

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6603554号
(P6603554)

(45) 発行日 令和1年11月6日 (2019.11.6)

(24) 登録日 令和1年10月18日 (2019.10.18)

(51) Int. Cl.

F I

B 3 2 B 15/06 (2006.01)

B 3 2 B 15/06 Z

B 3 2 B 5/32 (2006.01)

B 3 2 B 5/32

B 3 2 B 15/08 (2006.01)

B 3 2 B 15/08 P

C 0 8 J 9/28 (2006.01)

B 3 2 B 15/08 Q

H 0 5 K 9/00 (2006.01)

C 0 8 J 9/28 C E S

請求項の数 11 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-222972 (P2015-222972)
 (22) 出願日 平成27年11月13日 (2015.11.13)
 (65) 公開番号 特開2017-88785 (P2017-88785A)
 (43) 公開日 平成29年5月25日 (2017.5.25)
 審査請求日 平成30年3月8日 (2018.3.8)

(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
 (74) 代理人 110001988
 特許業務法人小林国際特許事務所
 (72) 発明者 伊藤 晃寿
 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フ
 イルム株式会社内
 (72) 発明者 小橋 創一
 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フ
 イルム株式会社内
 (72) 発明者 藪 浩
 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
 国立大学法人東北大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導電性フィルム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フィルム基材と前記フィルム基材の一方のフィルム基材面に配された導電材料層とを備え、前記フィルム基材及び前記導電材料層を厚み方向に貫通した複数の貫通孔が形成されている導電性フィルムであって、

前記導電材料層は、互いに隣り合う開口部の各間に導電部を有し、前記導電部の個数が 1 mm^2 当たり少なくとも400個であり、前記導電材料層の開口率が少なくとも40%であり、

前記フィルム基材は疎水性ポリマーを含み、

前記疎水性ポリマーは、ポリブタジエン、ポリイソプレン、ポリジメチルシロキサン誘導体、またはポリイソブチレンのいずれかを含む導電性フィルム。

【請求項 2】

フィルム基材と前記フィルム基材の一方のフィルム基材面に配された導電材料層とを備え、前記フィルム基材及び前記導電材料層を厚み方向に貫通した複数の貫通孔が形成されている導電性フィルムであって、

前記導電材料層は、互いに隣り合う開口部の各間に導電部を有し、前記導電部の個数が 1 mm^2 当たり少なくとも400個であり、前記導電材料層の開口率が少なくとも40%であり、

前記フィルム基材の他方のフィルム基材面に、ゲル層またはエラストマー層を備える導電性フィルム。

10

20

【請求項 3】

前記フィルム基材は疎水性ポリマーを含む請求項 2 に記載の導電性フィルム。

【請求項 4】

前記疎水性ポリマーは、ポリブタジエン、ポリイソプレン、ポリジメチルシロキサン誘導体、またはポリイソブチレンのいずれかを含む請求項 3 に記載の導電性フィルム。

【請求項 5】

前記フィルム基材の厚みが $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の範囲内である請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の導電性フィルム。

【請求項 6】

前記複数の貫通孔は、前記一方のフィルム基材面に沿って規則的に配列されている請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の導電性フィルム。

10

【請求項 7】

前記フィルム基材は、前記一方のフィルム基材面の垂直方向から見たときにハニカム状の構造とされている請求項 6 に記載の導電性フィルム。

【請求項 8】

隣り合う前記貫通孔の間の隔壁は、前記フィルム基材の厚み方向における中央に向かって厚みが漸減している請求項 7 に記載の導電性フィルム。

【請求項 9】

前記隔壁は前記フィルム基材の厚み方向における中央に隔壁開口部を有する請求項 8 に記載の導電性フィルム。

20

【請求項 10】

前記導電材料層は金で形成されており、前記導電材料層の厚みが 10 nm 以上 50 nm 以下の範囲内である請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の導電性フィルム。

【請求項 11】

前記導電材料層は、スパッタリング法により形成された部材である請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の導電性フィルム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、導電性フィルムに関する。

30

【背景技術】

【0002】

生体の組織表面に対して非侵襲ないし低侵襲な生体センサが要請されている。このような生体センサとして、血糖値や眼圧を検出するいわゆるスマートコンタクトレンズが提案されている。スマートコンタクトレンズのようなレンズ形態の生体センサでは、電極材として用いる導電性材料は可視光を透過することが望まれる。

【0003】

可視光を透過する導電性材料は、これまで多く提案されている。例えば、特許文献 1 には、透明な樹脂（ポリマー）基材と、この樹脂基材上に積層された金属薄膜からなる導電性メッシュとを備える電磁波遮蔽板としての、可視光を透過する導電性材料が記載されている。また、特許文献 2 には、透明な樹脂基材と、この樹脂基材上に設けられ、複数の開口領域を画成する導電性メッシュとを備える、可視光を透過する導電性メッシュシートが記載されている。以上のような導電性材料における導電性メッシュは、網目としての開口領域を囲む複数の導電部から構成されており、導電部同士が互いの端部で接続されていることで導電パスを形成している。

40

【0004】

また、組織表面のほとんどは球面などの曲面となっており、曲がる、伸縮する、捻れる等のように、変形することが通常である。したがって、組織表面に用いるための導電性材料には、曲面などにも沿うように変形することができる形状対応性や、例えば貼り付け対象物の変形に追従することができる変形追従性をもつことが要請される。こうしたいわゆ

50

る変形自在な導電性材料も、これまで提案されている。例えば特許文献3に記載される導電性材料としての配線構造体は、生体の組織表面に貼り付ける生体センサに用いられ、基材としてのベース層と、導電層と、カバー層とを備える。ベース層は、柔軟性を有する樹脂素材、例えばポリジメチルシロキサンから形成されている。このベース層の表面には、断面形状が波状の凹凸部が形成されており、導電層はこの凹凸部上に設けられている。カバー層は、柔軟性を有する樹脂素材から形成され、導電層上に設けられている。

【0005】

また、導電性材料としては、特許文献4に記載されるように、表面が金属で被覆された樹脂繊維で形成された不織布もある。特許文献5には、厚み方向に貫通した微小な孔がフィルム面に沿って複数並んで形成されることによりハニカム状の構造とされ、隣り合う孔と孔との間の隔壁の表面に無電解めっき層が形成されている導電性フィルムが記載されている。この導電性フィルムは、厚み方向にのみ導電性を示す異方性導電フィルムであり、個々の孔は独立している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平11-121974号公報

【特許文献2】特開2014-175609号公報

【特許文献3】特開2012-248346号公報

【特許文献4】特開2011-216373号公報

【特許文献5】特開2007-073389号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1, 2, 4の各導電性材料は、多少は変形するものの、伸びたり曲げたりすることができる変形の程度は小さいので、変形自在とは言い難い。また、特許文献3の導電性材料は、フィルム状ではあるものの、曲げや伸縮といった変形機能を発現ないし維持するために、基材であるベース層の厚みを300 μm と厚くし、さらに導電層の上にカバー層を設けてあるので、材料としての厚みが大きい。このため用途が制限される。そして、特許文献3の導電性材料は、導電性につき、繰り返しの変形に耐える一定の耐久性はもっているものの、耐えられる繰り返し回数は依然として少ない。また、特許文献5の導電性材料は、フィルム面に沿ったいわゆる面方向には導電性がないので、前述の生体センサの電極材のような面方向に導電性が要求される用途には用いることができない。

【0008】

そこで、本発明は、面方向における導電性を有し、変形自在で、耐久性に優れ、可視光を透過する導電性フィルム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】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の導電性フィルムは、フィルム基材とフィルム基材の一方のフィルム基材面に配された導電材料層とを備え、フィルム基材及び導電材料層を厚み方向に貫通した複数の貫通孔が形成されている導電性フィルムであって、導電材料層は、互いに隣り合う開口部の各間に導電部を有し、導電部の個数が1 mm^2 当たり少なくとも400個であり、導電材料層の開口率が少なくとも40%であり、フィルム基材は疎水性ポリマーを含み、疎水性ポリマーは、ポリブタジエン、ポリイソブレン、ポリジメチルシロキサン誘導体、またはポリイソブチレンのいずれかを含む。フィルム基材の他方のフィルム基材面に、ゲル層またはエラストマー層を備えることが好ましい。

【0010】

また、本発明の導電性フィルムは、フィルム基材とフィルム基材の一方のフィルム基材面に配された導電材料層とを備え、フィルム基材及び導電材料層を厚み方向に貫通した複

数の貫通孔が形成されている導電性フィルムであって、導電材料層は、互いに隣り合う開口部の各間に導電部を有し、導電部の個数が 1 mm^2 当たり少なくとも400個であり、導電材料層の開口率が少なくとも40%であり、フィルム基材の他方のフィルム基材面に、ゲル層またはエラストマー層を備える。フィルム基材は疎水性ポリマーを含むことが好ましい。疎水性ポリマーは、ポリブタジエン、ポリイソプレン、ポリジメチルシロキサン誘導体、またはポリイソブチレンのいずれかを含むことが好ましい。

【0011】

複数の貫通孔は、一方のフィルム基材面に沿って規則的に配列されていることが好ましく、フィルム基材は、一方のフィルム基材面の垂直方向からみたときにハニカム状の構造とされていることがより好ましく、隣り合う貫通孔の間の隔壁は、フィルム基材の厚み方向における中央に向かって厚みが漸減していることがさらに好ましい。隔壁はフィルム基材の厚み方向における中央に隔壁開口部を有することが好ましい。

10

【0012】

フィルム基材の厚みが $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の範囲内であることが好ましい。導電材料層は金で形成されており、導電材料層の厚みが 10 nm 以上 50 nm 以下の範囲内であることが好ましい。導電材料層は、スパッタリング法により形成された部材であることが好ましい。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、面方向における導電性を有し、可視光を透過し、変形自在で、優れた耐久性を示す。

20

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1実施形態の導電性フィルムの平面概略図である。

【図2】図1のII-II線に沿う断面概略図である。

【図3】図1のIII-III線に沿う断面概略図である。

【図4】導電部の説明図である。

【図5】層開口部の説明図である。

【図6】導電部材に金を用いた導電性フィルムの走査型電子顕微鏡画像である。

【図7】導電部材にチタンを用いた導電性フィルムの走査型電子顕微鏡画像である。

30

【図8】導電部材に白金を用いた導電性フィルムの走査型電子顕微鏡画像である。

【図9】光の波長に対する導電性フィルムの透過率を示すグラフである。

【図10】導電部材の厚みが異なる導電性フィルムについて、伸び率とシート抵抗との関係を示すグラフである。

【図11】導電性フィルムの伸縮回数とシート抵抗との関係を示すグラフである。

【図12】スパッタリング法により形成した導電材料層の走査型電子顕微鏡画像である。

【図13】熱蒸着法により形成した導電材料層の走査型電子顕微鏡画像である。

【図14】導電性フィルムの製造工程を示す説明図である。

【図15】スパッタリング時間を20秒として形成した導電材料層の断面の透過型電子顕微鏡画像である。

40

【図16】スパッタリング時間を60秒として形成した導電材料層の断面の透過型電子顕微鏡画像である。

【図17A】第2実施形態の導電性フィルムの層構造を示す説明図である。

【図17B】第2実施形態の導電性フィルムにおけるフィルム基材の斜視概略図である。

【図17C】第2実施形態の導電性フィルムにおける導電材料層の平面概略図である。

【図18】第3実施形態の導電性フィルムの側面概略図である。

【図19】第3実施形態の導電性フィルムの膨潤前と膨潤後とをそれぞれデジタルカメラで撮影した写真である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

50

〔第1実施形態〕

図1ないし図3に示すように、本発明を実施した導電性フィルム10は、メッシュ状に形成されており、網目としての開口が面状（二次元）に複数並んでいる。導電性フィルム10は、フィルム基材11と、導電材料層12とを備える。導電材料層12は、フィルム基材11の一方のフィルム基材面（以下、第1基材面と称する）11aに層状に設けられて一方のフィルム面を成し、導電材料で形成された部材である。なお、図1には、導電性フィルム10の導電材料層12側を図示しており、図2，図3では、フィルム基材11の厚みに対して導電材料層12の厚みを誇張して描いてある。導電性フィルム10を貼り付け対象物に対して貼り付ける場合には、フィルム基材11が貼り付け対象物に接し、導電材料層12が外側に露呈するように、導電性フィルム10を配する。なお、導電性フィルム10の厚みは、フィルム基材11の厚み T_{11} と導電材料層12の厚み T_{12} との和であり、図2及び図3においては符号 T_{10} を付す。

10

【0016】

導電性フィルム10には、フィルム基材11及び導電材料層12を、フィルム面に対して垂直な方向、すなわち厚み方向に貫通した貫通孔13が、複数形成されている。複数の貫通孔13は、図1に示すように導電材料層12の表面に沿って形成されており、図2に示すようにフィルム基材11においては第1基材面11aに沿って形成されている。これら貫通孔13は、導電材料層12の表面と、フィルム基材11の第1基材面11a及び他方のフィルム基材面（以下、第2基材面と称する）11bとに、それぞれ開口部を形成している。導電材料層の表面の開口部を、以下、層開口部と称して符号 $21a$ ， $21b$ ， $21c$ ， \dots ， $21h$ ， \dots を付し、第1基材面11a及び第2基材面11bの開口部を、以下、基材開口部と称して符号 $11c$ を付す。図1においては、図の煩雑化を避けるため、図示している層開口部21のうち、8つの層開口部 $21a$ ， $21b$ ， \dots ， $21h$ のみ符号を付しており、以下の説明においてこれらを区別しない場合には層開口部21と称する。本実施形態における層開口部21と基材開口部 $11c$ との各径は $5\mu m$ である。

20

【0017】

複数の貫通孔13は、その大きさ、形状が概ね一定であり、導電材料層12側のフィルム面の垂直な方向から見たときに、図1に示すように、任意の1つの貫通孔13を中心にした六角形の各頂点に周囲の6個の貫通孔13が配された状態に、貫通孔13は密に配列している。

30

【0018】

フィルム基材11は、上記の複数の貫通孔13により、メッシュ状とされている。複数の貫通孔13は、第1基材面11aに沿って規則的に配列していることが好ましく、この例では、より具体的にはマトリクス状に、配列されている。基材開口部 $11c$ の大きさ、形状は概ね一定である。

【0019】

このようなフィルム基材11は、第1基材面11aの垂直な方向から見たときに、図1に示す導電材料層12側のフィルム面における前述の配列状態と同様の態様で貫通孔13が形成されており、このため、フィルム基材11は、蜂の巣状、すなわちハニカム状の構造となっている。この「ハニカム状の構造」については後述する。

40

【0020】

隣り合う貫通孔13と貫通孔13との間の隔壁16は、フィルム基材11において、図2、図3に示されるように、第1基材面11aと第2基材面11bとのそれぞれから厚み方向での中央に向かうに従い厚みが漸減していることが好ましい。

【0021】

この例では、隔壁16は、図2に示すように、フィルム基材11において、厚み方向での概ね中央に隔壁開口部 $16a$ が形成されており、これにより、隔壁16を介して隣り合う貫通孔13同士はフィルム基材11の内部で第1基材面11aに沿った方向に繋がっている。ただし、隔壁16は、隔壁開口部 $16a$ が形成されていない場合もあり、その場合には貫通孔13は個々に独立している。

50

【0022】

ハニカム状の構造とは、基材開口部11cの形状や、貫通孔13の第1基材面11aに平行な断面における形状が六角形である必要はない。この例では、基材開口部11cの形状は円形となっている。第1基材面11aの単位面積当たりの貫通孔13の密度や隣り合う貫通孔13同士の距離等に応じて、基材開口部11cと、第1基材面11aにおける貫通孔13との各形状は、例えば丸みを帯びた略六角形や略八角形等になる場合もあり、ハニカム状の構造とはこのような態様も含む。また、ハニカム状の構造は、貫通孔13が互いに独立している構造の他、この例のように隣り合う貫通孔13同士がフィルム基材11の内部で繋がっている構造をも含む。さらに、貫通孔13の配列は、上記のものに限定されない。任意の1つの貫通孔13の周囲に3～5個、あるいは7個以上の貫通孔13が配されてもよく、貫通孔13が正方配列されてもよい。

10

【0023】

フィルム基材11の厚みT11は、0.2μm以上20μm以下の範囲内であることが好ましく、本実施形態では4μmとしている。厚みT11は、断面形状を走査型電子顕微鏡で観察し、その画像において測定することにより求めることができ、本実施形態でもこの方法を用いている。厚みT11は0.5μm以上15μmの範囲内であることがより好ましく、1.0μm以上10μm以下の範囲内であることがさらに好ましい。

【0024】

フィルム基材11は、透明な、具体的には可視光を透過する疎水性ポリマー52（図14参照）を含む。可視光を高い透過率で透過する疎水性ポリマー52としては、ポリ乳酸、ポリカプロラクトン、ポリグリコール酸、ポリジオキサノン、ポリヒドロキシブチレート、ポリブタジエン、ポリウレタン、ポリスチレン、ポリメタクリル酸メチル、ポリカーボネート、およびこれらの繰り返し単位を含む共重合体、伸縮性や弾性を有するゴム系ポリマー等が好ましい。ゴム系ポリマー素材としては、ポリブタジエン、ポリイソプレン、ポリジメチルシロキサン誘導体、ポリイソブチレンなどが挙げられる。本実施形態では疎水性ポリマーとしてポリブタジエンを用いている。なお、フィルム基材11には、界面活性剤（両親媒性化合物）を、フィルム基材11の質量に対して10質量%以下ならば含んでいてもよい。フィルム基材11は、導電性フィルム10をより変形自在にする観点と、繰り返しの変形に対する耐久性を発現する観点とではポリブタジエン、ポリイソプレン、ポリジメチルシロキサン誘導体、ポリイソブチレンのいずれかで形成されることがより好ましい。

20

30

【0025】

フィルム基材11は層開口部21を非閉塞な状態に導電材料層12と重なっており、また、導電材料層12は、基材開口部11cを非閉塞な状態にフィルム基材11上に配されている。導電材料層12は、図4に示すように、導電材料で形成された複数の導電部22a, 22b, ..., 22g, ...を有する。なお、以降の説明において、導電部22a, 22b, ..., 22g, ...を区別しない場合には、導電部22と称する。図4においては、図の煩雑化を避けるため、図示している導電部22のうち、7つの導電部22a, 22b, ..., 22gのみ符号を付してある。

【0026】

40

導電部22は、導電性フィルム10を導電材料層12側のフィルム面の垂直な方向から見たときに、隣り合う層開口部21の各間に、線状に存在する。この例では、図4に示すように、層開口部21aに隣り合う層開口部は、符号21b～21gで示す6つの層開口部であり、これら層開口部21b～21gの各々と層開口部21aとの間に、導電部22a～22fが存在する。なお、導電材料層12側のフィルム面の垂直な方向から見たときに、複数の層開口部21の中心間を線分でそれぞれ結び、線分同士が交差する場合には、短い一方の線分で結んだ2つの層開口部21を、長い他方の線分で結んだ2つの層開口部21の一方の「隣り合う層開口部」とする。例えば、層開口部21aに対して層開口部21b, 21c, 21hのいずれが隣り合う層開口部であるかを判断する場合には、図5に示すように、まず、層開口部21aと層開口部21hとの中心間を実線で示す線分L1で

50

結び、層開口部 2 1 b と層開口部 2 1 c との中心間を破線で示す線分 L 2 で結ぶ。線分 L 1 と線分 L 2 とは交差しており、線分 L 2 は線分 L 1 より短い。したがって、層開口部 2 1 a と隣り合う層開口部は、層開口部 2 1 b と層開口部 2 1 c とであり、層開口部 2 1 h は層開口部 2 1 a と隣り合う層開口部ではない、とする。

【 0 0 2 7 】

隣り合う導電部 2 2 は互いに端部で接続されており、これにより、導電性フィルム 1 0 の面方向で導電パスが形成される。少なくとも 1 つの導電部 2 2 の端部と他の少なくとも 1 つの導電部 2 2 の端部との接続部分、すなわち導電部 2 2 同士が接続する接続点（以下、単に「接続点」と称する）には符号 2 3 を付す。層開口部 2 1 の各々は、互いに端部で接続する複数の導電部 2 2 で囲まれており、この例では、ひとつの層開口部 2 1 a に着目した場合に、この層開口部 2 1 a は 6 つの導電部 2 2 a ~ 2 2 f に囲まれている。そして、各接続点 2 3 で 3 つの導電部 2 2 が接続している。

10

【 0 0 2 8 】

導電材料層 1 2 は、導電性フィルム 1 0 を導電材料層 1 2 側の一方のフィルム面側から見たときに、導電部 2 2 の個数が、面積 1 mm^2 当たり、少なくとも 4 0 0 個、すなわち 4 0 0 個以上とされており、本実施形態では 4 2 0 0 0 個である。導電部 2 2 の個数は、面積 1 mm^2 当たり、4 0 0 個以上 4 0 0 0 0 個以下の範囲内であることがより好ましく、1 0 0 0 個以上 2 0 0 0 0 個以下の範囲内であることがさらに好ましく、2 0 0 0 個以上 1 0 0 0 0 個以下の範囲内であることが特に好ましい。面積 1 mm^2 当たりの導電部 2 2 の個数は、例えば、一般の光学顕微鏡での画像を用いて求めることができる。

20

【 0 0 2 9 】

導電材料層 1 2 は、導電性フィルム 1 0 を導電材料層 1 2 側の一方のフィルム面側から見たときに、開口率が少なくとも 4 0 %、すなわち 4 0 % 以上とされており、本実施形態では 7 0 % である。この開口率は、走査型電子顕微鏡での画像を用いて求めることができる。具体的には、その画像が長方形であるときの一边を x 、他辺を y 、層開口部 2 1 の半径を r 、画像の面積（ x と y との積である $x y$ ）における層開口部 2 1 の個数を n （個）とするときに、 $(r^2 n / x y) \times 100$ の式で求められる百分率であり、本実施形態では後述の図 1 2 の画像を用いて求めている。導電材料層 1 2 の開口率は、4 0 % 以上 9 0 % 以下の範囲内であることがより好ましく、4 5 % 以上 8 0 % 以下の範囲内であることがさらに好ましく、5 0 % 以上 7 0 % 以下の範囲内であることが特に好ましい。

30

【 0 0 3 0 】

導電材料層 1 2 は第 1 基材面 1 1 a に加えて隔壁 1 6 の表面にも形成されていてよい。導電性フィルム 1 0 をより変形自在にする観点、具体的には、導電性フィルム 1 0 がより小さい曲率で曲がり、より大きな伸び率で伸び、また、曲がった状態や伸びた状態から元の状態へより復元しやすくなる観点から、導電材料層 1 2 は隔壁 1 6 の表面には形成されていない方が好ましく、形成されていて面積が小さいほど好ましい。

【 0 0 3 1 】

導電材料層 1 2 の厚み T_{12} は、導電材料層 1 2 を構成する導電材料によって好ましい範囲に多少の違いがあり、後述のように金（Au）である場合には、1 0 nm 以上 5 0 nm 以下の範囲内であることが好ましく、本実施形態では 2 3 . 2 0 0 nm にしてある。厚み T_{12} は、1 5 nm 以上 4 0 nm 以下の範囲内であることがより好ましく、2 0 nm 以上 3 0 nm 以下の範囲内であることがさらに好ましい。厚み T_{12} は、導電性フィルム 1 0 をエポキシ樹脂に包埋し、ウルトラミクロトーム（UC 6、ライカマイクロシステムズ（株））で切片を作製し、この切片の透過型電子顕微鏡（H - 7 6 5 0、（株）日立製作所製）での画像により求めることができ、本実施形態でもこの方法を用いている。本実施形態においては、より具体的には、切片につき 1 0 箇所厚みを測定して 1 0 の測定値を得て、それら 1 0 の測定値の平均値を厚み T_{12} としている。

40

【 0 0 3 2 】

導電材料層 1 2 を構成する導電材料は、本実施形態では金（Au）を用いている（図 6 参照）が、これに限定されず、例えば、チタン（Ti）（図 7 参照）、白金（Pt）（図

50

8 参照)、銀(Ag)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、パラジウム(Pd)等でもよい。厚みT12を同じに形成した場合において、高い導電性を発現する観点と、導電性フィルム10をより大きな伸び率で延ばしたり、繰り返しの変形に対する耐久性を高める観点とから、上記の導電材料の中でも金、チタン、白金がより好ましく、これらの中でも金が特に好ましい。

【0033】

導電材料層12は、熱蒸着法により形成された部材(以下、熱蒸着部材と称する)でもよいが、スパッタリング法により形成された部材(以下、スパッタ形成部材と称する)である方が好ましく、本実施形態でもスパッタ形成部材としている。

【0034】

上記構成の作用を説明する。導電材料層12は、メッシュ状、この例ではハニカム状の構造をもつフィルム基材11の第1基材面11a上に設けられており、層開口部21による開口率が少なくとも40%とされているから、導電性フィルム10は可視光の高い透過率(以下、単に透過率と称する)を示す。

【0035】

透過率の評価結果を表1に示す。透過率は、積分球付き検出ユニットを搭載した分光光度計(V-670、日本分光(株))を用いて測定している。具体的には、可視光域としての350nmから700nmの波長域に関して各導電性フィルム10の拡散反射率を求めた後、100%から拡散透過率を減算することで求めている。表1に示すように、導電材料層12の厚みT12が厚くなっても、導電性フィルム10は、高い透過率を示す。表1において、「導電材料層の厚み」が0nmである場合が、フィルム基材11単体での透過率である。

【0036】

【表1】

導電材料層の厚み [nm]	透過率 [%]
0	93.15
13	92.72
23	92.70
32	92.65
37	92.12
42	91.08

【0037】

また、導電性フィルム10の透過率は、光の波長依存性が低く、図9に示すように、350nm以上700nm以下の範囲内の波長において、概ね92%以上の透過率を示す。本実施形態においては、光の波長に対する透過率(単位は%)は、積分球付き検出ユニットを搭載した分光光度計(V-670、日本分光(株))を用いて測定している。具体的には、350nmから700nmの波長域に関して導電性フィルム10の拡散反射率を求めた後、100%から拡散透過率を減算して求めている。

【0038】

フィルム基材11は、複数の貫通孔13によりメッシュ状に形成されているから、貫通孔13が形成されていないフィルム基材、複数の孔が一方のフィルム基材面にのみ開口して形成されているフィルム基材、複数の孔が両フィルム基材面に開口しておらず内部に空隙として封じられているフィルム基材に比べて、より小さい曲率で曲がり、より大きな伸び率で伸び、捻れることができ、また、曲がった状態、伸びた状態、捻れた状態から元の状態へより復元しやすい。そのため、導電性フィルム10は、変形自在であって、例えば生体の組織表面などのように表面形状が曲面であってもその形状に沿うように形を変え、表面が例えば乾いた貼り付け対象物に対しても密着する。また、導電性フィルム10は、貼り付けて用いた場合に貼り付け対象物の曲げや伸縮、捻じれなどに追従して変形し、繰り返しの変形に対する耐久性も示す。

【 0 0 3 9 】

さらに、貫通孔 1 3 はフィルム基材 1 1 を厚み方向に貫通して第 2 基材面 1 1 b に基材開口部 1 1 c を形成しており、第 2 基材面 1 1 b は基材開口部 1 1 c を除いて平滑に形成されているから、導電性フィルム 1 0 は、例えば水などの液体を含む貼り付け対象物に第 2 基材面 1 1 b を密着して配した際に、貫通孔 1 3 における毛管力によって、密着状態をより確実に保持する。

【 0 0 4 0 】

隔壁 1 6 の厚みは、フィルム基材 1 1 の厚み方向での中央に向かうに従い漸減しているから、フィルム基材 1 1 の厚み方向において一定である場合に比べて、導電性フィルム 1 0 はより変形自在であり、繰り返しの変形に対する耐久性もより優れる。導電性フィルム 1 0 は、隔壁 1 6 に隔壁開口部 1 6 a が形成されているから、形成されていないものに比べて、より変形自在であり、繰り返しの変形に対する耐久性もより優れる。

【 0 0 4 1 】

複数の貫通孔 1 3 は、第 1 基材面 1 1 a に沿って規則的に配列しているから、変形した際に応力がフィルム基材 1 1 の面方向で均一にかかり、局所的な応力集中が抑制される。このため、第 1 基材面 1 1 a 上の導電材料層 1 2 においても局所的な応力集中が抑制されて、変形の際に、より高い確度で導電パスが保持される。この導電パスの保持により、導電性フィルム 1 0 のフィルム面全体での導電性が担保される。したがって、導電性フィルム 1 0 は、変形自在な性質と繰り返しの変形に対する耐久性とがより確実になり、この確実性は、フィルム基材 1 1 がハニカム状の構造とされることでより高まる。

【 0 0 4 2 】

フィルム基材 1 1 の厚み T_{11} が $0.2 \mu\text{m}$ 以上であるから、 $0.2 \mu\text{m}$ 未満である場合に比べて、導電性フィルム 1 0 は高い強度をもち、伸縮変形時に破断せず、自己支持性を有する。厚み T_{11} が $20 \mu\text{m}$ 以下であるから、 $20 \mu\text{m}$ より大きい場合に比べて、貼り付け対象物の表面形状に沿うように形を変え、また、貼り付け対象物の表面形状の変形に追従して、密着状態をより確実に保持する。そして、 $20 \mu\text{m}$ 以下という薄さであっても、導電性フィルム 1 0 は、フィルム基材 1 1 の上記構成により、変形しても破断しにくく、また、繰り返しの変形に対する耐久性も示す。

【 0 0 4 3 】

導電材料層 1 2 はフィルム基材 1 1 の第 1 基材面 1 1 a 上に設けられており、導電部 2 2 同士の接続による導電パスの形成により、導電性フィルム 1 0 は面方向での導電性を示し、フィルム面全域に亘る導電性が発現する。各接続点 2 3 で接続する導電部 2 2 の個数は本実施形態では 3 とされているから、導電性フィルム 1 0 の変形で、仮にひとつの導電部 2 2 が破断したり、互いに接続する一対の導電部 2 2 同士が離れても、残りの導電部 2 2 や他の導電部 2 2 同士の接続によって導電パスが確保される。そして、導電性フィルム 1 0 を導電材料層 1 2 側の一方のフィルム面側からみたときに、面積 1mm^2 当たりの導電部 2 2 の個数は、少なくとも 400 個と非常に多く、導電部 2 2 が高密度に存在する。そのため、導電性フィルム 1 0 の変形で例えばいくつかの導電部 2 2 が破断しても、他の導電部 2 2 で導電パスが確保され、導電性が保持される。

【 0 0 4 4 】

金 (Au) で形成されている導電材料層 1 2 の厚み T_{12} は、 10nm 以上であるから、導電性フィルム 1 0 が変形しても、より確実に導電性が保持される。また、厚み T_{12} が 50nm 以下であるから、 50nm よりも大きい場合に比べて、導電性フィルム 1 0 がより大きな伸び率で延ばされても、導電性がより確実に保持される。

【 0 0 4 5 】

面方向の導電性は、シート抵抗によって評価することができる。本実施形態では、シート抵抗は、幅が 1cm 、長さが 3cm の導電性フィルム 1 0 の抵抗値 R を用い、 $R \times w / L$ の式により算出している。導電性フィルム 1 0 の抵抗値 R は、上記サイズの導電性フィルム 1 0 の長手方向における両端に 1V の定電圧を印加し、印加中に流れる電流を計測し、オームの法則 ($V = IR$) より算出している。電流は、ピー・エー・エス (株) 製の A

10

20

30

40

50

ＬＳ電気化学アナライザを用いて計測している。伸び率は、伸ばす前の状態の長さを L_1 、一方向に伸ばした状態の長さを L_2 とするときに、 $(L_2 - L_1) / L_1$ で求める値である。導電材料層１２の厚み T_{12} が 23.200 nm である本実施形態の導電性フィルム１０のシート抵抗は、図１０の曲線Ａ（測定値は で示してある）で示すように、伸び率が 0.2 以下ではほとんど変化せず、伸び率が 0.6 であっても $6\text{ k} / \square$ よりも小さく抑えられている。なお、図１０におけるシート抵抗は、伸び率が 0 である場合を除いて、いずれも伸ばした状態で求めており、測定に用いたサンプルは、導電性フィルム１０のフィルム基材１１の第２基材面１１ｂに厚みが $500\text{ }\mu\text{m}$ のゲル部材を備えたものとして、ゲル部材は、ポリジメチルシロキサン（ＰＤＭＳ）である。また、上記のように本明細書でのシート抵抗の単位として用いている「 k / \square 」は、「 k / square 」を意味しており、ＳＩ単位系では「 k / \square 」である。

10

【００４６】

なお、導電材料層１２の厚み T_{12} によって、伸び率に対して保持される導電性の程度は異なる。図１０の曲線Ｂ（測定値は で示す）は厚み T_{12} が 34.600 nm 、曲線Ｃ（測定値は で示す）は厚み T_{12} が 42.100 nm の場合のシート抵抗である。それぞれ約 0.2 、約 0.1 の伸び率で導電部２２が破断し、シート抵抗が大きく増加した。これは導電材料層１２が厚み T_{12} を増すことで硬い膜状となり伸びに対して破断しやすくなったためである。導電材料層１２を構成する導電材料が金（Ａｕ）である場合において、 10 nm 以上 50 nm 以下の範囲内で厚み T_{12} が薄いほど伸び率に対する導電性が優れる。このように、伸び率に対する導電性は、導電材料に応じて厚み T_{12} を調整することで、変えることができる。

20

【００４７】

導電性フィルム１０のシート抵抗は、図１１に示すように、伸縮回数が 100 回以下ではほとんど変化せず、伸縮回数が 1000 回とされても $2200\text{ } / \square$ 程度に抑えられている。特に、 で示す伸び率が 0.3 の場合においては伸縮回数が 1000 回とされても $600\text{ } / \square$ 程度に抑えられている。この図１１に示す各シート抵抗は、所定の一方方向に所定の伸び率で延伸した後、その延伸力を解除する処理を繰り返し、最終の延伸を終えて延伸力を解除した状態で測定したものである。 は伸び率を 0.5 にした場合であり、 は伸び率を 0.4 にした場合である。測定に用いたサンプルは、図１０に示すシート抵抗を測定するために用いたサンプルと同じ態様のものである。

30

【００４８】

導電材料層１２は、スパッタ形成部材である（図１２参照）ので、例えば熱蒸着部材（図１３参照）や無電解めっきで形成された無電解めっき部材よりも、広範囲にわたって厚みがより均一である。このため、導電性フィルム１０の変形の際に、導電部２２の破断や、導電部２２同士が離れてしまうこと等が、より確実に抑制される。図１２及び図１３に示すように、スパッタ形成部材とすることで熱蒸着部材であるよりも、フィルム基材１１の基材開口部１１ｃをより確実に閉塞せずに形成されている点で、より好ましい。

【００４９】

導電性フィルム１０は、例えば図１４に示す導電性フィルム製造工程により製造される。導電性フィルム製造工程は、溶液調製工程４１、流延工程４２、結露工程４３、蒸発工程４４、剥離工程４５、導電材料層形成工程４６とを有する。

40

【００５０】

溶液調製工程４１は、フィルム基材１１を形成するための溶液５１を調製する工程である。この例では、疎水性ポリマー５２を、溶媒５３に溶解して溶液５１とする。流延工程４２は、溶液５１を支持体（図示無し）の上に流下して広げ、流延膜５４を形成する工程である。支持体は、予め温度を調整しておき、流延膜５４を形成する間も温度を調整していることが好ましい。なお、溶媒５３は、疎水性ポリマー５２の種類によって選定する。前述の各種疎水性ポリマー５２を用いる場合には、例えば、ジクロロメタン、クロロホルム、トルエン、ノルマルヘキサンを単独で用いたり、またはこれらから選ばれる複数種類を併用することができ、さらに他の液体を加えて用いてもよい。疎水性ポリマー５２とし

50

て例えばポリブタジエンを用いる場合の溶媒 5 3 としては、クロロホルムを単独で用いたり、またはクロロホルムを主成分とする混合物を用いることができる。

【 0 0 5 1 】

結露工程 4 3 は、流延膜 5 4 の膜面に結露させて水滴を形成する工程である。水滴は、周辺の雰囲気温度よりも低い温度となるように支持体を介して流延膜 5 4 を冷却することで形成される。ただし、複数の水滴の発生のタイミングを揃えたり、形成される水滴の大きさを均一に揃える観点では、支持体が所定の温度に保持されるように支持体の温度を調整しつつ、加湿した気体（例えば空気）を流延膜 5 4 上に供給することが好ましい。

【 0 0 5 2 】

蒸発工程 4 4 は、結露工程 4 3 で形成した水滴と、溶媒 5 3 とを蒸発させる工程である。この蒸発工程 4 4 では、水滴よりも溶媒 5 3 を早く蒸発させる。これにより、流延膜 5 4 中に水滴を沈み込ませ、沈み込んだ水滴を鑄型にして孔を形成する。この孔は、得られるフィルム基材 1 1 における貫通孔 1 3 となる。このため、溶媒 5 3 としては、水よりも蒸発速度が大きいものを用いることが好ましい。ただし、水滴が蒸発し始めるタイミングは、溶媒 5 3 のすべてが蒸発し終わった後でなくてもよい。また、形成された孔が維持される程度であれば、水滴の蒸発が完了した後にも多少の溶媒 5 3 が流延膜 5 4に残っていてもよく、この場合には残存している溶媒 5 3 は水滴の蒸発が完了した後に蒸発させる。なお、結露工程 4 3 中に、水滴が流延膜 5 4 中に沈み込みを開始する場合もある。また、上記の結露工程 4 3、蒸発工程 4 4 は、ハニカム状の構造をもつ多孔フィルムの製造方法として周知である、結露法（Breath Figure法とも呼ばれる）の工程である。剥離工程 4 5 では、支持体から流延膜 5 4 をフィルム基材 1 1 として剥がす。

【 0 0 5 3 】

導電材料層形成工程 4 6 は、支持体から剥離したフィルム基材 1 1 の第 1 基材面 1 1 a に導電材料層 1 2 を形成する。この導電材料層 1 2 の形成手法は、熱蒸着法やスパッタリング法を用いることができるが、スパッタリング法の方がより好ましく、本実施形態でもスパッタリング法としている。スパッタリング法においては、例えば、フィルム基材 1 1 を、スパッタリング処理装置にセットするための治具を備えたフレーム（枠部材）に保持した状態で、スパッタリング処理装置に供するとよい。なお、本実施形態のように、隔壁 1 6 がフィルム基材 1 1 の厚み方向の中央に向かうに従い漸減している場合には、スパッタリング法は、熱蒸着法に比べて、隔壁 1 6 の表面に導電材料層 1 2 が形成されにくい点でも、好ましい。

【 0 0 5 4 】

スパッタリング法によって導電材料層 1 2 を形成する場合には、スパッタリング時間を変えることにより、導電材料層 1 2 の厚み T 1 2 を変えることができる。表 2 に示すように、スパッタリング時間を長くするほど、厚み T 1 2 を厚くすることができる。図 1 5 と図 1 6 とを比較すると、スパッタリング時間を 2 0 秒にした導電材料層 1 2 よりもスパッタリング時間を 6 0 秒にした導電材料層 1 2 の方が、厚く形成されていることがわかる。なお、図 1 5 及び図 1 6 は、基材開口部 1 1 c 近傍における断面の画像であり、黒い部分が導電材料層 1 2、各画像の左下はフィルム基材 1 1 における貫通孔 1 3 の内部、右上が導電材料層 1 2 上の外部空間である。図 1 5 と図 1 6 とは拡大倍率が互いに等しく、図 1 6 における右下の白い線分の長さは、図 1 5 におけるのと同じく 1 0 0 n m に相当する。画像は、導電性フィルム 1 0 をエポキシ樹脂に包埋して、前述のウルトラミクロトームで切片を作製し、この切片を透過型電子顕微鏡（H - 7 6 5 0、（株）日立製作所製）で観察することにより得られる。なお、スパッタリング時間に代えて、または加えて、金属ターゲットとフィルム基材 1 1 との距離を調節することにより、厚み T 1 2 を調整することが可能である。

【 0 0 5 5 】

【表 2】

スパッタリング時間 [秒]	導電材料層の厚み [nm]
0	0
10	14.000
20	23.200
30	34.600
40	33.450
50	37.800
60	42.100

10

【0056】

導電材料層 12 のスパッタリング法による形成には、市販のスパッタリング成膜装置を用いてよい。本実施形態では、マルチターゲットコンパクトコーター（SVC-700TMSG-NS、サンヨー電子（株）製）を用いている。本実施形態におけるスパッタリングは、チャンバ内圧力を 0.4 Pa、ターゲット金属への印加直流電圧を 320 V（電流は 22 mA）、ターゲット金属とフィルム基材 11 との距離を 5 cm に設定して行っている。

【0057】

上記の例では、導電材料層形成工程 46 を剥離工程 45 の後にしているが、剥離工程 45 を導電材料層形成工程 46 の後にしてもよい。

20

【0058】

導電材料層 12 の開口率と面積 1 mm^2 当たりの導電部 22 の個数は、フィルム基材 11 における貫通孔 13 の形状を制御することにより変えられる。フィルム基材 11 における貫通孔 13 の形状は、結露工程 43 や蒸発工程 44 で制御することができる。なお、特開 2010-70648 号公報の段落 [0017]、[0018]、特開 2010-76105 号公報の段落 [0032]～[0040]、特開 2010-235808 号公報の段落 [0009]、[0025] 等に、支持体や加湿した気体などの各温度、結露で生成した水滴の成長時間を制御することで、孔の形状を制御することが記載されており、これらに記載される手法を、結露工程 43 や蒸発工程 44 に適用することができる。

【0059】

30

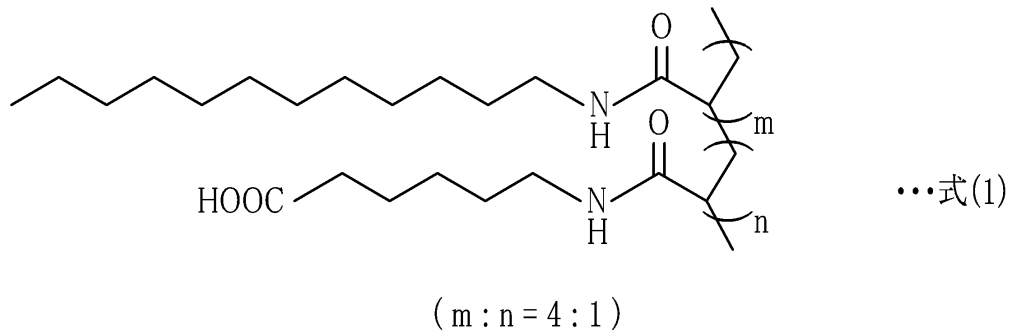
層開口部 21 及び基材開口部 11c の各径が $5\text{ }\mu\text{m}$ 、導電材料層 12 における開口率が 70%、フィルム基材 11 の厚み T_{11} が $4\text{ }\mu\text{m}$ 、導電部 22 の個数が 1 mm^2 当たり 42000 個の本実施形態の導電性フィルム 10 は、より具体的には以下の方法で製造している。まず、疎水性ポリマー 52 と界面活性剤としての両親媒性高分子化合物とを、質量比 10:1 で混合し、この混合物を溶媒 53 に溶解して、濃度が 2 mg/ミリリットル の溶液 51 を調製した。疎水性ポリマー 52 としてはポリブタジエン（JSR 株式会社製）を、溶媒 53 としてはクロロホルムを用いており、両親媒性高分子化合物は式（1）で示す両親媒性ポリアクリルアミドである。この溶液 51 を、冷却板上に設置した支持体としてのガラス板に塗布することで流延膜 54 を形成した。この流延膜 54 に、高加湿にされた空気を供給した。この際、冷却板の温度は 10℃ に、加湿した空気の湿度は露点が 18℃

40

になるように、それぞれ調節した。流延膜 54 を乾燥してからガラス板から剥ぎ取り、フィルム基材 11 を得た。このフィルム基材 11 に対して、前述のようにスパッタリング法を用いて導電材料層 12 を付与した。層開口部 21 及び基材開口部 11c の各径、導電材料層 12 における開口率、フィルム基材 11 の厚み T_{11} 、 1 mm^2 当たりの導電部 22 の個数は顕微鏡を用いて確認した。

【0060】

【化 1】



10

【0061】

また、別の態様として、層開口部 2 1 及び基材開口部 1 1 c の各径が 4 5 μm 、導電材料層 1 2 における開口率が 6 0 %、フィルム基材 1 1 の厚み T 1 1 が 2 0 μm 、導電部 2 2 の個数が 1 mm^2 当たり 4 8 0 個の導電性フィルム 1 0 は、より具体的には以下の方法で製造している。まず、疎水性ポリマー 5 2 と界面活性剤としての両親媒性高分子化合物とを、質量比 1 0 : 1 で混合し、この混合物を溶媒 5 3 に溶解して、上記の別態様での溶液 5 1 よりも高い濃度の溶液 5 1 を調製した。疎水性ポリマー 5 2 としてはポリブタジエン (J S R 株式会社製) を用い、溶媒 5 3 の主成分はクロロホルムとした。この溶液 5 1 を、冷却板上に設置した支持体としてのガラス板に塗布することで流延膜 5 4 を形成した。この流延膜 5 4 に、高加湿にされた空気を供給した。この際、冷却板の温度は 5 に、加湿した空気の湿度は露点が 2 0 になるように、それぞれ調節した。流延膜 5 4 を乾燥してからガラス板から剥ぎ取り、フィルム基材 1 1 を得た。このフィルム基材 1 1 に対して、前述のようにスパッタリング法を用いて導電材料層 1 2 を付与した。層開口部 2 1 及び基材開口部 1 1 c の各径、導電材料層 1 2 における開口率、フィルム基材 1 1 の厚み T 1 1、1 mm^2 当たりの導電部 2 2 の個数は顕微鏡を用いて確認した。

20

【0062】

導電性フィルム 1 0 を例えば電極材として用いるために、導電材料層 1 2 に所定のパターンを形成してもよい。本実施形態では、上記の方法で得られた導電性フィルム 1 0 の導電材料層 1 2 に対し、いわゆるレーザーアブレーションによりパターンニング処理を行い、電極パターンを形成して電極材を作製している。作製した電極材を、ガラス玉上に載置した含水状態のソフトコンタクトレンズの凸側表面に配した。電極材は、ソフトコンタクトレンズの概ね半分の面積とし、凸側表面の片側半分の領域に配した。フィルム基材 1 1 がソフトコンタクトレンズに接するように配したところ、電極材はソフトコンタクトレンズに密着した。L E D (Light Emitting Diode) と電源と一対の端子とにより、導電テストを作製した。この導電テストは、L E D の点灯により通電を確認することができるものである。上記の電極材をソフトコンタクトレンズに密着させた状態で、電極パターンの一端と他端とにそれぞれ端子を接触させ、L E D の点灯によって、通電が確認された。なお、この通電の確認には、3 V の直流電圧を印加して L E D を点灯させている。このように、導電性フィルム 1 0 は、一端が陽極に接続され、他端が陰極に接続される電極材として機能する。

30

40

【0063】

フィルム基材はメッシュ状であればハニカム状の構造のフィルム基材 1 1 に限定されない。メッシュ状としては、例えば織物状、編み物状、不織布状、スポンジ状などがあり、このような態様のフィルム基材と導電材料層とを備える導電性フィルムは上記の導電性フィルム 1 0 と同様の作用をもつ。なお、スポンジ状とは、不定形の空隙が複数形成されている多孔質状を意味する。

【0064】

〔第 2 実施形態〕

図 1 7 A に示す導電性フィルム 7 0 は、フィルム基材 7 1 と、導電材料層 8 0 とを備え

50

る。導電材料層 80 は、フィルム基材 71 の第 1 基材面 a 上に、層状に重ねて設けられている。この導電性フィルム 70 にも導電性フィルム 10 と同様に、フィルム基材 71 と導電材料層 80 とを、厚み方向に貫通する貫通孔 75 (図 17B 参照) が形成されているが、図 17A においては貫通孔 75 の図示を略してある。なお、図 17A は、導電性フィルム 70 を模式的に示すものであり、各フィルム面を便宜的に平坦に描いてある。

【0065】

フィルム基材 71 は、図 17B に示すように、第 1 の方向に延びた複数の第 1 線條体 72 と、第 1 の方向と直交する第 2 の方向に延びた複数の第 2 線條体 73 とで織られた織物状に形成されている。第 1 線條体 72 と第 2 線條体 73 とは、前述の疎水性ポリマーにより形成されている。第 1 線條体 72 と第 2 線條体 73 とに囲まれた貫通孔 75 は、第 1 基

10

【0066】

第 1 線條体 72 と第 2 線條体 73 とは、互いに独立しているが、例えば加熱による融着などで一体にされていてもよい。また、第 1 線條体 72 と第 2 線條体 73 との交差角度は 90° に限られない。隣り合う第 1 線條体 72 の間の距離を、この例では一定にし、隣り合う第 2 線條体 73 の間の距離も同様に一定にしている。これにより複数の貫通孔 75 は規則的に配列している。ただし、隣り合う第 1 線條体 72 の間の距離と、隣り合う第 2 線條体 73 の間の距離との少なくともいずれか一方を不均一にしてもよい。

【0067】

このフィルム基材 71 もメッシュ状に形成されているから、フィルム基材 11 と同様に、貫通孔が形成されていないフィルム基材、複数の孔が一方のフィルム基材面にのみ開口して形成されているフィルム基材、複数の孔が両フィルム基材面に開口しておらず内部に空隙として封じられているフィルム基材に比べて、より小さい曲率で曲がり、より大きな伸び率で伸び、捻れることができ、また、曲がった状態、伸びた状態、捻れた状態から元の状態へより復元しやすい。そのため、このフィルム基材 71 と導電材料層 80 (図 17A 参照) とを備える導電性フィルム 70 (図 17A 参照) は、変形自在であって、例えば生体の組織表面などのように表面形状が曲面であってもその形状に沿うように形を変え、表面が例えば乾いた貼り付け対象物に対しても密着する。また、この導電性フィルム 70 は、貼り付けて用いた場合に貼り付け対象物の曲げや伸縮、捻じれなどに追従して変形し、繰り返しの変形に対する耐久性も示す。

20

30

【0068】

導電材料層 80 は、図 17C に示すように、各貫通孔 75 を囲む第 1 線條体 72 と第 2 線條体 73 との第 1 基材面 71 a 側表面にそれぞれ導電部 22 を備え、複数の層開口部 81 a, 81 b, 81 c, ... が形成されている。なお、以下の説明においてこれらの層開口部 81 a, 81 b, 81 c, ... を区別しない場合には、層開口部 81 と称する。導電部 22 は、隣り合う層開口部 81 の各間に線状に存在しており、この例における隣り合う層開口部 81 とは、層開口部が並ぶ列方向 (図 17C における上下方向) と行方向 (図 17C における横方向) に隣接する層開口部 81 同士を意味する。例えば、層開口部 81 e と隣り合う層開口部は、符号 81 b, 81 d, 81 f, 81 h の 4 つであり、符号 81 a, 81 c, 81 g, 81 i の 4 つは層開口部 81 e と隣り合う層開口部ではない。したがって各層開口部 81 は 4 つの導電部 22 に囲まれている。

40

【0069】

この例においても、導電材料層 80 の開口率は、少なくとも 40% とされており、導電性フィルム 70 は高い透過率を示すものとなる。また、この例では、ひとつの接続点 23 で 4 つの導電部 22 が接続する。そのため、変形で例えばいくつかの導電部 22 が破断しても、他の導電部 22 で導電パスが確保され、導電性が保持される。

【0070】

導電材料層 80 も、導電材料層 12 と同様に、導電材料層 80 側の一方のフィルム面側からみたときに、導電部 22 の個数が、面積 1 mm² 当たり、少なくとも 400 個とされる。このように、導電材料層 12 において導電部 22 が高密度に形成されているから、変

50

形で例えばいくつかの導電部 2 2 が破断しても、他の導電部 2 2 で導電パスが確保され、導電性が保持される。

【 0 0 7 1 】

[第 3 実施形態]

図 1 8 を参照しながら、第 3 実施形態である導電性フィルム 9 0 について説明する。なお、図 1 8 においては、図 1 に示す部材と同じものには、図 1 と同じ符号を付し、説明を略す。また、図の煩雑化を避けるため、貫通孔 1 3 については図示を略してある。導電性フィルム 9 0 は、フィルム基材 1 1 と、導電材料層 1 2 と、ゲル層 9 1 とを備える。ゲル層 9 1 はフィルム基材 1 1 の第 2 基材面 1 1 b に配されている。ゲル層 9 1 は、第 2 基材面 1 1 b に形成されている基材開口部 1 1 c (図示無し) を閉塞するように第 2 基材面 1 1 b を覆っている。

10

【 0 0 7 2 】

ゲル層 9 1 は、貼り付け対象物に対する密着性を高めるためのものである。したがって、導電性フィルム 9 0 を貼り付け対象物に貼り付ける場合には、ゲル層 9 1 が貼付対象物に接触するように導電性フィルム 9 0 を配する。貼り付け対象物としては、例えば、乾いた表面や粘着性に欠けた表面をもつものや、乾燥しないように湿潤状態を保つべき表面をもつものが挙げられる。乾いた表面とは、水などの液体を非含有とする表面である。粘着性に欠けた表面とは、例えば、深さが数 μm 程度の凹部や高さが数 μm 程度の凸部が形成された微細な凹凸構造をもつ表面などである。乾燥しないように湿潤状態を保つべき表面とは、例えば、眼などの生体組織の表面などが挙げられる。

20

【 0 0 7 3 】

ゲル層 9 1 は、水などの液体を吸収して膨潤するものであり、構成する素材がゲルである。ゲル層 9 1 に代えて、構成する素材をエラストマーとするエラストマー層 9 6 としてもよい。ゲルとしては、例えば、ポリアクリルアミドとポリアクリルアミド - 2 - メチルプロパンスルホン酸とからなるハイドロゲル等が好ましく、エラストマーとしては、例えば、ポリジメチルシロキサン (P D M S) などが好ましい。本実施形態は、ゲル層 9 1 としてソフトコンタクトレンズ (素材は、ポリ - 2 - ヒドロキシエチルメタクリレート (略称は P - H E M A)) を用いている形態と、ゲル層 9 1 としてポリアクリルアミドとポリアクリルアミド - 2 - メチルプロパンスルホン酸とからなるハイドロゲルを用いている形態とがある。

30

【 0 0 7 4 】

ゲル層 9 1 とエラストマー層 9 6 との厚み T C は特に限定されず、例えば 5 0 μm 以上 1 0 mm 以下の範囲内とされ、本実施形態では 5 0 0 μm としている。

【 0 0 7 5 】

フィルム基材 1 1 と導電材料層 1 2 とから構成される部分は、第 1 実施形態の導電性フィルム 1 0 と同様に変形自在であり、繰り返しの変形に対する耐久性をもつから、ゲル層 9 1 とエラストマー層 9 6 とが液体を吸収して膨潤しても、またゲル層 9 1 とエラストマー層 9 6 とが液体を蒸発して収縮しても、ゲル層 9 1 またはエラストマー層 9 6 との密着状態と、導電性とは保持される。

【 0 0 7 6 】

導電性フィルム 9 0 のフィルム基材 1 1 を、フィルム基材 7 1 などの他のメッシュ状のフィルム基材に代えてもよい。

40

【 0 0 7 7 】

導電性フィルム 9 0 は、本実施形態では、導電性フィルム 1 0 と、液体の水を含んで膨潤状態にあるゲル層 9 1 またはエラストマー層 9 6 を重ねることにより製造している。フィルム基材 1 1 は前述のように第 2 基材面 1 1 b に基材開口部 1 1 c が形成されており、貫通孔 1 3 による毛管力によって、ゲル層 9 1 またはエラストマー層 9 6 と重ねることで密着する。なお、液体が非含有の状態のゲル層またはエラストマー層と、導電性フィルム 1 0 とを重ねてから、ゲル層またはエラストマー層に液体を吸収させても、導電性フィルム 9 0 を製造することができる。

50

【 0 0 7 8 】

この導電性フィルム 9 0 の導電材料層 1 2 にも、所定のパターンを形成することができる。本実施形態では、上記の方法で得られた導電性フィルム 9 0 の導電材料層 1 2 に対し、前述のレーザーアブレーションによりパターンニング処理を行い、電極パターンを形成して電極材を作製している。なお、ここでの導電性フィルム 9 0 はゲル層 9 1 を備えたものとしており、その素材は、ポリアクリルアミドとポリアクリルアミド - 2 - メチルプロパンスルホン酸とからなるハイドロゲルである。作製した電極材を、ペンの周面上に配した。電極材を、ゲル層 9 1 がペンの周面に接するように配したところ、この電極材はペンに密着した。電極材をペンの周面に密着させた状態で、前述の導電テストの一对の端子を電極パターンの一端と他端とに接触させて、LED の点灯によって、通電が確認された。さらに、この電極材を、ペンに代えてヒトの手の指に巻き付けたところ、この電極材は指に密着した。指に密着させた状態の電極材は、前述の導電テストにより、通電が確認された。

10

【 0 0 7 9 】

また、図 1 9 に示すように、同様の電極材を、1 c m 角の柵目が描かれた基板上へ載せ、水の吸収と蒸発とにより導電性フィルム 9 0 のゲル層 9 1 の膨潤と乾燥とを繰り返した。なお、一方向に並べた「B」、「I」、「O」の文字の形状をもつ黒みを帯びた部分と、これらの文字同士を接続する黒みを帯びた線とが、パターンニング処理で形成された電極パターンである。図 1 9 に示すように、導電性フィルム 9 0 は、ゲル層 9 1 が乾燥状態にある収縮状態（左側の画像）と、ゲル層 9 1 が膨潤状態にある伸びた状態（右側の画像）とを繰り返した。ゲル層 9 1 が膨潤状態にある場合には、乾燥状態にある場合に比べて、導電性フィルム 9 0 が概ね 2 倍の大きさになっていることがわかる。

20

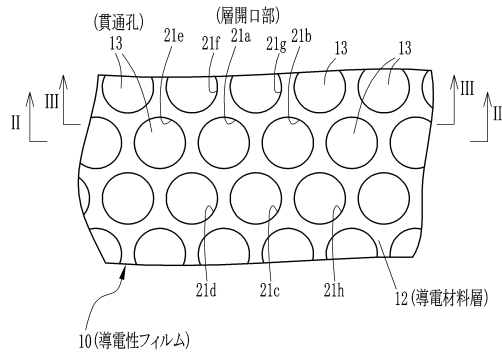
【 符号の説明 】

【 0 0 8 0 】

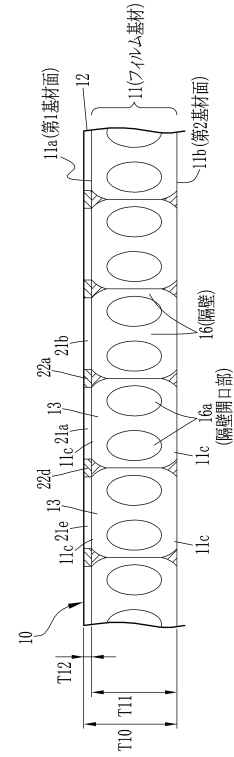
- 1 0 , 7 0 , 9 0 導電性フィルム
- 1 1 , 7 1 フィルム基材
- 1 2 , 8 0 導電材料層
- 1 3 , 7 5 貫通孔
- 1 6 隔壁
- 2 1 a , 2 1 b , 2 1 c , . . . 層開口部
- 9 1 ゲル層
- 9 6 エラストマー層

30

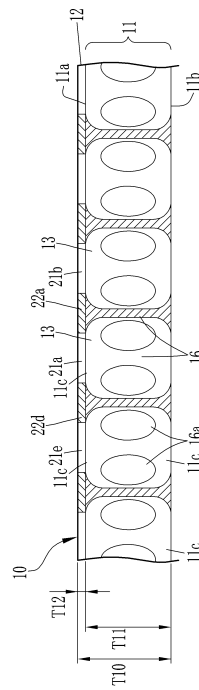
【図 1】



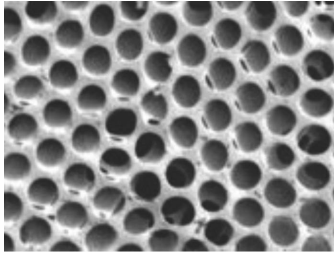
【図 2】



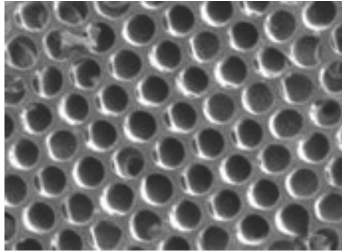
【図 3】



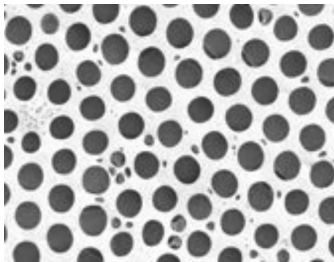
【図 6】



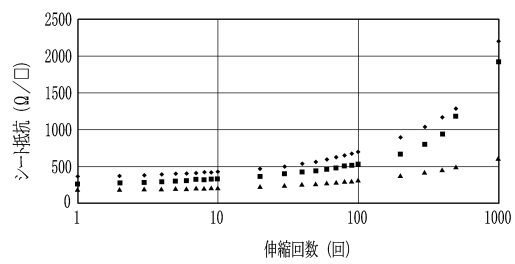
【図 7】



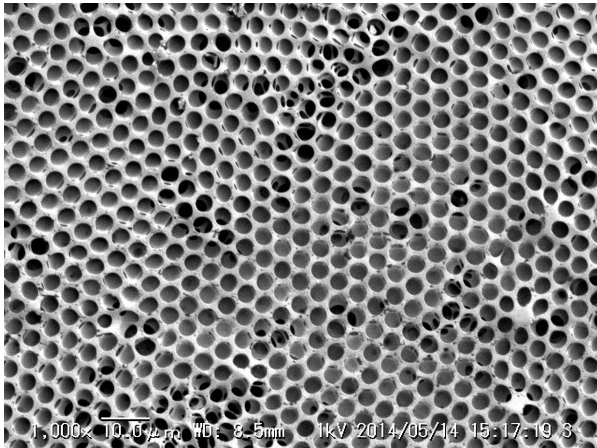
【図 8】



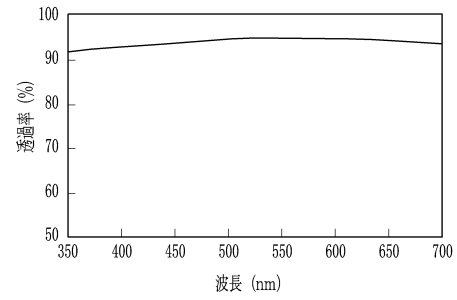
【図 11】



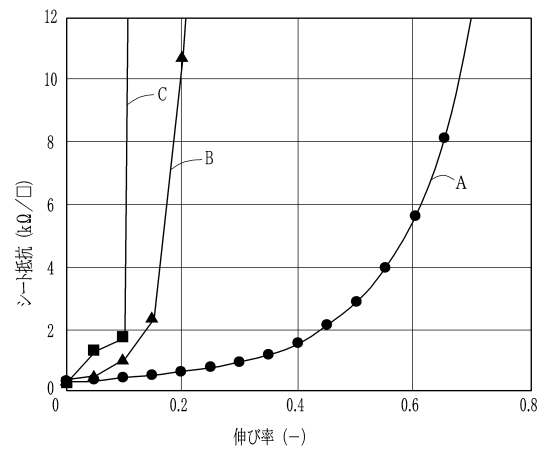
【図 12】



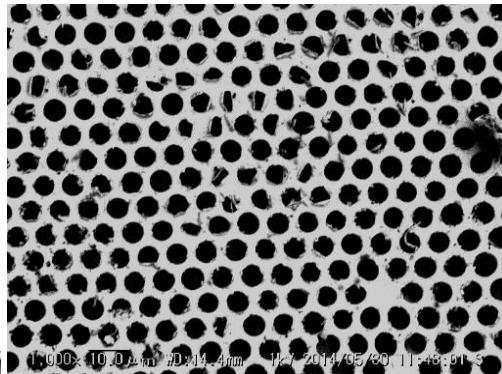
【図 9】



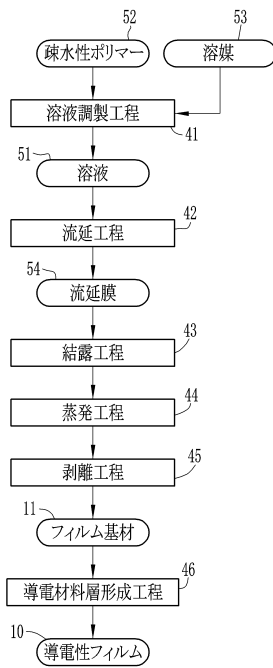
【図 10】



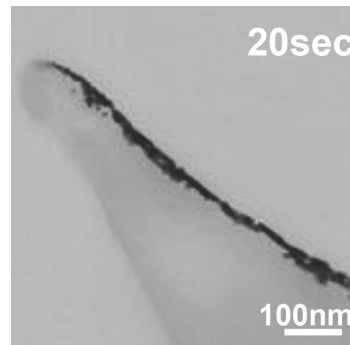
【図 13】



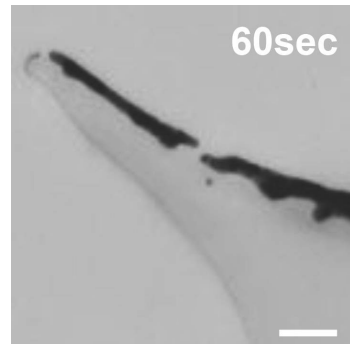
【図 14】



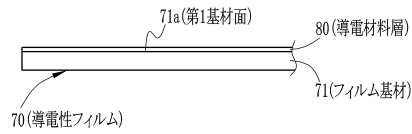
【図 15】



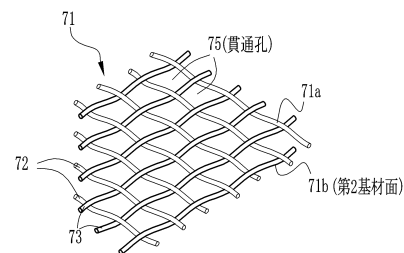
【図 16】



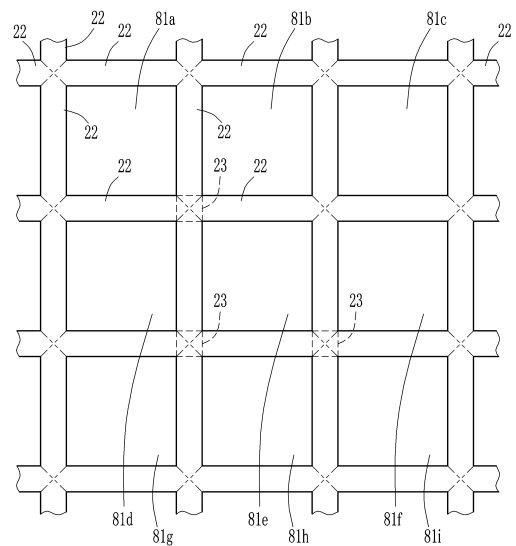
【図 17 A】



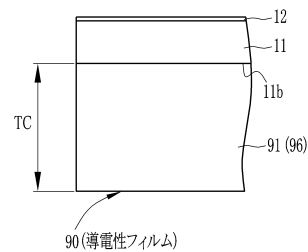
【図 17 B】



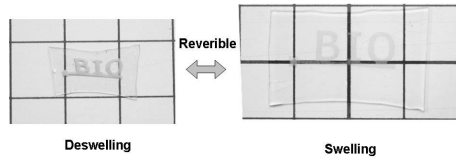
【図 17 C】



【図 18】



【 図 19 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			
C 0 8 J	9/36	(2006.01)	H 0 5 K	9/00	V
H 0 1 B	5/14	(2006.01)	C 0 8 J	9/36	C F H
C 2 3 C	14/20	(2006.01)	H 0 1 B	5/14	A
C 0 8 J	7/04	(2006.01)	C 2 3 C	14/20	
			C 0 8 J	7/04	D

(72)発明者 長峯 邦明
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6番6号 国立大学法人東北大学内

(72)発明者 西澤 松彦
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6番6号 国立大学法人東北大学内

審査官 横島 隆裕

(56)参考文献 特開2014-124906(JP,A)
特開2006-070254(JP,A)
特開2007-291367(JP,A)
特開2014-212211(JP,A)
特開2009-073124(JP,A)
特開2004-276443(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 3 2 B	1 / 0 0 - 4 3 / 0 0
C 0 8 J	7 / 0 4 - 7 / 0 6
C 0 8 J	9 / 0 0 - 9 / 4 2
C 2 3 C	1 4 / 0 0 - 1 4 / 5 8
H 0 1 B	5 / 0 0 - 5 / 1 6
H 0 5 K	9 / 0 0