(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年12月24日(24.12.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/255920 A1

(51) 国際特許分類:
G01L 1/16 (2006.01)　*H01L 41/113* (2006.01)
C08G 73/10 (2006.01)　*H01L 41/193* (2006.01)
C08J 7/04 (2020.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2020/023394

(22) 国際出願日：　2020年6月15日(15.06.2020)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-113906　2019年6月19日(19.06.2019)　JP

(71) 出願人: 三井化学株式会社 (**MITSUI CHEMICALS, INC.**) [JP/JP]; 〒1057122 東京都港区東新橋一丁目５番２号 Tokyo (JP).

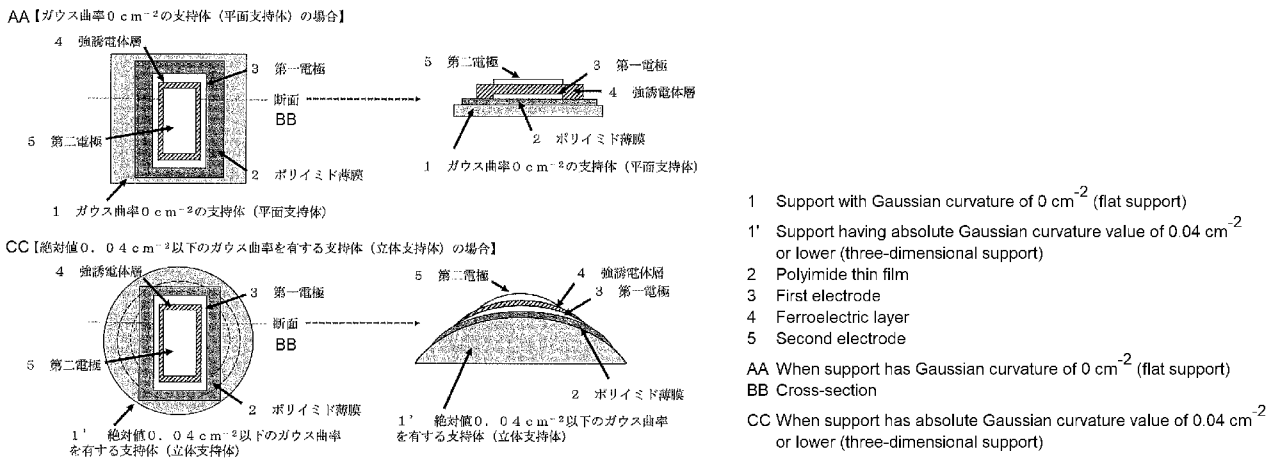
(72) 発明者: 岡部 潤 (**OKABE, Jun**). 須永 忠弘 (**SUNAGA, Tadahiro**). 時任 静士 (**TOKITO, Shizuo**). 関根 智仁(**SEKINE, Tomohito**).

(74) 代理人: 特許業務法人鷲田国際特許事務所 (**WASHIDA & ASSOCIATES**); 〒1600023 東京都新宿区西新宿１－２３－７ 新宿ファーストウェスト８階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) **Title:** TACTILE SENSOR FORMED ON POLYIMIDE THIN FILM HAVING HIGH TOTAL LIGHT TRANSMITTANCE, AND SWITCHING DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称： 高い全光線透過率を持つポリイミド薄膜上に形成された触覚センサとそれを用いたスイッチングデバイス



1 Support with Gaussian curvature of 0 cm^{-2} (flat support)
1' Support having absolute Gaussian curvature value of 0.04 cm^{-2} or lower (three-dimensional support)
2 Polyimide thin film
3 First electrode
4 Ferroelectric layer
5 Second electrode
AA When support has Gaussian curvature of 0 cm^{-2} (flat support)
BB Cross-section
CC When support has absolute Gaussian curvature value of 0.04 cm^{-2} or lower (three-dimensional support)

(57) **Abstract:** The present invention can be used to manufacture at a high non-defective rate by solution processing a polyimide thin film sensor substrate, which is a light, supple, and tough thin film component having high total light transmittance that can form various three dimensional shapes, and also provides a stably driven tactile sensor, which is an electronic device having the switching function thereof. This tactile sensor, which has been formed on a polyimide thin film having a high total light transmittance, thermal resistance, and a surface free energy polar component with a specific value, is a switching device that emits a voltage signal, and this signal, through an electronic circuit for controlling noise derived from a living body or the environment, stably drives another device. This tactile sensor has a curved or flat surface and has a first electrode, a ferroelectric layer, and a second electrode, which have been formed by a printing method over the polyimide thin film. In addition, a switching device which is a tactile sensor capable of driving another device merely

WO 2020/255920 A1

［続葉有］

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

by being lightly touched with a finger, through an electronic circuit for controlling noise derived from a human body or the environment, can be manufactured at a high non-defective rate.

(57) 要約: 本発明は、軽く、しなやかで強靭な様々な立体形状形成可能な薄膜で高い全光線透過率な部品であり、溶液プロセスによるポリイミド薄膜のセンサ基板が高良品率で製造でき、かつ安定駆動する触覚センサであり、そのスイッチ機能を持つ電子デバイスを高収率で提供する。本発明の高全光線透過率、耐熱性、かつ、表面自由エネルギー極性成分が特定値を有するポリイミド薄膜上に形成した触覚センサが、電圧信号を発し、その信号が生体や環境に由来するノイズ制御電子回路で、安定的に他デバイス駆動を実現するスイッチングデバイスであり、これは前記ポリイミド薄膜上に、印刷法で形成した第一電極、強誘電体層と第二電極を有する、曲面または平面の触覚センサである。さらに、人体や環境に由来するノイズを電子回路制御で軽く指で触るだけで他デバイス駆動をできる触覚センサであるスイッチングデバイスを高良品率で製造提供できる。

明　細　書

発明の名称 ：

高い全光線透過率を持つポリイミド薄膜上に形成された触覚センサとそれを用いたスイッチングデバイス

技術分野

[0001] 本発明は、高い全光線透過率を持つポリイミド薄膜上に形成された触覚センサとそれを用いたスイッチングデバイスに関する。

背景技術

[0002] 近年、電子デバイスの分野において、印刷技術を利用して電子デバイスを作製するプリンテッドエレクトロニクスが注目されている。プリンテッドエレクトロニクスには大きく分類して２つの新しい技術要素がある。第一に、近年精力的に開発が進んでいる金属粒子インクや金属ペーストによる配線形成技術により、従来から使われているリソグラフィー法では実現不可能なプロセスの簡略化と低コスト化である。第二に、硬いプリント回路板（ＰＣＢ）を薄さや柔軟性、伸縮性といった特長を持つ高分子フィルムに置き換えて電子デバイスの薄型化やフレキシブル化を実現することである。金属粒子インクや金属ペーストは、高分子フィルムと界面で結びつく関係にあり、このことが配線形成性に多大な影響を与える。

[0003] すなわち、公知のＹｏｕｎｇの式で表される通り、液状またはペースト状の金属粒子インクや金属ペーストと、固体の高分子フィルムそれぞれの表面自由エネルギーの関係によって配線の形成状態が決まるという特徴がある。微視的にはこの表面自由エネルギーは、金属粒子インクや金属ペーストと、高分子フィルムそれぞれの化学的組成、すなわち分子レベルの分散と極性が影響するため、プリンテッドエレクトロニクスにおいては表面自由エネルギーの理解が特に重要である。

[0004] 前記の技術背景において、その目標市場は、トリリオン（1兆個）センサ（但し、プリンテッドエレクトロニクス、レーザ、画像など多種多様）、有機

ＥＬ、有機トランジスタ分野であり、２０２０～２０３０年を目指した第５世代社会（超スマート社会）Ｓｏｃｉｅｔｙ５．０である。将来問題として人口減少・高齢化、エネルギー、環境・災害、地域格差問題拡大などの課題を第４次産業革命（ＩｏＴ、ビッグデータ、ＡＩ（人工知能）ロボットなど）によって低減または解消する技術革新が必要となるとされている。

[0005] この第４次産業革命は、あらゆるモノをインターネットに接続（以下ＩｏＴ（Ｉｎｔｅｒｎｅｔ ｏｆ Ｔｈｉｎｇｓの略）という。）し、モノから得られる情報をビックデータに集積し、ＡＩによる解析を経て価値のあるフィードバックを我々に提供する社会を目指している。従来はパーソナルコンピュータ、スマートフォン、タブレット、テレビなどがインターネットに接続されてきたが、将来の接続の範囲は、移動手段（自動車、電車、航空機、船舶、運送トラックなど）、住宅（冷蔵庫、テレビ、エアコン、掃除機などの家電やセキュリティーシステムなど）、医療・介護施設（病床、健康状態モニタリングなど）に広がっていくと予想されている。例えば、自動車の位置情報から未来の渋滞を予測し、その情報をドライバーに提供することや自動運転を実現すること、住居内の温度や湿度、明るさの情報から快適な温湿度環境や調光を提供すること、医療・介護施設における患者の健康状態のモニタリングによって従来人手に頼っていた状態監視の負担を軽減する、といったことが目指されている。

[0006] しかしながら、単にこうしたネットワークが実現できれば良いということではない。日本自動車工業会の「自動車生産用原材料構成比調査」によると、１９８０年代の普通・小型乗用車には７３～７５％もの鋼材と、わずか３％のアルミニウムと６～７％の樹脂材料が使われていたために、角張っていて重量感を感じる形状であった。２０００年以降は鋼材が７０％程度まで低下し、アルミニウムが６％、樹脂材料が８％に増加してきたことで、車体の軽量化による燃費の向上と歩調を合わせるように、アルミニウムや樹脂材料の特長を生かした丸みや曲線美を持つ形状に変わってきた。冷蔵庫、テレビ、エアコン、ロボット掃除機などの家電についても、多様なサイズや内装の

住居の中での適合性や、個人の嗜好に応じた意匠性が重視されるようになり、柔らかい印象を受ける曲面形状が広く受け入れられるようになってきている。医療・介護施設においては、患者が装着し、身体にフィットすることができるヘルスケア機器であることが、正確なバイタル情報の収集のために必須であるため、柔らかさや曲面のない形状では不適当である。つまり、将来のＩｏＴ社会で使われるモノは様々な曲面を持つことを認識しなくてはならない。

[0007] また、従来は工場の生産ラインでの活用にすぎなかったロボット分野においては、近年、人間に近い場所でロボットがサービスを提供するコミュニケーションロボットが生み出されている。そうしたロボットもインターネットに接続されることで、将来のＩｏＴ社会で果たす役割は大きいと認識されており、ロボットと人間が円滑な関係を築いていくためには、人間にとってロボットが「親しみやすいこと」が必要条件になっている。その観点からは、視覚的あるいは触覚的に認知されるロボットの形状が大きな影響を与えることが考えられるため、滑らかな曲面形状であることや、適度な硬さと柔らかさのバランスを持っていることがロボットの一般生活に普及するか否かを左右すると言っても過言ではない。

[0008] こうした将来の自動車、家電、ヘルスケア機器、ロボット等は一層の曲面形状を有するものに変化していき、ＩｏＴ社会の実現のために、モノにセンサを取り付けて位置、温度、湿度、照度、圧力等の情報を吸い上げる必要がある。その背景の下、近年、曲面や凹凸面を有する三次元構造のセンサや曲面にしなやかに適合する素材を使ったセンサモジュールの開発に加えて、曲面や凹凸面に回路配線を形成するための印刷装置や印刷材料、基板材料といったプリンテッドエレクトロニクス分野に属する前述の技術開発が一層重要になっている。

[0009] ＩｏＴ社会を実現するためには、各種電子デバイス製品が大量に、かつ安価に社会に提供される必要がある。プリンテッドエレクトロニクスによって製造されたセンサは、将来的にユーザーが求める価格である５００円未満／

センサモジュールを達成しなくてはならないと考えられている。

[0010] また、プリンテッドエレクトロニクスは、リソグラフィー法とは異なる、金属粒子インクや金属ペーストによる配線形成技術であることを前述したが、「フレキシブル・ハイブリッド・エレクトロニクス」として、印刷技術と既存のリソグラフィー技術で製造される集積回路（ＩＣ）との組合せで、ハイブリッド化することで、高性能を維持しつつ、フレキシブルな製品や部品を経済的に実現することができる。この概念は、アメリカを中心に提唱された技術であり、製品全体として低コストと高性能に加えて、軽量化、薄膜化、しなやかさと強靭さなどの優れた物理特性を提供でき、これまでにない用途の利用を見込んでいる。

[0011] 高分子フィルム基材としては、ポリエチレンテレフタレート（以下ＰＥＴという。）、ポリエチレンナフタレート（以下ＰＥＮという。）、ポリエーテルエーテルケトン（以下ＰＥＥＫという。）、ポリフェニレンスルフィド（以下ＰＰＳという。）、ポリアリレート（以下ＰＡＲという。）、ポリイミド（以下ＰＩという。）、ポリカーボネート（以下ＰＣという。）、セルローストリアセテート（以下ＴＡＣという。）、セルロースアセテートプロピオネート（以下ＣＡＰという。）等のプラスチックが用いられている（特許文献１）。こうした高分子フィルムを使うことでガラス基板等を用いる場合よりも軽量化と薄膜化を実現できる。

[0012] さらに、特に前記の人口減少と高齢化の将来問題の課題に対応するために、人体や衣服に貼り付け、寝具に挿入されて健康状態を監視するヘルスケアデバイスが近年注目されている。例えば、特許文献２にはベッドおよび床に敷く寝床において、人の肺の呼吸活動および心臓の拍動等を振動センサで検出し、人の健康状態を２４時間検出できる装置が開示されている。その解決しようとする課題は、ベッドで睡眠中の患者、高齢者の状態をモニタリングすることによる介護業務の負担の軽減である。特許文献２では、振動センサにポリフッ化ビニリデンを用いることで肺の呼吸活動および心臓の拍動等を検出している。

[0013] 前記のポリフッ化ビニリデンは機械エネルギーを電気エネルギーに変換、または電気エネルギーを機械エネルギーに変換する圧電性材料である。圧電性材料を使って、前記の肺の呼吸活動や心臓の拍動に代表される生体信号を検出、すなわち該生体信号を機械エネルギーとして捕捉し、それを圧電性材料によって電気エネルギーに変換して、それをモニタリングする技術開発は前記特許文献２に示したように近年積極的に行われているが、入力された圧力を追跡することができるマルチタッチ機能を有する検知デバイスも作製されている。これは前記のポリフッ化ビニリデンに加えられた圧力（機械エネルギーを意味する）が電圧（電気エネルギーを意味する）に変換され、増幅、ノイズ除去、加算、アナログ－デジタル変換を行い、コンピューター上で該圧力をモニタリングすることで、タッチパネル、エネルギー収穫器、介護付き環境（インテリジェントフロアともいう。）や警護アプリケーションに用いられるものである（特許文献３）。

[0014] また、前記の入力された圧力を検知するものとして古典的な、電極が形成されたベース基板に取り付けられる押しボタンスイッチがある。これは、操作ボタンが押し込み可能に配設された箱型のベースと、前記ベース基板に対向する前記ベースの底面から突出し、前記電極に接続可能な接続端子と、前記底面側へ延出し、前記ベースを前記ベース基板側へ押圧することで入力された圧力を検知する（特許文献４）。

[0015] さらに、特許文献５では、圧電材料を含む圧力センサが開示されている。これは圧電材料と電界効果トランジスタ構造を組み合わせた構成になっており、印加応力に比例した電流が流れる機能を持っている点で、疑似的にスイッチに近いと考えられる。

[0016] また、圧力センサは圧電材料を使うものだけでなく、圧力による変形量を抵抗変化として検出するデバイスが広く用いられている。該デバイスは、単結晶シリコン基板の底面をエッチングすることで凹部を形成し、凹部の底面に露出した圧力起歪部をつくり、その上方の活性層に設けられた歪ゲージと、活性層上に絶縁層を挟んで形成された導電層を含む構造となっている（特

許文献６）。

[0017] 特許文献７では、感圧センサ、把持装置及びロボットに関して、ＰＶＤＦは柔軟性を有するといってもその変形範囲は材質上の歪み範囲内であり、ヤング率は２ＧＰａ程度であり、高感度が要求されるセンサ素材としては固いと言及しており、材料の変形により電圧信号を発生させる、いわゆる圧電現象を利用した感圧センサとしてＰＶＤＦを用いた場合次の問題があると指摘している。つまり、ＰＶＤＦを変形させるために十分な負荷をかける時間が必要であり、感圧センサが被把持物に接触した瞬間から電圧信号の出力が開始されるまでの時間が長くなって接触時の圧力検出感度が低下し、特に、被把持物が柔らかい物の場合顕著となるため、シリコン等のゴム組成物のスポンジが好適とされている。

[0018] 同様に、特許文献８でも、ヒト型ロボットの皮膚触覚センサ等に代表される圧覚センサとして好適に用いることができる圧力感知センサ搭載配線板に関する類似の発明があり、ピエゾプラスチックフィルムは、多孔質ピエゾプラスチックフィルムであることが好ましいとされている。その理由は、多孔質ピエゾプラスチックフィルムは圧電性を有し、焦電性を有しないので、温度変化の影響を受けにくいという利点があり、また、厚み方向の応力によってのみ電圧が発生し、面方向の引張による電圧発生がほとんど起こらないので、面方向の伸びを考慮して、圧力感知センサの配置間隔を決める必要はなく、感圧部個数の増大が容易となるとされている。また、ＰＶＤＦピエゾプラスチックフィルムでは、ノイズを感知しやすく、このようなノイズ発生を小さくするためには、圧力感知センサの配置間隔をある程度、大きめにとる必要があり、感圧部の個数増加の制限があり、多孔質プラスチックフィルム製圧力感知センサでは、厚み方向の応力によってのみ電圧が発生し、面方向の引張による電圧発生がほとんど起こらないので、面方向の伸びを考慮して、圧力感知センサの配置間隔を決める必要はなく、感圧部個数の増大が容易であるとされている。

[0019] ここまでヘルスケアデバイス、スイッチ、ロボット用途のセンサの発明を

例示したが、こうした用途では、該センサが曲面を有する立体物に適用できることが求められ始めている。すなわち、ＩｏＴ社会の実現のために、モノにセンサを取り付けて位置、温度、湿度、照度、圧力等の情報を吸い上げる必要があるのだが、そのモノがデザイン性の観点から、近年、曲面や凹凸面を有する立体物であることが多く、そうした表面にしなやかに適合する素材を使ったセンサの開発が始まっており、また、曲面や凹凸面に回路配線を形成するための印刷装置や印刷材料、基板材料といった前述のプリンテッドエレクトロニクスが要素技術として貢献できることが期待されている。

[0020] 曲面上にセンサや回路配線を形成する取り組みが活発化している例として、特許文献９では加熱延伸させても導電部の断線が発生しない、密着性に優れた導電性ペーストを用いることにより、立体印刷回路やタッチセンサが作製できることが開示されている。具体的には、スクリーン印刷で凝集銀粒子を使った成形加工用導電性ペーストをガラス転移温度が８０℃以下の熱可塑性樹脂基材上に印刷し、加熱変形によって三次元構造体に真空成型することで作製されている。該成型時に導電部が成型形状に追随して１４０％まで伸長変形し、このときに断線が発生しないことが特長であるが、曲面のような三次元構造体に直接導電部を形成することは出来ない。

[0021] また、特許文献１０では、スパッタで電極を形成した平坦な静電容量型タッチパネル基板を加熱変形によって三次元形状に熱成型することで静電容量型曲面形状タッチパネル基板を作製する方法が開示されている。この方法では、熱成型温度を１９０℃としているが、その温度よりも高い耐熱温度特性を持つアクリル樹脂（ＰＭＭＡ）、ポリカーボネート（ＰＣ）、シクロオレフィンポリマー（ＣＯＰ）、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）などの透明樹脂をパネル基板として使用することによって実施されている。特許文献９および１０は、いずれも、加熱変形をさせて作製する静電容量型センサである。

[0022] 一方、静電容量型ではなく、機械エネルギーを電気エネルギーに、または電気エネルギーを機械エネルギーに変換する圧電性材料を用いた圧電型セン

サは前述の通り、これまで数多く開発されてきているが特許文献２および３で例示した通り、平面の積層体で作製されることが一般的である。なお、該圧電センサは、通常、機械エネルギーを電気エネルギーに変換する性質を利用したものであり、該機械エネルギーは圧力による変形であり、該電気エネルギーは電圧信号である。

[0023] なお、曲面への回路配線を形成する印刷装置としては、オフセット印刷装置が開発されている。この方法によると、印刷版、ブランケット、および被印刷物を固定・搬送するステージ、ならびに印刷版表面とブランケット表面とが接して相対的に移動する第一の機構、および、ブランケット表面とステージ上に固定された被印刷物表面とが接して相対的に移動する第二の機構を有しており、ブランケットには金属製シリンダ上にＰＤＭＳゴムが巻かれているものを使用する。ＰＤＭＳゴムに受理された導電性を有する金属ペーストは、曲面や凹凸面の形状に適合するように変形を受けることで印刷される。該印刷回路配線は、つづく加熱焼成によって導電性を持つようになる（特許文献１１）。

先行技術文献

特許文献

[0024] 特許文献1：特許６２５９３９０号公報

特許文献2：特許６３６９９１９号公報

特許文献3：特開２０１８－１３６９５４

特許文献4：特許６４４７４９２号公報

特許文献5：特許６００８９７０号公報

特許文献6：特許４９６５２７４号公報

特許文献7：特許６４７１８１２号公報

特許文献8：特開２０１３-１７８２４１

特許文献9：ＷＯ２０１９／０３９２０９

特許文献10：ＷＯ２０１５／０４５３２５

特許文献11：特許第６５１７０５８号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0025] しかしながら、特許文献１に示されている全ての高分子フィルムが全てのプリンテッドエレクトロニクスに適用できるわけではない。電極や配線形成に使われる金属ペーストや金属粒子インク、前記の圧電性材料等の機能性電子材料は１００～２００℃の加熱温度を必要とする。高分子フィルムのガラス転移温度以上の温度で加熱することは必ずしも高分子フィルムを基材として使えない状態に変形してしまうということを意味するわけではないが、高分子フィルムに応力がかかる条件下ではゴム状に変化するため、印刷された回路が設計の位置からズレを起こし、高分子フィルム基板の歪み等の変形を起こす。ＰＥＴはガラス転移温度が７７℃、ＰＰＳのそれは１００℃であり、応力がかかる条件下での１００～２００℃の焼成においてはいずれも変形を起こすため不適当である。また、ＰＥＮ、ＰＥＥＫ、ＰＰＳ、ＰＡＲ、ＰＣのガラス転移温度が１００℃を超えているため、応力がかかる条件下での１００～２００℃の焼成には耐えるが、一方でこれらの高分子は溶液プロセスによるフィルム基板の形成が難しく、前記の薄膜化の目的に対して適当ではない。

[0026] さらに、ユーピレックス（登録商標）やカプトン（登録商標）のような有色のＰＩは黄色～褐色を帯びており、それを高分子フィルム基板とする電子デバイスは透明性が低い。最新の電子デバイス開発では、このようなデバイスにおいて透明性を重視されており、「日常の中に溶け込んでいること」、「さりげなく存在すること」といった消費者の要望を考えると、使われる箇所で目立ってしまうという課題がある。さらに、最も重要なことは、上述の高分子フィルムを基板として使うと導電性のインクまたはペーストを印刷および焼成する時に電極の形成不良が発生し、市場の要求する電子デバイス製品の不良率０．１％以下を達成することができない課題があり、消費者の経済性の保護、品質保証や事故防止の観点から良品率は、少なくとも９８．０％が好ましく、さらに好ましくは９９．９％以上を達成することが望まれる

。

[0027] 前記の特許文献２や特許文献３に示される検知デバイスは、コンピューターによってリアルタイムのモニタリングが可能であるが、該デバイスに加えられた圧力を瞬時に人間の視覚、触覚、聴覚などによって、感覚的かつ簡便に検知することが出来ない。また、ＰＥＴを基板とする該検知デバイスは、電極と圧電性を発現する強誘電体層を印刷法によって形成し、１００℃下、短時間の焼成によって作製されるが、印刷にあたって必須となる該電極や該強誘電体層に含まれる溶媒や添加剤の種類によっては、１００℃下、短時間の焼成では除去が不十分であることによる動作不良が懸念される。さらに、１００℃以上の高温下で長時間の焼成を加えることは前記の通り、ＰＥＴの変形が起こりやすくなるため不適当である。

[0028] 前記の特許文献４に示される押しボタンスイッチは広く普及しており安価ではあるが、ボタンが少なくともミリメートルオーダー以上、ベース基板から突出しておりミクロンメートルオーダーにまで薄膜化することは不可能である。また、スイッチは平坦な面上に設置されている必要があり、曲面などの複雑な形状に適合させることも難しい。

[0029] さらに、前記の特許文献５に示される圧力センサでは微弱な圧力では反応しないことが考えられる。また、電界効果トランジスタを構成するゲート電極、ソース電極、ドレイン電極が基板内に配置されるため、複雑な形態形成が必要になるという課題がある。さらに、下部基板にＰＥＮとＰＩが使われているが、ＰＥＮの高分子フィルムであるテオネックス（登録商標）や、黄色～褐色のＰＩの高分子フィルムであるユーピレックス（登録商標）、カプトン（登録商標）の上で印刷法を使って均一な電極表面と圧電性材料の表面を形成し、該圧電性材料によるスイッチングデバイスが安定して駆動する良品率が低い課題がある。

[0030] また、前記の溶液プロセスによる薄膜化を考慮するとＰＥＮは有機溶媒による溶液化が困難であり、さらに、電子デバイスが使われる箇所で目立ってしまわないことを考慮すると、ユーピレックス（登録商標）、カプトン（登

録商標）のような一般的な黄色～褐色のＰＩは、可視波長領域の全光線透過率が低いために、視覚的に目立ってしまうために望ましくない。

[0031] また、前記の特許文献６に示される圧力センサは単結晶シリコンを用いるため、薄さには限界があり、高分子フィルムのような軽さやしなやかさの性質を持たない。そして、抵抗変化型の該デバイスでは圧力が常に印加されていないと電子デバイスは作動しないため、一度印加された圧力でオン状態、オフ状態が切り替わる電子デバイスとするには不適当である。

[0032] さらに、特許文献７や特許文献８で例示されるロボット向けの感圧センサ、または、圧力感知センサは、検知能力は優れるが、３次元でのセンサを形成する時の歪応力を考慮したセンサではなく、ロボットハンドの指に面センサとしての機能を追求したものであり、かつ、多孔質またはスポンジ状態の圧電感知機能を追求すると、繰り返しの接触衝撃に対して現実味を感じることはない。

[0033] 曲面上にセンサを形成する発明である特許文献９および１０は、微弱な電流または電荷量の変化を検知する静電容量型センサであり、生体の接触を感知することは可能だが、非生体の物体の接触は電流の変化を起こさないために感知できない。そして、これらの曲面上の静電容量型センサは、成形時に導電部の伸長を伴うために配線抵抗が増大し、複数の機能性層を積層すると各層の曲率が異なることから使用できる素材が限定され、さらに、少量多品種かつ多様な曲面を持つ三次元構造体に簡単にセンサを組み込むことができない。一方で圧電性のセンサは生体、非生体に関係なく、圧力による変形によって電圧発生するため、様々な物体とのわずかな接触を感知することが可能であるため、圧電性のセンサを曲面や凹凸面を有する立体物に形成できると、感知対象物のバリエーションが広がることが期待できる。なお、印刷方法によって三次元構造体に単純な回路配線を形成する（特許文献１１）ことは可能だが、外界から受けた情報を検知するセンサ機能の技術開発が必要である。

[0034] 前記の通り、プリンテッドエレクトロニクスは、産業的に非常に重要な技

術として位置付けられ、活発な研究開発が進められており、塗工印刷技術によって配線や圧電性材料等の機能性電子材料を描画し、焼成することによって形成した、安価で、軽量で、薄膜である高分子フィルム基板および該基板によって作られた電子デバイスが、ウェルフェア・メディカル用途、ウエアラブルデバイス用途、ＲＦＩＤ用途、スマートフォン、タブレット端末、コンピューター、ディスプレイ等向けのトランジスタ用途、メディカル、介護ベッド、防犯、育児、自動運転自動車、愛玩ロボット、ドローン等向けのセンサまたは制御部品用途や有機ＥＬ、液晶ディスプレイ、照明、自動車、ロボット、電子メガネ、音楽プレイヤー等の電子部品用途に用いることができる。また、様々な立体形状に対して屈曲性、柔軟性、追従性をもつセンサ機能を有する電子デバイスを提供することが、将来問題の課題解決の一つの解決策として必要になってくる。

[0035] 本発明によって、軽く、しなやかさと強靭さを持つことで、平面および立体物の曲面等、様々な立体物に適用でき、基板となる薄膜の全光線透過率が高いことで、配置される部位で目立つことがなく、ワニスから高分子薄膜が成膜できることによる薄膜化が可能で、高い良品率で安定駆動する触覚センサと、それを使ったスイッチ機能を持つデバイスを提供することができる。

課題を解決するための手段

[0036] 本発明は、ガラス転移温度が２５０℃以上３１０℃以下、引っ張り強度が２５０ＭＰａ以下、伸び率が３０％以下、全光線透過率が８０％以上、表面自由エネルギーの極性成分が１．５～１０ｍＪ／ｍ^{2}である、特定の高い全光線透過率を持つポリイミド薄膜の表面上に印刷された第一電極、さらにその第一電極を覆う印刷された強誘電体層と、該強誘電体層をはさんで第一電極と重なるように印刷された第二電極を有する触覚センサであって、電極に指などの生体が触れることによって該触覚センサが電圧信号を発し、該電圧信号に混入する生体や環境に由来するノイズを制御する電子回路を介して、他のデバイスの駆動を促すスイッチングデバイスに関する。

発明の効果

[0037] 本発明によれば、平面および立体物の曲面等、様々な形状の表面に対して形成可能で、軽量で、薄く、しなやかさと強靭さを持ち、配置される周辺の色合いに適合する印刷技術で電極と強誘電体と特定の高い全光線透過率を持つポリイミド薄膜から構成されたセンサ部分への軽い接触で他のデバイスの駆動を促すスイッチングデバイスを高い製品良品率で提供することができる。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]触覚センサについて、ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$の支持体を使って形成した場合と、絶対値０．０４ｃｍ$^{-2}$以下のガウス曲率を有する支持体を使って形成した場合の積層構造を示すものである。

[図2]触覚センサ部分に指でタッチしたときに、人体自身および環境から人体に受けるノイズによって変圧する発生電圧波形を示す。

[図3]商用電源周波数（５０Ｈｚ）のノイズを除去するためにＲＣ低域通過フィルタを用いたときの回路例と、その利得の周波数依存性を示すものである。

[図4]商用電源周波数（５０Ｈｚ）のノイズを除去するためのＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域通過フィルタのひとつの回路例と、その利得の周波数依存性を示すものである。

[図5]図４の回路によって図２に示したノイズを抑制した電圧信号を示すものである。

[図6]実施例１～６の触覚センサに接続された、人体自身および環境から人体に受けるノイズによる変圧を制御したスイッチ機能を持つ電子回路、すなわちスイッチングデバイスを示すものである。

[図7]例えば、実施例１で作製したスイッチングデバイスの触覚センサに指でタッチしたときに触覚センサが発生するノイズが重畳した電圧信号と、該ノイズを制御してオン状態の電圧とオフ状態の電圧の切り替えが起こり、それによってＬＥＤの点灯と消灯、振動子の駆動と停止を起こすことを示す。

[図8]例えば、比較例６で比較対照した電子回路は、人体自身および環境から

人体に受けるノイズを制御できないことを示すものである。

[図9]図８の電子回路を使用すると、触覚センサに指でタッチしても電圧のオン状態とオフ状態を切り替えることができない電圧変化を示す。

発明を実施するための形態

[0039] 以下、本発明の実施の形態について説明する。

[0040] ここから、本実施形態に係る触覚センサの構成について図１を使って説明する。本実施形態に係るポリイミド薄膜２は、フィルムの状態として調達し、ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$の支持体（以下、平面支持体という。）１の表面上に固定するか、または該平面支持体１の表面上に後述のワニスを塗工する工程を経てポリイミド薄膜２を形成するか、あるいは、絶対値０．０４ｃｍ$^{-2}$以下のガウス曲率を有する支持体（以下、立体支持体という。）１’の表面上に後述のワニスを塗工する工程を経てポリイミド薄膜２を形成し、これらの表面上に貼り付いた状態として用いる。なお、該平面支持体１または該立体支持体１’は、触覚センサの作製工程上必要な支持体にすぎず、触覚センサの作製後は、該平面支持体１または該立体支持体１’の表面に貼り付けたまま使用しても良いが、剥離させて別の平面や立体物に貼り付けて使用しても良い。

[0041] フィルムの状態になっているポリイミド薄膜２を調達し、これを平面支持体１に固定し、後述する第一電極３、強誘電体層４、第二電極５を印刷する際の支持体とする場合、該印刷は通常１０～４０℃の温度下で行われるため、平面支持体１は耐熱性が低くとも使用することができる。具体的には、ガラス、金属、プラスチック等であり、ガラスについては特に限定されるものではないが、ソーダ石灰ガラス、石英ガラス、ホウケイ酸ガラス等がある。金属もまた特に限定されるものではないが、鉄、アルミニウム、チタン、ニッケル、銅、銀、タングステン、白金、金等や、ステンレス等の合金が使用できる。プラスチックは、ポリプロピレン（ＰＰ）、ポリスチレン（ＰＳ）、ポリ塩化ビニル（ＰＶＣ）、ＰＥＴ等の耐熱性が必ずしも高いとは言えない素材でも問題なく使うことができる。ただし、このことは印刷工程に限定

されるものであり、後述する第一電極３、強誘電体層４、第二電極５の加熱工程において、平面支持体１に固定したまま加熱する際には、加熱温度条件を考慮して平面支持体１を選定する必要がある。

[0042] 一方で、平面支持体１の表面上、あるいは立体支持体１’の表面上に後述のワニスを塗工する工程を経てポリイミド薄膜２を形成する場合、該支持体にはガラスや金属は前記同様の素材を使うことができるが、プラスチックについては特に限定されなくてはならない。具体的には、該ワニスは、ポリイミド薄膜２の出発物質であるポリアミド酸ワニスであり、２８０～３２０℃での加熱による脱水・環化反応を必要とするため、該支持体には２８０～３２０℃の耐熱性が必要になる。このため、この温度で耐熱性を示すポリフェニレンスルフィド（ＰＰＳ）、ポリイミド（ＰＩ）、ポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）、ポリアミドイミド（ＰＡＩ）等から選ばれるプラスチックであることが好ましい。

[0043] 本実施形態に係る立体支持体１’を説明する。ガウス曲率で表される表面は、該表面の任意の１点について、該表面に垂直な法線ベクトルから、該法線ベクトルを含む平面を取ることができる。該平面と該表面の重なりから、二次元座標で表される断面線が得られる。該断面線が曲線になる場合、該曲線を円弧に近似することで曲率（曲線を円弧に近似したときの該円弧の半径の逆数である）が得られる。該法線ベクトルを含む３６０°各方向の該平面と曲面の重なりから断面線を３６０°各方向に取ったとき、３６０°各方向での曲率が得られる。その最大値と最小値の積をガウス曲率と呼び、曲面の状態を数値化することができる。なお、ガウス曲率が正の数値の場合、凸の曲面であり、ガウス曲率が負の数値の場合、凹の曲面であることを表す。また、ガウス曲率の絶対値の大小からは曲面の鋭さや滑らかさを感覚的に理解することはできないが、各曲線について観察すれば、該曲率が大きいほど、該曲線は鋭い形状をしており、該曲率が小さいほど該曲線は滑らかな形状である。

[0044] 前記表面が平面である場合、断面線は直線であるから、その直線を円で近

似すると、無限大の半径を持つ円に近似されるため、曲率の最小値は０になる。したがって、ガウス曲率は０となる。円柱や円錐の側面は感覚的には曲面であるが、該曲面上の任意の点の法線ベクトルを取り、該法線ベクトルを含む平面を取って、該平面と該曲面の重なりを見ると、その断面は円柱では四角形、円錐では二等辺三角形が現れるため、断面線は直線であるから、曲率の最小値は０であり、したがってガウス曲率は０となる。

[0045] 本実施形態におけるガウス曲率の絶対値は０．０４ｃｍ$^{-2}$以下、すなわち、球面に近似できる曲面の場合、曲率の逆数として定義される曲率半径が５ｃｍ以上の大きさを持つ曲面が好適であることが分かった。ガウス曲率の絶対値を０．０４ｃｍ$^{-2}$以下と定めるため、ガウス曲率が０の平面、円柱や円錐の側面も本実施形態に含まれる。

[0046] ガウス曲率の絶対値が０．０４ｃｍ$^{-2}$よりも大きい曲面の場合、後述する、立体支持体１’上に形成するポリイミド薄膜２、第一電極３、強誘電体層４、第二電極５の形成上の困難が起こる。本実施形態におけるポリイミド薄膜２、第一電極３、強誘電体層４、第二電極５はワニス、ペースト、インクといった液状状態での印刷や塗布を用いて該立体支持体１’上に形成するため、ガウス曲率の絶対値が０．０４ｃｍ$^{-2}$よりも大きい曲面では、重力方向に流れてしまう。この現象は、表面張力が低い成分を含有するほど顕著であり、いずれの層を形成するときにおいてもこのことが重要だが、特に、後述の表面張力を下げる効果が高いフッ素原子を含有するフッ化ビニリデンとトリフルオロエチレンを構成単位とする共重合体を用いた強誘電体層４の形成に使うワニスにおいて顕著である。

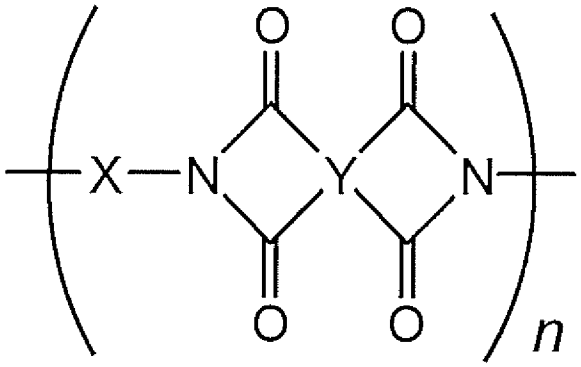
[0047] この厚みで曲面上に形成する場合は、前記表面張力の影響により、ガウス曲率の絶対値に上限値、つまり曲面の鋭さに上限があることが本発明において明らかとなった。ガウス曲率の絶対値が０．０４ｃｍ$^{-2}$よりも大きい曲面の場合、特に該強誘電体層のワニスが流れてしまうことが確認され、その結果、欠陥のない均一な層形成ができないことが確認された。

[0048] また、該強誘電体層４のワニスほど表面張力が低くないポリイミド薄膜２

を形成するワニスや、第一電極３および第二電極５を作るペースト、インクは、ガウス曲率の絶対値が０．０４ｃｍ$^{-2}$よりも大きい曲面においても形成可能な場合があるが、例えばガウス曲率の絶対値が１ｃｍ$^{-2}$よりも大きいと、該ペーストやインクの流れの問題だけでなく、印刷装置が対応できない問題が起きる。こうした理由から、本実施形態において、ガウス曲率の絶対値は０．０４ｃｍ$^{-2}$以下であることが適当である。

[0049] 本実施形態に係る高い全光線透過率を持つポリイミド薄膜２は、脂環構造のジアミン化合物とテトラカルボン酸二無水物とを反応させて成膜可能なポリイミドであって、ガラス転移温度が２５０℃以上３１０℃以下、引っ張り強度が２５０ＭＰａ以下、伸び率が３０％以下、全光線透過率が８０％以上、表面自由エネルギーの極性成分が１．５～１０ｍＪ／ｍ^{2}であり、下記一般式（１）で表される構成単位を含むことを特徴とする。

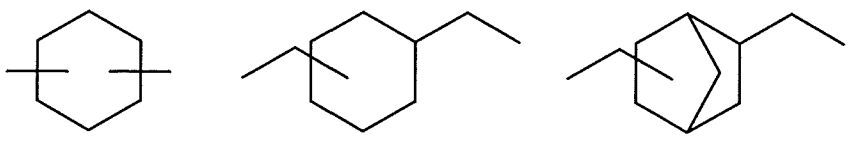
[0050] [化1]



（１）

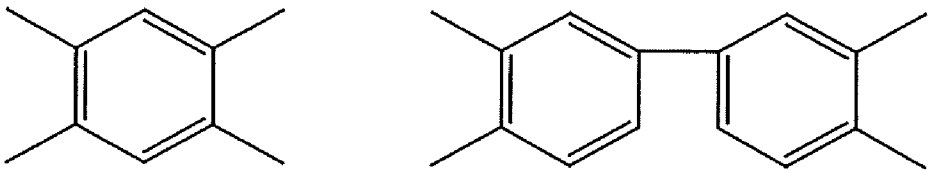
式（１）のＸは、

[0051] [化2]



からなる群から選択される少なくとも１種の脂環族基であり、Ｙは、

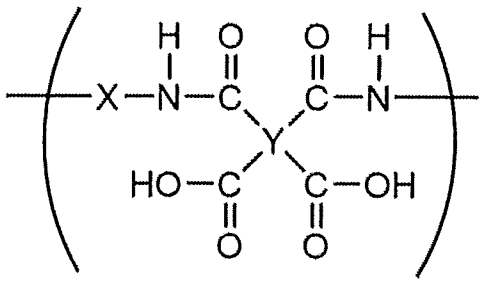
[0052] [化3]



からなる群から選択される少なくとも１種の芳香族基である。

[0053] 本実施形態に係るポリイミド薄膜２は、フィルムの状態になっているものを使用しても良いが、ポリイミドの出発物質である、一般式（２）で示されるポリアミド酸のワニスを平面支持体１の表面上または立体支持体１’の表面上に塗工し、２８０～３２０℃の加熱によるワニスに含まれる有機溶媒の除去と、ポリアミド酸の脱水・環化反応によって得ることも可能である。

[0054] [化4]



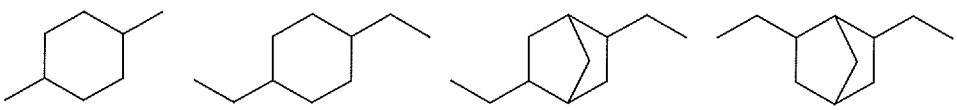
（２）

[0055] 一般式（２）で示されるポリアミド酸のワニスは、有機溶媒中で脂環構造のジアミン化合物とテトラカルボン酸二無水物とを反応させることで得られる。

[0056] 一般式（２）のポリアミド酸の出発物質に用いられるジアミン化合物は２，５－ジアミノメチル－ビシクロ［２，２，１］ヘプタン、２，６－ジアミノメチル－ビシクロ［２，２，１］ヘプタン、１，４－シクロヘキサンジア

ミン、１，４－ビス（アミノメチル）シクロヘキサンから選ばれ、テトラカルボン酸二無水物はピロメリット酸二無水物、３，３’，４，４’－ビフェニルテトラカルボン酸二無水物から選ばれることが好ましい。これらのジアミン化合物を用いたとき、式（１）のＸは、以下の構造からなる群から選択される少なくとも１種の脂環族基となる。

[0057] [化5]



[0058] 一般式（２）の出発物質に用いられるジアミン化合物が２，５－ジアミノメチル－ビシクロ［２，２，１］ヘプタンの場合、２，５－ｄｉｅｘｏ－ジアミノメチル－ビシクロ［２，２，１］ヘプタン、２－ｅｎｄｏ－５－ｅｘｏ－ジアミノメチル－ビシクロ［２，２，１］ヘプタン、２，５－ｄｉｅｎｄｏ－ジアミノメチル－ビシクロ［２，２，１］ヘプタンが立体異性体として挙げられ、前記ジアミン化合物が２，６－ジアミノメチル－ビシクロ［２，２，１］ヘプタンの場合、２，６－ｄｉｅｘｏ－ジアミノメチル－ビシクロ［２，２，１］ヘプタン、２－ｅｎｄｏ－６－ｅｘｏ－ジアミノメチル－ビシクロ［２，２，１］ヘプタン、２，６－ｄｉｅｎｄｏ－ジアミノメチル－ビシクロ［２，２，１］ヘプタンが立体異性体として挙げられ、１，４－シクロヘキサンジアミンの場合、シス－１，４－シクロヘキサンジアミン、トランス－１，４－シクロヘキサンジアミンが立体異性体として挙げられ、１，４－ビス（アミノメチル）シクロヘキサンの場合、シス－１，４－ビス（アミノメチル）シクロヘキサン、トランス－１，４－ビス（アミノメチル）シクロヘキサンが立体異性体として挙げられる。なお、これらの異性体は１種単独でも、あるいは混合物でも使用しても良い。

[0059] また、前記ジアミン化合物として、例えば、シクロブタンジアミン、シクロヘキサンジアミン、ジ（アミノメチル）シクロヘキサン、ジアミノビシク

ロヘプタン、ジアミノメチルビシクロヘプタン（ノルボルナンジアミンなどのノルボルナンジアミン類を含む）、ジアミノオキシビシクロヘプタン、ジアミノメチルオキシビシクロヘプタン（オキサノルボルナンジアミンを含む）、イソホロンジアミン、ジアミノトリシクロデカン、ジアミノメチルトリシクロデカン、ビス（アミノシクロヘキシル）メタン〔またはメチレンビス（シクロヘキシルアミン）〕、ビス（アミノシクロヘキシル）イソプロピリデン等を用いてもよい。また、前記の構造中に熱、大気、水、光や湿度などの環境に比較的安定な置換基を有してもよい。

[0060] また、前記テトラカルボン酸二無水物として、例えば、３，３’，４，４’－ベンゾフェノンテトラカルボン酸二無水物、ビス（３，４－ジカルボキシフェニル）エーテル二無水物、ビス（３，４－ジカルボキシフェニル）スルフィド二無水物、ビス（３，４－ジカルボキシフェニル）メタン二無水物、２，２－ビス（３，４－ジカルボキシフェニル）プロパン二無水物、２，２－ビス（３，４－ジカルボキシフェニル）－１，１，１，３，３，３－ヘキサフルオロプロパン二無水物、１，３－ビス（３，４－ジカルボキシフェノキシ）ベンゼン二無水物、１，４－ビス（３，４－ジカルボキシフェノキシ）ベンゼン二無水物、４，４’－ビス（３，４－ジカルボキシフェノキシ）ビフェニル二無水物、２，２－ビス［（３，４－ジカルボキシフェノキシ）フェニル］プロパン二無水物、２，３，６，７－ナフタレンテトラカルボン酸二無水物、１，４，５，８－ナフタレンテトラカルボン酸二無水物、２，２’，３，３’－ベンゾフェノンテトラカルボン酸二無水物、２，２’，３，３’－ビフェニルテトラカルボン酸二無水物、２，２－ビス（２，３－ジカルボキシフェニル）－１，１，１，３，３，３－ヘキサフルオロプロパン二無水物、ビス（２，３－ジカルボキシフェニル）エーテル二無水物、ビス（２，３－ジカルボキシフェニル）スルフィド二無水物、ビス（２，３－ジカルボキシフェニル）スルホン二無水物、１，３－ビス（２，３－ジカルボキシフェノキシ）ベンゼン二無水物、１，４－ビス（２，３－ジカルボキシフェノキシ）ベンゼン二無水物、１，２，５，６－ナフタレンテトラカル

ボン酸二無水物、１，３－ビス（３，４－ジカルボキシベンゾイル）ベンゼン二無水物、１，４－ビス（３，４－ジカルボキシベンゾイル）ベンゼン二無水物、１，３－ビス（２，３－ジカルボキシベンゾイル）ベンゼン二無水物、１，４－ビス（２，３－ジカルボキシベンゾイル）ベンゼン二無水物、４，４’－オキシジフタル酸二無水物、ジアゾジフェニルメタン－２，２’，３，３’－テトラカルボン酸二無水物、４－（２，５－ジオキソテトラヒドロフラン－３－イル）－テトラリン－１，２－ジカルボン酸二無水物、３，３，４，４－ジシクロヘキシルテトラカルボン酸二無水物等を用いてもよい。また、前記の構造中に熱、大気、水、光や湿度などの環境に比較的安定な置換基を有してもよい。

[0061] 一般式（２）のポリアミド酸をワニス中で生成する上で使用する有機溶媒は前記ジアミンと前記テトラカルボン酸二無水物を溶解可能な溶媒であれば特に制限されないが、例えば、フェノール、ｏ－クロロフェノール、ｍ－クロロフェノール、ｐ－クロロフェノール、ｏ－クレゾール、ｍ－クレゾール、ｐ－クレゾール、２，３－キシレノール、２，４－キシレノール、２，５－キシレノール、２，６－キシレノール、３，４－キシレノール、３，５－キシレノール等のフェノール系溶媒、Ｎ，Ｎ－ジメチルホルムアミド、Ｎ，Ｎ－ジメチルアセトアミド、Ｎ，Ｎ－ジエチルアセトアミド、Ｎ－メチルアセトアミド、Ｎ－メチル－２－ピロリドン、１，３－ジメチル－２－イミダゾリジノン、Ｎ－メチルカプロラクタム、ヘキサメチルホスホロトリアミド等の非プロトン性またはそれに準ずるアミド系溶媒、１，２－ジメトキシエタン、ビス（２－メトキシエチル）エーテル、１，２－ビス（２－メトキシエトキシ）エタン、テトラヒドロフラン、ビス［２－（２－メトキシエトキシ）エチル］エーテル、１，４－ジオキサン、２－メトキシエタノール、２－エトキシエタノール、２－（メトキシメトキシ）エトキシエタノール、２－イソプロポキシエタノール、２－ブトキシエタノール、テトラヒドロフルフリルアルコール、ジエチレングリコール、ジエチレングリコールモノメチルエーテル、ジエチレングリコールモノエチルエーテル、ジエチレングリコ

ールモノブチルエーテル、トリエチレングリコール、トリエチレングリコールモノエチルエーテル、テトラエチレングリコール、１－メトキシ－２－プロパノール、１－エトキシ－２－プロパノール、ジプロピレングリコール、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル、ジプロピレングリコールモノエチルエーテル、トリプロピレングリコールモノメチルエーテル、ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール、ジエチレングリコールジエチルエーテルなどのエーテル系溶媒、ピリジン、キノリン、イソキノリン、α－ピコリン、β－ピコリン、γ－ピコリン、イソホロン、ピペリジン、２，４－ルチジン、２，６－ルチジン、トリメチルアミン、トリエチルアミン、トリプロピルアミン、トリブチルアミン等のアミン系溶媒、メタノール、エタノール、１－プロパノール、２－プロパノール、ｔｅｒｔ－ブチルアルコール、エチレングリコール、１，２－プロパンジオール、１，３－プロパンジオール、１，３－ブタンジオール、１，４－ブタンジオール、２，３－ブタンジオール、１，５－ペンタンジオール、２－ブテン１，４－ジオール、２－メチル－２，４－ペンタンジオール、１，２，６－ヘキサントリオール、ジアセトンアルコール等の水溶性アルコール溶媒、ジメチルスルホキシド、ジメチルスルホン、ジフェニルエーテル、スルホラン、ジフェニルスルホン、テトラメチル尿素、アニソール、ベンゼン、トルエン、ｏ－キシレン、ｍ－キシレン、ｐ－キシレン、クロロベンゼン、ｏ－ジクロロベンゼン、ｍ－ジクロロベンゼン、ｐ－ジクロロベンゼン、ブロモベンゼン、ｏ－ジブロモベンゼン、ｍ－ジブロモベンゼン、ｐ－ジブロモベンゼン、ｏ－クロロトルエン、ｍ－クロロトルエン、ｐ－クロロトルエン、ｏ－ブロモトルエン、ｍ－ブロモトルエン、ｐ－ブロモトルエン、アセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、シクロペンタノン、シクロヘキサノン、γ－ブチロラクトン、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン、シクロヘキサン、ジクロロメタン、クロロホルム、四塩化炭素、フルオロベンゼン、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸ブチル、ギ酸メチル、ギ酸エチル等のその他溶媒が挙げられ、これらを単独で用いても良いし、２種類以上を組み合わせた混合溶媒として

も良い。

[0062] 上記溶媒の中でも非プロトン性またはそれに準ずるアミド系溶媒が好ましく、Ｎ，Ｎ－ジメチルホルムアミド、Ｎ，Ｎ－ジメチルアセトアミド、Ｎ，Ｎ－ジエチルアセトアミド、Ｎ－メチルアセトアミド、Ｎ－メチル－２－ピロリドン、１，３－ジメチル－２－イミダゾリジノン、Ｎ－メチルカプロラクタム、ヘキサメチルホスホロトリアミドがより好ましい。

[0063] 形成されたポリイミド薄膜２は、前記の引っ張り強度が２５０ＭＰａを超えると、フィルムの硬さが顕著になり、しなやかさの点で不適当である。また、引っ張り強度とガラス転移温度には相関関係があり、前記の引っ張り強度の観点からガラス転移温度は３１０℃以下とする必要がある。また、フィルムが伸びやすいと、電極等の印刷形成物の形状保持ができなくなるため、伸び率は３０％以下とする必要があり、触覚センサの配置される場所で目立たないようにするために、全光線透過率は８０％以上である必要がある。

[0064] 本実施形態に係るポリイミド薄膜２の膜厚は、１～５００μｍであり、好ましくは１～３５０μｍであり、さらに、好ましくは１～１００μｍである。

[0065] 本実施形態に係るポリイミド薄膜２上に形成する第一電極３は、金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、導電性有機化合物を印刷技術によって描画し、焼成することによって形成することができる。

[0066] 具体的には、金属粒子インク、金属ペーストとしては、例えば、金、銀、銅、ニッケル、亜鉛、アルミニウム、カルシウム、マグネシウム、鉄、白金、パラジウム、スズ、クロム、鉛等の金属粒子や、銀／パラジウム等のこれら金属合金や、酸化銀、有機銀、有機金等の比較的低温で熱分化して導電性金属を与える熱分解性金属化合物や、酸化亜鉛（ＺｎＯ）、酸化インジウムスズ（ＩＴＯ）等の金属酸化物粒子等を用いることができる。特に、金、銀、銅の金属が好適に用いられる。その体積抵抗率は使われる金属種や加熱焼成温度条件によって異なるが、例えば１．０×１０$^{-6}$～１．０×１０$^{-2}$Ω・

ｃｍが好ましい。

[0067] さらに、導電性炭素材料としては、例えば、黒鉛、アセチレンブラック、ファーネスカーボンブラック、サーマルカーボンブラック、グラファイト、カーボンナノチューブなどの導電性炭素化合物があり、その体積抵抗率は使われる材料種や加熱焼成温度条件によって異なるが、例えば１．０×１０$^{-3}$～１０Ω・ｃｍが好ましい。導電性高分子材料としては、例えば、ポリチオフェン、ポリエチレンジオキシチオフェン／ポリスチレンスルホン酸（以下ＰＥＤＯＴ／ＰＳＳという。）、ポリアニリン、ポリピロール、ポリアセチレン、ポリパラフェニレン、ポリパラフェニレンビニレン、またはこれらの誘導体などの共役系有機化合物が挙げられ、その体積抵抗率は使われる材料種やドーパントの濃度、加熱焼成温度条件によって異なるが、例えば１．０×１０$^{-5}$～１．０×１０^{2}Ω・ｃｍが好ましい。

[0068] 金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、導電性有機化合物として、公知のものも使用することができる。これらの室温（２５℃）における粘度は、例えば、０．００１～１２００Ｐａ・ｓの範囲にある。好ましくは、１～５００Ｐａ・ｓであり、粘度は、溶剤で調整することができる。

[0069] 溶剤としては、特に制限はないが、例えば、メタノール、エタノール、ブタノール等のアルコール類、テトラヒドロフラン、ジエチルエーテル、ジブチルエーテル、ジメトキシエタンまたはジオキサン等のエーテル類、ベンゼン、トルエン、キシレンまたはエチルベンゼン等の芳香族環状炭化水素、ペンタン、ヘキサンまたはヘプタン等の脂肪族炭化水素、シクロペンタン、シクロヘキサン、メチルシクロヘキサン、ジメチルシクロヘキサンまたはデカリン等の脂肪族環状炭化水素、メチレンジクロライド、ジクロロエタン、ジクロロエチレン、テトラクロロエタン、クロロベンゼンまたはトリクロロベンゼン等のハロゲン化炭化水素、酢酸メチルまたは酢酸エチル等のエステル等が挙げられる。これらは単独で用いてもよく、二種類以上を組み合わせて用いてもよい。

[0070] さらに、これらに加えてレベリング剤を併用してもよく、高分子化合物を含有させて、前記の金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、導電性有機化合物の機能を補完してもよい。特に限定されるものではないが、例えば、接着性の付与や弾性調節するためにアクリル樹脂やエポキシ樹脂などを混合してもよい。

[0071] なお、必ずしもあらゆるケースで必要ということではないが、最終的に作製される触覚センサを、立体支持体１’から剥離させて同様のガウス曲率を持つ別の立体物に貼り付ける際に、該センサに大きな応力が加わってしまう場合がある。その応力を緩和する目的でエラストマーが添加された金属ペースト（以下ストレッチャブル性の導電性ペーストという。）を使用しても良い。

[0072] 本実施形態に係る第一電極３は、最終的に搭載する平面または立体物の表面に目立たない状態で存在させるために、目立たないサイズにすることが可能である。すなわち、電極のサイズを出来る限り小さくし、それをある密度でアレイ状に配置することで、デバイスが目立たないようにすることが可能である。その電極の面積は特に限定されるものではないが、ひとつの電極の面積が、５．０×１０$^{-3}$～２５ｃｍ^{2}の範囲で形成され、好ましくは１．０×１０$^{-2}$～１５ｃｍ^{2}の範囲である。その形状もまた特に限定されるものではないが、三角形、四角形、五角形、六角形、円形、楕円形等やこれら形状を組み合わせた形が好ましい。

[0073] 本実施形態に係る前記の金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、導電性有機化合物、あるいはストレッチャブル性の導電性ペーストを第一電極３として前記の平面支持体１上のポリイミド薄膜２上に塗工する印刷方法としては、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷、インクジェット印刷、ディスペンサー、スクリーン印刷、グラビアオフセット印刷、フレキソ印刷、凸版反転印刷、スピンコート塗布、スプレーコート塗布、ブレードコート塗布、ディップコート塗布、キャスト塗布、ロールコート塗布、バーコート塗布、ダイコート塗布等が挙げられ、各印刷法に

合わせて前記の多様な電極材料を用いることが可能である。一方で、ガウス曲率の絶対値が０．０４ｃｍ$^{-2}$以下の曲面を有する立体支持体１’上のポリイミド薄膜２上に塗工する方法としては、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷、立体物に印刷可能なインクジェット印刷、立体物に塗布可能なディスペンサー等が挙げられるが、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷を用いる場合は、ソフトブランケットに表面自由エネルギーが低く親油性であるポリジメチルシロキサン（以下ＰＤＭＳという。）のゴム等が用いられることが多いため、炭化水素系の有機溶媒を含有する金属粒子インク、金属ペースト、アルコール溶媒を主に含有する導電性高分子材料、あるいはストレッチャブル性の導電性ペーストを用いることが好適である。

[0074] これらの印刷方法によって、前記の金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、導電性有機化合物、あるいはストレッチャブル性の導電性ペーストを前記のポリイミド薄膜２上に直接塗工することができ、第一電極３を描画する。その後、焼成することによって第一電極３を形成した積層体にすることができる。大気中で焼成させてもよいし、窒素、希ガス等の不活性ガス中で焼成させてもよい。その際、該積層体は、予めガラス、ステンレス、高耐熱プラスチック等の硬質かつ表面が平滑な台または板の上に、耐熱テープ固定、真空吸引または加熱密着させて印刷および／または焼成することができる。

[0075] この焼成する温度は、８０～２００℃であり、好ましくは８０～１８０℃であり、さらに好ましくは、８０～１６０℃である。これによって前記のポリイミド薄膜２と焼成した第一電極３との界面で均一かつ強固な接着または融着界面を形成することができる。金属粒子インクまたは金属ペーストを使った第一電極３の焼成には、キセノンフラッシュランプを用いた光焼成法、赤外線ヒーターを用いたオーブンやプレート上での加熱焼成法等を用いることができる。これによって形成される第一電極３の厚みは１００ｎｍ～１０００μｍの範囲が好ましく、より好ましくは５００ｎｍ～１００μｍ、さらに好ましくは５００ｎｍ～１０μｍである。

[0076] 本実施形態に係る強誘電体層４には、フッ化ビニリデン重合体およびフッ化ビニリデンとトリフルオロエチレンを構成単位とする共重合体を使用するが、これに限らない。これらの構成単位を使ったフッ素原子を含有する共重合体には、α型、β型、γ型の３種類の結晶構造があり、このうちβ型結晶構造だけが電界印加による配向分極によって、誘電率が高く、強誘電性を示す性質を有している。この強誘電性が圧電性の発現につながり、触覚センサとしての使い方が可能となるため、効果的にβ型結晶構造を得ることが重要である。フッ化ビニリデンを単独のモノマーとするポリフッ化ビニリデンは通常α型をとっており、一軸延伸することでβ型に転移させる必要があり、延伸成形のためのおおがかりな設備が必要となる。一方で、フッ化ビニリデンとトリフルオロエチレンの共重合体は、溶液での印刷法で容易にβ型結晶構造を形成することができる。溶液としての取り扱いを考慮すると、フッ化ビニリデンとトリフルオロエチレンを構成単位とする共重合体が好ましく用いられる。

[0077] 特に、フッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンのモル比はα型結晶構造を作りやすいフッ化ビニリデンの方が高い方が電界印加したときの残留分極が大きく、その結果、小さい変形を電圧信号に変換する能力、すなわち圧電性に優れる。前記のβ型結晶構造の優先的形成と高い圧電性の発現の観点から、フッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で９５／５～５０／５０であるフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレン共重合体（以下Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）という。）を使用することが好ましく、より好ましくはそのモル比が９０／１０～７０／３０であり、さらに好ましくはそのモル比が８０／２０～７０／３０である。

[0078] さらに、前記強誘電体層４のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）の層を形成する方法には、該共重合体を有機溶媒に溶解してワニス化する方法が好適である。該ワニスを塗布する方法は特に限定されないが、前記の平面支持体１に形成した積層体の第一電極３上に塗工する印刷方法としては、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷、インクジェット印刷、ディスペンサー、スクリー

ン印刷、グラビアオフセット印刷、フレキソ印刷、凸版反転印刷、スピンコート塗布、スプレーコート塗布、ブレードコート塗布、ディップコート塗布、キャスト塗布、ロールコート塗布、バーコート塗布、ダイコート塗布等が挙げられる。一方で、立体支持体１’に形成した積層体の第一電極３上に塗工する印刷方法としては、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷、立体物に印刷可能なインクジェット印刷、立体物に塗布可能なディスペンサー、滴下塗布等が挙げられる。

[0079] 前記強誘電体層４のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）のワニスを形成するにあたって使用する有機溶媒の種類や組み合わせについては特に制限されるものではないが、例えば、トルエン、キシレン、メシチレン、デカヒドロナフタレン、Ｎ－メチル－２－ピロリドン、アニソール、γ－ブチロラクトン、クロロベンゼン、ジクロロベンゼン、トリクロロベンゼン、テトラリン、１－メチルナフタレン、１，４－ジイソプロピルベンゼン、ジエチレングリコールモノブチルエーテル、プロピレングリコール１－モノメチルエーテル２－アセタート、酢酸ブチル、エタノール、ブタノール等が挙げられる。印刷の後、塗膜を加熱することによって溶媒が除去され、Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）は主としてβ型の結晶構造をつくるのだが、β型の結晶構造のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）の層を形成するためには、該共重合体を分極が消失する温度、すなわちキュリー温度以上の温度に加熱することで最初に持っていた分極を解消させた後、β型の結晶構造に転移する温度以下まで徐冷することが必要になる。その加熱温度は、５０～１５０℃であり、好ましくは６０～１４０℃であり、さらに好ましくは、９０～１４０℃である。

[0080] こうして形成された該強誘電体層４の厚みは特に限定されるものではないが、配向分極を、安全面と経済面を考慮して比較的低い電界印加によって促すべきであることを考慮すると、０．５～１５μｍの厚みであることが好ましく、さらに好ましくは、該強誘電体層が欠陥なく成膜され、かつ低電界印加で前記残留分極を得るために１．０～７．０μｍの厚みであることが望ましい。

[0081] 上述の工程後に、前記強誘電体層４上に形成する第二電極５は、第一電極３と断面方向で強誘電体層４をはさんで重なり合うように、第一電極３と同様の金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、導電性有機化合物、あるいはストレッチャブル性の導電ペーストを印刷技術によって描画し、焼成し形成することができる。

[0082] 本実施形態に係る金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、導電性有機化合物、あるいはストレッチャブル性の導電ペーストとして、公知のものを使用することができる。第一電極３と同様に、これらの室温（２５℃）における粘度は、例えば、０．００１～１２００Ｐａ・ｓの範囲にある。好ましくは、１～５００Ｐａ・ｓであり、粘度は、溶剤で調整することができる。

[0083] 溶剤も第一電極３と同様に特に制限はないが、例えば、メタノール、エタノール、ブタノール等のアルコール類、テトラヒドロフラン、ジエチルエーテル、ジブチルエーテル、ジメトキシエタンまたはジオキサン等のエーテル類、ベンゼン、トルエン、キシレンまたはエチルベンゼン等の芳香族環状炭化水素、ペンタン、ヘキサンまたはヘプタン等の脂肪族炭化水素、シクロペンタン、シクロヘキサン、メチルシクロヘキサン、ジメチルシクロヘキサンまたはデカリン等の脂肪族環状炭化水素、メチレンジクロライド、ジクロロエタン、ジクロロエチレン、テトラクロロエタン、クロロベンゼンまたはトリクロロベンゼン等のハロゲン化炭化水素、酢酸メチルまたは酢酸エチル等のエステル等が挙げられる。これらは単独で用いてもよく、二種類以上を組み合わせて用いてもよい。

[0084] さらに、これらに加えてレベリング剤を併用してもよく、高分子化合物を含有させて、前記の金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、導電性有機化合物、あるいはストレッチャブル性の導電ペーストの機能を補完してもよい。特に限定されるものではないが、例えば、接着性の付与や弾性調節するためにアクリル樹脂やエポキシ樹脂などを混合してもよい。粘度が前記のような範囲にあれば、塗工印刷方法を適宜選択する

ことができる。

[0085] 第二電極５の面積は特に限定されるものではないが、その面積は第一電極３と同様に、ひとつの電極の面積が、５．０×１０$^{-3}$～２５ｃｍ^{2}の範囲で形成され、好ましくは１．０×１０$^{-2}$～１５ｃｍ^{2}の範囲である。その形状もまた特に限定されるものではないが、三角形、四角形、五角形、六角形、円形、楕円形等が好ましい。

[0086] 本実施形態に係る前記の金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、導電性有機化合物、あるいはストレッチャブル性の導電性ペーストを第二電極５として、前記の平面支持体１に形成した積層体の強誘電体層４上に塗工する印刷方法としては、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷、インクジェット印刷、ディスペンサー、スクリーン印刷、グラビアオフセット印刷、フレキソ印刷、凸版反転印刷、スピンコート塗布、スプレーコート塗布、ブレードコート塗布、ディップコート塗布、キャスト塗布、ロールコート塗布、バーコート塗布、ダイコート塗布等が挙げられ、各印刷法に合わせて前記の多様な電極材料を用いることが可能である。一方で、立体支持体１’に形成した積層体の強誘電体層４上に塗工する印刷方法としては、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷、立体物に印刷可能なインクジェット印刷、立体物に塗布可能なディスペンサー等が挙げられるが、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷を用いる場合は、ソフトブランケットに表面自由エネルギーが低く親油性であるＰＤＭＳのゴム等が用いられることが多いため、炭化水素系の有機溶媒を含有する金属粒子インク、金属ペースト、アルコール溶媒を主に含有する導電性高分子材料、あるいはストレッチャブル性の導電性ペーストを用いることが好適である。

[0087] これらの印刷方法によって、前記の金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、導電性有機化合物、あるいはストレッチャブル性の導電性ペーストを前記の強誘電体層４上に直接塗工することができ、第二電極５を描画する。その後、焼成することによって第二電極５を形成した積層体にすることができる。大気中で焼成させてもよいし、窒素、希ガ

ス等の不活性ガス中で焼成させてもよい。その際、該積層体は、予めガラス、ステンレス、高耐熱プラスチック等の硬質かつ表面が平滑な台または板の上に、耐熱テープ固定、真空吸引または加熱密着させて印刷および／または焼成することができる。

[0088] この焼成する温度は、第一電極３とは異なり、前記強誘電体層４のキュリー温度を考慮した温度とする必要がある。つまり、該強誘電体層４のキュリー温度以下の温度で加熱することで、該強誘電体の結晶構造を変化させないようにする。焼成温度は５０～１４０℃であり、好ましくは６０～１３０℃であり、さらに好ましくは、９０～１３０℃である。金属粒子インクまたは金属ペーストを使った第二電極５の焼成には、キセノンフラッシュランプを用いた光焼成法、赤外線ヒーターを用いたオーブンやプレート上での加熱焼成法等を用いても良いが、温度が前記の範囲内にあることを要件とする。これによって形成される第二電極５の厚みは１００ｎｍ～１０００μｍの範囲が好ましく、より好ましくは５００ｎｍ～１００μｍ、さらに好ましくは５００ｎｍ～１０μｍである。電極の体積抵抗率は使用する材料と前記キュリー温度を考慮した焼成温度条件によって異なるが、その範囲は第一電極３と同様である。

[0089] 本実施形態に係る前記強誘電体層４は、前記第一電極３および前記第二電極５を通じて電界印加することによって、電界印加方向に分極した構造をとるようになる。前記強誘電体層４と前記電極が適正に形成されていれば、分極－電界ヒステリシス曲線（以下ＰＥ曲線という。）を描き、その曲線における電界ゼロのときの分極量、すなわち残留分極が得られる。Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）を構成するフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンはモル比で９５／５～５０／５０の範囲で、結晶性に依存して残留分極は１～２０μＣ／ｃｍ^{2}であり、好ましくは、２～１５μＣ／ｃｍ^{2}であり、さらに好ましくは、３～１０μＣ／ｃｍ^{2}である。該残留分極によって、強誘電体層４に圧力による変形が加わったときに電圧信号を発生する圧電性の発現につながるようになる。本発明では該圧電性を利用して人の指等によって圧力が加わると

、接触を検知する触覚センサとなりこの残留分極は６．５～９．０μＣ／ｃｍ^{2}となることが分かった。

[0090] 該触覚センサは、形成させた平面支持体１または立体支持体１’に貼ったまま使用しても良いし、該支持体から剥離させて、別の平面や立体物に貼り付けて使用しても良い。別の平面や立体物に貼り付けて使用するとき、室温以上の温度下で接着できる接着剤や両面テープをポリイミド薄膜と立体物の間に挟んでもよい。この貼り付けにあたっては、該平面や該立体物に耐熱性は必ずしも必要ではないため、プラスチック、ガラス、金属、紙など多様な素材を使用した立体物に適用することが可能である。

[0091] さらに、本実施形態で、前記触覚センサの第一電極３または第二電極５のいずれかをグランド電極として接地し、該グランド電極と対向する第一電極３または第二電極５を特定の電子回路に接続することによって、人体自身や環境から人体が受けるノイズを制御して、触覚センサに発生した電圧信号を伝送することができた。前記ノイズの中の主たる要因として、５０Ｈｚまたは６０Ｈｚの交流商用電源や、触覚センサが取り付けられている平面や立体物の振動による発生等が挙げられる。交流商用電源由来のノイズが接触に重畳したときの様子を図２に示す。図２において最も高い電圧値を示している点で接触を感知し、その後、減衰しているが、５０Ｈｚの交流商用電源由来のノイズが重畳していることが確認された。ノイズを制御して接触だけを電圧信号として取り出す方法は特に限定されるものではないが、前記第一電極３および前記第二電極５を保護する電磁波シールド膜（導電性材料、外部電極、絶縁材料等）で覆う方法、配線に同軸ケーブルを使う方法、各種フィルタ回路（低域通過フィルタ、高域通過フィルタ、帯域通過フィルタ等）を使う方法、比較器を使う方法等が挙げられ、こうした方法を複数組み合わせてもよい。

[0092] なお、該触覚センサに対する接触が微弱な圧力であっても検知するような電子回路の設計も可能である。微弱な圧力の検知の方法は、特に限定されるものではないが、例えばオペアンプによる発生電圧の増幅が挙げられる。ここ

で、本実施形態に係るポリイミド薄膜２の表面自由エネルギーが触覚センサの性能に影響を及ぼすことが明らかとなった。

[0093] すなわち、上述の金属粒子インク、金属ペースト、導電性炭素材料、導電性高分子材料、または導電性有機化合物、あるいはストレッチャブル性の導電ペーストを第一電極３としてのポリイミド薄膜２上に塗工する場合、および前記の強誘電体層４を該第一電極３上に塗工する場合において加熱処理後の形成状態は、ポリイミド薄膜２の表面自由エネルギーに依存することが、今回詳細に分かった。このエネルギーは、極性成分と分散成分に分解でき、これらの総和量は、少なくとも１５～８０ｍＪ／ｍ^{2}であり、さらに好ましくは、２５～７０ｍＪ／ｍ^{2}であり、特に好ましくは３０～６０ｍＪ／ｍ^{2}である。それぞれ、異なる液体の接触角で求めることができる。

[0094] 特に、本発明の実施形態においては、上述の通り、極性成分と分散成分の総和であるが、影響を及ぼすこのエネルギー成分は、分散成分よりも極性成分の支配を受け、極性成分の表面自由エネルギーの範囲は１．５～１０ｍJ／ｍ^{2}であり、好ましくは、２．０～８．０ｍJ／ｍ^{2}であり、さらに好ましくは、２．５～６．０ｍJ／ｍ^{2}である。このような本発明のポリイミド薄膜２上に形成された触覚センサから受信する電圧信号を用い、ノイズを回避できる電子回路によって触覚センサを形成することができる。

[0095] 以上によって作製された触覚センサおよび該触覚センサに重畳するノイズを制御した電圧信号を利用して、電圧のオン状態とオフ状態が切り替わるスイッチングデバイスとすることができた。その方法は特に限定されるものではないが、例えば各種フリップフロップ回路（Ｒｅｓｅｔ－Ｓｅｔフリップフロップ、Ｄｅｌａｙ－フリップフロップ、および、これらを使って作製されるＪＫ－フリップフロップ、Ｔｏｇｇｌｅ－フリップフロップ等）が挙げられるが、入力端子をひとつとすることで回路を簡略化できること、そして入手の容易さから、本実施形態においては、Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作られるＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップが好適である。

[0096] 本実施形態に係る製造方法について、具体例として端的に述べると、本実

施形態に係るポリイミド薄膜２はポリアミド酸のワニスを経由して成膜する。すなわち、前記ジアミン化合物と前記テトラカルボン酸二無水物をＮ－メチル－２－ピロリドン等の有機溶媒中に溶解し、ポリアミド酸を生成させて、ワニス化する。該ワニスをホウケイ酸ガラスの平面支持体１の表面上に塗工する場合は、例えばブレードコータを、ガウス曲率の絶対値が０．０４ｃｍ$^{-2}$以下の曲面を有するホウケイ酸ガラスの球面で出来た支持体１’の表面上に塗工する場合は、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷を用いる。

[0097] 該塗工を行った支持体を窒素等の不活性ガス気流中、または減圧雰囲気下で３２０℃２時間の焼成を施すことで前記のポリイミド薄膜２が得られる。該ポリイミド薄膜２は平面支持体１や立体支持体１’に貼ったまま、つづく第一電極３、強誘電体層４、第二電極５の形成に進んだ方が工程上簡便であることが多いが、平面支持体１や立体支持体１’から剥離させて使用することを制限するものではない。

[0098] 本実施形態に係る平面支持体１上のポリイミド薄膜２上に第一電極３を形成するときには、例えば、スクリーン印刷にて、また、立体支持体１’上のポリイミド薄膜２上に第一電極を形成するときには、例えば、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷にてＰＥＤＯＴ／ＰＳＳ（Ｈｅｒａｅｕｓ社製）のアルコール溶液を印刷し、加熱焼成によってＰＥＤＯＴ／ＰＳＳの１００ｎｍ～１０００μｍ厚みの第一電極３を得る。

[0099] 続いて、該第一電極３上に、Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）をＮ－メチル－２－ピロリドンに溶解させたワニスを平面支持体１上のポリイミド薄膜２に対してはブレードコータにて、立体支持体１’上のポリイミド薄膜２に対してはシリンジ塗布にて前記第一電極３上に塗工する。５０～１５０℃の焼成をかけて溶媒を蒸発させるとともに、β型結晶構造を持つ０．５～１５μｍの厚みのＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）層を得る。該Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）層上に、第一電極と同様の方法でＰＥＤＯＴ／ＰＳＳを塗布し、５０～１４０℃の焼成を行うことによって１００ｎｍ～１０００μｍ厚みの第二電極を得る。前

記Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）に前記第一電極３および前記第二電極５を通じて電界印加することによって、電界印加方向に分極した構造をとるようになることで、圧電性を示すようになり、触覚センサが得られる。

[0100] ここで、接触の圧力と一緒に混入する外界由来のノイズを制御する方法としては、抵抗やコンデンサといった受動素子だけを用いたパッシブ型のフィルタよりも、トランジスタなどの能動素子を内在するオペアンプを用いたアクティブ型のフィルタが好適である。例えば、図３に示すパッシブ型の低域通過フィルタと図４に示すアクティブ型のＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域通過フィルタの特性を比較してみる。１００ｍＨｚ～１００Ｈｚの周波数範囲の電圧を図３と図４のそれぞれの回路に入力し、以下式で示す利得を求めた。

[0101] [数1]

$$利得（dB）＝20\times\log\left(\frac{出力電圧（V）}{入力電圧（V）}\right)$$

[0102] 図３と図４の利得の周波数依存性を見ると、図４のアクティブ型のＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域通過フィルタの方が、５０Ｈｚ以上の周波数で利得が大きく下がっており、それによって該周波数以上のノイズはフィルタを経由することで減衰することが分かる。その結果、物体との接触だけを特異的に感知することが可能となる。なお、アクティブ型の低域通過フィルタは図４に示すＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域通過フィルタだけに限定されず、ノイズの発生状態に応じて適当なアクティブ型の低域通過フィルタで構成させてよい。

[0103] 前述のアクティブ型のフィルタは、いわゆるアナログ電子回路に準拠したノイズ制御の方法であるが、ＨｉｇｈまたはＬｏｗのみのデジタル回路もまたノイズ制御の方法として利用できる。具体的には、触覚センサが発生した電圧信号をオペアンプによって電圧の増幅を行うと、混入するノイズも一緒に増幅されてしまうが、デジタル回路である比較器をつなぐと、触覚センサ

の電圧発生をオン状態とし、ノイズはオフ状態にすることができる。さらに、実施例で示したように図６のようなＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップを設けることでスイッチング機能が得られることが認められた。その結果、図７に示すように触覚センサに指でタッチすることで電圧のオン状態とオフ状態を切り替えることができた。このことを視覚的に理解しやすくするため、指のタッチの圧力に反応して、ＬＥＤおよび／または振動子に印加される電圧のオン状態とオフ状態が切り替わるスイッチングデバイスが実施できた。

[0104] なお、電圧のオン状態とオフ状態とは、視覚のみならず、触覚及び聴覚等の他の感覚によって認知されてもよい。つまり、本実施形態におけるスイッチングデバイスは、電圧のオン状態とオフ状態とを感覚的に認知させる認知部（ＬＥＤ、スピーカー等）を有していてもよい。

[0105] 比較例として、比較器を使わずにオペアンプとＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップだけの電子回路（図８）の場合、指のタッチと一緒に前記のノイズも増幅されるために、Ｔｏｇｇｌｅ－フリップフロップ後の電圧のオン状態とオフ状態が不安定化し、正常な切り替えが出来なくなることが分かった（図９）。

[0106] 本実施形態において前記触覚センサで検知された圧力は電圧信号に変換され、それが電子回路のオン状態、オフ状態を切り替える。その結果、ＬＥＤや有機ＥＬ等の発光体、振動子（バイブレータ）が動作し、他のデバイスを同時に駆動させることができる。例えば、ロボットの機械的動作等のオン状態、オフ状態を切り替えることができる。この電圧信号に変換される圧力は、指で軽く、しなやかにタッチしてもオン、オフ駆動することができる。この最大の理由は、表面自由エネルギーの極性成分が１．５～１０ｍＪ／ｍ^{2}である一般式（１）で示される高い全光線透過率を持つポリイミドフィルム上に電極、強誘電体、電極の順で形成させることで、センサ形状を維持しながら、透明な電子デバイスのセンサ部品として、微弱な電圧信号でも応答させることができる。なお、このセンサの厚みは、５～１００μｍ、好ましくは、５～５０μｍ、さらに好ましくは５～１０μｍである。

[0107] さらには、前述のポリイミド薄膜を基板として使うと導電性のインクまたはペーストを印刷および焼成する時に電極の形成不良が発生せず、市場の要求する電子デバイス製品の不良率０．１％以下を達成することができ、消費者の経済性の保護、品質保証や事故防止の観点から好ましい製品の良品率として９９．９％以上を達成することができる。

[0108] こうして得られた触覚センサの電圧信号やスイッチングデバイスのオン状態とオフ状態の情報は、その後、アナログ－デジタル変換によってデジタル化して無線通信によってその情報をコンピュータに送信することで遠隔で情報把握し、該センサが例えばロボットの表面に取り付けられている場合は、該センサが接触した人体等とロボットの間での強い衝突を回避する機構を動かす利用が可能となる。

[0109] また、ソフトウエアでの計測結果を読み取るために、近年、広く普及した通信機能を有するスマートフォン、スマートウォッチ、タブレット端末等のデジタル端末の無線機能を使用することが好ましいが、ＵＳＢケーブルやジャックケーブル伝送であっても無論差しさわりがあるわけではなく、併用を制限するものではない。

[0110] これらの通信機能は、無線給電が利用できる１３．５６ＭＨｚの周波数を利用するＮＦＣ（Ｎｅａｒ ＦｉｅｌｄＣｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎ）と呼ばれる1591838529844_0を利用しても良く、ＩＳＯ/ＩＥＣ １４４４３、同 １８０９２、同１５６９３、同２１４８１などの国際規格の無線通信を利用でき、所謂、パッシブ型の電子デバイスを作製することができる。また、これらの通信機能を持ったＩＣタグとして、情報機能を搭載してＲＦＩＤとしての機能を持たせてもよい。これに電池を搭載したアクティブ型の電子デバイスとしても良い。さらに、１次電池や２次電池あの搭載や配線電源が必要となるが、２．４ＧＨｚの周波数で利用できるＢｌｕｅｔｏｏｔｈ ｂａｓｉｃ ｒａｔｅ／ｅｎｈａｎｃｅｄ ｄａｔａ ｒａｔｅやＢｌｕｅｔｏｏｔｈ Ｌｏｗ Ｅｎｅｒｇｙ（～５ｍ）や２．４ＧＨｚ周波数帯域、９００ＭＨｚ帯域（例えば、９２０ＭＨｚ（～１００ｍ））及び８００ＭＨｚ帯域のＵＨ

ＦやＺｉｇＢｅｅなども利用できる。さらに、４Ｇ通信帯の０．７～２．０ＧＨｚ帯域、５ＧＳｕｂ６帯の３．０～４．１ＧＨｚ帯域、５Ｇミリ波帯の２７．００～２９．５０ＧＨｚ帯域なども利用することができる。

[0111] 上述の情報の通信機能を持たせるためには、本実施形態の触覚センサに塗布印刷技術によって情報通信用の送受信アンテナを形成させることができ、これを利用したベンダブルまたは伸縮性電子デバイスを提供することができる。

[0112] センサデバイスを経済的に安価に提供するためには、上記触覚センサに、様々な既存の安価な集積回路（ＩＣ）や電圧を制御するための抵抗器を利用して、前記のようにセンサからの情報の物理量を、1591838529844_1が処理できるように、一旦1591838529844_2に置き換え、人間が判読可能なように更に変換し直すデバイスであり、電気回路が取得した信号は、アナログ信号からデジタル信号に置き換えるＡＤ変換器を使用し、ソフトウエアで測定結果を人間が読み取れるように変換することができる。

[0113] 本実施形態において上記触覚センサに、整流や信号変換に利用するＣＭＯＳ、ＡＤ変換回路やノイズ低減回路等の集積回路（ＩＣ）、抵抗器、増幅器、レーザ、有機ＥＬやＬＥＤ光等の発光器、ＮＦＣ、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ、Ｗｉ－ＳＵＮ、ＵＨＦまたはＺｉｇＢｅｅなどの通信機などの様々な電子部品や接続配線を、経済的に安価な方法で、かつ、耐久性がある方法で取付ける必要がある。その取り付け方法としては、半田が一般的に安価に利用される材料であり、その他に低温硬化形のフレキシブル導電接着剤も利用できるが、現時点ではコストが上げることも事実としてあるが、将来的には、経済性を持つ可能性のある材料である。

[0114] ここでの半田付けの方法は、半田ごてを用いた、糸半田の手作業で行っても良いが、フロー方式またはリフロー方式が工業的にはよく使われる方法である。本実施形態では、何れの方法を選択してもよいが、プリント基板上に半田ペーストを、電子部品類をマウントする部分に穴の空いたステンレス製のメタルマスクのようなスクリーンでペーストをスキージ印刷し、その上に

部品を載せてから熱を加えて半田を溶かす方法で上述の電子部品類や接続配線を実装することが工業的には好ましく用いることができる。電子部品類や接続配線をマウントした後に本実施形態で形成された前述の触覚センサ基板とマウントした電子部品類をリフロー炉の中で、本加熱の前にプレ加熱し部品への急激な熱ショック回避やフラックス活性化、溶剤気化などを行っても良く、本実施形態では、プレ加熱の温度は１００～１５０℃範囲であり、本加熱は、１４０～１８０℃で加熱時間を短時間で行うことができる。さらに、冷却は、自然冷却であっても良いが、電子部品の熱ストレスを回避するため、または半田の引け、クラック防止のために急冷することもできる。さらに、印刷ではなく、ＩＣにボール半田を付けて、実装部分に乗せて、リフローしてもよい。

実施例

[0115] 以下、実施例にて本発明を具体的に説明するが、本発明がこれらによって限定されるものではない。なお、ここでの触覚センサの不良率とは、全ての工程を経て作製された触覚センサのうち平均の残留分極が７．０μＣ／ｃｍ^{2}を示さなかったセンサの歩留まりを意味し、この不良率は、すべて１０回評価を行って求めた値である。

[0116] ガラス転移温度の測定方法；熱機械分析（ＴＭＡ法）により、ポリイミド薄膜を２５℃から昇温し、線膨張係数の変化点をガラス転移温度とした。

[0117] 引っ張り強度および伸び率の測定方法；プラスチックの引張試験方法であるＡＳＴＭ　Ｄ６３８の手法にてポリイミド薄膜の引っ張りを行い、その試験によって観測された応力の最大値を引っ張り強度とし、該応力に対応するひずみを伸び率とした。

[0118] 全光線透過率の測定方法；ソフトブランケットグラビアオフセット印刷にて曲面に形成したポリイミド薄膜と同様の印刷条件で平面のガラス板にポリイミド薄膜を形成した。ガラス板をバックグラウンドとして、可視紫外分光光度計にて３００～８００ｎｍ波長の範囲で可視紫外光を照射し、その入射光と透過光の比から各波長における光線透過率を求め、４５０～８００ｎｍ

波長の範囲の平均値を全光線透過率とした。

[0119] 電極の厚みの測定方法；曲面上に電極を形成する際に用いた印刷方法（ソフトブランケットグラビアオフセット印刷、立体物に印刷可能なインクジェット印刷、立体物に印刷可能なディスペンサー等）と同様の印刷条件にて、請求項１に記載の平面のポリイミド薄膜上に曲面上に形成した電極と同じ電極を印刷し、加熱焼成を行った。焼成後の電極をＤｅｋｔａｋ（登録商標）触針式プロファイリングシステムにてポリイミド薄膜表面上と電極表面上を走査し、その段差の平均値を電極の厚みとした。

[0120] 体積抵抗率の測定方法；直方体状に形成された電極の両端に端子をあてる方法で、二端子測定法にて抵抗値（Ｒ）を測定した。ふたつの端子間の長さ（Ｌ）とその断面積（Ａ）の値から以下式を用いて体積抵抗率（ρ）を求めた。なお、断面積（Ａ）を求めるにあたって、その厚みは前記の電極の厚みの測定から得られた値を用いた。

[0121] [数2]

$$\text{体積抵抗率（}\rho\text{）／}\Omega\cdot\text{cm} = \frac{\text{抵抗（R）／}\Omega \times \text{断面積（A）／cm}^2}{\text{端子間長さ（L）／cm}}$$

[0122] キュリー温度の測定方法；アルミニウムパンにフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレン共重合体の粉末を２～５ｍｇ正確に秤量し、示差走査熱量計（ＤＳＣ）にて２０℃から５℃／分の昇温速度で２００℃まで昇温する。さらに２００℃から２０℃まで５℃／分の降温速度で冷却し、一連の温度変化過程の中での該共重合体粉末の状態変化に伴う吸熱および発熱を測定する。該共重合体は昇温過程において、約１４０～１６０℃で融点を迎えて液体に変化する。このとき、吸熱によるピークが確認される。つづく降温過程で融点よりも低い約９０～１４０℃で発熱のピークが確認され、そのピーク時の温度をキュリー温度とした。

[0123] ［実施例１］

ガラス転移温度が２８０℃、引っ張り強度が１９０ＭＰａ、伸び率が１５％、全光線透過率が８８％、水とジヨードメタンの接触角から求めた表面自由エネルギーの総量値が、４３．２ｍＪ／ｍ^{2}であり、そのうちの極性成分が２．７ｍＪ／ｍ^{2}のポリイミドフィルム（商品名エクリオス（登録商標）　ＶＩＣＴ－Ｃ、三井化学株式会社製）（ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$）をアルカリガラスの平面支持体に固定し、直径１ｃｍの円形のスクリーン版で導電性高分子材料であるＰＥＤＯＴ／ＰＳＳ（Ｈｅｒａｅｕｓ社製）の水／アルコール溶液をスクリーン印刷で平滑塗工し、１５０℃、３０分間焼成することで水／アルコールを蒸発させ、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）での第一電極を形成した。電極の厚みは２．０μｍであり、体積抵抗率は４．０Ω・ｃｍであった。

[0124] 次に該フィルム上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で７５：２５のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５（Ａｒｋｅｍａ社製）のＮ－メチル－２－ピロリドン１２重量％溶液をブレードコータで平滑塗工し、１３５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させ、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。なお、Ｐｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５のＤＳＣ測定から得られたキュリー温度は１３０℃であることが確認されている。

[0125] さらに、該強誘電体層上にＰＥＤＯＴ／ＰＳＳ（Ｈｅｒａｅｕｓ社製）の水／アルコール溶液をスクリーン印刷で平滑塗工し、１２５℃、１時間焼成することで水／アルコールを蒸発させ、強誘電体層をはさんで第一電極と厚み方向で重なり合う、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で２．０μｍの厚みの第二電極を形成した。

[0126] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、触覚センサの不良率は０％であった。すなわち、良品率は１００％である。

[0127] 以上によって得られた積層体を触覚センサとし、図６の該触覚センサにオペアンプ、比較器、Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作ったＴｏｇｇｌｅ

－フリップフロップに赤色ＬＥＤを接続し、該触覚センサに指でタッチするとＬＥＤがオン状態（点灯）になり、もう一度タッチするとＬＥＤはオフ状態（消灯）になった。触覚センサに指でタッチしたときの電圧信号の発生と、Ｔｏｇｇｌｅ－フリップフロップ後の電圧、すなわちＬＥＤに印加される。電圧のオン状態とその状態か維持され、もう一度タッチするとオフ状態の切り替わることを図７に示す。

[0128] さらに、作製した触覚センサのＬＥＤ端子部分に並列にマブチモーター製のＦＡ－１３０ＲＡ（定格電圧１．５Ｖ）の振動子を接続した。触覚センサを指でタッチすると赤色ＬＥＤが点灯すると同時に該振動子が駆動し、再度指でタッチするとＬＥＤが消灯すると同時に該振動子が停止し、他のデバイスの駆動機能を有するスイッチングデバイスであることを確認した。

[0129] ［実施例２］

実施例１で用いたポリイミドフィルム（ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$）に実施例１の導電性高分子材料溶液を実施例１と同様にスクリーン印刷で平滑塗工し、焼成し１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^{2}）で２．０μｍの厚みの第一電極を形成した。

[0130] 次に該積層体上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で８０：２０のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２０（Ａｒｋｅｍａ社製）のＮ－メチル－２－ピロリドン１２重量％溶液を実施例１と同様にブレードコータで平滑塗工し、１４５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させ、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。なお、Ｐｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２０のＤＳＣ測定から得られたキュリー温度は１４０℃であることが確認されている。

[0131] さらに、該強誘電体層上に上記と同じ導電性高分子材料溶液を同様のスクリーン印刷で平滑塗工し、１３５℃、３０分間焼成することで、強誘電体層をはさんで第一電極と厚み方向で重なり合う、１ｃｍ直径の円形で２．０μｍの厚みの第二電極を形成した。

[0132] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加すること

でＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、触覚センサの不良率は０％であった。すなわち、良品率は１００％である。

[0133] 以上によって得られた積層体を触覚センサとし、該触覚センサにオペアンプ、比較器、Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作ったＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップに赤色ＬＥＤを接続し、該触覚センサに指でタッチするとＬＥＤがオン状態（点灯）になり、もう一度タッチするとＬＥＤはオフ状態（消灯）になった。

[0134] ［実施例３］

実施例１で用いたポリイミドフィルム（ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$）と導電性高分子材料の溶液を実施例１と同様にスクリーン印刷で平滑塗工し、１５０℃、３０分間焼成することで水／アルコールを蒸発させ、１ｃｍ直径の円形で２．０μｍの厚みの第一電極を形成した。

[0135] 次に該積層体上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で７０：３０のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ３０（Ａｒｋｅｍａ社製）のＮ－メチル－２－ピロリドン１２重量％溶液を実施例１と同様にブレードコータで平滑塗工し、１３５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させることで３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。なお、Ｐｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ３０のＤＳＣ測定から得られたキュリー温度は１００℃であることが確認されている。

[0136] さらに、該強誘電体層上に上記と同じ導電性高分子材料溶液を同様にスクリーン印刷で平滑塗工し、９０℃、１時間焼成することで、強誘電体層をはさんで第一電極と厚み方向で重なり合う、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^{2}）で２．０μｍの厚みの第二電極を形成した。

[0137] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、触覚センサの不良率は０％であった。すなわち、良品率は１００％である。

[0138] 以上によって得られた積層体を触覚センサとし、図６の該触覚センサにオペアンプ、比較器、Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作ったＴｏｇｇｌｅ

－フリップフロップに赤色ＬＥＤを接続し、該触覚センサに指でタッチするとＬＥＤがオン状態（点灯）になり、もう一度タッチするとＬＥＤはオフ状態（消灯）になった。

[0139] ［実施例４］

ガラス転移温度が３０５℃、引っ張り強度が２２０ＭＰａ、伸び率が７％、全光線透過率が８８％、実施例１と同様に求めた表面自由エネルギーの総量値が、４３．８ｍＪ／ｍ^{2}であり、そのうちの極性成分が４．７ｍＪ／ｍ^{2}のポリイミドフィルム（商品名エクリオス（登録商標）　ＶＩＣＴ－Ｃｚ、三井化学株式会社製）（ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$）に実施例１で用いた導電性高分子材料の溶液を実施例１と同様にスクリーン印刷により塗工し、１５０℃、３０分間焼成することで水／アルコールを蒸発させ、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で１．８μｍの厚みの第一電極を形成した。

[0140] 次に該積層体上に実施例１と同様にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比７５：２５のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）のＮ－メチル－２－ピロリドン１２重量％溶液を実施例１と同様で平滑塗工し、１３５℃、２時間焼成することで３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0141] さらに、該強誘電体層上に上記と同じ導電性高分子材料の溶液をスクリーン印刷で平滑塗工し、１２５℃、１時間焼成することで、強誘電体層をはさんで第一電極と厚み方向で重なり合う、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で２．０μｍの厚みの第二電極を形成した。

[0142] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、触覚センサの不良率は０％であった。すなわち、良品率は１００％である。

[0143] 以上によって得られた積層体を触覚センサとし、図６の該触覚センサにオペアンプ、比較器、Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作ったＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップに赤色ＬＥＤを接続し、該触覚センサに指でタッチするとＬＥＤがオン状態（点灯）になり、もう一度タッチするとＬＥＤはオフ状態（消灯）になった。

[0144] ［実施例５］

ガラス転移温度が２６５℃、引っ張り強度が１３０ＭＰａ、伸び率が１８％、全光線透過率が９０％、実施例１と同様に求めた表面自由エネルギーの総量値が、４４．０ｍＪ／ｍ^{2}であり、そのうちの極性成分が５．２ｍＪ／ｍ^{2}のポリイミドフィルム（商品名エクリオス（登録商標）　ＶＩＣＴ－Ｂｎｐ、三井化学株式会社製）（ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$）に実施例１で用いた導電性高分子材料の溶液を実施例１と同様にスクリーン印刷により塗工し、焼成し１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で２．５μｍの厚みの第一電極を形成した。

[0145] 次に該積層体上に実施例１で使用したフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比７５：２５のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）のＮ－メチル－２－ピロリドン１２重量％溶液を実施例１と同様に塗工し、１３５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させることで３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0146] さらに、該強誘電体層上に上記と同じ導電性高分子材料の溶液をスクリーン印刷により塗工し、１２５℃、１時間焼成することで水／アルコールを蒸発させ、強誘電体層をはさんで第一電極と厚み方向で重なり合う、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で２μｍの厚みの第二電極を形成した。

[0147] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、触覚センサの不良率は０％であった。すなわち、良品率は１００％である。

[0148] 以上によって得られた積層体を触覚センサとし、図６の該触覚センサにオペアンプ、比較器、Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作ったＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップに赤色ＬＥＤを接続し、該触覚センサに指でタッチするとＬＥＤがオン状態（点灯）になり、もう一度タッチするとＬＥＤはオフ状態（消灯）になった。

[0149] ［実施例６］

実施例１で用いたポリイミドフィルム（ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$）と導電性高

分子材料の溶液を一片が４ｃｍの正方形のスクリーン版に代えたこと以外は実施例１と同様にスクリーン印刷し、焼成し一片が３．８ｃｍの正方形（面積が１４ｃｍ^2）で平均２．１μｍの厚みの第一電極を形成した。

[0150] 次に該積層体上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で７５：２５のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５（Ａｒｋｅｍａ社製）のＮ－メチル－２－ピロリドン１２重量％溶液を実施例１と同様にブレードコータにて塗工し、１３５℃、２時間焼成し、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0151] さらに、該強誘電体層上に上記と同じ導電性高分子材料の水／アルコール溶液を上記と同じスクリーン印刷で平滑塗工し、１２５℃、１時間焼成し、強誘電体層をはさんで第一電極と厚み方向で重なり合う、一片が３．８ｃｍの正方形（面積が１４ｃｍ^2）で平均２．１μｍの厚みの第二電極を形成した。

[0152] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、触覚センサの不良率は０％であった。すなわち、良品率は１００％である。

[0153] 以上によって得られた積層体を触覚センサとし、図６の該触覚センサにオペアンプ、比較器、Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作ったＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップに赤色ＬＥＤを接続し、該触覚センサに指でタッチするとＬＥＤがオン状態（振動状態）になり、もう一度タッチするとＬＥＤはオフ状態（停止状態）になった。

[0154] ［実施例７］

実施例２から６で作製したスイッチングデバイスのＬＥＤ端子部分に並列にマブチモーター製のＦＡ－１３０ＲＡ（定格電圧１．５Ｖ）の振動子を接続した。触覚センサを指でタッチすると赤色ＬＥＤが点灯すると同時に該振動子が駆動し、再度指でタッチするとＬＥＤが消灯すると同時に該振動子が停止することを確認した。これにより、これらのスイッチングデバイスが、他のデバイスの駆動機能を有するスイッチングデバイスであることを確認し

た。

[0155] ［比較例１］

ガラス転移温度が１１８℃、引っ張り強度が１１０ＭＰａ、伸び率が６５％、全光線透過率が８７％、実施例１と同様に求めた表面自由エネルギーの総量値が、４０．５ｍＪ／ｍ^{2}であり、そのうちの極性成分が表面自由エネルギーの極性成分が０．９２ｍＪ／ｍ^{2}であるＰＥＮ（商品名テオネックス（登録商標）、帝人フィルムソリューション株式会社製）フィルム（ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$）に実施例１で使用した導電性高分子材料であるＰＥＤＯＴ／ＰＳＳ（Ｈｅｒａｅｕｓ社製）の水／アルコール溶液を実施例１と同様にスクリーン印刷で平滑塗工し、焼成し１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で２．０μｍの厚みの第一電極を形成した。

[0156] 次に該積層体上に実施例１で使用したＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）のＮ－メチル－２－ピロリドン１２重量％溶液を実施例１と同様にブレードコータで平滑塗工し、１３５℃、２時間焼成し、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0157] さらに、該強誘電体層上に上記と同じ導電性高分子材料の水／アルコール溶液をスクリーン印刷で平滑塗工し、１２５℃、１時間焼成し、強誘電体層をはさんで第一電極と厚み方向で重なり合う、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で２．０μｍの厚みの第二電極を形成した。

[0158] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、触覚センサの不良率は５０％であった。すなわち、良品率は５０％である。

[0159] 良品の触覚センサにオペアンプ、比較器、Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作ったＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップに赤色ＬＥＤを接続し、該触覚センサに指でタッチするとＬＥＤがオン状態（点灯）になり、もう一度タッチするとＬＥＤはオフ状態（消灯）のスイッチング機能を示すが、不良品は、赤色ＬＥＤは、点灯することはなかった。

[0160] ［比較例２］

ガラス転移温度が４１０℃、引っ張り強度が３３０ＭＰａ、伸び率が８０％、実施例１と同様に求めた表面自由エネルギーの総量値が、５７．１ｍＪ／ｍ^{2}であり、そのうちの極性成分が３６ｍＪ／ｍ^{2}の茶褐色（全光線透過率５０％以下）のポリイミドフィルム（商品名カプトン（登録商標）、東レデュポン株式会社製）（ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$）に実施例１で使用した導電性高分子材料であるＰＥＤＯＴ／ＰＳＳ（Ｈｅｒａｅｕｓ社製）の水／アルコール溶液を実施例１と同様にスクリーン印刷で平滑塗工し、焼成し１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で２．１μｍの厚みの第一電極を形成した。

[0161] 次に該積層体上に実施例１で使用したＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）のＮ－メチル－２－ピロリドン１２重量%溶液をブレードコータで平滑塗工し、１３５℃、２時間焼成し、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0162] さらに、該強誘電体層上に上記と同じ導電性高分子材料の水／アルコール溶液をスクリーン印刷で平滑塗工し、１２５℃、１時間焼成することで溶剤を蒸発させ、強誘電体層をはさんで第一電極と厚み方向で重なり合う、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で２μｍの厚みの第二電極を形成した。

[0163] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、触覚センサの不良率は６７％であった。すなわち、良品率は３３％である。

[0164] ［比較例３］

ガラス転移温度が３５５℃、引っ張り強度が３６０ＭＰａ、伸び率が５０％、実施例１と同様に求めた表面自由エネルギーの総量値が、４４．６ｍＪ／ｍ^{2}であり、そのうちの極性成分が１５．６ｍＪ／ｍ^{2}の茶褐色（全光線透過率５０％以下）のポリイミドフィルム（商品名ユーピレックス（登録商標）、宇部興産株式会社製）（ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$）のフィルムに実施例１で使用した導電性高分子材料の水／アルコール溶液を実施例１と同様にスクリーン印刷で平滑塗工し、焼成し１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で１．８μｍの厚みの第一電極を形成した。

[0165] 次に該積層体上に実施例１で使用したＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）のＮ－メチル－２－ピロリドン１２重量％溶液を実施例１と同様にブレードコータで平滑塗工し、１３５℃、２時間焼成し、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0166] さらに、該強誘電体層上に上記と同じ導電性高分子材料の水／アルコール溶液を同様にスクリーン印刷で平滑塗工し、１２５℃、１時間焼成し、強誘電体層をはさんで第一電極と厚み方向で重なり合う、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で１～２μｍの厚みの第二電極を形成した。

[0167] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、触覚センサの不良率は８９％であった。すなわち、良品率は１１％である。

[0168] ［比較例４］

ガラス転移温度が７５℃、引っ張り強度が２１５ＭＰａ、伸び率が１７０％、全光線透過率８５％、実施例１と同様に求めた表面自由エネルギーの総量値が、４４．０ｍＪ／ｍ^{2}であり、そのうちの極性成分が２．０ｍＪ／ｍ^{2}のＰＥＴ（商品名ルミラー（登録商標）、東レ株式会社製）（ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$）に実施例１と同様の導電性高分子材料の水／アルコール溶液をスクリーン印刷により塗工し、１５０℃、３０分間焼成し、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で２μｍの厚みの第一電極の形成を試みたが、収縮を起こし、シワが発生し、平滑な電極を作成できなかった。

[0169] ［比較例５］

比較例４で用いたＰＥＴフィルムと導電性高分子材料の溶液を比較例４と同様にスクリーン印刷により塗工し、焼成温度を１００℃、５時間で焼成し、１ｃｍ直径の円形（面積が０．７９ｃｍ^2）で２μｍの厚みの第一電極を形成した。

[0170] 次に該積層体上に実施例１で使用したＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）のＮ－メチル－２－ピロリドン１２重量％溶液を実施例１と同様にブレードコータで平滑塗工し、１３５℃、２時間焼成すると、比較例４と同様に収縮を起こし、

シワが発生し、平滑な強誘電体層が形成できず、次工程に進むことができなかった。

[0171] ［比較例６］

実施例１で作製した触覚センサを図８に示す電子回路のオペアンプ、Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作ったＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップに赤色ＬＥＤを接続し、該触覚センサに指でタッチすると電圧のオン状態であるが、離すとオフ状態に切り替わり、オンの状態が続かない（図９に示す）、その結果、ＬＥＤの点灯し続けることはなく消灯してしまう。

[0172] ［実施例８］

曲率半径１０ｃｍ（ガウス曲率０．０１ｃｍ$^{-2}$）のホウケイ酸ガラスでできた凸の球面を立体支持体上に、実施例４のポリイミド薄膜（商品名エクリオス（登録商標） ＶＩＣＴ－Ｃｚ、三井化学株式会社製）をつくるポリアミド酸ワニス液膜をソフトブランケットグラビアオフセット印刷で塗工し、不活性ガス下で３２０℃２時間の加熱による脱水・環化反応によってポリイミド薄膜を形成した。

[0173] 次に該ポリイミド薄膜上に、幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^{2}）の銀を主成分とするストレッチャブル性の導電ペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）の第一電極をソフトブランケットグラビアオフセット印刷機によるグラビアオフセット印刷法で印刷した。具体的には、ステンレス台に真空ポンプで吸引固定されたガラス基板上に深さ７７μｍの凹部を形成した褐色ポリイミドフィルムを乗せて、凹部にＸＡ－９５２１をドクターブレードで充填し、該褐色ポリイミドフィルムを除去し、ＰＤＭＳ製のソフトブランケットに該ペーストを回転圧着受理し、受理した該ペーストを３０ｍｍ／秒の移動速度で別のステンレス台に吸引固定されている前記ポリイミド薄膜が形成されたホウケイ酸ガラス製の球面上に回転圧着転写して電極を印刷した。この積層体を１５０℃１時間焼成して、第一電極が形成された積層体を作製した。電極の厚みは５．４μｍであり、体積抵抗率は４．５×１０$^{-4}$Ω・ｃｍであった。

[0174] 次に該第一電極上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で７５：２５のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５（Ａｒｋｅｍａ社製）の１２重量％のＮ－メチル－２－ピロリドン溶液をシリンジで滴下塗布し、不活性ガス下で１３５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させ、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。なお、Ｐｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５のＤＳＣ測定から得られたキュリー温度は１３０℃であることが確認されている。

[0175] さらに、該強誘電体層上に幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^2）の銀を主成分とするストレッチャブル性の導電ペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）を第二電極として、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷機によるグラビアオフセット印刷法で第一電極に交差する方向で印刷した。この積層体を前記キュリー温度よりも低い温度である１２０℃で２時間焼成して、第二電極が形成された積層体を作製した。

[0176] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、７．０μＣ／ｃｍ^{2}であった。

[0177] ［実施例９］

実施例８で得られた積層体を触覚センサとして第一電極をグランド電極とした上で、指を第二電極にタッチさせたところ、電圧信号の発生がオシロスコープにて確認された。この電圧信号には５０Ｈｚの商用電源由来のノイズが重畳したが、第二電極を図４の回路図に示すＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域通過フィルタに通したところ、該ノイズは減衰し、図５に示すように、指でタッチすると電圧信号が選択的に取り出されることが確認された。

[0178] こうして作製された触覚センサをホウケイ酸ガラスでできた球面から剥がし、ホウケイ酸ガラスでできた球面と同じガウス曲率０．０１ｃｍ$^{-2}$の白色のポリプロピレン製の球面に瞬間接着剤で貼り付けたところ、シワ等の外観不良のない、球面に適合した触覚センサとなった。また、該剥離操作においてセンサの破損は発生せず、図５と同様に指でタッチによって電圧信号を発

生することが確認された。

[0179] ［実施例１０］

実施例８と同様に、曲率半径１０ｃｍ（ガウス曲率０．０１ｃｍ$^{-2}$）のホウケイ酸ガラスでできた凸の球面をもつ立体支持体上にポリイミド薄膜を形成し、さらに、実施例８と同様にポリイミド薄膜上に、幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^{2}）の銀を主成分とするストレッチャブル性のペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）の第一電極をグラビアオフセット印刷法で印刷した。この積層体を１５０℃１時間焼成して、電極の厚みが６．０μｍ、体積抵抗率が５．０×１０$^{-5}$Ω・ｃｍの第一電極を作製した。

[0180] 次に該第一電極上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で７５：２５のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５（Ａｒｋｅｍａ社製）の１２重量％のＮ－メチル－２－ピロリドン溶液をシリンジで滴下塗布し、１３５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させ、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0181] さらに、該強誘電体層上に幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^{2}）の銀ペーストＸＡ－３６０９（藤倉化成株式会社製）を第二電極として、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷機によるグラビアオフセット印刷法で第一電極に交差する方向で印刷した。この積層体を前記キュリー温度よりも低い温度である１２０℃で２時間焼成して、第二電極が形成された積層体を作製した。

[0182] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、７．０μＣ／ｃｍ^{2}であった。

[0183] ［実施例１１］

実施例１０で得られた積層体を触覚センサとして第一電極をグランド電極とした上で、指を第二電極にタッチさせたところ、電圧信号の発生がオシロスコープにて確認された。この電圧信号には５０Ｈｚの商用電源由来のノイズが重畳したが、第二電極を図４の回路図に示すＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域

通過フィルタに通したところ、該ノイズは減衰し、指でタッチすると電圧信号が選択的に取り出されることが確認された。

[0184] ［実施例１２］

５ｃｍ（ガウス曲率０．０４ｃｍ$^{-2}$）のホウケイ酸ガラスでできた凸の球面を立体支持体上に、実施例４のポリイミド薄膜（商品名エクリオス（登録商標）、ＶＩＣＴ－Ｃｚ、三井化学株式会社製）をつくるポリアミド酸ワニス液膜をソフトブランケットグラビアオフセット印刷で塗工し、不活性ガス下で３２０℃２時間の加熱による脱水・環化反応によってポリイミド薄膜を形成した。

[0185] 次に該ポリイミド薄膜上に、幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^{2}）の銀を主成分とするストレッチャブル性の導電ペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）の第一電極をソフトブランケットグラビアオフセット印刷機によるグラビアオフセット印刷法で印刷した。具体的には、ステンレス台に真空ポンプで吸引固定されたガラス基板上に深さ７７μｍの凹部を形成した褐色ポリイミドフィルムを乗せて、凹部に銀ペーストＸＡ－９５２１をドクターブレードで充填し、該褐色ポリイミドフィルムを除去し、ＰＤＭＳ製のソフトブランケットに該ペーストを回転圧着受理し、受理した該ペーストを３０ｍｍ／秒の移動速度で別のステンレス台に吸引固定されている前記ポリイミド薄膜が形成されたホウケイ酸ガラス製の球面上に回転圧着転写して電極を印刷した。この積層体を１５０℃１時間焼成して、第一電極が形成された積層体を作製した。電極の厚みは５．４μｍであり、体積抵抗率は４．５×１０$^{-4}$Ω・ｃｍであった。

[0186] 次に該第一電極上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で７５：２５のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５（Ａｒｋｅｍａ社製）の１２重量％のＮ－メチル－２－ピロリドン溶液をシリンジで滴下塗布し、１３５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させ、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0187] さらに、該強誘電体層上に幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^{2}

）の銀を主成分とするストレッチャブル性の導電ペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）を第二電極として、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷機によるグラビアオフセット印刷法で第一電極に交差する方向で印刷した。この積層体を前記キュリー温度よりも低い温度である１２０℃で２時間焼成して、第二電極が形成された積層体を作製した。

[0188] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、７．０μＣ／ｃｍ^{2}であった。

[0189] ［実施例１３］

実施例１２で得られた積層体を触覚センサとして第一電極をグランド電極とした上で、指を第二電極にタッチさせたところ、電圧信号の発生がオシロスコープにて確認された。この電圧信号には５０Ｈｚの商用電源由来のノイズが重畳したが、第二電極を図４の回路図に示すＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域通過フィルタに通したところ、該ノイズは減衰し、指でタッチに由来する電圧信号が選択的に取り出されることが確認された。

[0190] こうして作製された触覚センサをホウケイ酸ガラスでできた球面から剥がし、ホウケイ酸ガラスでできた球面と同じガウス曲率０．０４ｃｍ$^{-2}$の白色のポリプロピレン製の球面に瞬間接着剤で貼り付けたところ、シワ等の外観不良のない、球面に適合した触覚センサとなった。また、該剥離操作においてセンサの破損は発生せず、指のタッチによって電圧信号を発生することが確認された。

[0191] ［実施例１４］

実施例８と同様に、曲率半径１０ｃｍ（ガウス曲率０．０１ｃｍ$^{-2}$）のホウケイ酸ガラスでできた凸の球面をもつ立体支持体上にポリイミド薄膜を形成し、さらに、このポリイミド薄膜上に、幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^2）の銀粒子インクＮＰＳ－Ｌ（ハリマ化成グループ株式会社製）の第一電極を立体物に印刷可能なインクジェット装置で印刷した。この積層体を１５０℃１時間焼成して、第一電極が形成された積層体を作製した。

電極の厚みは０．５０μｍであり、体積抵抗率は１．０×１０$^{-5}$Ω・ｃｍであった。

[0192] 次に該第一電極上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で７５：２５のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５（Ａｒｋｅｍａ社製）の１２重量％のＮ－メチル－２－ピロリドン溶液をシリンジで滴下塗布し、１３５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させ、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0193] さらに、該強誘電体層上に幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^{2}）の銀粒子インクＮＰＳ－Ｌ（ハリマ化成グループ株式会社製）の第二電極を立体物に印刷可能なインクジェット装置で印刷した。この積層体を前記キュリー温度よりも低い温度である１２０℃で２時間焼成して、第二電極が形成された積層体を作製した。

[0194] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、７．０μＣ／ｃｍ^{2}であった。

[0195] ［実施例１５］

実施例１４で得られた積層体を触覚センサとして第一電極をグランド電極とした上で、指を第二電極にタッチさせたところ、電圧信号の発生がオシロスコープにて確認された。この電圧信号には５０Ｈｚの商用電源由来のノイズが重畳したが、第二電極を図４の回路図に示すＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域通過フィルタに通したところ、該ノイズは減衰し、指でタッチすると電圧信号が選択的に取り出されることが確認された。

[0196] ［実施例１６］

実施例８と同様に、曲率半径１０ｃｍ（ガウス曲率０．０１ｃｍ$^{-2}$）のホウケイ酸ガラスでできた凸の球面をもつ立体支持体上にポリイミド薄膜を形成し、次に該ポリイミド薄膜上に、幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^{2}）のＰＥＤＯＴ／ＰＳＳのエタノール中分散液の第一電極を立体物に印刷可能なディスペンサー装置で印刷し、この積層体を１５０℃１時間焼成

して、電極の厚みが１０μｍ、体積抵抗率が４．０Ω・ｃｍの第一電極が形成された積層体を作製した。

[0197] 次に該第一電極上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で７５：２５のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５（Ａｒｋｅｍａ社製）の１２重量％のＮ－メチル－２－ピロリドン溶液をシリンジで滴下塗布し、１３５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させ、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0198] さらに、該強誘電体層上に幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^2）のＰＥＤＯＴ／ＰＳＳのエタノール中分散液の第二電極を立体物に印刷可能なディスペンサー装置で印刷した。この積層体を前記キュリー温度よりも低い温度である１２０℃で２時間焼成して、第二電極が形成された積層体を作製した。

[0199] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、７．０μＣ／ｃｍ^{2}であった。

[0200] ［実施例１７］

実施例９で得られた積層体を触覚センサとして第一電極をグランド電極とした上で、指を第二電極にタッチさせたところ、電圧信号の発生がオシロスコープにて確認された。この電圧信号には５０Ｈｚの商用電源由来のノイズが重畳したが、第二電極を図４の回路図に示すＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域通過フィルタに通したところ、該ノイズは減衰し、指でタッチすると電圧信号が選択的に取り出されることが確認された。

[0201] ［実施例１８］

実施例８と同様に、曲率半径１０ｃｍ（ガウス曲率０．０１ｃｍ$^{-2}$）のホウケイ酸ガラスでできた凸の球面をもつ立体支持体上にポリイミド薄膜を形成し、さらに、実施例８と同様にポリイミド薄膜上に、幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^2）の銀を主成分とするストレッチャブル性のペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）の第一電極をグラビアオフセッ

ト印刷法で印刷した。この積層体を１５０℃１時間焼成して、電極の厚みが５．４μｍ、体積抵抗率が４．５×１０$^{-4}$Ω・ｃｍの第一電極を作製した。

[0202] 次に該第一電極上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で７０：３０のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ３０（Ａｒｋｅｍａ社製）の１２重量％のＮ－メチル－２－ピロリドン溶液をシリンジで滴下塗布し、１３５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させ、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。なお、Ｐｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ３０のＤＳＣ測定から得られたキュリー温度は１００℃であることが確認されている。

[0203] さらに、該強誘電体層上に幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^2）の銀を主成分とするストレッチャブル性の導電ペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）を第二電極として、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷機によるグラビアオフセット印刷法で第一電極に直交する方向で印刷した。この積層体を前記キュリー温度よりも低い温度である９０℃で１時間焼成して、第二電極が形成された積層体を作製した。

[0204] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、６．５μＣ／ｃｍ^{2}であった。

[0205] ［実施例１９］

以上によって得られた積層体を触覚センサとして第一電極をグランド電極とした上で、指を第二電極にタッチさせたところ、電圧信号の発生がオシロスコープにて確認された。この電圧信号には５０Ｈｚの商用電源由来のノイズが重畳したが、第二電極を図４の回路図に示すＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域通過フィルタに通したところ、該ノイズは減衰し、指でタッチすると電圧信号が選択的に取り出されることが確認された。

[0206] ［実施例２０］

実施例８と同様に、曲率半径１０ｃｍ（ガウス曲率０．０１ｃｍ$^{-2}$）のホウケイ酸ガラスでできた凸の球面をもつ立体支持体上にポリイミド薄膜を形

成し、さらに、実施例８と同様にポリイミド薄膜上に、幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^2）の銀を主成分とするストレッチャブル性のペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）の第一電極を実施例８と同様にグラビアオフセット印刷法で印刷した。この積層体を１５０℃１時間焼成して、電極の厚みが５．４μｍであり、体積抵抗率が４．５×１０$^{-4}$Ω・ｃｍの第一電極を作製した。

[0207] 次に該第一電極上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で８０：２０のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２０（Ａｒｋｅｍａ社製）の１２重量％のＮ－メチル－２－ピロリドン溶液をシリンジで滴下塗布し、１４５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させ、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。なお、Ｐｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２０のＤＳＣ測定から得られたキュリー温度は１４０℃であることが確認されている。

[0208] さらに、該強誘電体層上に幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^2）の銀を主成分とするストレッチャブル性の導電ペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）を第二電極として、ソフトブランケットグラビアオフセット印刷機によるグラビアオフセット印刷法で第一電極に直交する方向で印刷した。この積層体を前記キュリー温度よりも低い温度である１３５℃で３０分間焼成して、第二電極が形成された積層体を作製した。

[0209] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ、８．０μＣ／ｃｍ^{2}であった。

[0210] ［実施例２１］

実施例１３で得られた積層体を触覚センサとして第一電極をグランド電極とした上で、指を第二電極にタッチさせたところ、電圧信号の発生がオシロスコープにて確認された。この電圧信号には５０Ｈｚの商用電源由来のノイズが重畳したが、第二電極を図４の回路図に示すＳａｌｌｅｎ－Ｋｅｙ低域通過フィルタに通したところ、該ノイズは減衰し、指でタッチすると電圧信

号が選択的に取り出されることが確認された。

[0211] こうして作製された触覚センサをホウケイ酸ガラスでできた球面から剥がし、ホウケイ酸ガラスでできた球面と同じガウス曲率０．０１ｃｍ$^{-2}$の白色のポリプロピレン製の球面に瞬間接着剤で貼り付けたところ、シワ等の外観不良のない、球面に適合した触覚センサとなった。また、該剥離操作においてセンサの破損は発生せず、接触によって電圧信号を発生することを確認した。

[0212] ［比較例６］

曲率半径１０ｃｍ（ガウス曲率０．０１ｃｍ$^{-2}$）のホウケイ酸ガラスでできた凸の球面を立体支持体とし、これにポリアミド酸ワニス、ユピア（登録商標）－ＡＴ（商品名ユピア（登録商標）、宇部興産株式会社製）をソフトブランケットグラビアオフセット印刷によって形成し、不活性ガス下で３４０℃２時間の加熱による脱水・環化反応によってポリイミド薄膜を形成した。この全光線透過率は、４０％であった。透明性がない。

[0213] 次に該ポリイミド薄膜上に、幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^{2}）の銀を主成分とするストレッチャブル性の導電ペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）の第一電極をソフトブランケットグラビアオフセット印刷機によるグラビアオフセット印刷法で印刷した。具体的には、ステンレス台に真空ポンプで吸引固定されたガラス基板上に深さ７７μｍの凹部を形成した褐色ポリイミドフィルムを乗せて、凹部に銀ペーストＸＡ－９５２１をドクターブレードで充填し、該褐色ポリイミドフィルムを除去し、ＰＤＭＳ製のソフトブランケットに該ペーストを回転圧着受理し、受理した該ペーストを３０ｍｍ／秒の移動速度で別のステンレス台に吸引固定されている前記ポリイミド薄膜が形成された石英ガラス製の球面上に回転圧着転写して電極を印刷した。

[0214] この積層体を１５０℃１時間焼成して、第一電極が形成された積層体を作製した。電極の厚みは５．４μｍであり、体積抵抗率は４．５×１０$^{-4}$Ω・ｃｍであった。

[0215] 次に該第一電極上にフッ化ビニリデン／トリフルオロエチレンがモル比で７５：２５のＰ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）であるＰｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５（Ａｒｋｅｍａ社製）の１２重量％のＮ－メチル－２－ピロリドン溶液をシリンジで滴下塗布し、１３５℃、２時間焼成によってＮ－メチル－２－ピロリドンを蒸発させ、３～５μｍ厚みの強誘電体層を形成した。

[0216] さらに、該強誘電体層上に幅０．５ｃｍ、長さ６ｃｍ（面積が３．０ｃｍ^2）の銀を主成分とするストレッチャブル性の導電ペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）を第二電極としてソフトブランケットグラビアオフセット印刷機によるグラビアオフセット印刷法で第一電極に交差する方向で印刷した。この積層体を前記キュリー温度よりも低い温度である１２０℃で２時間焼成して、第二電極が形成された積層体を作製した。

[0217] 前記第一電極と前記第二電極を通じて前記強誘電体層に電界印加することでＰＥ曲線が得られ、前記強誘電体層の残留分極を評価したところ７．０μＣ／ｃｍ^{2}であった。

[0218] 以上によって得られた積層体を触覚センサとして石英ガラスでできた球面から剥がし、石英ガラスでできた球面と同じガウス曲率０．０１ｃｍ$^{-1}$の白色のポリプロピレン製の球面に瞬間接着剤で貼り付けた。この褐色ポリイミド薄膜は、硬く、柔軟性が低く、繰り返しの曲げに対して、配線の損傷を起こした。

[0219] ［比較例７］

曲率半径４．５ｃｍ（ガウス曲率０．０５０ｃｍ$^{-1}$）のホウケイ酸ガラスでできた凸の球面を立体支持体とし、実施例４のポリイミド薄膜をつくるポリアミド酸ワニス（商品名エクリオス（登録商標）　ＶＩＣＴ－Ｃｚ、三井化学製）をソフトブランケットグラビアオフセット印刷によって形成し、３２０℃２時間の加熱による脱水・環化反応によってポリイミド薄膜を形成し、さらに実施例８と同様に銀を主成分とするストレッチャブル性の導電ペーストＸＡ－９５２１（藤倉化成株式会社製）による第一電極を形成後、Ｐｉｅｚｏｔｅｃｈ　ＦＣ２５（Ａｒｋｅｍａ社製）の１２重量％のＮ－メチル

－２－ピロリドン溶液を滴下塗布したが、強誘電体層の形成ができなかった。

[0220] 本出願は、２０１９年６月１９日出願の日本国出願番号２０１９－１１３９０６号に基づく優先権を主張する出願であり、当該出願の特許請求の範囲および明細書に記載された内容は本出願に援用される。

産業上の利用可能性

[0221] 本発明の触覚センサと、それを使ったスイッチ機能を持つ電子回路によって、軽く、しなやかさと強靭さを持つことで様々な立体形状に適用でき、基板が透明なことで、配置される部位で目立つことがなく、溶液プロセスによって高分子フィルム基板が形成できることによって薄膜化が可能で、高い製品良品率で経済性と安定性を兼ね備えた電子回路で制御されたスイッチ機能を有するスイッチングデバイスを提供できる。

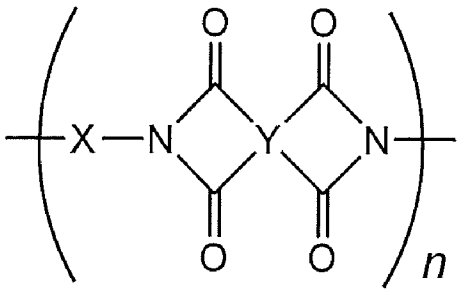
請求の範囲

[請求項1] ガラス転移温度が２５０℃以上３１０℃以下、引っ張り強度が２５０ＭＰａ以下、伸び率が３０％以下、全光線透過率が８０％以上、表面自由エネルギーの極性成分が１．５～１０ｍＪ／ｍ^{2}である、下記一般式（１）で表される構成単位を含むポリイミド薄膜の表面上に印刷された第一電極と、

前記第一電極を覆うように印刷された強誘電体層と、

前記強誘電体層をはさんで第一電極と重なるように印刷された第二電極と、を有する触覚センサ。

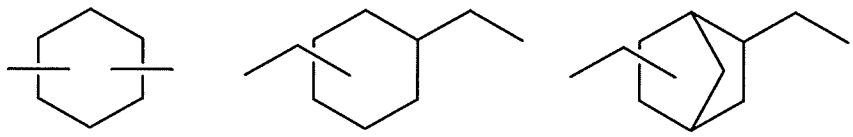
[化1]



（１）

式（１）のＸは、

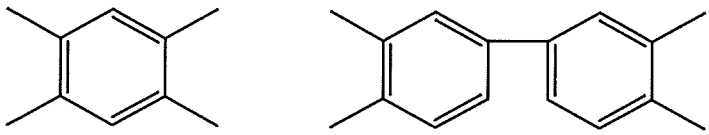
[化2]



からなる群から選択される少なくとも１種の脂環族基であり、

Ｙは、

[化3]



からなる群から選択される少なくとも１種の芳香族基である。

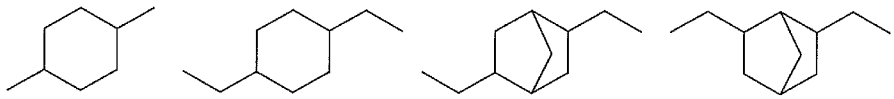
[請求項2] 前記ポリイミド薄膜を、ガウス曲率０ｃｍ$^{-2}$の支持体の表面に形成することを特徴とする請求項１に記載の触覚センサ。

[請求項3] 前記ポリイミド薄膜を、絶対値０．０４ｃｍ$^{-2}$以下のガウス曲率を有する支持体の表面に形成することを特徴とする請求項１に記載の触覚センサ。

[請求項4] 前記触覚センサの製品良品率が、９９．９％以上であることを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載の触覚センサ。

[請求項5] 前記Ｘは、

[化4]



からなる群から選択される少なくとも１種の脂環族基であることを特徴とする請求項１～４のいずれか１項に記載の触覚センサ。

[請求項6] 前記第一電極及び第二電極は、主成分が銀またはポリチオフェン系導電性高分子であることを特徴とする請求項１～５のいずれか１項に記載の触覚センサ。

[請求項7] 前記第一電極及び第二電極の面積は、それぞれ１．０×１０$^{-2}$～１５ｃｍ^{2}である請求項１～６のいずれか１項に記載の触覚センサ。

[請求項8] 前記強誘電体層は、フッ化ビニリデン／トリフルオロエチレン共重合

体（Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ））を含み、前記Ｐ（ＶＤＦ－ＴｒＦＥ）のフッ化ビニリデン（ＶＤＦ）とトリフルオロエチレン（ＴｒＦＥ）のモル比は８０／２０～７０／３０の範囲であることを特徴とする請求項１～７のいずれか１項に記載の触覚センサ。

[請求項9] 前記第一電極または第二電極のいずれか一方をグランド電極とし、前記グランド電極と対向する他方の電極を、ノイズを制御する電子回路に接続する請求項１～８のいずれか１項に記載の触覚センサ。

[請求項10] 前記ノイズを制御する電子回路が、アクティブ型の低域通過フィルタであることを特徴とする請求項１～９のいずれか１項に記載の触覚センサ。

[請求項11] 前記ノイズを制御する電子回路が、比較器であることを特徴とする請求項１～１０のいずれか１項に記載の触覚センサ。

[請求項12] 請求項１～１１のいずれか１項に記載の触覚センサにノイズを制御する電子回路をつなぎ、他のデバイスの駆動を促すスイッチングデバイス。

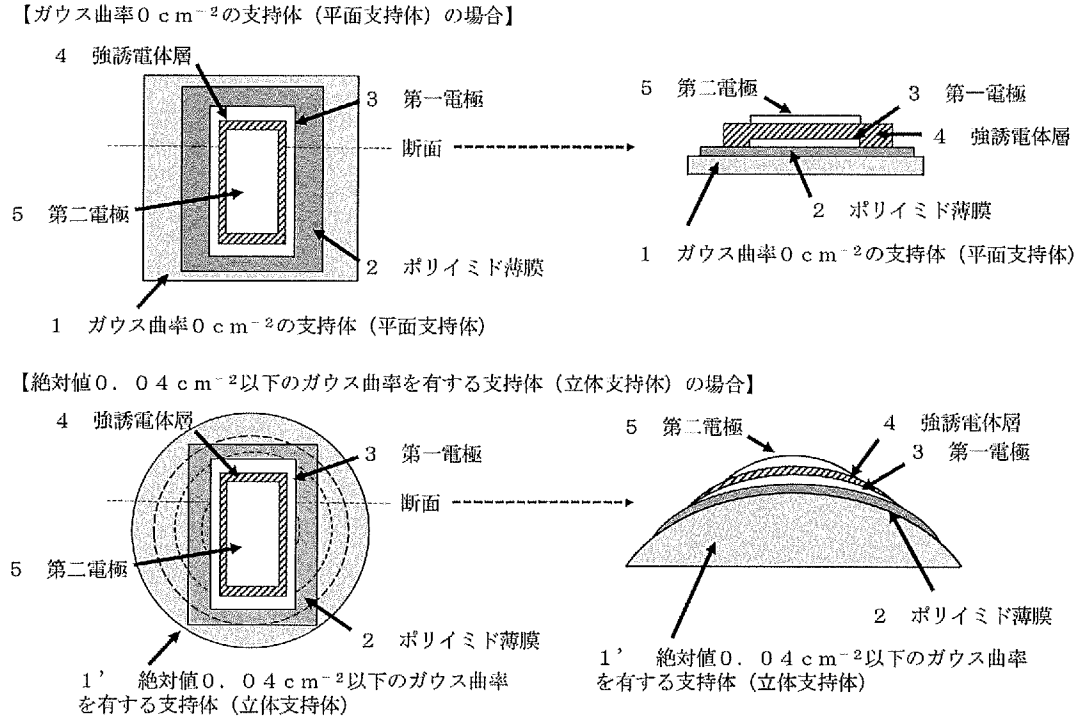
[請求項13] 請求項１～１１のいずれか１項に記載の触覚センサと、

前記電子回路に接続されたＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップと、を有し、

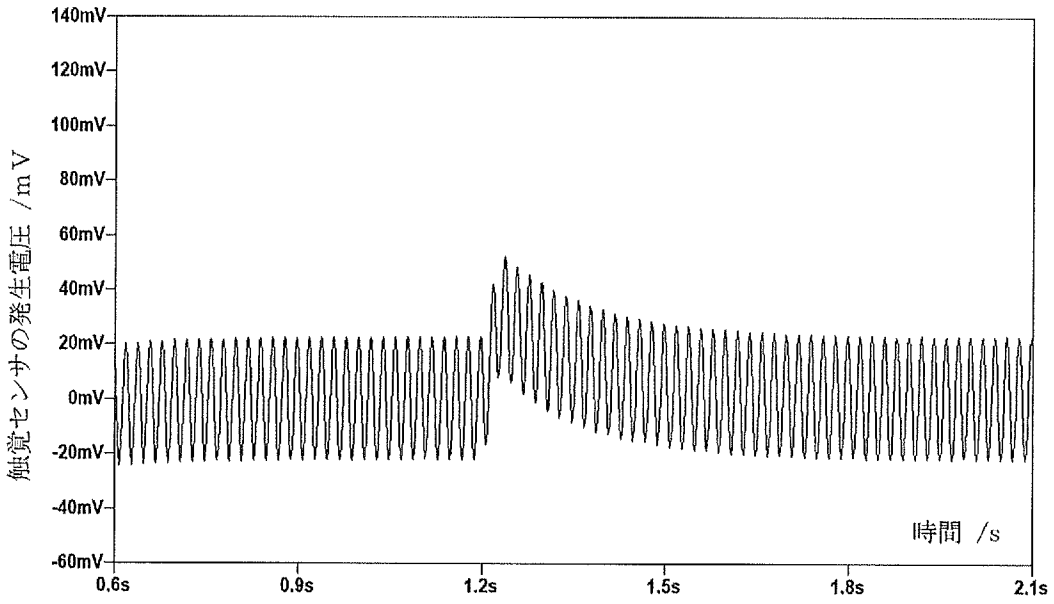
前記強誘電体層に圧力による変形が加わることによりオン状態、オフ状態が切り替わることを特徴とする請求項１２に記載のスイッチングデバイス。

[請求項14] 電圧のオン状態とオフ状態とを感覚的に認知させる認知部を有することを特徴とする請求項１２または１３に記載のスイッチングデバイス。

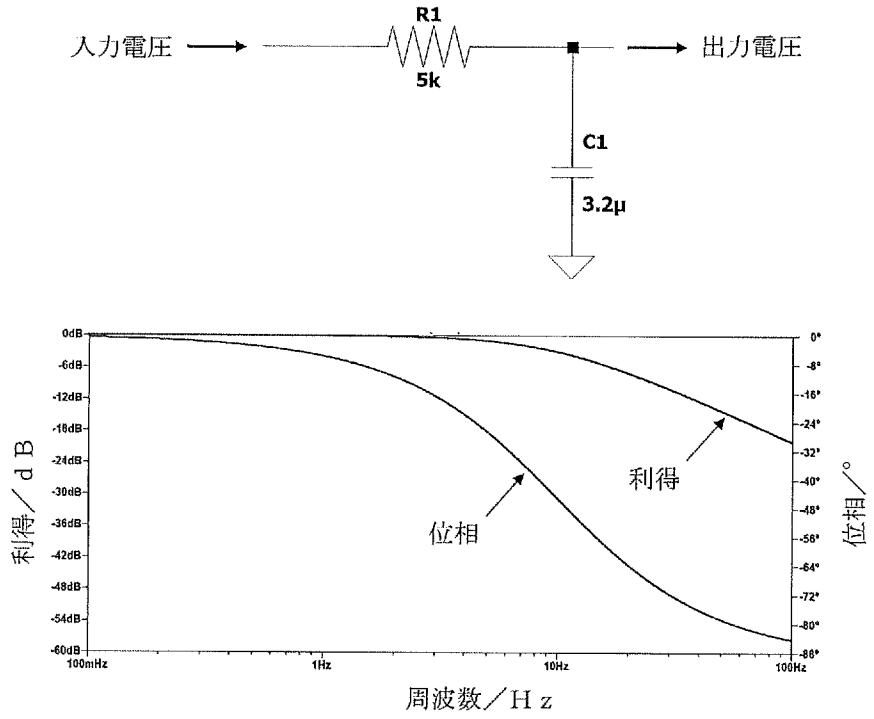
[図1]


【ガウス曲率０ｃｍ⁻²の支持体（平面支持体）の場合】
4 強誘電体層
3 第一電極
断面
5 第二電極
2 ポリイミド薄膜
1 ガウス曲率０ｃｍ⁻²の支持体（平面支持体）
5 第二電極
3 第一電極
4 強誘電体層
2 ポリイミド薄膜
1 ガウス曲率０ｃｍ⁻²の支持体（平面支持体）
【絶対値０．０４ｃｍ⁻²以下のガウス曲率を有する支持体（立体支持体）の場合】
4 強誘電体層
3 第一電極
断面
5 第二電極
2 ポリイミド薄膜
1’ 絶対値０．０４ｃｍ⁻²以下のガウス曲率を有する支持体（立体支持体）
5 第二電極
4 強誘電体層
3 第一電極
2 ポリイミド薄膜
1’ 絶対値０．０４ｃｍ⁻²以下のガウス曲率を有する支持体（立体支持体）

[図2]

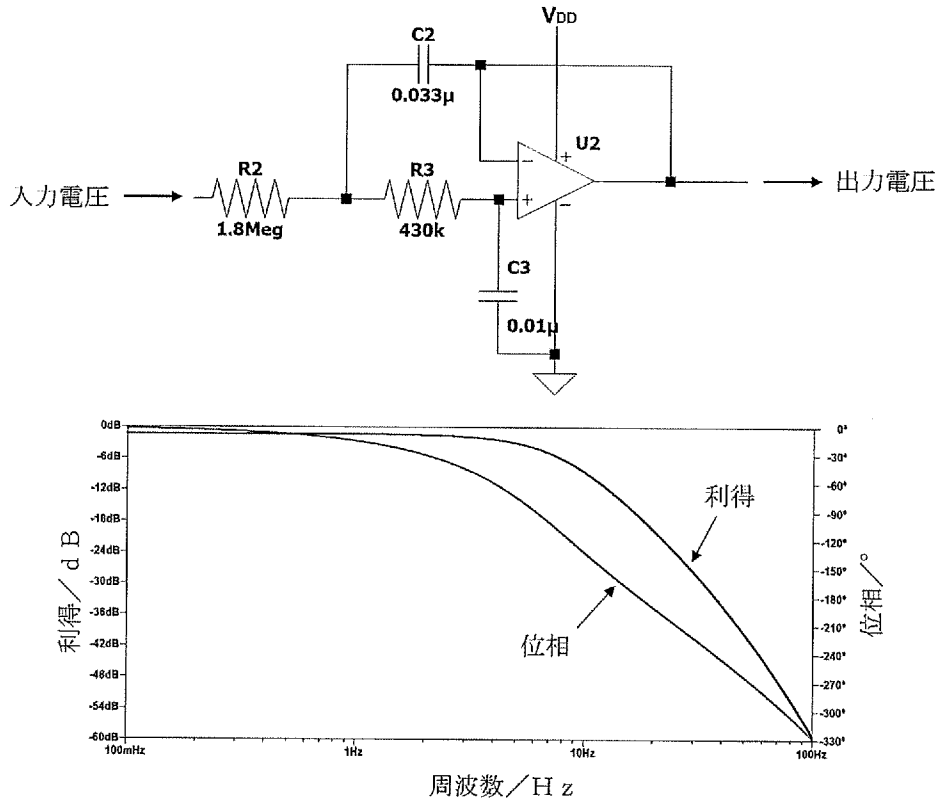

140mV
120mV
100mV
80mV
60mV
40mV
20mV
0mV
-20mV
-40mV
-60mV
触覚センサの発生電圧 /ｍＶ
時間 /s
0.6s
0.9s
1.2s
1.5s
1.8s
2.1s

[図3]



Ｒ１　抵抗（５ｋΩ）　Ｃ１　コンデンサ（３．２μＦ）

[図4]



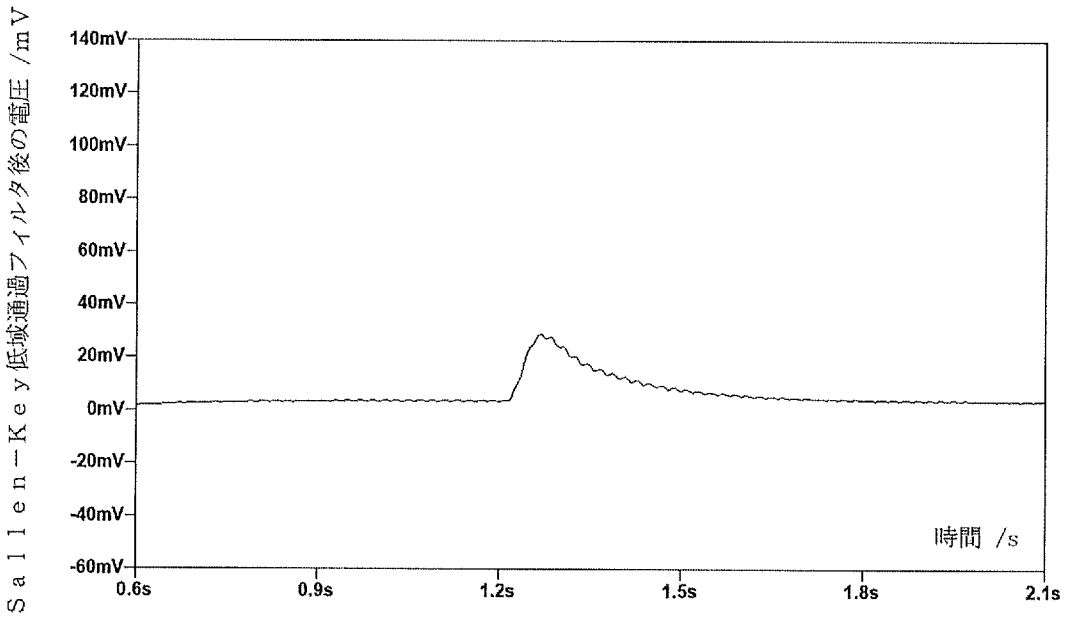
V_{DD}　オペアンプの駆動電圧（３Ｖ）

Ｒ２　抵抗（１．８ＭΩ）　Ｒ３　抵抗（４３０ｋΩ）

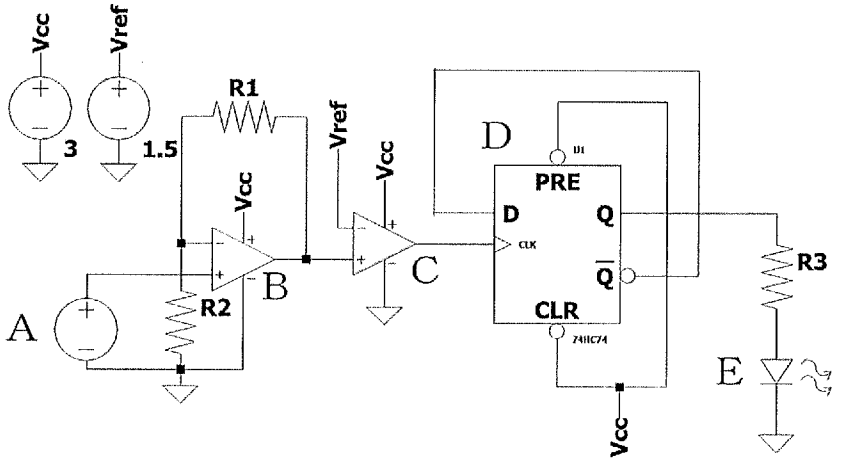
Ｃ２　コンデンサ（０．０３３μＦ）　Ｃ３　コンデンサ（０．０１μＦ）

Ｕ２　オペアンプ

[図5]



[図6]



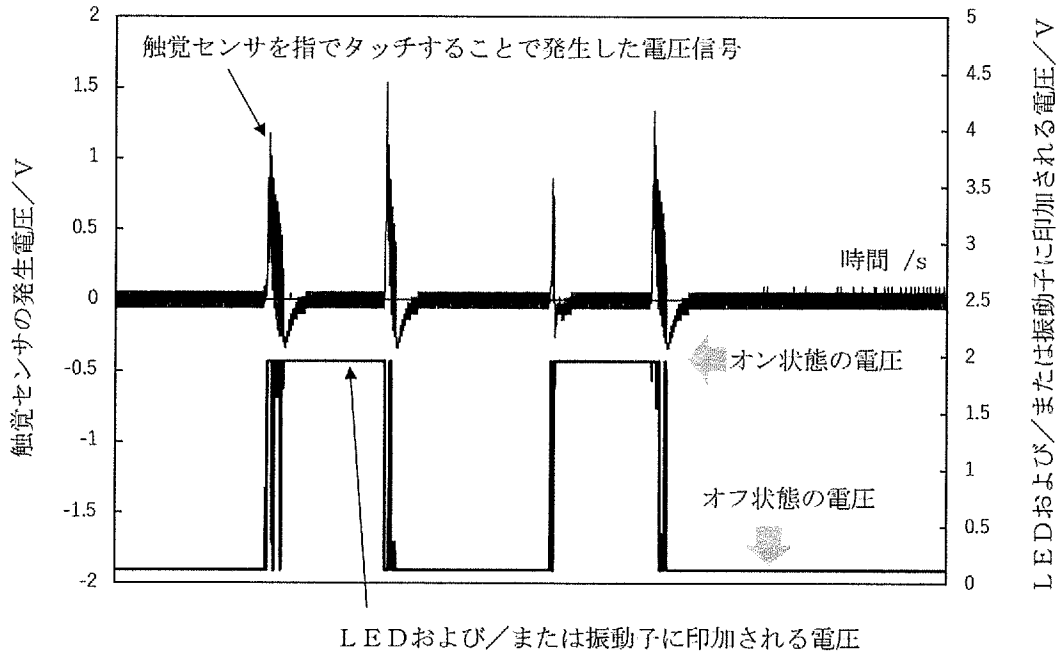
Ａ　触覚センサ　Ｂ　オペアンプ　Ｃ　比較器

Ｄ　Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作ったＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップ

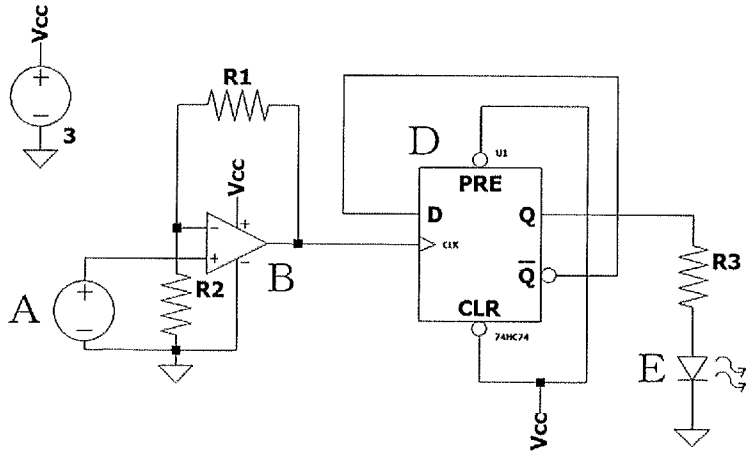
Ｅ　ＬＥＤライトまたは振動子　Ｖｃｃ　オペアンプの駆動電圧　Ｖｒｅｆ　参照電圧

Ｒ１　抵抗（０．７１ＭΩ）　Ｒ２　抵抗（１１０ｋΩ）　Ｒ３　抵抗（１０Ω）

[図7]



[図8]



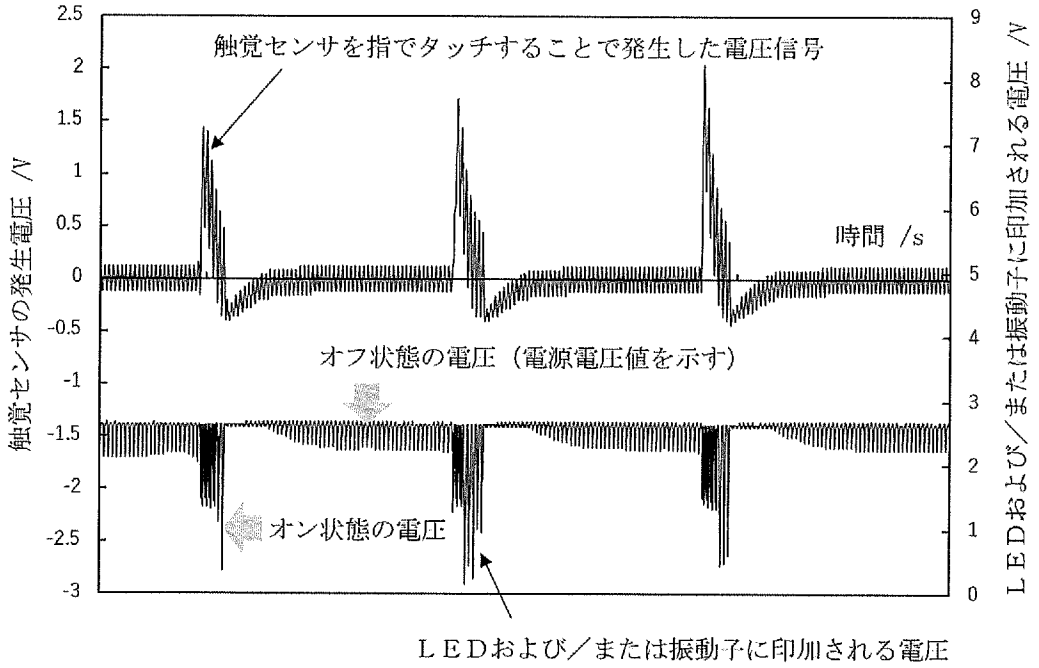
Ａ　触覚センサ　Ｂ　オペアンプ

Ｄ　Ｄｅｌａｙ－フリップフロップから作ったＴｏｇｇｌｅ－フリップフロップ

Ｅ　ＬＥＤライトまたは振動子　Ｖｃｃ　オペアンプの駆動電圧

Ｒ１　抵抗（０．７１ＭΩ）　Ｒ２　抵抗（１１０ｋΩ）　Ｒ３　抵抗（１０Ω）

[図9]


触覚センサを指でタッチすることで発生した電圧信号
時間 /s
オフ状態の電圧（電源電圧値を示す）
オン状態の電圧
ＬＥＤおよび／または振動子に印加される電圧
触覚センサの発生電圧 /V
ＬＥＤおよび／または振動子に印加される電圧 /V
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
-3
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/023394

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01L 1/16(2006.01)i; C08G 73/10(2006.01)i; C08J 7/04(2020.01)i; H01L 41/113(2006.01)i; H01L 41/193(2006.01)i
FI: G01L1/16 C; C08C73/10; C08J7/04 Z CFG; H01L41/113; H01L41/193
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01L1/16; G01L15/00-5/28; C08C73/10; C08J7/04; H01L41/113; H01L41/193

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-190863 A (NISSHA PRINTING CO., LTD.) 02.11.2015 (2015-11-02)	1-14
A	JP 2013-21176 A (FUJIFILM CORPORATION) 31.01.2013 (2013-01-31)	1-14
A	WO 2017/183678 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 26.10.2017 (2017-10-26)	1-14
A	US 2014/0060210 A1 (SUNCKYUNKWAN UNIVERSITY FOUNDATION FOR CORPORATE COLLABORATION) 06.03.2014 (2014-03-06)	1-14
A	WO 2016/010003 A1 (ASAHI KASEI E-MATERIALS CORP.) 21.01.2016 (2016-01-21)	1-14
A	JP 2014-34590 A (MITSUI CHEMICALS, INC.) 24.02.2014 (2014-02-24)	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 June 2020 (29.06.2020)	07 July 2020 (07.07.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/023394

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2015-190863 A	02 Nov. 2015	WO 2015/146367 A1	
		TW 201543015 A	
JP 2013-21176 A	31 Jan. 2013	WO 2013/008781 A1	
WO 2017/183678 A	26 Oct. 2017	US 2019/0036528 A1	
		CN 109416288 A	
US 2014/0060210 A1	06 Mar. 2014	KR 10-2014-0032093 A	
WO 2016/010003 A1	21 Jan. 2016	JP 2018-145440 A	
		US 2017/0165879 A1	
		CN 106661326 A	
		KR 10-2016-0132092 A	
		KR 10-2018-0100732 A	
		KR 10-2019-0071842 A	
		TW 201610021 A	
JP 2014-34590 A	24 Feb. 2014	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/023394

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01L 1/16(2006.01)i; C08G 73/10(2006.01)i; C08J 7/04(2020.01)i; H01L 41/113(2006.01)i; H01L 41/193(2006.01)i
FI: G01L1/16 C; C08G73/10; C08J7/04 Z CFG; H01L41/113; H01L41/193

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01L1/16; G01L5/00-5/28; C08G73/10; C08J7/04; H01L41/113; H01L41/193

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2015-190863 A (日本写真印刷株式会社) 02.11.2015 (2015-11-02)	1-14
A	JP 2013-21176 A (富士フイルム株式会社) 31.01.2013 (2013-01-31)	1-14
A	WO 2017/183678 A1 (株式会社村田製作所) 26.10.2017 (2017-10-26)	1-14
A	US 2014/0060210 A1 (SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY FOUNDATION FOR CORPORATE COLLABORATION) 06.03.2014 (2014-03-06)	1-14
A	WO 2016/010003 A1 (旭化成イーマテリアルズ株式会社) 21.01.2016 (2016-01-21)	1-14
A	JP 2014-34590 A (三井化学株式会社) 24.02.2014 (2014-02-24)	1-14

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
29.06.2020	07.07.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
公文代　康祐 2F 4741
電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/023394

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-190863 A	02.11.2015	WO 2015/146367 A1	
		TW 201543015 A	
JP 2013-21176 A	31.01.2013	WO 2013/008781 A1	
WO 2017/183678 A1	26.10.2017	US 2019/0036528 A1	
		CN 109416288 A	
US 2014/0060210 A1	06.03.2014	KR 10-2014-0032093 A	
WO 2016/010003 A1	21.01.2016	JP 2018-145440 A	
		US 2017/0165879 A1	
		CN 106661326 A	
		KR 10-2016-0132092 A	
		KR 10-2018-0100732 A	
		KR 10-2019-0071842 A	
		TW 201610021 A	
JP 2014-34590 A	24.02.2014	（ファミリーなし）	