

(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
2018年5月17日(17.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/087985 A1

(51) 国際特許分類:
G01L 19/14 (2006.01) *H01L 29/84* (2006.01)
B29C 65/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/030413

(22) 国際出願日: 2017年8月24日(24.08.2017)

(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 2016-220674 2016年11月11日(11.11.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP). 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 森 穂高 (MORI Hodaka); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 山川 裕之 (YAMAKAWA Hiroyuki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 今井 博和 (IMAI Hirokazu); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー

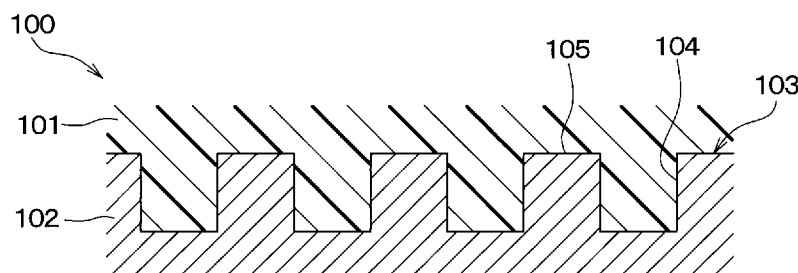
内 Aichi (JP). 吉田 典史 (YOSHIDA Norihito); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 泉 龍介 (IZUMI Ryosuke); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 石川 素美 (ISHIKAWA Motomi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 松林 伸幸 (MATUBAYASI Nobuyuki); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人ゆうあい特許事務所 (YOU-I PATENT FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目6番5号 名古屋錦シティビル4階 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, 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, 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, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: RESIN-METAL BONDED BODY AND PRESSURE SENSOR

(54) 発明の名称: 樹脂金属接合体及び圧力センサ



(57) Abstract: This resin-metal bonded body (100) is provided with a metallic surface (103) having, formed thereon, nano recesses (104) having an opening width L in the submicron or nano order of magnitude and a synthetic resin member (101) that is formed from a synthetic resin material having a radius of gyration R_g satisfying the condition $2R_g/L \leq 1/2$. The synthetic resin member is bonded to the metallic surface.

(57) 要約: 樹脂金属接合体 (100) は、サブミクロンオーダー又はナノオーダーの開口幅 L を有するナノ凹部 (104) が形成された金属表面 (103) と、慣性半径 R_g が $2R_g/L \leq 1/2$ を満たす合成樹脂材料によって形成された合成樹脂部材 (101) とを備える。合成樹脂部材は、金属表面に接合されている。



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, 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))

明 細 書

発明の名称：樹脂金属接合体及び圧力センサ

関連出願への相互参照

[0001] 本出願は、2016年11月11日に出願された日本特許出願番号2016-220674号に基づくもので、ここにその記載内容が参照により組み入れられる。

技術分野

[0002] 本開示は、樹脂金属接合体、及びこれを備えた圧力センサに関する。

背景技術

[0003] 特許第5237303号公報に開示された樹脂金属接合体において、金属表面は、ミクロンオーダーの凹凸面を有している。また、この凹凸面には、10～500nm周期の微細凹凸面が形成されている。これにより、金属表面と合成樹脂との強固な接合が得られる。

発明の概要

[0004] 特許文献1にも記載の通り、上記の微細凹凸面における凹部（以下「ナノ凹部」と称する）には、合成樹脂部材を構成する合成樹脂材料が侵入し難い。但し、多数のナノ凹部のうちの一部には、合成樹脂材料が、或る程度は侵入し得る。これにより、良好な接合強度が得られる。

[0005] しかしながら、特許文献1に開示された技術においては、金属表面と合成樹脂部材との接合部に、ボイドが発生する。このボイドは、ナノ凹部への合成樹脂材料の不侵入又は不完全侵入によって形成される。かかるボイドが多数形成されると、接合部における気密性又は液密性が低下する。更に、この種の樹脂金属接合体は、流体の圧力に対応した電気出力を発生する圧力センサにて、測定対象流体又は圧力伝達流体に面するように配置される場合があり得る。この場合、接合部における気密性又は液密性の低下により、接合部への流体の侵入、あるいはセンサ外部への流体の漏出、等の不具合が生じ得る。

- [0006] 本開示の1つの観点によれば、樹脂金属接合体は、サブミクロンオーダー又はナノオーダーの開口幅 L を有するナノ凹部が形成された金属表面と、樹脂の慣性半径 R_g が $2R_g/L \leq 1/2$ を満たす合成樹脂材料によって形成された合成樹脂部材であって、前記金属表面に接合された合成樹脂部材と、を備えている。
- [0007] かかる構成によれば、前記樹脂金属接合体を形成する工程において、前記合成樹脂部材を構成する合成樹脂材料は、前記ナノ凹部の内部に良好に侵入する。したがって、かかる構成によれば、前記金属表面と前記合成樹脂部材とを強固に接合しつつ、前記金属表面と前記合成樹脂部材との接合部における気密性又は液密性を向上することが可能となる。
- [0008] 本開示の他の1つの観点によれば、圧力センサは、流体の圧力に対応した電気出力を発生するように構成されている。この圧力センサは、前記流体に面するように配置されるように設けられた前記樹脂金属接合体を備えている。
- [0009] 上記構成を有する前記圧力センサにおいては、前記樹脂金属接合体における前記接合部にて、気密性又は液密性が良好となっている。故に、前記樹脂金属接合体が前記流体に面していても、前記接合部への前記流体の侵入、あるいは前記接合部を介しての前記流体の漏出が、良好に抑制され得る。
- [0010] なお、請求の範囲欄における各手段に付された括弧付きの参照符号は、同手段と後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係の一例を示すものである。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]実施形態に係る圧力センサの概略構成を示す断面図である。
- [図2]実施形態に係る樹脂金属接合体の概略構成を示す拡大断面図である。
- [図3]図2に示された金属表面の拡大断面図である。
- [図4]分子動力学シミュレーション結果を示す図である。
- [図5]分子動力学シミュレーション結果を示す図である。
- [図6]分子動力学シミュレーション結果を示す図である。

[図7]一変形例に係る樹脂金属接合体の概略構成を示す拡大断面図である。

[図8]他の変形例に係る樹脂金属接合体の概略構成を示す拡大断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、実施形態を、図面に基づいて説明する。なお、実施形態に対して適用可能な各種の変更については、変形例として、一連の実施形態の説明の後に、まとめて説明する。

[0013] (圧力センサの構成)

図1を参照すると、本実施形態に係る圧力センサ1は、車両に搭載される流体圧センサであって、車両内の流体圧力（例えば、燃料圧力、ブレーキ液圧、等。）に対応した電気信号（例えば電圧）を出力するように構成されている。具体的には、圧力センサ1は、ハウジング2と、コネクタケース3と、センシング部4とを備えている。

[0014] 以下、図1における上方向を「導入方向」と称し、図1における下方向を「装着方向」と称する。導入方向は、圧力センサ1の内部に、圧力測定対象である流体（例えば、燃料、ブレーキ液、等。）が導入される方向である。圧力測定対象である流体を、以下「測定対象流体」と称することがある。装着方向は、圧力センサ1を、測定対象流体が存在する配管等に装着する方向である。また、図1に示された構成において、装着方向の視線で対象物を見ることを「平面視」と称し、導入方向の視線で対象物を見ることを「底面視」と称する。

[0015] ハウジング2は、導入方向と平行な中心軸を有する金属製の筒状部材であって、素子収容部21と、フランジ部22と、圧着部23と、流体導入部24とを備えている。素子収容部21と、フランジ部22と、圧着部23と、流体導入部24とは、継ぎ目なく一体に形成されている。ハウジング2の中心軸は、圧力センサ1の中心軸とも把握され得る。よって、圧力センサ1及びハウジング2の中心軸を、以下「センサ中心軸」と称する。

[0016] 素子収容部21は、筒状に形成されていて、装着方向側の端部がフランジ部22に接続されている。即ち、素子収容部21は、フランジ部22の外縁

部から導入方向に向かって突設されている。フランジ部 2 2 は、センサ中心軸と直交するように配置された板状の部分であって、筒状の素子収容部 2 1 における装着方向側の端部を閉塞するように設けられている。

[0017] 圧着部 2 3 は、薄肉状の部分であって、素子収容部 2 1 から更に導入方向に向かって突設されている。圧着部 2 3 は、センサ中心軸側に向かって屈曲されることで、素子収容部 2 1 の内側の空間に収容されたコネクタケース 3 の端部に圧着されるようになっている。

[0018] 流体導入部 2 4 は、外周にネジ山が形成された円筒状の部分であって、フランジ部 2 2 の平面視における中央部から装着方向に向かって突設されている。流体導入部 2 4 には、センサ中心軸に沿って、貫通孔である導入孔 2 5 が形成されている。導入孔 2 5 における導入方向側の端部は、フランジ部 2 2 に設けられた導入凹部 2 6 にて開口している。導入凹部 2 6 は、導入方向に向かって開口するように形成されている。導入凹部 2 6 の内側の空間である測定空間 2 7 は、導入孔 2 5 に接続されている。即ち、測定空間 2 7 は、導入孔 2 5 を介して、測定対象流体を導入可能に設けられている。

[0019] フランジ部 2 2 における導入方向側の端面である支持面 2 8 は、素子収容部 2 1 の内側の空間に面するように設けられている。支持面 2 8 は、導入方向と直交する平滑な表面であって、平面視にて導入凹部 2 6 の外側に設けられている。

[0020] コネクタケース 3 は、ターミナル部材 3 1 とモールド樹脂部 3 2 とを有している。ターミナル部材 3 1 は、金属製の棒状部材であって、長手方向が導入方向と平行となるように配置されている。本実施形態においては、コネクタケース 3 には、複数のターミナル部材 3 1 が備えられている。

[0021] コネクタケース 3 は、インサート成形等によりターミナル部材 3 1 の周囲をモールド樹脂部 3 2 で覆うことによって形成されている。モールド樹脂部 3 2 における導入方向側の端部であるコネクタ装着部 3 3 は、導入方向に向かって開口する有底筒状に形成されている。即ち、コネクタ装着部 3 3 には、装着穴 3 4 が設けられている。装着穴 3 4 は、ターミナル部材 3 1 におけ

る導入方向側の端部をモールド樹脂部 32 の外部に露出するように形成されている。

[0022] コネクタケース 3 における装着方向側の端面であるシール面 35 は、装着方向と直交する平滑な表面であって、ハウジング 2 における支持面 28 と対向するように形成されている。シール面 35 には、底面視にてリング状のシール溝 36 が、センサ中心軸を囲むように設けられている。シール溝 36 は、Ｏリング等のシール部材 37 を装着可能に形成されている。

[0023] 底面視における、シール溝 36 よりも内側（即ちセンサ中心軸側）には、収容凹部 38 が形成されている。収容凹部 38 は、装着方向に向かって開口する凹部であって、測定空間 27 と対向するように設けられている。収容凹部 38 は、ターミナル部材 31 における装着方向側の端部をモールド樹脂部 32 の外部に露出するように形成されている。即ち、ターミナル部材 31 における装着方向側の端部は、収容凹部 38 の内壁面であるターミナル露出面 39 から、装着方向に向かって突設されている。ターミナル露出面 39 は、収容凹部 38 における導入方向側の端部を規定する壁面であって、導入凹部 26 と対向するように設けられている。

[0024] センシング部 4 は、測定空間 27 内に導入された測定対象流体の圧力に対応した電気出力を発生する部分であって、収容凹部 38 内に収容されている。センシング部 4 は、リードフレーム 41 と、センサ素子 42 と、モールドケース 43 とを有している。

[0025] リードフレーム 41 は、銅等の良導体金属製の板状部材であって、導入方向と交差する方向に延設されている。リードフレーム 41 の平面視における略中央部には、センサ素子 42 が実装されている。センサ素子 42 は、図示しないダイアフラムと、このダイアフラム上に形成された図示しないゲージ抵抗とを有している。センサ素子 42 は、ワイヤボンディング等によって、リードフレーム 41 と電氣的に接続されている。モールドケース 43 は、リードフレーム 41 の外縁部を外部に露出しつつ、センサ素子 42 を被覆するように設けられている。リードフレーム 41 の、モールドケース 43 から露

出する上記の外縁部は、ターミナル部材 31 における装着方向側の端部と接合されることで、ターミナル部材 31 と電氣的に接続されている。

[0026] 圧力センサ 1 は、測定対象流体が存在する配管等に対して装着可能に構成されている。即ち、圧力センサ 1 は、上記の配管等に装着された場合に、導入孔 25 を介して測定空間 27 内に測定対象流体を導入して、測定空間 27 内の測定対象流体の圧力に対応する電気信号を出力するように構成されている。

[0027] (樹脂金属接合体の構成)

図 2 を参照すると、樹脂金属接合体 100 は、合成樹脂部材 101 と金属部 102 との接合体として形成されている。即ち、合成樹脂部材 101 は、金属部 102 の一表面である金属表面 103 に接合されている。

[0028] 金属部 102 は、例えば、図 1 における、ターミナル部材 31 又はリードフレーム 41 等の金属部材である。即ち、樹脂金属接合体 100 は、図 1 における、ターミナル部材 31 とモールド樹脂部 32 との接合体であるコネクタケース 3 に対応し得る。あるいは、樹脂金属接合体 100 は、図 1 における、リードフレーム 41 とモールドケース 43 との接合体であるセンシング部 4 に対応し得る。

[0029] 以下、図 2 及び図 3 を参照しつつ、本実施形態に係る樹脂金属接合体 100 の構成の詳細について説明する。図 2 に示されているように、金属表面 103 には、サブミクロンオーダー又はナノオーダー（例えば 2～500 nm 程度）の開口幅及び深さを有するナノ凹部 104 が形成されている。ナノ凹部 104 の周囲には、平坦部 105 が形成されている。

[0030] 本実施形態においては、ナノ凹部 104 は、金属表面 103 に形成された溝又は穴であって、開口幅 L と深さ D との関係が $D/L \geq 1$ となるように形成されている。即ち、ナノ凹部 104 は、断面視にて略 V 字状又は略 U 字状の、比較的深い（即ちアスペクト比が比較的高い）凹部として形成されている。

[0031] 樹脂金属接合体 100 は、合成樹脂部材 101 を構成する合成樹脂材料の

慣性半径を R_g とした場合に、 $2 R_g / L \leq 1 / 2$ を満たすように構成されている。図 3 に示されている合成樹脂分子 M は、合成樹脂部材 101 を構成する合成樹脂材料の一分子に対応する。また、図 3 には、合成樹脂分子 M に対応する慣性半径 R_g が概略的に示されている。

[0032] (定義)

ナノ凹部 104 の深さ D 及び開口幅 L は、以下のようにして定義することが可能である。ナノ凹部 104 が形成される前の仮想的な金属表面 103 の、断面視における外形線を、図 3 にて「仮想外形線 V」として示す。図 3 における、仮想外形線 V と直交する上下方向は、上記の仮想的な金属表面 103 におけるナノ凹部 104 に隣接する部分の法線方向に相当する。この方向を以下「深さ方向」と称する。この場合、ナノ凹部 104 の深さ D は、深さ方向における、仮想外形線 V とナノ凹部 104 の底部との距離となる。

[0033] 上記の仮想的な金属表面 103 に沿った方向を、以下「面内方向」と称する。面内方向は、図 2 及び図 3 における左右方向に相当する。面内方向は深さ方向と直交する。ナノ凹部 104 の開口幅 L は、ナノ凹部 104 の面内方向における最小寸法となる。即ち、例えば、ナノ凹部 104 の平面形状（即ち深さ方向に見た場合の形状）が楕円形である場合、開口幅 L は短径（即ち最も短い直径）となる。また、ナノ凹部 104 の平面形状が多角形状である場合、開口幅 L は内接円直径となる。

[0034] ナノ凹部 104 の開口幅が深さ方向について一定ではない場合は、上記の関係式における開口幅 L は、ナノ凹部 104 の開口幅の、深さ方向についての分布における最小値となる。即ち、ナノ凹部 104 が、深さ方向に向かうにしたがって開口幅が狭くなる、断面視にて略 V 字状の場合、上記の関係式における開口幅 L は、ナノ凹部 104 の最深部の平面形状に基づいて決定される。

[0035] (製造方法)

合成樹脂部材 101 を構成する合成樹脂材料としては、金属表面 103 に形成されたナノ凹部 104 の開口幅を L とした場合に、慣性半径 R_g が $2 R$

$g/L \leq 1/2$ を満たす材料が用いられる。かかる条件を満たす材料であれば、公知の熱硬化性樹脂又は熱可塑性樹脂のうちの任意の材料が利用可能である。

[0036] 具体的には、合成樹脂部材 101 を構成する合成樹脂材料としては、例えば、ポリプロピレンサルファイド、ポリフェニレンサルファイド、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリアミド、等の熱可塑性樹脂を用いることが可能である。あるいは、合成樹脂部材 101 を構成する合成樹脂材料としては、例えば、フェノール樹脂、メラミン樹脂、エポキシ樹脂、等の熱硬化性樹脂を用いることが可能である。

[0037] 合成樹脂材料の慣性半径は、公知の方法によって測定可能である。具体的には、例えば、市販のゲル浸透クロマトグラフと多角度光散乱検出器とを組み合わせ使用することにより、合成樹脂材料の慣性半径を測定することが可能である。なお、周知の通り、合成樹脂材料における慣性半径の測定結果においては、慣性半径の分布が生じる。故に、上記の関係式における慣性半径 R_g としては、典型的には、数平均値が用いられ得る。

[0038] 金属部 102 における金属表面 103 を構成する金属材料としては、例えば、アルミ、ニッケル、銅、鉄、及びこれらの元素のうちの少なくとも 1 つを含有する合金を用いることが可能である。ナノ凹部 104 は、例えば、レーザー照射、化学エッチング、ブラスト加工、等の任意の加工法により形成可能である。合成樹脂部材 101 と、ナノ凹部 104 を形成した後の金属部 102 との接合体である、樹脂金属接合体 100 の形成方法は、例えば、インサート成形、熱圧着、等の任意の加工法を用いることが可能である。

[0039] (実施形態の効果)

樹脂金属接合体 100 を形成する工程、即ち合成樹脂部材 101 と金属部 102 との接合体を形成する工程における、合成樹脂材料のナノ凹部 104 への侵入状態について、以下考慮する。この工程において、合成樹脂部材 101 を構成する合成樹脂材料は、軟化状態又は流動可能状態にて、金属表面 103 に押し付けられる。

[0040] このとき、本実施形態においては、樹脂金属接合体 100 は、合成樹脂部材 101 を構成する合成樹脂材料の慣性半径を R_g とし、金属表面 103 に形成されたナノ凹部 104 の開口幅を L とした場合に、 $2R_g/L \leq 1/2$ を満たすように構成されている。この場合、図 3 に示されているように、合成樹脂分子 M の占有体積に相当する、半径 R_g の仮想球体は、ナノ凹部 104 の開口幅 L の半分よりも充分小さな直径を有する。故に、合成樹脂分子 M は、ナノ凹部 104 の内部に容易に侵入できる。

[0041] したがって、本実施形態においては、合成樹脂部材 101 を構成する合成樹脂材料は、平坦部 105 に密着しつつ、ナノ凹部 104 の内部に良好に充填される。即ち、ナノ凹部 104 の内部、特に底部における、ボイドの発生が、良好に抑制され得る。このように、本実施形態によれば、金属表面 103 と合成樹脂部材 101 とを強固に接合しつつ、金属表面 103 と合成樹脂部材 101 との接合部における気密性又は液密性を向上することが可能となる。

[0042] 特に、図 1 に示されている圧力センサ 1 において、測定空間 27 に比較的高圧の流体圧力が発生する場合がある。この場合、測定空間 27 に面する樹脂金属接合部における、気密性又は液密性の低下により、当該接合部への流体の侵入、あるいは圧力センサ 1 の外部への流体の漏出、等の不具合が生じ得る。かかる接合部は、例えば、ターミナル部材 31 とモールド樹脂部 32 との接合部、あるいは、リードフレーム 41 とモールドケース 43 との接合部である。

[0043] この点、本実施形態においては、上記の接合部にて、良好な気密性又は液密性を有している。故に、上記の接合部が流体に面していても、かかる接合部への流体の侵入、あるいは、かかる接合部を介しての流体の漏出が、良好に抑制され得る。したがって、本実施形態によれば、図 1 に示されている圧力センサ 1 が高圧流体の圧力（例えば、コモンレール圧、ブレーキ液圧）の測定に用いられる場合であっても、良好な信頼性が得られる。

[0044] （シミュレーション結果）

図4～図6は、ナノ凹部104への合成樹脂材料Sの充填状態を、分子動力学シミュレーションソフトウェアによりシミュレーションした結果を示す。図4～図6において、(i)は充填開始前、(ii)、(iii)は充填途中、(iv)は充填終了時の様子を示す。また、各図において、充填状態の様子を示す図の下に、合成樹脂材料Sにおける慣性半径 R_g の分布グラフを示す。以下、図4～図6のシミュレーション結果を取得した際の計算条件及び計算方法について説明する。

[0045] 分子動力学シミュレーションソフトウェアとしては、例えば、GROMACS、LAMMPS、Materials Studio Forcite (Materials Studioは登録商標：以下同様)等を用いることができる。GROMACSは、Groningen Machine for Chemical Simulationsの略であり、フローニンゲン大学で開発されたソフトウェアパッケージである。LAMMPSは、Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulatorの略であり、米国サンディア国立研究所で開発されたソフトウェアである。Materials Studio Forciteは、アクセルリス社（現：ダッソー・システムズ社）製の分子設計システムMaterials Studioに含まれるソフトウェアモジュールである。

[0046] 分子動力学シミュレーションにおける計算の流れは周知の通りであり、以下の手順を含む：（手順1）初期構造の作成及び力場の割付、（手順2）構造最適化、（手順3）平衡化、（手順4）データサンプリング。手順1では、合成樹脂のバルク密度が再現されるように、初期構造を構築する。また、力場は、Dreiding、GAFF (General AMBER Force Field) 等を用いることができる。電荷パラメータは、RESP (Restrained ElectroStatic Potential) 電荷、QEq電荷、AM1-BCC電荷、Gasteiger電荷、等を用いることができる。手順3及び4における平衡化温度には、成形温度を用いる。手順3及び手順4においては、粒子数 N 、体積 V 、温度 T を一定にして計算を行う NVT サンプリングを用いる。

[0047] 合成樹脂材料Sの慣性半径 R_g の計算においては、手順4にてサンプリングした、全トラジェクトリ及び全分子についての慣性半径の平均値を取得す

る。具体的には、下記の式（１）及び式（２）を用いて算出した $\langle R_g \rangle_{N,t}$ を、合成樹脂材料Ｓの慣性半径 R_g とする。下記の各式にて、 M_j は分子 j の質量、 $m_{i,j}$ は分子 j を構成する原子 i の質量、 r_i は原子 i の座標、 $r_{cm,j}$ は分子 j の重心座標、 t は時刻を表す。 N_m は系内に含まれる分子の数、 N_t は計算に使用した各時間におけるスナップショットの数を表す。

[数1]

$$R_{g,j,t}^2 = \frac{1}{M_j} \sum_i m_{i,j} (r_{i,j} - r_{cm,j})^2$$

[数2]

$$\langle R_g \rangle_{N,t} = \frac{1}{N_t} \frac{1}{N_m} \sum_{t=0}^{t_{\max}} \sum_{j=1}^{N_m} R_{g,j,t}$$

[0048] 図４～図６に示されている充填状態シミュレーションにおける、シミュレーションモデルは、幅１０ｎｍ×奥行１０ｎｍ×高さ３０ｎｍの直方体セルである。この直方体セルの最上部には真空層、最下部には金属部１０２が配置されており、その間に合成樹脂材料Ｓが配置されている。

[0049] 合成樹脂材料Ｓは、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（ＥＰ）とポリフェノール樹脂（ＰＨ）との混合物又は化合物（ＯＬ）である。ＯＬは、ＥＰとＰＨとを交互に配列し、ＥＰの端部のエポキシ基とＰＰＨのヒドロキシル基とを結合させたものである。

[0050] 金属部１０２はアルミニウムであり、金属表面１０３はＡＩ（１００）面である。ナノ凹部１０４は、半径５ｎｍ、深さ７ｎｍの円柱状の穴である。

[0051] ところで、分子動力学における力場については、合成樹脂のような分子性物質と、金属のような結晶性物質とでは、適用すべきポテンシャル関数が大きく異なる。そこで、図４～図６に示された構成に基づくシミュレーションにおいては、合成樹脂材料Ｓと金属部１０２とで、物質種類に応じた力場の使い分けが必要となる。例えば、金属部１０２に対しては、ＥＡＭ（Embedded Atom Method）力場、ＭＥＡＭ（Modified EAM）力場、ＦＳ（Finnis S

inclair) ポテンシャル、等を適用することができる。

[0052] 図4～図6のシミュレーション結果に対応する、計算条件の一具体例を以下に示す。シミュレーションモデルの作成には、株式会社クロスアビリティ製の分子モデリングソフトウェアWinmostar（商品名）を用いた。分子動力学シミュレーションソフトウェアとして、LAMMPSを用いた。

[0053] 合成樹脂材料SにDreiding力場を適用し、金属部102にEAM力場を適用し、Jacobsenのポテンシャルを使用した。また、合成樹脂と金属との間の相互作用に対しては、Dreidingと同様の12-6型のLenard-Jonesポテンシャルを適用し、Dreidingのパラメータをそのまま用いた。

[0054] 合成樹脂材料Sにおける部分電荷に対しては、RESP電荷を適用し、Gaussian09及びAmbertoolsを用いてB3LYP/6-31+G(d,p)レベルの計算を行った。Ambertoolsは、カリフォルニア大サンフランシスコ校で開発された分子動力学ソフトウェアパッケージAMBER (Assisted Model Building with Energy Refinement) に対応して開発された解析ツールである。Gaussian09は、Gaussian社が販売する量子化学計算ソフトウェアである。EP及びPHについては、全原子で計算した結果を用いた。一方、OLについては、連結部の電荷を計算した後、EP、PH、連結部に対して電荷をそれぞれ割り付けた。

[0055] 計算の時間刻みは0.5 fsとし、熱浴及び圧浴には能勢＝フーバー (Nosé-Hoover) 法を適用した。クーロン相互作用は、PPPM (Particle-Particle Particle-Mesh) 法を用い、相対平均誤差 10^{-4} の精度で計算した。シミュレーションモデルは、金属セルと樹脂セルとを別々に作成した後、両者を接合することで作成した。

[0056] 金属セルは、ニッケル単結晶を(100)面で切り出し、これを拡張することで、約 10 nm^3 のスラブモデルを作成した。真空層の厚みは2 nmとした。スラブモデルの表面に対し、XY方向の中心座標から半径5 nm、表面からの深さ7 nmに該当する原子を除去した後、450 K、1 atmで1 ns平衡化を行った。

[0057] 樹脂セルは、金属セルの作成後に作成した。具体的には、XY方向のセル

サイズを金属セルと同一とし、450 Kでの密度が再現されるように分子数及びZ軸方向（即ち図中上下方向）のセルサイズを調整することで、初期構造を作成した。この初期構造に対して、構造最適化を行った後、1000 Kで50 p s、450 Kで500 p s アニールを行ったものを、樹脂セルとした。その後、樹脂セルと金属セルをZ軸に沿って連結し、樹脂セルよりも上側（即ちZ軸正方向側）に2 nmの真空層を設けることで、界面モデルを作成した。

[0058] 充填シミュレーションは、金属セルにおける上側の2 nmに該当する原子、及び樹脂セルにおける下側の2 nmに該当する分子に、座標の変化に対して二次関数的にエネルギーが増加する関数を追加することで、座標を拘束した。これらをpolymer wall、metal wallとする。次に、polymer wallを強制的にmetal wall側に0.1 nm移動させて構造最適化及び450 Kで10 p s 平衡化を行うという操作を、100回繰り返した。

[0059] 図4は、合成樹脂材料の慣性半径 R_g の数平均値が0.5 nmの場合を示す。この場合、 $2R_g/L = 0.2 < 1/2$ である。この場合、合成樹脂材料は、ナノ凹部104内に、隙間なく良好に充填されている。即ち、ナノ凹部104内の合成樹脂材料の充填密度は、バルク密度と同等程度にまで達している。

[0060] 図4の場合よりも、合成樹脂材料の慣性半径 R_g の数平均値が大きくなった場合の影響について以下に説明する。図5は合成樹脂材料の慣性半径 R_g の数平均値が1.5 nmの場合を示す。この場合、 $2R_g/L = 0.6 > 1/2$ である。この場合、ナノ凹部104内の合成樹脂材料の充填密度がバルク密度と同等程度に達する前に、金属表面側に変形が生じ、これにより顕著な充填不良が発生した。

[0061] 図6、合成樹脂材料の慣性半径 R_g の数平均値が2.5 nmの場合を示す。この場合、 $2R_g/L = 1.0 > 1/2$ である。この場合、ナノ凹部104内の合成樹脂材料の充填密度がバルク密度と同等程度に達する前に、金属表面側に変形が生じ、これにより顕著な充填不良が発生した。

[0062] 以上のシミュレーション結果から明らかなように、 $2R_g/L \leq 1/2$ の関係を満たす場合に、合成樹脂材料のナノ凹部104の内部への良好な充填が達成される。これにより、ナノ凹部104の内部、特に底部における、ボイドの発生が、良好に抑制され得る。

[0063] (変形例)

本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、上記実施形態に対しては適宜変更が可能である。以下、代表的な変形例について説明する。以下の変形例の説明においては、上記実施形態と異なる部分についてのみ説明する。また、上記実施形態と変形例とにおいて、互いに同一又は均等である部分には、同一符号が付されている。したがって、以下の変形例の説明において、上記実施形態と同一の符号を有する構成要素に関しては、技術的矛盾又は特段の追加説明なき限り、上記実施形態における説明が適宜援用され得る。

[0064] 本開示の構成は、上記実施形態に限定されない。例えば、圧力センサ1の構成は、上記実施形態にて示された具体例に限定されない。

[0065] 即ち、例えば、収容凹部38には、センシング部4を覆うように、保護用ゲルが充填され得る。この場合、測定対象流体の圧力は、圧力伝達流体である保護用ゲルを介して、センサ素子42に伝達される。上記の保護用ゲルも「流体」の一種である。故に、この場合も、ターミナル部材31とモールド樹脂部32との接合部、及びリードフレーム41とモールドケース43との接合部は、「流体に面するように配置されるように設けられた」と称され得る。かかる構成においても、保護用ゲルがターミナル部材31とモールド樹脂部32との接合部、又はリードフレーム41とモールドケース43との接合部に侵入することが、可及的に抑制される。

[0066] 樹脂金属接合体100の構成も、上記実施形態にて示された具体例に限定されない。例えば、金属部102は、金属部材であってもよいし、金属部材と他部材との複合体であってもよい。即ち、例えば、金属部102は、いわゆるSOI基板における表面金属層であってもよい。SOIはSilicon on Insulatorの略である。

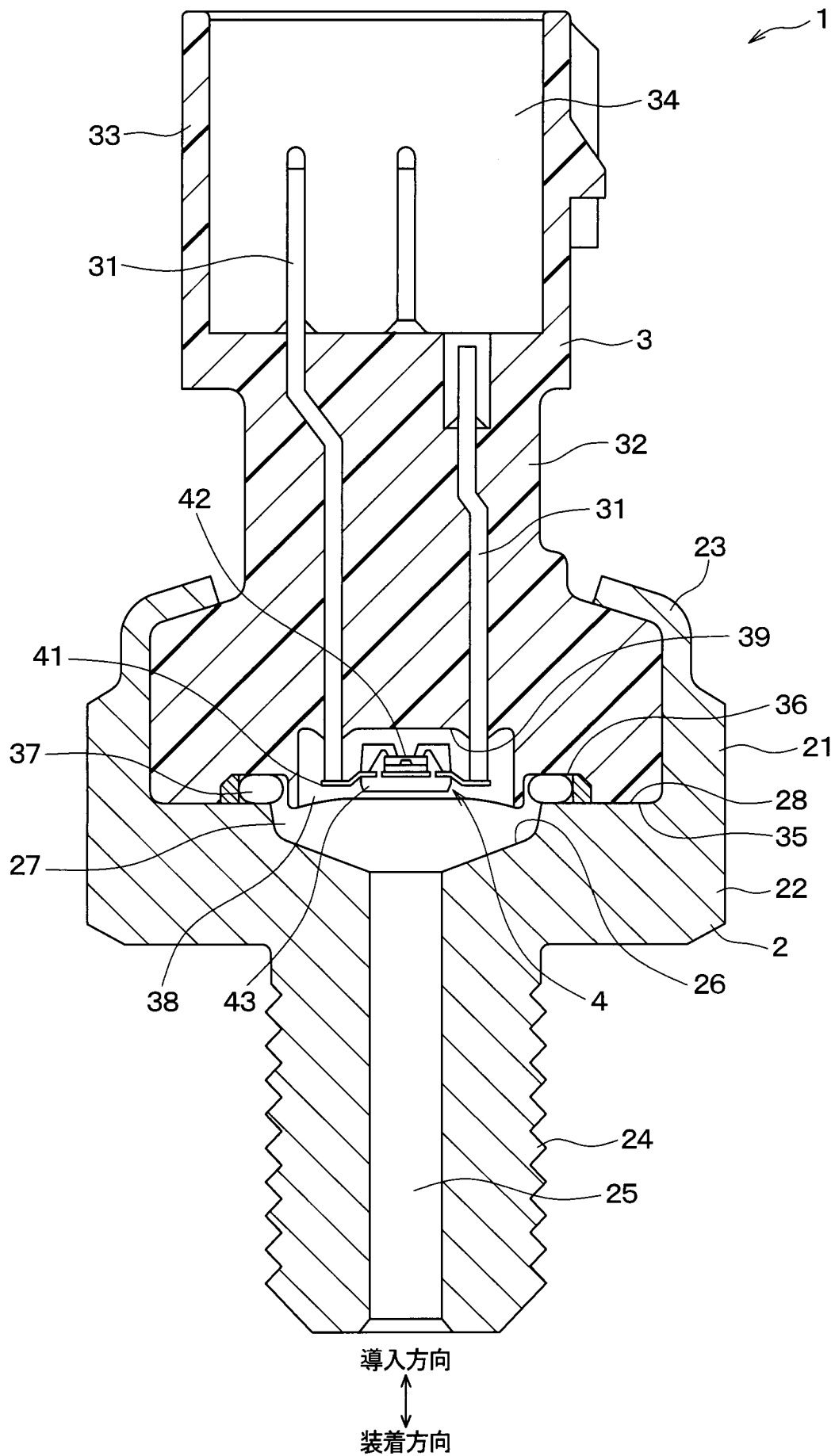
- [0067] 金属表面103の構造も、上記実施形態にて示された具体例に限定されない。即ち、例えば、図7及び図8に示されているように、金属表面103の平坦部105から深さ方向に沿って突出するように、ナノ凸部106が形成されていてもよい。この場合、ナノ凹部104は、複数のナノ凸部106の間の空間として形成されている。また、ナノ凹部104の深さは、平坦部105からのナノ凸部106の突出量（即ちナノ凸部106の頂部の平坦部105からの高さ）となる。
- [0068] ナノ凸部106は、例えば、図7に示されているように、円柱又は角柱状であってもよい。この場合の、ナノ凹部104の開口幅は、最近接する2つのナノ凸部106同士の間隔（即ち最近接する2つのナノ凸部106における対向する内壁面同士の最短距離）となる。
- [0069] ナノ凸部106は、例えば、図8に示されているように、円錐又は角錐状であってもよい。この場合の、ナノ凹部104の開口幅（図8における「L」参照）は、最近接する2つのナノ凸部106の底部における平面形状同士の最短距離となる。
- [0070] 上記の説明において、互いに継目無く一体に形成されていた複数の構成要素は、互いに別体の部材を貼り合わせることによって形成されてもよい。同様に、互いに別体の部材を貼り合わせるによって形成されていた複数の構成要素は、互いに継目無く一体に形成されてもよい。
- [0071] 上記の説明において、互いに同一の材料によって形成されていた複数の構成要素は、互いに異なる材料によって形成されてもよい。同様に、互いに異なる材料によって形成されていた複数の構成要素は、互いに同一の材料によって形成されてもよい。
- [0072] 変形例も、上記の例示に限定されない。また、複数の変形例が、互いに組み合わせられ得る。更に、上記実施形態の全部又は一部と、変形例の全部又は一部とが、互いに組み合わせられ得る。

請求の範囲

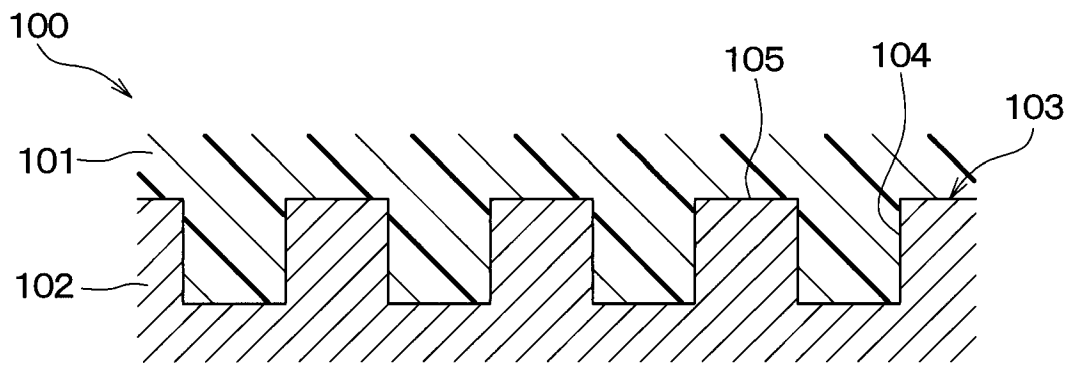
- [請求項1] 樹脂金属接合体（100）であって、
- サブミクロンオーダー又はナノオーダーの開口幅 L を有するナノ凹部（104）が形成された金属表面（103）と、
- 慣性半径 R_g が $2R_g/L \leq 1/2$ を満たす合成樹脂材料によって形成された合成樹脂部材であって、前記金属表面に接合された合成樹脂部材（101）と、
- を備えた樹脂金属接合体。
- [請求項2] 前記ナノ凹部は、断面視にて略V字状又は略U字状に形成された、請求項1に記載の樹脂金属接合体。
- [請求項3] 前記ナノ凹部は、深さを D とした場合に、 $D/L \geq 1$ となるように形成された、
- 請求項1又は2に記載の樹脂金属接合体。
- [請求項4] 流体の圧力に対応した電気出力を発生する圧力センサ（1）において、
- 前記流体に面するように配置されるように設けられた樹脂金属接合体（100）を備え、
- 前記樹脂金属接合体は、
- サブミクロンオーダー又はナノオーダーの開口幅 L を有するナノ凹部（104）が形成された金属表面（103）と、
- 慣性半径 R_g が $2R_g/L \leq 1/2$ を満たす合成樹脂材料によって形成された合成樹脂部材であって、前記金属表面に接合された合成樹脂部材（101）と、
- を備えた、圧力センサ。
- [請求項5] 前記ナノ凹部は、断面視にて略V字状又は略U字状に形成された、請求項4に記載の圧力センサ。
- [請求項6] 前記ナノ凹部は、深さを D とした場合に、 $D/L \geq 1$ となるように形成された、

請求項 4 又は 5 に記載の圧力センサ。

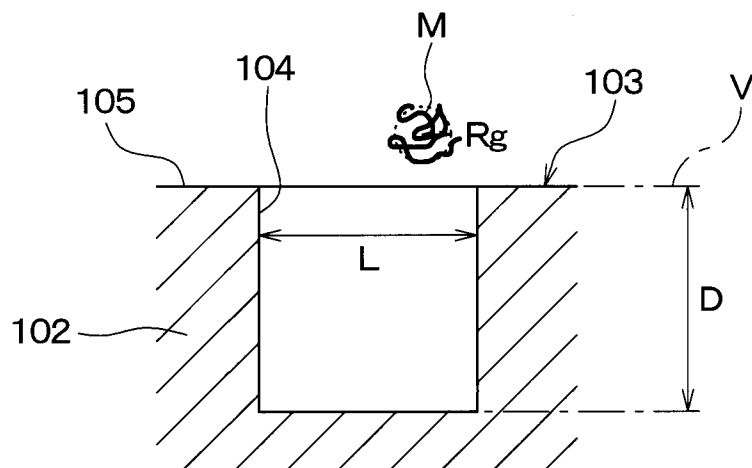
[図1]



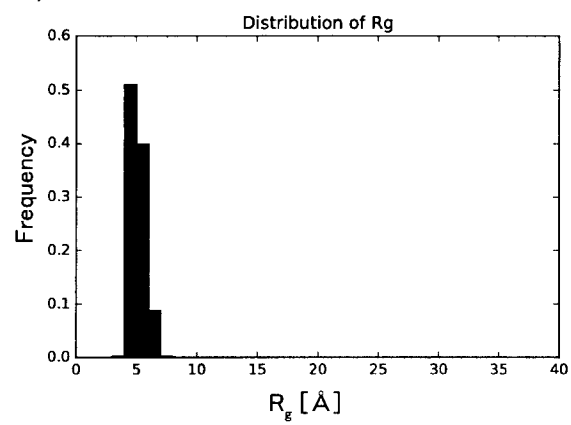
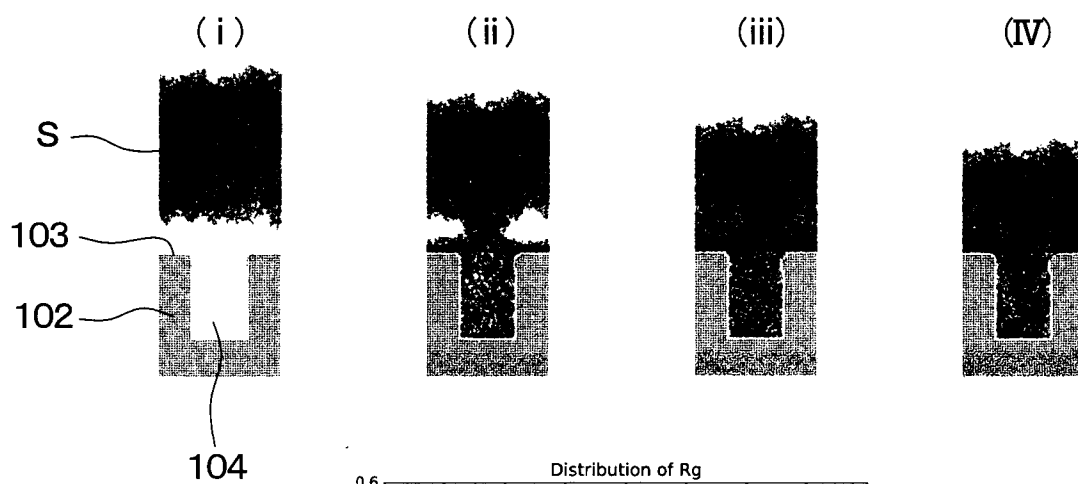
[図2]



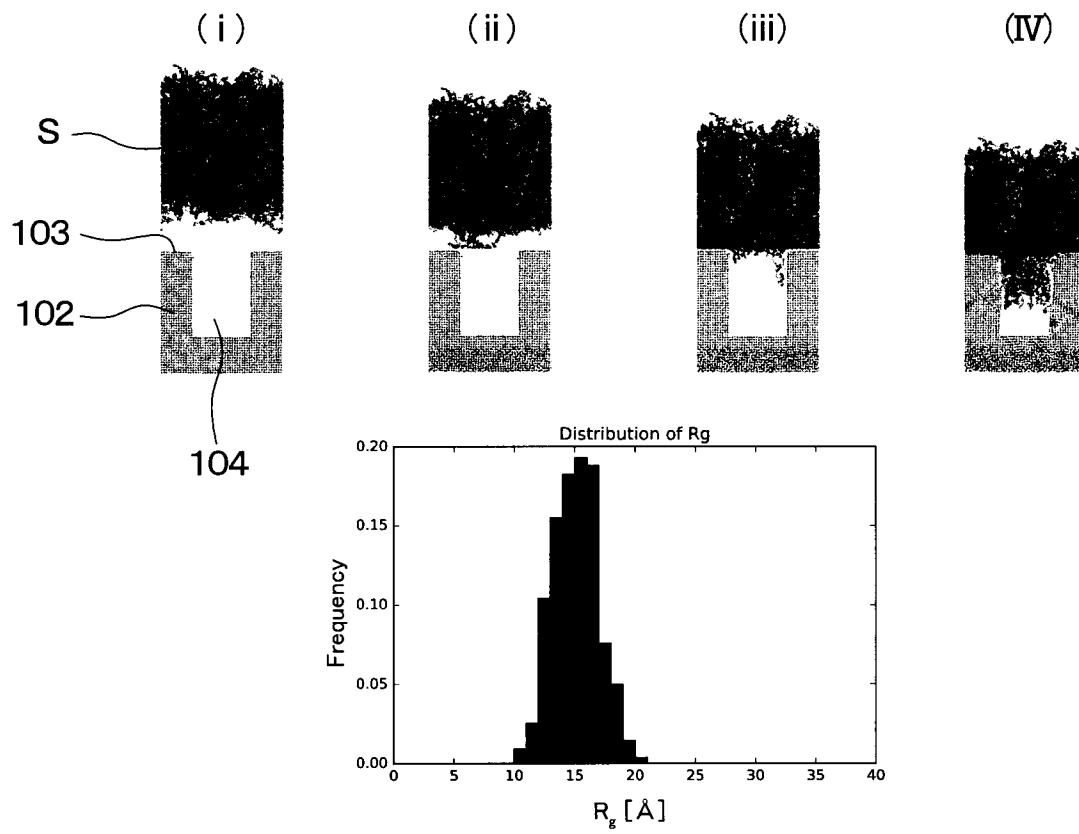
[図3]



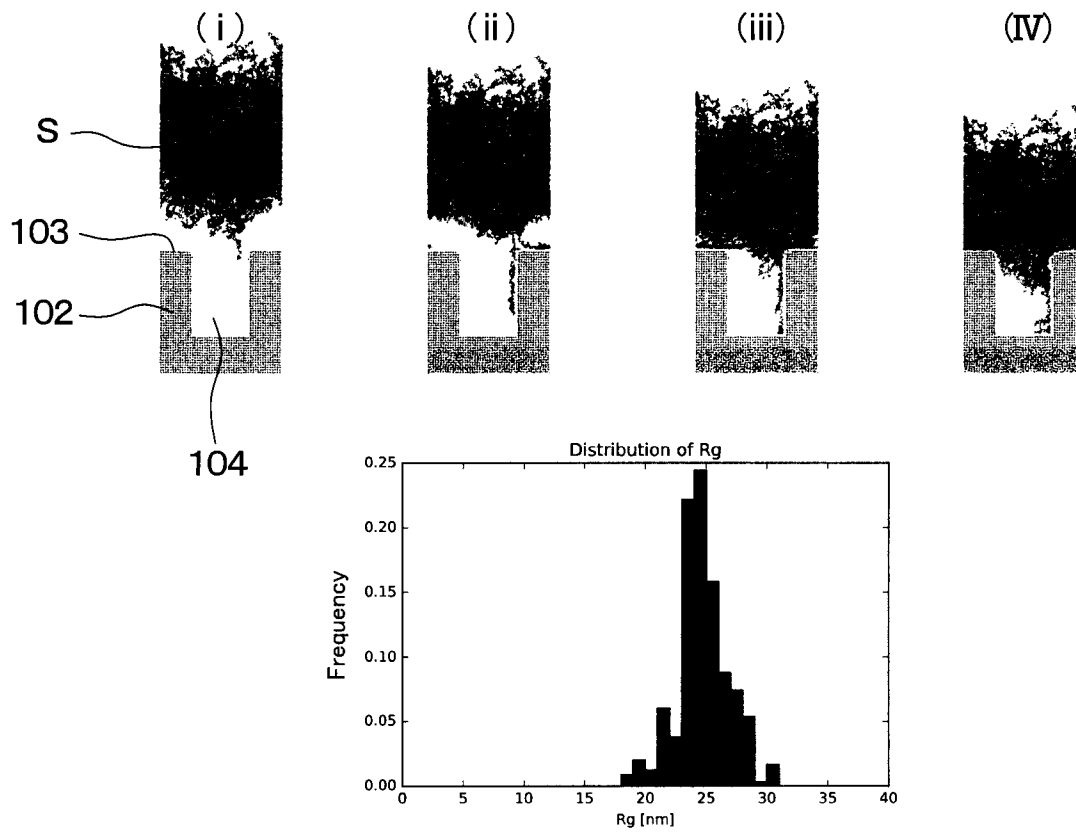
[図4]



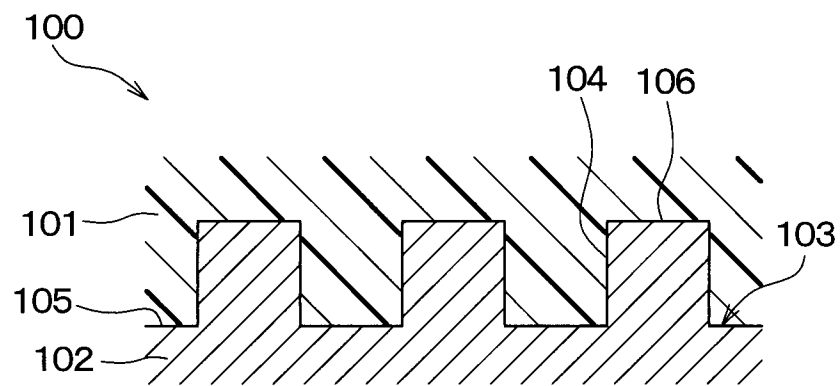
[図5]



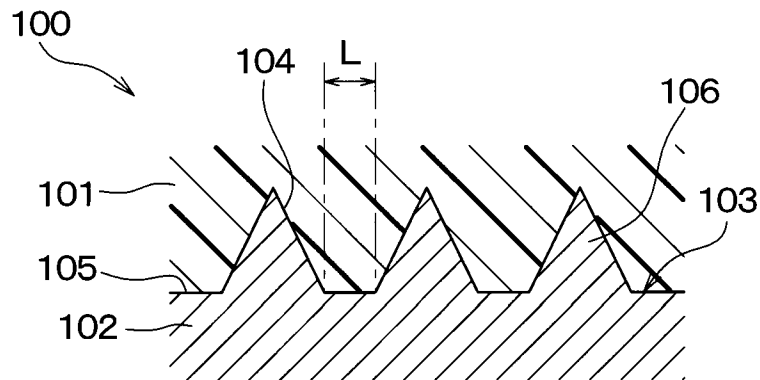
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/030413

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L19/14(2006.01)i, B29C65/00(2006.01)i, H01L29/84(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)

G01L7/00-23/32, 27/00-27/02, B29C65/00, H01L29/84, H01L23/50, B32B15/08

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2002-083917 A (Noge Electric Industries Co., Ltd.), 22 March 2002 (22.03.2002), paragraphs [0001] to [0041]; fig. 1 to 3, 6 to 7, 14 (Family: none)	1-6
Y	JP 2008-031134 A (Hitachi Chemical Co., Ltd.), 14 February 2008 (14.02.2008), paragraph [0004] (Family: none)	1-6
Y	JP 2002-048664 A (Denso Corp.), 15 February 2002 (15.02.2002), paragraphs [0023] to [0030]; fig. 2 (Family: none)	4-6

☒ 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
14 September 2017 (14.09.17)

Date of mailing of the international search report
26 September 2017 (26.09.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/030413

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2016/0282212 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG), 29 September 2016 (29.09.2016), entire text; all drawings & DE 102016102152 A1 & CN 106017789 A	1-6
A	US 2014/0275462 A1 (CHEVRON PHILLIPS CHEMICAL COMPANY LP), 18 September 2014 (18.09.2014), entire text; all drawings & WO 2014/164498 A2 & CN 104045749 A & CA 2905722 A1	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01L19/14(2006.01)i, B29C65/00(2006.01)i, H01L29/84(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. G01L7/00-23/32, 27/00-27/02, B29C65/00, H01L29/84, H01L23/50, B32B15/08

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	JP 2002-083917 A（株式会社野毛電気工業） 2002.03.22, 段落[0001]-[0041], 図1-3, 6-7, 14 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2008-031134 A（日立化成工業株式会社） 2008.02.14, 段落[0004] (ファミリーなし)	1-6

☒ 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

14.09.2017

国際調査報告の発送日

26.09.2017

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

2 F

4741

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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 2002-048664 A (株式会社デンソー) 2002.02.15, 段落[0023]-[0030], 図2 (ファミリーなし)	4-6
A	US 2016/0282212 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 2016.09.29, 全文, 全図 & DE 102016102152 A1 & CN 106017789 A	1-6
A	US 2014/0275462 A1 (CHEVRON PHILLIPS CHEMICAL COMPANY LP) 2014.09.18, 全文, 全図 & WO 2014/164498 A2 & CN 104045749 A & CA 2905722 A1	1-6