

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7286790号
(P7286790)

(45)発行日 令和5年6月5日(2023.6.5)

(24)登録日 令和5年5月26日(2023.5.26)

(51)国際特許分類	F I
H 1 0 N 30/87 (2023.01)	H 1 0 N 30/87
H 1 0 N 30/853 (2023.01)	H 1 0 N 30/853
H 1 0 N 30/063 (2023.01)	H 1 0 N 30/063
H 1 0 N 30/85 (2023.01)	H 1 0 N 30/85
H 1 0 N 30/045 (2023.01)	H 1 0 N 30/045

請求項の数 7 (全22頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2021-555967(P2021-555967)	(73)特許権者	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(86)(22)出願日	令和2年10月21日(2020.10.21)	(74)代理人	100152984 弁理士 伊東 秀明
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/039534	(74)代理人	100148080 弁理士 三橋 史生
(87)国際公開番号	WO2021/095461	(72)発明者	香川 裕介 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内
(87)国際公開日	令和3年5月20日(2021.5.20)	(72)発明者	平口 和男 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内
審査請求日	令和4年4月25日(2022.4.25)	審査官	小山 満
(31)優先権主張番号	特願2019-204626(P2019-204626)		
(32)優先日	令和1年11月12日(2019.11.12)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 圧電素子

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧電層、前記圧電層の両面に形成される電極層、および、前記電極層の、前記圧電層側の面とは反対側の面に積層される保護層を有する圧電素子であって、
2つの前記電極層はそれぞれ、少なくとも一部の端部において前記圧電層が形成されていない暴露部を有し、

前記圧電層は、前記暴露部と隣接する端部において、前記暴露部に向かって厚さが漸減する漸減部を有する圧電素子。

【請求項2】

前記漸減部の、前記暴露部に向かって厚さが漸減する方向における幅は、0.01mm ~ 2mmである請求項1に記載の圧電素子。

【請求項3】

前記暴露部の前記電極層の少なくとも一部を覆う絶縁部材を有する請求項1または2に記載の圧電素子。

【請求項4】

前記絶縁部材が前記圧電層の前記漸減部を覆っている請求項3に記載の圧電素子。

【請求項5】

前記暴露部が、前記電極層の面方向において、外向きに凸状に突出している請求項1~4のいずれか一項に記載の圧電素子。

【請求項6】

10

20

前記暴露部の前記電極層に接続される導電性シートを有する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の圧電素子。

【請求項 7】

前記圧電層は、高分子材料を含むマトリックス中に圧電体粒子を含む高分子複合圧電体からなる請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の圧電素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電素子に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶ディスプレイや有機 EL ディスプレイなど、ディスプレイの薄型化に対応して、これらの薄型ディスプレイに用いられるスピーカーにも軽量化および薄型化が要求されている。さらに、可撓性を有するフレキシブルディスプレイにおいて、軽量性および可撓性を損なうことなくフレキシブルディスプレイに一体化するために、可撓性も要求されている。このような軽量および薄型で可撓性を有するスピーカーとして、印加電圧に応答して伸縮する性質を有するシート状の圧電素子（電気音響変換フィルム）を採用することが考えられている。

【0003】

このような可撓性を有するシート状の圧電素子として、圧電層の両面に電極層および保護層を有する圧電素子が提案されている。

【0004】

例えば、特許文献 1 には、誘電性を有する圧電体層と、圧電体層の両面にそれぞれ形成される 2 つの薄膜電極と、2 つの薄膜電極上それぞれに形成される 2 つの保護層とを有する電気音響変換フィルムであって、圧電体層、2 つの薄膜電極、および、2 つの保護層が、同一形状で、かつ、互いに接着された領域と、圧電体層、2 つの薄膜電極、および、2 つの保護層が、積層方向に互いに重複し、かつ、圧電体層と 2 つの薄膜電極とが互いに接着されない領域とを有する電気音響変換フィルムが記載されている。

【0005】

この特許文献 1 では、圧電体層となる組成物を薄膜電極上に塗布する際に、組成物を塗布しない領域を設けることで、薄膜電極に圧電体層と接着されていない未接着部を形成する。この未接着部は、電極引き出し部として用いられ、配線を接続されることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】国際公開第 2016/181965 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前述のとおり、シート状の圧電素子は、フレキシブルディスプレイ等に用いるために、薄型であることが求められている。

しかしながら、特許文献 1 に記載されるような電極引き出し部を有する圧電素子において、電極引き出し部には、電極引き出し部を延長する導電性の箔が接続されたり、電極引き出し部の薄膜電極が他方の薄膜電極と接触することを防止するための絶縁シート等が貼着される。そのため、電極引き出し部の近傍は厚みが厚くなってしまいう問題があった。また、電極引き出し部の近傍の部分が他の領域よりも厚くなって厚さ不均一になるため、圧電素子を他の物品に積層する際に、密着しにくくなるおそれがある。

【0008】

また、特許文献 1 では、圧電体層となる組成物を薄膜電極上に塗布する際に、組成物を

10

20

30

40

50

塗布しない領域を設けることで、薄膜電極に圧電体層と接着されていない未接着部を形成しているが、その際、塗布した組成物が所定の層状態を維持するために、組成物はある程度、粘度を高くする必要がある。しかしながら、組成物の粘度が高すぎると、図16に示すように組成物層（圧電体層）120のエッジ部121が盛り上がった状態になる場合がある。

【0009】

一般に、シート状の圧電素子は、製造効率等の観点から、いわゆるロール・トゥ・ロール（以下、RtoRともいう）での製造が望まれる。周知のとおり、RtoRは、長尺なシート状物が巻かれたロールから長尺なシート状物を送り出し、シート状物を搬送しながら、各種の処理を連続的に実施して、処理後のシート状物をロールに巻き取る製造方法である。

10

【0010】

しかしながら、上記のように、組成物層（圧電体層）120のエッジ部121が盛り上がった状態になると、組成物層120を塗布後のシート状物を巻き取った際にエッジ部121の盛り上がり積み重なり、他の領域との厚み差が大きくなって巻き故障が発生するおそれがある。

【0011】

また、組成物層（圧電体層）120のエッジ部121が盛り上がっていると、上部に薄膜電極および保護層の積層体を積層した際に、薄膜電極が変形してしまうおそれがある。

【0012】

本発明の課題は、このような従来技術の問題点を解決することにより、圧電素子の厚みを薄く、かつ、均一な厚さにでき、また、製造時に巻き故障が発生しにくく、薄膜電極の変形が生じにくい圧電素子を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

上述した課題を解決するために、本発明は、以下の構成を有する。

[1] 圧電層、圧電層の両面に形成される電極層、および、電極層の、圧電層側の面とは反対側の面に積層される保護層を有する圧電素子であって、

電極層は、少なくとも一部の端部において圧電層が形成されていない暴露部を有し、

圧電層は、暴露部と隣接する端部において、暴露部に向かって厚さが漸減する漸減部を有する圧電素子。

30

[2] 漸減部の、暴露部に向かって厚さが漸減する方向における幅は、0.01mm～2mmである[1]に記載の圧電素子。

[3] 暴露部の電極層の少なくとも一部を覆う絶縁部材を有する[1]または[2]に記載の圧電素子。

[4] 絶縁部材が圧電層の漸減部を覆っている[3]に記載の圧電素子。

[5] 暴露部が、電極層の面方向において、外向きに凸状に突出している[1]～[4]のいずれかに記載の圧電素子。

[6] 暴露部の電極層に接続される導電性シートを有する[1]～[5]のいずれかに記載の圧電素子。

40

[7] 圧電層は、高分子材料を含むマトリックス中に圧電体粒子を含む高分子複合圧電体からなる[1]～[6]のいずれかに記載の圧電素子。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、圧電素子の厚みを薄く、かつ、均一な厚さにでき、また、製造時に巻き故障が発生しにくく、薄膜電極の変形が生じにくい圧電素子が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の圧電素子の一例を模式的に示す平面図である。

【図2】図1の圧電素子のA-A線断面図である。

50

【図 3】図 1 の圧電体層の B - B 線断面の一部を拡大して示す図である。

【図 4】本発明の圧電素子の一例を模式的に示す断面図である。

【図 5】本発明の圧電素子の一例を模式的に示す断面図である。

【図 6】本発明の圧電素子の一例を模式的に示す断面図である。

【図 7】本発明の圧電素子の一例を模式的に示す断面図である。

【図 8】圧電素子の作製方法の一例を説明するための概念図である。

【図 9】圧電素子の作製方法の一例を説明するための概念図である。

【図 10】圧電素子の作製方法の一例を説明するための概念図である。

【図 11】圧電素子の作製方法の一例を説明するための概念図である。

【図 12】圧電素子の作製方法の一例を説明するための概念図である。

10

【図 13】圧電素子の作製方法の一例を説明するための概念図である。

【図 14】圧電素子の作製方法の一例を説明するための概念図である。

【図 15】圧電素子の作製方法の一例を説明するための概念図である。

【図 16】塗布により形成された圧電層の一例を説明するための概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の圧電素子について、添付の図面に示される好適実施例を基に、詳細に説明する。

【0017】

以下に記載する構成要件の説明は、本発明の代表的な実施態様に基づいてなされること
があるが、本発明はそのような実施態様に限定されるものではない。

20

なお、本明細書において、「～」を用いて表される数値範囲は、「～」の前後に記載される数値を下限値および上限値として含む範囲を意味する。

【0018】

[圧電素子]

本発明の圧電素子は、

圧電層、圧電層の両面に形成される電極層、および、電極層の、圧電層側の面とは反対側の面に積層される保護層を有する圧電素子であって、

電極層は、少なくとも一部の端部において圧電層が形成されていない暴露部を有し、

圧電層は、暴露部と隣接する端部において、暴露部に向かって厚さが漸減する漸減部を有する圧電素子である。

30

【0019】

図 1 に、本発明の圧電素子の一例を模式的に表す平面図を示す。図 2 に、図 1 の圧電素子の A - A 線断面図を示す。図 3 に、図 1 の圧電素子の B - B 線断面図の一部を拡大した図を示す。

【0020】

図 1 ~ 図 3 に示す圧電素子 10 は、圧電性を有するシート状物である圧電層 20 と、圧電層 20 の一方の面に積層される下部電極 24 と、下部電極 24 に積層される下部保護層 28 と、圧電層 20 の他方の面に積層される上部電極 26 と、上部電極 26 に積層される上部保護層 30 と、導電性シート 40 と、導電性シート 42 と、絶縁部材 44 と、絶縁部材 46 と、を有する。

40

【0021】

図示例において、圧電層 20 は、高分子材料を含むマトリックス 34 中に、圧電体粒子 36 を含むものである（図 2 参照）。なお、図 3 において圧電層 20 中のマトリックス 34 および圧電体粒子 36 の図示は省略している。また、下部電極 24 および上部電極 26 は、本発明における電極層である。また、下部保護層 28 および上部保護層 30 は、本発明における保護層である。

後述するが、圧電素子 10（圧電層 20）は、好ましい態様として、厚さ方向に分極されている。

【0022】

50

図 1 に示すように、圧電素子 10 は、図 1 中左下側の端部に、下部電極 24 および下部保護層 28 が、面方向の外向き（図 1 中、下向き）に凸状に突出する下部引き出し部 29 を有する。また、圧電素子 10 は、図 1 中右下側の端部に、上部電極 26 および上部保護層 30 が、面方向の外向き（図 1 中、下向き）に凸状に突出する上部引き出し部 31 を有する。

【 0 0 2 3 】

下部引き出し部 29 および上部引き出し部 31 の電極層上には、それぞれ圧電層 20 が形成されておらず、電極層が露出している。この下部引き出し部 29 および上部引き出し部 31 は、本発明における暴露部である。

【 0 0 2 4 】

図 3 に示すように、圧電層 20 は、暴露部、すなわち、下部引き出し部 29 および上部引き出し部 31 と隣接する端部において、暴露部に向かって厚さが漸減している領域（図 3 中、W で示す幅の領域）を有する。以下、この領域を漸減部という。

図 3 に示す例では、圧電層 20 は、厚さが漸減する方向において、下部電極 24 と接する面の幅が、上部電極 26 と接する面の幅よりも大きく、端面が傾斜しているということもできる。

【 0 0 2 5 】

図 3 に示す例では、漸減部は、厚さが漸減する方向の断面で見た際に、外に向かって凸状に湾曲する形状としたが、これに限定はされず、直線状であってもよいし、凹状に湾曲する形状であってもよい。

【 0 0 2 6 】

また、図 1、図 3 に示す例では、下部引き出し部 29 および上部引き出し部 31 を有する端辺側（図 1 中下側の辺側）の全域において、圧電層 20 は、厚さが外に向かって漸減している（漸減部を有する）。また、この端辺と対向する辺側（図 1 中上側の辺側）においては、圧電層 20 は、漸減部を有してもよいし、漸減部を有していなくてもよい。

また、図 1 示例において、下部引き出し部 29 および上部引き出し部 31 を有する端辺と隣接する辺側（図 1 の左右方向の両端辺側）では、図 2 に示すように、圧電層 20 は漸減部を有していない。すなわち、図 1 の左右方向においては、下部電極 24 と接する面の幅が、上部電極 26 と接する面の幅と略同じである。

【 0 0 2 7 】

図 1、図 3 に示す例では、好適な態様として、下部引き出し部 29 の下部電極 24 には、導電性シート 40 が積層されている。また、好ましい態様として、導電性シート 40 は、下部引き出し部 29 の突出方向に折り返されて、下部電極 24 および下部保護層 28 を挟み込むように設けられる。同様に、上部引き出し部 31 の上部電極 26 には、導電性シート 42 が積層されている。また、好ましい態様として、導電性シート 42 は、上部引き出し部 31 の突出方向に折り返されて、上部電極 26 および上部保護層 30 を挟み込むように設けられる。

【 0 0 2 8 】

導電性シート 40 および 42 は、例えば銅箔など、導電性を有する金属材料で形成されるシート状物である。また、導電性シート 40 および 42 は、導電性を有する粘着層を有していてもよく、この粘着層を介して下部引き出し部 29 および上部引き出し部 31 に接着されてもよい。導電性シート 40 および 42 の材料は、銅、アルミニウム、金および銀等が好適に例示される。

【 0 0 2 9 】

また、図 1、図 3 に示す例では、好適な態様として、下部引き出し部 29 の下部電極 24 の一部には、絶縁部材 44 が積層され、上部引き出し部 31 の上部電極 26 の一部には、絶縁部材 46 が積層されている。図 1 示例においては、好ましい態様として、絶縁部材 44 は、下部引き出し部 29 の下部電極 24 の圧電層 20（漸減部）と隣接する領域から、圧電層 20 の漸減部を覆うように設けられている。絶縁部材 44 は、面方向において下部引き出し部 29 の突出と直交する方向（図 1 左右方向 以下、幅方向とも言う）には、下

10

20

30

40

50

部引き出し部 29 の全域を包含している。また、図示例においては、好ましい態様として、絶縁部材 46 は、上部引き出し部 31 の上部電極 26 の漸減部と隣接する領域から、圧電層 20 と上部電極 26 とが接する位置までの上部電極 26 を覆うように設けられている。絶縁部材 46 は、面方向において上部引き出し部 31 の突出と直交する方向（図 1 左右方向 以下、幅方向とも言う）には、上部引き出し部 31 の全域を包含している。

【0030】

絶縁部材 44 および 46 は、ポリイミド製のテープなど、絶縁性を有する材料で形成されるシート状物である。あるいは、絶縁部材 44 および 46 は、液体状の絶縁材料を塗布、硬化して形成した絶縁層であってもよい。絶縁部材 44 および 46 の材料は、PI（ポリイミド）、PET（ポリエチレンテレフタレート）、PEN（ポリエチレンナフタレート）、PP（ポリプロピレン）等が好適に例示される。

10

【0031】

下部引き出し部 29 の下部電極 24 および上部引き出し部 31 の上部電極 26 に接続して、このような導電性シート 40 および 42 を設けることにより、下部電極 24 および上部電極 26 からの電極の引出しを行うと共に、薄膜である両電極および保護層の補強を行い、かつ、ハンダ付け等による配線と接続を容易にすることができる。さらに、好ましくは、導電性シート 40 および 42 を折り返して、電極および保護層を挟み込むことにより、この電極および保護層の補強を、より好適に行い、かつ、配線を接続するためのハンダ付けを行う面の選択も可能になる。

【0032】

加えて、絶縁部材 44 を有することにより、下部引き出し部 29 によって下部電極 24 を引き出した構成において、下部引き出し部 29 が垂れて圧電素子 10 の端面に接触しても、下部電極 24 と上部電極 26 とを絶縁できる。同様に、絶縁部材 46 を有することにより、上部引き出し部 31 によって上部電極 26 を引き出した構成において、上部引き出し部 31 が垂れて圧電素子の端面に接触しても、上部電極 26 と下部電極 24 とを絶縁できる。すなわち、このような絶縁部材 44 および 46 を有することにより、下部電極 24 と上部電極 26 との絶縁性を確保して、前述のような電極層の引出しを行うことができる。

20

【0033】

ここで、前述のとおり、シート状の圧電素子は、フレキシブルディスプレイ等に用いるために、薄型であることが求められている。しかしながら、電極引き出し部を有する圧電素子において、電極引き出し部には、上述のとおり、電極引き出し部を延長する導電性の箔が接続されたり、電極引き出し部の薄膜電極が他方の薄膜電極と接触することを防止するための絶縁シート等が貼着される。そのため、電極引き出し部の近傍は厚みが厚くなってしまふという問題があった。特に絶縁シートの一部を電極層と圧電層との間に挟みこむ構成の場合に厚くなりやすい。また、電極引き出し部の近傍の部分が他の領域よりも厚くなって厚さ不均一になるため、圧電素子を他の物品に積層する際に、密着しにくくなるおそれがあるという問題があった。

30

【0034】

また、後に詳述するが、上述した引き出し部（暴露部）は、圧電層となる組成物を電極層上に塗布する際に、組成物を塗布しない領域を設けることで形成される。その際、塗布した組成物が所定の層状態を維持するために、組成物はある程度、粘度を高くする必要があり。しかしながら、組成物の粘度が高すぎると、図 16 に示すように組成物層（圧電層）120 のエッジ部 121 が盛り上がった状態になる場合がある。

40

【0035】

一般に、シート状の圧電素子は、製造効率等の観点から、いわゆるロール・トゥ・ロール（以下、R to R ともいう）での製造が望まれる。しかしながら、上記のように、組成物層（圧電層）120 のエッジ部 121 が盛り上がった状態になると、組成物層 120 を塗布後のシート状物を巻き取った際にエッジ部 121 の盛り上がり積もり重なり、他の領域との厚み差が大きくなって巻き故障が発生するおそれがある。

【0036】

50

また、組成物層（圧電層）120のエッジ部121が盛り上がっていると、上部電極および上部保護層の積層体（シート状物）を積層した際に、電極層が変形してしまうおそれがある。

【0037】

これに対して、本発明の圧電素子は、圧電層が、暴露部と隣接する端部において、暴露部に向かって厚さが漸減する漸減部を有する。

漸減部を有するため、引き出し部（暴露部）に導電性シートおよび/または絶縁部材を設けた場合に、漸減部の電極層（上部電極）と圧電層との間の空間に各部材を配置することができるので、引き出し部近傍の厚さが他の領域よりも厚くなることを抑制できる。

また、引き出し部の近傍の部分が他の領域よりも厚くなることを抑制できるため、圧電素子を他の物品に積層する際に、密着しやすくできる。

10

【0038】

また、後に詳述するが、RtORでの圧電素子の製造時に、圧電層となる組成物を電極層上に塗布する際に、漸減部が形成されるように塗布することで、塗布後の積層体を巻き取った際に、エッジ部に盛り上がりがないため、巻き故障が発生することを抑制できる。また、組成物層（圧電層）のエッジ部に盛り上がりがないため、上部電極および上部保護層の積層体（シート状物）を積層した際に、上部電極が変形することを抑制できる。

【0039】

ここで、漸減部の、暴露部に向かって厚さが漸減する方向における幅は、0.1mm～0.8mmが好ましく、0.2mm～0.5mmがより好ましい。これにより、漸減部の電極層（上部電極）と圧電層との間の空間に各部材を配置しやすくなり、引き出し部近傍の厚さが他の領域よりも厚くなることを好適に抑制できる。

20

【0040】

また、下部引き出し部29および上部引き出し部31の幅（面方向において下部引き出し部29の突出方向と直交する方向 図1左右方向）および長さ（幅方向と直交する方向）は、圧電素子10を実装する際に、電極を引出し、かつ、外部との導電性が確保できるサイズを、適宜、設定すればよい。

また、下部引き出し部29および上部引き出し部31の形状は、図示例の矩形以外にも、電極の引出しが可能な各種の形状が利用可能である。

【0041】

30

また、図1に示す例においては、下部引き出し部29と上部引き出し部31とは、好ましい態様として、面方向の位置が重畳しないように配置されている。これによって、下部引き出し部29の下部電極24あるいは導電性シート40と、上部引き出し部31の上部電極26あるいは導電性シート42とが接触して短絡することを抑制できる。

【0042】

なお、下部引き出し部29と上部引き出し部31とは、面方向の位置が重畳する位置に配置されていてもよい。その場合、図4に示す例のように、下部引き出し部29の下部電極24側の表面を覆う絶縁部材48が配置され、また、上部引き出し部31の上部電極26側の表面を覆う絶縁部材50が配置されているのが好ましい。図4に示す例では、下部引き出し部29には導電性シート40が配置されているため、導電性シート40の、上部電極26と対向する面側に絶縁部材48が配置されている。同様に、上部引き出し部31には導電性シート42が配置されているため、導電性シート42の、下部電極24と対向する面側に絶縁部材50が配置されている。

40

【0043】

これにより、下部引き出し部29と上部引き出し部31とを、面方向の位置が重畳する位置に配置した場合でも、下部引き出し部29の下部電極24あるいは導電性シート40と、上部引き出し部31の上部電極26あるいは導電性シート42とが接触して短絡することを抑制できる。

【0044】

なお、図4の例のように、導電性シートの一部の表面が絶縁部材で覆われる構成の場合

50

には、絶縁部材で覆われている領域以外の表面に配線Uを接続すればよい。

【0045】

また、図4に示す例では、下部引き出し部29に配置される導電性シート40の、上部電極26と対向する面側に絶縁部材48が配置され、上部引き出し部31に配置される導電性シート42の、下部電極24と対向する面側に絶縁部材50が配置される構成としたが、これに限定はされず、下部引き出し部29の下部電極24あるいは導電性シート40と、上部引き出し部31の上部電極26あるいは導電性シート42とが接触して短絡することを抑制できればよい。

【0046】

例えば、図5に示す例のように、絶縁部材48が、折り返した導電性シート40の、外側を向いた表面（下部引き出し部29側とは反対側の表面）を覆うように配置されてもよい。同様に、絶縁部材50が、折り返した導電性シート42の外側を向いた表面（上部引き出し部31側とは反対側の表面）を覆うように配置されてもよい。

10

【0047】

このような構成の場合には、配線Uは、折り返した導電性シートの内側の面に接続されればよい。

【0048】

また、図1に示す例においては、下部引き出し部29と上部引き出し部31とは同じ端辺（図1中、下側の辺）に設けられる構成としたが、これに限定はされず、下部引き出し部29と上部引き出し部31とが異なる端辺に設けられる構成としてもよい。例えば、下部引き出し部29が図1中、下側の端辺に形成され、上部引き出し部31が、この端辺に対向する端辺、すなわち、図1中、上側の端辺に形成される構成としてもよい。

20

【0049】

また、導電性シート40および42は、図示例の矩形以外にも、電極の引出しが可能な各種の形状が利用可能である。すなわち、導電性シート40および42のサイズおよび形状は、下部引き出し部29および上部引き出し部31のサイズおよび形状に応じて、下部引き出し部29および上部引き出し部31との導電性を確保でき、かつ、実装する際に配線と接続できるサイズおよび形状を、適宜、設定すればよい。

【0050】

例えば、図6に示す例のように、導電性シート40および42を折り返さずに、下部引き出し部29の下部電極24の表面、および、上部引き出し部31の上部電極26の表面に電氣的に接続するように導電性シート40および42を積層する構成であってもよい。

30

【0051】

図6に示す例のように、導電性シート40および42を折り返さない構成の場合には、絶縁部材48は、下部引き出し部29に配置される導電性シート40の、上部電極26と対向する面側に配置される。また、導電性シート40の、絶縁部材48が配置される面とは反対側の面に配線Uが接続される。同様に、絶縁部材50は、上部引き出し部31に配置される導電性シート42の、下部電極24と対向する面側に配置される。また、導電性シート42の、絶縁部材50が配置される面とは反対側の面に配線Uが接続される。

【0052】

40

また、図示例においては、漸減部は、圧電層20の、下部引き出し部29と上部引き出し部31とを有する端辺側の全域に形成される構成としたが、これに限定はされず、下部引き出し部29および上部引き出し部31に隣接する領域部分のみに漸減部を有する構成であってもよい。

また、漸減部は、圧電層20の、下部引き出し部29と上部引き出し部31とを有する端辺側に形成される構成としたが、これに限定はされず、他の端辺側に形成されていてもよく、圧電層20の端部の全周に漸減部が形成されてもよい。

【0053】

また、図3～図5に示す例においては、下部引き出し部29に配置される導電性シート40、および、上部引き出し部31に配置される導電性シート42はそれぞれ、折り返し

50

部分を挟んだ2つの部位が互いに離間している構成としたが、これに限定はされない。図7に示す例のように、下部引き出し部29に配置される導電性シート40、および、上部引き出し部31に配置される導電性シート42はそれぞれ、折り返し部分を挟んだ2つの部位が互いに接している構成としてもよい。また、図4および図5に示すような導電性シート40および42に絶縁部材48および50が積層された構成の場合も同様に、導電性シート40および42は、折り返し部分を挟んだ2つの部位が互いに接している構成であってもよい。

【0054】

このような圧電素子10は、一例として、スピーカー、マイクロフォン、および、ギター等の楽器に用いられるピックアップなどの各種の音響デバイス（音響機器）において、電気信号に応じた振動による音の発生（再生）や、音による振動を電気信号に変換するために利用される。

10

また、圧電素子は、これ以外にも、感圧センサおよび発電素子等にも利用可能である。

【0055】

また、例えば、圧電素子10をスピーカーに用いる場合は、フィルム状の圧電素子10自体の振動によって音を発生するものとして用いてもよい。あるいは、圧電素子10は、振動板に貼り付けて、圧電素子10の振動によって振動板を振動させて音を発生するエキサイターとして用いてもよい。

以下、本発明の圧電素子の各構成要素について説明する。

【0056】

20

〔圧電層〕

圧電層20は、公知の圧電体からなる層であればよい。本発明において、圧電層20は、高分子材料を含むマトリックス34に、圧電体粒子36を含む高分子複合圧電体であるのが好ましい。

【0057】

圧電層20を構成する高分子複合圧電体のマトリックス34（マトリックス兼バインダ）の材料として、常温で粘弾性を有する高分子材料を用いるのが好ましい。

本発明の圧電素子10は、フレキシブルディスプレイ用のスピーカーなど、フレキシブル性を有するスピーカー等に好適に用いられる。ここで、フレキシブル性を有するスピーカーに用いられる高分子複合圧電体（圧電層20）は、次の要件を具備したものであるのが好ましい。従って、以下の要件を具備する材料として、常温で粘弾性を有する高分子材料を用いるのが好ましい。

30

なお、本明細書において、「常温」とは、0～50 程度の温度域を指す。

【0058】

（i）可撓性

例えば、携帯用として新聞や雑誌のように書類感覚で緩く撓めた状態で把持する場合、絶えず外部から、数Hz以下の比較的ゆっくりとした、大きな曲げ変形を受けることになる。この時、高分子複合圧電体が硬いと、その分大きな曲げ応力が発生し、マトリックスと圧電体粒子との界面で亀裂が発生し、やがて破壊に繋がる恐れがある。従って、高分子複合圧電体には適度な柔らかさが求められる。また、歪みエネルギーを熱として外部へ拡散できれば応力を緩和することができる。従って、高分子複合圧電体の損失正接が適度に大きいことが求められる。

40

（ii）音質

スピーカーは、20Hz～20kHzのオーディオ帯域の周波数で圧電体粒子を振動させ、その振動エネルギーによって高分子複合圧電体（圧電素子）全体が一体となって振動することで音が再生される。従って、振動エネルギーの伝達効率を高めるために高分子複合圧電体には適度な硬さが求められる。また、スピーカーの周波数特性が平滑であれば、曲率の変化に伴い最低共振周波数が変化した際の音質の変化量も小さくなる。従って、高分子複合圧電体の損失正接は適度に大きいことが求められる。

【0059】

50

以上をまとめると、高分子複合圧電体は、 $20\text{ Hz} \sim 20\text{ kHz}$ の振動に対しては硬く、数Hz以下の振動に対しては柔らかく振る舞うことが求められる。また、高分子複合圧電体の損失正接は、 20 kHz 以下の全ての周波数の振動に対して、適度に大きいことが求められる。

【0060】

一般に、高分子固体は粘弾性緩和機構を有しており、温度上昇あるいは周波数の低下とともに大きなスケールの分子運動が貯蔵弾性率（ヤング率）の低下（緩和）あるいは損失弾性率の極大（吸収）として観測される。その中でも、非晶質領域の分子鎖のミクロブラウン運動によって引き起こされる緩和は、主分散と呼ばれ、非常に大きな緩和現象が見られる。この主分散が起きる温度がガラス転移点（ T_g ）であり、最も粘弾性緩和機構が顕著に現れる。

10

高分子複合圧電体（圧電層20）において、ガラス転移点常温にある高分子材料、言い換えると、常温で粘弾性を有する高分子材料をマトリックスに用いることで、 $20\text{ Hz} \sim 20\text{ kHz}$ の振動に対しては硬く、数Hz以下の遅い振動に対しては柔らかく振る舞う高分子複合圧電体を実現する。特に、この振舞いが好適に発現する等の点で、周波数1Hzでのガラス転移温度が常温、すなわち、 $0 \sim 50$ にある高分子材料を、高分子複合圧電体のマトリックスに用いるのが好ましい。

【0061】

常温で粘弾性を有する高分子材料としては、誘電性を有するものであれば、公知の各種のものが利用可能である。好ましくは、高分子材料は、常温、すなわち、 $0 \sim 50$ において、動的粘弾性試験による周波数1Hzにおける損失正接の極大値が、 0.5 以上である高分子材料を用いる。

20

これにより、高分子複合圧電体が外力によってゆっくりと曲げられた際に、最大曲げモーメント部におけるマトリックスと圧電体粒子との界面の応力集中が緩和され、良好な可撓性が得られる。

【0062】

また、高分子材料は、動的粘弾性測定による周波数1Hzでの貯蔵弾性率（ E' ）が、 0 において 100 MPa 以上、 50 において 10 MPa 以下、であるのが好ましい。

これにより、高分子複合圧電体が外力によってゆっくりと曲げられた際に発生する曲げモーメントが低減できると同時に、 $20\text{ Hz} \sim 20\text{ kHz}$ の音響振動に対しては硬く振る舞うことができる。

30

【0063】

また、高分子材料は、比誘電率が 25 において 10 以上有ると、より好適である。これにより、高分子複合圧電体に電圧を印加した際に、マトリックス中の圧電体粒子にはより高い電界が掛かるため、大きな変形量が期待できる。

しかしながら、その反面、良好な耐湿性の確保等を考慮すると、高分子材料は、比誘電率が 25 において 10 以下であるのも、好適である。

【0064】

このような条件を満たす高分子材料としては、シアノエチル化ポリビニルアルコール（シアノエチル化PVA）、ポリ酢酸ビニル、ポリビニリデンクロライドコアクリロニトリル、ポリスチレン-ビニルポリイソブレンブロック共重合体、ポリビニルメチルケトン、および、ポリブチルメタクリレート等が例示される。また、これらの高分子材料としては、ハイブラー5127（クラレ社製）などの市販品も、好適に利用可能である。なかでも、高分子材料としては、シアノエチル基を有する材料を用いることが好ましく、シアノエチル化PVAを用いるのが特に好ましい。

40

なお、これらの高分子材料は、1種のみを用いてもよく、複数種を併用（混合）して用いてもよい。

【0065】

このような高分子材料を用いるマトリックス34は、必要に応じて、複数の高分子材料を併用してもよい。

50

すなわち、マトリックス 34 には、誘電特性や機械的特性の調節等を目的として、常温で粘弾性を有する高分子材料に加え、必要に応じて、その他の誘電性高分子材料を添加しても良い。

【0066】

添加可能な誘電性高分子材料としては、一例として、ポリフッ化ビニリデン、フッ化ビニリデン - テトラフルオロエチレン共重合体、フッ化ビニリデン - トリフルオロエチレン共重合体、ポリフッ化ビニリデン - トリフルオロエチレン共重合体およびポリフッ化ビニリデン - テトラフルオロエチレン共重合体等のフッ素系高分子、シアン化ビニリデン - 酢酸ビニル共重合体、シアノエチルセルロース、シアノエチルヒドロキシサッカロース、シアノエチルヒドロキシセルロース、シアノエチルヒドロキシプルラン、シアノエチルメタクリレート、シアノエチルアクリレート、シアノエチルヒドロキシエチルセルロース、シアノエチルアミロース、シアノエチルヒドロキシプロピルセルロース、シアノエチルジヒドロキシプロピルセルロース、シアノエチルヒドロキシプロピルアミロース、シアノエチルポリアクリルアミド、シアノエチルポリアクリレート、シアノエチルプルラン、シアノエチルポリヒドロキシメチレン、シアノエチルグリシドールプルラン、シアノエチルサッカロースおよびシアノエチルソルビトール等のシアノ基またはシアノエチル基を有するポリマー、ならびに、ニトリルゴムやクロロプレンゴム等の合成ゴム等が例示される。

10

中でも、シアノエチル基を有する高分子材料は、好適に利用される。

また、圧電層 20 のマトリックス 34 において、シアノエチル化 PVA 等の常温で粘弾性を有する高分子材料に加えて添加される誘電性高分子材料は、1 種に限定はされず、複数種を添加してもよい。

20

【0067】

また、マトリックス 34 には、誘電性高分子材料以外にも、ガラス転移点を調節する目的で、塩化ビニル樹脂、ポリエチレン、ポリスチレン、メタクリル樹脂、ポリブテン、および、イソブチレン等の熱可塑性樹脂、ならびに、フェノール樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂、アルキド樹脂、および、マイカ等の熱硬化性樹脂を添加しても良い。

さらに、粘着性を向上する目的で、ロジンエステル、ロジン、テルペン、テルペンフェノール、および、石油樹脂等の粘着付与剤を添加しても良い。

【0068】

圧電層 20 のマトリックス 34 において、シアノエチル化 PVA 等の粘弾性を有する高分子材料以外の材料を添加する際の添加量には、特に限定は無いが、マトリックス 34 に占める割合で 30 質量% 以下とするのが好ましい。

30

これにより、マトリックス 34 における粘弾性緩和機構を損なうことなく、添加する高分子材料の特性を発現できるため、高誘電率化、耐熱性の向上、圧電体粒子 36 および電極層との密着性向上等の点で好ましい結果を得ることができる。

【0069】

圧電層 20 は、このようなマトリックス 34 に、圧電体粒子 36 を含む、高分子複合圧電体である。

圧電体粒子 36 は、ペロブスカイト型またはウルツ鉱型の結晶構造を有するセラミックス粒子からなるものである。

40

圧電体粒子 36 を構成するセラミックス粒子としては、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT)、チタン酸ジルコン酸ランタン酸鉛 (PLZT)、チタン酸バリウム (BaTiO₃)、酸化亜鉛 (ZnO)、および、チタン酸バリウムとビスマスフェライト (BiFe₃) との固溶体 (BFBT) 等が例示される。

これらの圧電体粒子 36 は、1 種のみを用いてもよく、複数種を併用 (混合) して用いてもよい。

【0070】

このような圧電体粒子 36 の粒径には制限はなく、高分子複合圧電体 (圧電素子 10) のサイズおよび用途等に応じて、適宜、選択すれば良い。

圧電体粒子 36 の粒径は、1 ~ 10 μm が好ましい。圧電体粒子 36 の粒径をこの範囲

50

とすることにより、高分子複合圧電体（圧電素子 10）が高い圧電特性とフレキシビリティとを両立できる等の点で好ましい結果を得ることができる。

【0071】

なお、図 2 においては、圧電層 20 中の圧電体粒子 36 は、マトリックス 34 中に、均一かつ規則性を持って分散されているが、本発明は、これに制限はされない。

すなわち、圧電層 20 中の圧電体粒子 36 は、好ましくは均一に分散されていれば、マトリックス 34 中に不規則に分散されていてもよい。

【0072】

圧電層 20（高分子複合圧電体）において、圧電層 20 中におけるマトリックス 34 と圧電体粒子 36 との量比には、制限はなく、圧電層 20 の面方向の大きさおよび厚さ、高分子複合圧電体の用途、ならびに、高分子複合圧電体に要求される特性等に応じて、適宜、設定すればよい。

圧電層 20 中における圧電体粒子 36 の体積分率は、30～80%が好ましく、50%以上がより好ましく、従って、50～80%とするのが、さらに好ましい。

マトリックス 34 と圧電体粒子 36 との量比を上記範囲とすることにより、高い圧電特性と可撓性とを両立できる等の点で好ましい結果を得ることができる。

【0073】

圧電層 20 の厚さには制限はなく、高分子複合圧電体の用途、および、高分子複合圧電体に要求される特性等に応じて、適宜、設定すればよい。圧電層 20 が厚いほど、いわゆるシート状物のコシの強さなどの剛性等の点では有利であるが、同じ量だけ圧電層 20 を伸縮させるために必要な電圧（電位差）は大きくなる。

圧電層 20 の厚さは、10～300 μm が好ましく、20～200 μm がより好ましく、30～150 μm がさらに好ましい。

圧電層 20 の厚さを、上記範囲とすることにより、剛性の確保と適度な柔軟性との両立等の点で好ましい結果を得ることができる。

【0074】

〔電極層および保護層〕

図 2 に示すように、図示例の圧電素子 10 は、圧電層 20 の一面に、下部電極 24 を有し、その表面に下部保護層 28 を有し、圧電層 20 の他方の面に、上部電極 26 を有し、その表面に上部保護層 30 を有してなる構成を有する。ここで、上部電極 26 と下部電極 24 とが電極対を形成する。

【0075】

すなわち、圧電素子 10 は、圧電層 20 の両面を電極対、すなわち、上部電極 26 および下部電極 24 で挟持し、この積層体を、下部保護層 28 および上部保護層 30 で挟持してなる構成を有する。

このように、圧電素子 10 において、上部電極 26 および下部電極 24 で挟持された領域は、印加された電圧に応じて伸縮される。

【0076】

下部保護層 28 および上部保護層 30 は、上部電極 26 および下部電極 24 を被覆すると共に、圧電層 20 に適度な剛性と機械的強度を付与する役目を担っている。すなわち、圧電素子 10 において、マトリックス 34 と圧電体粒子 36 とからなる圧電層 20 は、ゆっくりとした曲げ変形に対しては、非常に優れた可撓性を示す一方で、用途によっては、剛性や機械的強度が不足する場合がある。圧電素子 10 は、それを補うために下部保護層 28 および上部保護層 30 が設けられる。

【0077】

下部保護層 28 および上部保護層 30 には、制限はなく、各種のシート状物が利用可能であり、一例として、各種の樹脂フィルムが好適に例示される。

中でも、優れた機械的特性および耐熱性を有するなどの理由により、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリプロピレン（PP）、ポリスチレン（PS）、ポリカーボネート（PC）、ポリフェニレンサルファイト（PPS）、ポリメチルメタクリレート（P

10

20

30

40

50

MMA)、ポリエーテルイミド(PEI)、ポリイミド(PI)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、トリアセチルセルロース(TAC)、および、環状オレフィン系樹脂等からなる樹脂フィルムが、好適に利用される。

【0078】

下部保護層28および上部保護層30の厚さにも、制限はない。また、下部保護層28および上部保護層30の厚さは、基本的に同じであるが、異なってもよい。

ここで、下部保護層28および上部保護層30の剛性が高過ぎると、圧電層20の伸縮を拘束するばかりか、可撓性も損なわれる。そのため、機械的強度やシート状物としての良好なハンドリング性が要求される場合を除けば、下部保護層28および上部保護層30は、薄いほど有利である。

10

【0079】

下部保護層28および上部保護層30の厚さは、 $3\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ が好ましく、 $4\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ がより好ましく、 $4\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ がさらに好ましい。

ここで、圧電素子10においては、下部保護層28および上部保護層30の厚さが、圧電層20の厚さの2倍以下であれば、剛性の確保と適度な柔軟性との両立等の点で好ましい結果を得ることができる。

例えば、圧電層20の厚さが $50\mu\text{m}$ で下部保護層28および上部保護層30がPETからなる場合、下部保護層28および上部保護層30の厚さは、 $100\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $50\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $25\mu\text{m}$ 以下がさらに好ましい。

【0080】

圧電素子10において、圧電層20と下部保護層28との間には下部電極24が、圧電層20と上部保護層30との間には上部電極26が、それぞれ形成される。

下部電極24および上部電極26は、圧電層20に駆動電圧を印加するために設けられる。

20

【0081】

本発明において、下部電極24および上部電極26の形成材料には制限はなく、各種の導電体が利用可能である。具体的には、炭素、パラジウム、鉄、錫、アルミニウム、ニッケル、白金、金、銀、銅、チタン、クロムおよびモリブデン等、これらの合金、これらの金属および合金の積層体および複合体、ならびに、酸化インジウムスズ等が例示される。中でも、銅、アルミニウム、金、銀、白金、および、酸化インジウムスズは、下部電極24および上部電極26として好適に例示される。

30

【0082】

また、下部電極24および上部電極26の形成方法にも制限はなく、真空蒸着およびスパッタリング等の気相堆積法(真空成膜法)、めっきによる成膜、ならびに、上記材料で形成された箔を貼着する方法等、公知の方法が、各種、利用可能である。

【0083】

中でも特に、圧電素子10の可撓性が確保できる等の理由で、真空蒸着によって成膜された銅およびアルミニウム等の薄膜は、下部電極24および上部電極26として、好適に利用される。その中でも特に、真空蒸着による銅の薄膜は、好適に利用される。

下部電極24および上部電極26の厚さには、制限はない。また、下部電極24および上部電極26の厚さは、基本的に同じであるが、異なってもよい。

40

【0084】

ここで、前述の下部保護層28および上部保護層30と同様に、下部電極24および上部電極26の剛性が高過ぎると、圧電層20の伸縮を拘束するばかりか、可撓性も損なわれる。そのため、下部電極24および上部電極26は、電気抵抗が高くなり過ぎない範囲であれば、薄いほど有利である。すなわち、下部電極24および上部電極26は、薄膜電極であるのが好ましい。

【0085】

下部電極24および上部電極26の厚さは、保護層よりも薄く、 $0.05\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ が好ましく、 $0.05\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ がより好ましく、 $0.1\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$ がさらに好まし

50

い。

【0086】

ここで、圧電素子10においては、下部電極24および上部電極26の厚さと、ヤング率との積が、下部保護層28および上部保護層30の厚さとヤング率との積を下回れば、可撓性を大きく損なうことがないため、好適である。

例えば、下部保護層28および上部保護層30がPET（ヤング率：約6.2GPa）で、下部電極24および上部電極26が銅（ヤング率：約130GPa）からなる組み合わせの場合、下部保護層28および上部保護層30の厚さが25μmだとすると、下部電極24および上部電極26の厚さは、1.2μm以下が好ましく、0.3μm以下がより好ましく、中でも0.1μm以下とするのが好ましい。

10

【0087】

圧電素子10は、動的粘弾性測定による周波数1Hzでの損失正接（Tan δ ）の極大値が常温に存在するのが好ましく、0.1以上となる極大値が常温に存在するのがより好ましい。

これにより、圧電素子10が外部から数Hz以下の比較的ゆっくりとした、大きな曲げ変形を受けたとしても、歪みエネルギーを効果的に熱として外部へ拡散できるため、マトリックスと圧電体粒子との界面で亀裂が発生するのを防ぐことができる。

【0088】

圧電素子10は、動的粘弾性測定による周波数1Hzでの貯蔵弾性率（E'）が、0で10GPa~30GPa、50で1GPa~10GPaであるのが好ましい。なお、この条件に関しては、圧電層20も同様である。

20

これにより、圧電素子10が貯蔵弾性率（E'）に大きな周波数分散を有することができる。すなわち、20Hz~20kHzの振動に対しては硬く、数Hz以下の振動に対しては柔らかく振る舞うことができる。

【0089】

また、圧電素子10は、厚さと動的粘弾性測定による周波数1Hzでの貯蔵弾性率との積が、0において $1.0 \times 10^5 \sim 2.0 \times 10^6$ （ $1.0E+05 \sim 2.0E+06$ ）N/m、50において $1.0 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^6$ （ $1.0E+05 \sim 1.0E+06$ ）N/m、であるのが好ましい。なお、この条件に関しては、圧電層20も同様である。

これにより、圧電素子10が可撓性および音響特性を損なわない範囲で、適度な剛性と機械的強度を備えることができる。

30

【0090】

さらに、圧電素子10は、動的粘弾性測定から得られたマスターカーブにおいて、25、周波数1kHzにおける損失正接が、0.05以上であるのが好ましい。なお、この条件に関しては、圧電層20も同様である。

これにより、圧電素子10を用いたスピーカの周波数特性が平滑になり、スピーカの曲率の変化に伴い最低共振周波数 f_0 が変化した際の音質の変化を小さくできる。

【0091】

なお、本発明において、圧電素子10および圧電層20等の貯蔵弾性率（ヤング率）および損失正接は、公知の方法で測定すればよい。一例として、エスアイアイ・ナノテクノロジー社製（SIIナノテクノロジー社製）の動的粘弾性測定装置DMS6100を用いて測定すればよい。

40

測定条件としては、一例として、測定周波数は0.1Hz~20Hz（0.1Hz、0.2Hz、0.5Hz、1Hz、2Hz、5Hz、10Hzおよび20Hz）が、測定温度は-50~150が、昇温速度は2/分（窒素雰囲気中）が、サンプルサイズは40mm×10mm（クランプ領域込み）が、チャック間距離は20mmが、それぞれ、例示される。

【0092】

以下、図8~図15を参照して、圧電素子10の製造方法の一例を説明する。

【0093】

50

まず、図 8 に示すように、下部保護層 28 の上に下部電極 24 が形成されたシート状物 10 a を準備する。このシート状物 10 a は、下部保護層 28 の表面に、真空蒸着、スパッタリング、および、めっき等によって、下部電極 24 として銅薄膜等を形成して作製すればよい。

下部保護層 28 が非常に薄く、ハンドリング性が悪い時などは、必要に応じて、セパレータ（仮支持体）付きの下部保護層 28 を用いても良い。なお、セパレータとしては、厚さ 25 μm ~ 100 μm の PET 等を用いることができる。セパレータは、上部電極 26 および上部保護層 30 を熱圧着した後、下部保護層 28 に何らかの部材を積層する前に、取り除けばよい。

【0094】

一方で、有機溶媒に、マトリックスの材料となる高分子材料を溶解し、さらに、PZT 粒子等の圧電体粒子 36 を添加し、攪拌して分散してなる組成物を調製する。

上記物質以外の有機溶媒としては制限はなく各種の有機溶媒が利用可能である。

【0095】

シート状物 10 a を準備し、かつ、組成物を調製したら、この組成物をシート状物 10 a にキャスト（塗布）して、有機溶媒を蒸発して乾燥する。これにより、図 9 に示すように、下部保護層 28 の上に下部電極 24 を有し、下部電極 24 の上に圧電層 20 を形成してなる積層体 10 b を作製する。なお、下部電極 24 とは、圧電層 20 を塗布する際の基材側の電極を差し、積層体における上下の位置関係を示すものではない。

【0096】

この組成物のキャスト方法には制限はなく、スライドコートおよびドクターナイフ等の公知の方法（塗布装置）が、全て、利用可能である。

【0097】

ここで、図 10 に示すように、圧電層 20 となる組成物の塗布の際に、シート状物 10 a の少なくとも 1 つの端辺側に組成物を塗布しない領域を設ける。この領域は暴露部（下部引き出し部）となる領域である。また、この領域に隣接する圧電層 20 の端部には、暴露部に向かって厚さが漸減する漸減部を形成する。

【0098】

組成物を積層体 10 b の下部電極 24 側の一部の領域のみに塗布する方法としては特に限定はなく、例えば、スライドコートで組成物のキャストを行う場合には、組成物を吐出するスリット開口の幅を下部電極 24 の幅よりも小さく調整すればよい。あるいは、組成物未塗布部となる端部の領域をマスキングして塗布を行ってもよい。

【0099】

また、漸減部は、塗布する組成物の粘度等を調整することにより形成することができる。

【0100】

上述したように、圧電素子 10 において、マトリックス 34 には、シアノエチル化 PVA 等の粘弾性材料以外にも、誘電性の高分子材料を添加しても良い。

マトリックス 34 に、これらの高分子材料を添加する際には、上述した組成物に添加する高分子材料を溶解すればよい。

【0101】

下部保護層 28 の上に下部電極 24 を有し、下部電極 24 の上に圧電層 20 を形成してなる積層体 10 b を作製したら、好ましくは、圧電層 20 の分極処理（ポーリング）を行う。

【0102】

圧電層 20 の分極処理の方法には、制限はなく、公知の方法が利用可能である。

なお、この分極処理の前に、圧電層 20 の表面を加熱ローラ等を用いて平滑化する、カレンダー処理を施してもよい。このカレンダー処理を施すことで、後述する熱圧着工程がスムーズに行える。

【0103】

このようにして積層体 10 b の圧電層 20 の分極処理を行う一方で、上部保護層 30 の

10

20

30

40

50

上に上部電極 26 が形成されたシート状物 10c を、準備する。このシート状物 10c は、上部保護層 30 の表面に、真空蒸着、スパッタリング、めっき等によって上部電極 26 として銅薄膜等を形成して、作製すればよい。

【0104】

次いで、図 11 に示すように、上部電極 26 を圧電層 20 に向けて、シート状物 10c を、圧電層 20 の分極処理を終了した積層体 10b に積層する。

さらに、この積層体 10b とシート状物 10c との積層体を、上部保護層 30 と下部保護層 28 とを挟持するようにして、加熱プレス装置や加熱ローラ対等で熱圧着する。

なお、シート状物 10c は、積層体 10b に積層した際に、一部が圧電層 20 と接着されない暴露部となるような大きさおよび形状を有していればよい。

10

【0105】

また、好ましい態様として、絶縁部材 44 および 46 を設ける場合には、シート状物 10c を積層体 10b に積層する前に、図 12 および図 13 に示すように、積層体 10b の組成物を塗布しなかった領域、すなわち、暴露部の一部、および、圧電層 20 の漸減部を覆うように、絶縁部材 44 を設ける。前述のとおり、絶縁部材 44 がシート状物（絶縁シート）である場合には、絶縁シートを暴露部の一部、および、圧電層 20 の漸減部に貼着すればよく、液体状の絶縁材料を用いる場合には、絶縁材料を塗布、硬化して絶縁部材 44 を形成すればよい。

【0106】

また、シート状物 10c を積層体 10b に積層する前に、図 14 および図 15 に示すように、シート状物 10c の、暴露部、および、圧電層 20 の漸減部に対応する位置に、絶縁部材 46 を設ける。

20

【0107】

このように、シート状物 10c および積層体 10b それぞれに絶縁部材を設けた後に、シート状物 10c を積層体 10b に積層することで、簡易に絶縁部材を有する構成とすることができる。

【0108】

以上の工程によって、圧電層 20 の両面に電極層および保護層が積層された圧電素子が作製される。作製された圧電素子は、各種用途に合わせて、所望の形状に裁断されてもよい。

30

【0109】

ここで、暴露部の少なくとも一部を残した形状に切断することで、所望の形状の引き出し部を形成することができる。

【0110】

このような圧電素子は、カットシート状のシート状物を用いて製造を行っても良いし、ロール・トゥ・ロール (R to R) によって作製されてもよい。

【0111】

ここで、前述のとおり、R to R で形成する場合に、積層体 10b の圧電層のエッジ部が盛り上がった状態になっている場合（図 16 参照）、積層体 10b を巻き取った際に、エッジ部の盛り上がり積み重なり、他の領域との厚み差が大きくなって巻き故障が発生するおそれがある。

40

【0112】

また、圧電層のエッジ部が盛り上がっていると、積層体 10b にシート状物 10c を積層した際に、電極層（上部電極）が変形してしまうおそれがある。

【0113】

これに対して、本発明においては、R to R での圧電素子の製造時に、圧電層 20 となる組成物を下部電極 24 上に塗布する際に、漸減部が形成されるように塗布することで、塗布後の積層体 10b を巻き取った際に、エッジ部に盛り上がりがないため、巻き故障が発生することを抑制できる。また、圧電層 20 のエッジ部に盛り上がりがないため、シート状物 10c を積層した際に、上部電極 26 が変形することを抑制できる。

50

【0114】

ここで、RtoRでシート状物10aに組成物を塗布する場合には、長尺なシート状物10aを長手方向に搬送しながら、長手方向に連続的に組成物を塗布する方法が考えられる。この場合、長尺なシート状物10aの長手方向に長尺な圧電層が形成される。そのため、暴露部および漸減部は、長尺なシート状物10aの幅方向（長手方向と直交する方向）の少なくとも一方の端部に形成するのが好ましい。

また、RtoRでシート状物10aに組成物を塗布する場合には、長尺なシート状物10aを長手方向に搬送しながら、長手方向に間欠的に組成物を塗布してシート状物10a上に複数の圧電層を形成してもよい。例えば、各圧電層の平面形状が略四角形状の場合、各圧電層には4つの端辺側それぞれに漸減部が形成され得る。

10

【0115】

このような圧電素子10は、下部電極24および上部電極26に電圧を印加すると、印加した電圧に応じて圧電体粒子36が分極方向に伸縮する。その結果、圧電素子10（圧電層20）が厚さ方向に収縮する。同時に、ポアゾン比の関係で、圧電素子10は、面内方向にも伸縮する。この伸縮は、0.01~0.1%程度である。なお、面内方向では全方向に等方的に伸縮する。

上述したように、圧電層20の厚さは、好ましくは10~300μm程度である。従って、厚さ方向の伸縮は、最大でも0.3μm程度と非常に小さい。

これに対して、圧電素子10すなわち圧電層20は、面方向には、厚さよりもはるかに大きなサイズを有する。従って、例えば、圧電素子10の長さが20cmであれば、電圧の印加によって、最大で0.2mm程度、圧電素子10は伸縮する。

20

また、圧電素子10に圧力を加えると、圧電体粒子36の作用によって、電力を発生する。

これを利用することで、圧電素子10は、上述のように、スピーカー、マイクロフォン、および、感圧センサ等の各種の用途に利用可能である。

【0116】

ここで、PVDf等の高分子材料からなる一般的な圧電素子は、圧電特性に面内異方性を有し、電圧を印加された場合の面方向の伸縮量に異方性がある。

これに対して、高分子材料を含むマトリックス中に圧電体粒子を含む高分子複合圧電体からなる圧電層は、圧電特性に面内異方性がなく、面内方向では全方向に等方的に伸縮する。

30

このような等方的に二次元的に伸縮する圧電素子10によれば、一方向にしか大きく伸縮しないPVDf等の一般的な圧電素子を積層した場合に比べ、大きな力で振動することができ、より大きく、かつ、美しい音を発生できる。

【0117】

図1に示す例においては、圧電素子10を1枚有する構成としたがこれに限定はされず本発明の圧電素子10を複数枚、積層した構成としてもよい。また、本発明の圧電素子10を長尺な形状として、長手方向に、1回以上、好ましくは複数回、折り返すことにより、圧電素子10を複数層、積層した構成としてもよい。

【0118】

以上、本発明の圧電素子について詳細に説明したが、本発明は上述の例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変更を行ってもよいのは、もちろんである。

40

【産業上の利用可能性】

【0119】

スピーカーおよびマイクロフォン等の音響機器、ならびに、感圧センサなど、各種の用途に好適に利用可能である。

【符号の説明】

【0120】

10 圧電素子

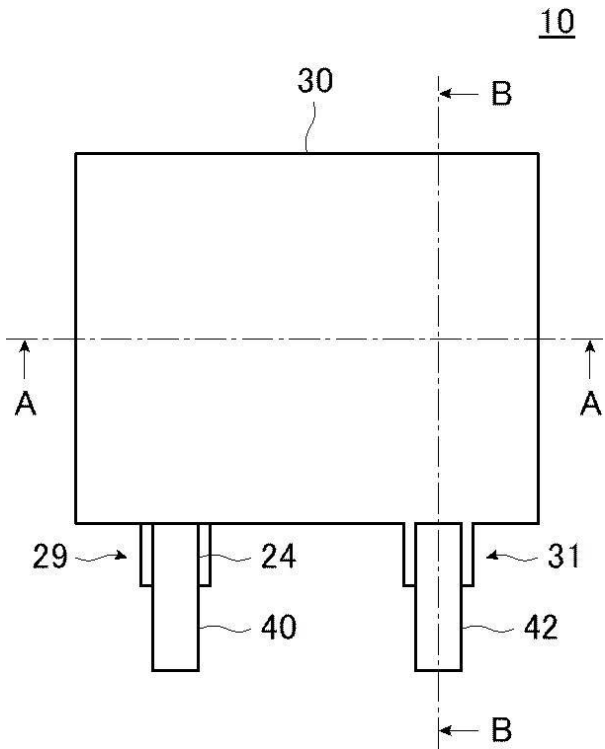
50

- 10 a、10 c シート状物
- 10 b 積層体
- 20 圧電層
- 24 下部電極
- 26 上部電極
- 28 下部保護層
- 29 下部引き出し部
- 30 上部保護層
- 31 上部引き出し部
- 34 マトリックス
- 36 圧電体粒子
- 40、42 導電性シート
- 44、46、48、50 絶縁部材
- W 漸減部の幅

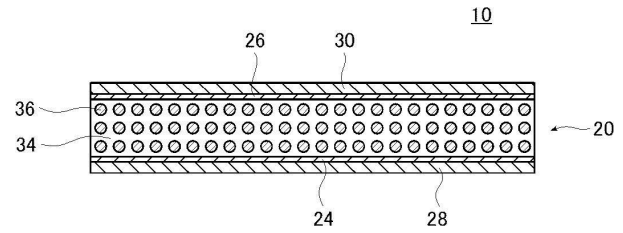
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



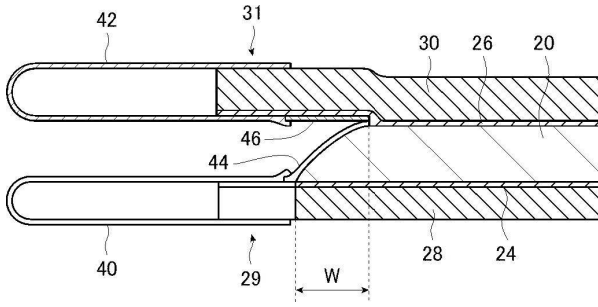
20

30

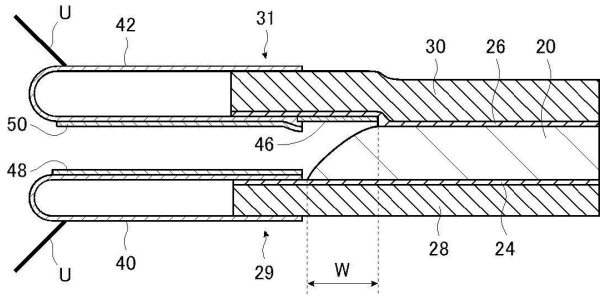
40

50

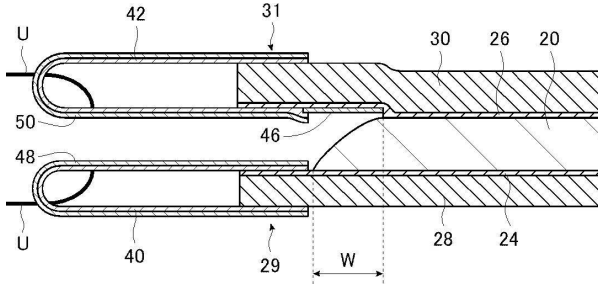
【図 3】



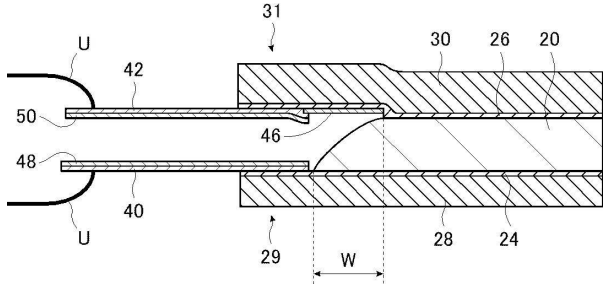
【図 4】



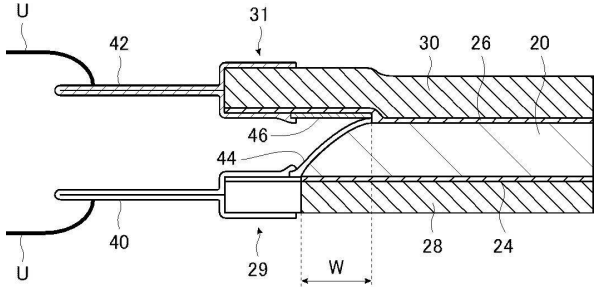
【図 5】



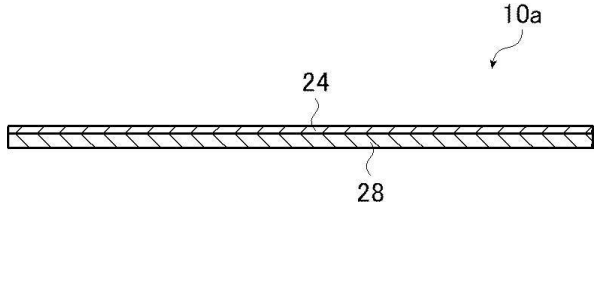
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

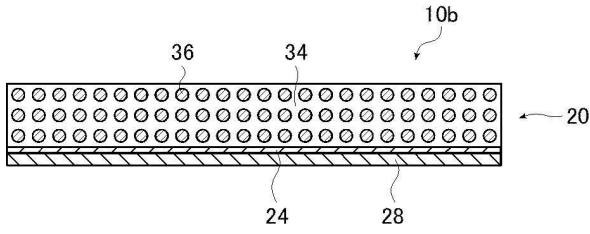
20

30

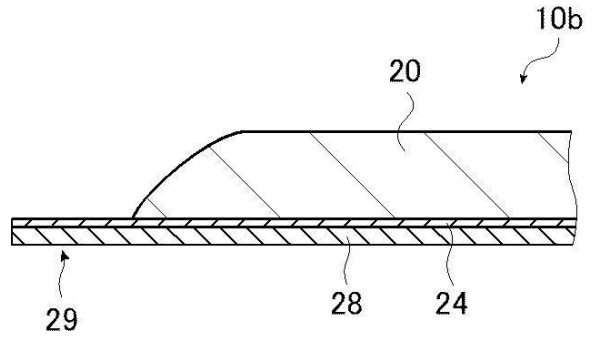
40

50

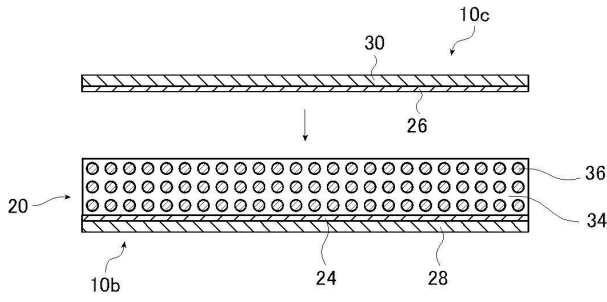
【 図 9 】



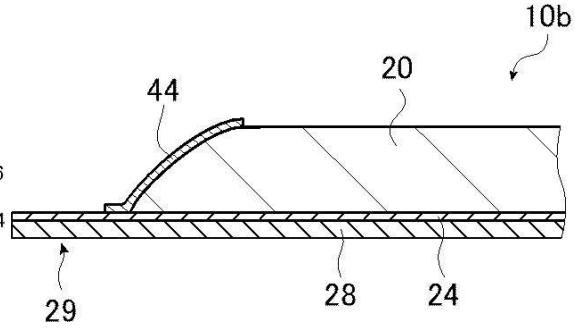
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



10

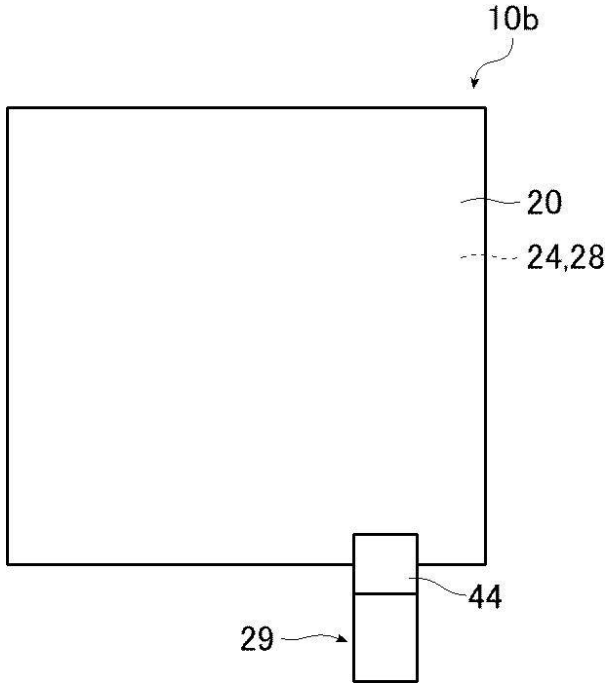
20

30

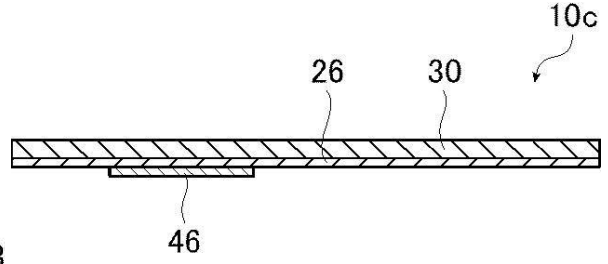
40

50

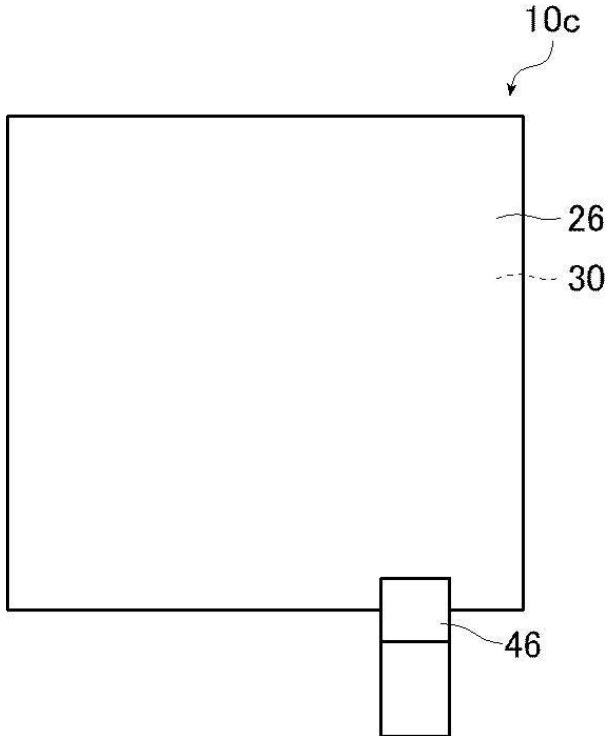
【図 13】



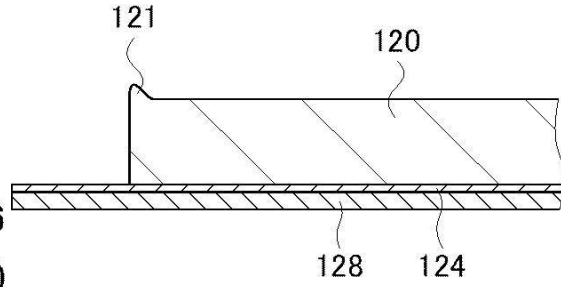
【図 14】



【図 15】



【図 16】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

H 0 4 R 17/00 (2006.01)

F I

H 0 4 R 17/00

(56)参考文献

特開 2 0 1 3 - 1 9 1 6 5 2 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 2 8 9 1 4 3 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 6 / 1 8 1 9 6 5 (W O , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 1 8 3 4 0 3 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 0 6 9 1 7 2 (U S , A 1)

特開 2 0 1 4 - 2 0 9 7 2 4 (J P , A)

特開 2 0 1 7 - 1 1 2 5 8 5 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

H 1 0 N 3 0 / 8 7

H 1 0 N 3 0 / 8 5 3

H 1 0 N 3 0 / 0 6 3

H 1 0 N 3 0 / 8 5

H 1 0 N 3 0 / 0 4 5

H 0 4 R 1 7 / 0 0