

(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4月24日(24.04.2014)

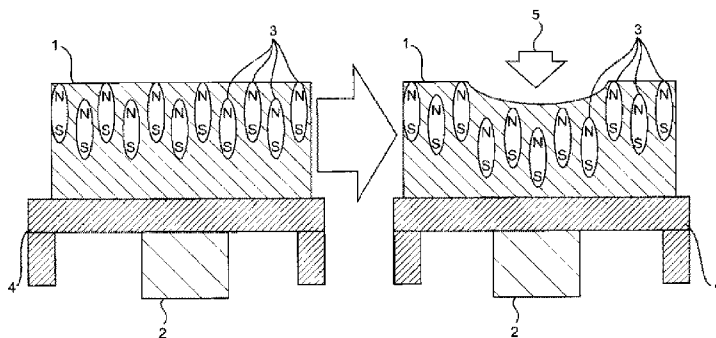


(10) 国際公開番号
WO 2014/061684 A1

- (51) 国際特許分類:
G01L 1/12 (2006.01) G01L 1/04 (2006.01)
G01B 7/28 (2006.01) G01L 5/00 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/078020
 - (22) 国際出願日: 2013年10月16日(16.10.2013)
 - (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 2012-232012 2012年10月19日(19.10.2012) JP
特願 2012-232009 2012年10月19日(19.10.2012) JP
特願 2012-232006 2012年10月19日(19.10.2012) JP
 - (71) 出願人: 東洋ゴム工業株式会社(TOYO TIRE & RUBBER CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5508661 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目17番18号 Osaka (JP).
 - (72) 発明者: 重藤 純一(SHIGETO, Junichi); 〒5508661 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目17番18号 東洋ゴム工業株式会社内 Osaka (JP). 福田 武司(FUKUDA, Takeshi); 〒5508661 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目17番18号 東洋ゴム工業株式会社内 Osaka (JP). 小野 洋明(ONO, Hiroaki); 〒5508661 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目17番18号 東洋ゴム工業株式会社内 Osaka (JP). 羅志偉(LUO, Zhiwei); 〒6578501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1 国立大学法人神戸大学内 Hyogo (JP).
 - (74) 代理人: 鮫島 睦, 外(SAMEJIMA, Mutsumi et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町8番1号梅田阪急ビルオフィスタワー青山特許事務所 Osaka (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: SENSOR AND MANUFACTURING METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称: センサーおよびその製造方法



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide sensors, including tactile sensors and flex sensors, that have low manufacturing costs, high manufacturing efficiency, and improved sensor sensitivity, and a manufacturing method for same. The present invention pertains to sensors, including tactile sensors and flex sensors, comprising an elastomer containing a magnetic filler and a magnetic sensor for detecting magnetic variation caused by elastomer deformation, and to a manufacturing method for same for which the viscosity of the mixture of the magnetic filler and an elastomer precursor solution is defined to be within a specific range.

(57) 要約: 本発明により、製造コストが低く、製造効率が高く、しかもセンサー感度が向上した、触覚センサーおよび曲げセンサーを含むセンサー、およびその製造方法を提供する。本発明は、磁性フィラーを含むエラストマーと、上記エラストマーの変形に起因する磁気変化を検出する磁気センサーとから構成される、触覚センサーおよび曲げセンサーを含むセンサー、および上記磁性フィラーとエラストマー前駆液との混合液の粘度を特定範囲内に規定した、それらの製造方法に関する。



WO 2014/061684 A1

明 細 書

発明の名称： センサーおよびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、磁性フィラーを含有する磁性エラストマーに接触することにより生じる変形を検知するセンサーおよびその製造方法に関する。特に、本発明は、磁性フィラーが磁性エラストマー中で偏在している磁性エラストマーに接触することにより生じる変形を検知する触覚センサー；磁性フィラーを含有する磁性エラストマーの曲げ変形を検知する曲げセンサー；およびそれらの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 触覚センサーは種々の分野で広く利用されている。基本は、ある物体が別の物体に接触した場合に、接触の強さ、位置、方向などを検出するものである。触覚センサーは例えばロボットの手や皮膚などに応用されて、ロボットの次の行動を決定する情報として利用され、更に、自動車用着座状態検知、ベッドおよびカーペット用面圧分布、車両用衝突状態検知、生体の運動状態検知（例えば、モーションキャプチャ、呼吸状態や筋肉の弛緩状態生体運動検知など）、立ち入り制限区域への不法侵入、スライドドアの異物検知、キーボード入力デバイスに利用される。そのような触覚センサーおよびその製造方法について、数多くの提案がなされている（特許文献1～3など）。

[0003] 特許文献1には、磁石を含み加減圧により変形する緩衝部と、緩衝部の変形に伴う磁場の変化を磁気センサーにより検出するセンサー部とを備える圧力検出装置が記載されている。この圧力検出装置の緩衝部に存在する磁石は、大きな一つの磁石であってもよく（特許文献1図1）、小さな磁石が均一に分散していてもよい（特許文献1図7他）。大きな一つの磁石の場合は、触覚による変形を検出しにくく、触れたときに異物感が生じてしまうという問題がある。また、小さな磁石が均一に分散している場合には、例え磁力の向きが同じであっても、磁石粒子間で磁力が打ち消し合う現象が生じ、かつ

、接触面付近の磁石は動くが内部の磁石は動きにくく、外力が小さくて変形が非常に小さい時に検出感度が悪化してしまうという問題がある。

[0004] 特許文献2には、磁石原料と粘弾性材料を混練成形した粘弾性磁石と、粘弾性磁石の変形による磁束密度ベクトルの変化を検出する磁束検出手段を備える検出装置が記載されている。この特許文献2の検出装置では、磁石原料が粘弾性材料中に混練されるので、磁石原料は均一に分散してしまうため、特許文献1で記載したように、磁石粒子間で磁力が打ち消し合う現象が生じ、かつ接触面付近の磁石の粒子は動くが内部の磁石粒子は動きにくく、外力が小さくて変形が非常に小さい時に検出感度が悪化してしまうという問題がある。

[0005] 特許文献3には、磁気センサーと、この磁気センサー上に順次に積層固定したエラストマーおよび永久磁石と、磁気センサーの入出力端子にそれぞれ接続したリード線を備えてなる感圧センサーが開示されている。この感圧センサーでは、弾性材料と磁石含有材料とを分離していて、それらを「順次に積層固定」することが必要であって、積層工程が必要であると共に、積層による層界面の剥離が起こりうるという問題がある。

[0006] 更に、ロボットやその他の分野、例えば自動車用着座状態検知、ベッドおよびカーペット用面圧分布、車両用衝突状態検知、生体の運動状態検知（例えば、モーションキャプチャ、呼吸状態や筋肉の弛緩状態生体運動検知など）、立ち入り制限区域への不法侵入、スライドドアの異物検知、キーボード入力デバイスにおいて、弾性体の曲げをセンサーで検出することが必要である。人形ロボットの動きの制御や外からの圧力に対しての対応をするときに、人形ロボットの皮膚に当たるエラストマーの曲がりを検出することを必要とする。そのような曲げ変形を検出するセンサーおよびその製造方法について、数多くの提案がなされている（特許文献4～5など）。

[0007] 特許文献4には、ヘテロ原子を有する単量体単位を含む重合体または該重合体のブロックを含むブロック共重合体から選ばれ、イオン解離性基を含まない高分子成分と、イオン液体とを含有する非水系高分子固体電解質、およ

び少なくとも一対の電極からなる可撓性素子であって、該可撓性素子の全光線透過率が70%以上であり、該可撓性素子の変形によって起電力を生じることを特徴とする透明性を有する変形センサーが記載されている。起電力を計測するために素子に直接電極を設置することが必要であり、素子と電極の接合面での剥離などが起こりやすいという問題がある。

[0008] 特許文献5には、磁性の塵の磁気空隙への侵入を防止することにより、角度の検出精度を維持することができる磁気式角度センサーが開示されている。円盤状の固体の磁石を用いるために柔軟性がないという問題がある。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特開2009-229453号公報
特許文献2：特開2008-39659号公報
特許文献3：特開昭62-46222号公報
特許文献4：特開2009-258008号公報
特許文献5：特開2009-19926号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 本発明は、上記のような従来のセンサーおよびその製造方法の有する問題点を解決し、

磁性フィラーが均一に分散したものではなく、一方の面側に偏在しているものを形成することによって、センサー感度が向上した触覚センサーを提供し、エラストマー中に磁性フィラーを分散または偏在させて、それを複数の磁気センサーで検出することにより、柔軟で高感度の曲げセンサーを提供し、

積層を必要としない単層の磁性フィラーを含むエラストマーを形成して、製造工程が複雑化しないため製造コストが低く、製造効率が高い、それらのセンサーの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明者等は、上記目的を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、

磁性フィラーが均一に分散したものではなく、一方の面側に偏在しているものを形成することによって、センサー感度が向上した触覚センサーを提供し、エラストマー中に磁性フィラーを分散または偏在させて、それを複数の磁気センサーで検出することにより、柔軟で高感度の曲げセンサーを提供し、

磁性フィラーと熱硬化性エラストマー前駆液を混合して混合液を形成し、シート状に成形して、上記磁性フィラーを上記熱硬化性エラストマー前駆液中で偏在させ、上記熱硬化性エラストマー前駆液を加熱して硬化し、上記磁性フィラーを着磁して磁性エラストマーを形成する工程を含む、センサーの製造方法において、上記混合液の粘度を特定範囲内に限定することによって、製造コストが低く、製造効率が高く、センサー感度が高い、センサーの製造方法を提供し得ることを見出し、本発明を完成するに至った。

[0012] (1) 即ち、本発明は、磁性フィラーを含むエラストマーと、

前記エラストマーの触覚による変形に起因する磁気変化を検出する磁気センサーと、

から構成され、前記磁性フィラーがエラストマー中で偏在しており、その偏在度が1～100であることを特徴とする触覚センサー、に関する。

[0013] 本発明を好適に実施するために、

上記磁性フィラーがエラストマーの片面側に偏在していて、その偏在面を接触面とし；

上記磁性フィラーが希土類系、Fe系、Co系、Ni系、酸化物系であり、平均粒径が0.02～500 μ mであり；

上記磁性フィラーがエラストマー100質量部に対して1～450質量部の量で添加され；

上記エラストマーがポリウレタンエラストマーまたはシリコンエラストマーである；ことが望ましい。

[0014] (2) また、本発明は、磁性フィラーを含むエラストマーと、前記エラストマーが曲げ変形することで生じた磁気変化を検出する複数個の磁気センサーと、から構成されることを特徴とする曲げセンサーに関する。

[0015] 本発明を好適に実施するために、
上記磁性フィラーがエラストマー中で偏在しており、その偏在度が1～100であり；
上記磁性フィラーがエラストマーの片面側に偏在していて、その偏在面と反対側に複数の磁気センサーを配置し；
上記磁性フィラーが希土類系、Fe系、Co系、Ni系、酸化物系であり、平均粒径が0.02～500 μ mであり；
上記磁性フィラーがエラストマー100質量部に対して1～450質量部の量で添加され；
上記エラストマーはポリウレタンエラストマーまたはシリコンエラストマーである；
ことが望ましい。

[0016] (3) 更に、本発明は、磁性フィラーを含む磁性エラストマーと、磁気センサーとから構成されるセンサーの製造方法であって、
(i) 磁性フィラーと、熱硬化性エラストマー前駆液とを混合して混合液を形成する工程、
(ii) 該混合液をシート状に成形する工程、
(iii) 該磁性フィラーを、該熱硬化性エラストマー前駆液中で偏在させる工程、
(iv) 該熱硬化性エラストマー前駆液を加熱して硬化し、シート状エラストマーを形成する工程、および
(v) 該磁性フィラーを着磁して磁性エラストマーを形成する工程を含み、
該工程(i)で形成した混合液が粘度100～50,000mPa \cdot sを

有し、該工程 (iii) で偏在させた磁性フィラーの熱硬化性エラストマー中での偏在度が1～100であることを特徴とする、センサーの製造方法に関するものである。

[0017] 本発明を好適に実施するために、

上記工程 (iii) の磁性フィラーを偏在させる工程が、磁束密度1～3000 mTの磁場を印加することによって行われ；

上記磁性フィラーがエラストマーの片面側に偏在していて、その偏在面を接触面とし；

上記磁性フィラーが希土類系、Fe系、Co系、Ni系、酸化物系であり、平均粒径が0.02～500 μmであり；

上記磁性フィラーがエラストマー100質量部に対して1～450質量部の量で添加され；

上記エラストマーがポリウレタンエラストマーまたはシリコンエラストマーであり；

上記偏在度が2～90である；

ことが望ましい。

発明の効果

[0018] (1) 本発明の触覚センサーによれば、磁性フィラーがエラストマー中に均一分散ではなく、偏在して存在しており、しかもその偏在度が1～100に限定されているので、磁性フィラー間で磁力が打ち消し合わず、かつ接触面付近に磁性フィラーが多く存在する為、小さい外力でも多数の磁性フィラーが変位する為、外力が小さくて変形が非常に小さい時でも、磁気センサーでの検出が容易になる。

[0019] また、本発明の触覚センサーでは、エラストマーと磁性フィラー含有材料とを分離していないので、層間の分離などが生じることなく安価かつ容易な製造が可能となる。尚、磁性フィラーの偏在は、磁性フィラーとエラストマーの原料を混合した後、所定時間静置するか、磁性フィラーが既に着磁したものである場合には混合時に磁石を一方側に置いておけば磁石の引力で偏在

が起こるので、製法的にも簡単かつ容易であり、不必要な操作増加による複雑化は起こらない。もちろん、上記以外の方法、例えば遠心処理をして偏在をする方法も考えられる。

[0020] (2) 本発明の曲げセンサーによれば、磁性フィラーがエラストマー中に分散していて、そのエラストマーの曲げ状態を複数の磁気センサー、特に3つ以上の磁気センサーで検出することにより、精度が高く曲げを検出することができる。

[0021] また、本発明の曲げセンサーでは、磁性フィラーをエラストマー内で偏在することができ、その偏在度が1～100であるので、磁性フィラー間で磁力が打ち消し合う現象が生じることがなく、逆に磁力が揃うことになり、曲げの程度が小さくて変形が非常に小さい時でも、曲げセンサーでの検出が容易になる。

[0022] (3) 本発明のセンサーの製造方法によれば、磁性フィラーがエラストマー中に均一分散ではなく、偏在して存在するので、磁性フィラー間で磁力が打ち消し合わず、かつ接触面付近に磁性フィラーが多く存在し、小さい外力でも多数の磁性フィラーが変位するため、センサー感度が高くなり、外力が小さくて変形が非常に小さい時でも磁気センサーでの検出が容易となる。

[0023] また、本発明のセンサーの製造方法では、エラストマーと磁性フィラー含有材料とを分離していないので、それぞれの層を積層する工程が必要なく、層間の分離などの問題もなく、製造コストが低くかつ製造効率が高くなる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の触覚センサーの断面を表す模式図であって、圧力が無い場合と圧力が加わった場合の変化を模式的に表している。

[図2]本発明の曲げセンサーの断面を表す模式図であって、曲げが無い場合と曲げがある場合を模式的に表している。

[図3]実施例で用いた曲げセンサー特性評価方法でのエラストマーと3つの磁気センサーの位置関係を示す模式図である。

[図4]各実施例および比較例の曲げセンサーにおいて、エラストマーの各角度

における各磁気センサーの出力電圧変化率の和（センサー出力和： ΔV_{out} ）をプロットしたグラフである。

用語の定義

[0025] 本明細書中で「偏在度」とは、エラストマー中の磁性フィラーの偏在度合いを表す数値であって、以下の方法で測定したものを言う。作製したエラストマーをカミソリ刃で切り出し、サンプル断面をデジタルマイクロスコープにて100倍で観察し、得られた画像を、画像解析ソフト(三谷商事株式会社製「WinROOF」)を用いて、エラストマーの厚み方向に3等分し、上段層、中段層、下段層の磁性フィラーの粒子数をカウントした。各層の粒子数と、中段層の粒子数との比率を求めることで、各層の磁性フィラー存在率を求めた。さらに、 $[(\text{上段層の磁性フィラー存在率}) - (\text{下段層の磁性フィラー存在率})]$ を求めることにより偏在度とした。ここで、上段層とは偏在磁性エラストマーを用いたセンサーにおける接触面側の層である。偏在度の値が高い程、磁性フィラーが偏在して存在していることになる。

発明を実施するための形態

[0026] (触覚センサー)

本発明の触覚センサーについて、図1を参照して説明する。図1は、本発明の触覚センサーの断面を表す模式図であって、圧力が無い場合（図1左側）と圧力が加わった場合（図1右側）の変化を模式的に表している。

[0027] 本発明の触覚センサーは、基本的には、エラストマー1と磁気センサー2とから構成されている。エラストマー1には、磁性フィラー3が多く含まれていて、本発明では、磁性フィラー3は図の上方に偏在していて、その偏在度が1～100である。図1には、エラストマー1と磁気センサー2との間に基板4が存在している。基板4は無くてもよいが、エラストマー1を支持するために通常は必要である。また、基板4が無いと、圧力5がエラストマー1にかかったときに、エラストマー1全体が撓むことになり、正確に圧力5を検出できなくなる恐れがある。

[0028] 図1の左側では、圧力が掛けられていない状態であるが、図1の右側では

、圧力5がエラストマー1の上方から掛けられている。圧力5により、エラストマー1が変形して、磁性フィラー3の位置が圧力のかかった部分だけ下方に下がる。この磁性フィラー3の下方への変化が磁性フィラー3から出ている磁場が変化し、それが磁気センサー2で検出される。

[0029] 圧力5が強い力だと、磁性フィラー3の位置の変化が大きくなり、逆に圧力5が小さいと、磁性フィラー3の位置変化が小さくなり、それらによる磁場の変化により、圧力5の強さも測定することができる。また、圧力5がまっすぐ上方である場合磁気センサー1個で検出できるが、磁気センサーの個数、配置の最適化により斜め方向からの圧力も検出可能となる。

[0030] 磁性フィラー3は、エラストマー1の片面側に偏在していて、その偏在面が接触面となるのが好ましい。図1に示されている態様が、偏在面が接触面となっている。この態様が、磁性フィラー3の変位が大きくなり、検出が容易になる。

[0031] (曲げセンサー)

本発明の曲げセンサーを、図2を参照して説明する。

図2は、本発明の曲げセンサーの断面を表す模式図であって、曲げが無い場合(図2左側)と曲げがある場合(図2右側)を模式的に表している。尚、図3～4については、実施例中で説明する。

[0032] 本発明の曲げセンサーは、基本的には、エラストマー1と磁気センサー2とから構成されている。エラストマー1には、磁性フィラー3が多く含まれていて、図2では、磁性フィラー3は図の上方に偏在していて、その偏在度は好ましくは1～100である。図2には、磁気センサー2が3個記載されているが、複数個であるので2個以上であればよい。磁気センサー2が3個以上あると検出精度が向上する。

[0033] 図2の左側では、エラストマー1が曲がっていない状態であるが、図2の右側では、エラストマー1が扇状に曲げられている。エラストマー1が変形して、磁性フィラー3の位置が大きく異なった配置になる。この磁性フィラー3の変化が磁性フィラー3から出ている磁場の変化をもたらし、それが磁

気センサー 2 で検出される。

[0034] 曲がり大きいと、磁性フィラー 3 の位置の変化が大きくなり、逆に曲がり小さいと、磁性フィラー 3 の位置変化が小さくなり、それらによる磁場の変化により、曲がりの程度を測定することができる。

[0035] 磁性フィラー 3 は、好ましくは、エラストマー 1 の片面側に偏在している、その偏在面が外側面となるのが好ましい。図 2 に示されている態様が、偏在面が外側面となっている。この態様が、磁性フィラー 3 の変位が大きくなり、検出が容易になる。

[0036] (センサーの製造方法)

磁性フィラーを含む磁性エラストマーと、磁気センサーとから構成される、本発明の触覚センサーおよび曲げセンサーを含むセンサーの製造方法は、

(i) 磁性フィラーと、熱硬化性エラストマー前駆液とを混合して混合液を形成する工程、

(ii) 該混合液をシート状に成形する工程、

(iii) 該磁性フィラーを、該熱硬化性エラストマー前駆液中で偏在させる工程、

(iv) 該熱硬化性エラストマー前駆液を加熱して硬化し、シート状エラストマーを形成する工程、および

(v) 該磁性フィラーを着磁して磁性エラストマーを形成する工程を含むことを要件とする。

[0037] 本発明では、上記工程 (i) で形成した混合液が粘度 $100 \sim 50,000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ を有することを要件とするが、好ましくは $200 \sim 45,000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ であることが望ましい。上記混合液の粘度が $100 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 未満ではフィラー濃度が低下し、センサー感度として低下してしまい、 $50,000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ を超えると磁性フィラーの動きが妨げられ偏在度が低下する。

[0038] また、本発明では、上記工程 (iii) で偏在させた磁性フィラーの磁性エラストマー中での偏在度が $1 \sim 100$ であることを要件とするが、好ましくは

2～90、より好ましくは3～80である。上記偏在度が1より小さいときは、磁性フィラーが磁性エラストマー中であまり偏在していないことになり、従来技術で述べたような、磁力の打ち消しや、エラストマー内部の磁性フィラーの変位が小さくなる為、磁気センサーでの検出が難しくなる恐れがある。逆に、偏在度が100であることは、殆ど全ての磁性フィラーがエラストマーの接触面に存在していることになり好ましいが、実際は100以下の値になることが殆どである。上記磁性フィラーの磁性エラストマー中での偏在度は、上述の「用語の定義」にあるように測定して決定される。

[0039] 本発明に用いられる磁性フィラーとしては、希土類系、鉄系、コバルト系、ニッケル系、酸化物系があるが、これらのいずれでもよい。好ましくは、高い磁力が得られる希土類系であるが、これに限られない。上記磁性フィラーの形状は、特に限定的ではなく、球状、扁平上、針状、柱状および不定形のいずれであってよい。上記磁性フィラーは、平均粒径0.02～500 μm 、好ましくは0.1～400 μm 、より好ましくは0.5～300 μm である。平均粒径が0.02 μm より小さいと、磁性フィラーの磁気特性が悪化してしまい、500 μm を超えると磁性エラストマーの機械的特性が悪化してしまう(脆性)。

[0040] 上記磁性フィラーの配合量は、エラストマー100質量部に対して、1～450質量部、好ましくは2～400質量部である。1質量部より少ないと、磁場の変化を検出することが難しくなる。また、450質量部を超えると、エラストマー自体が脆くなるなど、所望の特性が得られなくなる。

[0041] 本発明の磁性エラストマーに用いられるエラストマーは、一般のエラストマーを用いることができるが、圧縮永久歪等の特性を考慮すると熱硬化性エラストマーが好ましい。本発明に用いられる熱硬化性エラストマーとしては、好ましくはポリウレタンエラストマーまたはシリコーンエラストマーが好適である。ポリウレタンエラストマーの場合、活性水素含有化合物と溶剤と磁性フィラーを混合し、ここにイソシアネート成分を混合させることにより混合液を得る。また、イソシアネート成分に溶剤とフィラーを混合し、ここ

に活性水素含有化合物を混合させることで混合液を得ることもできる。

[0042] シリコンエラストマーの場合、シリコンエラストマーの前駆体に溶剤と磁性フィラーを入れて混合して混合液を得る。例えば、主剤成分と硬化剤成分の2成分からなる2液性シリコンエラストマーの場合、主剤成分と溶剤と磁性フィラーを混合し、ここに硬化剤成分を混合させることにより混合液を得る。また、硬化剤成分に溶剤とフィラーを混合し、ここに主剤成分を混合させることで混合液を得ることもできる。

[0043] ここで、ポリウレタンエラストマーの場合、使用できるイソシアネート成分、活性水素含有化合物については下記のもの挙げられる。

[0044] イソシアネート成分としては、ポリウレタンの分野において公知の化合物を特に限定なく使用できる。イソシアネート成分としては、2, 4-トルエンジイソシアネート、2, 6-トルエンジイソシアネート、2, 2'-ジフェニルメタンジイソシアネート、2, 4'-ジフェニルメタンジイソシアネート、4, 4'-ジフェニルメタンジイソシアネート、1, 5-ナフタレンジイソシアネート、p-フェニレンジイソシアネート、m-フェニレンジイソシアネート、p-キシリレンジイソシアネート、m-キシリレンジイソシアネート等の芳香族ジイソシアネート、エチレンジイソシアネート、2, 2, 4-トリメチルヘキサメチレンジイソシアネート、1, 6-ヘキサメチレンジイソシアネート等の脂肪族ジイソシアネート、1, 4-シクロヘキサレンジイソシアネート、4, 4'-ジシクロヘキシルメタンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネート、ノルボルナンジイソシアネート等の脂環式ジイソシアネートが挙げられる。これらは1種で用いても、2種以上を混合しても差し支えない。また、前記イソシアネートは、ウレタン変性、アロファネート変性、ビウレット変性、およびイソシアヌレート変性等の変性化したものであってもよい。前記イソシアネートは、後述するポリオールとのプレポリマーでもよい。

[0045] 活性水素含有化合物としては、ポリウレタンの技術分野において、通常用いられるものを挙げるができる。例えば、ポリテトラメチレンエーテル

グリコール、ポリエチレングリコール等に代表されるポリエーテルポリオール、ポリブチレンアジペートに代表されるポリエステルポリオール、ポリカプロラクトンポリオール、ポリカプロラクトンのようなポリエステルグリコールとアルキレンカーボネートとの反応物などで例示されるポリエステルポリカーボネートポリオール、エチレンカーボネートを多価アルコールと反応させ、次いで得られた反応混合物を有機ジカルボン酸と反応させたポリエステルポリカーボネートポリオール、ポリヒドロキシル化合物とアリアルカーボネートとのエステル交換反応により得られるポリカーボネートポリオールなどが挙げられる。これらは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

[0046] 活性水素含有化合物として上述した高分子量ポリオール成分の他に、エチレングリコール、1, 2-プロピレングリコール、1, 3-プロピレングリコール、1, 4-ブタンジオール、1, 6-ヘキサジオール、ネオペンチルグリコール、1, 4-シクロヘキサジメタノール、3-メチル-1, 5-ペンタンジオール、ジエチレングリコール、トリエチレングリコール、1, 4-ビス(2-ヒドロキシエトキシ)ベンゼン、トリメチロールプロパン、グリセリン、1, 2, 6-ヘキサントリオール、ペンタエリスリトール、テトラメチロールシクロヘキサン、メチルグルコシド、ソルビトール、マンニトール、ズルシトール、スクロース、2, 2, 6, 6-テトラキス(ヒドロキシメチル)シクロヘキサノール、およびトリエタノールアミン等の低分子量ポリオール成分、エチレンジアミン、トリレンジアミン、ジフェニルメタンジアミン、ジエチレントリアミン等の低分子量ポリアミン成分を用いてもよい。これらは1種単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。更に、4, 4'-メチレンビス(オ-クロロアニリン)(MOCA)、2, 6-ジクロロ-p-フェニレンジアミン、4, 4'-メチレンビス(2, 3-ジクロロアニリン)、3, 5-ビス(メチルチオ)-2, 4-トルエンジアミン、3, 5-ビス(メチルチオ)-2, 6-トルエンジアミン、3, 5-ジエチルトルエン-2, 4-ジアミン、3, 5-ジエチルトルエン-2, 6-

ージアミン、トリメチレングリコールジ-p-アミノベンゾエート、ポリテトラメチレンオキシドジ-p-アミノベンゾエート、1, 2-ビス(2-アミノフェニルチオ)エタン、4, 4'-ジアミノ-3, 3'-ジエチル-5, 5'-ジメチルジフェニルメタン、N, N'-ジ-sec-ブチル-4, 4'-ジアミノジフェニルメタン、4, 4'-ジアミノ-3, 3'-ジエチルジフェニルメタン、4, 4'-ジアミノ-3, 3'-ジエチル-5, 5'-ジメチルジフェニルメタン、4, 4'-ジアミノ-3, 3'-ジイソプロピル-5, 5'-ジメチルジフェニルメタン、4, 4'-ジアミノ-3, 3', 5, 5'-テトラエチルジフェニルメタン、4, 4'-ジアミノ-3, 3', 5, 5'-テトライソプロピルジフェニルメタン、m-キシリレンジアミン、N, N'-ジ-sec-ブチル-p-フェニレンジアミン、m-フェニレンジアミン、およびp-キシリレンジアミン等に例示されるポリアミン類を混合することもできる。

[0047] 上記熱硬化性エラストマーがシリコンエラストマーの場合、液状タイプであれば特に限定されないが、後述する偏在化工程の作業性の観点から2液性のシリコンエラストマーが好ましい。本発明に用いることができるシリコンエラストマーとして、東レ・ダウコーニング株式会社から商品名「DY35-1106」、「CY52-276」、「EG-3000」および「EG-3100」で市販されている2液性液状シリコンゴム、信越化学工業株式会社から商品名「KE-104Gel Cat-104」、「KE-1051(A/B)」、「KE-1052(A/B)」、「KE-110Gel Cat-110」で市販されている2液性液状シリコンゴムなどが挙げられる。

[0048] 更に、上記工程(i)で形成した混合液には、粘度調整のために、溶剤を含有してもよい。上記溶剤としては、特に限定されないが、トルエン、キシレン、テトラヒドロフラン、1, 4-ジオキサン、アセトン、メチルエチルケトン、酢酸エチル、酢酸ブチル、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-メチル-2-ピロリドンなどが挙げられる。

上記溶剤の混合液中の配合量は、エラストマー100質量部に対して、15～200質量部、好ましくは20～190質量部である。上記溶剤の配合量が15質量部より少ないと混合液が高粘度となりハンドリング性が悪化する可能性があり、200質量部を超えると硬化後のエラストマーから溶剤を揮発させるために大きなエネルギーが必要となる。

[0049] 更に、上記工程(i)で形成した混合液には、粘度調整のために、可塑剤を含有してもよい。上記可塑剤としては、特に限定されないが、フタル酸ジオクチル、フタル酸ジイソノニル、フタル酸ジイソデシル、フタル酸ジブチル、アジピン酸ジオクチル、アジピン酸ジイソノニル、トリメリット酸トリオクチル、リン酸トリクレシル、アセチルクエン酸トリブチル、エポキシ化大豆油、エポキシ化亜麻仁油などが挙げられる。上記可塑剤の混合液中の配合量は、エラストマー100質量部に対して15～200質量部、好ましくは20～190質量部である。上記可塑剤の配合量が、15質量部より少ないと混合液が高粘度となりハンドリング性が悪化する可能性があり、200質量部を超えるとエラストマーから可塑剤がブリードする可能性がある。

[0050] 上記工程(i)の混合を行う方法としては、液状樹脂とフィラーを混合することができる一般的な混合機を用いる方法が挙げられ、例えばホモジナイザー、ディゾルバー、2軸遊星型ミキサーなどが挙げられる。

[0051] 本発明の製造方法の上記工程(ii)において、上記混合液をシート状に成形する方法も特に限定されず、例えば、上記混合液を離型処理したモールド内に注入し硬化させるバッチ式成形方法、離型処理した面材上に混合液を連続的に供給し硬化させる連続成形方法を用いることができる。

[0052] 本発明の製造方法では、上記工程(iii)において、上記磁性フィラーを、熱硬化性エラストマー前駆液中で偏在させる工程を含むことを要件とする。上記偏在させる方法としては、磁性フィラーを添加した混合液をシート状に成形した後に、室温あるいは所定の温度、例えば-10～50℃で0.1～180分間静置することによって、磁性フィラーの自重で沈降して磁性フィラーを下面に偏在させる方法がある。また、偏在を物理的な力、例えば遠心

力あるいは磁力を用いて行ってもよい。上記磁力を用いる方法としては、磁束密度 $1 \sim 3000 \text{ mT}$ を有する磁場を印加する方法があり、上記磁束密度が 1 mT 未満では磁性フィラーに働く磁氣的引力が弱く磁性フィラーが動き難くなり偏在度が低下する。また、 3000 mT を超える磁力を印加することもできるが、これ以上の磁場を印加しても磁性フィラーの偏在度は向上しない。

[0053] 本発明の製造方法の上記工程 (iv) において、硬化条件としては、特に限定されず、 $60 \sim 200^\circ\text{C}$ で 10 分間～ 24 時間が好ましく、硬化温度が高すぎるとエラストマーが熱劣化してしまい機械的強度が悪化し、硬化温度が低すぎるとエラストマーの硬化不良が生じてしまう。また、硬化時間が長くなり過ぎるとエラストマーが熱劣化してしまい機械的強度が悪化し、硬化時間が短すぎるとエラストマーの硬化不良が生じてしまう。

[0054] 本発明の製造方法の上記工程 (v) において、磁性フィラーの着磁方法は特に限定されず、通常用いられる着磁装置、例えば電子磁気工業株式会社製の「ES-10100-15SH」、株式会社玉川製作所製の「TM-YS4E」などを用いて行うことができる。通常、磁束密度 $1 \sim 3 \text{ T}$ を有する磁場を印加する。磁性フィラーは、着磁後にエラストマー前駆液中に添加してもよいが、磁石の向きが図1および図2のように揃うことになり、磁力の検出が容易になることや、途中の工程での磁性フィラーの取り扱い作業性などの観点からエラストマー前駆液中に添加した後に着磁することが好ましい。

[0055] 本発明の触覚センサーは、図1に示されるように、本発明の製造方法の上記工程 (i) ～ (v) によって得られた磁性エラストマーと、磁気センサーとから構成される。本発明のセンサーとして、図2に示されるように、上記磁性エラストマーと複数個の上記磁気センサーとから成る曲げセンサーも本発明の範囲内である。

[0056] 磁気センサー2は、通常磁場の変化を検出するために用いられるセンサーであればよく、磁気抵抗素子（例えば、半導体化合物磁気抵抗素子、異方性磁気抵抗素子 (AMR)、巨大磁気抵抗素子 (GMR) またはトンネル磁気

抵抗素子（TMR））、ホール素子、インダクタ、MI素子、フラックスゲートセンサーなどを例示することができる。感度の点から、ホール素子が好ましく使用される。

実施例

[0057] 本発明を実施例により更に詳細に説明する。本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

[0058] (触覚センサー)

[実施例1]

反応容器に、旭硝子株式会社から商品名「プレミノール7001」で市販されているポリプロピレングリコール（数平均分子量6000）40質量部、および旭硝子株式会社から商品名「エクセノール3020」で市販されているポリプロピレングリコール（数平均分子量3000）60質量部を入れ、攪拌しながら減圧脱水を1時間行った。その後、反応容器内を窒素置換した。そして、反応容器にトリレンジイソシアネート（三井化学株式会社から商品名「コスモネートT-80」で市販のTDI-80、2,4-体/2,6-体=80/20の混合物）10質量部を添加して、反応容器内の温度を80℃に保持しながら5時間反応させてイソシアネート末端プレポリマーを合成した。

[0059] 次に、以下の表1に示すように、旭硝子株式会社から商品名「プレミノール7001」で市販されているポリプロピレングリコール（数平均分子量6000）33質量部、旭硝子株式会社から商品名「エクセノール1020」で市販されているポリプロピレングリコール（数平均分子量1000）8質量部、触媒としてオクチル酸鉛（東栄化工株式会社）0.06質量部、磁性フィラー（愛知製鋼株式会社から商品名「MF-15P」で市販されているネオジム系磁性体粉末；平均粒径133 μ m）100質量部、トルエン120質量部を予備混合し、減圧脱泡して、予備混合液を得た。同様に前記プレポリマー59質量部を80℃に加温しながら減圧脱泡した。続いて、上記予備混合液と上記プレポリマーをハイブリッドミキサー（株式会社キーエンス製

「HM-500」)にて混合および脱泡して、混合液を得た。この混合液を離型処理したモールド内に注型し、その上に離型処理したポリエチレンテレフタレートフィルムを被せ、ニップロールにて厚みを1mmに調整した。その後、磁性フィラー偏在処理として、常温にて120分間静置することで磁性フィラーを沈降させた。その後、上記モールドを80℃のオーブンに入れ、1時間硬化を行って、ウレタンエラストマーを得た。得られた該エラストマーシートを着磁装置(電子磁気工業株式会社製)にて1.3Tで着磁することによりウレタン磁性エラストマーを得た。

[0060] 上記ポリウレタンエラストマーを用いて、偏在度を下記の偏在度評価にしたがって測定した。また、磁気センサーとしてホール素子を用いて、触覚センサーの特性を下記の触覚センサー特性評価に従って行った。結果を表1に示す。偏在度については、偏在処理時間も表1に記載する。

[0061] [実施例2]

磁性フィラーとしてサマリウム系磁性体粉末(住友金属鉱山社製SmFeN合金微粉、平均粒径2.5 μ m)を用いる以外は実施例1と同様にウレタンエラストマーを得た。

[0062] 得られたウレタンエラストマーを用いて、実施例1と同様に、偏在度およびセンサー感度を測定した。結果を表1に示す。

[0063] [実施例3]

反応容器にシリコーン前駆体として2液性液状シリコーンゴムの主剤(「DY-1106A」:東レ・ダウコーニング社製)50質量部、磁性フィラー100質量部、トルエン60質量部を入れ攪拌し、室温にて60分間減圧脱泡して、予備混合液を得た。別のシリコーン前駆体として2液性液状シリコーンゴムの硬化剤(「DY-1106B」:東レ・ダウコーニング社製)50質量部にトルエン60質量部を入れ攪拌し60分間減圧脱泡を行い、前記予備混合液とハイブリッドミキサーにて混合および脱泡して、混合液を得た。この混合液を離型処理したモールド上に滴下し、その上に離型処理したポリエチレンテレフタレートフィルムを被せ、ニップロールにて厚みを1m

mに調整した。その後、磁性フィラー偏在処理として常温にて120分間静置する事で磁性フィラーを沈降させた。その後、モールドを120℃のオーブンに入れ、15分間硬化を行い、さらに200℃で4時間硬化を行うことでシリコンエラストマーを得た。

[0064] 得られたシリコンエラストマーシートを、着磁装置（電子磁気工業社製）にて1.3Tで着磁することによりシリコンエラストマーを得た。

[0065] 得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例1と同様に、偏在度およびセンサー感度を測定した。結果を表1に示す。

[0066] [実施例4]

実施例3と同様の原料を用いて、トルエン60質量部とし、磁性フィラー偏在処理として常温60分間静置する事で、磁性フィラー偏在度を変更したシリコンエラストマーを得た。

[0067] 得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例1と同様に、偏在度およびセンサー感度を測定した。結果を表1に示す。

[0068] [比較例1]

実施例3と同様の原料を用いて、磁性フィラー偏在処理としての静置は実施せず、磁性フィラー偏在度を低下させた。希釈剤は混合性を向上するために配合した。

[0069] 得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例1と同様に、偏在度およびセンサー感度を測定した。結果を表1に示す。

[0070] [比較例2]

ミラブルタイプ（熱加硫型）シリコンゴム「DY32-1000U」（東レ・ダウコーニング社製）100質量部、架橋剤「RC-4 50P FD」（東レ・ダウコーニング社製2,5-ビス(t-ブチルパーオキシ)-2,5-ジメチルヘキサン）0.8質量部、磁性フィラー100.8質量部をラボプラストミル（東洋精機製作所社製「4C150-01」）にて混練し、磁性フィラーを均一分散させた。

[0071] 170℃のプレス機にて10分間加硫した後、200℃のオーブンにて2

時間二次加硫する事で厚さ 1 mm のエラストマーシートを得た。得られた該エラストマーシートを 1.3 T で着磁することによりシリコンエラストマーを得た。この場合、得られたシリコンエラストマー内で磁性フィラーは均一分散していた。

[0072] 得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例 1 と同様に、偏在度およびセンサー感度を測定した。結果を表 1 に示す。

[0073] [実施例 5]

磁性フィラーの量を 5 質量部に変更する以外は実施例 3 と同様に処理して、シリコンエラストマーを得た。

[0074] 得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例 1 と同様に、偏在度およびセンサー感度を測定した。結果を表 1 に示す。

[0075] [実施例 6]

磁性フィラーの量を 350 質量部に変更する以外は実施例 3 と同様に処理して、シリコンエラストマーを得た。

[0076] 得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例 1 と同様に、偏在度およびセンサー感度を測定した。結果を表 1 に示す。

[0077]

[表1]

配合	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	比較例1	比較例2
イソシアネート末端アミノリマン ホリマンピレンリコル(フレミノール7001)	59	59						
ホリマンピレンリコル(イクセノール1020)	33	33						
ホリマンピレンリコル(イクセノール1020) 触媒(オクチル酸鉛)	8	8						
シリコンエラストマー前駆体(DY35-1106A)	0.06	0.06						
シリコンエラストマー前駆体(DY35-1106B)			50	50	50	50	50	
ミラピライシリコンゴム(DY32-1000U)			50	50	50	50	50	100
架橋剤(RC-4(50P)FD)								0.8
ネオジム系磁性ファイバー(MF15P)	100		100	100	5	350	100	100.8
サマリウム系磁性ファイバー(SmFeN合金微粉)		100						
トルエン	120	120	120	60	120	120	60	-
偏在処理時間(分)	120	120	120	60	60	60	0	-
偏在度	62.5	58.3	57.8	26.2	80.4	2.8	0.7	0.2
磁性感度	0.65	0.63	0.58	0.29	0.23	0.20	0.09	0.02

[0078] (曲げセンサー)

[実施例 7]

比較例 2 と同様にして、シリコンエラストマーを得た。上記シリコンエラストマーを用いて、偏在度を下記の偏在度評価にしたがって測定した。また、磁気センサーとしてホール素子を用いて、曲げセンサーの特性を下記の曲げセンサー特性評価に従って行った。結果を表 2 に示す。偏在度については、偏在処理時間も表 2 に記載する。尚、実施例 7 では混練による均一分散をしている為、偏在処理をしておらず、偏在処理時間は 0 である。

[0079] [実施例 8]

実施例 1 と同様にして、ポリウレンエラストマーを得た。得られたウレタンエラストマーを用いて、実施例 7 と同様に、偏在度および曲げセンサー特性評価を測定した。結果を表 2 に示す。また、各磁気センサー A、B および C の測定値から求めたセンサー出力和を図 4 にプロットした。

[0080] [実施例 9]

実施例 2 と同様にして、ウレタンエラストマーを得た。得られたウレタンエラストマーを用いて、実施例 7 と同様に、偏在度および曲げセンサー特性評価を測定した。結果を表 2 に示す。また、各磁気センサー A、B および C の測定値から求めたセンサー出力和を図 4 にプロットした。

[0081] [実施例 10]

実施例 3 と同様にして、シリコンエラストマーを得た。得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例 7 と同様に、偏在度および曲げセンサー特性評価を測定した。結果を表 2 に示す。また、各磁気センサー A、B および C の測定値から求めたセンサー出力和を図 4 にプロットした。

[0082] [実施例 11]

実施例 4 と同様にして、シリコンエラストマーを得た。得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例 7 と同様に、偏在度および曲げセンサー特性評価を測定した。結果を表 2 に示す。また、各磁気センサー A、B および C の測定値から求めたセンサー出力和を図 4 にプロットした。

[0083] [実施例 1 2]

実施例 5 と同様に処理して、シリコンエラストマーを得た。得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例 7 と同様に、偏在度および曲げセンサー特性評価を測定した。結果を表 2 に示す。また、各磁気センサー A、B および C の測定値から求めたセンサー出力和を図 4 にプロットした。

[0084] [実施例 1 3]

実施例 6 と同様にして、シリコンエラストマーを得た。得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例 7 と同様に、偏在度および曲げセンサー特性評価を測定した。結果を表 2 に示す。また、各磁気センサー A、B および C の測定値から求めたセンサー出力和を図 4 にプロットした。

[0085] [実施例 1 4]

比較例 1 と同様にして、シリコンエラストマーを得た。得られたシリコンエラストマーを用いて、実施例 7 と同様に、偏在度および曲げセンサー特性評価を測定した。結果を表 2 に示す。また、各磁気センサー A、B および C の測定値から求めたセンサー出力和を図 4 にプロットした。

[0086] [比較例 3]

比較例 2 と同様にして、シリコンエラストマーを得た。得られたシリコンエラストマーを用いて、曲げセンサー特性評価を行った。ここで、図 3 中の 1 0 (磁気センサー A) のみに磁気センサーを設置し、1 1 (磁気センサー B) と 1 2 (磁気センサー C) には磁気センサーを設置しなかった。

[0087]

[表2]

配合	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	実施例13	実施例14	比較例3
ミツビシ・シリコン・A (DY32-1000U)	100								100
架橋剤 (RC-4 (50P) FD)	0.8								0.8
イソシアネート末端7-ホキシマ		59	59						
ホリプロビレンガリコル (アレミノール7001)		33	33						
ホリプロビレンガリコル (エチノール1020)		8	8						
触媒 (オクテニル酸鉛)		0.06	0.06						
シリコンエラストマー前駆体 (DY35-1106A)				50	50	50	50	50	
シリコンエラストマー前駆体 (DY35-1106B)				50	50	50	50	50	
磁性粉末系磁性ファイバー (MF15P)	100.8	100	100	100	100	5	350	100	100.8
磁性粉末系磁性ファイバー (SmFeN合金微粉)									
トリス	-	120	120	120	60	120	120	60	-
偏在処理時間 (分)	-	120	120	120	60	60	60	0	-
偏在度	0.2	62.5	58.3	57.8	26.2	80.4	2.8	0.7	0.2
センサ感度A	0.98	15.10	13.08	14.60	12.94	6.34	7.34	1.28	0.98
センサ感度B	0.89	8.59	6.88	7.99	6.31	3.81	4.31	0.99	-
センサ感度C	0.71	4.18	3.34	3.68	3.48	2.10	2.40	0.81	-
センサ出力和	2.58	27.87	23.30	26.27	22.73	12.24	14.04	3.07	0.98

[0088] (触覚センサーおよび曲げセンサー)

[実施例 15]

実施例 1 と同様にして、ウレタン磁性エラストマーを得た。尚、以下の表 3 に示す磁性エラストマー配合の混合物の粘度は 1000 mPa・s であった。

[0089] [実施例 16]

実施例 3 と同様にして、シリコン磁性エラストマーを得た。尚、以下の表 3 に示す磁性エラストマー配合の混合物の粘度は 1200 mPa・s であった。

[0090] [実施例 17]

実施例 16 と同様の原料を用いて、トルエンを各 60 質量部の合計 120 質量部から各 30 質量部の合計 60 質量部とし、混合液粘度を 42,000 mPa・s に調整した。

[0091] [実施例 18]

実施例 16 と同様の原料を用いて、磁性フィラー偏在処理として、常温にて 5 mT の磁場中（ネオジウム磁石使用）で 120 分間処理した。

[0092] [比較例 4]

実施例 16 と同様の原料を用いて、トルエンを各 5 質量部の合計 10 質量部とし、混合液粘度を 60,000 mPa・s に調整した。

[0093] [比較例 5]

比較例 2 と同様にして、シリコン磁性エラストマーシートを得た。

[0094]

[表3]

磁性エラストマー配合	実施例				比較例	
	15	16	17	18	4	5
イソシアネート末端プレポリマー (注1)	59	—	—	—	—	—
プレミノール7001 (注2)	33	—	—	—	—	—
エクセノール1020 (注3)	8	—	—	—	—	—
オクチル酸鉛 (注4)	0.06	—	—	—	—	—
DY35-1106A (注5)	—	50	50	50	50	—
DY35-1106B (注6)	—	50	50	50	50	—
DY32-1000U (注7)	—	—	—	—	—	100
RC-4 50P FD (注8)	—	—	—	—	—	0.8
MF15P (注9)	100	100	100	100	100	100.8
トルエン	120	120	60	120	10	—

[0095] (注1) 「プレミノール7001」40質量部、「エクセノール3020」60質量部および「コスモネートT-80」10質量部から、実施例1に記載のように合成したイソシアネート末端プレポリマー

(注2) 旭硝子株式会社から商品名「プレミノール7001」で市販されているポリプロピレングリコール（数平均分子量6000）

(注3) 旭硝子株式会社から商品名「エクセノール1020」で市販されているポリプロピレングリコール（数平均分子量1000）

(注4) 東栄化工株式会社製のオクチル酸鉛

(注5) 東レ・ダウコーニング株式会社から商品名「DY35-1106」で市販されている2液性液状シリコンゴムの主剤

(注6) 東レ・ダウコーニング株式会社から商品名「DY35-1106」で市販されている2液性液状シリコンゴムの硬化剤

(注7) 東レ・ダウコーニング株式会社から商品名「DY32-1000U」で市販されているミラブルタイプ（熱加硫型）シリコンゴム

(注8) 東レ・ダウコーニング株式会社から商品名「RC-4 50P FD」で市販されている2, 5-ビス(t-ブチルパーオキシ)-2, 5-ジメチ

ルヘキサン（架橋剤）

（注9）愛知製鋼株式会社から商品名「MF-15P」で市販されている平均粒径 $133\mu\text{m}$ のネオジム系磁性体粉末（磁性フィラー）

[0096] 得られた磁性エラストマーについて、実施例15と同様に、磁性フィラーの磁性エラストマー中での偏在度およびセンサー感度を測定した。その結果を、磁性フィラーと熱硬化性エラストマー前駆液との混合液の粘度と共に表4に示す。それぞれの試験方法は以下の通りとした。

[0097] （試験方法）

（1）粘度測定

JIS K-7117-1に準拠して測定した。

[0098] （2）偏在度評価

作製した磁性エラストマーをカミソリ刃で切り出し、サンプル断面をデジタルマイクロスコープにて100倍で観察した。得られた画像を、画像解析ソフト（三谷商事株式会社製「WinROOF」）を用いて、磁性エラストマーの厚み方向に3等分し上段層、中段層、下段層の磁性フィラーの粒子数をカウントした。各層の粒子数と、中段層の粒子数との比率を求めることで、各層の磁性フィラー存在率を求めた。さらに、 $[(\text{上段層の磁性フィラー存在率}) - (\text{下段層の磁性フィラー存在率})]$ を求めることにより偏在度とした。ここで、上段層とは、図1の触覚センサーにおける接触面側の層であり、図2の曲げセンサーにおける上面側の層である。

[0099] （3）触覚センサー特性評価

基板に磁気センサーとしてホール素子（旭化成エレクトロニクス株式会社から商品名「EQ-430L」で市販のホール素子と増幅回路を1パッケージ化したリニアホールIC）を設置し、基板の磁気センサーと反対の面に磁性エラストマーを、図1のように設置する。このとき、前記磁性エラストマーは磁性フィラーが偏在している面を、圧力を印加される接触面になるように設置する。圧縮試験機（株式会社島津製作所製オートグラフ）を用いて圧力 30kPa を印加した時の、ホール素子の出力電圧を読み取り、出力電圧

変化率 (ΔV_{out}) の値をセンサー感度として、触覚センサー特性の評価とした。

[0100] (4) 曲げセンサー特性評価

基板に磁気センサーとしてホール素子（旭化成エレクトロニクス社製EQ-430L）を図3のように3個エラストマー上に設置する。図3において、10が磁気センサーAで、11が磁気センサーBで、12が磁気センサーCであり、エラストマー13の端部14を矢印15の方向に上げていき、矢印の各角度16で磁気センサーの出力電圧を読み取ることで曲げセンサーの特性を得た。また、表1には、センサー感度の評価として、曲げ角度90°の時の各ホール素子の出力変化率の値の和を出力和 (ΔV_{out}) として指標としたものを記載した。この90°の時のセンサーの出力和の値が高いほどセンサー感度が良好であると考えられる。磁気センサーの各角度での出力和をグラフ化して図4に表した。

[0101] (試験結果)

(1) 触覚センサー

表1から明らかであるが、偏在度が実施例1～6のように高い場合、センサー感度も高いことが解る。一方、比較例1および2のように、偏在度が1以下の場合にはセンサー感度が悪くなることが解る。

[0102] (2) 曲げセンサー

表2から明らかであるが、実施例7～14のように磁気センサーが3個設置してある時の出力和が高く曲げセンサー特性は良好である。さらに、偏在度が高い場合、曲げセンサー特性は良好となる。一方、比較例3のように、磁気センサーを1個のみ設置した場合には曲げセンサー特性は悪化することが解る。

[0103] (3) 触覚センサーおよび曲げセンサー

[表4]

試験項目	実施例				比較例	
	15	16	17	18	4	5
粘度 (m P a · s)	1000	1200	42000	1200	60000	—
偏在度	62.5	57.8	1.5	80.7	0.6	0.2
触覚センサー感度	0.65	0.58	0.20	0.70	0.05	0.02
曲げセンサー感度	27.87	26.27	6.80	30.82	3.05	2.58

[0104] 表4の結果から明らかなように、実施例15～18の本発明の製造方法により得られた触覚センサーおよび曲げセンサーは、比較例4～5の触覚センサーおよび曲げセンサーと比較すると、磁性フィラーの磁性エラストマー中での偏在度が非常に大きくて、センサー感度が非常に高いものであることがわかる。上記のように、比較例に比べて触覚センサーおよび曲げセンサーとしての性能が優れる実施例の中でも、磁力を用いた磁性フィラー偏在処理を行った実施例18は、特に磁性フィラーの磁性エラストマー中での偏在度が非常に大きくて、センサー感度が非常に高いものであることがわかる。

[0105] これに対して、比較例4の触覚センサーおよび曲げセンサーは、製造時の磁性フィラーと熱硬化性エラストマー前駆液との混合液の粘度が非常に高いため、磁性フィラーの磁性エラストマー中での偏在が困難となり偏在度が非常に小さくなったため、センサー感度が非常に低いものとなった。

[0106] 比較例5の触覚センサーおよび曲げセンサーは、混練により磁性フィラーが磁性エラストマー中に均一分散されているため、磁性フィラーの磁性エラストマー中での偏在度が非常に小さくて、センサー感度が非常に低いものとなった。

符号の説明

- [0107] 1 … エラストマー
 2 … 磁気センサー
 3 … 磁性フィラー

- 4 … 基板
- 5 … 圧力
- 10 … 磁気センサーA
- 11 … 磁気センサーB
- 12 … 磁気センサーC
- 13 … エラストマー
- 14 … エラストマーの端部
- 15 … エラストマーの端部を上げる方向
- 16 … エラストマーの端部を上げる角度

請求の範囲

- [請求項1] 磁性フィラーを含むエラストマーと、
前記エラストマーの触覚による変形に起因する磁気変化を検出する磁気センサーと、
から構成され、前記磁性フィラーがエラストマー中で偏在しており、その偏在度が1～100であることを特徴とする触覚センサー。
- [請求項2] 前記磁性フィラーがエラストマーの片面側に偏在していて、その偏在面を接触面とする請求項1記載の触覚センサー。
- [請求項3] 前記磁性フィラーが希土類系、Fe系、Co系、Ni系、酸化物系であり、平均粒径が0.02～500 μ mである請求項1または2に記載の触覚センサー。
- [請求項4] 前記磁性フィラーがエラストマー100質量部に対して1～450質量部の量で添加される請求項1～3のいずれか1項に記載の触覚センサー。
- [請求項5] 前記エラストマーがポリウレタンエラストマーまたはシリコンエラストマーである請求項1～4のいずれか1項に記載の触覚センサー。
- [請求項6] 磁性フィラーを含むエラストマーと、
前記エラストマーが曲げ変形することで生じた磁気変化を検出する複数個の磁気センサーと、
から構成されることを特徴とする曲げセンサー。
- [請求項7] 前記磁性フィラーがエラストマー中で偏在しており、その偏在度が1～100である請求項6記載の曲げセンサー。
- [請求項8] 前記磁性フィラーがエラストマーの片面側に偏在していて、その偏在面と反対側に複数の磁気センサーを配置する請求項7記載の曲げセンサー。
- [請求項9] 前記磁性フィラーが希土類系、Fe系、Co系、Ni系、酸化物系であり、平均粒径が0.02～500 μ mである請求項8記載の曲げ

センサー。

[請求項10] 前記磁性フィラーがエラストマー100質量部に対して1～450質量部の量で添加される請求項6～9のいずれか1項に記載の曲げセンサー。

[請求項11] 前記エラストマーがポリウレタンエラストマーまたはシリコンエラストマーである請求項6～10のいずれか1項に記載の曲げセンサー。

[請求項12] 磁性フィラーを含む磁性エラストマーと、磁気センサーとから構成される、センサーの製造方法であって、

(i) 磁性フィラーと、熱硬化性エラストマー前駆液とを混合して混合液を形成する工程、

(ii) 該混合液をシート状に成形する工程、

(iii) 該磁性フィラーを、該熱硬化性エラストマー前駆液中で偏在させる工程、

(iv) 該熱硬化性エラストマー前駆液を加熱して硬化し、シート状エラストマーを形成する工程、および

(v) 該磁性フィラーを着磁して磁性エラストマーを形成する工程を含み、

該工程(i)で形成した混合液が粘度100～50,000 mPa・sを有し、該工程(iii)で偏在させた磁性フィラーの磁性エラストマー中での偏在度が1～100であることを特徴とする、センサーの製造方法。

[請求項13] 前記工程(iii)の磁性フィラーを偏在させる工程が、磁束密度1～3000 mTの磁場を印加することによって行われる請求項12記載の製造方法。

[請求項14] 前記磁性フィラーが片面側に偏在していて、その偏在面と反対側に磁気センサーを配置する請求項12または13に記載の製造方法。

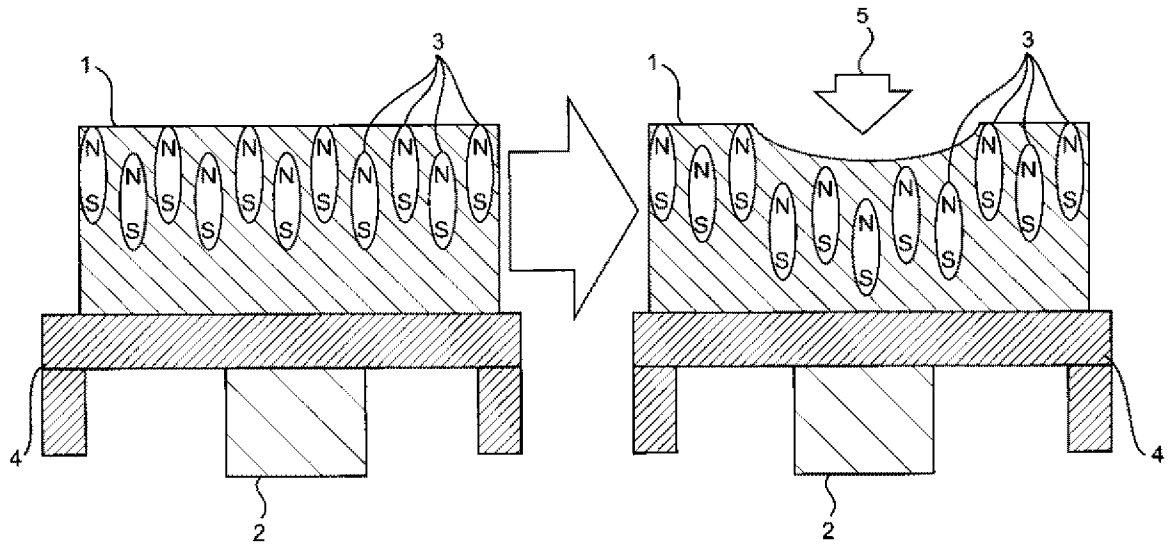
[請求項15] 前記磁性フィラーが希土類系、Fe系、Co系、Ni系、酸化物系

であり、平均粒径が $0.02 \sim 500 \mu\text{m}$ である請求項12～14のいずれか1項に記載の製造方法。

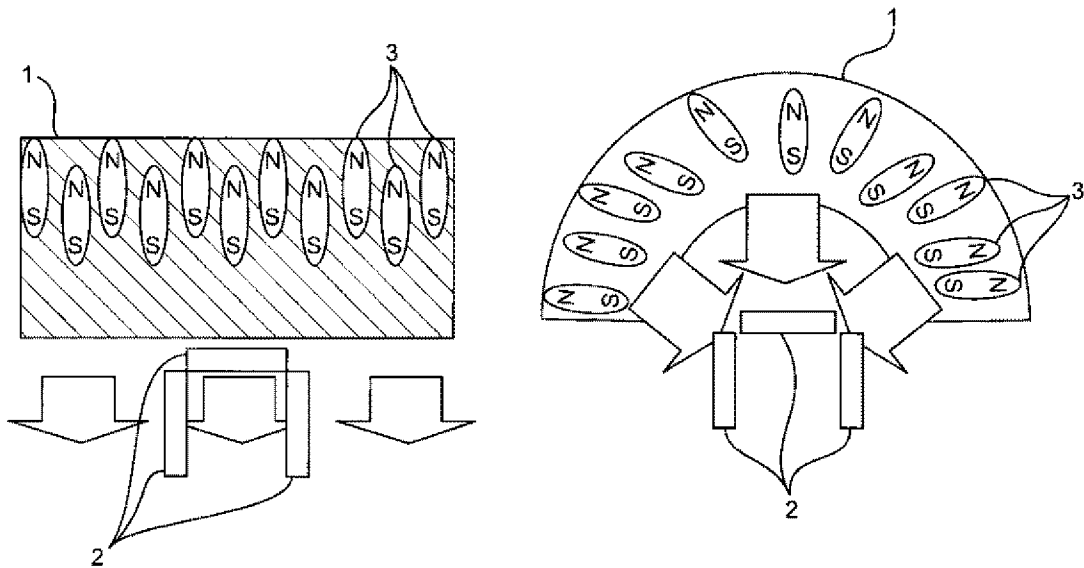
[請求項16] 前記磁性フィラーがエラストマー100質量部に対して1～450質量部の量で添加される請求項12～15のいずれか1項に記載の製造方法。

[請求項17] 前記エラストマーがポリウレタンエラストマーまたはシリコンエラストマーである請求項12～16のいずれか1項に記載の製造方法。
。

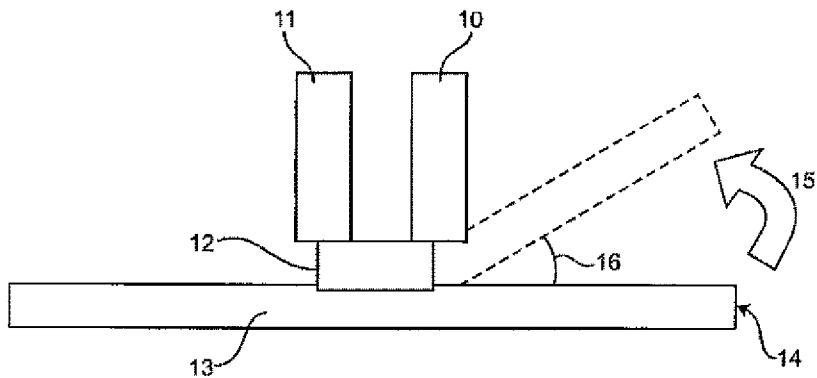
[図1]



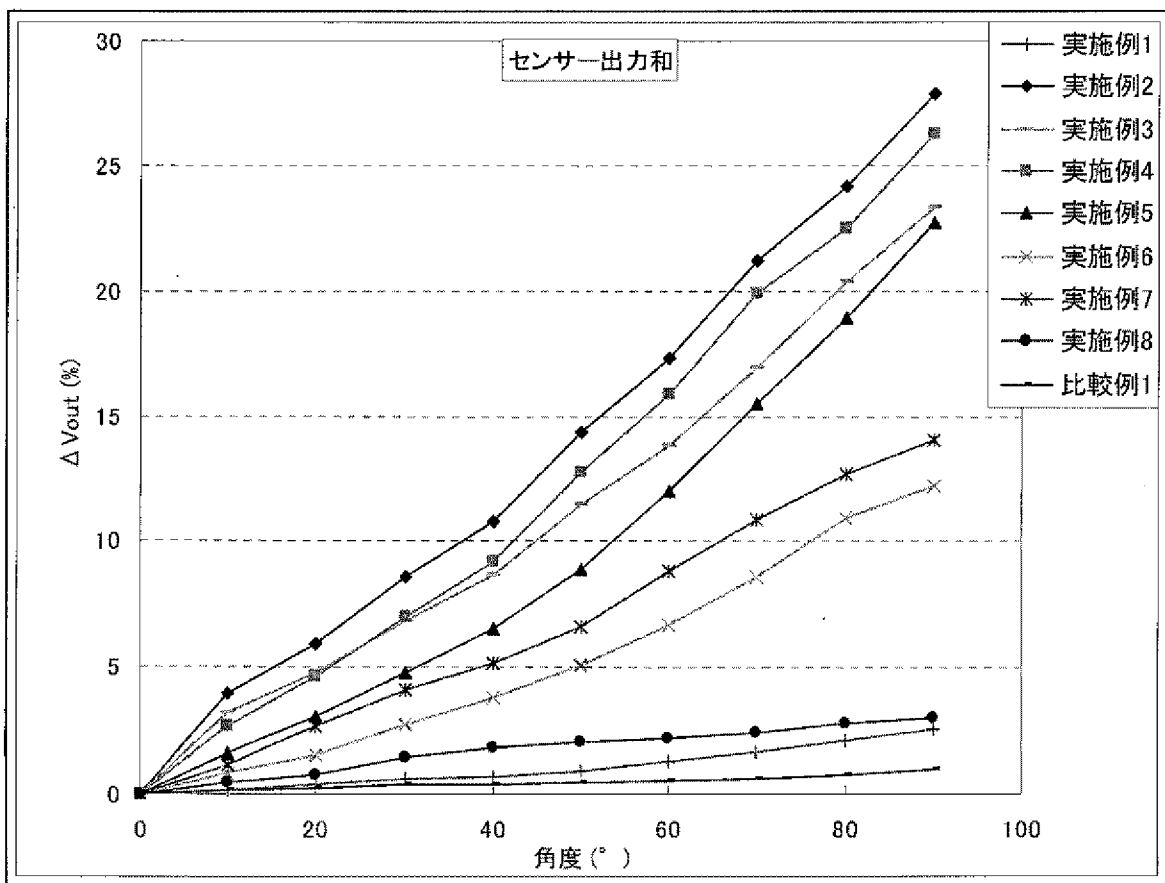
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/078020

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L1/12(2006.01)i, G01B7/28(2006.01)i, G01L1/04(2006.01)i, G01L5/00(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)

G01L1/12, G01B7/28, G01L1/04, G01L5/00

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
Y A	JP 2008-039659 A (Sony Corp.), 21 February 2008 (21.02.2008), paragraphs [0001] to [0083]; fig. 1 to 6 & US 2008/0036456 A1	6, 10, 11 1-5, 7-9, 12-17
Y	JP 2008-102090 A (Tokai Rubber Industries, Ltd.), 01 May 2008 (01.05.2008), paragraphs [0001], [0060] to [0062]; fig. 1 to 5 (Family: none)	6, 10, 11
Y	JP 59-000039 A (University of Strascllyde), 05 January 1984 (05.01.1984), entire text; all drawings & EP 93545 A2	10, 11

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
05 November, 2013 (05.11.13)

Date of mailing of the international search report
19 November, 2013 (19.11.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/078020

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 2005-292070 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 20 October 2005 (20.10.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 2002-148004 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 22 May 2002 (22.05.2002), paragraph [0048]; fig. 12 (Family: none)	1, 2, 7, 8, 12-14
A	JP 10-290094 A (Nippon Paint Co., Ltd.), 27 October 1998 (27.10.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1, 2, 7, 8, 12-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G01L1/12(2006.01)i, G01B7/28(2006.01)i, G01L1/04(2006.01)i, G01L5/00(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（IPC））
 Int.Cl. G01L1/12, G01B7/28, G01L1/04, G01L5/00

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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2013年
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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
Y A	JP 2008-039659 A（ソニー株式会社） 2008.02.21, 段落【0001】 - 【0083】, 図1-図6 & US 2008/0036456 A1	6, 10, 11 1-5, 7-9, 12-17
Y	JP 2008-102090 A（東海ゴム工業株式会社） 2008.05.01, 段落【0001】, 【0060】 - 【0062】, 図1-図5 (ファミリーなし)	6, 10, 11

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	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 05.11.2013	国際調査報告の発送日 19.11.2013
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 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） 公文代 康祐 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2 F 4 7 4 1

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
Y	JP 59-000039 A (ユニバーシテイ・オブ・ストラスクライド) 1984.01.05, 全文, 全図 & EP 93545 A2	10, 11
A	JP 2005-292070 A (住友電気工業株式会社) 2005.10.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2002-148004 A (富士ゼロックス株式会社) 2002.05.22, 段落【0048】, 図12 (ファミリーなし)	1, 2, 7, 8, 12-14
A	JP 10-290094 A (日本ペイント株式会社) 1998.10.27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2, 7, 8, 12-14