たとえば、 $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ 、 BaTiO_3 などが挙げられる。また、特性向上等のための成分が含有されていてもよく、その含有量は、所望の特性に応じて適宜決定すればよい。

30

【0043】

圧電体層2の厚みは、特に制限されないが、本実施形態では、好ましくは5~50 μm 程度である。本実施形態に係る圧電素子では、分極度の低下を抑制する抵抗層が、マイグレーションを防止する絶縁層とは別に設けられている。そのため、抵抗層において電気抵抗値が小さい部分が局所的に存在した場合であっても、内部電極間の短絡は生じない。したがって、圧電体層を薄層化した場合であっても、マイグレーションを確実に防止することができる。

40

【0044】

内部電極3、4を構成する導電材としては、特に制限されないが、たとえば、Ag、Pd、Au、Pt等の貴金属およびこれらの合金(Ag-Pdなど)、あるいはCu、Ni等の卑金属およびこれらの合金などで構成される。

【0045】

外部電極5、6の材質も特に限定されず、内部電極を構成する導電材と同様の材料を用いることができる。なお、さらに、外側に上記各種金属のメッキ層やスパッタ層が形成してあってもよい。

【0046】

(積層型圧電素子の製造方法)

50

次に、本実施形態に係る積層型圧電素子の製造方法の一例を説明する。該積層型圧電素子を製造する方法としては、特に制限されず、公知の方法を用いればよいが、以下の説明では、シート法を用いる場合を例示する。

【0047】

まず、焼成後に第1内部電極および第2内部電極となる所定パターンの内部電極ペースト膜が形成されたグリーンシートと、内部電極ペースト膜を持たないグリーンシートとを、用意する。

【0048】

グリーンシートは、上述した圧電体層を構成する材料が含まれる。なお、該材料には、不可避的不純物が含まれていてもよい。

【0049】

そして、該材料を用い、公知の技術によってグリーンシートを製造する。具体的には、たとえば、まず圧電体層を構成する材料の原料を湿式混合等の手段によって均一に混合した後、乾燥させる。次に、適切に選定された焼成条件で仮焼成し、仮焼粉を湿式粉碎する。そして、粉碎された仮焼粉末にバインダを加えてスラリー化する。次に、スラリーをドクターブレード法またはスクリーン印刷法等の手段によってシート化し、その後に乾燥させてグリーンシートを得る。

【0050】

次に、上述した導電材を含む内部電極ペーストを、印刷法等の手段により、グリーンシートの上に塗布することで、所定パターンの内部電極ペースト膜が形成されたグリーンシートが得られる。

【0051】

次に、これらのグリーンシートを重ね合せ、圧力を加えて圧着し、乾燥工程等の必要な工程を経た後、切断し、グリーン素子本体の集合体を得る。

【0052】

次に、該集合体を所定条件で焼成し、集合体の焼結体を得た後、ダイシングソー等を用いて該焼結体を短冊状に切断する。得られた短冊状焼結体に、第1外部電極および第2外部電極となる電極を形成し、この電極に直流電圧を印加して圧電体の分極処理を行う。その後、分極処理後の短冊状焼結体を個々の素子本体に切断し、側面に内部電極の端部が露出した素子本体が得られる。本実施形態では、得られた素子本体にパレル研磨を行って素子本体の角部および稜線部をR面加工しておく。

【0053】

次に、素子本体の側面に絶縁層を形成し、内部電極が露出している部分を覆う。本実施形態では、絶縁性樹脂を塗布して絶縁層を形成する。絶縁層を形成した後、抵抗層を形成する。本実施形態では、導電性粒子を含む絶縁性樹脂を素子本体の側面に塗布して形成する。すなわち、絶縁層の上に抵抗層を形成する。このとき、素子本体の角部や稜線部には丸みが付けられているので、たとえば導電性粒子を含む絶縁性樹脂の塗布量を増やして素子本体の側面に塗布すると、図6に示すように、該絶縁性樹脂が塗布された側面から隣り合う他の側面に該絶縁性樹脂の一部が垂れ、第1外部電極および第2外部電極の一部を覆うことで抵抗層が形成される。その結果、抵抗層と外部電極とは、物理的および電氣的に強固に接合される。以上の工程を経て、図1に示す積層型圧電素子1が得られる。

【0054】

以上、本発明の実施形態について説明してきたが、本発明はこうした実施形態に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々なる態様で実施し得ることは勿論である。

【0055】

たとえば、素子本体の形状は直方体に限定されず、多角柱形状であっても、円柱形状であってもよい。また、図3に示す一方の内部電極の端部がさらに引き出され、他方の内部電極と外部電極とが電氣的に接続される面に露出してもよい。この場合には、短絡しないように、一方の内部電極の露出部分は絶縁性樹脂で覆われる。

10

20

30

40

50

【0056】

また、外部電極は、内部電極と電氣的に接続されていれば、形成される場所は特に制限されず、素子本体の各面において、隣り合う面に形成されていてもよい。さらに、同一面上に極性が同じ外部電極が複数形成されていてもよいし、極性が異なる外部電極が複数形成されていてもよい。

【0057】

抵抗層は、絶縁層を介して素子本体の全表面を覆うように形成されていてもよい。

【符号の説明】

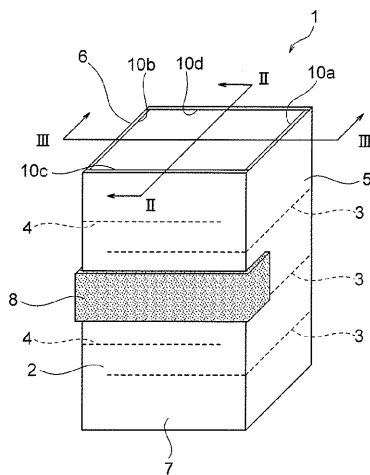
【0058】

- 1 ... 積層型圧電素子
- 10 ... 素子本体
- 2 ... 圧電体層
- 3、3a ~ 3c ... 第1内部電極
- 4、4a ~ 4c ... 第2内部電極
- 5 ... 第1外部電極
- 6 ... 第2外部電極
- 7 ... 絶縁層
- 8 ... 抵抗層

10

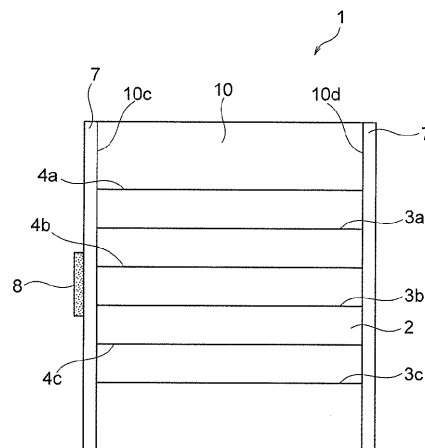
【図1】

図 1

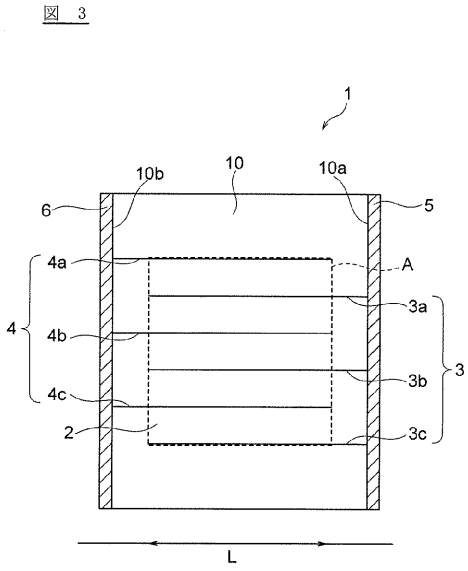


【図2】

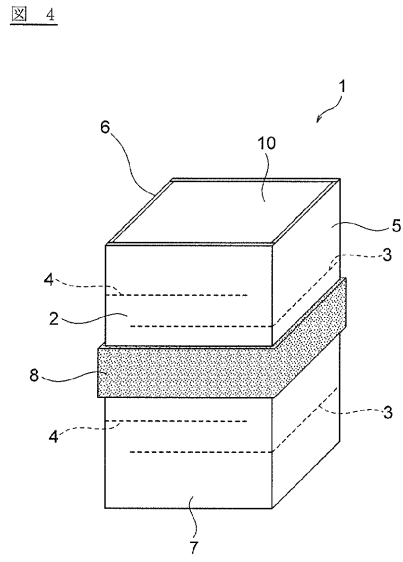
図 2



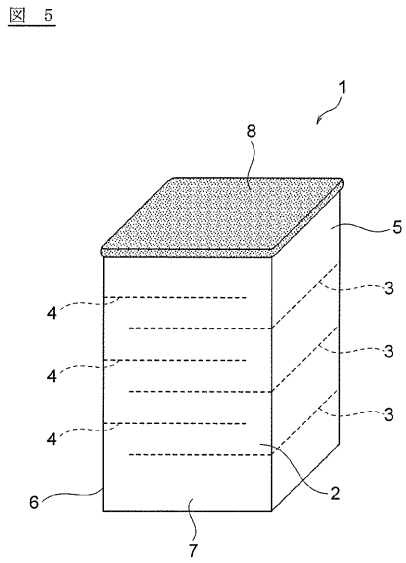
【 図 3 】



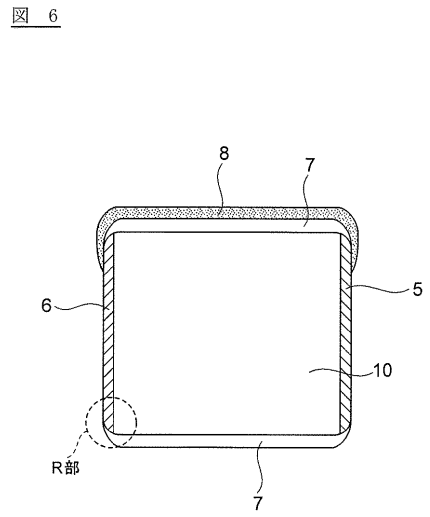
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 41/22

Z

H 0 1 L 41/22

A