

(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2014-236565

(P2014-236565A)

(43) 公開日 平成26年12月15日(2014.12.15)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
<b>HO2N 2/00</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2N 2/00	5D021
<b>HO4R 19/04</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4R 19/04	
<b>HO4R 19/02</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4R 19/02	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2013-115915 (P2013-115915)  
 (22) 出願日 平成25年5月31日 (2013.5.31)

(71) 出願人 000219602  
 住友理工株式会社  
 愛知県小牧市東三丁目1番地  
 (74) 代理人 100115657  
 弁理士 進藤 素子  
 (74) 代理人 100115646  
 弁理士 東口 倫昭  
 (72) 発明者 飯尾 真治  
 愛知県小牧市東三丁目1番地 東海ゴム工業株式会社内  
 (72) 発明者 高松 成亮  
 愛知県小牧市東三丁目1番地 東海ゴム工業株式会社内  
 Fターム(参考) 5D021 CC19

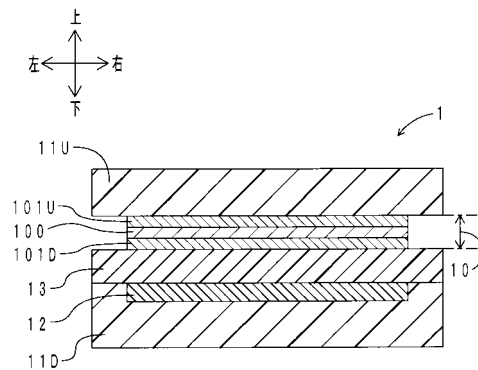
(54) 【発明の名称】 トランスデューサ

(57) 【要約】

【課題】 耐湿性に優れ、誘電層の耐絶縁破壊性が低下しにくいトランスデューサを提供する。

【解決手段】 トランスデューサ1は、エラストマーを含む誘電層100と、誘電層100を挟んで配置される電極層101U、101Dと、を有する電歪素子10と、電歪素子10の外側に配置されブチルゴムを含む低透湿層11U、11Dと、低透湿層11Dと電歪素子10との間、および、電歪素子10を挟んで低透湿層11Uと反対側、の少なくとも一方に配置される吸湿剤12と、を備える。空気中の水分は低透湿層により遮断され、低透湿層を透過した水分は吸湿剤に吸収される。これにより、電歪素子10の誘電層100の電気抵抗の低下が抑制され、トランスデューサ1の耐湿性が向上する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

エラストマーを含む誘電層と、該誘電層を挟んで配置される電極層と、を有する電歪素子と、

該電歪素子の外側に配置されブチルゴムを含む低透湿層と、

該低透湿層と該電歪素子との間、および、該電歪素子を挟んで該低透湿層と反対側、の少なくとも一方に配置される吸湿剤と、

を備えることを特徴とするトランスデューサ。

**【請求項 2】**

前記吸湿剤は、酸化カルシウム粉末、塩化カルシウム粉末、硫酸カルシウム粉末、酸化バリウム粉末から選ばれる一種以上である請求項 1 に記載のトランスデューサ。 10

**【請求項 3】**

さらに、前記電歪素子と前記吸湿剤との間に介装されエラストマー製の保護層を備える請求項 1 または請求項 2 に記載のトランスデューサ。

**【請求項 4】**

前記電歪素子の前記電極層は、エラストマーおよび導電材を含む請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載のトランスデューサ。

**【請求項 5】**

前記低透湿層は、さらに薄片状フィラーを含む請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載のトランスデューサ。 20

**【請求項 6】**

前記薄片状フィラーは、タルク、クレー、モンモリロナイト、合成スメクタイトから選ばれる一種以上である請求項 5 に記載のトランスデューサ。

**【請求項 7】**

前記電歪素子として、一对の表側電歪素子と裏側電歪素子とを備え、

前記吸湿剤は、該表側電歪素子と該裏側電歪素子との間に配置される請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載のトランスデューサ。

**【請求項 8】**

さらに、前記表側電歪素子と前記裏側電歪素子との間に介装される介装部材を備え、

前記吸湿剤は、該介装部材に担持される請求項 7 に記載のトランスデューサ。 30

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、エラストマー材料を用いた柔軟なトランスデューサに関し、特に耐湿性に優れたトランスデューサに関する。

**【背景技術】****【0002】**

トランスデューサとしては、機械エネルギーと電気エネルギーとの変換を行うアクチュエータ、センサ等、あるいは音響エネルギーと電気エネルギーとの変換を行うスピーカ、マイクロフォン等が知られている。柔軟性が高く、小型で軽量のトランスデューサを構成するためには、誘電体エラストマー等の高分子材料が有用である。 40

**【0003】**

柔軟なトランスデューサは、誘電体エラストマーからなるシート状の誘電層の厚さ方向両面に、伸縮しても電気抵抗が増加しにくい一对の電極層を配置して、構成される。この種のトランスデューサにおいては、電極層への印加電圧を大きくすると、電極層間の静電引力が大きくなる。このため、電極層間に挟まれた誘電層は厚さ方向から圧縮され、誘電層の厚さは薄くなる。膜厚が薄くなると、その分、誘電層は面方向に伸張する。一方、電極層への印加電圧を小さくすると、電極層間の静電引力が小さくなる。このため、誘電層に対する厚さ方向からの圧縮力が小さくなり、誘電層の弾性復元力により膜厚は厚くなる。膜厚が厚くなると、その分、誘電層は面方向に収縮する。例えば、一对の電極層を介し 50

て、再生対象となる音声に基づく信号波（電圧）を印加することにより、当該トランスデューサをスピーカとして用いることができる。

【0004】

誘電層の材料としては、印加電圧に対して大きな静電引力を生じさせることができるという観点から、比誘電率が大きいニトリルゴム等が用いられる（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-124839号公報

10

【特許文献2】特開2012-43844号公報

【特許文献3】特開平7-153570号公報

【特許文献4】特開2007-137918号公報

【特許文献5】特許第4225062号公報

【特許文献6】特開2007-109524号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ニトリルゴムには、アクリロニトリル-ブタジエン共重合ゴム（NBR）、水素化ニトリルゴム（H-NBR）等がある。ニトリルゴムは、ニトリル基を有する。このため、極性が高く、水との馴染みが良い。また、ニトリルゴムには、ゴムの合成時に添加された触媒や乳化剤等の残留物が含まれる。このため、ニトリルゴムに水分が侵入すると、残留物がイオン化して、ゴム中を移動するようになる。ゴム中のイオンの動きが活発になると、電気抵抗が低下して、絶縁破壊強度が小さくなる。したがって、ニトリルゴムを誘電層として用いた場合には、使用時において、あるいは高湿環境下で保管、放置することにより、耐絶縁破壊性が低下しやすいという問題がある。

20

【0007】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、耐湿性に優れ、誘電層の耐絶縁破壊性が低下しにくいトランスデューサを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0008】

上記課題を解決するため、本発明者は、誘電層および電極層を有する電歪素子の外側にバリア層を配置して、水分の侵入を抑制することを試みた。バリア層としては、ブチルゴムを含む低透湿層と、ブチルゴムおよび吸水性ポリマーを含む吸水層と、の積層体を用いた。しかしながら、低透湿層や吸水層を構成するブチルゴムは有機物であるため、水分を完全に遮断することはできない。また、吸水層においては、吸水性ポリマーの周りに架橋ゴムとしてのブチルゴムが存在する。このため、吸水性ポリマーの吸水能力を、十分に発揮させることは難しい。したがって、バリア層を配置しても、少しずつ水分が侵入してしまい、誘電層の電気抵抗が低下してしまう。特に高温高湿環境下では、耐絶縁破壊性の低下が顕著になる。

40

【0009】

これに対して、本発明のトランスデューサは、エラストマーを含む誘電層と、該誘電層を挟んで配置される電極層と、を有する電歪素子と、該電歪素子の外側に配置されブチルゴムを含む低透湿層と、該低透湿層と該電歪素子との間、および、該電歪素子を挟んで該低透湿層と反対側、の少なくとも一方に配置される吸湿剤と、を備えることを特徴とする。

【0010】

本発明のトランスデューサにおいては、構成部材の積層方向（厚さ方向）において、外側に低透湿層が配置され、内側に吸湿剤が配置される。低透湿層は、ブチルゴムを含む。ブチルゴムは、ガスおよび水分の両方を透過しにくい。このため、空気中の水分は、まず

50

、低透湿層で遮断される。一方、吸湿剤は、自ら積極的に水分を吸収する。したがって、低透湿層において遮断しきれず、低透湿層を透過した水分は、低透湿層の内側に配置される吸湿剤により吸収される。なお、低透湿層と比較して、電歪素子は水分を透過しやすい。このため、吸湿剤が電歪素子の内側（電歪素子を挟んで低透湿層と反対側）に配置される場合においても、低透湿層を透過した水分は、電歪素子に留まることなく速やかに電歪素子を透過して、吸湿剤に吸収される。

【0011】

このように、低透湿層で水分の侵入を抑制し、吸湿剤で水分を吸収することにより、本発明のトランスデューサにおいては、外部の水分が電歪素子に到達しにくい。また、電歪素子に到達しても、水分が誘電層に留まりにくい。よって、誘電層として極性の大きなエラストマーを用いた場合でも、誘電層の電気抵抗が低下しにくく、耐絶縁破壊性の低下が抑制される。したがって、本発明のトランスデューサは、耐久性に優れる。

10

【0012】

また、低透湿層を構成するブチルゴムのヤング率は、比較的小さい。このため、印加電圧の大小により電歪素子が伸縮しても、低透湿層は、電歪素子の動きに追従して伸縮することができる。よって、電歪素子の動きが阻害されにくい。

【0013】

なお、上記特許文献2においては、シリコン系有機絶縁材料からなる防湿膜を備えた電歪アクチュエータが開示されている。また、上記特許文献3～6には、酸化カルシウム等を吸湿剤として用いることが開示されている。しかしながら、特許文献3～6に記載の発明においては、本発明のトランスデューサのように、電歪素子の動きに対する追従性や、柔軟性は必要ない。このため、吸湿層等の構成部材を、比較的硬い樹脂材料から形成している。

20

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明のトランスデューサの第一実施形態となるアクチュエータの厚さ方向断面図である。

【図2】本発明のトランスデューサの第二実施形態となるアクチュエータの厚さ方向断面図である。

【図3】本発明のトランスデューサの第三実施形態となるアクチュエータの軸方向断面図である。

30

【図4】本発明のトランスデューサの第四実施形態となるスピーカの斜視図である。

【図5】図4のV-V方向断面図である。

【図6】同スピーカの分解斜視図である。

【図7】同スピーカの前方のフィルムアセンブリの分解斜視図である。

【図8】同スピーカの後方のフィルムアセンブリの分解斜視図である。

【図9】耐湿性試験用のトランスデューサの厚さ方向断面図である。

【図10】各トランスデューサにおける誘電層の体積抵抗率の経時変化を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

40

【0015】

以下、本発明のトランスデューサの実施の形態について説明する。なお、本発明のトランスデューサは、以下の形態に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において、当業者が行い得る変更、改良等を施した種々の形態にて実施することができる。

【0016】

<トランスデューサの構成>

本発明のトランスデューサは、電歪素子と、低透湿層と、吸湿剤と、を備える。

【0017】

[電歪素子]

50

電歪素子は、誘電層と電極層とを有する。誘電層はエラストマーを含む。エラストマーは、架橋ゴムでも熱可塑性エラストマーでもよい。エラストマーとしては、例えば、NBR、H-NBR、エチレン-プロピレン-ジエン共重合ゴム(EPDM)、イソブレンゴム、天然ゴム、フッ素ゴム、シリコンゴム、ウレタンゴム、アクリルゴム、ブチルゴム、スチレンブタジエンゴム、エチレン-酢酸ビニル共重合体、エチレン-酢酸ビニル-アクリル酸エステル共重合体等が挙げられる。また、エポキシ化天然ゴム、カルボキシル基変性水素化ニトリルゴム(XH-NBR)等のように、官能基を導入するなどして変性したエラストマーでもよい。エラストマーとしては、一種を単独で、あるいは二種以上を混合して用いることができる。

**【0018】**

誘電層は、エラストマーのみから構成されていてもよく、エラストマーに加えて他の成分を含んで構成されていてもよい。他の成分としては、例えば、絶縁性の高い無機フィラーが好適である。絶縁材料を配合することにより、誘電層の体積抵抗率を大きくすることができる。無機フィラーとしては、例えば、シリカ、酸化チタン、チタン酸バリウム、炭酸カルシウム、クレー、焼成クレー、タルク等が挙げられる。

**【0019】**

電極層は、誘電層を挟むように配置される。電極層は、誘電層の伸縮に追従できるように、柔軟であることが望ましい。柔軟な電極層は、例えば、バインダーおよび導電材から形成すればよい。バインダーとしては、樹脂やエラストマーを用いることができる。伸縮しても電気抵抗が増加しにくい電極層を形成するという観点から、バインダーとしては、エラストマーが好適である。エラストマーとしては、ブチルゴム、シリコンゴム、NBR、EPDM、天然ゴム、スチレンブタジエンゴム、アクリルゴム、ウレタンゴム、エピクロロヒドリンゴム、クロロスルホン化ポリエチレン、塩素化ポリエチレン等の架橋ゴム、およびスチレン系、オレフィン系、塩ビ系、ポリエステル系、ポリウレタン系、ポリアミド系等の熱可塑性エラストマーが挙げられる。また、エポキシ基変性アクリルゴム、XH-NBR等のように、官能基を導入するなどして変性したエラストマーでもよい。なかでも、柔軟で、導電材の配合により低抵抗化できるアクリルゴムやブチルゴムが好適である。

**【0020】**

導電材の種類は、特に限定されない。カーボンブラック、カーボンナノチューブ、グラファイト等の導電性炭素粉末、銀、金、銅、ニッケル、ロジウム、パラジウム、クロム、チタン、白金、鉄、およびこれらの合金等の金属粉末等から、適宜選択すればよい。また、銀被覆銅粉末など、金属で被覆された粒子からなる粉末を用いてもよい。これらの一種を単独で、あるいは二種以上を混合して用いればよい。

**【0021】**

電極層は、バインダーおよび導電材に加えて、必要に応じて分散剤、補強剤、可塑剤、老化防止剤、着色剤等の添加剤を含んでいてもよい。例えば、バインダーとしてエラストマーを用いる場合、当該エラストマー分のポリマーを溶剤に溶解したポリマー溶液に、導電材、必要に応じて添加剤を添加して、攪拌、混合することにより、導電塗料を調製する。そして、調製した導電塗料を、誘電層(後述する他の層を介在させる場合には当該他の層)の一面に直接塗布することにより、電極層を形成すればよい。あるいは、離型性フィルムに導電塗料を塗布して電極層を形成し、形成した電極層を、誘電層等の一面に転写してもよい。導電塗料の塗布方法としては、既に公知の種々の方法を採用することができる。例えば、インクジェット印刷、フレキソ印刷、グラビア印刷、スクリーン印刷、パッド印刷、リソグラフィ等の印刷法その他、ディップ法、スプレー法、バーコート法等が挙げられる。

**【0022】**

電歪素子は、誘電層および電極層の他、さらに、イオン成分を含んだイオン含有層等を有してもよい。イオン含有層は、誘電層と電極層との間に配置すればよい。また、電歪素子を構成する誘電層は、一層でなくてもよい。複数の誘電層を電極層を介して積層させて

10

20

30

40

50

、電歪素子を構成してもよい。

【0023】

[低透湿層]

低透湿層は、電歪素子の外側、すなわち、電歪素子の表面および裏面のうち少なくとも一面を被覆するように配置される。低透湿層は、ブチルゴムを含む。ブチルゴムとしては、レギュラーブチルゴム、塩素化ブチルゴム、臭素化ブチルゴム等が挙げられる。これらの一種を単独で、あるいは二種以上を混合して用いればよい。

【0024】

低透湿層の厚さは、誘電層の伸縮に対する追従性が確保でき、かつ、水分の遮断効果が得られれば、特に限定されない。例えば、低透湿層の厚さを、 $5\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下にすることが望ましい。また、誘電層（電歪素子）の伸縮に対する追従性を確保するという観点から、低透湿層は、応力歪み線図において降伏点を持たないことが望ましい。降伏点があると、降伏点以上の領域では弾性変形できない。したがって、伸縮を繰り返す本発明のトランスデューサには適さない。また、誘電層の伸縮に対する追従性を確保するためには、低透湿層のヤング率は、 $10\text{MPa}$ 以下であることが望ましい。

10

【0025】

低透湿層の耐透湿性を高くするという観点から、低透湿層は、ブチルゴム以外に、水分の透過を抑制することができる低透湿材として、薄片状フィラーを含むことが望ましい。薄片状フィラーとしては、例えば、タルク、クレー、モンモリロナイト、合成スメクタイト等が挙げられる。これらの一種を単独で、あるいは二種以上を混合して用いればよい。薄片状フィラーの含有量が増加すると、低透湿層の柔軟性は低下する。上述したように、誘電層（電歪素子）の伸縮に対する追従性を確保するという観点から、低透湿層は、応力歪み線図において降伏点を持たないことが望ましい。また、低透湿層のヤング率は、 $10\text{MPa}$ 以下であることが望ましい。このような低透湿層を実現するためには、薄片状フィラーの含有量を、ブチルゴム100質量部に対して200質量部以下にすることが望ましい。100質量部以下にするとより好適である。一方、水分の透過を抑制する効果を発揮させるためには、薄片状フィラーの含有量を、ブチルゴム100質量部に対して5質量部以上にすることが望ましい。25質量部以上にするとより好適である。

20

【0026】

[吸湿剤]

吸湿剤は、低透湿層と電歪素子との間、および、電歪素子を挟んで低透湿層と反対側、の少なくとも一方に配置される。換言すれば、吸湿剤の配置形態は、「低透湿層/吸湿剤/電歪素子」、および「低透湿層/電歪素子/吸湿剤」の少なくとも一方である。すなわち、構成部材の積層方向（厚さ方向）において、吸湿剤は低透湿層よりも内側に配置される。また、本発明のトランスデューサは、電歪素子を二つ備えていてもよい。例えば、表側電歪素子と裏側電歪素子とを備える場合には、吸湿剤は、表側電歪素子と裏側電歪素子との間に配置されることが望ましい。この場合の吸湿剤の配置形態は、「低透湿層/表側電歪素子/吸湿剤/裏側電歪素子/低透湿層」になる。なお、これらの配置形態は、後述する保護層が、電歪素子と吸湿剤との間に介在する形態を排除するものではない。

30

【0027】

吸湿剤としては、軽量で吸湿性能を有する無機材料の粉末が好適である。例えば、酸化カルシウム粉末、塩化カルシウム粉末、硫酸カルシウム粉末、酸化バリウム粉末、硫酸マグネシウム粉末、酸化アルミニウム粉末、二酸化ケイ素粉末等が挙げられる。なかでも、酸化カルシウム粉末、塩化カルシウム粉末、硫酸カルシウム粉末、酸化バリウム粉末から選ばれる一種以上を用いるとよい。吸湿剤の充填量は、低透湿層の水分透過性や製品寿命等を考慮して、適宜決定すればよい。

40

【0028】

吸湿剤は、電歪素子の面方向全体に対応する領域に、均一に配置されることが望ましい。吸湿剤は、単独で配置しても、基材に担持させて配置してもよい。基材としては、電歪素子の伸縮を阻害しないように、エラストマーや発泡体等の軽量な材料を選択することが

50

望ましい。例えば、基材の表面に吸湿剤を接着したり、基材の表面に複数の凹部を形成して、当該凹部に吸湿剤を収容すればよい。また、内部に複数のセルが区画された基材（例えば、ウレタンフォーム等）を用いて、当該セルに吸湿剤を収容してもよい。また、透湿性を有する袋状や中空状の基材に吸湿剤を充填してもよい。

【0029】

〔保護層〕

本発明のトランスデューサにおいては、電歪素子の電極層と吸湿剤とが直接接しないように、電歪素子と吸湿剤との間に、絶縁性の保護層を配置することができる。この場合、保護層を、吸湿剤を担持する基材として用いてもよい。保護層は、電歪素子の伸縮を阻害しないように、エラストマー製であることが望ましい。例えば、誘電層を構成するエラストマーと同じ材料を用いることができる。ここで、「エラストマー製」とは、保護層のベース材料が、エラストマーであることを意味する。すなわち、保護層は、エラストマーの他に、添加剤等の他の成分を含んでいてもよい。また、エラストマーは、架橋ゴムでも熱可塑性エラストマーでもよい。

10

【0030】

例えば、硫黄架橋したエラストマーの場合、エラストマー中に、未反応の硫黄、加硫促進剤等や、硫黄や加硫促進剤等の分解物が残存しやすい。これらの反応残渣は、エラストマー中の不純物であり、水分が存在すると容易にイオン化して、エラストマーの耐絶縁破壊性を低下させる一因となる。したがって、保護層としては、硫黄や硫黄化合物を用いずに架橋された架橋ゴム、および熱可塑性エラストマーを用いることが望ましい。

20

【0031】

<トランスデューサの製造方法>

本発明のトランスデューサは、例えば、次のようにして製造すればよい。まず、誘電層と、必要に応じてイオン含有層等と、電極層と、が積層された電歪素子を作製する。次に、ブチルゴムを含む塗料を基材に塗布し、塗膜を乾燥した後、硬化させて、低透湿層を作製する。また、必要に応じて、吸湿剤を基材に担持させる。保護層を配置する場合には、保護層を準備する。そして、低透湿層、電歪素子、保護層、吸湿剤を適宜配置して、トランスデューサを製造する。

【0032】

本発明のトランスデューサにおいては、シート状、円柱状等の種々の形状を採用することができる。以下に、本発明のトランスデューサをアクチュエータとスピーカとに具現化した実施の形態を説明する。

30

【0033】

<第一実施形態>

まず、本発明のトランスデューサの第一実施形態となるアクチュエータの構成を説明する。図1に、本実施形態のアクチュエータの厚さ方向断面図を示す。図1に示すように、アクチュエータ1は、薄いシート状を呈しており、電歪素子10と、表側低透湿層11Uと、裏側低透湿層11Dと、吸湿剤12と、保護層13と、を備えている。

【0034】

電歪素子10は、誘電層100と、誘電層100を挟んで配置される一対の電極層101U、101Dと、を有している。誘電層100は、H-NBR製である。電極層101U、101Dは、いずれもアクリルゴムとカーボンブラックとを含んでいる。電極層101U、101Dは、アクリルゴムポリマー溶液にカーボンブラックを分散させた導電塗料から形成した導電膜を、誘電層100の表裏（上下）両面に積層して、形成されている。電極層101U、101Dには、各々、図示しない配線が接続されている。

40

【0035】

表側低透湿層11Uは、電歪素子10の表面（上面）を覆うように配置されている。表側低透湿層11Uは、ブチルゴムとタルクとを含んでいる。表側低透湿層11Uのヤング率は5MPaであり、表側低透湿層11Uは応力歪み線図において降伏点を持たない。

【0036】

50

保護層 13 は、電歪素子 10 の裏面（下面）に配置されている。保護層 13 は、H-NBR 製である。

【0037】

裏側低透湿層 11D は、保護層 13 の裏面（下面）を覆うように配置されている。裏側低透湿層 11D の構成は、表側低透湿層 11U の構成と同じである。すなわち、裏側低透湿層 11D は、ブチルゴムとタルクとを含んでいる。裏側低透湿層 11D のヤング率は 5 MPa であり、裏側低透湿層 11D は応力歪み線図において降伏点を持たない。

【0038】

吸湿剤 12 は、保護層 13 と裏側低透湿層 11D との間に配置されている。吸湿剤 12 は、電歪素子 10 に対応する領域に敷設されている。吸湿剤 12 は、酸化カルシウム粉末である。吸湿剤 12 と電極層 101D とは、両者の間に介在する保護層 13 により、絶縁されている。

10

【0039】

アクチュエータ 1 の最外層は、表側低透湿層 11U および裏側低透湿層 11D である。アクチュエータ 1 においては、表側低透湿層 11U および裏側低透湿層 11D により、外部の水分の透過が抑制される。仮に、表側低透湿層 11U を透過した水分があっても、当該水分は、電歪素子 10 および保護層 13 を速やかに透過して、吸湿剤 12 により吸収される。また、裏側低透湿層 11D を透過した水分は、速やかに吸湿剤 12 により吸収される。このため、アクチュエータ 1 においては、外部の水分が、電歪素子 10 の誘電層 100 に留まらない。よって、H-NBR 製の誘電層 100 の耐絶縁破壊性は、低下しにくい。

20

【0040】

表側低透湿層 11U および裏側低透湿層 11D は、ブチルゴムを含む。保護層 13 は、誘電層 100 と同じ H-NBR 製である。すなわち、表側低透湿層 11U、裏側低透湿層 11D、保護層 13 は、柔軟で伸縮可能である。したがって、アクチュエータ 1 の全体が柔軟であり、電歪素子 10 の動きが阻害されにくい。

【0041】

< 第二実施形態 >

本実施形態のアクチュエータと第一実施形態のアクチュエータとの主な相違点は、吸湿剤を二箇所配置した点である。よって、ここでは、相違点についてのみ説明する。図 2 に、本発明のトランスデューサの第二実施形態となるアクチュエータの厚さ方向断面図を示す。図 2 中、図 1 と対応する部材については同じ符号で示す。図 2 に示すように、アクチュエータ 1 は、電歪素子 10 と、表側低透湿層 11U と、裏側低透湿層 11D と、表側吸湿剤 12U と、裏側吸湿剤 12D と、表側保護層 13U と、裏側保護層 13D と、を備えている。

30

【0042】

表側低透湿層 11U は、電歪素子 10 の上側に配置されている。表側保護層 13U は、表側低透湿層 11U と電歪素子 10 との間に介装されている。表側保護層 13U は、H-NBR 製である。

【0043】

表側吸湿剤 12U は、表側低透湿層 11U と表側保護層 13U との間に配置されている。表側吸湿剤 12U は、電歪素子 10 に対応する領域に敷設されている。表側吸湿剤 12U は、塩化カルシウム粉末である。表側吸湿剤 12U と電極層 101U とは、両者の間に介在する表側保護層 13U により、絶縁されている。

40

【0044】

裏側低透湿層 11D は、電歪素子 10 の下側に配置されている。裏側保護層 13D は、裏側低透湿層 11D と電歪素子 10 との間に介装されている。裏側保護層 13D は、H-NBR 製である。

【0045】

裏側吸湿剤 12D は、裏側低透湿層 11D と裏側保護層 13D との間に配置されている

50

。裏側吸湿剤 1 2 D は、電歪素子 1 0 に対応する領域に敷設されている。裏側吸湿剤 1 2 D は、塩化カルシウム粉末である。裏側吸湿剤 1 2 D と電極層 1 0 1 D とは、両者の間に介在する裏側保護層 1 3 D により、絶縁されている。

【 0 0 4 6 】

アクチュエータ 1 の最外層は、表側低透湿層 1 1 U および裏側低透湿層 1 1 D である。アクチュエータ 1 においては、表側低透湿層 1 1 U および裏側低透湿層 1 1 D により、外部の水分の透過が抑制される。仮に、両低透湿層 1 1 U、1 1 D を透過した水分があっても、当該水分は、表側吸湿剤 1 2 U および裏側吸湿剤 1 2 D により吸収される。このため、アクチュエータ 1 においては、外部の水分が、電歪素子 1 0 の誘電層 1 0 0 に侵入しにくい。よって、H - N B R 製の誘電層 1 0 0 の耐絶縁破壊性は、低下しにくい。したがって、アクチュエータ 1 は、耐久性に優れる。また、電歪素子 1 0 の表裏両側において、防湿および吸水により水分が遮断される。したがって、本構成によると、誘電層 1 0 0 の耐絶縁破壊性の低下を、より効果的に抑制することができる。

10

【 0 0 4 7 】

表側低透湿層 1 1 U および裏側低透湿層 1 1 D は、ブチルゴムを含む。表側保護層 1 3 U および裏側保護層 1 3 D は、誘電層 1 0 0 と同じ H - N B R 製である。すなわち、表側低透湿層 1 1 U、裏側低透湿層 1 1 D、表側保護層 1 3 U、裏側保護層 1 3 D は、柔軟で伸縮可能である。したがって、アクチュエータ 1 の全体が柔軟であり、電歪素子 1 0 の動きが阻害されにくい。

20

【 0 0 4 8 】

< 第三実施形態 >

本実施形態のアクチュエータと第一実施形態のアクチュエータとの主な相違点は、アクチュエータの形状、および吸湿剤の配置形態である。図 3 に、本発明のトランスデューサの第三実施形態となるアクチュエータの軸方向断面図を示す。図 3 中、図 1 と対応する部材については同じ符号で示す。図 3 に示すように、アクチュエータ 1 は、円柱状を呈しており、軸部材 1 4 と、吸湿剤 1 2 と、保護層 1 3 と、電歪素子 1 0 と、低透湿層 1 1 と、を備えている。

30

【 0 0 4 9 】

軸部材 1 4 は、発泡スチロール製であり、中空状の円柱形状を呈している。吸湿剤 1 2 は、酸化バリウム粉末であり、軸部材 1 4 の内部（中空部）に充填されている。

30

【 0 0 5 0 】

保護層 1 3 は、軸部材 1 4 の周囲に環装されている。保護層 1 3 は、H - N B R 製である。

【 0 0 5 1 】

電歪素子 1 0 は、保護層 1 3 の径方向外側に環装されている。電歪素子 1 0 は、誘電層 1 0 0 と、一对の電極層 1 0 1 a、1 0 1 b と、を有している。一对の電極層 1 0 1 a、1 0 1 b は、誘電層 1 0 0 を挟んで径方向内側と外側とに配置されている。誘電層 1 0 0 は、H - N B R 製である。電極層 1 0 1 a、1 0 1 b は、いずれもアクリルゴムとカーボンプラックとを含んでいる。電極層 1 0 1 a、1 0 1 b は、アクリルゴムポリマー溶液にカーボンプラックを分散させた導電塗料から形成した導電膜を、誘電層 1 0 0 の表裏両面に積層して、形成されている。電極層 1 0 1 a、1 0 1 b には、各々、図示しない配線が接続されている。

40

【 0 0 5 2 】

低透湿層 1 1 は、電歪素子 1 0 の径方向外側に環装されている。低透湿層 1 1 は、ブチルゴムとタルクとを含んでいる。低透湿層 1 1 のヤング率は 5 M P a であり、低透湿層 1 1 は応力歪み線図において降伏点を持たない。このように、保護層 1 3、電歪素子 1 0、および低透湿層 1 1 は、軸部材 1 4 を囲んで同心円状に配置されている。

【 0 0 5 3 】

アクチュエータ 1 の最外層は、低透湿層 1 1 である。アクチュエータ 1 においては、低透湿層 1 1 により、外部の水分の透過が抑制される。仮に、低透湿層 1 1 を透過した水分

50

があっても、当該水分は、電歪素子 10 および保護層 13 を速やかに透過して、軸部材 14 に担持される吸湿剤 12 により吸収される。このため、アクチュエータ 1 においては、外部の水分が、電歪素子 10 の誘電層 100 に留まらない。よって、H - NBR 製の誘電層 100 の耐絶縁破壊性は、低下しにくい。したがって、アクチュエータ 1 は、耐久性に優れる。

【0054】

吸湿剤 12 は、軸部材 14 の中空部に充填される。このため、粉末状の吸湿剤 12 が移動しにくい。また、吸湿剤 12 を、電歪素子 10 の面方向全体に対応する領域に、均一に配置することができる。

【0055】

低透湿層 11 は、ブチルゴムを含む。保護層 13 は、誘電層 100 と同じ H - NBR 製である。すなわち、低透湿層 11 および保護層 13 は、柔軟で伸縮可能である。したがって、電歪素子 10 の動きが阻害されにくい。

【0056】

< 第四実施形態 >

次に、本発明のトランスデューサの第四実施形態として、スピーカの構成を説明する。

1. スピーカの全体構成

まず、本実施形態のスピーカの全体構成について説明する。以下に示す図においては、前方が本発明の「表側」に、後方が本発明の「裏側」に、各々対応している。図 4 に、本実施形態のスピーカの斜視図を示す。図 5 に、図 4 の V - V 方向断面図を示す。図 6 に、同スピーカの分解斜視図を示す。

【0057】

図 4 ~ 図 6 に示すように、本実施形態のスピーカ 6 は、前方のフィルムアセンブリ 2 と、後方のフィルムアセンブリ 3 と、介装部材 4 と、吸湿剤 41 と、回路部 5 と、表側枠部材 60 と、裏側枠部材 61 と、表側絶縁部材 62 と、裏側絶縁部材 63 と、表側電極層用導電部 70 と、裏側電極層用導電部 71 と、表側電極層用導電部 72 と、裏側電極層用導電部 73 と、を備えている。

【0058】

[ 表側枠部材 60、表側電極層用導電部 70、裏側電極層用導電部 71 ]

表側枠部材 60 は、樹脂製であって、上下方向に長い長方形枠状を呈している。表側電極層用導電部 70、裏側電極層用導電部 71 は、各々銅製であって、表側枠部材 60 の後面（裏面）に配置されている。表側電極層用導電部 70 は、表側枠部材 60 の左辺に沿って、上下方向に延在している。表側電極層用導電部 70 は、表側枠部材 60 の左上隅において、後述する負極第一端子 80LU に電氣的に接続されている。表側電極層用導電部 70 は、表側枠部材 60 の左下隅において、後述する負極第二端子 80LD に電氣的に接続されている。裏側電極層用導電部 71 は、表側枠部材 60 の右辺に沿って、上下方向に延在している。裏側電極層用導電部 71 は、表側枠部材 60 の右上隅において、後述する正極第一端子 80RU に電氣的に接続されている。裏側電極層用導電部 71 は、表側電極層用導電部 70 よりも、前後方向厚さ（表裏方向厚さ）が厚い。

【0059】

[ フィルムアセンブリ 2、表側絶縁部材 62 ]

前方のフィルムアセンブリ 2 は、上下方向に長い長方形フィルム状を呈している。フィルムアセンブリ 2 は、表側枠部材 60 の後方に配置されている。介装部材 4 により、フィルムアセンブリ 2 は、前方に突出している。すなわち、図 5 に強調して示すように、フィルムアセンブリ 2 は、前方に膨らむ凸状を呈している。

【0060】

表側絶縁部材 62 は、PET（ポリエチレンテレフタレート）製であって、上下方向に長い長方形枠状を呈している。表側絶縁部材 62 は、フィルムアセンブリ 2 の後方に配置されている。

【0061】

10

20

30

40

50

[ 裏側絶縁部材 6 3、表側電極層用導電部 7 2、裏側電極層用導電部 7 3 ]

裏側絶縁部材 6 3 は、PET 製であって、上下方向に長い長方形棒状を呈している。裏側絶縁部材 6 3 は、表側絶縁部材 6 2 の後方に配置されている。

【 0 0 6 2 】

表側電極層用導電部 7 2、裏側電極層用導電部 7 3 は、各々銅製であって、裏側絶縁部材 6 3 の後面（裏面）に配置されている。表側電極層用導電部 7 2 は、裏側絶縁部材 6 3 の右辺に沿って、上下方向に延在している。表側電極層用導電部 7 2 は、裏側絶縁部材 6 3 の右下隅において、後述する正極第二端子 8 0 R D に電氣的に接続されている。裏側電極層用導電部 7 3 は、裏側絶縁部材 6 3 の左辺に沿って、上下方向に延在している。裏側電極層用導電部 7 3 は、裏側絶縁部材 6 3 の左下隅において、後述する負極第二端子 8 0 L D に電氣的に接続されている。裏側電極層用導電部 7 3 は、表側電極層用導電部 7 2 よりも、前後方向厚さ（表裏方向厚さ）が厚い。

10

【 0 0 6 3 】

[ 介装部材 4、吸湿剤 4 1 ]

介装部材 4 は、発泡スチロール製であって、四角形板状を呈している。介装部材 4 は、前後方向に積層された一对の板部材 4 0 a、4 0 b からなる。介装部材 4 は、フィルムアセンブリ 2 の後方に配置されている。また、介装部材 4 は、表側絶縁部材 6 2 および裏側絶縁部材 6 3 の枠内に配置されている。介装部材 4 は、前後方向から圧縮された状態で、配置されている。このため、介装部材 4 は、フィルムアセンブリ 2 を前方に、フィルムアセンブリ 3 を後方に、弾性的に押圧している。

20

【 0 0 6 4 】

吸湿剤 4 1 は、酸化カルシウム粉末である。吸湿剤 4 1 は、一对の板部材 4 0 a、4 0 b の間に配置されている。

【 0 0 6 5 】

[ フィルムアセンブリ 3、裏側枠部材 6 1 ]

後方のフィルムアセンブリ 3 は、上下方向に長い長方形フィルム状を呈している。フィルムアセンブリ 3 は、裏側絶縁部材 6 3 および介装部材 4 の後方に配置されている。介装部材 4 により、フィルムアセンブリ 3 は、後方に突出している。すなわち、図 5 に強調して示すように、フィルムアセンブリ 3 は、後方に膨らむ凸状を呈している。

30

【 0 0 6 6 】

裏側枠部材 6 1 の構成は、表側枠部材 6 0 の構成と同様である。裏側枠部材 6 1 は、フィルムアセンブリ 3 の後方に配置されている。

【 0 0 6 7 】

このように、スピーカ 6 においては、前方から後方に向かって、表側枠部材 6 0、フィルムアセンブリ 2、表側絶縁部材 6 2、裏側絶縁部材 6 3、フィルムアセンブリ 3、裏側枠部材 6 1 が、この順に配置されている。また、図 5 に示すように、介装部材 4 は、表側絶縁部材 6 2 および裏側絶縁部材 6 3 の枠内に配置されている。また、表側電極層用導電部 7 0 および裏側電極層用導電部 7 1 は、フィルムアセンブリ 2 に埋設されている。また、表側電極層用導電部 7 2 および裏側電極層用導電部 7 3 は、フィルムアセンブリ 3 に埋設されている。以下、これらの部材を総称して「積層体」と称す。

40

【 0 0 6 8 】

[ スクリュー 8 6、ナット 8 7、負極第一端子 8 0 L U、負極第二端子 8 0 L D、正極第一端子 8 0 R U、正極第二端子 8 0 R D、端子用ナット 8 1 ]

十四本のスクリュー 8 6 は、積層体の四辺に沿って配置されている。十四本のスクリュー 8 6 は、積層体を前後方向に貫通している。十四本のスクリュー 8 6 の後端には、各々、ナット 8 7 が止着されている。十四本のスクリュー 8 6 および十四個のナット 8 7 により、積層体は一体化されている。

【 0 0 6 9 】

図 4、図 6 に示すように、負極第一端子 8 0 L U は、金属製であって、スクリュー状を呈している。負極第一端子 8 0 L U は、積層体の左上隅に配置されている。負極第一端子

50

80LUは、積層体を前後方向に貫通している。負極第一端子80LUの後端には、端子用ナット81が止着されている。

【0070】

負極第二端子80LD、正極第一端子80RU、正極第二端子80RDの構成、配置方法は、負極第一端子80LUと同様である。負極第二端子80LDは、積層体の左下隅に配置されている。正極第一端子80RUは、積層体の右上隅に配置されている。正極第二端子80RDは、積層体の右下隅に配置されている。

【0071】

前方または後方から見て、フィルムアセンブリ2、3の四辺は、表側枠部材60および裏側枠部材61により、前後方向から挟持、固定されている。また、前方または後方から見て、介装部材4は、表側枠部材60および裏側枠部材61の枠内に収容されている。

10

【0072】

2. フィルムアセンブリ2の構成

次に、前方のフィルムアセンブリ2の構成について説明する。図7に、フィルムアセンブリ2の分解斜視図を示す。図7に示すように、フィルムアセンブリ2は、電歪素子20と、低透湿層24と、保護層25と、を備えている。電歪素子20は、本発明の「表側電歪素子」の概念に含まれる。電歪素子20は、誘電層21と、表側電極層22と、裏側電極層23と、を有している。電歪素子20の各層、低透湿層24、保護層25は、各々、上下方向に長い長方形フィルム状を呈している。これらの層は、前方から後方に向かって、低透湿層24、表側電極層22、誘電層21、裏側電極層23、保護層25の順に積層されている。

20

【0073】

[低透湿層24]

低透湿層24は、ブチルゴムとタルクとを含んでいる。低透湿層24のヤング率は5MPaであり、低透湿層24は応力歪み線図において降伏点を持たない。低透湿層24は、左右両辺に沿って穿設された挿通孔を有している。左側の挿通孔には表側電極層用導電部70が、右側の挿通孔には裏側電極層用導電部71が、各々挿通されている。また、低透湿層24は、左下隅と右下隅に穿設された挿通孔を有している。左下隅の挿通孔には負極第二端子80LDが、右下隅の挿通孔には正極第二端子80RDが、各々挿通されている。

30

【0074】

[表側電極層22]

表側電極層22は、アクリルゴムとカーボンブラックとを含んでいる。表側電極層22は、アクリルゴムポリマー溶液にカーボンブラックを分散させた導電塗料から形成した導電膜を、誘電層21の表面に積層して、形成されている。図7に、低透湿層24、誘電層21、保護層25の大きさを一点鎖線で示す。図7に示すように、表側電極層22は、低透湿層24、誘電層21、保護層25よりも、小さい。表側電極層22は、左上隅において、負極第一端子80LUに電氣的に接続されている。表側電極層22の上辺、下辺、右辺は、表側枠部材60および裏側枠部材61により、前後方向から挟持、固定されていない。表側電極層22の左辺は、表側枠部材60および裏側枠部材61により、前後方向から挟持、固定されている。

40

【0075】

表側電極層用導電部70は、低透湿層24の左辺に穿設された挿通孔を貫通して、表側電極層22の左辺の前面に当接している。裏側電極層用導電部71は、低透湿層24の右辺の挿通孔を貫通して、表側電極層22の右辺の右側を通り抜けている。すなわち、裏側電極層用導電部71は、表側電極層22に当接していない。また、負極第二端子80LD、正極第一端子80RU、正極第二端子80RDは、表側電極層22に当接していない。

【0076】

[誘電層21]

誘電層21は、H-NBR製である。誘電層21は、右辺に沿って穿設された挿通孔を

50

有している。当該挿通孔には裏側電極層用導電部 7 1 が挿通されている。また、誘電層 2 1 は、左上隅、左下隅、右下隅に穿設された挿通孔を有している。左上隅の挿通孔には負極第一端子 8 0 L U が、左下隅の挿通孔には負極第二端子 8 0 L D が、右下隅の挿通孔には正極第二端子 8 0 R D が、各々挿通されている。

【 0 0 7 7 】

[ 裏側電極層 2 3 ]

裏側電極層 2 3 は、アクリルゴムとカーボンブラックとを含んでいる。裏側電極層 2 3 は、アクリルゴムポリマー溶液にカーボンブラックを分散させた導電塗料から形成した導電膜を、誘電層 2 1 の裏面に積層して、形成されている。図 7 に示すように、裏側電極層 2 3 は、低透湿層 2 4、誘電層 2 1、保護層 2 5 よりも、小さい。裏側電極層 2 3 は、右 10  
上隅において、正極第一端子 8 0 R U に電氣的に接続されている。裏側電極層 2 3 の上辺、下辺、左辺は、表側枠部材 6 0 および裏側枠部材 6 1 により、前後方向から挟持、固定されていない。裏側電極層 2 3 の右辺は、表側枠部材 6 0 および裏側枠部材 6 1 により、前後方向から挟持、固定されている。裏側電極層用導電部 7 1 は、低透湿層 2 4 および誘電層 2 1 の右辺に穿設された挿通孔を貫通して、裏側電極層 2 3 の右辺の前面に当接している。負極第一端子 8 0 L U、負極第二端子 8 0 L D、正極第二端子 8 0 R D は、裏側電極層 2 3 に当接していない。

【 0 0 7 8 】

[ 保護層 2 5 ]

保護層 2 5 は、H - N B R 製である。保護層 2 5 は、四隅に穿設された挿通孔を有して 20  
いる。左上隅の挿通孔には負極第一端子 8 0 L U が、左下隅の挿通孔には負極第二端子 8 0 L D が、右上隅の挿通孔には正極第一端子 8 0 R U が、右下隅の挿通孔には正極第二端子 8 0 R D が、各々挿通されている。

【 0 0 7 9 】

3 . フィルムアセンブリ 3 の構成

次に、後方のフィルムアセンブリ 3 の構成について説明する。フィルムアセンブリ 3 は、介装部材 4 を挟んでフィルムアセンブリ 2 と対称的に配置されている。図 8 に、フィルムアセンブリ 3 の分解斜視図を示す。フィルムアセンブリ 3 の構成は、フィルムアセンブリ 2 の構成と同じである。すなわち、図 8 に示すように、フィルムアセンブリ 3 は、電歪素子 3 0 と、低透湿層 3 4 と、保護層 3 5 と、を備えている。電歪素子 3 0 は、本発明の 30  
「裏側電歪素子」の概念に含まれる。電歪素子 3 0 は、誘電層 3 1 と、表側電極層 3 2 と、裏側電極層 3 3 と、を有している。電歪素子 3 0 の各層、低透湿層 3 4、保護層 3 5 は、各々、上下方向に長い長方形フィルム状を呈している。これらの層は、前方から後方に向かって、保護層 3 5、表側電極層 3 2、誘電層 3 1、裏側電極層 3 3、低透湿層 3 4 の順に積層されている。フィルムアセンブリ 3 を構成する各々の層については、フィルムアセンブリ 2 において対応する層と同じである。よって、ここでは説明を省略する。

【 0 0 8 0 】

フィルムアセンブリ 3 においては、正極第二端子 8 0 R D と、表側電極層 3 2 と、が接触している。また、正極第二端子 8 0 R D と、表側電極層用導電部 7 2 と、が接触している。また、表側電極層 3 2 と、表側電極層用導電部 7 2 と、が接触している。 40

【 0 0 8 1 】

フィルムアセンブリ 3 においては、負極第二端子 8 0 L D と、裏側電極層 3 3 と、が接触している。また、負極第二端子 8 0 L D と、裏側電極層用導電部 7 3 と、が接触している。また、裏側電極層 3 3 と、裏側電極層用導電部 7 3 と、が接触している。

【 0 0 8 2 】

4 . 回路部 5 の構成

次に、回路部 5 の構成について説明する。図 5 に示すように、回路部 5 は、二つの交流電源 5 0 a、5 0 b と、直流バイアス電源 5 1 と、スイッチ 5 3 と、を備えている。

【 0 0 8 3 】

二つの交流電源 5 0 a、5 0 b は、一对のフィルムアセンブリ 2、3 に、再生対象とな 50

る音声に基づく交流電圧、つまり信号波を印加している。具体的には、交流電源 50 a は、正極第一端子 80 R U を介して（図 7 参照）、裏側電極層用導電部 71 および裏側電極層 23 に、電氣的に接続されている。また、交流電源 50 b は、正極第二端子 80 R D を介して（図 8 参照）、表側電極層用導電部 72 および表側電極層 32 に、電氣的に接続されている。交流電源 50 a の信号波の位相と、交流電源 50 b の信号波の位相と、は互いに逆相である。表側電極層用導電部 70 および表側電極層 22 は、負極第一端子 80 L U を介して（図 7 参照）、接地されている。また、裏側電極層用導電部 73 および裏側電極層 33 は、負極第二端子 80 L D を介して（図 8 参照）、接地されている。

#### 【0084】

直流バイアス電源 51 は、スイッチ 53 と、二つの交流電源 50 a、50 b と、の間に配置されている。直流バイアス電源 51 は、交流電源 50 a から正極第一端子 80 R U に向かう方向（= 交流電源 50 b から正極第二端子 80 R D に向かう方向）に対して、電圧が上がる方向にバイアス電圧を印加している。つまり、正バイアス電圧を印加している。

10

#### 【0085】

このように、直流バイアス電源 51 と交流電源 50 a とは、正バイアス電圧と信号波とを重畳して、フィルムアセンブリ 2 に印加している。並びに、直流バイアス電源 51 と交流電源 50 b とは、正バイアス電圧と信号波とを重畳して、フィルムアセンブリ 3 に印加している。

#### 【0086】

##### 5. スピーカ 6 の動き

次に、本実施形態のスピーカ 6 の動きについて説明する。停止状態においては、スイッチ 53 が開成されている。このため、一对のフィルムアセンブリ 2、3 には、電圧が印加されていない。スイッチ 53 が閉成されると、一对のフィルムアセンブリ 2、3 に、各々、バイアス電圧が印加される。バイアス電圧が印加されると、フィルムアセンブリ 2 の表側電極層 22 と裏側電極層 23 との間に静電引力が発生する。このため、誘電層 21 は前後方向に圧縮され、面方向に伸張する。同様に、フィルムアセンブリ 3 の誘電層 31 も前後方向に圧縮され、面方向に伸張する。

20

#### 【0087】

まず、第一の音声再生状態においては、フィルムアセンブリ 2 とフィルムアセンブリ 3 とに、互いに逆相の信号波が伝達される。フィルムアセンブリ 3 の表側電極層 32 と裏側電極層 33 との間の静電引力が小さくなると、誘電層 31 は前後方向に伸張し面方向に収縮する。つまり、誘電層 31、延いてはフィルムアセンブリ 3 の張力が大きくなる。これにより、フィルムアセンブリ 3 の後方への突出量が小さくなる。よって、後方から前方に向かう方向に、介装部材 4 に荷重が加わる。反対に、フィルムアセンブリ 2 の表側電極層 22 と裏側電極層 23 との間の静電引力は大きくなる。このため、誘電層 21 は前後方向に収縮し面方向に伸張する。つまり、誘電層 21、延いてはフィルムアセンブリ 2 の張力が小さくなる。言い換えると、フィルムアセンブリ 2 が弛む。ここで、介装部材 4 には、後方から前方に向かう方向に、フィルムアセンブリ 3 から荷重が加わっている。当該荷重により、フィルムアセンブリ 2 は、弛み分を消費しながら、さらに前方に突出する。つまり、フィルムアセンブリ 2 の前方への突出量が大きくなる。このように、第一の音声再生状態においては、一对のフィルムアセンブリ 2、3 が、後方から前方に大きく振動する。

30

40

#### 【0088】

次に、第二の音声再生状態においては、第一の音声再生状態と比較して、信号波の波形が逆転するように、フィルムアセンブリ 2 とフィルムアセンブリ 3 とに、互いに逆相の信号波が伝達される。第二の音声再生状態におけるフィルムアセンブリ 2 の動きは、第一の音声再生状態におけるフィルムアセンブリ 3 の動きと、同様である。並びに、第二の音声再生状態におけるフィルムアセンブリ 3 の動きは、第一の音声再生状態におけるフィルムアセンブリ 2 の動きと、同様である。したがって、第二の音声再生状態においては、一对のフィルムアセンブリ 2、3 が、前方から後方に大きく振動する。

#### 【0089】

50

## 6. 作用効果

次に、本実施形態のスピーカ6の作用効果について説明する。本実施形態のスピーカ6において、フィルムアセンブリ2、3の最外層は、低透湿層24、34である。このため、低透湿層24、34により、外部の水分の透過が抑制される。仮に、低透湿層24、34を透過した水分があっても、当該水分は、電歪素子20、30を速やかに透過して、介装部材4に担持される吸湿剤41により吸収される。このため、外部の水分が、電歪素子20の誘電層21および電歪素子30の誘電層31に、留まらない。よって、H-NBR製の誘電層21、31の耐絶縁破壊性は、低下しにくい。したがって、フィルムアセンブリ2、3、延いてはスピーカ6の耐久性が向上する。

### 【0090】

吸湿剤41は、介装部材4の内部、すなわち、前後方向から圧縮された一对の板部材40a、40bの間に配置される。このため、粉末状の吸湿剤41が移動しにくい。また、吸湿剤41を、電歪素子20、30の面方向全体に対応する領域に、均一に配置することができる。

### 【0091】

低透湿層24、34は、ブチルゴムを含む。保護層25、35は、誘電層21、31と同じH-NBR製である。すなわち、低透湿層24、34および保護層25、35は、柔軟で伸縮可能である。したがって、フィルムアセンブリ2、3の全体が柔軟であり、電歪素子20、30の動きが阻害されにくい。

### 【0092】

例えば、電歪素子20、30の外側（低透湿層24、34側）に吸湿剤を配置しようとすると、吸湿剤の質量や、電歪素子20、30と吸湿剤との間に介在させる保護層の質量の分だけ、電歪素子20、30の外側の部材が重くなる。これにより、誘電層21、31の伸縮が阻害されるおそれが大きくなる。スピーカにおいては、印加電圧が小さい領域で電歪素子20、30を含むフィルムアセンブリ2、3を振動させることが必要である。このため、印加電圧に対する誘電層21、31の動きを阻害しないことが、特に重要になる。この点、本実施形態においては、吸湿剤41が、一对の電歪素子20、30の間に介装される。すなわち、吸湿剤41が、低透湿層24、34とは反対側に配置される。したがって、電歪素子20、30の外側の部材の重量化を、回避することができる。

### 【0093】

スピーカ6においては、介装部材4を介して、一对のフィルムアセンブリ2、3間で荷重の伝達を行う。このため、一对のフィルムアセンブリ2、3の前後方向の振動を大きくすることができる。すなわち、一对のフィルムアセンブリ2、3の振幅を大きくすることができる。よって、一对のフィルムアセンブリ2、3に対する印加電圧が小さい場合でも、スピーカ6の低周波特性を向上させることができる。例えば、低周波数領域の音圧を向上させることができる。また、再生可能な周波数領域を低周波数側に拡張することができる。また、スピーカ6によると、低周波特性が高いにもかかわらず、小型化が可能である。そして、スピーカ6は、前後方向長さ（厚さ）が小さく、柔軟である。このため、スピーカ6は、設置の自由度が高い。

### 【実施例】

### 【0094】

次に、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明する。

### 【0095】

#### <トランスデューサの製造>

上記第四実施形態のスピーカの構成に準じて、耐湿性試験用のトランスデューサを製造した。図9に、作製したトランスデューサの厚さ方向断面図を示す。図9に示すように、トランスデューサ15は、表側電歪素子16Uと、表側低透湿層17Uと、表側保護層18Uと、裏側電歪素子16Dと、裏側低透湿層17Dと、裏側保護層18Dと、吸湿剤19と、を備えている。

### 【0096】

10

20

30

40

50

表側電歪素子 16U は、誘電層 160U と、誘電層 160U を挟んで配置される一対の電極層 161U、162U と、を有している。誘電層 160U は、H-NBR 製である。誘電層 160U の厚さは、5 $\mu$ m である。電極層 161U、162U は、いずれもアクリルゴムとカーボンブラックとを含んでいる。電極層 161U、162U の厚さは、各々、5 $\mu$ m である。電極層 161U、162U には、図示しない配線が接続されている。

【0097】

表側低透湿層 17U は、表側電歪素子 16U の上面に配置されている。表側低透湿層 17U は、ブチルゴムとタルクとを含んでいる。表側低透湿層 17U の厚さは、50 $\mu$ m である。表側保護層 18U は、表側電歪素子 16U の下面に配置されている。表側保護層 18U は、H-NBR 製である。表側保護層 18U の厚さは、18 $\mu$ m である。

10

【0098】

裏側電歪素子 16D は、誘電層 160D と、誘電層 160D を挟んで配置される一対の電極層 161D、162D と、を有している。誘電層 160D は、H-NBR 製である。誘電層 160D の厚さは、5 $\mu$ m である。電極層 161D、162D は、いずれもアクリルゴムとカーボンブラックとを含んでいる。電極層 161D、162D の厚さは、各々、5 $\mu$ m である。電極層 161D、162D には、図示しない配線が接続されている。

【0099】

裏側低透湿層 17D は、裏側電歪素子 16D の下面に配置されている。裏側低透湿層 17D は、ブチルゴムとタルクとを含んでいる。裏側低透湿層 17D の厚さは、50 $\mu$ m である。裏側保護層 18D は、裏側電歪素子 16D の上面に配置されている。裏側保護層 18D は、H-NBR 製である。裏側保護層 18D の厚さは、18 $\mu$ m である。

20

【0100】

吸湿剤 19 は、表側保護層 18U と裏側保護層 18D との間に配置されている。吸湿剤 19 は、表側電歪素子 16U および裏側電歪素子 16D に対応する領域に敷設されている。吸湿剤 19 は、酸化カルシウム粉末である。表側電歪素子 16U の電極層 162U と吸湿剤 19 とは、表側保護層 18U により、絶縁されている。同様に、裏側電歪素子 16D の電極層 161D と吸湿剤 19 とは、裏側保護層 18D により、絶縁されている。

【0101】

トランスデューサ 15 は、次のようにして製造した。まず、誘電層 160U、160D となる H-NBR 膜の表裏両面に、アクリルゴムポリマー溶液にカーボンブラックを分散させた導電塗料から形成した導電膜を積層して、表側電歪素子 16U および裏側電歪素子 16D を作製した。

30

【0102】

次に、レギュラーブチルゴム (JSR (株) 製「JSR ブチル 365」) 100 質量部と、薄片状フィラーのタルク (日本タルク (株) 製「ミクロエース (登録商標) K-1」) 100 質量部と、架橋剤 (田岡化学工業 (株) 製「タッキロール (登録商標) 201」) 5 質量部と、をロールにより練り合わせ、マスターバッチを作製した。作製したマスターバッチをトルエンに溶解して、塗料を調製した。調製した塗料を基材に塗布して、塗膜を乾燥させた。その後、160 で 20 分間加熱して、塗膜を硬化させた。このようにして、表側低透湿層 17U、裏側低透湿層 17D を作製した。表側低透湿層 17U、裏側低透湿層 17D のヤング率は、5MPa である。表側低透湿層 17U、裏側低透湿層 17D については、応力歪み線図において降伏点が無く、200% を超える歪みに対して弾性変形可能であることを確認した。

40

【0103】

それから、表側電歪素子 16U の上面に表側低透湿層 17U を積層し、下面に表側保護層 18U となる H-NBR 膜を積層して、表側部材を作製した。同様に、裏側電歪素子 16D の上面に裏側保護層 18D となる H-NBR 膜を積層し、下面に裏側低透湿層 17D を積層して、裏側部材を作製した。

【0104】

次に、作製した裏側部材の上面 (裏側保護層 18D の上面) に、吸湿剤 19 として酸化

50

カルシウム粉末を2.5g配置した。そして、吸湿剤19を挟むように、裏側部材の上面に表側部材を配置して、トランスデューサ15を製造した。表側部材と裏側部材とは、吸湿剤19を挟んで、対称的に配置される。すなわち、表側部材および裏側部材のいずれにおいても、外側から、低透湿層/電歪素子/保護層の順で配置される。

#### 【0105】

耐湿性試験用のトランスデューサは、吸湿剤の種類を代えて四種類作製した。吸湿剤が酸化カルシウム粉末であるトランスデューサを実施例1、吸湿剤が硫酸カルシウム粉末であるトランスデューサを実施例2、吸湿剤が酸化バリウム粉末であるトランスデューサを実施例3、吸湿剤が塩化カルシウム粉末であるトランスデューサを実施例4、とした。また、比較のため、吸湿剤を含まずに、表側部材および裏側部材のみからなるトランスデューサも作製した。吸湿剤を含まないトランスデューサを、比較例1とした。

10

#### 【0106】

<トランスデューサの耐湿性評価>

実施例1~4のトランスデューサ、および比較例1のトランスデューサについて、耐湿性試験を行った。耐湿性試験においては、各トランスデューサを40℃、相対湿度95%の高温高湿環境下に静置して、表側電歪素子16Uの誘電層160Uおよび裏側電歪素子16Dの誘電層160Dの体積抵抗率の経時変化を測定した。体積抵抗率は、日置電機(株)製の「LCRハイテスタ3522-50」を用いて測定した。測定時の印加電圧は1Vとした。耐湿性試験の結果として、図10に、各トランスデューサにおける誘電層の体積抵抗率の経時変化を示す。図10中、グラフの縦軸においては、「 $1 \times 10^{10}$ 」、「 $1 \times 10^{11}$ 」、「 $1 \times 10^{12}$ 」、「 $1 \times 10^{13}$ 」、「 $1 \times 10^{14}$ 」、「 $1 \times 10^{15}$ 」を、順に「1.E+10」、「1.E+11」、「1.E+12」、「1.E+13」、「1.E+14」、「1.E+15」と示す。

20

#### 【0107】

図10に示すように、吸湿剤を含む実施例1~4のトランスデューサにおいては、吸湿剤を含まない比較例1のトランスデューサと比較して、高温高湿環境下でも、誘電層の体積抵抗率の低下が小さくなった。特に、吸湿剤として、酸化カルシウム粉末、塩化カルシウム粉末、酸化バリウム粉末を使用した実施例1、3、4のトランスデューサにおいては、体積抵抗率の低下が小さかった。

#### 【0108】

以上より、低透湿層および吸湿剤を配置することにより、誘電層の体積抵抗率の低下を抑制することができることが確認された。これにより、トランスデューサの耐絶縁破壊性の低下を抑制することができる。

30

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0109】

本発明のトランスデューサは、機械エネルギーと電気エネルギーとの変換を行うアクチュエータ、センサ等、あるいは音響エネルギーと電気エネルギーとの変換を行うスピーカ、マイクロフォン、ノイズキャンセラ等として、広く用いることができる。なかでも、軽量かつ小型のスピーカとして好適である。また、産業、医療、福祉ロボットやアシストスーツ等に用いられる人工筋肉、電子部品冷却用や医療用等の小型ポンプ、および医療用器具等に用いられる柔軟なアクチュエータ、としても好適である。

40

#### 【符号の説明】

#### 【0110】

1：アクチュエータ(トランスデューサ)、10：電歪素子、100：誘電層、101U、101D、101a、101b：電極層、11：低透湿層、11U：表側低透湿層、11D：裏側低透湿層、12：吸湿剤、12U：表側吸湿剤、12D：裏側吸湿剤、13：保護層、13U：表側保護層、13D：裏側保護層、14：軸部材、15：トランスデューサ、16U：表側電歪素子、16D：裏側電歪素子、160U、160D：誘電層、161U、162U、161D、162D：電極層、17U：表側低透湿層、17D：裏側低透湿層、18U：表側保護層、18D：裏側保護層、19：吸湿剤。

50

2：フィルムアセンブリ、20：電歪素子（表側電歪素子）、21：誘電層、22：表側電極層、23：裏側電極層、24：低透湿層、25：保護層。

3：フィルムアセンブリ、30：電歪素子（裏側電歪素子）、31：誘電層、32：表側電極層、33：裏側電極層、34：低透湿層、35：保護層。

4：介装部材、40a、40b：板部材、41：吸湿剤。

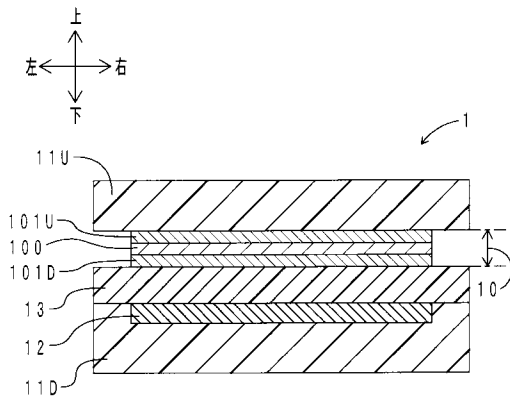
5：回路部、50a、50b：交流電源、51：直流バイアス電源、53：スイッチ。

6：スピーカ（トランスデューサ）、60：表側枠部材、61：裏側枠部材、62：表側絶縁部材、63：裏側絶縁部材、70、72：表側電極層用導電部、71、73：裏側電極層用導電部、80LU：負極第一端子、80LD：負極第二端子、80RU：正極第一端子、80RD：正極第二端子、81：端子用ナット、86：スクリュー、87：ナット

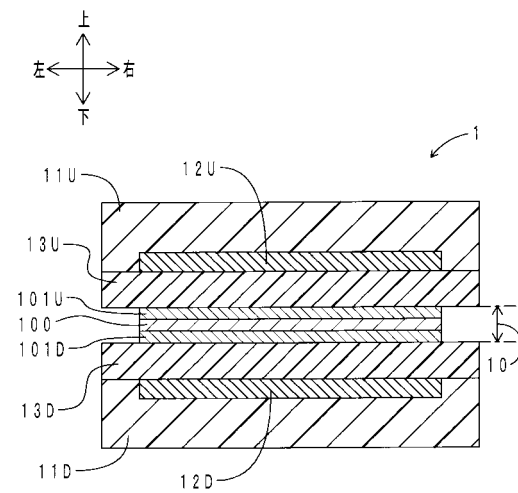
10

。

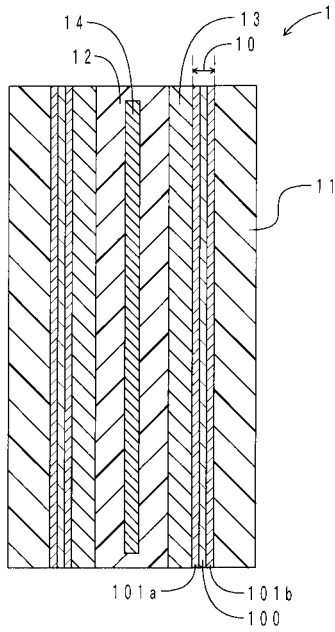
【図1】



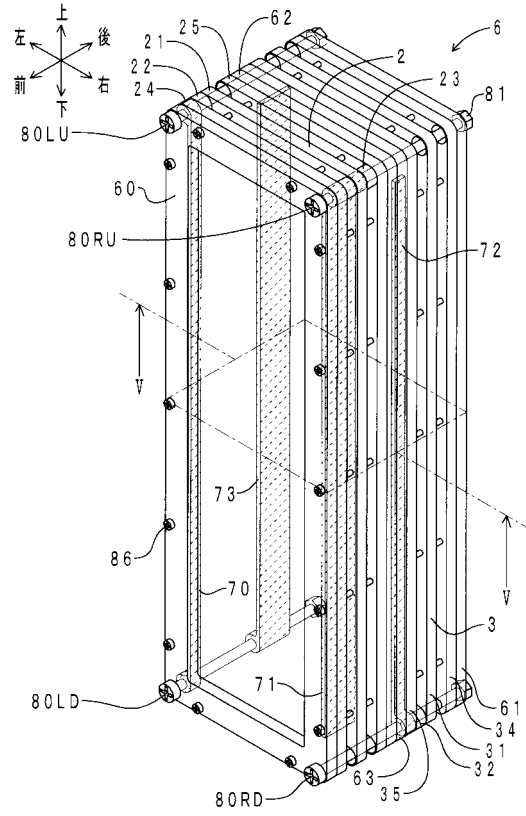
【図2】



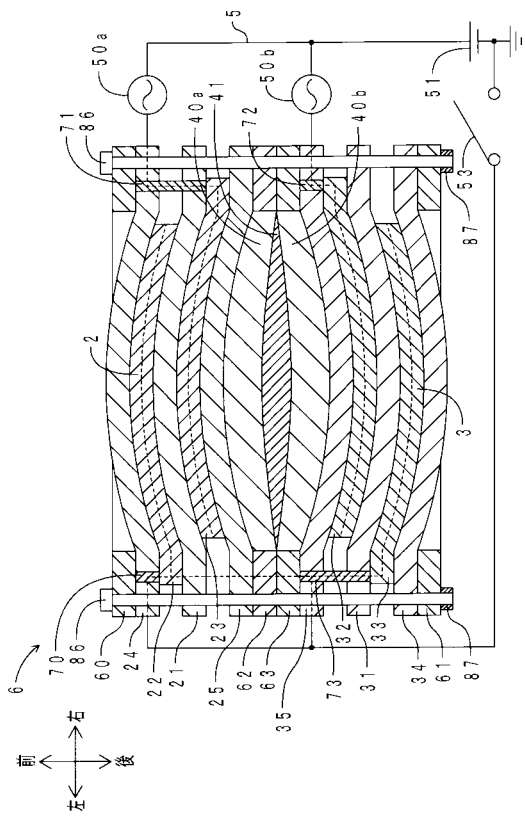
【 図 3 】



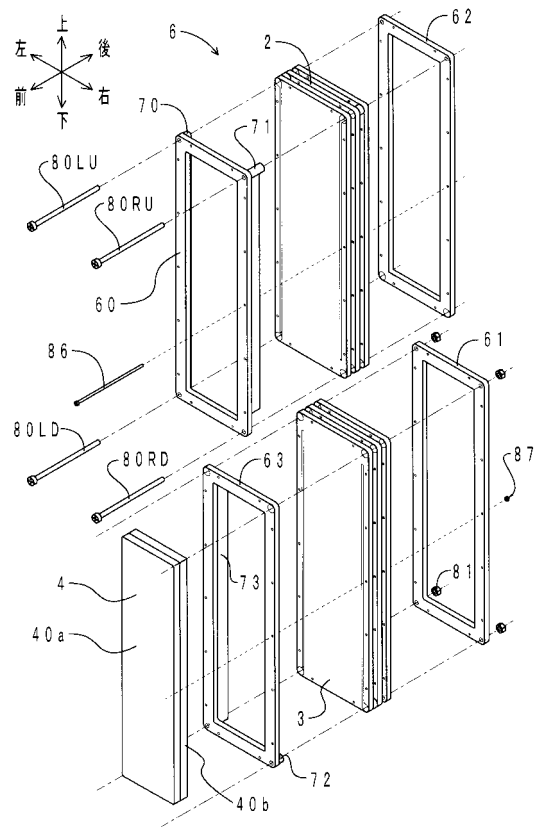
【 図 4 】



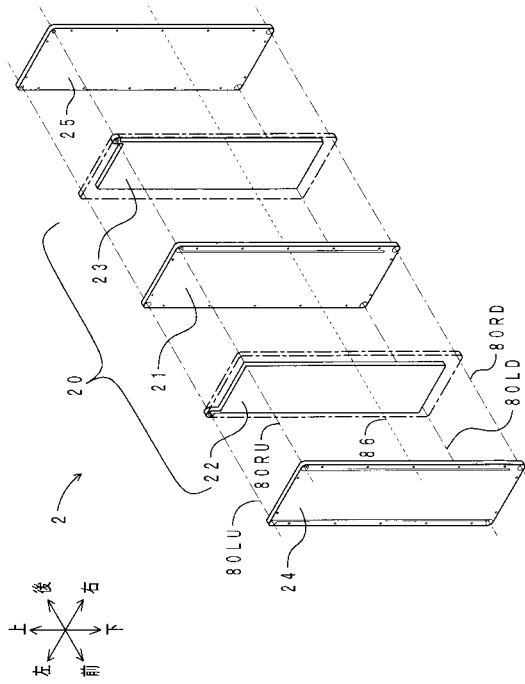
【 図 5 】



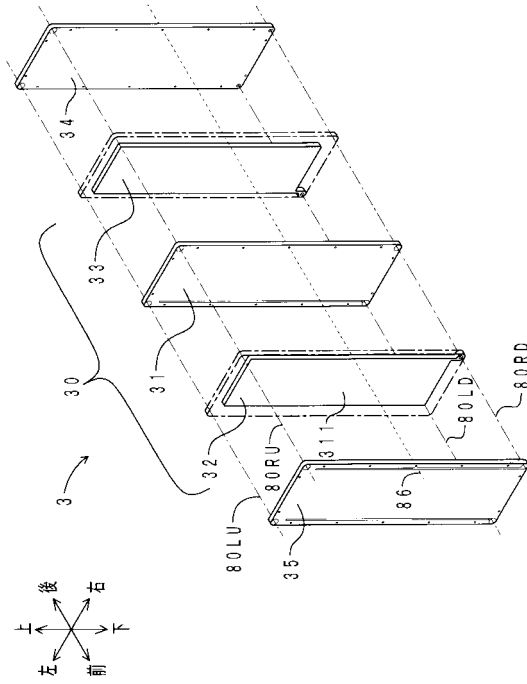
【 図 6 】



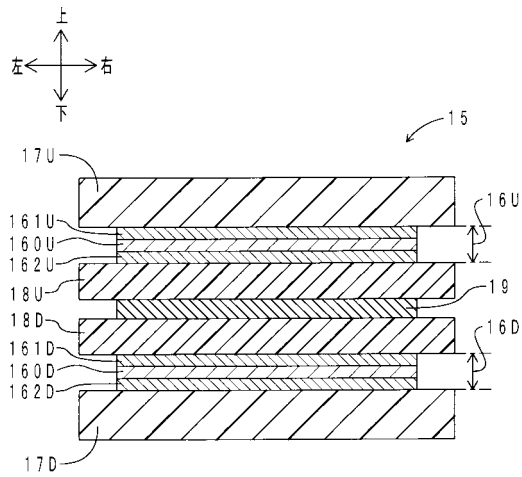
【圖 7】



【圖 8】



【圖 9】



【圖 10】

