

(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
2014 年 6 月 26 日(26.06.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/098026 A1

- (51) 国際特許分類:
A63H 13/04 (2006.01) G09F 19/08 (2006.01)
A63H 3/36 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/083603
- (22) 国際出願日: 2013 年 12 月 16 日(16.12.2013)
- (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 2012-276765 2012 年 12 月 19 日(19.12.2012) JP
- (71) 出願人: 東海ゴム工業株式会社(TOKAI RUBBER INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 吉川 均(YOSHIKAWA Hitoshi); 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 東海ゴム工業株式会社内 Aichi (JP). 小林 淳(KOBAYASHI Jun); 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 東海ゴム工業株式会社内 Aichi (JP). 郭 士傑(GUO Shijie); 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 東海ゴム工業株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 東口 倫昭, 外(HIGASHIGUCHI Michiaki et al.); 〒4510051 愛知県名古屋市西区則武新町 4

ー 4 ー 1 9 S G 名古屋駅ビル 4 0 2 号室 東口特許事務所 Aichi (JP).

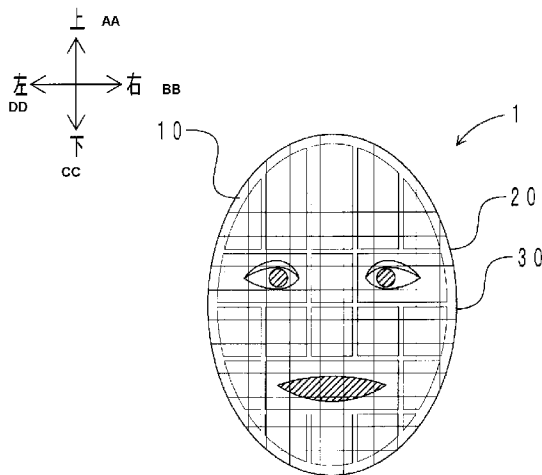
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: FLEXIBLE FACIAL EXPRESSION DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 柔軟な表情表示装置



AA Top
BB Right
CC Bottom
DD Left

(57) Abstract: A facial expression display device (1) is provided with an electrostrictive element (20) that comprises a stretched dielectric layer (21) and electrodes (01X-05X, 01Y-05Y) that are arranged so as to sandwich the dielectric layer (21). The dielectric layer (21) has a crosslinked material layer which is formed of a three-dimensional crosslinked material that is synthesized from a rubber polymer and a metal alkoxide compound or a compound having a hydrosilyl group. The electrodes (01X-05X, 01Y-05Y) contain an elastomer and a conductive material. The facial expression display device (1) displays a facial expression by means of the dielectric layer (21) that expands and contracts in accordance with the voltage applied between the electrodes (01X-05X, 01Y-05Y).

(57) 要約: 表情表示装置 (1) は、延伸された誘電層 (21) と、誘電層 (21) を挟んで配置される電極 (01X~05X、01Y~05Y) と、を有する電歪素子 (20) を備える。誘電層 (21) は、ゴムポリマーと、金属アルコキシド化合物またはヒドロシリル基を持つ化合物と、から合成される三次元架橋体からなる架橋体層を有する。電極 (01X~05X、01Y~05Y) は、エラストマーおよび導電材を含む。表情表示装置 (1) は、電極 (01X~05X、01Y~05Y) 間に印加される電圧に応じて誘電層 (21) が伸縮することにより顔の表情を表示する。

明 細 書

発明の名称：柔軟な表情表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、ロボット等の顔の表情を表示する柔軟な表情表示装置に関する。

背景技術

[0002] 介護用ロボットや、人間とのコミュニケーションを目的としたロボットの開発が進んでいる。これらのロボットが日常生活に取り入れられるためには、ロボットのコミュニケーション能力を高めて、人間がロボットに対して親近感を抱けるようにすることが必要である。そのためには、ロボットの顔に豊かな感情表現を持たせることが重要になる。

[0003] 例えば、特許文献1には、顔の画像を表示するフレキシブルパネルと、該フレキシブルパネルの背面に配置される複数のエアークッションと、該エアークッションにエアを供給するエア供給ユニットと、を備えるコミュニケーションロボットが、開示されている。また、特許文献2、3には、印加電圧の大小により伸縮する電歪素子を用いた表情表示装置が、開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2010-167002号公報

特許文献2：米国特許第6,586,859号明細書

特許文献3：特開2003-225470号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に記載のコミュニケーションロボットにおいては、フレキシブルパネルに顔の画像が表示される。そして、個々のエアークッションに対するエア供給量を変化させることにより、フレキシブルパネルの表面、換言すると顔の表面に、凹凸が形成される。しかしながら、顔の表情は、予め記憶さ

れた画像データから選択されるに過ぎない。このため、表示できる表情には限界があり、人間や動物の自然な表情を表現することはできない。また、表情ごとに、エアークッションに対してエアを供給あるいは排出する必要があるため、その際に発生する音の問題も、無視できない。

[0006] 一方、特許文献2、3の表情表示装置においては、電歪素子が用いられる。電歪素子は、誘電層と、それを挟んで配置される一対の電極と、からなる。例えば、電極間への印加電圧を大きくすると、電極間の静電引力が大きくなる。このため、電極間に挟まれた誘電層は厚さ方向から圧縮され、誘電層の厚さは小さくなる。厚さが小さくなると、その分、誘電層は電極面に対して平行方向に伸長する。一方、電極間への印加電圧を小さくすると、電極間の静電引力が小さくなる。このため、誘電層に対する厚さ方向からの圧縮力が小さくなり、誘電層の弾性復元力により厚さが大きくなる。厚さが大きくなると、その分、誘電層は電極面に対して平行方向に収縮する。このように、印加電圧の変化に対する誘電層の伸縮を利用して顔の部位を動かすことにより、表情を変化させる。

[0007] しかしながら、特許文献2、3の表情表示装置においては、電歪素子を構成する誘電層に、市販のアクリルゴムやシリコンゴムを用いている。これらのゴムを、顔の表情が変化する程度に伸縮させるためには、100%以上に大きく延伸させた状態で、かつ、3000V以上の高電圧が必要になる。このため、誘電層のクリープが大きい。したがって、特許文献2、3の表情表示装置によると、長期間、一定の表情を繰り返し表示することができない。また、電歪素子の耐久性が低いため、装置寿命が短い。

[0008] 本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、表情筋に似た動きをすることにより自然な表情を形成することができ、かつ、耐久性に優れた柔軟な表情表示装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] (1) 本発明の柔軟な表情表示装置は、延伸された誘電層と、該誘電層を挟んで配置される電極と、を有する電歪素子を備え、該誘電層は、ゴムポリ

マーと、金属アルコキシド化合物またはヒドロシリル基を持つ化合物と、から合成される三次元架橋体からなる架橋体層を有し、該電極は、エラストマーおよび導電材を含み、該電極間に印加される電圧に応じて該誘電層が伸縮することにより顔の表情を表示することを特徴とする。

[0010] 本発明の柔軟な表情表示装置は、電歪素子を備え、印加電圧の変化による誘電層の伸縮を利用して、顔の表情を表示する。このため、エアーの供給、排出を必要とする装置と比較して、駆動時の音が小さい。本発明の柔軟な表情表示装置は、エラストマー材料を中心に形成される。このため、柔軟で、触れた感触が生体に近い。そして、軽くて薄いという特徴を有する。また、表情筋のような動きが可能であるため、人間や動物の自然な表情を形成することができる。電歪素子は、顔の一部または全体に、一つ配置されても、複数配置されてもよい。

[0011] 電歪素子を構成する誘電層は、ゴムポリマーと、金属アルコキシド化合物またはヒドロシリル基を持つ化合物と、から合成される三次元架橋体からなる架橋体層を有する。三次元架橋体は、未架橋のゴムポリマーが、金属アルコキシド化合物またはヒドロシリル基を持つ化合物により架橋されて生成される。あるいは、金属アルコキシド化合物の架橋体中に、未架橋あるいは架橋後のゴムポリマーが侵入して生成される。すなわち、前者の場合、未架橋のゴムポリマーが、金属アルコキシド化合物またはヒドロシリル基を持つ化合物により架橋されて、三次元架橋体になる。後者の場合、金属アルコキシド化合物の架橋体中に、未架橋あるいは架橋後のゴムポリマーが侵入して、三次元架橋体になる。

[0012] 三次元架橋体は、ゴムポリマーと、金属アルコキシド化合物またはヒドロシリル基を持つ化合物と、の反応により生成される無機物を含む。無機物により電子の流れが遮断されるため、架橋体層の絶縁性は高い。また、無機物を含むため、架橋体層の強度は大きい。よって、架橋体層はクリープしにくく、耐久性に優れる。このような架橋体層を含んで、誘電層は構成される。このため、誘電層は大きな強度を有し、耐絶縁破壊性および耐クリープ性に

優れる。したがって、本発明の柔軟な表情表示装置によると、長期間、一定の表情を繰り返し表示することができる。また、電歪素子の耐久性が高いため、装置寿命が長い。

[0013] 誘電層は、架橋体層のみの単層でも、架橋体層と他の層とが積層された複層でもよい。他の層としては、例えば、エラストマー層、エラストマーと絶縁性粒子とを含む高抵抗層、エラストマーとイオン成分とを含むイオン成分含有層、エラストマーと半導体とを含む半導体含有層等、種々の層が挙げられる。

[0014] 電歪素子を構成する電極は、エラストマーおよび導電材を含む。電極は、エラストマーを母材とするため、柔軟で伸縮可能である。このため、表情表示装置全体が柔軟である。また、電極が、誘電層の伸縮に追従して伸縮するため、誘電層の動きが電極により規制されにくい。このため、所望の変位量が得やすい。

[0015] (2) 好ましくは、上記(1)の構成において、前記誘電層は、顔の一部または全体に張設され、前記電極は、該誘電層の表面に複数列並んで配置される表側電極と、該誘電層の裏面に複数列並んで配置される裏側電極と、からなり、該表側電極と該裏側電極とが表裏方向から見て交差することにより複数の駆動部が形成される構成とする方がよい。

[0016] 本構成によると、電歪素子は、顔の一部または全体に配置される。電歪素子において、電極は、誘電層の表面に配置される複数の表側電極と、誘電層の裏面に配置される複数の裏側電極と、からなる。駆動部（電圧印加部）は、表側電極と裏側電極との交差部分を利用して配置される。よって、個々の駆動部に独立して電極を配置する必要はない。すなわち、電極の配置数が少なくても、誘電層の全体に駆動部を分散して配置することができる。したがって、額、眉、目、頬、口等の顔の各部位に対応するように、複数の駆動部を容易に配置することができる。そして、駆動部への印加電圧を制御することにより、顔の部位に対応した誘電層を伸縮させて、各部位を動かすことができる。これにより、豊かな表情を表示することができる。

- [0017] (3) 好ましくは、上記(2)の構成において、前記誘電層の延伸率は、顔の部位ごとに異なる構成とする方がよい。
- [0018] 延伸率が異なる誘電層に対して同じ電圧を印加した場合、延伸率が高い誘電層の方が、より大きく伸長する。本構成によると、誘電層の延伸率を変えるだけで、顔の各部位の動きに合った変位量を実現することができる。
- [0019] (4) 好ましくは、上記(1)の構成において、前記電歪素子は、顔の部位に対応して少なくとも一つ配置される構成とする方がよい。
- [0020] 本構成によると、電歪素子は、目、口等、動かしたい顔の部位ごとに配置される。例えば、口だけを動かしたい場合には、口に対応する位置に、電歪素子を一つだけ配置すればよい。また、目だけを動かしたい場合には、両方の目に対応する位置に、電歪素子を一つずつ配置すればよい。本構成によると、動かしたい部位だけに電歪素子を配置すればよい。このため、表情表示装置の構成を単純化することができる。また、部位ごとに変位量を調整しやすい。これにより、豊かな表情を表示することができる。
- [0021] (5) 好ましくは、上記(4)の構成において、前記電歪素子は顔の部位に対応して複数配置され、該電歪素子ごとに前記誘電層の延伸率が異なる構成とする方がよい。
- [0022] 上記(3)の構成において説明したように、誘電層の延伸率を変えることにより、電圧印加時の変位量を変えることができる。したがって、本構成によると、誘電層の延伸率を変えるだけで、顔の各部位の動きに合った変位量を実現することができる。
- [0023] (6) 好ましくは、上記(1)ないし(5)のいずれかの構成において、前記誘電層は、同一面の直交する二方向において延伸率が異なる構成とする方がよい。
- [0024] 電圧印加時における、延伸された誘電層の伸長の仕方は、電極間の静電引力による圧縮力と、電極が配置されていない部分の引張力と、の釣り合いにより決定される。延伸率が高いほど、その方向における引張力は大きくなるが、誘電層の弾性率も変化するため、伸長の仕方を制御することができる。

。例えば、矩形シート状の誘電層を、縦方向の延伸率が横方向の延伸率よりも小さくなるように延伸し、延伸率が小さい縦方向の弾性率が横方向の弾性率よりも小さい場合、電圧が印加されると、電極からの圧縮力が大きくなり、誘電層は弾性率が小さい縦方向に優先的に伸長する。

[0025] 本構成によると、同一面の直交する二方向において、誘電層の変位量を変えることができる。したがって、誘電層が均一に伸縮する場合と比較して、誘電層の動きを顔の部位ごとの動きに、より近づけることができる。その結果、より自然な表情を表示することができる。

[0026] (7) 好ましくは、上記(1)ないし(6)のいずれかの構成において、さらに、前記電歪素子を被覆する伸縮可能なカバー層を備える構成とする方がよい。

[0027] カバー層は伸縮可能である。このため、カバー層は、誘電層に追従して伸縮する。例えば、カバー層に目や口等の顔の部位を描き、カバー層を誘電層に追従させて伸縮させることにより、表情を容易に形成することができる。また、カバー層を着色することにより、カバー層の表面（表情表示装置の表面）を、人間や動物の肌により近づけることができる。これにより、表情をよりリアルに表現することができる。さらに、カバー層を絶縁材料から形成すると、電極に対する絶縁性を確保することができる。これにより、安全性が向上する。

[0028] (8) 好ましくは、上記(1)ないし(7)のいずれかの構成において、前記電極間に印加される電圧は、1500V以下である構成とする方がよい。

[0029] 上記(1)の構成において説明したように、架橋体層の絶縁性は高く、強度は大きい。このため、架橋体層の厚さを小さくすることができる。つまり、誘電層の厚さを小さくすることができる。これにより、電歪素子を、1500V以下の比較的低電圧で駆動させることができる。より好ましい印加電圧は、1300V以下、さらには1000V以下である。

[0030] (9) 好ましくは、上記(1)ないし(8)のいずれかの構成において、

前記ゴムポリマーは、ニトリルゴム、水素化ニトリルゴム、アクリルゴム、ウレタンゴム、フッ素ゴム、フルオロシリコンゴム、クロロスルホン化ポリエチレンゴム、クロロプレンゴム、エチレン-酢酸ビニル共重合体、塩素化ポリエチレン、ヒドリウムゴム、ポリエーテルゴムから選ばれる一種以上である構成とする方がよい。

[0031] これらのゴムポリマーは、比較的大きな比誘電率を有する。このため、本構成によると、印加電圧が比較的小さくても、誘電層の変位量を大きくすることができる。なかでも、比誘電率と耐絶縁破壊性とのバランス、強度、架橋のしやすさ等の観点から、水素化ニトリルゴム、アクリルゴム、ウレタンゴム、ポリエーテルゴムが好適である。また、ゴムポリマーは、カルボキシル基（ $-\text{COOH}$ ）、ヒドロキシ基（ $-\text{OH}$ ）、アミノ基（ $-\text{NH}$ ）から選ばれる一種以上の官能基を持つことが望ましい。これらの官能基は、金属アルコキシド化合物と架橋するための架橋サイトになる。

[0032] (10) 好ましくは、上記(1)ないし(9)のいずれかの構成において、前記架橋体層は、前記ゴムポリマーと前記金属アルコキシド化合物とから合成される三次元架橋体からなる構成とする方がよい。

[0033] 金属アルコキシド化合物を用いると、ヒドロシリル基を持つ化合物を用いた場合と比較して、架橋体層の耐クリープ性および耐絶縁破壊性を、より向上させることができる。

[0034] (11) 好ましくは、上記(1)ないし(10)のいずれかの構成において、前記金属アルコキシド化合物は、チタン、ジルコニウム、アルミニウムから選ばれる一種以上の金属を含む構成とする方がよい。

[0035] チタン、ジルコニウム、アルミニウムから選ばれる一種以上の金属を含む金属アルコキシド化合物を用いた場合、ゴムポリマーとの反応性が良好である。具体的には、テトラ n -ブトキシチタン、テトラ n -ブトキシジルコニウム、テトラ n -ブトキシシラン、アセトアルコキシアルミニウムジイソプロピレート、テトラ i -ブトキシチタン、テトラエトキシシラン等が好適である。

[0036] (12) 好ましくは、上記(1)ないし(9)のいずれかの構成において、前記ヒドロシリル基を持つ化合物は、さらにフェニル基、アリール基、アルキル基のうちの一つ以上を持つ構成とする方がよい。

[0037] フェニル基、アリール基、アルキル基のいずれかを有する場合、ヒドロシリル基を持つ化合物とゴムポリマーとの相溶性が向上する。このため、架橋を効率よく行うことができる。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]第一実施形態の表情表示装置の前面透過図である。

[図2]同表情表示装置におけるカバー層の前面図である。

[図3]同表情表示装置における電歪素子の前面透過図である。

[図4]同表情表示装置におけるフレームの前面図である。

[図5]第二実施形態の表情表示装置の前面透過図である。

[図6]同表情表示装置におけるカバー層の前面図である。

[図7]同表情表示装置における電歪素子の前面透過図である。

[図8]同表情表示装置における基材の前面図である。

[図9]実施例の評価実験に使用した電歪素子の上面図である。

[図10]図9中のX-X断面図である。

符号の説明

[0039] 1：表情表示装置、10：フレーム、11：周枠、12：区画枠、13：基材、20：電歪素子、21：誘電層、30：カバー層、40、41、42：電歪素子、120、121、122：領域、400、410、420：誘電層、401、411、421：表側電極、402、412、422：裏側電極。

5：電歪素子、50：誘電層、51a、50b：電極、52：電源、53：変位計、510a、510b：端子部、530：マーカ。

01X～05X：表側電極、01Y～05Y：裏側電極、A0101～A0504：駆動部。

発明を実施するための形態

[0040] 以下、本発明の柔軟な表情表示装置の実施の形態を説明する。

[0041] <第一実施形態>

[表情表示装置の構成]

まず、本実施形態における表情表示装置の構成について説明する。図1に、本実施形態の表情表示装置の前面透過図を示す。図2～図4に、同表情表示装置を構成する各部材の平面図を、前側から順に示す。すなわち、図2に、カバー層の前面図を示す。図3に、電歪素子の前面透過図を示す。図4に、フレームの前面図を示す。図1および図3においては、透過した部材を細線で示す。また、図3においては、表側電極および裏側電極にハッチングを施して示す。また、表情表示装置1の前面は、凸状に隆起するなめらかな曲面をなしているが、説明の便宜上、図1～図4においては、表情表示装置1の前面を平面で示す。図1～図4に示すように、表情表示装置1は、フレーム10と、電歪素子20と、カバー層30と、を備えている。

[0042] 図4に示すように、フレーム10は、樹脂製であり、楕円形の枠状を呈している。フレーム10は、人型ロボット（図略）の顔部に配置されている。フレーム10は、周枠11と区画枠12とを有している。区画枠12は、顔全体を複数の領域に区画するように、周枠11の内側に、格子状に配置されている。

[0043] 電歪素子20は、フレーム10の前面を被覆するように配置されている。図3に示すように、電歪素子20は、誘電層21と、表側電極01X～05Xと、裏側電極01Y～05Yと、を有している。

[0044] 誘電層21は、楕円形のシート状を呈している。誘電層21の厚さは、 $15\mu\text{m}$ である。誘電層21は、カルボキシル基含有ニトリルゴムのゴムポリマーがテトラn-ブトキシチタン（金属アルコキシド化合物）により架橋された、三次元架橋体からなる。すなわち、誘電層21は、架橋体層のみからなる。誘電層21は、延伸された状態で、フレーム10の周枠11および区画枠12に固定されている。誘電層21の延伸率は、周枠11および区画枠12、あるいは区画枠12のみにより区画された領域ごとに設定されている。

。具体的には、両目および口の位置に対応する領域 120、121、122（図4参照）における誘電層 21 の延伸率は、上下方向 100%、左右方向 200%である。一方、それ以外の領域における誘電層 21 の延伸率は、上下方向、左右方向、共に 50%である。

[0045] 表側電極 01X～05Xは、各々、誘電層 21 の前面（表面）に形成されている。表側電極 01X～05Xは、各々、アクリルゴムおよびカーボンブラックを含んでいる。表側電極 01X～05Xは、各々、帯状を呈している。表側電極 01X～05Xは、各々、X方向（左右方向）に、延在している。表側電極 01X～05Xは、各々、Y方向（上下方向）に所定の間隔で離間して、互いに略平行になるように、配置されている。表側電極 01X～05Xの各々には、配線（図略）を介して制御部（図略）に接続されている。

[0046] 裏側電極 01Y～05Yは、各々、誘電層 21 の後面（裏面）に形成されている。裏側電極 01Y～05Yは、各々、アクリルゴムおよびカーボンブラックを含んでいる。裏側電極 01Y～05Yは、各々、帯状を呈している。裏側電極 01Y～05Yは、各々、Y方向（上下方向）に、延在している。裏側電極 01Y～05Yは、各々、X方向（左右方向）に所定の間隔で離間して、互いに略平行になるように、配置されている。裏側電極 01Y～05Yの各々には、配線（図略）を介して制御部（図略）に接続されている。

[0047] 表側電極 01X～05Xおよび裏側電極 01Y～05Yは、各々、スクリーン印刷法により形成されている。表側電極 01X～05Xと、裏側電極 01Y～05Yと、が前後方向（表裏方向）から見て重複する部分には、駆動部 A0101～A0504（A0501は無い）が配置されている。駆動部 A0101～A0504は、各々、表側電極 01X～05Xの一部と、裏側電極 01Y～05Yの一部と、誘電層 21 の一部と、を備えている。駆動部 A0101～A0504は、合計 23 個（＝5 個×5 個－2 個）配置されている。駆動部 A0101～A0504は、誘電層 21 の略全面に亘って、略等間隔に配置されている。駆動部の符合「A○○△△」中、上二桁の「○○」は、表側電極 01X～05Xに対応している。下二桁の「△△」は、裏側

電極 01Y～05Y に対応している。

[0048] 図 2 に示すように、カバー層 30 は、電歪素子 20 の前面を被覆するように配置されている。カバー層 30 は、電歪素子 20 の前面に貼着されている。カバー層 30 は、薄橙色に着色されたシリコンゴム製であり、楕円形のシート状を呈している。カバー層 30 の厚さは、 $20\mu\text{m}$ である。カバー層 30 の前面には、目および口が描かれている。

[0049] [表情表示装置の動き]

次に、本実施形態の表情表示装置 1 の動きについて説明する。例えば、喜びの表情を表示する場合、表側電極 02X、04X および裏側電極 02Y～04Y に、1000V の電圧を印加する。これにより、両目および口の位置に配置される駆動部に、電圧が印加される。すると、当該駆動部における誘電層 21 は前後方向から圧縮され、誘電層 21 は面方向に伸長する。ここで、両目および口の位置に対応する領域 120、121、122 における誘電層 21 の延伸率は、上下方向 100%、左右方向 200% である。したがって、誘電層 21 は、延伸率の小さい方向、すなわち上下方向に、より大きく伸長する。誘電層 21 が伸長すると、それに追従して同領域に対応するカバー層 30 も伸長する。これにより、カバー層 30 に描かれた両目および口が大きくなる。このようにして、喜びの表情が表示される。

[0050] [作用効果]

次に、本実施形態の表情表示装置 1 の作用効果について説明する。本実施形態の表情表示装置 1 は、電歪素子 20 を備え、印加電圧の変化による誘電層 21 の伸縮を利用して、顔の表情を表示する。このため、エアーの供給、排出を必要とする装置と比較して、駆動時の音が小さい。また、表情表示装置 1 は、エラストマー材料を中心に形成される。このため、軽くて薄く、柔軟で、触れた感触が生体に近い。表情表示装置 1 は、表情筋を模した動きが可能であるため、人間の自然な表情を形成することができる。

[0051] 本実施形態の表情表示装置 1 によると、電歪素子 20 を、顔全体に一つ配置するだけでよい。また、表側電極 01X～05X と裏側電極 01Y～05

Yとが直交する部分を利用して、駆動部A0101～A0504を配置することができる。よって、個々の駆動部A0101～A0504に独立して電極を配置する必要はない。すなわち、電極の配置数が少なくても、誘電層21の全体に駆動部A0101～A0504を分散して配置することができる。したがって、額、目、頬、口の位置に対応させて、駆動部A0101～A0504を容易に配置することができる。また、駆動部A0101～A0504への印加電圧を制御することにより、額、目、頬、口を動かすことができる。これにより、豊かな表情を表示することができる。

[0052] 本実施形態の表情表示装置1によると、誘電層21の延伸率は、両目および口の位置に対応する領域120、121、122と、それ以外の領域と、において異なる。これにより、同じ電圧を印加した場合でも、顔の部位の動きに合った変位量を、実現することができる。また、両目および口の位置に対応する領域120、121、122における誘電層21の延伸率は、上下方向と左右方向とにおいて異なる。このため、当該領域の誘電層21は、延伸率が小さい方向（上下方向）に優先的に伸長する。これにより、誘電層21の伸縮を、顔の部位ごとの動きにより近づけることができる。その結果、より自然な表情を表示することができる。

[0053] 誘電層21は、カルボキシル基含有ニトリルゴムのゴムポリマーがテトラn-ブトキシチタンにより架橋された、三次元架橋体からなる。ニトリルゴムの比誘電率は大きい。このため、印加電圧が比較的小さくても、誘電層21の変位量を大きくすることができる。また、金属アルコキシド化合物として、テトラn-ブトキシチタンを用いるため、ゴムポリマーとの架橋反応が進行しやすい。

[0054] 誘電層21は、ゴムポリマーとテトラn-ブトキシチタンとの反応により生成される無機物（チタニア）を含む。無機物により電子の流れが遮断されるため、誘電層21の絶縁性は高い。また、無機物を含むため、誘電層21の強度は大きい。よって、誘電層21はクリープしにくく、耐久性に優れる。したがって、本実施形態の表情表示装置1によると、長期間、一定の表情

を繰り返し表示することができる。また、電歪素子 20 の耐久性が高いため、装置寿命が長い。また、誘電層 21 の強度が大きいため、厚さを小さくすることができる。したがって、本実施形態の表情表示装置 1 は、1000V 程度の低電圧で、駆動することができる。

[0055] 表側電極 01X～05X および裏側電極 01Y～05Y は、いずれも、アクリルゴムおよびカーボンブラックを含む。このため、表側電極 01X～05X および裏側電極 01Y～05Y は、柔軟で伸縮可能である。したがって、表情表示装置 1 全体が柔軟である。また、誘電層 21 の動きが、表側電極 01X～05X および裏側電極 01Y～05Y により規制されにくい。このため、所望の変位量が得やすい。

[0056] 本実施形態の表情表示装置 1 は、カバー層 30 を備える。このため、カバー層 30 に目、口を描くことにより、容易に顔の部位を形成することができる。また、カバー層 30 を着色することにより、表情表示装置 1 の表面を、人間や動物の肌により近づけることができる。したがって、表情をよりリアルに表現することができる。さらに、カバー層 30 は絶縁性の高いシリコンゴムからなる。このため、表側電極 01X～05X に対する絶縁性を確保することができ、安全性が高い。

[0057] <第二実施形態>

本実施形態の表情表示装置と、第二実施形態の表情表示装置と、の相違点は、電歪素子を、両目および口の各々に対応させて、三つ配置した点である。したがって、ここでは主に相違点について説明する。

[0058] [表情表示装置の構成]

まず、本実施形態における表情表示装置の構成について説明する。図 5 に、本実施形態の表情表示装置の前面透過図を示す。図 6～図 8 に、同表情表示装置を構成する各部材の平面図を、前側から順に示す。すなわち、図 6 に、カバー層の前面図を示す。図 7 に、電歪素子の前面透過図を示す。図 8 に、基材の前面図を示す。図 5 および図 7 においては、透過した部材を細線で示す。また、図 7 においては、電極にハッチングを施して示す。また、表情

表示装置 1 の前面は、凸状に隆起するなめらかな曲面をなしているが、説明の便宜上、図 5 ～図 8 においては、表情表示装置 1 の前面を平面で示す。図 5 ～図 8 に示すように、表情表示装置 1 は、基材 1 3 と、三つの電歪素子 4 0、4 1、4 2 と、カバー層 3 0 と、を備えている。

[0059] 図 8 に示すように、基材 1 3 は、樹脂製であり、楕円形の薄膜状を呈している。基材 1 3 は、人型ロボット（図略）の顔部に配置されている。基材 1 3 は、顔部全体を覆うように配置されている。

[0060] 図 7 に示すように、三つの電歪素子 4 0、4 1、4 2 は、各々、基材 1 3 の前面に配置されている。三つの電歪素子 4 0、4 1、4 2 は、順に、左目、右目、口に対応する位置に配置されている。左目の位置に配置されている電歪素子 4 0 は、誘電層 4 0 0 と、表側電極 4 0 1 と、裏側電極 4 0 2 と、を有している。右目の位置に配置されている電歪素子 4 1 は、誘電層 4 1 0 と、表側電極 4 1 1 と、裏側電極 4 1 2 と、を有している。口の位置に配置されている電歪素子 4 2 は、誘電層 4 2 0 と、表側電極 4 2 1 と、裏側電極 4 2 2 と、を有している。電歪素子 4 0 の構成と電歪素子 4 1 の構成とは、同じである。よって、ここでは電歪素子 4 0 および電歪素子 4 2 について説明する。

[0061] 電歪素子 4 0 において、誘電層 4 0 0 は、長方形のシート状を呈している。誘電層 4 0 0 の厚さは、 $15\ \mu\text{m}$ である。誘電層 4 0 0 は、カルボキシル基含有水素化ニトリルゴムのゴムポリマーがテトラ n-ブトキシジルコニウム（金属アルコキシド化合物）により架橋された、三次元架橋体からなる。すなわち、誘電層 4 0 0 は、架橋体層のみからなる。誘電層 4 0 0 は、延伸された状態で、基材 1 3 に固定されている。誘電層 4 0 0 の延伸率は、上下方向 25%、左右方向 50% である。

[0062] 表側電極 4 0 1 は、誘電層 4 0 0 の前面（表面）に形成されている。表側電極 4 0 1 は、円形状を呈している。表側電極 4 0 1 は、アクリルゴムおよびカーボンブラックを含んでいる。表側電極 4 0 1 は、バーコート法により形成されている。表側電極 4 0 1 は、配線（図略）を介して制御部（図略）

に接続されている。裏側電極402は、誘電層400の後面（裏面）に形成されている。裏側電極402は、長方形状を呈している。裏側電極402の大きさは、誘電層400の大きさと略同じである。裏側電極402は、アクリルゴムおよびカーボンブラックを含んでいる。裏側電極402は、バーコート法により形成されている。裏側電極402は、配線（図略）を介して制御部（図略）に接続されている。

[0063] 電歪素子42において、誘電層420は、長方形のシート状を呈している。誘電層420の厚さは、 $15\mu\text{m}$ である。誘電層420は、カルボキシル基含有水素化ニトリルゴムのゴムポリマーがテトラn-ブトキシジルコニウム（金属アルコキシド化合物）により架橋された、三次元架橋体からなる。すなわち、誘電層420は、架橋体層のみからなる。誘電層420は、延伸された状態で、基材13に固定されている。誘電層420の延伸率は、上下方向100%、左右方向200%である。

[0064] 表側電極421は、誘電層420の前面に形成されている。表側電極421は、細長い楕円形状を呈している。表側電極421は、アクリルゴムおよびカーボンブラックを含んでいる。表側電極421は、バーコート法により形成されている。表側電極421は、配線（図略）を介して制御部（図略）に接続されている。裏側電極422は、誘電層420の後面に形成されている。裏側電極422は、長方形状を呈している。裏側電極422の大きさは、誘電層420の大きさと略同じである。裏側電極422は、アクリルゴムおよびカーボンブラックを含んでいる。裏側電極422は、バーコート法により形成されている。裏側電極422は、配線（図略）を介して制御部（図略）に接続されている。

[0065] 図6に示すように、カバー層30は、基材13および電歪素子40、41、42の前面を被覆するように配置されている。カバー層30は、基材13および電歪素子40、41、42の前面に貼着されている。カバー層30は、薄橙色に着色されたシリコンゴム製であり、楕円形のシート状を呈している。カバー層30の厚さは、 $20\mu\text{m}$ である。カバー層30の前面には、

目および口が描かれている。電歪素子40、41における表側電極401、411の大きさは、カバー層30に描かれた黒目の大きさと、略同じである。また、電歪素子42における表側電極421の大きさは、カバー層30に描かれた口の大きさと、略同じである。

[0066] [表情表示装置の動き]

次に、本実施形態の表情表示装置1の動きについて説明する。例えば、喜びの表情を表示する場合、三つの電歪素子40、41、42の表側電極401、411、421および裏側電極402、412、422に、各々1000Vの電圧を印加する。すると、表側電極401、411、421および裏側電極402、412、422に挟まれた誘電層400、410、420は、各々、前後方向から圧縮され、面方向に伸長する。ここで、誘電層400、410の延伸率は、共に、上下方向25%、左右方向50%である。誘電層420の延伸率は、上下方向100%、左右方向200%である。したがって、誘電層400、410、420は、いずれも、延伸率の小さい方向、すなわち上下方向に、より大きく伸長する。誘電層400、410、420が伸長されると、それに追従して、カバー層30も伸長する。これにより、カバー層30に描かれた両目および口が大きくなる。このようにして、喜びの表情が表示される。

[0067] [作用効果]

次に、本実施形態の表情表示装置1の作用効果について説明する。本実施形態の表情表示装置1は、構成が共通する部分に関しては、第一実施形態の表情表示装置1と同様の作用効果を有する。また、本実施形態の表情表示装置1によると、三つの電歪素子40、41、42に印加する電圧を制御して、目および口を別々に動かすことができる。また、動かしたい部位ごとに電歪素子40、41、42が配置されるため、部位ごとに変位量を調整しやすい。これにより、豊かな表情を表示することができる。

[0068] 誘電層400、410の延伸率と、誘電層420の延伸率と、は異なる。これにより、同じ電圧を印加した場合でも、目や口の動きに合った変位量を

、実現することができる。また、誘電層４００、４１０、４２０の各々において、上下方向の延伸率と左右方向の延伸率とは異なる。このため、誘電層４００、４１０、４２０は、延伸率が小さい方向（上下方向）に優先的に伸長する。これにより、誘電層４００、４１０の伸縮を、目の動きに近づけることができる。同様に、誘電層４２０の伸縮を、口の動きにより近づけることができる。その結果、より自然な表情を表示することができる。

[0069] 誘電層４００、４１０、４２０は、いずれも、カルボキシル基含有水素化ニトリルゴムのゴムポリマーがテトラｎ－ブトキシジルコニウムにより架橋された、三次元架橋体からなる。水素化ニトリルゴムの比誘電率は大きい。このため、印加電圧が比較的小さくても、誘電層４００、４１０、４２０の変位量を大きくすることができる。また、金属アルコキシド化合物として、テトラｎ－ブトキシジルコニウムを用いるため、ゴムポリマーとの架橋反応が進行しやすい。

[0070] 誘電層４００、４１０、４２０は、ゴムポリマーとテトラｎ－ブトキシジルコニウムとの反応により生成される無機物（ジルコニア）を含む。無機物により電子の流れが遮断されるため、誘電層４００、４１０、４２０の絶縁性は高い。また、無機物を含むため、誘電層４００、４１０、４２０の強度は大きい。よって、誘電層４００、４１０、４２０はクリープしにくく、耐久性に優れる。したがって、本実施形態の表情表示装置１によると、長期間、一定の表情を繰り返し表示することができる。また、電歪素子４０、４１、４２の耐久性が高いため、装置寿命が長い。また、誘電層４００、４１０、４２０の強度が大きいため、厚さを小さくすることができる。したがって、本実施形態の表情表示装置１は、１０００Ｖ程度の低電圧で、駆動することができる。

[0071] <その他>

以上、本発明の柔軟な表情表示装置の実施の形態について説明した。しかしながら、実施の形態は上記形態に特に限定されるものではない。当業者が行いうる種々の変形的形態、改良的形態で実施することも可能である。

[0072] 上記実施形態においては、電歪素子の誘電層を、三次元架橋体からなる架橋体層のみから構成した。しかし、誘電層は、架橋体層と他の層との積層体でもよい。他の層としては、ニトリルゴム、水素化ニトリルゴム、アクリルゴム等からなるエラストマー層、エラストマーと絶縁性粒子とを含む高抵抗層、エラストマーとイオン成分とを含むイオン成分含有層、エラストマーと半導体とを含む半導体含有層等が挙げられる。他の層は一層でも二層以上でもよい。

[0073] 架橋体層を構成するのに好適なゴムポリマーとしては、上記実施形態におけるニトリルゴム、水素化ニトリルゴムの他、アクリルゴム、ウレタンゴム、フッ素ゴム、フルオロシリコーンゴム、クロロスルホン化ポリエチレンゴム、クロロプレンゴム、エチレン-酢酸ビニル共重合体、塩素化ポリエチレン、ヒドリンゴム、ポリエーテルゴム等が挙げられる。

[0074] 金属アルコキシド化合物の種類は、特に限定されるものではない。金属アルコキシド化合物は、例えば、次の一般式（１）で表される。



[式（１）中、Mは金属等の原子である。Rは炭素数１～１０のアルキル基、アリール基、アルケニル基のいずれか一種以上であり、同一であっても、異なってもよい。mは金属等の原子Mの価数である。]

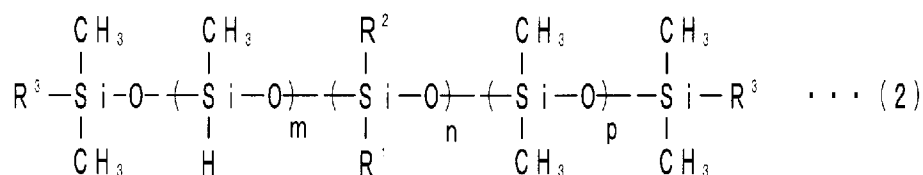
また、一分子中に、二つ以上の繰り返し単位 $[(MO)_n]$; nは２以上の整数] を有する多量体であってもよい。nの数を変更することにより、ゴムポリマーとの相溶性や、反応速度等を調整することができる。このため、ゴムポリマーの種類に応じて、適宜好適な多量体を選択するとよい。

[0075] 金属等の原子Mとしては、例えば、チタン、ジルコニウム、アルミニウム、ケイ素、鉄、銅、錫、バリウム、ストロンチウム、ハフニウム、ホウ素等が挙げられる。なかでも反応性が良好であるという理由から、チタン、ジルコニウム、アルミニウムから選ばれる一種以上を含むものが望ましい。具体的には、テトラn-ブトキシチタン、テトラn-ブトキシジルコニウム、テトラn-ブトキシシラン、アセトアルコキシアルミニウムジイソプロピレー

ト、テトラロープロポキシチタン、テトラエトキシシラン等が好適である。

[0076] ヒドロシリル基を持つ化合物（ヒドロシリル化合物）としては、例えば、以下の一般式（2）～（4）で表される化合物が挙げられる。各々の式中、繰り返し単位 m 、 n 、 p 、 q 部分は、ランダム重合、ブロック重合等のいかなる重合形態であってもよい。これら一般式（2）～（4）で表される化合物は、例えば、アルケニル基を有する炭化水素系化合物と、ポリヒドロシラン化合物とを、得られる反応物の分子構造中にヒドロシリル基が残存するように反応させて、製造することができる。

[化1]

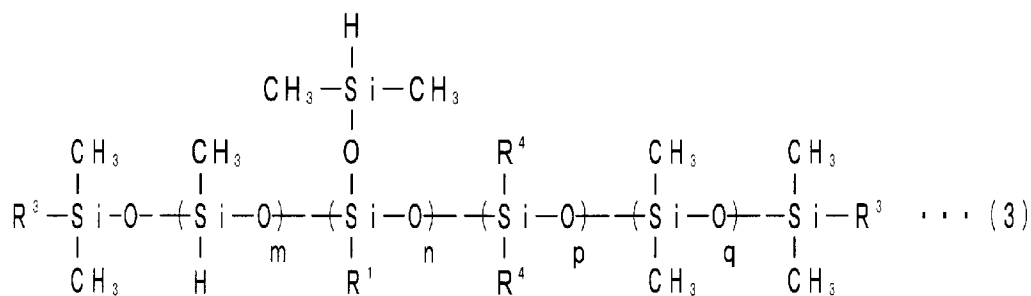


[式中、 R^1 、 R^2 は炭素数1～20の炭化水素基を示す。

R^3 は水素原子またはメチル基を示し、互いに同一であっても異なってもよい

（ただし、 m が1のときは水素原子を示す）。また、 m は1以上の整数、 n は0以上の整数、 p は0または正数で、 $2 \leq m+n+p \leq 200$ である。]

[化2]

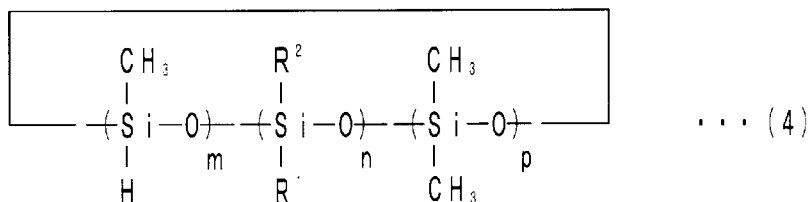


[式中、 R^1 は炭素数2～20の炭化水素基を示す。 R^3 は水素原子またはメチル基を示し、互いに同一であっても異なってもよい（ただし、 m が0のときは水素原子を示す）。

R^4 は炭素数1～20の炭化水素基を示し、互いに同一であっても異なってもよい。

また、 m は0または正数、 n は0以上の整数、 p は0または正数、 q は0または正数で、 $1 \leq m+n+p+q \leq 200$ である。]

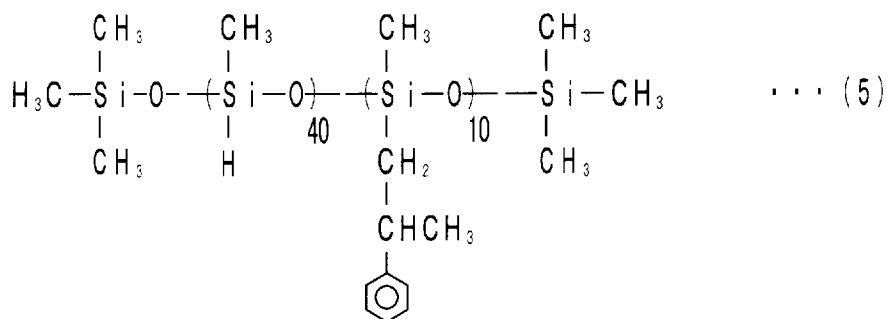
[化3]



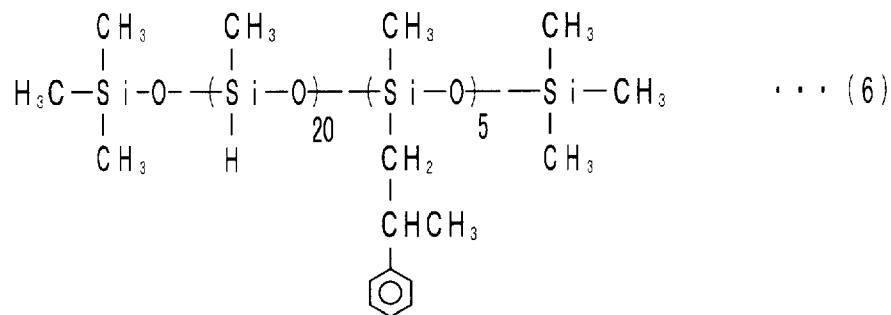
[式中、 R^1 は炭素数2～20の炭化水素基を示し、 R^2 は炭素数1～20の炭化水素基を示す。また、 m は2以上の整数、 n は0以上の整数、 p は0または正数で、 $3 \leq m+n+p \leq 50$ である。]

[0077] 一般式(2)～(4)で表される化合物のなかでも、 $n=1$ 以上の整数のものが好ましく、特に、以下の構造式(5)～(9)で表される化合物が望ましい。

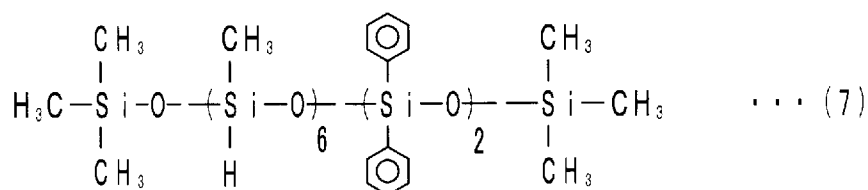
[化4]



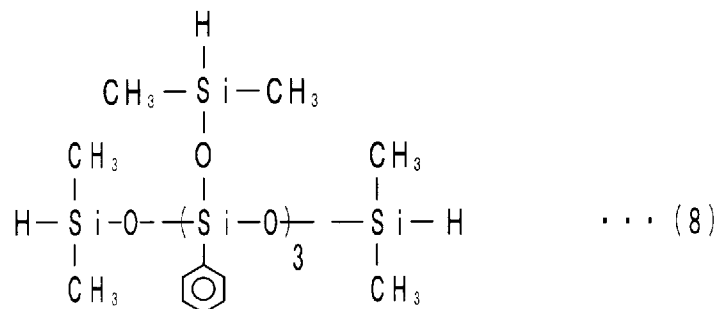
[化5]



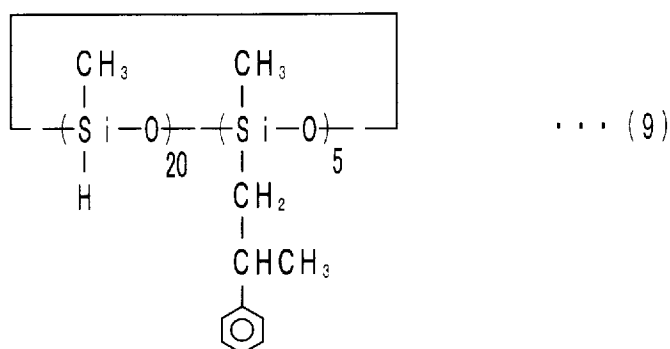
[化6]



[化7]



[化8]



[0078] また、ヒドロシリル基を持つ化合物を用いる場合には、白金化合物、パラジウム化合物、ロジウム化合物、イリジウム化合物、ルテニウム化合物等のヒドロシリル化触媒を適宜使用するとよい。白金化合物としては、例えば、塩化白金酸、塩化白金酸とアルコール、アルデヒド、ケトン等との錯体、白金／ビニルシロキサン錯体、白金／オレフィン錯体、白金／ホスファイト錯体、白金、アルミナ、シリカ、カーボンブラック等の担体に固体白金を担持させたもの等が挙げられる。

[0079] 三次元架橋体（架橋体層）は、例えば、次のようにして製造することができる。金属アルコキシド化合物を用いる場合には、まず、ゴムポリマーが溶解可能であり、かつ、金属アルコキシド化合物をキレート化できる溶剤中で、ゴムポリマーと金属アルコキシド化合物とを混合する。次に、ゴムポリマーと金属アルコキシド化合物との混合溶液から溶剤を除去して、架橋反応を進行させる。ヒドロシリル基を持つ化合物を用いる場合には、まず、ゴムポリマーにヒドロシリル基を持つ化合物、および必要に応じて触媒等を添加し

て混練りし、エラストマー組成物を調製する。次に、エラストマー組成物を溶剤に溶解してエラストマー溶液を調製する。そして、エラストマー溶液を基材に塗布して、架橋する。

[0080] 誘電層は、面方向に均等に（同じ延伸率で）延伸されてもよい。また、延伸率が、同一面の直交する二方向（縦方向、横方向）において異なるように、延伸されてもよい。いずれの場合においても、変位方向および変位量を考慮して、延伸率を適宜設定すればよい。また、上記実施形態においては、顔の部位ごとに延伸率を変えたが、顔の部位に関わらず、延伸率を全て同じにしてもよい。

[0081] 電極は、エラストマーおよび導電材を含むものであればよい。エラストマーとしては、シリコーンゴム、ニトリルゴム、エチレン-プロピレン-ジエン共重合体、天然ゴム、スチレン-ブタジエンゴム、アクリルゴム、ウレタンゴム、エピクロロヒドリンゴム、クロロスルホン化ポリエチレン、塩素化ポリエチレン等の架橋ゴム、およびスチレン系、オレフィン系、塩ビ系、ポリエステル系、ポリウレタン系、ポリアミド系等の熱可塑性エラストマーが挙げられる。また、エポキシ基変性アクリルゴム、カルボキシル基変性水素化ニトリルゴム等のように、官能基を導入するなどして変性したエラストマーを用いてもよい。

[0082] 導電材としては、カーボンブラック、カーボンナノチューブ、グラファイト等の導電性炭素粉末、銀、金、銅、ニッケル、ロジウム、パラジウム、クロム、チタン、白金、鉄、およびこれらの合金の金属粉末等が挙げられる。また、銀被覆銅粉末など、金属で被覆された粒子からなる粉末を用いてもよい。これらの一種を単独で、または二種以上を混合して用いればよい。

[0083] 電極は、エラストマーおよび導電材に加えて、必要に応じて架橋剤、分散剤、補強剤、可塑剤、老化防止剤、着色剤等の添加剤を含んでもよい。例えば、エラストマー分のポリマーを溶剤に溶解したポリマー溶液に、導電材、必要に応じて添加剤を添加して、攪拌、混合することにより、導電塗料を調製することができる。調製した導電塗料を、誘電層の表面および裏面に

塗工して、電極を形成すればよい。あるいは、離型性フィルムに導電塗料を塗布して電極を形成し、形成した電極を、誘電層の表面および裏面に転写してもよい。

[0084] 電歪素子に印加する電圧は、誘電層の構成、材質、厚さ、変位量等を考慮して、適宜決定すればよい。本発明の柔軟な表情表示装置においては、電歪素子を比較的低電圧で駆動させることができる。例えば、印加電圧を1500V以下、1300V以下、さらには1000V以下にするとよい。

[0085] 上記実施形態においては、電歪素子を含んで顔の前面を被覆するように、カバー層を配置した。しかし、カバー層は、必ずしも必要ではない。また、カバー層を配置する場合、材質、着色の有無、描かれる部位、模様等については、特に限定されない。カバー層の材質としては、被覆する部材との接着性、耐摩耗性、防汚性に優れたエラストマーが好適である。例えば、シリコーンゴム、アクリルゴム、ウレタンゴム、ポリエーテルゴム、フッ素ゴム等が挙げられる。

[0086] 上記第一実施形態の表情表示装置は、顔全体に配置される一つの電歪素子を有する。この形態において、帯状の表側電極および裏側電極の数、間隔、交差角度は、特に限定されない。また、フレームの形状等についても、特に限定されない。なお、顔を複数の領域に分割し、各々の領域に対して、上記第一実施形態の電歪素子を配置してもよい。

[0087] 上記第二実施形態の表情表示装置は、顔の部位ごとに配置される三つの電歪素子を有する。この形態において、電歪素子の数、配置される部位等は、特に限定されない。電歪素子を構成する誘電層および電極の形状等についても、特に限定されない。また、基材は無くてもよい。

実施例

[0088] 次に、本発明の柔軟な表情表示装置を構成する電歪素子について、実施例を挙げて具体的に説明する。

[0089] <実施例1の電歪素子の製造>

誘電層として、ゴムポリマーと金属アルコキシド化合物とから合成される

三次元架橋体からなる架橋体層を製造した。まず、カルボキシル基含有ニトリルゴムのゴムポリマーをアセチルアセトンに溶解した。この溶液に、テトラn-ブトキシチタンを混合した。ここで、アセチルアセトンは、ゴムポリマーを溶解させる溶媒であると共に、金属アルコキシド化合物のキレート剤である。次に、混合溶液を基材上に塗布し、乾燥させた後、175℃で約30分間加熱して、架橋体層を製造した（上記第一実施形態の誘電層21に相当）。架橋体層の膜厚は、15 μmである。

[0090] 電極を次のようにして製造した。まず、アクリルゴムポリマー（日本ゼオン（株）製「ニポール（登録商標）AR42W」）100質量部と、加工助剤のステアリン酸（花王（株）製「ルナック（登録商標）S30」）1質量部と、加硫促進剤のジメチルジチオカルバミン酸亜鉛（大内新興化学工業（株）製「ノクセラー（登録商標）PZ」）2.5質量部、およびジメチルジチオカルバミン酸第二鉄（大内新興化学工業（株）製「ノクセラーTTFE」）0.5質量部と、をロール練り機にて混合し、エラストマー組成物を調製した。続いて、調製したエラストマー組成物を、溶剤のエチレングリコールモノブチルエーテルアセテート312質量部に溶解し、エラストマー溶液を調製した。このエラストマー溶液に、導電材のカーボンブラック（ライオン（株）製「ケッチェンブラック（登録商標）EC-600JD」）を12質量部添加し、三本ロールにて混練りして導電塗料を調製した。調製した導電塗料を、離型処理を施したポリエチレンテレフタレート製の基材の表面に、バーコート法により塗布した。その後、塗膜が形成された基材を、約150℃の乾燥炉内に約30分間静置した。そして、塗膜を乾燥させると共に、架橋反応を進行させて、電極を形成した。

[0091] 形成した電極を、基材から剥離して、架橋体層（誘電層）の表面および裏面に貼着した。このようにして、実施例1の電歪素子を製造した。

[0092] <実施例2の電歪素子の製造>

誘電層として、ゴムポリマーとヒドロシリル基を持つ化合物とから合成される三次元架橋体からなる架橋体層を製造した。まず、クロロプレングムポ

リマー（DDE社製「ネオプレン（登録商標）W」）100質量部と、ヒドロシリル化合物5質量部と、遅延剤のアセチレンアルコール0.03質量部と、白金触媒0.1質量部とを、ロール練り機にて混合、分散させて、エラストマー組成物を調製した。次に、エラストマー組成物をメチルエチルケトンに溶解し、エラストマー溶液を調製した。そして、エラストマー溶液を基材上に塗布し、乾燥させた後、150℃で約15分間加熱して、架橋体層を製造した。架橋体層の膜厚は、20μmである。ヒドロシリル化合物としては、先に記載した構造式（5）の化合物を使用した。

[0093] 製造した架橋体層（誘電層）の表面および裏面に、実施例1と同様の電極を貼着して、実施例2の電歪素子を製造した。

[0094] <比較例の電歪素子の製造>

誘電層を、3M社製のアクリルフォーム構造用接合テープ（「VHB（登録商標）4910」）に変更した以外は、実施例1の電歪素子と同様にして、比較例の電歪素子を製造した。

[0095] <電歪素子の評価>

製造した実施例1、2および比較例の電歪素子について、変位量および耐久性を評価した。まず、実験装置および実験方法について説明する。図9に、製造した電歪素子の上面図を示す。図10に、図9中のX-X断面図を示す。

[0096] 図9、図10に示すように、電歪素子5は、誘電層50と一对の電極51a、51bとを備えている。誘電層50は、伸長前の自然状態で直径70mmの円形の薄膜状を呈している。誘電層50は、所定の延伸率で予め延伸された状態で配置されている。延伸率は、実施例1の電歪素子については、縦方向25%、横方向50%、実施例2の電歪素子については、縦方向50%、横方向100%、比較例の電歪素子については、縦方向100%、横方向200%である。ここで、延伸率は、次式（1）により算出した値である。

$$\text{延伸率}(\%) = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100 \cdots (1)$$

[L₀: 伸長前（自然状態）の長さ、L₁: 伸長後の長さ]

一対の電極 5 1 a、5 1 b は、誘電層 5 0 を挟んで上下方向に対向するよう配置されている。電極 5 1 a、5 1 b は、直径約 2 7 m m の円形の薄膜状を呈しており、各々、誘電層 5 0 と略同心円状に配置されている。電極 5 1 a の外周縁には、拡径方向に突出する端子部 5 1 0 a が形成されている。端子部 5 1 0 a は矩形板状を呈している。同様に、電極 5 1 b の外周縁には、拡径方向に突出する端子部 5 1 0 b が形成されている。端子部 5 1 0 b は矩形板状を呈している。端子部 5 1 0 b は、端子部 5 1 0 a に対して、1 8 0 ° 対向する位置に配置されている。端子部 5 1 0 a、5 1 0 b は、ウレタンゴムおよび銀粉末を含む。端子部 5 1 0 a、5 1 0 b は、各々、配線（図略）を介して電源 5 2 に接続されている。

[0097] 電極 5 1 a、5 1 b 間に電圧を印加すると、電極 5 1 a、5 1 b 間に静電引力が生じて、誘電層 5 0 を圧縮する。これにより、誘電層 5 0 の厚さは小さくなり、延伸率の小さい縦方向に伸長する。この時、電極 5 1 a、5 1 b も、誘電層 5 0 と一体となって伸長する。電極 5 1 a には、予め、マーカー 5 3 0 が取り付けられている。電圧を印加した時のマーカー 5 3 0 の変位を、変位計 5 3 により測定し、電歪素子 5 の変位量とした。印加電圧は、実施例 1 の電歪素子については 1 2 5 0 V、実施例 2 の電歪素子については 1 0 0 0 V、比較例の電歪素子については 2 5 0 0 V とした。そして、次式（11）により変位率を算出した。

$$\text{変位率 (\%)} = (\text{変位量} / \text{電極の半径}) \times 100 \cdots (11)$$

電歪素子 5 の変位量を測定した後、電圧を印加しない状態（誘電層 5 0 は延伸されたまま）で、所定期間（3 日間、7 日間、3 0 日間）放置した。そして、各々の期間が経過した後、再び最初と同じ電圧を印加して、電歪素子 5 の変位量を測定した。その際、最初に測定された変位量と比較して、変位量の減少が 4 0 % 未満であれば耐久性合格（後出の表 1 中○印で示す）、4 0 % 以上であれば耐久性不合格（後出の表 1 中×印で示す）、とした。

[0098] 表 1 に、実施例 1、2 および比較例の電歪素子の変位量の測定結果、および耐久性の評価結果を示す。

[表1]

			実施例1	実施例2	比較例
誘電層	厚さ [μm]		15	20	500
	延伸率 [%]	縦方向	25	50	100
		横方向	50	100	200
印加電圧 [V]			1250	1000	2500
変位率 [%]			25	23	22.5
耐久性の評価	3日間後		○	○	○
	7日間後		○	○	×
	30日間後		○	○	×

[0099] 表1に示すように、実施例1、2の電歪素子においては、比較例の電歪素子と比較して、誘電層の厚さが小さい。実施例1、2の電歪素子は、比較例の電歪素子と比較して、延伸率が小さいにも関わらず、低電圧で大きな変位量を得られた。また、実施例1、2の電歪素子は、30日後においても変位量の低下が小さく、耐久性に優れることが確認された。一方、比較例の電歪素子においては、誘電層の厚さが大きい。そして、所望の変位量を実現するためには、誘電層の延伸率を大きくして、印加電圧を大きくする必要があった。このため、7日後、30日後において、誘電層がクリープしてしまい、変位量の減少が40%以上になった。

[0100] このように、本発明の柔軟な表情表示装置を構成する電歪素子は、誘電層の延伸率が小さく、1500V以下の比較的低電圧で駆動させても、大きな変位量を実現することができる。そして、誘電層は、クリープしにくく耐久性に優れる。したがって、本発明の柔軟な表情表示装置によると、長期間、一定の表情を繰り返し表示することができる。また、電歪素子の耐久性が高いため、装置寿命が長い。

請求の範囲

- [請求項1] 延伸された誘電層と、該誘電層を挟んで配置される電極と、を有する電歪素子を備え、
- 該誘電層は、ゴムポリマーと、金属アルコキシド化合物またはヒドロシリル基を持つ化合物と、から合成される三次元架橋体からなる架橋体層を有し、
- 該電極は、エラストマーおよび導電材を含み、
- 該電極間に印加される電圧に応じて該誘電層が伸縮することにより顔の表情を表示することを特徴とする柔軟な表情表示装置。
- [請求項2] 前記誘電層は、顔の一部または全体に張設され、
- 前記電極は、該誘電層の表面に複数列並んで配置される表側電極と、該誘電層の裏面に複数列並んで配置される裏側電極と、からなり、該表側電極と該裏側電極とが表裏方向から見て交差することにより複数の駆動部が形成される請求項1に記載の柔軟な表情表示装置。
- [請求項3] 前記誘電層の延伸率は、顔の部位ごとに異なる請求項2に記載の柔軟な表情表示装置。
- [請求項4] 前記電歪素子は、顔の部位に対応して少なくとも一つ配置される請求項1に記載の柔軟な表情表示装置。
- [請求項5] 前記電歪素子は顔の部位に対応して複数配置され、該電歪素子ごとに前記誘電層の延伸率が異なる請求項4に記載の柔軟な表情表示装置。
- [請求項6] 前記誘電層は、同一面の直交する二方向において延伸率が異なる請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の柔軟な表情表示装置。
- [請求項7] さらに、前記電歪素子を被覆する伸縮可能なカバー層を備える請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の柔軟な表情表示装置。
- [請求項8] 前記電極間に印加される電圧は、1500V以下である請求項1ないし請求項7のいずれかに記載の柔軟な表情表示装置。
- [請求項9] 前記ゴムポリマーは、ニトリルゴム、水素化ニトリルゴム、アクリ

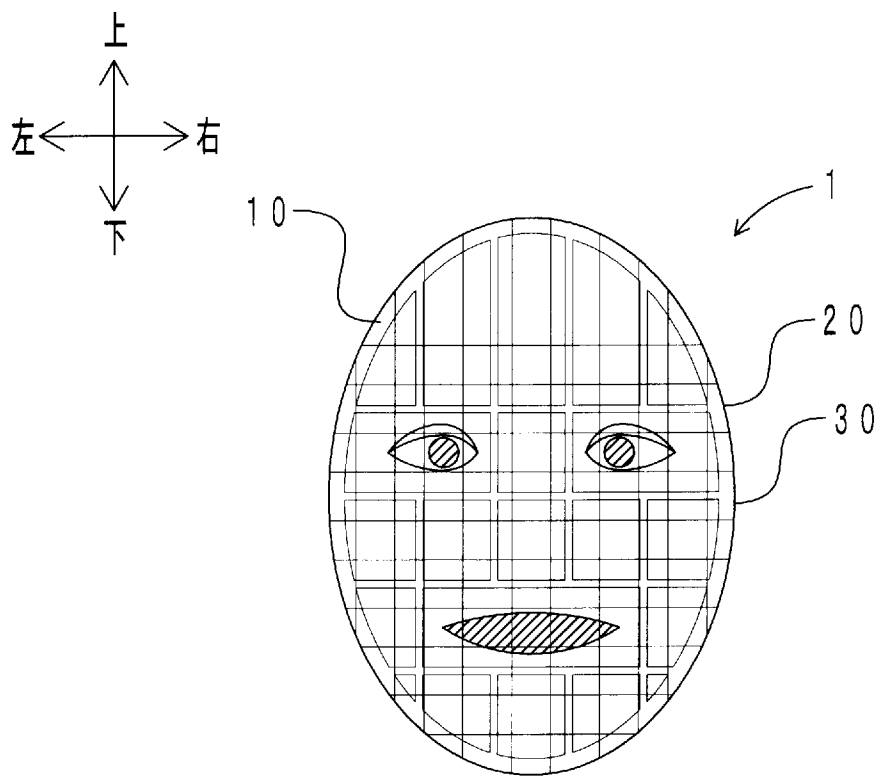
ルゴム、ウレタンゴム、フッ素ゴム、フルオロシリコーンゴム、クロロスルホン化ポリエチレンゴム、クロロプレンゴム、エチレン-酢酸ビニル共重合体、塩素化ポリエチレン、ヒドリンゴム、ポリエーテルゴムから選ばれる一種以上である請求項 1 ないし請求項 8 のいずれかに記載の柔軟な表情表示装置。

[請求項10] 前記架橋体層は、前記ゴムポリマーと前記金属アルコキシド化合物とから合成される三次元架橋体からなる請求項 1 ないし請求項 9 のいずれかに記載の柔軟な表情表示装置。

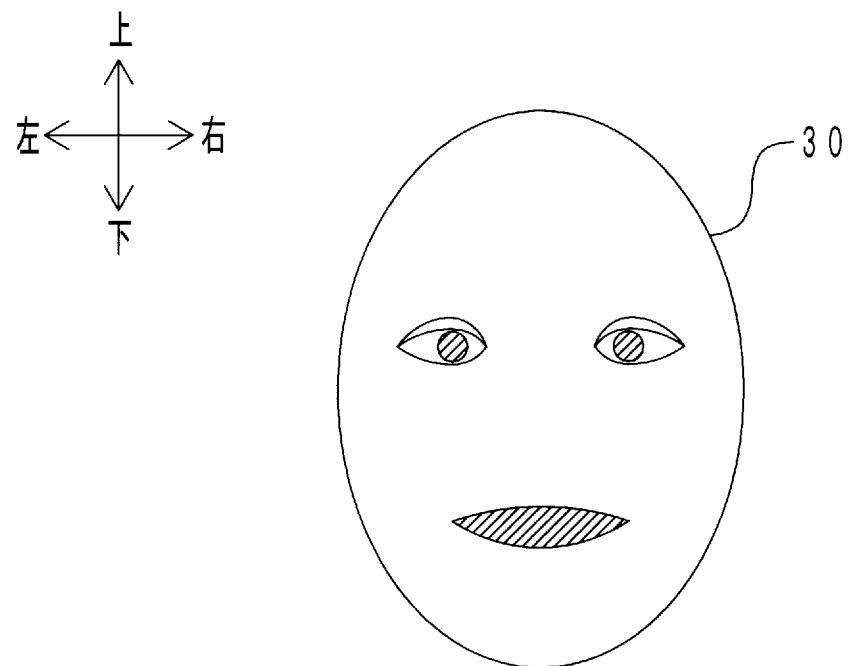
[請求項11] 前記金属アルコキシド化合物は、チタン、ジルコニウム、アルミニウムから選ばれる一種以上の金属を含む請求項 1 ないし請求項 10 のいずれかに記載の柔軟な表情表示装置。

[請求項12] 前記ヒドロシリル基を持つ化合物は、さらにフェニル基、アリール基、アルキル基のうちの一つ以上を持つ請求項 1 ないし請求項 9 のいずれかに記載の柔軟な表情表示装置。

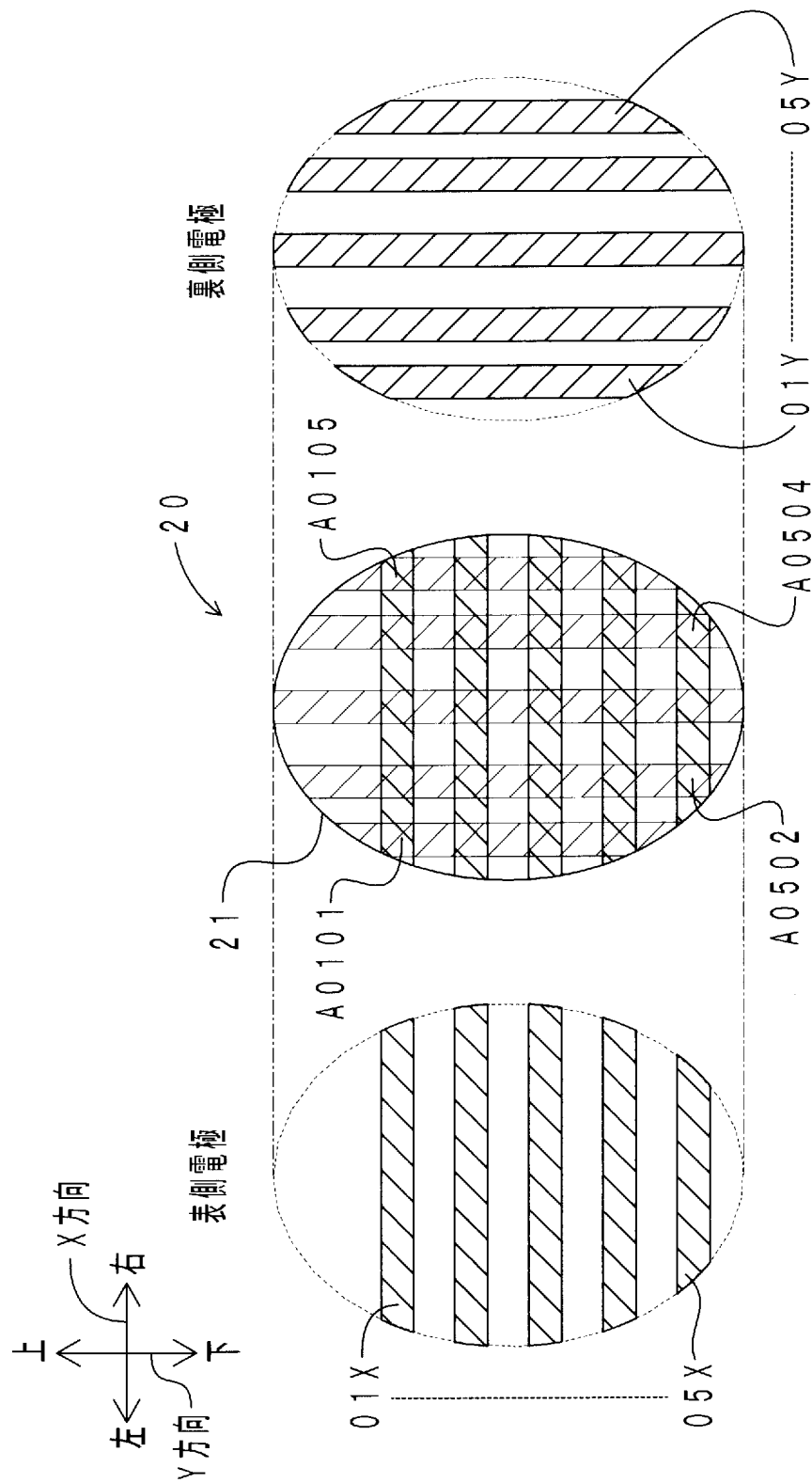
[図1]



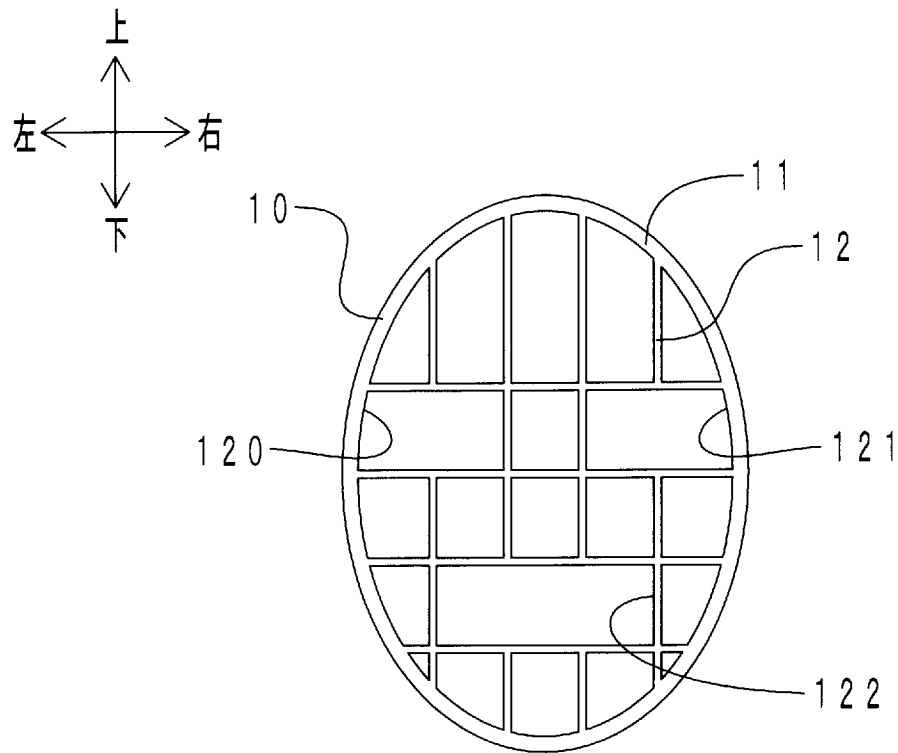
[図2]



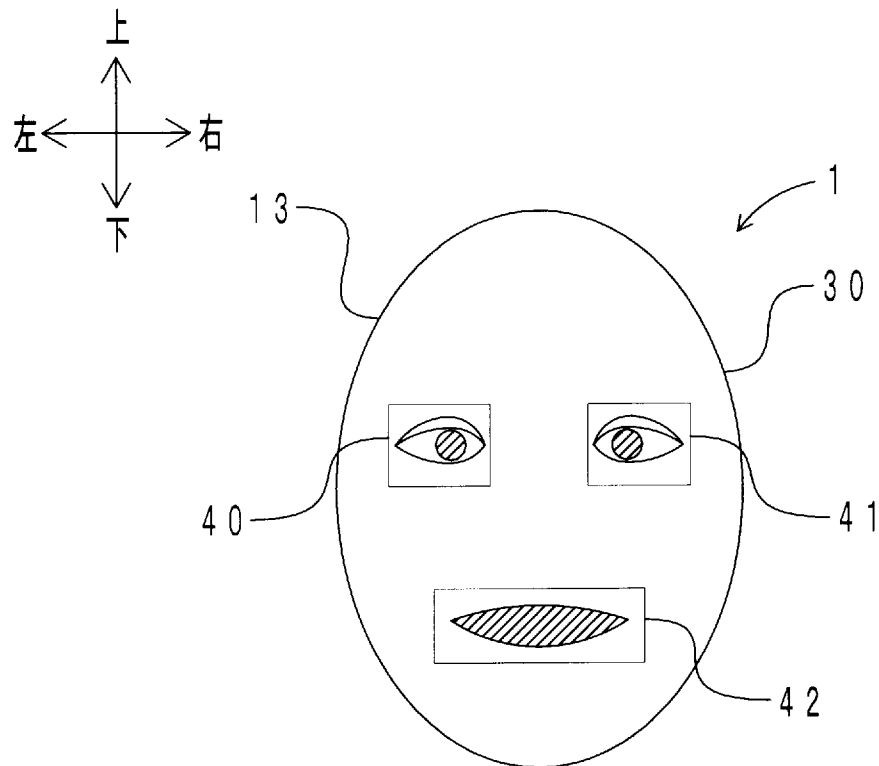
[図3]



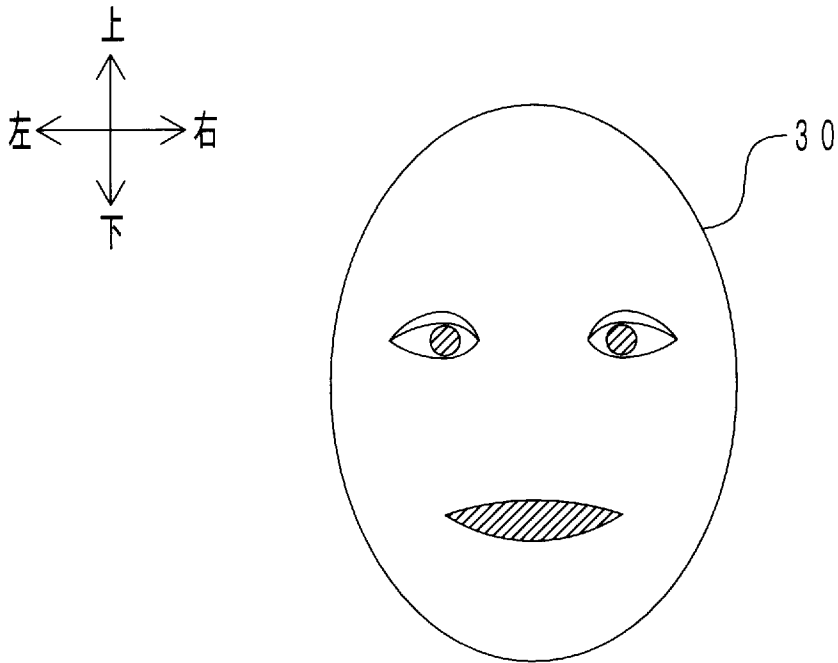
[図4]



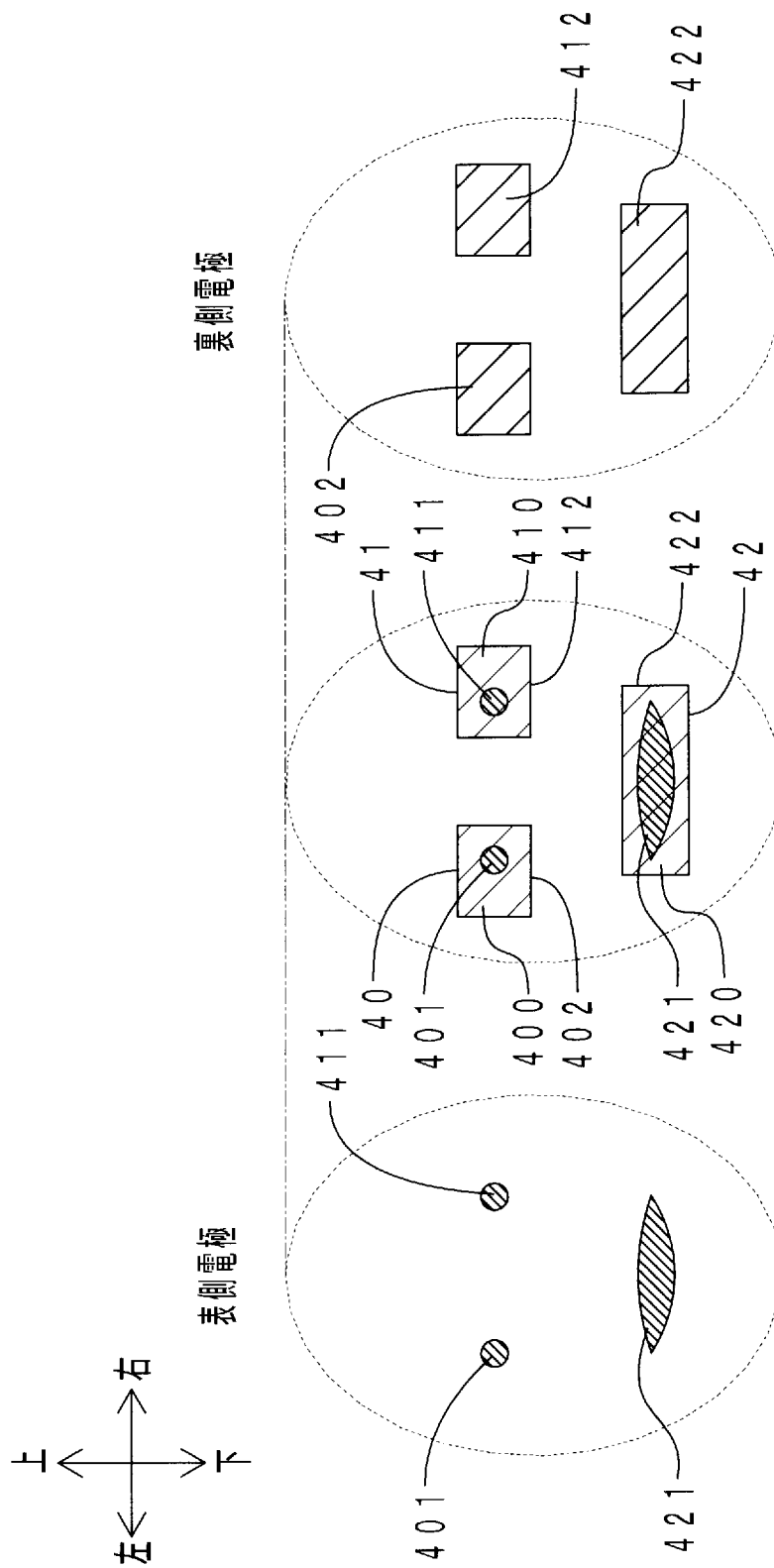
[図5]



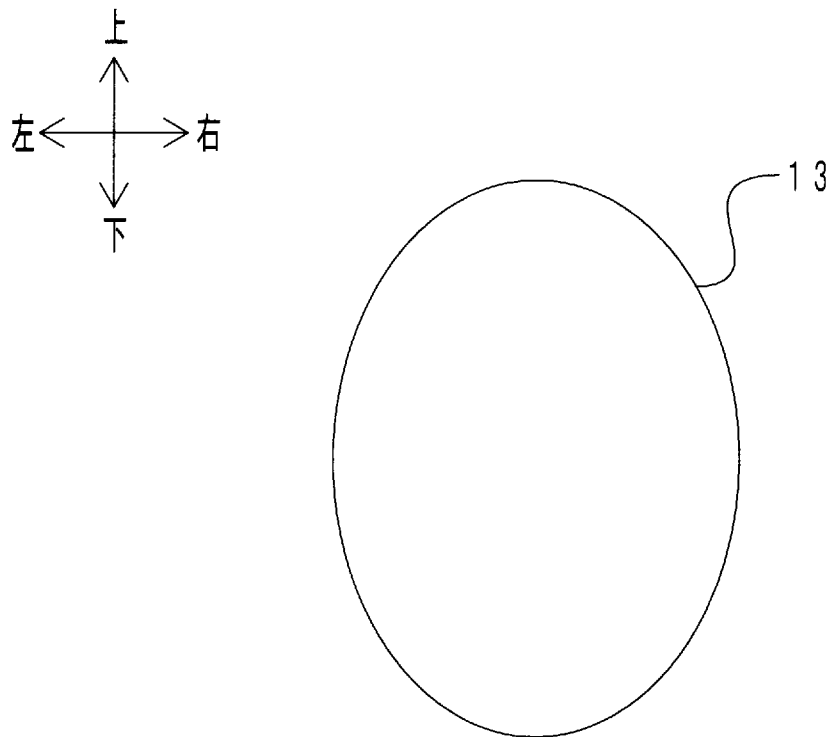
[図6]



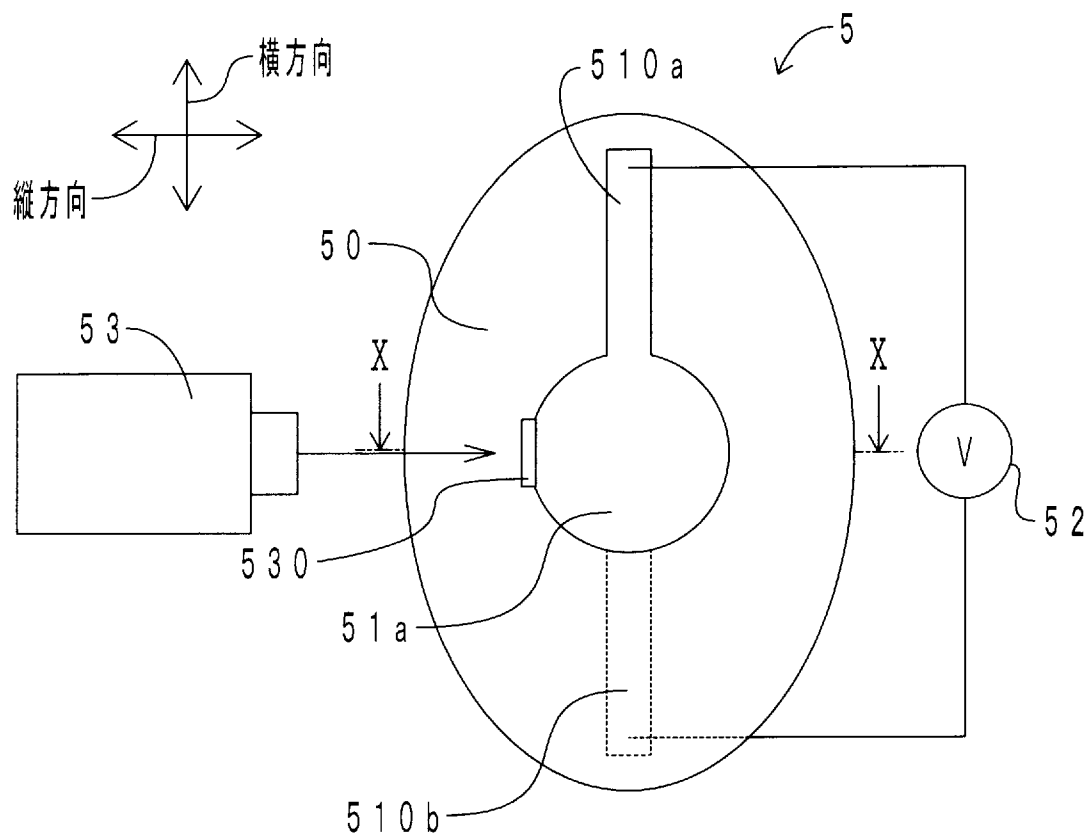
[図7]



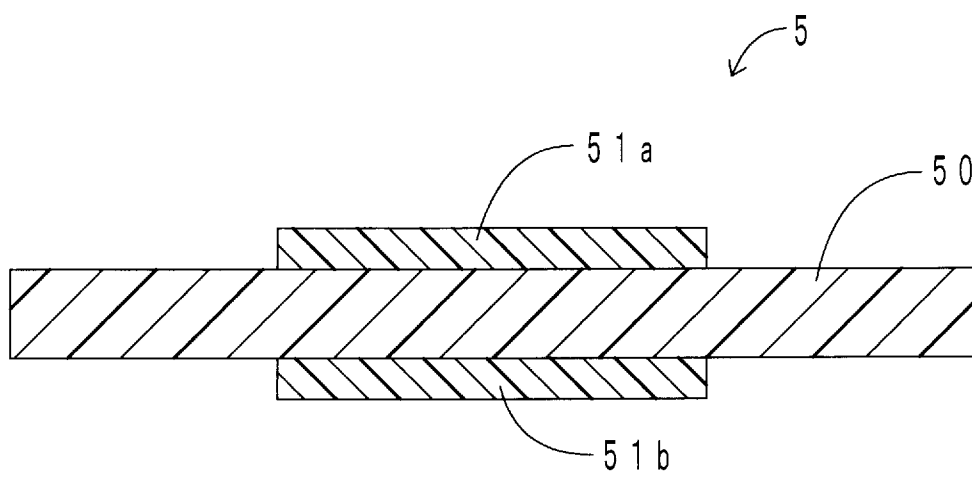
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/083603

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A63H13/04(2006.01)i, A63H3/36(2006.01)i, G09F19/08(2006.01)i

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)

A63H13/04, 3/36, G09F19/08, B25J13/00, 19/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2005-287846 A (Japan Science and Technology Agency, Sei HOSHINO, Ichiro KAWABUCHI), 20 October 2005 (20.10.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2006-141564 A (Tokyo University of Science), 08 June 2006 (08.06.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2003-225470 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 12 August 2003 (12.08.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

☒ 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
20 February, 2014 (20.02.14)

Date of mailing of the international search report
04 March, 2014 (04.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/083603

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-107983 A (Toshiba Corp.), 30 April 1996 (30.04.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 6-261982 A (Toshiba Corp.), 20 September 1994 (20.09.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 90048/1991 (Laid-open No. 33787/1993) (Shun'ichi MIZUNO), 07 May 1993 (07.05.1993), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 7-136956 A (Daum GmbH), 30 May 1995 (30.05.1995), entire text; all drawings & US 6408289 B1	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A63H13/04(2006.01)i, A63H3/36(2006.01)i, G09F19/08(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. A63H13/04, 3/36, G09F19/08
B25J13/00, 19/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 2005-287846 A（独立行政法人科学技術振興機構，星野 聖，川渕 一郎） 2005.10.20，全文，全図（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2006-141564 A（学校法人東京理科大学）2006.06.08，全文，全図（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2003-225470 A（松下電器産業株式会社）2003.08.12，全文，全図（ファミリーなし）	1-12
A	JP 8-107983 A（株式会社東芝）1996.04.30，全文，全図（ファミリーなし）	1-12

☒ 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矛盾するものではなく、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

2 0 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 3 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

宇佐田 健二

2 B

4 0 9 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 3 7

C (続き) . 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 6-261982 A (株式会社東芝) 1994. 09. 20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	日本国実用新案登録出願 3-90048 号 (日本国実用新案登録出願公開 5-33787 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (水野 俊一) 1993. 05. 07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 7-136956 A (ダウム・ゲー・エム・ベー・ハー) 1995. 05. 30, 全文, 全図 & US 6408289 B1	1-12