

(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
2009年9月17日(17.09.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/113315 A1

- (51) 国際特許分類:
G01L 5/16 (2006.01) G01L 5/00 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01) H01L 29/84 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/001126
- (22) 国際出願日: 2009年3月13日(13.03.2009)
- (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 2008-064359 2008年3月13日(13.03.2008) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人東京大学 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP). パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 下山勲(SHI-MOYAMA, Isao). 松本潔(MATSUMOTO, Kiyoshi). 岩瀬英治(IWASE, Eiji). 中井亮仁(NAKAI, Akihito). グエン ビン・キェム(NGUYEN, Binh Khiem). 田中悠輔(TANAKA, Yusuke). 蜂谷修二(HACHI-

TANI, Shuji). 中村徹(NAKAMURA, Tohru). 小林昌市(KOBAYASHI, Shoichi).

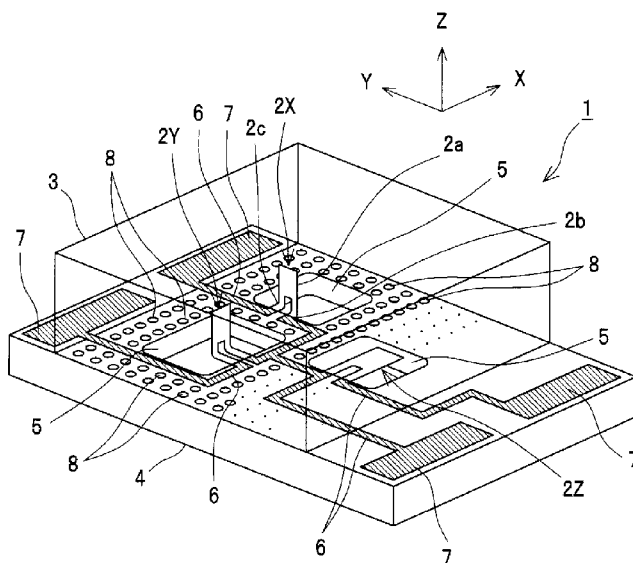
- (74) 代理人: 田中光雄, 外(TANAKA, Mitsuo et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMPビル青山特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL STRUCTURE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(54) 発明の名称: 3次元構造体およびその製造方法

[図1]



(57) Abstract: Provided is three-dimensional structure comprising a plurality of three-dimensional structure constitution elements, each including a substrate member and an elastic body which is fixed to the substrate member and covers a plurality of three-dimensional structure constitution elements disposed therein, in which the plurality of three-dimensional structure constitution elements is disposed in a membrane-like elastic body in such a state that the substrate members are spaced from each other, whereby the plurality of three-dimensional structure constitution elements can be disposed at desired arrangement spaces or positions in the membrane-like elastic body. Accordingly, the three-dimensional structure can correspond to various specifications.

(57) 要約: 基板部材に固定された微小3次元構造体要素を覆うようにその内部に配置するとともに、基板部材に固定された弾性体を有する複数の3次元構造体構成用素子を、互いの基板部材を離間させた状態にて膜状弾性体内に配置させて3次元構造

体を構成することにより、膜状弾性体内にて、複数の3次元構造体構成用素子を、所望の配置間隔や位置に配置することができ、様々な仕様に対応することができる。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

3次元構造体およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術あるいはNEMS（Nano Electro Mechanical Systems）技術を用いて3次元的に形成された構造体およびその製造方法に関し、特に、可動構造を有する微小3次元構造体要素が弾性体内へ配置された素子と、この素子を用いて構成された3次元構造体、ならびにそれらの製造方法に関する。

背景技術

[0002] ロボット技術の研究、開発においては、ロボットハンドにより対象物を如何にして確実に制御するのかということが、重要な課題の一つとなっている。具体的には、ロボットハンドにより対象物を掴むという動作に着目すれば、対象物を掴む握力を検出するだけでなく、この掴むという動作によりハンド表面に生じるせん断応力をも検出することが、ロボットハンドの確実な制御のためには必要となる。これは、対象物とハンド表面との間に生じる摩擦力をこのせん断応力により検出することで、最適な摩擦力の制御を行って対象物の確実な制御を実現することに役立つからである。

[0003] 近年、このようなせん断応力を検出することを目的とした触覚センサが開発されつつある（例えば、特許文献1参照）。このような従来の触覚センサの一例について、図8に示す模式斜視図を用いて以下に説明する。

[0004] 図8に示すように、触覚センサ501は、数百nm程度の薄膜で形成された複数のピエゾ抵抗カンチレバー502（そのヒンジ部にピエゾ抵抗体を備えたカンチレバー）が、互いに独立して膜状弾性体503内に配置された構成を有している。

[0005] このカンチレバー502は、その一端が固定部として形成され、その他端がカンチレバー502を形成する薄膜の厚み方向にのみ変形可能な可動部として形成されている。各々のカンチレバー502は、図示しない端子部およ

び配線を通して、図示しない制御装置に電氣的に接続されている。例えば、膜状弾性体 503 表面にせん断力あるいは圧力が付加された場合、膜状弾性体 503 内部に生じたせん断応力あるいは圧縮応力がカンチレバー 502 の可動部を動作させて変形させることで、このせん断力あるいは圧力を検出することが可能となっている。また、膜状弾性体 503 に作用する様々な方向のせん断応力あるいは圧縮応力を検出するために、それぞれのカンチレバー 502 は、可動部の変形方向が異なるように、例えば、図示 X 軸方向、Y 軸方向、及び Z 軸方向のそれぞれの方向にその変形方向が配置されるように、膜状弾性体 503 内に配置されている。

[0006] このように触覚センサ 501 が構成されていることにより、膜状弾性体 503 が対象物等に接触することにより、膜状弾性体 503 内に生じる様々な向きのせん断応力あるいは圧縮応力を、それぞれのカンチレバー 502 により検出することが可能となっている。なお、このような膜状弾性体 503 は、外力付加により容易に弾性変形するような材料として、例えば PDMS (polydimethylsiloxane) により形成されている。

[0007] 次に、このような構成を有する触覚センサ 501 の製造方法について説明する。

図 9 の模式説明図に示すように、例えば、2 個のカンチレバー 502 が形成された SOI ウェハ 510 を、PDMS にて形成されたスペーサ 516 にて支持させた状態で容器 517 内に配置する。その後、図 9 に示すように、容器 517 内に流動状態の弾性体 PDMS 519 を注入する。この PDMS 519 の注入は、少なくともそれぞれのカンチレバー 502 及び SOI ウェハ 510 へのカンチレバー 502 の固定部分が、注入された PDMS 519 内に浸漬されて埋設されるように行われる。

[0008] その後、容器 517 内に注入された PDMS 519 が硬化した後、PDMS 519 より露出された状態にある SOI ウェハ 510 の表面に付着している強度補強部材であるパリレン層 518 の部分的な除去を、例えば O₂ プラズマエッチングにより行う。

- [0009] 次に、容器 517 の上面よりエッチング処理を施すことで、PDMS 519 より露出された状態にある SOI ウェハ 510 の犠牲層である Si 511 および SiO₂ 層 512 を除去する。その結果、図 10 に示すように、それぞれのカンチレバー 502 の SOI ウェハ 510 への固定部分が除去されて、PDMS 519 の表面においてそれぞれの凹部 520 が形成された状態となる。従って、それぞれのカンチレバー 2 を固定していた犠牲層が除去されることで、PDMS 519 内において、個々のカンチレバー 502 が互いに独立して配置された状態とされる。
- [0010] その後、図 11 に示すように、PDMS 519 の表面に形成されたそれぞれの凹部 520 内に流動状態の PDMS 519 を注入して、PDMS 519 の補充を行う。この補充の後、注入された PDMS 519 を硬化させることにより PDMS により形成された膜状弾性体 503 が形成され、触覚センサ 501 が完成する。
- [0011] 特許文献 1：特開 2007-218906 号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0012] このような構造を有する触覚センサ 501 では、SOI ウェハ 510 上に形成されたカンチレバー 502 を、PDMS 519 内に配置した後、SOI ウェハ 510 への固定部分である犠牲層の除去を行うという製造方法が採用されているため、SOI ウェハ 510 におけるそれぞれのカンチレバー 502 の形成位置が、そのまま触覚センサ 501 におけるそれぞれのカンチレバー 502 の形成位置となる。そのため、例えば、大面積のシート状の膜状弾性体 503 内を用いた触覚センサ 501 を形成することが困難であるという問題がある。また、SOI ウェハ 510 におけるカンチレバー 502 の形成位置に限定されることから、所望のピッチでカンチレバー 502 を膜状弾性体 503 内に配置することも困難となる。すなわち、触覚センサ 501 の大きさやカンチレバー 502 の配置間隔が制約され、その用途に応じた仕様の触覚センサ 501 を製造することができないという問題がある。

[0013] 仮に、例えば、多数のカンチレバー502が形成されたSOIウェハ510を切断して、それぞれのカンチレバー502を個片化するような場合には、微小な構造体であるカンチレバー502に破損等が生じる恐れもあり、その取り扱いが困難となることが考えられる。

[0014] 従って、本発明の目的は、上記問題を解決することによって、MEMS技術あるいはNEMS技術を用いて形成された可動構造を有する微小3次元構造体要素が膜状弾性体内へ配置された3次元構造体において、所望の位置に微小3次元構造体要素を配置することで様々な仕様に対応することができるとともに、その製造における取り扱い性を良好なものとすることができる3次元構造体構成用素子および3次元構造体、ならびにそれらの製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0015] 上記目的を達成するために、本発明は以下のように構成する。

[0016] 本発明の第1態様によれば、可動構造を有する微小3次元構造体要素と、上記微小3次元構造体要素が固定された基板部材と、
上記微小3次元構造体要素をその内部に配置する弾性体とを備え、
上記基板部材は凹状または凸状形状を有する係合部を有し、上記係合部と係合された状態にて、上記弾性体が上記基板部材に固定されている、3次元構造体構成用素子を提供する。

[0017] 本発明の第2態様によれば、上記基板部材における上記微小3次元構造体要素の固定位置の周囲に、上記係合部として複数の係合用孔部が形成され、上記複数の係合用孔部内に上記弾性体が充填されている、第1態様に記載の3次元構造体構成用素子を提供する。

[0018] 本発明の第3態様によれば、上記可動構造は、実質的に一の方向に変形可能な構造であって、

互いに変形可能な方向が異なる複数の上記微小3次元構造体要素が、1つの上記基板部材に固定された状態にて、1つの上記弾性体の内部に配置されている、第1態様または第2態様に記載の3次元構造体構成用素子を提供す

る。

[0019] 本発明の第4態様によれば、上記基板部材は、それぞれの上記微小3次元構造体要素との間で電気信号の受け渡しを行う共通の回路部を有する、第3態様に記載の3次元構造体構成用素子を提供する。

[0020] 本発明の第5態様によれば、第1態様から第4態様のいずれか1つに記載の複数の3次元構造体構成用素子と、

上記複数の3次元構造体構成用素子を、互いの上記基板部材を離間させた状態にてその内部に配置する膜状弾性体とを備える、3次元構造体を提供する。

[0021] 本発明の第6態様によれば、上記弾性体を形成する樹脂は、上記膜状弾性体を形成する樹脂よりも、その熔融状態にて高い流動性を有する、第5態様に記載の3次元構造体を提供する。

[0022] 本発明の第7態様によれば、上記複数の3次元構造体構成素子が実装されたフレキシブル基板をさらに備え、

上記フレキシブル基板は、上記膜状弾性体の内部に配置されている、第5態様または第6態様に記載の3次元構造体を提供する。

[0023] 本発明の第8態様によれば、基板部材に固定された可動構造を有する複数の微小3次元構造体要素を弾性体の内部に配置するとともに、上記基板部材に形成された凹状または凸状形状を有する係合部と上記弾性体とを係合させながら上記弾性体を上記基板部材に固定し、

その後、上記基板部材と上記弾性体を切断して、上記複数の微小3次元構造体要素を分割して、分割された上記基板部材に1又は複数の上記微小3次元構造体要素が固定され、かつ分割された上記弾性体内に配置された複数の3次元構造体構成用素子を形成する、3次元構造体構成用素子の製造方法を提供する。

[0024] 本発明の第9態様によれば、上記基板部材における上記微小3次元構造体要素の固定位置の周囲に、上記係合部として複数の係合用孔部を形成した後、

流動状態の樹脂材料を上記基板部材上に供給して、上記微小 3 次元構造体要素を覆うとともに、上記複数の係合用孔部内に上記樹脂材料を充填させ、

その後、上記樹脂材料を硬化させることにより、上記樹脂材料により形成された上記弾性体を上記基板部材に固定する、第 8 態様に記載の 3 次元構造体構成用素子の製造方法を提供する。

[0025] 本発明の第 10 態様によれば、第 8 態様または第 9 態様の製造方法により製造された上記複数の 3 次元構造体構成用素子を、互いに上記基板部材を離間させた状態にて膜状弾性体の内部に配置して 3 次元構造体を形成する、3 次元構造体の製造方法を提供する。

[0026] 本発明の第 11 態様によれば、上記弾性体を形成する樹脂は、上記膜状弾性体を形成する樹脂よりも、その熔融状態にて高い流動性を有する、第 10 態様に記載の 3 次元構造体の製造方法を提供する。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、基板部材に固定された微小 3 次元構造体要素を覆うようにその内部に配置するとともに、基板部材に固定された弾性体を有する複数の 3 次元構造体構成用素子を、互いの基板部材を離間させた状態にて膜状弾性体内に配置させて 3 次元構造体を構成する。そのため、膜状弾性体内にて、複数の 3 次元構造体構成用素子を、所望の配置間隔や位置に配置することができ、様々な仕様に対応することができる 3 次元構造体を提供することができる。

[0028] また、本発明の 3 次元構造体構成用素子の製造方法によれば、基板部材上に形成された複数の微小 3 次元構造体要素を弾性体にて覆った後、基板部材と弾性体とを切断することで、1 又は複数の微小 3 次元構造体要素を分割して、複数の 3 次元構造体構成用素子を形成することができる。この切断処理を行う際に、それぞれの微小 3 次元構造体要素は、弾性体により覆われて保護されているため、微小 3 次元構造体要素の損傷を防止することができるとともに、分割して形成された 3 次元構造体構成用素子の取り扱い性を良好なものとすることができる。

- [0029] また、基板部材に設けられた係合部と弾性体とが係合されることで、基板部材への弾性体の固定が行われていることにより、この固定における強度を高めることができる。したがって、3次元構造体構成用素子において、微小3次元構造体要素の可動構造と弾性体との一体性を高めることができ、可動構造の動作と弾性体の変形との関連性を強めることができる。

図面の簡単な説明

- [0030] 本発明のこれらの態様と特徴は、添付された図面についての好ましい実施形態に関連した次の記述から明らかになる。この図面においては、
- [図1] 本発明の一の実施形態にかかるセンサ素子の模式斜視図であり、
 - [図2] 図1のセンサ素子における外力検出機能を説明する模式説明図であり、
 - [図3] センサ素子を用いて構成された触覚センサの模式斜視図であり、
 - [図4] 図3の触覚センサの模式断面図であり、
 - [図5A] センサ素子の製造方法の模式図であり、基板部材が形成された状態の図であり、
 - [図5B] センサ素子の製造方法の模式図であり、基板部材に係合用孔部が形成された状態の図であり、
 - [図5C] センサ素子の製造方法の模式図であり、カンチレバーが形成された状態の図であり、
 - [図5D] センサ素子の製造方法の模式図であり、弾性体が配置された状態の図であり、
 - [図5E] センサ素子の製造方法の模式図であり、センサ素子が分割された状態の図であり、
 - [図6A] センサ素子の製造方法を示す別の模式図であり、カンチレバーが形成された状態の図であり、
 - [図6B] センサ素子の製造方法を示す別の模式図であり、弾性体を供給している状態の図であり、
 - [図6C] センサ素子の製造方法を示す別の模式図であり、弾性体が配置された状態の図であり、

[図6D] センサ素子の製造方法を示す別の模式図であり、ダイシング処理が行われている状態の図であり、

[図7] センサ素子が備えるカンチレバーの模式平面図であり、

[図8] 従来の触覚センサの模式斜視図であり、

[図9] 従来の触覚センサの製造方法の模式説明図であり、

[図10] 従来の触覚センサの製造方法の模式説明図であり、

[図11] 従来の触覚センサの製造方法の模式説明図である。

発明を実施するための最良の形態

[0031] 以下に、本発明にかかる実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

[0032] 本発明の一の実施形態にかかる3次元構造体の一例である触覚センサ（あるいは触覚センサ構造体）を構成するために用いられる3次元構造体構成要素の一例であるセンサ素子1の模式的な構造を示す模式斜視図を図1に示す。

[0033] 図1に示すように、本実施形態のセンサ素子1は、可動構造を有する微小3次元構造体要素の一例である複数のカンチレバー2と、複数のカンチレバー2が固定された基板部材4と、それぞれのカンチレバー2全体を覆うように基板部材4上に固定された弾性体3とを備えている。

[0034] センサ素子1の模式説明図である図2に示すように、それぞれのカンチレバー2は、例えば数百nm程度の厚さにて薄膜状に形成されており、その一端（固定端）を固定部2bとして基板部材4に固定され、その他端（自由端）を可動部2aとして、可動構造、すなわち片持ち梁構造にて形成されている。カンチレバー2は、その幅方向に対して厚み寸法が十分に薄くなるように形成されており、固定部2bに対して可動部2aを厚み方向に変形可能となっている。さらに、それぞれのカンチレバー2は、可動部2aと固定部2bとを接続し、その変形により可動部2aが動作するような接続部の一例であるヒンジ部2cが設けられており、このヒンジ部2cには、可動部2aの動作角度を電氣的に検出するためのピエゾ抵抗部が設けられている。

[0035] また、図1に示すように、センサ素子1には、その可動部2aの変形の方

向が異なる３種類のカンチレバー２が備えられており、例えば、図示Ｘ軸方向をその変形の方法とするＸ軸方向用カンチレバー２_Xと、図示Ｙ軸方向をその変形の方法とするＹ軸方向用カンチレバー２_Yと、図示Ｚ軸方向をその変形の方法とするＺ軸方向用カンチレバー２_Zとが備えられている。なお、図１において、Ｘ軸方向とＹ軸方向は、基板部材４の表面沿いにおいて互いに直交する方向であり、さらにＸ軸方向及びＹ軸方向に直交する方向がＺ軸方向となっている。

[0036] また、弾性体３は、外力の付加等により弾性変形し、その弾性変形がカンチレバー２の可動部２_aを動作（変形）させるような柔軟性を有する弾性材料により形成されており、このような弾性材料としては、例えば透明又は着色されたＰＤＭＳ（Polydimethylsiloxane）が用いられる。また、弾性体３は、それぞれのカンチレバー２が直接的に外部の物体等と接触して損傷を受けることが無いように保護する機能も有しており、それぞれのカンチレバー２全体を覆うような厚み寸法、例えば３００μｍ～１ｍｍ以下程度の厚さ寸法に形成されており、後述するカンチレバー２の応力検出機能を効果的に達成しながら、柔軟性と強度とを両立することができると厚さ寸法に形成されていることがより望ましい。

[0037] また、図１に示すように、基板部材４におけるそれぞれのカンチレバー２の形成位置には、カンチレバー２毎に貫通開口部５が形成されており、この貫通開口部５の縁部にカンチレバー２の固定部２_bが固定されている。また、それぞれの貫通開口部５の縁部にカンチレバー２の可動部２_aが干渉することがない大きさに貫通開口部５が形成されている。

[0038] さらに、図１においては図示しないが、それぞれのカンチレバー２における固定部２_bには端子部が設けられており、これらの端子部には配線６が個別に設けられて、各々のカンチレバー２における可動部２_aの動作角度を電気的に検出することが可能となっている。また、センサ素子１には、それぞれのカンチレバー２との間で配線６を通して電気信号の受け渡しを行う回路部（制御回路等、図示しない）が設けられている。

- [0039] また、基板部材 4 の図示 Y 軸方向の両端部には、それぞれの配線 6 が接続された電極端子 7 が設けられている。基板部材 4 の上面においては、それぞれの電極端子 7 を露出させ、かつそれぞれの貫通開口部 5 およびカンチレバー 2 全体を完全に覆うように、弾性体 3 が配置されている。図 1 においては電極端子 7 が基板部材 4 の上面に露出しているが、電極端子 7 は基板部材 4 の裏面に露出していても良い。この場合は基板部材 4 を貫通する導電体等により、電極端子 7 は配線 6 と電氣的に接続される。
- [0040] さらに、図 1 に示すように、それぞれの貫通開口部 5 の周囲における基板部材 4 の上面には、係合部の一例である多数の係合用孔部 8 が形成されている。この係合用孔部 8 内には、弾性体 3 が充填されており、それぞれの係合用孔部 8 とその内側に充填された弾性体 3 との係合により、弾性体 3 と基板部材 4 とが強固に係合されて固定された状態とされている。このような係合用孔部 8 内へ確実に弾性体 3 を充填させるために、弾性体 3 として、例えばナノスケールの構造体（孔部等）内にも入り込みやすいという高い流動性（硬化前の熔融状態にて）を有する材料を用いることが好ましい。このような材料としては、例えば、ナノスケールの構造体の型取り・転写などに利用されるDowCorning社製のSylgard184という製品を用いることができる。
- [0041] このような構成を有するセンサ素子 1 においては、弾性体 3 に外力が付加されることにより、その内部に生じるせん断応力または圧縮応力を、その応力が生じる方向をその変形方向とする可動部 2 a を有するカンチレバー 2 の可動部 2 a が動作変形されることでもって検出することが可能となっている。なお、図 1 における X 軸方向用カンチレバー 2 X と Y 軸方向用カンチレバー 2 Y は、膜状弾性体 3 の表面沿いの方向に生じる力（せん断力）を検出するせん断力センサとして機能し、Z 軸方向用カンチレバー 2 Z は、膜状弾性体 3 の Z 軸方向の力、すなわち圧縮応力を検出する圧力センサとして機能する。なお、Z 軸方向用カンチレバー 2 Z は、図 1 に示すように、カンチレバー 2 X および 2 Y と同様に、片持ち梁形状に形成されるような場合であってもよく、あるいはこのような場合に代えて、その両端が基板部材 4 に固定さ

れるような両持ち梁形状に形成されるような場合であってもよい。

[0042] ここで、このようなカンチレバー 2 により応力を検出する原理について、図 2 に示すセンサ素子 1 の模式説明図を用いて説明する。

[0043] 図 2 に示すように、センサ素子 1 において、弾性体 3 の表面に沿った外力が作用されると、弾性体 3 において水平方向にせん断応力 τ が生じ、弾性体 3 が弾性的に変形されて、水平方向にせん断歪み γ が生じることになる。弾性体 3 内に配置されているカンチレバー 2 は、その可動部 2 a が弾性体 3 と一体的に歪むこととなり、その結果、せん断歪み γ だけその変形方向（例えば図示 X 軸方向）に変形される、すなわち弾性的に変形されることとなる。

[0044] 一方、カンチレバー 2 のヒンジ部 2 c には、ピエゾ抵抗部が設けられている。このピエゾ抵抗部は、可動部 2 a の変形量に応じてその電気的な抵抗値が変化するという機能を有しているとともに、このような変形量と抵抗値の相関性が予め測定されて、電極端子 7 と接続される図示しない制御装置等に相関性データとして入力保持されている。従って、このせん断応力 τ により弾性体 3 に生じたせん断歪み γ がカンチレバー 2 を変形させた量に基づくピエゾ抵抗部の抵抗変化を検出することで、外力作用により弾性体 3 に生じるせん断応力 τ を検出することができる。なお、このような可動部 2 a の変形量検出による応力検出の原理によれば、弾性体 3 の表面沿いの方向の力を検出する X 軸方向用カンチレバー 2 X 及び Y 軸方向用カンチレバー 2 Y における可動部の起き上がり角度は、90 度に設定されることが好ましく、圧力を検出する Z 軸方向用カンチレバー 2 Z における可動部の起き上がり角度は、0 度に設定されることが好ましい。

[0045] 次に、このような構造を有する複数のセンサ素子 1 が用いられた触覚センサ 10 の構造について、図 3 の模式図を用いて説明する。

[0046] 図 3 に示すように、触覚センサ 10 は、複数のセンサ素子 1 が、所定の位置に実装されたフレキシブル基板 11 と、これらのセンサ素子 1 およびフレキシブル基板 11 全体を覆うように、その内部に配置する膜状弾性体 12 とを備えている。フレキシブル基板 11 は、高い柔軟性を有しており、実装さ

れたそれぞれのセンサ素子との間で信号の伝送を行う配線 13 が形成されている。なお、この配線 13 は、センサ素子 1 の基板部材 4 の上面に露出している電極端子 7 に導電体のワイヤを介して接続されている、またはセンサ素子 1 の基板部材 4 の裏面に露出している電極端子 7 に直接接続されている。また、それぞれのセンサ素子 1 は、互いに接触することが無いように、互いに離間、例えば、基板部材 4 が互いに離間して所定の位置に実装されている。膜状弾性体 12 は、高い柔軟性を有する弾性材料により形成されており、このような弾性材料としては、例えば PDMS が用いられる。

[0047] 本実施形態の触覚センサ 10 がこのような構成を有することにより、図 4 の模式図に示すように、触覚センサ 10 は高い柔軟性を有し、様々な形状を有する表面、例えば曲面上に配置させて、膜状弾性体 12 に付加される外力（せん断力または圧力）を検出することができる。

[0048] 次に、このような機能を有するセンサ素子 1 の製造方法について、以下に図面を用いて説明する。この製造方法の説明にあたり、図 5 A～図 5 E にセンサ素子 1 の製造方法の手順を示す模式断面図を示し、図 6 A～図 6 D にそれぞれの工程におけるセンサ素子 1 の状態を示す模式斜視図を示す。

[0049] まず、図 5 A に示すように、例えば、 $300\mu\text{m}$ 厚さの Si 下層 21、 400nm 厚さの SiO_2 層 22、及び 290nm 厚さの Si 上層 23 により構成される SOI ウェハ 20 を用い、例えば急速熱拡散法を用いて、Si 上層 23 における上 100nm の部分を、piezo 抵抗層（部）24 として形成し、さらにその後、piezo 抵抗層 24 上に、それぞれ厚さ 10nm と 150nm の Au/Ni 層 25 をスパッタリング等により形成する。なお、この SOI ウェハ 20 が最終的には基板部材 4 となる。

[0050] 次に、この SOI ウェハ 20 において、カンチレバー 2 の形成位置の周囲に、Au/Ni 層 25 側より複数の係合用孔部 8 を形成する。具体的には、Au/Ni 層 25 上に所定の形状にパターニングされたマスク層（図示せず）を形成した後、Au/Ni 層 25 をエッチングし、さらに piezo 抵抗層 24 および Si 上層 23 を DRIE（Deep Reactive Ion Etching）にてエッチ

ングを行う。その後、 SiO_2 層22をHF (hydrogen fluoride) 溶液を用いてエッチングを行い、さらにSi下層21をDRIEにてエッチングを行う。このエッチング処理により、SOIウェハ20上には、図5Bに示すように、複数の係合用孔部8が形成される。なお、係合用孔部8は、後にカンチレバー2が形成される位置の周囲近傍に形成されることが好ましく、配線6などの他の構成部と干渉しない位置に、例えば $40\mu\text{m}$ 程度の深さにて形成される。また、エッチング処理完了後、マスク層は除去される。

[0051] このような複数の係合用孔部8が形成されたAu/Ni層25上に、マスク層（図示せず）を形成し、その後、所定の形状にパターニングして、このマスク層を用いて、Au/Ni層25、ピエゾ抵抗層24およびSi上層23に対してエッチングを行う。その後、カンチレバー2のピエゾ抵抗部を形成するために、カンチレバー2の固定部2bと可動部2aをつなぐ部分であるヒンジ部に相当する部分を覆うように配置されているマスク層を、エッチングにより除去する。さらにその後、SOIウェハ20の裏面側より、Si下層21に対してDRIEにてエッチングを行い、さらに、HFガスを用いて SiO_2 層をエッチングすることにより、カンチレバー2において可動部2a、すなわち自由端となるべき構造部を、Si下層21及び SiO_2 層から開放させた状態とさせる（すなわち、貫通開口部5を形成する。）。これで、カンチレバー2としての基本的な構造が完成する。

[0052] その後、SOIウェハ20に対して例えば磁界を付与すること等により、X軸方向用およびY軸方向用のカンチレバー2X、2Yの可動部2aを鉛直方向沿いに立ち上げさせて、所定の処理を施すことにより、可動部2aが立ち上げられた状態（起立姿勢状態）を保持させる。一方、Z軸方向用のカンチレバー2Zの可動部2aは立ち上げられることなく、その水平方向の姿勢が保持された状態とされる。その結果、図5Cおよび図6Aに示すように、SOIウェハ20をベースとして基板部材4に固定された複数のカンチレバー2が形成される。なお、図5Cでは、カンチレバー2として、例えばX軸方向用カンチレバー2XとZ軸方向用カンチレバー2Zの2つのカンチレバ

一のみを図示している。

[0053] ここで、このようなカンチレバー 2 の模式上面図を図 7 に示す。なお、図 7 では、起立姿勢とされる前の状態のカンチレバー 2 を示す。図 7 に示すように、カンチレバー 2 は、例えばその可動部 2 a における幅寸法 d_1 が $80\ \mu\text{m}$ 、可動部 2 a の長さ寸法 d_2 が $200\ \mu\text{m}$ 、可動部 2 a と固定部 2 b との間のヒンジ部 2 c の長さ寸法 d_3 が $100\ \mu\text{m}$ 、それぞれのヒンジ部 2 c の幅寸法が $25\ \mu\text{m}$ というような大きさに形成されており、カンチレバー 2 全体の長さ寸法が $300\ \mu\text{m}$ となっている。また、ピエゾ抵抗層 2 4 の厚さ寸法が $100\ \text{nm}$ とされている。また、図 7 に示すように、カンチレバー 2 の固定部 2 b には、外部との間で電気信号の受け渡しを行うための端子部 9 が形成されている。さらに、可動部 2 a と固定部 2 b との間のヒンジ部 2 c は、図示平面的に中空部分が設けられている。また、このようにヒンジ部 2 c が、中空部分が設けられるように 2 本の構造体に分割されていることにより、それぞれの構造体に対して付与される傾き等の出力を、それぞれのピエゾ抵抗層の出力間で打ち消し合うことで、カンチレバー 2 における一方向のみの変形量を正確に検出することが可能となる。なお、このようなヒンジ部 2 c における上記構造体の幅寸法は、例えば $25\ \mu\text{m}$ に形成される。なお、本明細書において微小 3 次元構造体要素の「微小」とは、例えば、 $100\ \mu\text{m} \sim 1\ \text{mm}$ 程度の厚さに形成された弾性体 3 内に複数の 3 次元構造体要素（すなわち、カンチレバー 2）が配置されても、膜状弾性体 1 2 が有する柔軟性に実質的な影響がほとんど生じないような 3 次元構造体要素の大きさを示すものであり、例えば、数百 μm 以下の大きさを示す。また、このようなカンチレバー 2 は、弾性体 3 の厚さ寸法に応じて、その柔軟性に実質的な影響を与えないような大きさに、数百 μm 以下でより小さな大きさに形成されることが望ましい。

[0054] 次に、図 6 B に示すように、このような SOI ウェハ 2 0 上において形成されたそれぞれのカンチレバー 2 を覆うように弾性体 3 を形成する。具体的には、SOI ウェハ 2 0 のカンチレバー 2 が形成されている側の表面に、流

動状態（あるいは溶融状態）の弾性体（例えば上述したナノ構造体用のPDMS）3を注入して供給する。このような弾性体3の供給は、少なくとも全てのカンチレバー2が弾性体3内に浸漬されて埋設されるように行われる。また、この弾性体3は、高い流動性を有しているため、それぞれの貫通開口部5および係合用孔部8内にも弾性体3が注入されて充填された状態となる。その後、供給された流動状態の弾性体3を硬化させて、図5Dおよび図6Cに示すように、弾性体3の内側にそれぞれのカンチレバー2が配置された状態となる。また、この状態においては、それぞれの係合用孔部8内にも弾性体3が入り込んで硬化しているため、弾性体3と基板部材4の表面とが互いに係合された状態にて強固に固定されている。なお、弾性体3は、その厚さ寸法として、例えば500 μ mに形成される。

[0055] このような状態では、図6Cに示すように、複数のセンサ素子1が、基板部材4および弾性体3が一体的に連結されて連なった状態となっている。その後、図6Dに示すように、切断治具の一例であるダイサー29を用いて、弾性体3および基板部材4を切断する。その結果、図5Eに示すように、それぞれのセンサ素子1が互いに分割されて、複数のセンサ素子1が形成される。なお、このセンサ素子1の分割、すなわちダイシング処理の前後において、センサ素子1の電極端子7上に配置されている弾性体3を部分的に除去して、電極端子7を露出される処理が行われる。このように形成されたセンサ素子1は、例えば図1に示すように、X軸方向用カンチレバー2X、Y軸方向用カンチレバー2Y、Z軸方向用カンチレバー2Zを備えており、例えば、X軸方向に2mm、Y軸方向に2mm程度の大きさにて形成される。

[0056] その後、図3に示すように、それぞれのセンサ素子1をフレキシブル基板11上の所定の実装位置に実装する。さらにその後、複数のセンサ素子1が実装されたフレキシブル基板11を、流動状態のPDMS内に浸漬すること等により、膜状弾性体12内に配置する。流動状態のPDMSが硬化すると、図3に示す触覚センサ10が完成する。

[0057] また、触覚センサ10の厚み方向に関して、それぞれのカンチレバー2の

ヒンジ部 2 c が膜状弾性体 1 2 の中立線上に位置されるように、それぞれのセンサ素子 1 が配置されることが好ましい。このような配置が採用されることにより、膜状弾性体 1 2 が曲げられた場合であっても、中立線上においては伸びや縮みが生じにくいため、膜状弾性体 1 2 の曲げの伴うカンチレバー 2 の破損を防止することができる。

[0058] なお、膜状弾性体 1 2 の形成が、流動状態の PDMS の供給により行われる場合に代えて、2 枚の膜状の PDMS を用いてフレキシブル基板 1 1 を挟んで、この 2 枚の膜を一体的に接合すること等により行われるような場合であってもよい。

[0059] また、それぞれのセンサ素子 1 とフレキシブル基板 1 1 とが、共に膜状弾性体 1 2 の内部に配置される場合に代えて、それぞれのセンサ素子 1 のみが膜状弾性体 1 2 の内部に配置されて、フレキシブル基板 1 1 が膜状弾性体 1 1 と接するように配置されているような構造を採用することもできる。このような構造が採用される場合には、フレキシブル基板 1 1 のセンサ素子 1 が実装されている表面に PDMS を例えば転写することで、それぞれのセンサ素子 1 を膜状弾性体 1 2 内に配置させるという手法を採用することもできる。

[0060] また、このような微小 3 次元構造体要素であるカンチレバー 2 は、少なくともその一部が可動する可動構造を有しており、弾性体内へ配置された状態において、外力の作用等によりその周囲に配置されている弾性体とともに可動する構造を有するような構造体要素である。ただし、このような微小 3 次元構造体要素が弾性体内に埋設されて形成される 3 次元構造体構成用素子（センサ素子 1）が、可動部（可動構造）の変形を検出するセンサ等の用途に限られず用いられるような場合、例えば、集積回路やフォトセンサなどの可動部の変形を伴わないような用途において用いられるような場合にあっては、それぞれの微小 3 次元構造体要素が、可動構造を有していないような場合であってもよく、本発明の製造方法を適用して 3 次元構造体構成用素子を製造することができる。

[0061] さらに、微小3次元構造体要素は、3次元構造体に対する外力の作用により弾性体に生じる弾性変形（例えばせん断歪み）に基づくその可動構造の動作（変形）を検知する外力検知機能を有していることが好ましい。あるいは、その可動構造を動作（変形）させることによりその周囲に配置されている弾性体に対して外力を伝達し、この弾性体を弾性変形させる外力伝達機能を有しているような場合であってもよい。このような外力検知機能は、例えばカンチレバーを例とすれば、触覚センサとしての機能に代表され、また、外力伝達機能は、カンチレバーをアクチュエータとして作動させることで、弾性体を部分的に弾性変形させるような機能である。このように、微小3次元構造体要素が、外力検知機能や外力伝達機能を有すれば、弾性体内に埋め込まれた状態にて当該機能を個別的にかつ確実に発揮することが可能となる。なお、カンチレバーにおけるピエゾ抵抗層（部）が、このような機能を有する外力検知部である。また、カンチレバーを外力伝達部としても機能させることも可能である。カンチレバーを外力伝達部として機能させるには、可動部を動作させる機構、例えば圧電素子を別途備えさせるか、あるいは、磁気異方性を用いて磁場を印加して可動部を動作させることにより実現することができる。さらにカンチレバーに外力検知機能と外力伝達機能とを併せて備えさせることで、外力検知機能により外力の検知を受けて外力伝達機能により情報伝達させるようにすることもできる。

[0062] また、3次元構造体構成用素子や3次元構造体は、このようにセンサやアクチュエータとして適用される以外に、集積回路、ディスプレイ（有機EL）などにも適用することができる。また、このような触覚センサは、ロボットの皮膚感覚センサとしての用途以外にも、大面積（特に曲面形状を有する）の物体の表面に膜状弾性体を接触させて物体表面の形状を測定する計測器用プローブ、コンピュータ入力用のポインティングデバイス、タブレット、並びにバーチャルリアリティ実現用の入力および出力装置としての用途にも適用可能である。また、3次元構造体は、可動構造を有する微小3次元構造体要素を温度や加速度を検知する構造体要素として機能させるような温度セ

ンサや加速度センサとして構成させることもできる。さらに、温度検知機能を有する微小 3 次元構造体要素と、他の機能を有する微小 3 次元構造体要素とを混在させて弾性体内に配置させてセンサを一体的に構成することで、温度補償センサを構成することもできる。

[0063] 上記実施形態によれば、以下のような種々の効果を得ることができる。

[0064] まず、基板部材 4 上に固定されたカンチレバー 2 と、このカンチレバー 2 を覆うように基板部材 4 に固定された弾性体 3 とにより構成される複数のセンサ素子 1 を用いて、膜状弾性体 1 2 の内部に、それぞれのセンサ素子 1 を互いに離間させた状態にて配置して、触覚センサ 1 0 を構成することができる。そのため、膜状弾性体 1 2 内にて、複数のセンサ素子 1 を、所望の配置間隔や位置に配置させることができ、様々な用途や仕様に対応可能な触覚センサ 1 0 を提供することができる。

[0065] 特に、このようなカンチレバーは、S O I ウェハ上に形成されるため、従来のように、S O I ウェハ上に形成された複数のカンチレバーを、そのまま弾性体内に配置させるような手法では、それぞれのカンチレバーの配置間隔や位置が、S O I ウェハ上の形成位置に限定されることになるため、カンチレバー 2 の配置の自由度が低いという問題がある。しかしながら、本実施形態のように、S O I ウェハ 2 0 上に形成された複数のカンチレバー 2 を 1 個又は複数個のグループに分割して、分割された個々のグループのカンチレバー 2 を、所望の配置間隔および位置にて膜状弾性体 1 2 内に配置させることができる。したがって、例えば、大面積のシート状の形態を有する触覚センサ 1 0 を形成することも可能となる。また、カンチレバー 2 の配置間隔を変更するような場合、エッチングプロセスにて用いられるマスクレイアウトからの設計変更を伴うことなく、単にセンサ素子 1 の配置間隔を変更することで対応することができるため、カンチレバー 2 の配置の自由度を高めることができる。

[0066] また、本実施形態では、S O I ウェハ 2 0 上に形成されたそれぞれのカンチレバー 2 を弾性体 3 にて覆った状態にて、S O I ウェハ 2 0 および弾性体

3を切断して、個々のセンサ素子1への分割を行うという手法が採用されている。このような手法が採用されていることにより、分割された後のセンサ素子1においても、それぞれのカンチレバー2が弾性体3にて保護された状態とすることができるため、センサ素子1の取り扱い性を良好なものとすることができる。特に、このようなカンチレバー2自体は、MEMSまたはNEMS技術にて形成されるような微小な構造体要素であるため、比較的損傷しやすいという特徴を有するが、このように弾性体3にて保護された状態にて、分割のためのダンシング処理が行われるため、分割処理の際にカンチレバー2を確実に保護することができる。さらにその後、個々のセンサ素子1にてもカンチレバー2が弾性体3にて保護された状態が継続されるため、カンチレバー2の保護が確実なものとなる。

[0067] また、センサ素子1において、基板部材4の表面におけるそれぞれのカンチレバー2の形成位置の周囲に、複数の係合用孔部8が形成されており、この係合用孔部8の内部に弾性体3が充填されていることにより、基板部材4への弾性体3の固定の強度を高めることができる。このように固定強度を向上させることで、センサ素子1の耐久性を高めることができる。さらに、可動部2aを有するカンチレバー2の周囲にこのような係合用孔部8が設けられていることにより、カンチレバー2とその周囲近傍の弾性体3との一体性を高めることができ、可動部2aの動作と弾性体3の変形との関連性を強めることができる。

[0068] また、触覚センサ10では、膜状弾性体12と、センサ素子1の弾性体3との2つの弾性体が用いられる構成が採用されていることにより、例えば、それぞれの弾性体の種類をその目的や機能に応じて異ならせることができる。例えば、弾性体3として膜状弾性体12よりも流動性の高い弾性材料を用いることにより、基板部材4上に形成された微小形状を有する種々の構成部（カンチレバー2および係合用孔部8）の細部にまで弾性体3を入り込ませて、それぞれの構成部の表面に弾性体3を確実に接するように配置させることができる。一方、膜状弾性体12としては、触覚センサ10の用途や仕様

に応じた仕様の弾性材料を用いることができる。したがって、このように弾性体の種類を使い分けることで、センサ素子 1 としての機能を確実なものとしながら、様々な仕様や用途に対応可能な触覚センサ 10 を提供することができる。なお、膜状弾性体 12 と弾性体 3 とに同じ種類の弾性材料が用いられるような場合であってもよい。

[0069] また、触覚センサ 10 の用途や仕様に応じて、センサ素子 1 の弾性体 3 の厚みを設定することができる。例えば、弾性体 3 の厚みを厚く設定することで、同じ大きさ力（せん断力や圧力）が付加された場合でも弾性体 3 の変位量が大きくなるため、触覚センサ 10 に接する対象物に柔らかく接することができる。また、付加された力が分散することになるため、カンチレバー 2 等が破損することを防止することができる。また、弾性体 3 の厚みが厚くなる程、応力検出の周波数特性が低下する傾向になる。したがって、求められる触覚センサ 10 の仕様に応じて、センサ素子 1 の弾性体 3 の厚みを設定することが好ましい。

[0070] また、センサ素子 1 の製造工程を実施した後、触覚センサ 10 を製造する前に、センサ素子 1 単体にて品質検査を行うことができる。このような品質検査を行うことで、不良のセンサ素子 1 を排除して、触覚センサ 10 を製造することができ、製造された触覚センサ 10 の品質を向上させることができる。

[0071] なお、上述の説明ではでは、センサ素子 1 内に、X 軸方向用カンチレバー 2 X、Y 軸方向用カンチレバー 2 Y、および Z 軸方向用カンチレバー 2 Z の異なる 3 方向の応力を検出可能なカンチレバー 2 を配置させた構成を例として説明したが、本実施形態はこのような場合についてのみ限定されるものではない。このような場合に代えて、例えば、1 つのカンチレバー 2 のみが、センサ素子 1 内に備えられるような場合でもよく、また、同一方向の応力を検出可能なカンチレバー 2 が複数個備えられるような場合でもよい。

[0072] ただし、X 軸、Y 軸および Z 軸というように異なる 3 つの方向の応力を検出可能なカンチレバー 2 をセンサ素子 1 が備えるような構成を採用すること

により、１つのセンサ素子１にて、すなわち同じ位置にて異なる３つの方向の応力を検出することができる。また、センサ素子１が備える回路部にて、このような３つのカンチレバー２に共通する回路、例えば、温度補償、増幅などの制御回路を共有させて、センサ素子１毎に調整が可能な仕様とすることができ、センサ素子１の信頼性を高めることができる。また、このような回路部の共有化を行うことで、センサ素子１の電気的な条件の共有化を図ることができるとともに、回路構成の小型化を図ることができる。

[0073] また、上述の説明では、係合用孔部８が、基板部材４を貫通しないような孔部として形成されているような場合について説明したが、このような係合用孔部８を貫通孔として形成することもできる。貫通孔として形成される場合には、係合用孔部８内への弾性体３の充填性を高めることができる。一方、貫通しないような孔部として形成される場合には、流動性の高い弾性材料を用いて、孔部内に残留する気泡を真空脱泡することにより、その充填性を高めることができる。

[0074] また、このような係合用孔部８は、基板部材４における弾性体３との接触表面積を増大させるように形成されることが好ましく、小さな孔径の係合用孔部８をより深い深さ寸法にて多数形成することが好ましい。また、接触表面積を増大させるという観点から見ると、孔部８の内表面は凹凸の多い表面にて形成することが好ましい。ただし、弾性体３の流動性等の仕様を考慮して、確実な充填を行うという観点から、その孔径や深さ寸法および内表面の形状などを決定することが望ましい。また、係合用孔部８の数や仕様は、基板部材４の強度を損なわないように決定することが望ましい。

[0075] なお、上述の説明では、係合部の一例として係合用孔部８について説明したが、この孔部８の孔形状は、円形他、楕円形、矩形、多角形など、様々な形状を採用することができる。また、係合部として、基板部材４の表面に凹状または凸状形状の構造部を形成するような場合であってもよい。

[0076] また、上述の説明では、それぞれのセンサ素子１を切断して分割するための手段としてダイサー２９を用いたダイシング処理が行われる場合を一例と

して説明したが、このような切断治具を用いるような場合に代えて、エッチング処理等を用いた分割処理を行うような場合であってもよい。

[0077] なお、上記様々な実施形態のうちの任意の実施形態を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。

[0078] 本発明は、添付図面を参照しながら好ましい実施形態に関連して十分に記載されているが、この技術の熟練した人々にとっては種々の変形や修正は明白である。そのような変形や修正は、添付した請求の範囲による本発明の範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである。

[0079] 2008年3月13日に出願された日本国特許出願No. 2008-64359号の明細書、図面、及び特許請求の範囲の開示内容は、全体として参照されて本明細書の中に取り入れられるものである。

請求の範囲

- [1] 可動構造を有する微小 3 次元構造体要素と、
上記微小 3 次元構造体要素が固定された基板部材と、
上記微小 3 次元構造体要素をその内部に配置する弾性体とを備え、
上記基板部材は凹状または凸状形状を有する係合部を有し、上記係合部と係合された状態にて、上記弾性体が上記基板部材に固定されている、3 次元構造体構成用素子。
- [2] 上記基板部材における上記微小 3 次元構造体要素の固定位置の周囲に、上記係合部として複数の係合用孔部が形成され、上記複数の係合用孔部内に上記弾性体が充填されている、請求項 1 に記載の 3 次元構造体構成用素子。
- [3] 上記可動構造は、実質的に一方向に変形可能な構造であって、
互いに変形可能な方向が異なる複数の上記微小 3 次元構造体要素が、1 つの上記基板部材に固定された状態にて、1 つの上記弾性体の内部に配置されている、請求項 1 または 2 に記載の 3 次元構造体構成用素子。
- [4] 上記基板部材は、それぞれの上記微小 3 次元構造体要素との間で電気信号の受け渡しを行う共通の回路部を有する、請求項 3 に記載の 3 次元構造体構成用素子。
- [5] 請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の複数の 3 次元構造体構成用素子と、
上記複数の 3 次元構造体構成用素子を、互いの上記基板部材を離間させた状態にてその内部に配置する膜状弾性体とを備える、3 次元構造体。
- [6] 上記弾性体を形成する樹脂は、上記膜状弾性体を形成する樹脂よりも、その熔融状態にて高い流動性を有する、請求項 5 に記載の 3 次元構造体。
- [7] 上記複数の 3 次元構造体構成素子が実装されたフレキシブル基板をさらに備え、
上記フレキシブル基板は、上記膜状弾性体の内部に配置されている、請求項 5 または 6 に記載の 3 次元構造体。
- [8] 基板部材に固定された可動構造を有する複数の微小 3 次元構造体要素を弾

性体の内部に配置するとともに、上記基板部材に形成された凹状または凸形状を有する係合部と上記弾性体とを係合させながら上記弾性体を上記基板部材に固定し、

その後、上記基板部材と上記弾性体を切断して、上記複数の微小 3 次元構造体要素を分割して、分割された上記基板部材に 1 又は複数の上記微小 3 次元構造体要素が固定され、かつ分割された上記弾性体内に配置された複数の 3 次元構造体構成用素子を形成する、3 次元構造体構成用素子の製造方法。

- [9] 上記基板部材における上記微小 3 次元構造体要素の固定位置の周囲に、上記係合部として複数の係合用孔部を形成した後、

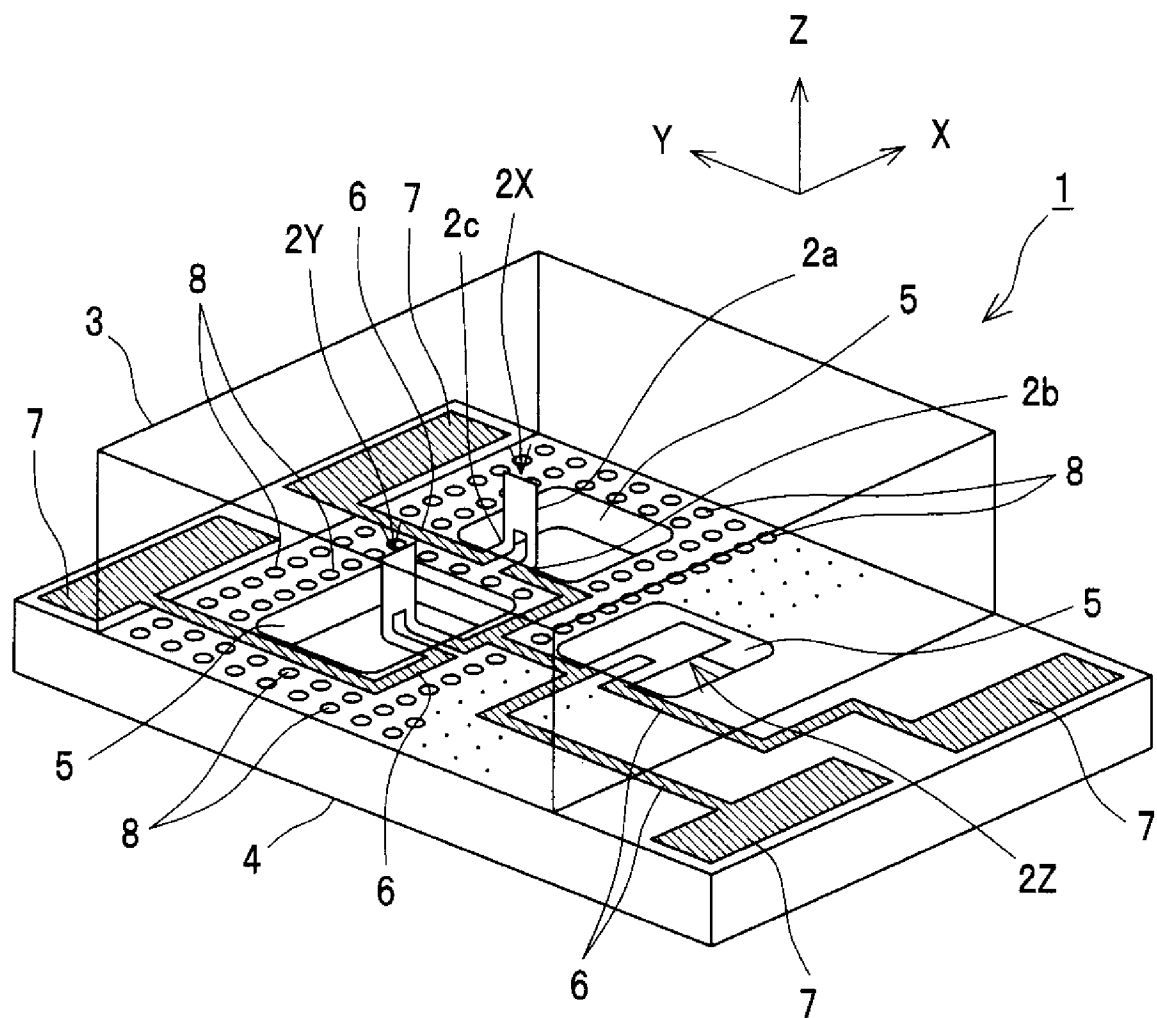
流動状態の樹脂材料を上記基板部材上に供給して、上記微小 3 次元構造体要素を覆うとともに、上記複数の係合用孔部内に上記樹脂材料を充填させ、

その後、上記樹脂材料を硬化させることにより、上記樹脂材料により形成された上記弾性体を上記基板部材に固定する、請求項 8 に記載の 3 次元構造体構成用素子の製造方法。

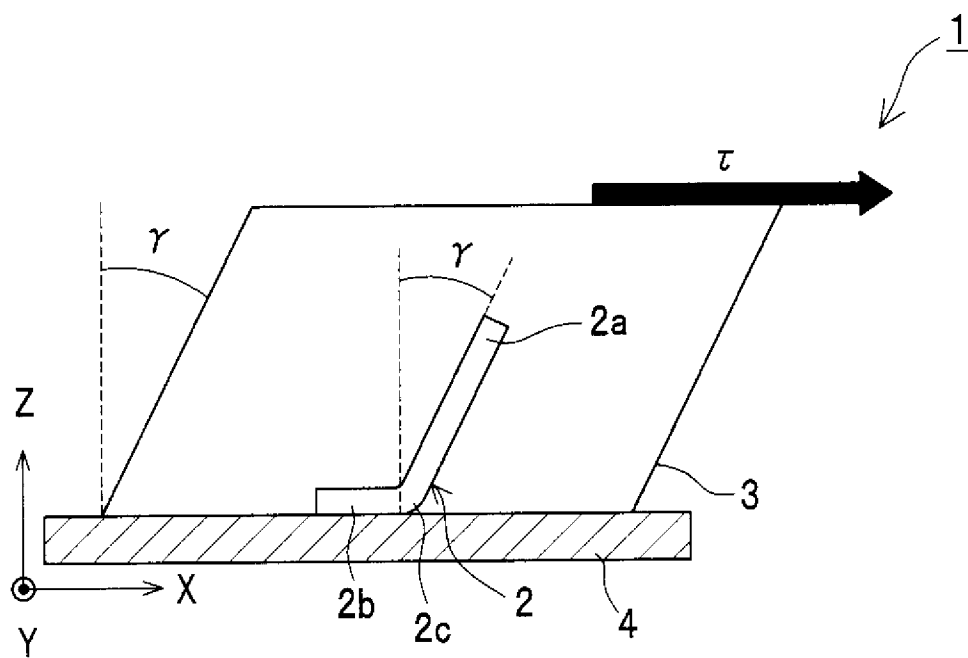
- [10] 請求項 8 または 9 の製造方法により製造された上記複数の 3 次元構造体構成用素子を、互いに上記基板部材を離間させた状態にて膜状弾性体の内部に配置して 3 次元構造体を形成する、3 次元構造体の製造方法。

- [11] 上記弾性体を形成する樹脂は、上記膜状弾性体を形成する樹脂よりも、その熔融状態にて高い流動性を有する、請求項 10 に記載の 3 次元構造体の製造方法。

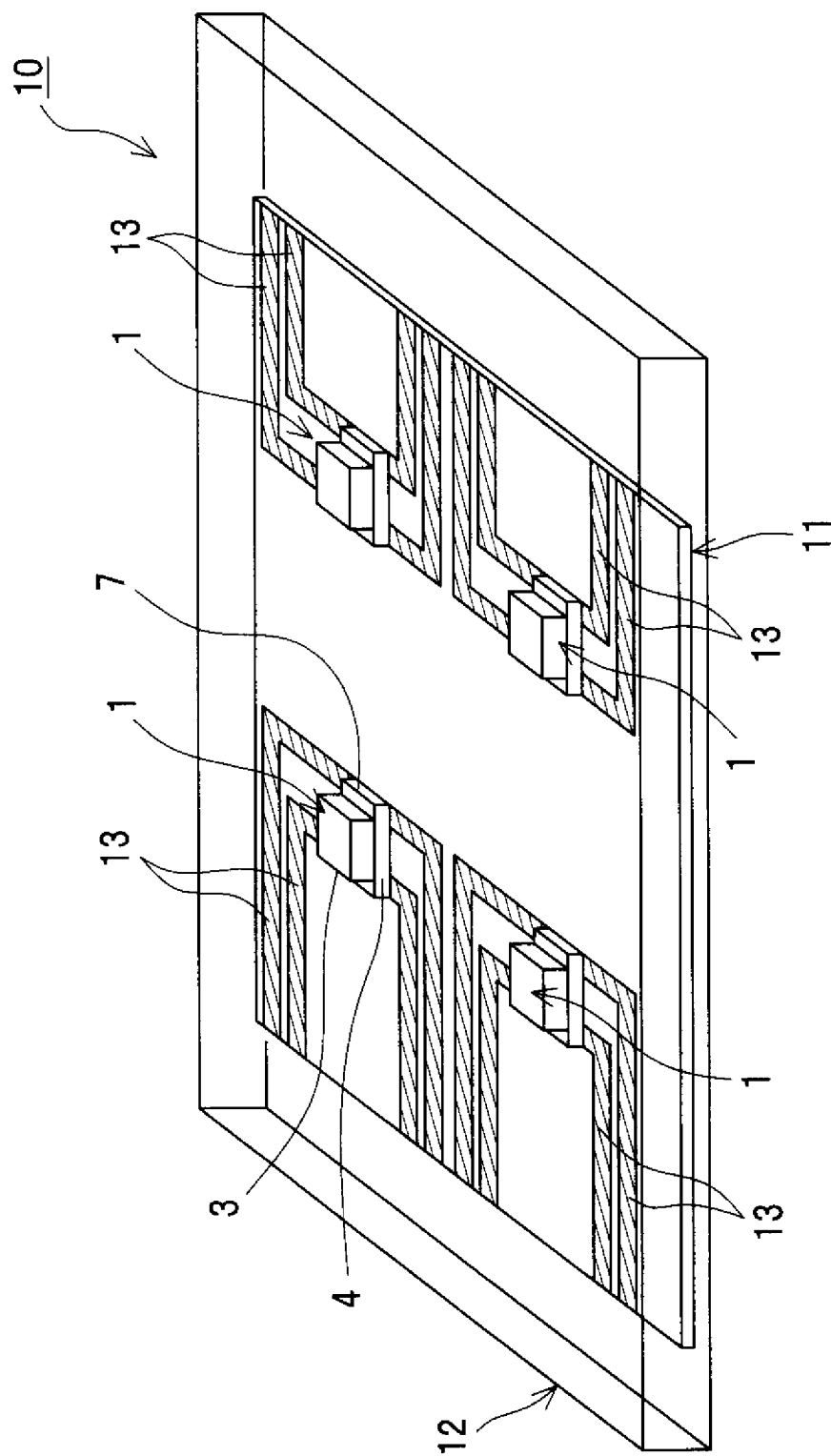
[図1]



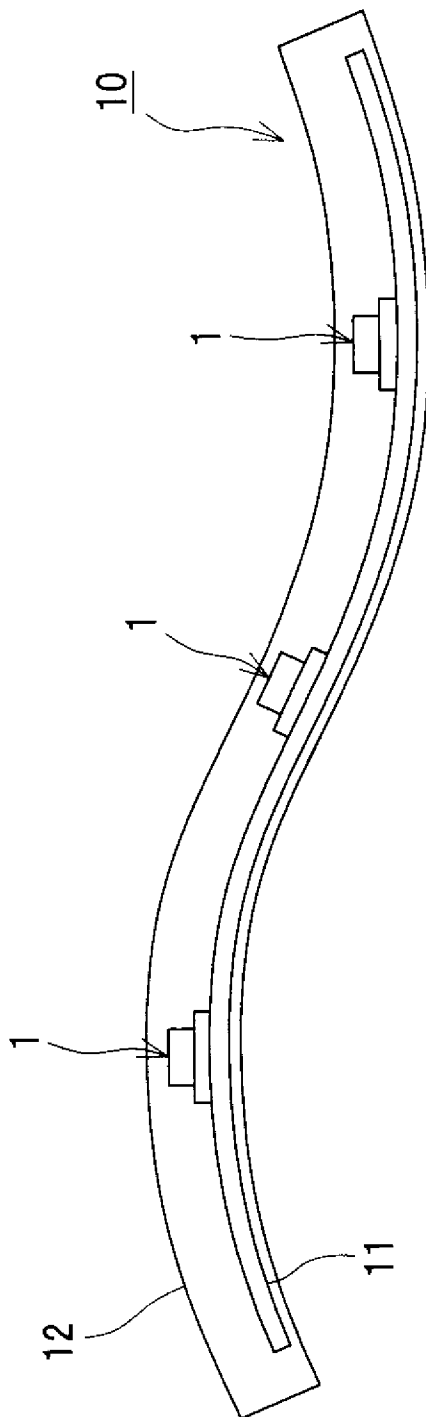
[図2]



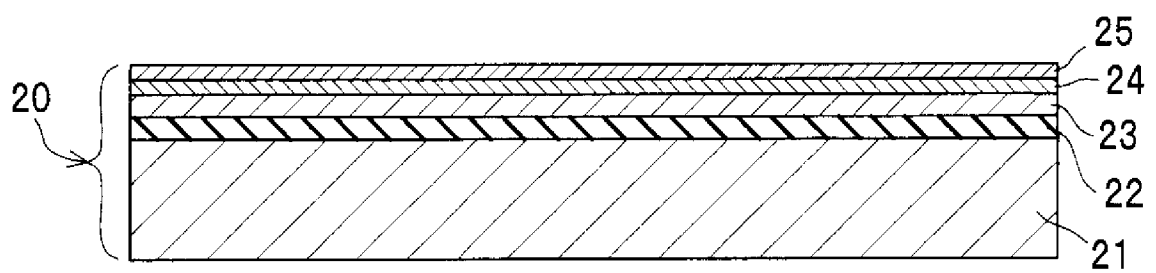
[図3]



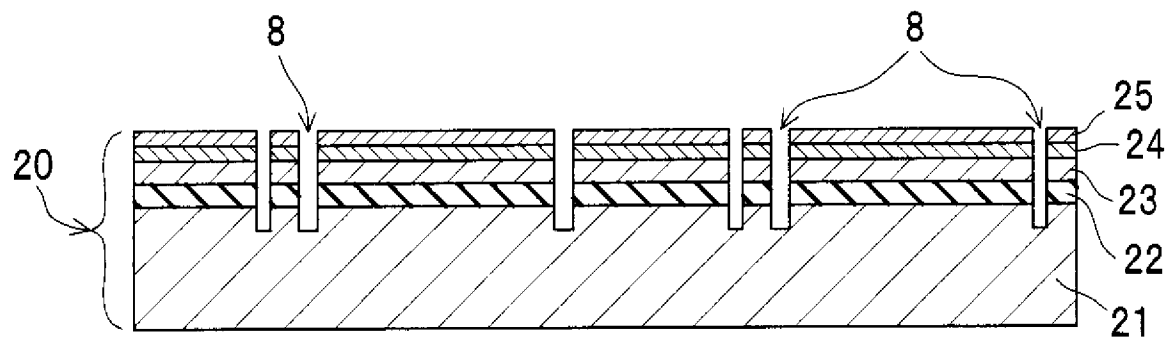
[図4]



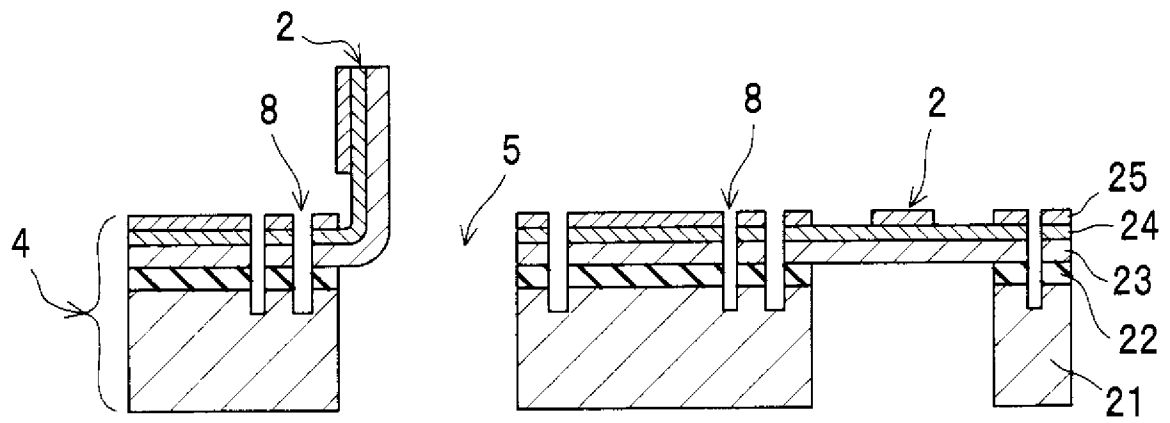
[図5A]



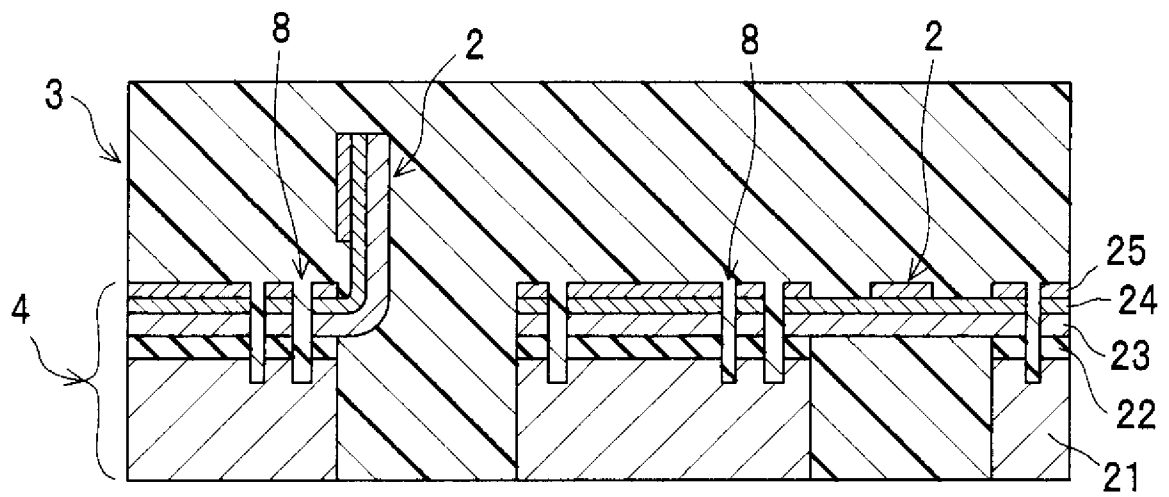
[図5B]



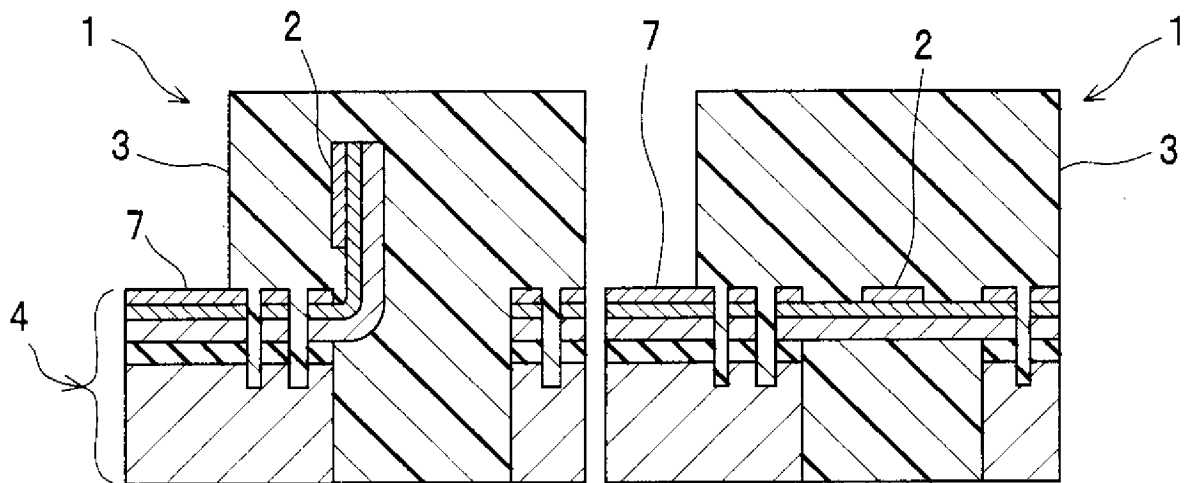
[図5C]



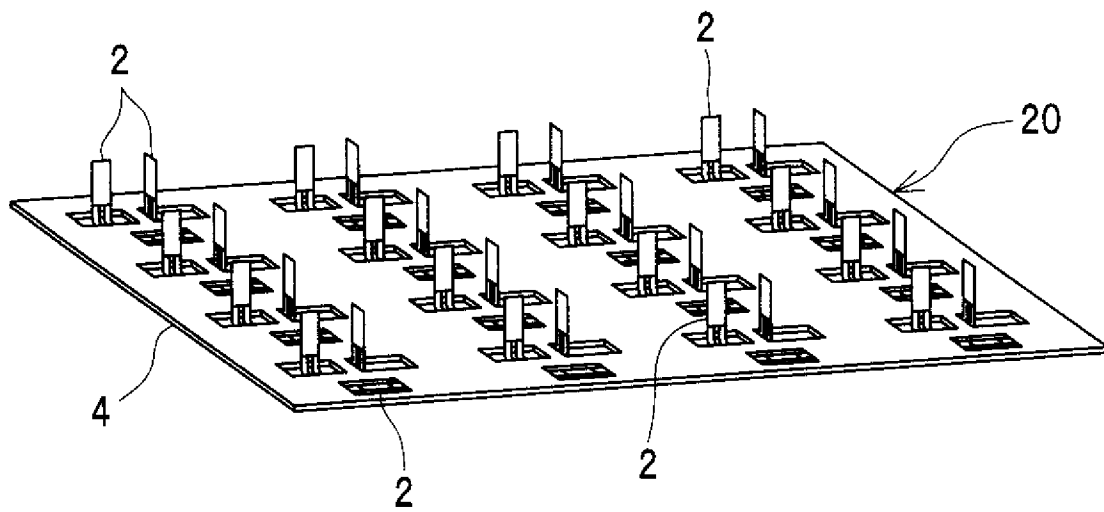
[図5D]



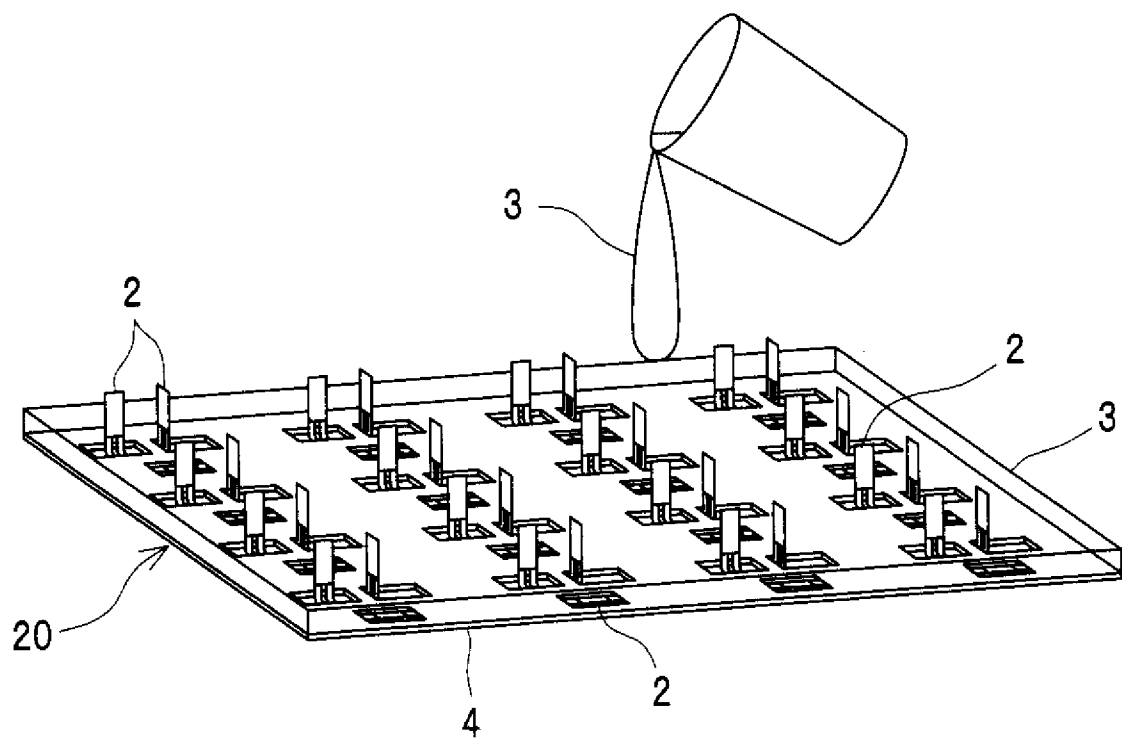
[図5E]



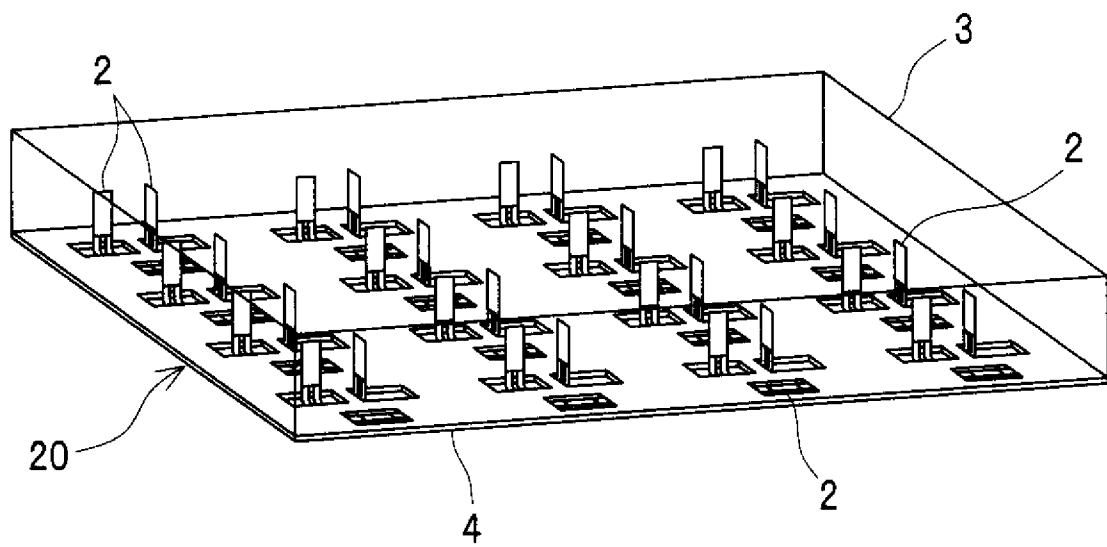
[図6A]



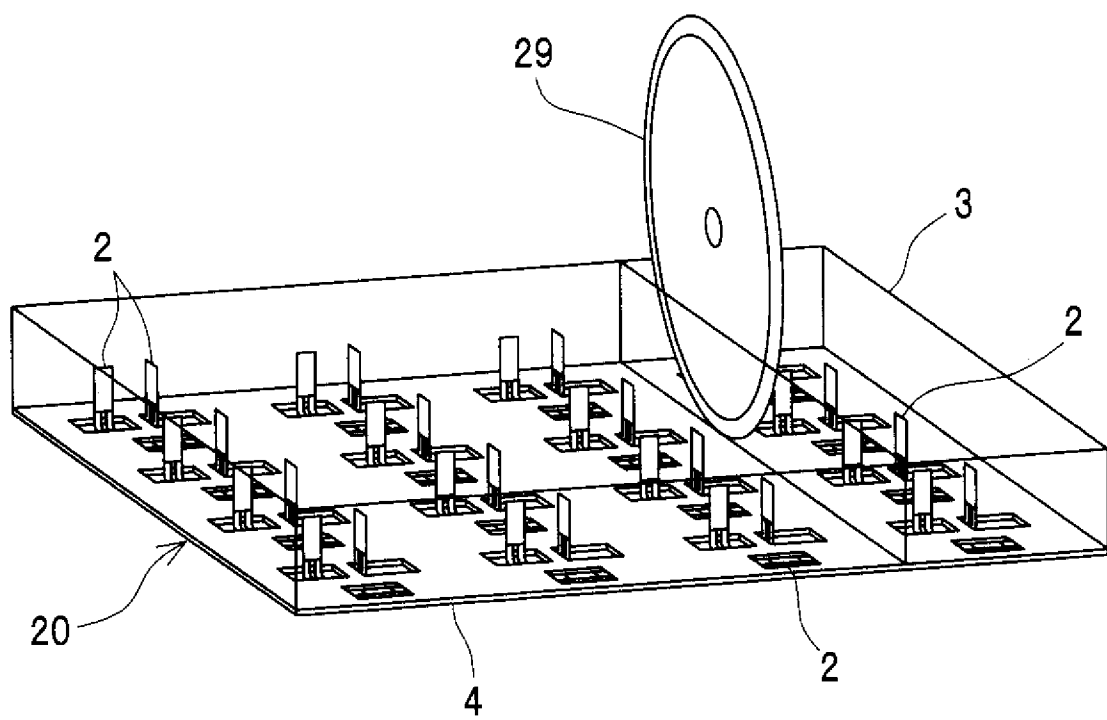
[図6B]



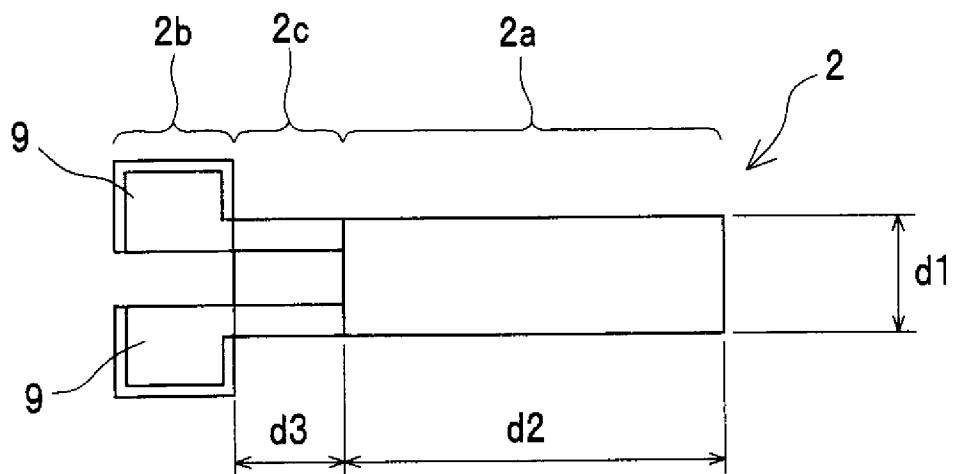
[図6C]



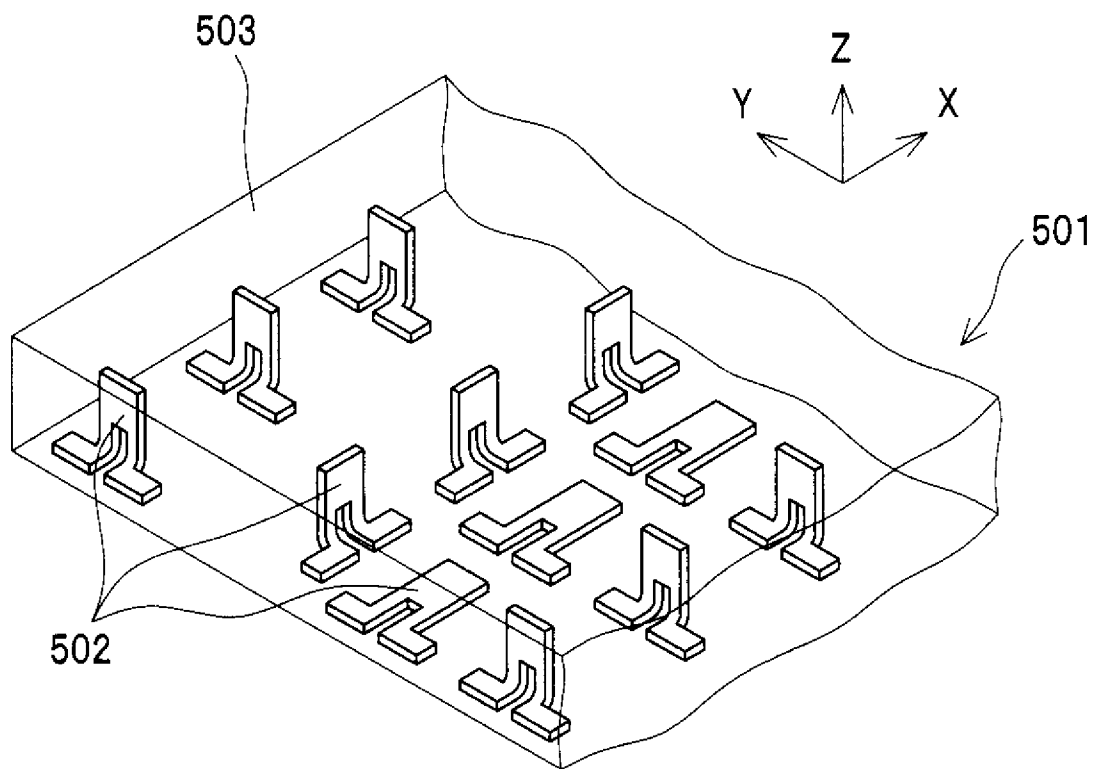
[図6D]



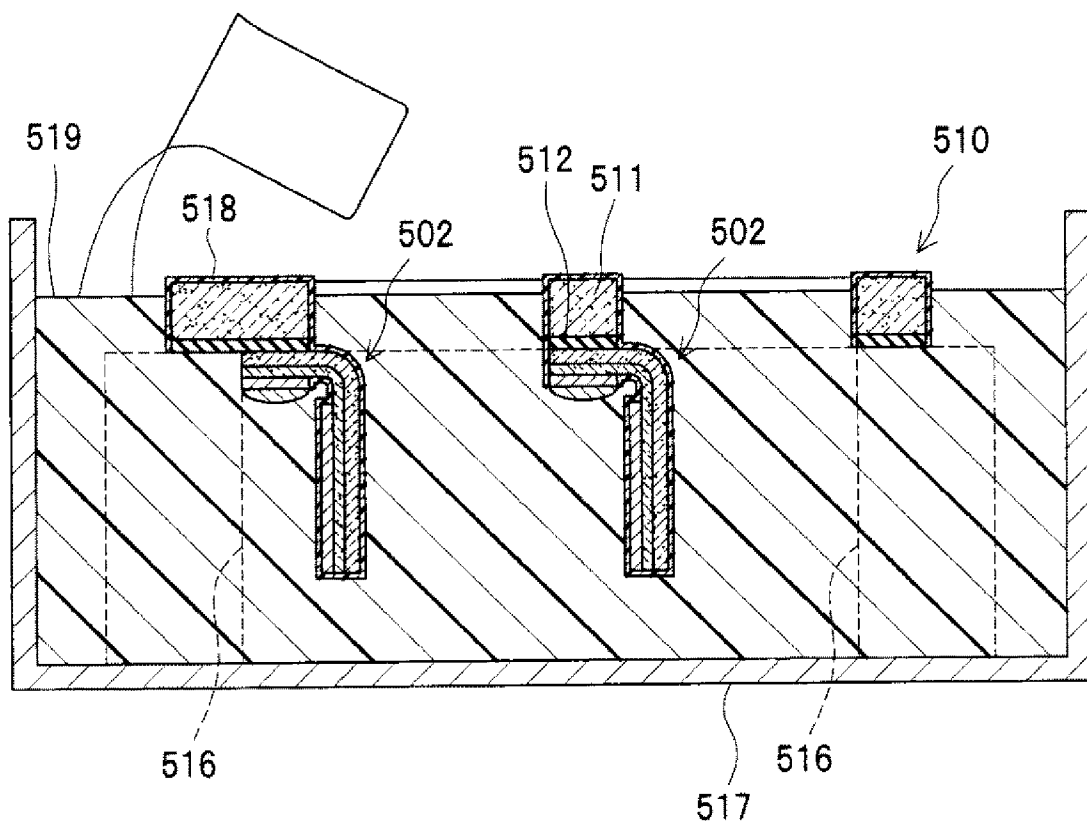
[図7]



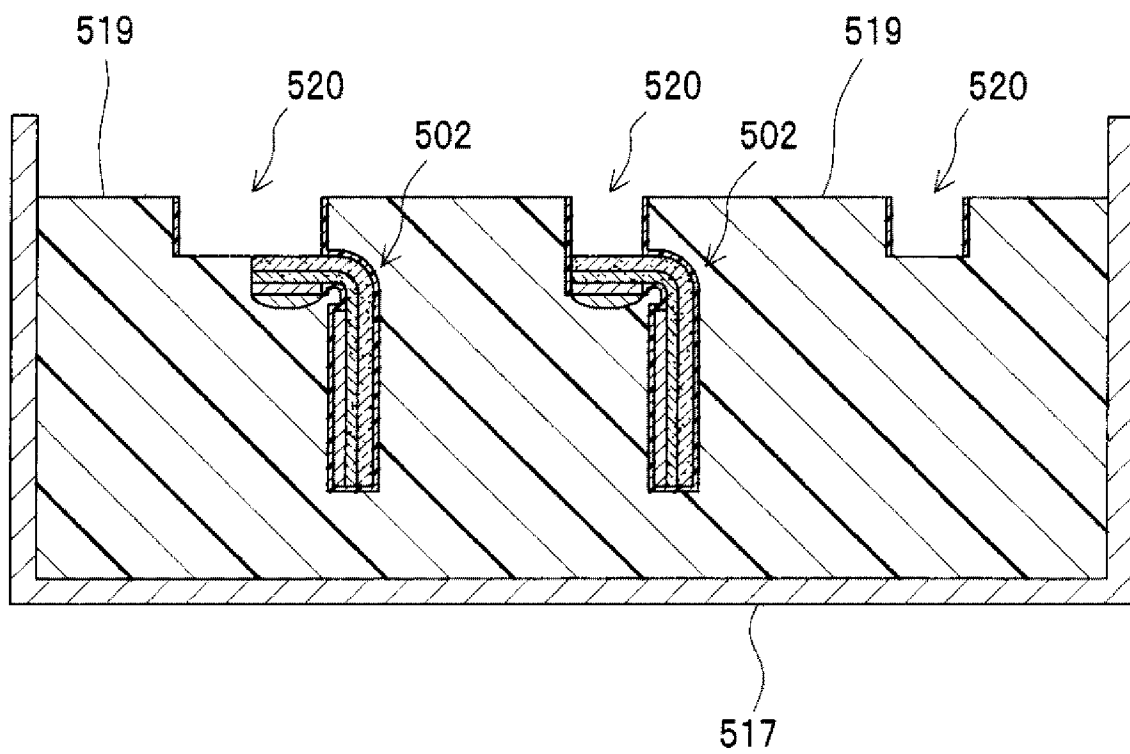
[図8]



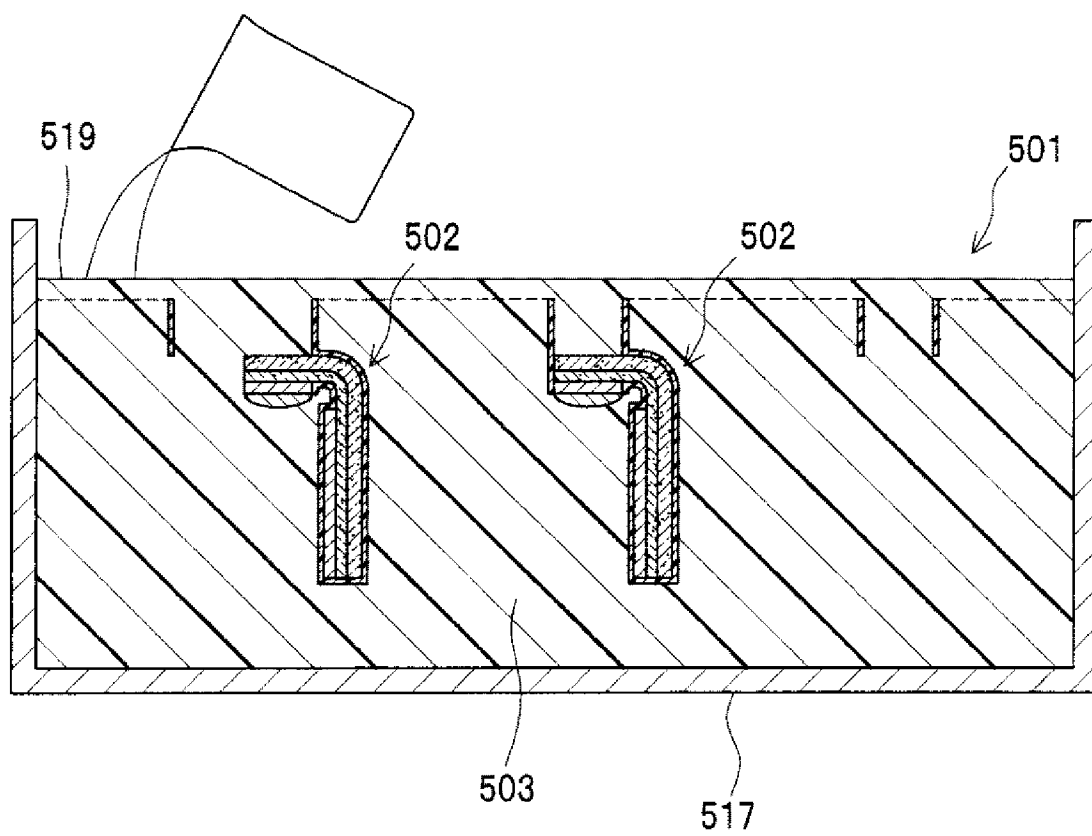
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/001126

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L5/16(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G01L5/00(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)

G01L5/16, B81B3/00, G01L5/00, H01L29/84

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 2006-208248 A (The University of Tokyo), 10 August, 2006 (10.08.06), Full text; all drawings (Family: none)	1-11
Y	JP 2-641 Y2 (Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd.), 09 January, 1990 (09.01.90), Page 3, left column, lines 17 to 26; Figs. 2, 5 (Family: none)	1-11
Y	JP 2000-65653 A (Asmo Co., Ltd.), 03 March, 2000 (03.03.00), Par. Nos. [0102] to [0105]; Fig. 18 (Family: none)	1-11

☒ 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
07 April, 2009 (07.04.09)Date of mailing of the international search report
21 April, 2009 (21.04.09)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/001126

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-275979 A (National Institute of Information and Communications Technology), 12 October, 2006 (12.10.06), Par. No. [0034]; Fig. 2 & WO 2006/106612 A1	5-7, 10-11
Y	JP 2008-26178 A (Advanced Telecommunications Research Institute International), 07 February, 2008 (07.02.08), Full text; all drawings (Family: none)	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/001126

"Elements" including such a wide concept as "three-dimensional structure constitution elements" in claim 1 and "a method of manufacturing three-dimensional structure constitution elements" in claim 8 are described in the inventions. However, the matter disclosed in the meaning of PCT article 5 is only "three-dimensional structure constitution elements" used as a touch sensor stated in the description. Therefore, it lacks the support in the meaning of PCT article 6.

As a result, the search has been performed in the scope supported by and disclosed in the description, namely, on three-dimensional structure constitution elements used as a touch sensor concretely stated in the description.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01L5/16(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G01L5/00(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（I P C））

Int.Cl. G01L5/16, B81B3/00, G01L5/00, H01L29/84

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 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 2006-208248 A（国立大学法人 東京大学）2006.08.10, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-11
Y	JP 2-641 Y2（株式会社共和電業）1990.01.09, 第3頁左欄第17-26行, 第2, 5図（ファミリーなし）	1-11
Y	JP 2000-65653 A（アスモ株式会社）2000.03.03, 【0102】-【0105】, 第18図（ファミリーなし）	1-11

☒ 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

「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

0 7 . 0 4 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 4 . 2 0 0 9

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）

松浦 久夫

2 F

9 6 1 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

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 2006-275979 A (独立行政法人情報通信研究機構) 2006. 10. 12, 【0034】, 第2図 & WO 2006/106612 A1	5-7, 10-11
Y	JP 2008-26178 A (株式会社国際電気通信基礎技術研究所) 2008. 02. 07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11

請求項１の「３次元構造体構成用素子」、及び、請求項８の「３次元構造体構成用素子の製造方法」という、広範な概念を含む「素子」について記載されているが、PCT第５条の意味において開示されているのは、明細書に記載された触覚センサとして用いられる「３次元構造体構成用素子」のみであり、PCT第６条の意味での裏付けを欠いている。

よって、調査は、明細書に裏付けられ、開示されている範囲、すなわち、明細書に具体的に記載されている、触覚センサとして用いられる３次元構造体構成用素子について、行った。