(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
2015 年 12 月 23 日(23.12.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/194665 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 7/16 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/067758

(22) 国際出願日: 2015 年 6 月 19 日(19.06.2015)

(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 2014-127364 2014 年 6 月 20 日(20.06.2014) JP

(71) 出願人: 国立研究開発法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関１丁目３番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 吉田　学 (YOSHIDA Manabu); 〒3058565 茨城県つくば市東１－１－１　中央第５　国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (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, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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.

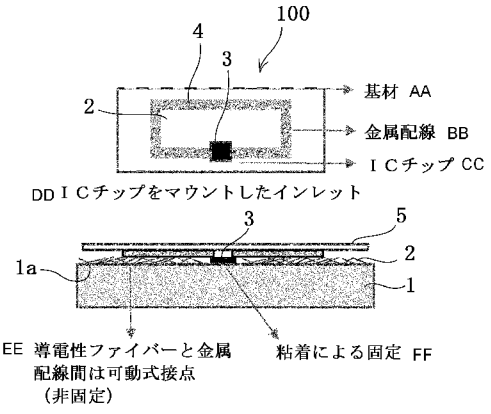
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: STRAIN SENSOR AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称 : 歪みセンサ及びその製造方法



AA Substrate
BB Metal wiring
CC IC chip
DD Inlet in which IC chip is mounted
EE Movable contacts (non-fixed) present between electroconductive fibers and metal wiring
FF Fixing by adhesion

(57) **Abstract**: A strain sensor (100) comprises an elastomer sheet (1), on a surface of which an adhesive layer is formed, an RFID element (3) bonded to the adhesive sheet, and electroconductive fiber materials (2) electrically connected to an antenna terminal of the RFID element (3) and bonded so as to be in electrical contact with each other along the adhesive layer. In a flexible antenna configured from the electroconductive fiber materials (2), electrical separation between the electroconductive fiber materials (2) occurs in response to the degree of bending of the elastomer sheet (1) which is a starting point for the RFID element (3), and the resistance value of the flexible antenna can be varied. The degree of bending of the elastomer sheet (1) can be calculated from the resistance value of the flexible antenna computed on the basis of a transmission output from the RFID element (3). Through use of the RFID element, a strain sensor having excellent elasticity, bendability, and durability, as well as excellent mounting properties can thus be realized without the need for a power source, and with small size, low weight, and low cost.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/194665 A1

歪みセンサ１００は、表面に粘着層が形成されたエラストマーシート１と、この粘着層に貼着されたＲＦＩＤ素子３と、ＲＦＩＤ素子３のアンテナ端子と電気的に接続され、粘着層に沿って、互いに電気的に接触するよう貼着された導電性繊維材料２とからなる。導電性繊維材料２により構成されるフレキシブルアンテナは、ＲＦＩＤ素子３を起点としたエラストマーシート１の屈曲の程度に応じて、導電性繊維材料２間で電気的離脱を発生させ、抵抗値を変化させる。ＲＦＩＤ素子３からの送信出力に基づいて算出したフレキシブルアンテナの抵抗値により、ラストマーシート１の屈曲度を演算する。このように、ＲＦＩＤ素子を利用することで、電源不要、小型軽量、低コストで、伸縮性、屈曲性、耐久性に優れ、しかも、装着性に優れた歪みセンサを実現する。

明　細　書

発明の名称 ： 歪みセンサ及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、特定部位の屈曲や伸縮を検出する歪みセンサ、特に、ＲＦＩＤ素子を利用することで、無電源で作動可能な歪みセンサ及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 本技術分野の背景技術として、下記の特許文献１が知られており、伸縮するシート状の屈曲センサを手袋に配置し、装着者の指の動きを屈曲センサが検出し、処理手段、通信手段を介して外部に出力し、装着者の手の動きとして処理することが記載されている。このシート状の屈曲センサとして、カーボンナノチューブ繊維を用いることが例示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１４－２５１７９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、特許文献１のものでは、シート状の屈曲センサに加え、処理手段、通信手段、さらには、これらへ電力供給するための電源が必要となり、高価なものとなる。しかも、これらが手袋内に取り付けられているため、装着者に違和感を与えるばかりでなく、自由な手の動きが阻害されてしまう。

そこで、本発明の目的は、近年、ＩＣカードの普及に伴い低コスト化されたＲＦＩＤ素子と、そのアンテナとして、屈曲や伸縮に応じて抵抗値の変化するフレキシブル導電体を利用することで、指の屈曲のみならず、機械部品の伸縮、さらには平面や曲面の屈曲など、様々な用途に適用することができ、低コスト、小型軽量で装着性に優れ、しかも、電源不要の歪みセンサを実現することにある。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の歪みセンサは、表面に粘着層が形成されたエラストマーシートと、前記粘着層に貼着されたＲＦＩＤ素子と、前記ＲＦＩＤ素子に形成したアンテナ端子と電気的に接続され、前記粘着層に沿って、互いに電気的に接触するよう貼着された導電性繊維材料からなり、前記ＲＦＩＤ素子を起点とした前記エラストマーシートの屈曲の程度に応じて、前記導電性繊維材料間で電気的離脱を発生させ、抵抗値を変化させるフレキシブルアンテナとを備えている。

この歪みセンサを用いた歪み検出システムは、前記ＲＦＩＤ素子に電波を照射するとともに、前記ＲＦＩＤ素子から返信される電波を受信するリーダーライターと、前記ＲＦＩＤ素子から返信される信号出力の強度に応じて、前記フレキシブルアンテナの抵抗値を算出するとともに、算出した前記フレキシブルアンテナの抵抗値に基づいて、前記エラストマーシートの屈曲度を演算する演算手段とを備えている、

[0006] また、本発明の歪みセンサの製造方法は、エラストマーシートの表面に形成した粘着シートにＲＦＩＤ素子を貼着する工程と、前記ＲＦＩＤ素子の両端に形成したアンテナ端子に電気的に接続するよう、それぞれ長手方向に導電性繊維材料を貼着させる工程と、前記導電性繊維材料のうち、前記粘着層に塗布できなかった導電性繊維材料を除去する工程とから構成した。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、低コスト、小型軽量で装着性に優れ、電源不要の歪みセンサを実現することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図１は、本発明に関わる歪みセンサの概要図である。

[図2A]図２Ａは、導電性繊維材料の初期状態を模式的に示す図である。

[図2B]図２Ｂは、導電性繊維材料の屈曲初期状態を模式的に示す図である。

[図2C]図２Ｃは、導電性繊維材料の屈曲状態を模式的に示す図である。

[図3]図３は、エラストマーシートの伸張と抵抗値の増大の関係を示す図であ

る。

[図4]図４は、銀被覆繊維の長さと、伸張エラストマーシートの伸張と抵抗の増大の関係を示す図である。

[図5]図５は、歪みセンサの動作環境を示す図である。

[図6]図６は、フレキシブルアンテナの抵抗値変化の成分を示す図である。

[図7]図７は、実施例１（指の屈曲センサ）の構成を示す図である。

[図8]図８は、実施例２（リンクの屈曲センサ）の構成を示す図である。

[図9]図９は、実施例３（膝のサポータに装着した屈曲センサ）の構成を示す図である。

[図10]図１０は、本発明の歪みセンサを製造する工程を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 指の屈曲センサを例に、本発明の基本原理について説明する。

図１に、本発明に基づく歪みセンサ１００の概要図を示す。

エラストマーシート１の表面に粘着層１ａが形成されており、中央の空隙を挟んで、帯状の領域に、所定の長さ、太さを有する銀被覆ナイロン繊維などの導電性繊維材料２が左右に貼着されている。

粘着層１ａ間の空隙には、ＩＣチップ状のＲＦＩＤ素子３が貼着され、そのアンテナ端子間を接続する金属配線４を、導電性繊維材料２上に電気的に接触させた状態で、下面に粘着層を備えたカバー用エラストマーシート５により被覆されている。

[0010] このように、サンドイッチ状に積層することで、金属配線４は、導電性繊維材料２に押え付けられた状態を維持し、エラストマーシート１が屈曲あるいは伸張した際、金属配線４との電気接触を維持しながらスライドできるようになっている。

なお、カバー用エラストマーシート５の下面には、導電性繊維材料２の領域に対応して凹部が形成されており、貼着された導電性繊維材料２の上面を拘束しないようにしている。

この構成により、以下に詳述するように、エラストマーシート１の粘着層

１ａに貼着された導電性繊維材料２は、ＲＦＩＤ素子３のフレキシブルアンテナとして機能する。

[0011] 図２Ａに示すように、エラストマーシート１に屈曲や伸縮がない初期状態では、導電性繊維材料２が互いに電気的に導通することで抵抗値が最小となり、ＲＦＩＤ素子３の受信強度が最高値となる。

一方、図２Ｂ、Ｃに示すように、エラストマーシート１の屈曲や伸張に伴い、導電性繊維材料２間の電気的導通が次第に外れ始め、抵抗値が増大していく。これに伴い、ＲＦＩＤ素子３の受信強度が減少していく。

[0012] 図３に示すように、屈曲あるいは伸張に伴う伸張量と、フレキシブルアンテナの抵抗値増加量は１対１の関係にある。

下側の直線が、エラストマーシート１の伸張量にかかわらず、個々の導電性繊維材料２の電気的接続がすべて維持される理想的な状態を示し、基本的には、伸張に伴う導電性繊維材料２の両端間距離に比例して、フレキシブルアンテナの抵抗値が増大する。

すなわち、エラストマーシート１の伸張量がある程度の値になると、導電性繊維材料２間の離脱が発生し始め、伸張に応じて離脱量が増大し、図２Ｂ、図２Ｃに示すように、状態１から状態２に遷移し、これに伴いフレキシブルアンテナの抵抗値が次第に増大していく。

[0013] 抵抗値の変化について、より詳細に説明する。

導電性繊維材料２は、粘着層１ａに達した段階で、その先端部や中間部で、少なくとも一部が粘着層に埋もれた状態となる。そして、表面をローラーで軽く押圧する際、あるいは、表面をフィルム等で被覆する際に、露出する部分が粘着層１ａの表面上に倒れ、互いに交差し電気的に接続された状態となる。これにより、図２Ａに示す初期状態のように、エラストマーシート１の長手方向両端部全域にわたり電気的導通が確保され、アンテナとして機能する。

なお、図中、黒丸で示す箇所は導電性繊維材料２の接続点、矢印は、左上方の導電性繊維材料２を起点とした電流の流れを示す。

[0014] そして、エラストマーシート１が徐々に伸張していくとき、図２Ｂに示す状態１のように、多くの導電性繊維材料２は、粘着層表面上において、他の導電性繊維材料２との交差を維持しながら相対的に移動することで、エラストマーシート１の柔軟性に影響を及ぼすことなく、電気的な導通を維持するが、両端間距離の増大に伴い抵抗値が上昇していく。

[0015] エラストマーシート１にさらなる伸張が生じると、図２Ｃに示す状態２のように、導電性繊維材料２の両端間距離の増大とともに、導電性繊維材料２間の離脱し、これに伴い電気的接続が減少していき、抵抗値が増大していくことになる。

[0016] ここで、導電性繊維材料２として、ナイロンに銀被覆を施した銀被覆繊維（径；１７．６μｍ）を用いて、サンプルサイズ４８ｍｍ×２ｍｍのエラストマーシートに本発明の導電性回路配線を形成した場合、銀被覆繊維の長さと、屈曲時の伸張に伴う抵抗値変化の実測値を図４に示す。

なお、図中、封止とあるのは、粘着層に貼付した銀被覆繊維に対し、同様のエラストマーシート（上述したカバー用エラストマーシート５等）やエラストマーシート１と同等以上の柔軟性を備えた薄膜フィルム等からなる被覆層により封止し、粘着層１ａに貼付した銀被覆繊維（導電性繊維材料２）の表面を押さえ込んだ態様を示している。

[0017] 最大伸張量において、抵抗値増分が少ないものから順に、［銀被覆繊維３．０ｍｍかつ封止あり］、［銀被覆繊維０．５ｍｍかつ封止あり］、［銀被覆繊維３．０ｍｍかつ封止なし］、［銀被覆繊維０．５ｍｍと３．０ｍｍの混在かつ封止なし］、［銀被覆繊維０．５ｍｍかつ封止なし］をそれぞれ示している。

この実測結果から分かるように、導電性繊維材料として、径１７．６μｍ、長さ０．５ｍｍの銀被覆繊維を用いて、上面を封止しない場合、すなわち、［銀被覆繊維０．５ｍｍかつ封止なし］の場合、最大伸張量２５ｍｍまでであれば、伸張率に対し、抵抗値の増大分が大きく、フレキシブルアンテナとして好ましい。

もちろん、［銀被覆繊維０．５ｍｍと３．０ｍｍの混在かつ封止なし］、［銀被覆繊維３．０ｍｍかつ封止なし］も利用可能であるし、［銀被覆繊維０．５ｍｍかつ封止あり］であれば、伸び３０ｍｍにも対応できる。

ただし、［銀被覆繊維３．０ｍｍかつ封止あり］は、伸張率に対し、リニアな抵抗値の増大分が得られるが、増大分が小さく、フレキシブルアンテナの抵抗値変化を大きく取れないことが分かる。

[0018] ここで、導電性繊維材料の材質、長さ、径、そして、粘着層における配列と、図４に示されるような抵抗増加特性との関係について考察する。

（１）導電性繊維材料の材質

上述のように、導電性繊維材料は、粘着層表面上において、他の導電性繊維材料との交差を維持しながら、それぞれ相対的に移動するものであることから、フレキシブルアンテナが大きく屈曲した場合でも、導電性繊維材料間の電気的接続が連続的に変化することが好ましい。

そこで、大きな屈曲が予想される場合には、例えば、ナイロン繊維の表面に銀を被覆した銀被被覆繊維等を好適例として挙げることができる。

さらに、ポリピロール系導電性ポリマーを繊維表面に重合させ、基材繊維と一体化した繊維素材も、表面の導電性ポリマー層が０．０１～０．０５μｍと薄く、繊維素材の特性を損なうことのない導電性繊維材料として好適である。

一方、伸縮や屈曲がさほど大きくない箇所にフレキシブルアンテナを装着する場合には、例えば、銅、アルミニウムの細線を、所定の長さに切断した金属短繊維を導電性繊維材料として採用することができる。

[0019] （２）導電性繊維材料の長さ

導電性繊維材料が長いほど、隣接する導電性繊維材料との交差部からの距離が長くなり、フレキシブルアンテナの伸張量が増えても、隣接する導電性繊維材料間で電気的接続が離脱しにくく、大きな抵抗値変化を得ることができない。

ただし、導電性繊維材料が短かすぎると、粘着層に接触しない部分が増大

し、導電性繊維材料が粘着層から離脱しやすくなってしまうので、フレキシブルアンテナの屈曲率なども考慮して、装着する箇所で発生する伸張率に応じて、できるだけ大きな抵抗値変化が得られるよう、最適な長さ導電性繊維材料を選択する。

[0020] （３）導電性繊維材料の径

導電性繊維材料の径を大きくすると、一本あたりの電気抵抗を小さくできるが、剛性が増大し、隣接する他の導電性繊維材料との電気的接触がスムースに行われない。

また、後述するように、導電性繊維材料として、ナイロン等の繊維に銀などの導電性の良好な金属を被覆したものを使用する場合には、電気抵抗が、導電性繊維材料の表面積で決定されるため、貼着された導電性繊維材料の総量に対し、必ずしも所期の電気抵抗を得ることができないので、使用する導電性繊維材料の特性や、エラストマーシートの屈曲に伴う電気抵抗の変化率なども考慮して、大きな抵抗値変化が得られるよう、最適な径を選択する。

[0021] （４）粘着層における導電性繊維材料の配列

粘着層に導電性繊維材料を貼付する際には、ブラシローラー法やスプレー法を採用することができる。

ブラシローラー法とは、表面に粘着層を有するエラストマーシート１に、フレキシブルアンテナに対応するマスクを配置し、接着剤を塗布して粘着層を形成した後、回転ブラシにより、導電性繊維材料２をこの粘着層に埋め込むものである。

これにより、導電性繊維材料２にある程度の配向性を与えることができる。エラストマーシート１が長手方向に大きく伸縮した場合でも、導電性繊維材料２どうしの電気的接触を維持することが可能となる。

ただし、エラストマーシート１の幅方向の伸縮に対しては、粘着層の表面において、幅方向に交差する導電性繊維材料２が不足しているため、導電抵抗の変化特性に急激な変化を招く場合がある。

なお、硬化型の粘着層が全面に形成されたエラストマーシート１に、剥離

性の高い素材からなるマスクを配置し、回転ブラシにより導電性繊維材料２をこの粘着層に埋め込み、その後、マスクを粘着層から剥離するようにしてもよい。

[0022] 一方、スプレー法は、フレキシブルアンテナに対応するマスクの上方から、導電性繊維材料２を粘着層に、スプレーで高圧で吹き付けるもので、ランダムな配列を得ることができる。

いずれの場合でも、導電性繊維材料２が粘着層に貼着できる飽和状態を超えるまで、粘着層に供給し、余分な導電性繊維材料２を圧縮空気などを用いて除去することで、フレキシブルアンテナを形成する。

[0023] （５）フレキシブルアンテナの長さ

フレキシブルアンテナの長さは、導電性繊維材料２を埋め込む、エラストマーシート１の粘着層１ａの長さにより決定することができる。フレキシブルアンテナが長いほど、屈曲・伸張に対し、抵抗値の変化幅を大きくとることができ、より検出精度を高めることができる。したがって、歪みセンサ装着箇所に応じて、フレキシブルアンテナの長さを最大限まで確保することが好ましい。なお、装着箇所の長さが限られているときは、フレキシブルアンテナを長さ方向に往復するよう蛇行させてもよい。

[0024] 図５に歪みセンサの動作環境を示す。

リーダーライター６は、電波法で定められている最大４Ｗ（構内無線局）の電波を出力し、この電波は、歪みセンサ１００のフレキシブルアンテナを介して、ＲＦＩＤ素子３で受信される。ＲＦＩＤ素子３は、リーダーライター６との距離や、電波環境に加え、フレキシブルアンテナの受信感度に応じた強度の応答電波をリーダーライター６に返す。なお、この応答電波の強度は、最大で数ｍW程度であり、ＲＦＩＤ素子３のＩＤ情報を含んでいる。

これにより、歪みセンサ１００は、その屈曲度に応じた応答電波を出力し、リーダーライター６は、これを受信することで、その強度に応じて、フレキシブルアンテナの受信感度を検出することができる。

[0025] 受信感度の変化は、主としてフレキシブルアンテナの抵抗値の変化による

ものである。そこで、データマップなどを用いて、屈曲のない状態での受信感度に対する受信感度の減少に基づいて、フレキシブルアンテナの抵抗値増加量を算出し、図３の関係から、フレキシブルアンテナの屈曲度を求めることができる。

なお、歪みセンサを人間に取り付けた場合、身体の動きによっては、フレキシブルアンテナがリーダーライター６から離れたり、人間の陰になって受信感度に変化が生じる場合がある。しかし、図６に示すように、フレキシブルアンテナの屈曲による抵抗値変化に起因する信号強度変化に比べ、体全体の動きによる信号強度の変化は、小さいものであることから、屈曲による変化の成分と体全体の動きによる変化の成分とを分離することができる。

また、複数のリーダーライター６を、歪みセンサに対し円周上に配置し、最も受信感度の高いリーダーライター６の検出値を選択するようにしてもよい。

実施例

[0026] ［実施例１］

本実施例は、本発明の歪みセンサを、指の屈曲を検出するセンサに適用したものである。

図７に示すように、歪みセンサのＲＦＩＤ素子３を、指の第２関節の直上に配置し、指の表面に沿い、指の長手方向に沿わせた状態で、ずれないように貼着する。

なお、センサを粘着剤で指の表面に貼着してもよいが、指サック状の内部に、センサを取り付け、上下位置を合わせた状態で指に装着したり、バンド状のもので固定するようにしてもよい。

[0027] この状態で、歪みセンサに電波を照射すると、指の屈曲角度に応じた受信強度で電波を受信し、これに対応した出力を行う。

図７の例では、ＲＦＩＤ素子３から左右両方向に延びる歪みセンサ１００の全長を８５ｍｍ、指の第２関節の厚さを１５ｍｍ、フレキシブルシートの厚さを５ｍｍとして、指をまっすぐ伸ばした状態から、第２関節を９０°屈

曲させたものとする。このとき、指の表面側に取り付けたフレキシブルアンテナは、第二関節の中心点を中心として、右側、左側のそれぞれがＲ＝１２．５ｍｍで９０°回転することになり、伸張率は１８．５％となる。

すなわち、指の第２関節を水平状態から９０°屈曲させたとき、伸張率が０％から１８．５％に増大し、これに伴って、フレキシブルアンテナの抵抗値が増大する。

そこで、マイクロコンピュータ等を用いた歪み検出システムによって、指をまっすぐ伸ばした初期状態の受信感度を基準とし、指を９０°屈曲させた際、リーダライター６による受信感度がどの程度減少したかを演算する。これにより、フレキシブルアンテナの抵抗値増加量を算出し、図３の関係から、フレキシブルアンテナ、すなわちフレキシブルシートの屈曲度を求めることができる。

[0028] ［実施例２］

図８のように、紙面に沿って、一方のリンクＬ１が他方のリンクＬ２に対し、回転ジョイント部Ｊにより、正回転（時計方向）、負方向(反時計方向)に回転し得る場合、回転角度の正負を判別する必要がある。

この場合には、歪みセンサ１００ａと１００ｂをリンクＬ１、Ｌ２の両面に、各歪みセンサのＲＦＩＤ素子３ａ、３ｂが、回転ジョイント部Ｊの上下となるように装着する。

各歪みセンサ１００ａ、ｂによる屈曲度の検出は、実施例１と同様であるが、リンクＬ１、Ｌ２の厚さが１５ｍｍ、歪みセンサの全長が８５ｍｍ、厚さが５ｍｍとしたとき、リンクＬ１がリンクＬ２に対し正回転（時計方向）すると、表側の歪みセンサ１００ａは、Ｒ＝１２．５ｍｍで、そして、裏側の歪みセンサ１００ｂは、Ｒ＝７．５ｍｍでそれぞれ回転することになる。

[0029] 回転角度が９０°のとき、表側の歪みセンサ１００ａの実際の伸びは１５．７ｍｍ、伸張率は１８．５％、裏側の歪みセンサ１００ｂの実際の伸びは１１．８ｍｍ、伸張率は１３．９％となる。各歪みセンサ１００ａ、１００ｂのＲＦＩＤ素子３ａ、３ｂから送信されるＩＤにより、伸び、伸張率の大

きい方を選べば、回転方向と回転角度を算出することができる。

[0030] ［実施例３］

本実施例では、膝用サポータの上下、及び周方向に複数の歪みセンサを取り付け、膝の屈曲角度とともに各筋肉の収縮を検出するものである。

図９に示すように、膝用サポータ２００には、上下方向にＩＤ：５～ＩＤ：７の歪みセンサが、また周方向には、上から順に、ＩＤ：１～ＩＤ：４（膝前面側）、ＩＤ：８～ＩＤ：１１（膝後面側）取り付けられている。なお、図示はしていないが、ＩＤ：５～ＩＤ：７の裏側にも上下方向に同数の歪みセンサが取り付けられている。

[0031] 一方、膝の周辺には、周方向に、同一出力のリーダーライターが４個配置されており、リーダーライター６－１～６－４は、それぞれ独自の周波数の電波を送信し、すべての歪みセンサからそのＩＤとともに、返信電波を受信する。

各リーダーライターにおいては、身体の動きなどに応じて、各歪みセンサから受信した返信電波の強度が異なるため、信号処理手段により、各歪みセンサ毎に、４個のリーダーライター６－１～６－４が受信した歪みセンサのうち、最も強い返信電波を採用することで、マイクロコンピュータ等からなる歪み検出システムにより、膝の屈曲角度とともに、各筋肉の収縮を演算・解析することが可能となる。

この場合も膝用サポータ２００を装着した計測開始時の受信強度を基準として、膝の動きに応じて、リーダーライター６－１～６－４による受信感度がどの程度減少したかに基づいて、屈曲度を算出する。

[0032] 次に、各実施例で使用した歪みセンサの製造方法について、説明する。

図１０は、実施例１で使用した歪みセンサの製造手順を示している。

（ステップ１）

粘着性エラストマーシートの表面に樹脂製カバーシートを貼着し、レーザー加工により、２つの導電性繊維材料貼着領域に対応して、樹脂製カバーシートを切り抜く。

（ステップ２）

切り抜いた樹脂製カバーシートを剥離し、粘着層を露出させる。

（ステップ３）

ブラシローラー法あるいはスプレー法により、露出させた粘着層に導電性繊維材料を、飽和状態となるまで貼着する。

（ステップ４）

２つの導電性繊維材料貼着領域間に形成した隙間に対応する部分の樹脂製カバーシート剥離し、露出させた粘着層にＲＦＩＤ素子であるＩＣチップを実装する。その際アンテナ端子間を接続する金属配線は、貼着された導電性繊維材料上に配置されている。

（ステップ５）

カバー用エラストマーシートの裏面に、レーザー加工により、導電性繊維材料貼着領域間に対応するよう凹部を形成する。

（ステップ６）

粘着性エラストマーシートに残存する粘着層あるいはカバー用エラストマーシートの裏面の粘着層を利用して、カバー用エラストマーシートにより、粘着性エラストマーシートの表面を封止する。

[0033] なお、実施例２で使用する歪みセンサについては、両面に粘着層を有するエラストマーシートを使用し、ステップ６の後、エラストマーシートを反転し、ステップ１からの工程を繰り返せばよい。

[0034] 上記の製造方法は、歪みセンサを１個毎に製造する場合を前提にしたが、実施例３のように、平面上に複数の歪みセンサを配置する場合には、面積の大きなエラストマーシートを使用して、上述のステップ１で、複数の歪みセンサのそれぞれに対応する導電性繊維材料貼着領域を形成し、各歪みセンサ毎に、ステップ２～６を繰り返せばよい。その際、カバー用エラストマーシートとして同面積のエラストマーシートを使用する場合には、ステップ５で、各歪みセンサに対応して凹部を形成するが、各歪みセンサ毎に分割したカバー用エラストマーシートを用いてもよい。

産業上の利用可能性

[0035] 上記のとおり、本発明によれば、ＩＣカードの普及に伴い低コスト化されたＲＦＩＤ素子と、そのアンテナとして、屈曲や伸縮に応じて抵抗値の変化するフレキシブル導電体を利用することで、指の屈曲のみならず、機械部品の伸縮、さらには平面の屈曲など、様々な用途に適用することが可能となる。しかも、低コスト、小型軽量で装着性に優れ、電源不要の歪みセンサを実現できるので、例えば、スポーツ科学、ロボット、マン・マシーンインターフェース等の分野で広く採用されることが期待できる。

符号の説明

[0036] １：エラストマーシート

１ａ：粘着層

２：導電性繊維材料

３：ＲＦＩＤ素子

４：金属配線

５：カバー用エラストマーシート

６：リーダーライター

１００：歪みセンサ

２００：膝用サポータ

請求の範囲

[請求項1] 表面に粘着層が形成されたエラストマーシートと、

前記粘着層に貼着されたＲＦＩＤ素子と、

前記ＲＦＩＤ素子に形成したアンテナ端子と電気的に接続され、前記粘着層に沿って、互いに電気的に接触するよう貼着された導電性繊維材料からなり、前記ＲＦＩＤ素子を起点とした前記エラストマーシートの屈曲の程度に応じて、前記導電性繊維材料間で電気的離脱を発生させ、抵抗値を変化させるフレキシブルアンテナとを備えたことを特徴とする歪みセンサ。

[請求項2] 前記導電性繊維材料として、表面に銀を被覆した銀被覆繊維を採用したことを特徴とする請求項１に記載された歪みセンサ。

[請求項3] 前記導電性繊維材料として、導電性粉末を樹脂バインダーに分散させた導電性ペーストを採用したことを特徴とする請求項１又は２に記載された歪みセンサ。

[請求項4] 前記導電性繊維材料として、金属短繊維を採用したことを特徴とする請求項１又は２に記載された歪みセンサ。

[請求項5] 前記エラストマーシートの表面に貼着されるカバー用エラストマーシートを備え、該貼着されるカバー用エラストマーシートの貼着面には、前記フレキシブルアンテナに対応する凹部が形成されていることを特徴とする請求項１又は２に記載された歪みセンサ。

[請求項6] 前記ＲＦＩＤ素子に電波を照射するとともに、前記ＲＦＩＤ素子から返信される電波を受信するリーダーライターと、

前記ＲＦＩＤ素子から返信される信号出力の強度に応じて、前記フレキシブルアンテナの抵抗値を算出するとともに、算出した前記フレキシブルアンテナの抵抗値に基づいて、前記エラストマーシートの屈曲度を演算する演算手段とを備えることを特徴とする、請求項１又は２に記載された歪みセンサを用いた歪み検出システム。

[請求項7] エラストマーシートの表面に形成した粘着シートにＲＦＩＤ素子を

貼着する第一の工程と、

前記ＲＦＩＤ素子の両端に形成したアンテナ端子に電気的に接続するよう、それぞれ長手方向に導電性繊維材料を貼着させる第二の工程と、

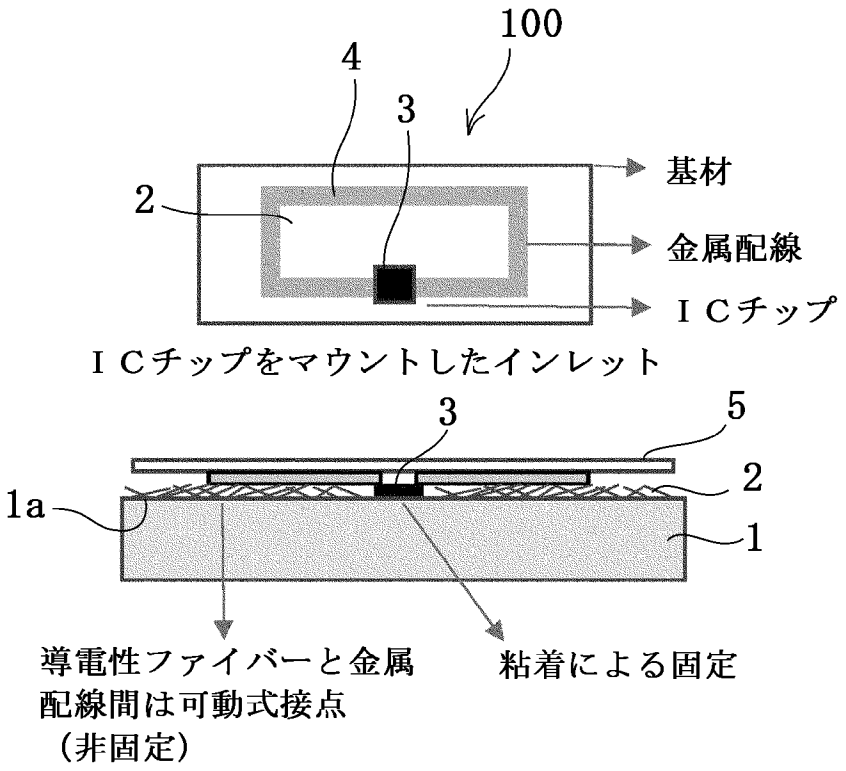
前記導電性繊維材料のうち、前記粘着層に塗布できなかった導電性繊維材料を除去する第三の工程とからなることを特徴とする歪みセンサの製造方法。

[請求項8] 前記第三の工程終了後、前記エラストマーシートに、前記粘着層に貼着された導電性繊維材料に対応する箇所に凹部を備えたカバー用エラストマーシートを貼着する第四の工程を備えることを特徴とする請求項７に記載された歪みセンサの製造方法。

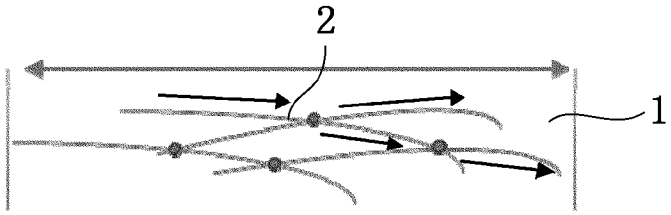
[請求項9] ブラシローラー法を用いて、前記粘着層に前記導電性繊維材料を貼着させるようにしたことを特徴とする請求項７又は８に記載された歪みセンサの製造方法。

[請求項10] スプレー法を用いて、前記粘着層に前記導電性繊維材料を貼着させるようにしたことを特徴とする請求項７又は８に記載された歪みセンサの製造方法。

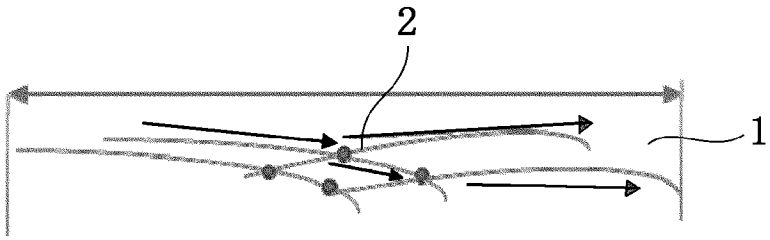
[図1]



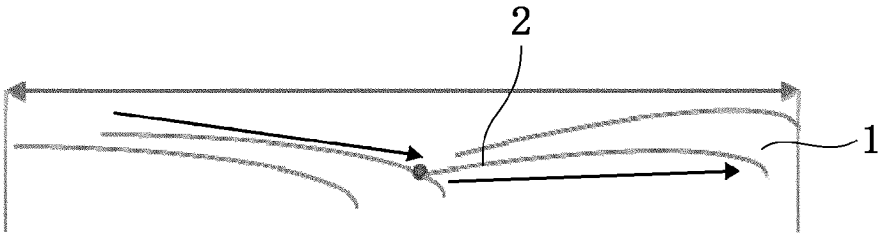
[図2A]



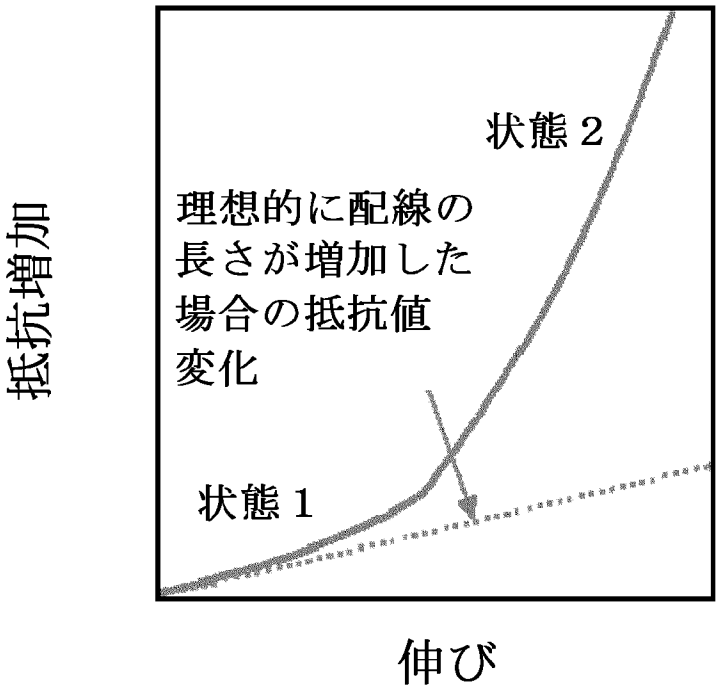
[図2B]



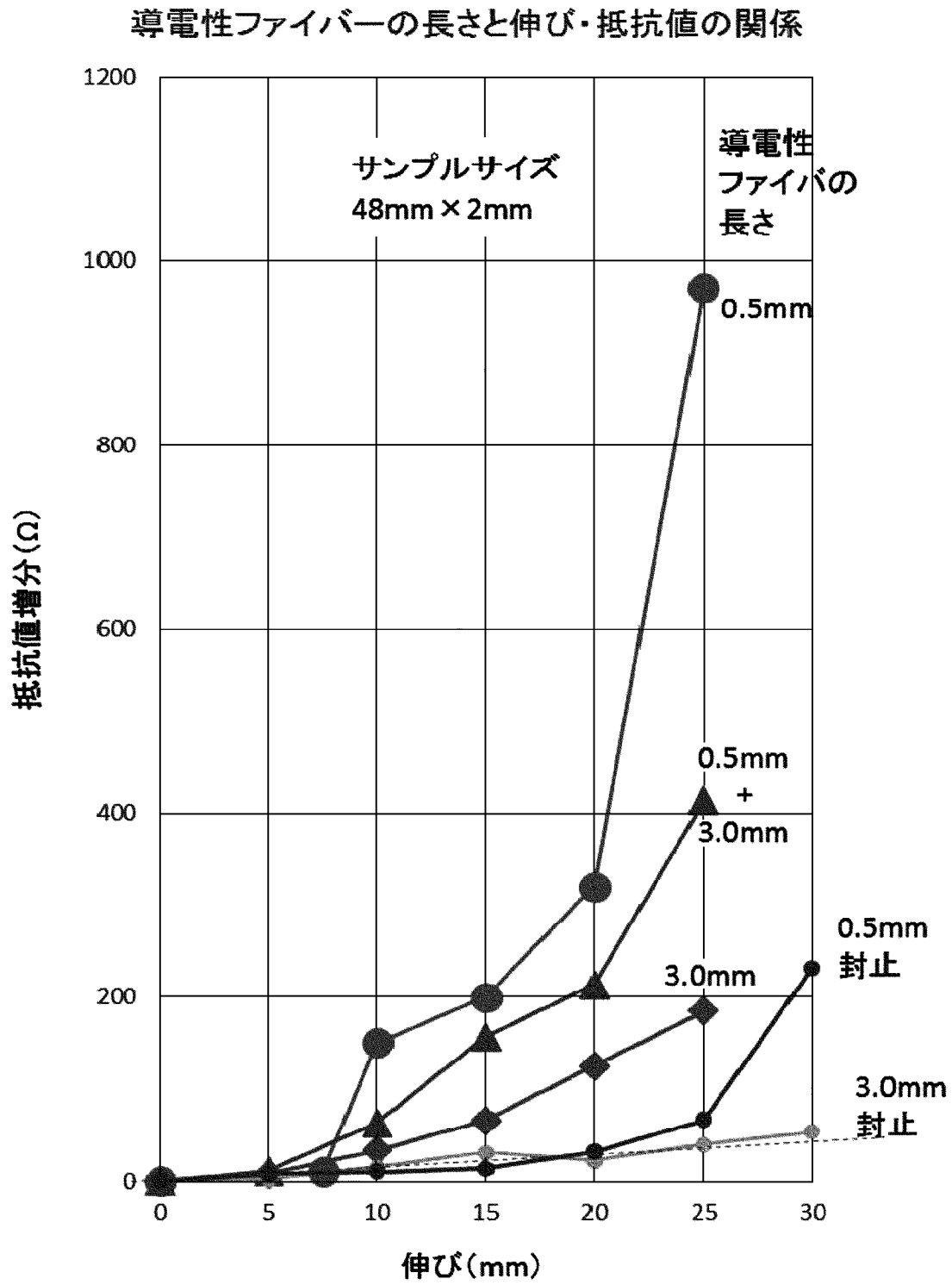
[図2C]



[図3]

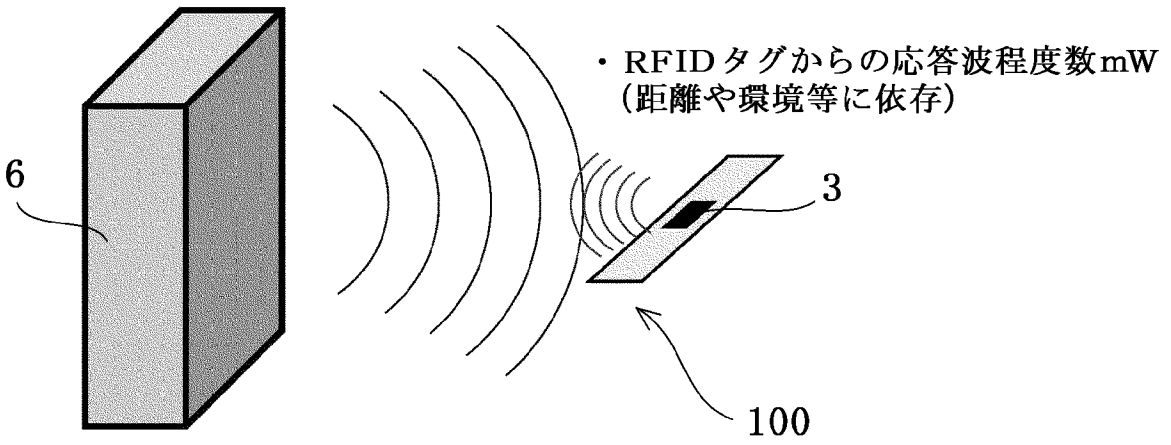


[図4]

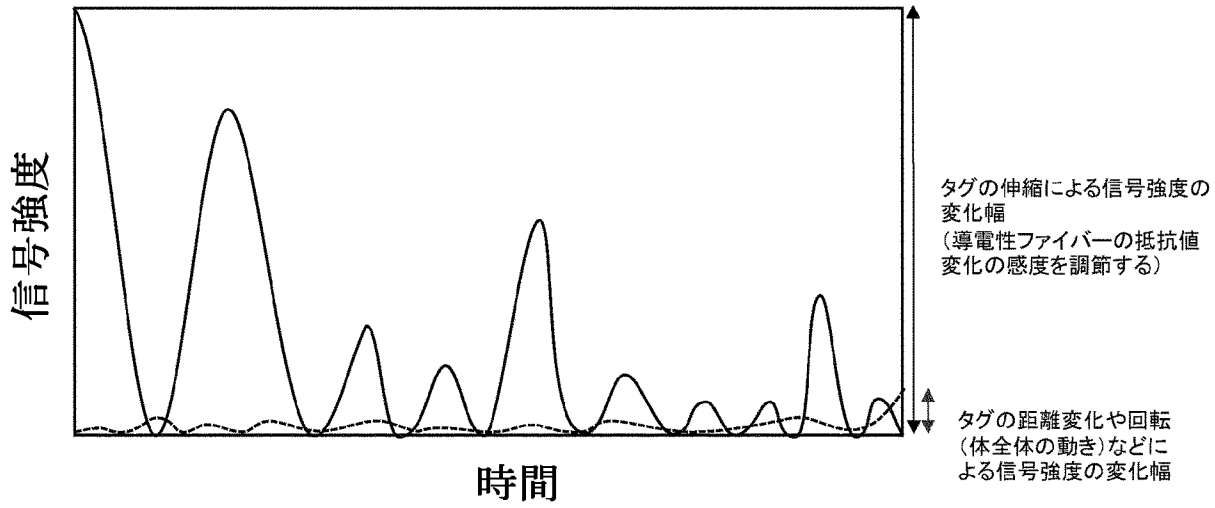

導電性ファイバーの長さと伸び・抵抗値の関係
サンプルサイズ
48mm×2mm
導電性
ファイバの
長さ
0.5mm
0.5mm
+
3.0mm
3.0mm
0.5mm
封止
3.0mm
封止
抵抗値増分(Ω)
伸び(mm)
0
200
400
600
800
1000
1200
0
5
10
15
20
25
30

[図5]

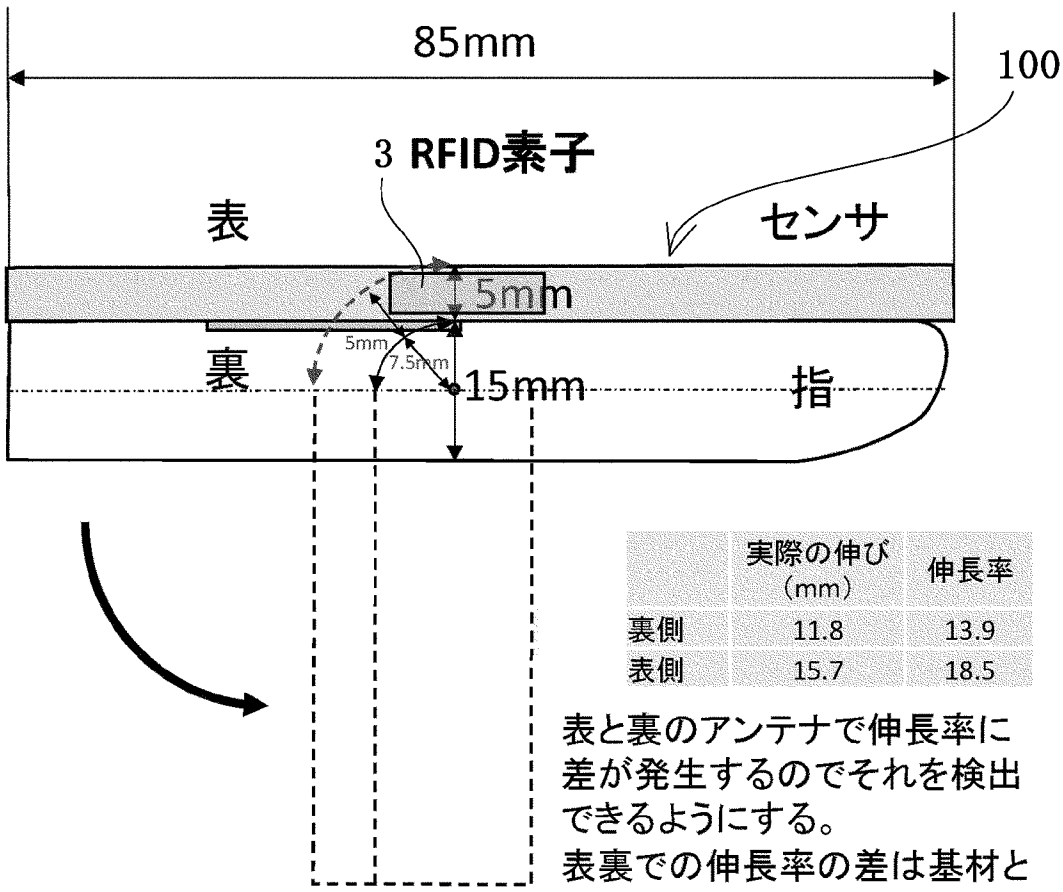
・リーダライターの出力は最大１Ｗ
（電波法）



[図6]



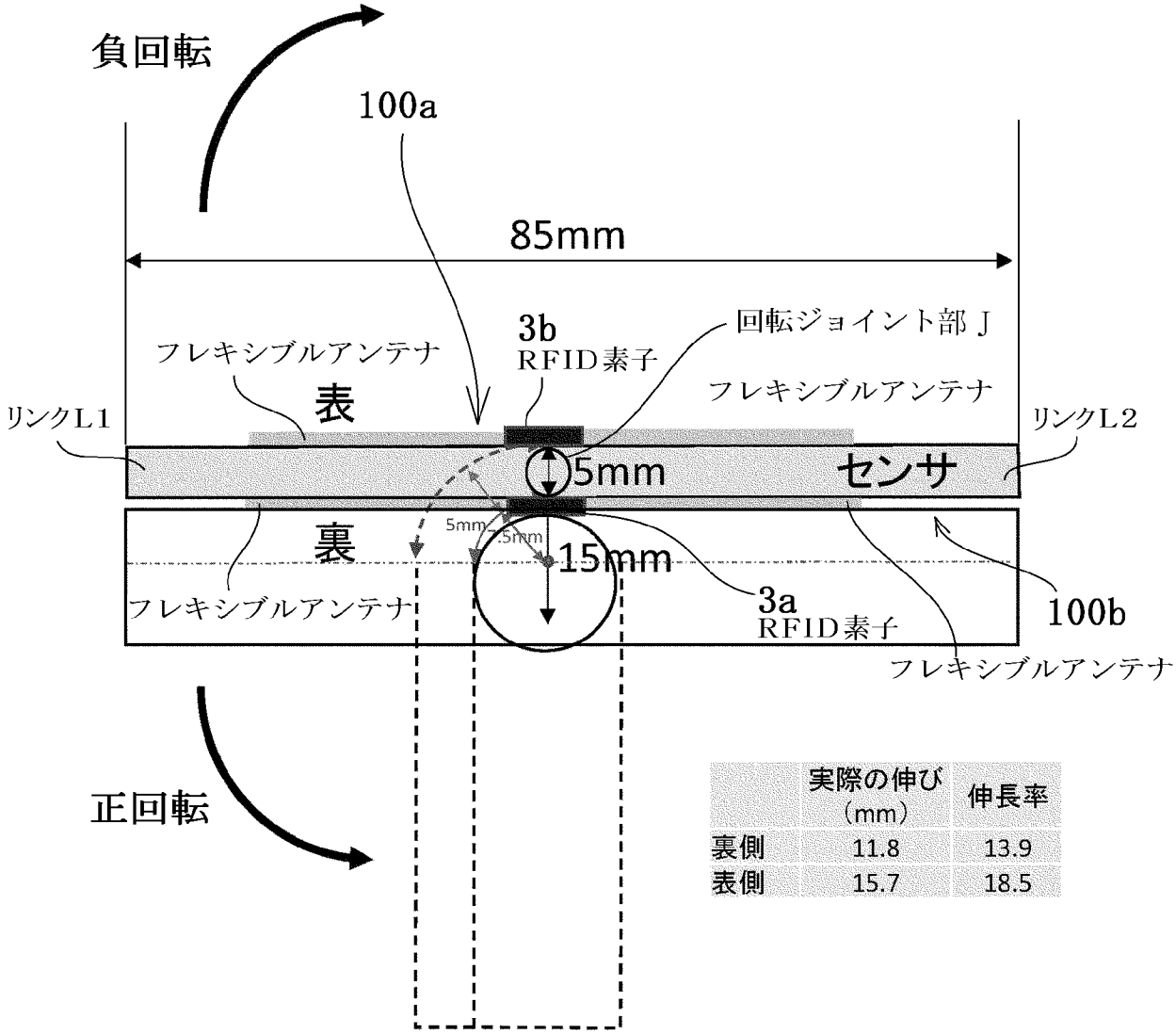
[図7]



	実際の伸び（mm）	伸長率
裏側	11.8	13.9
表側	15.7	18.5

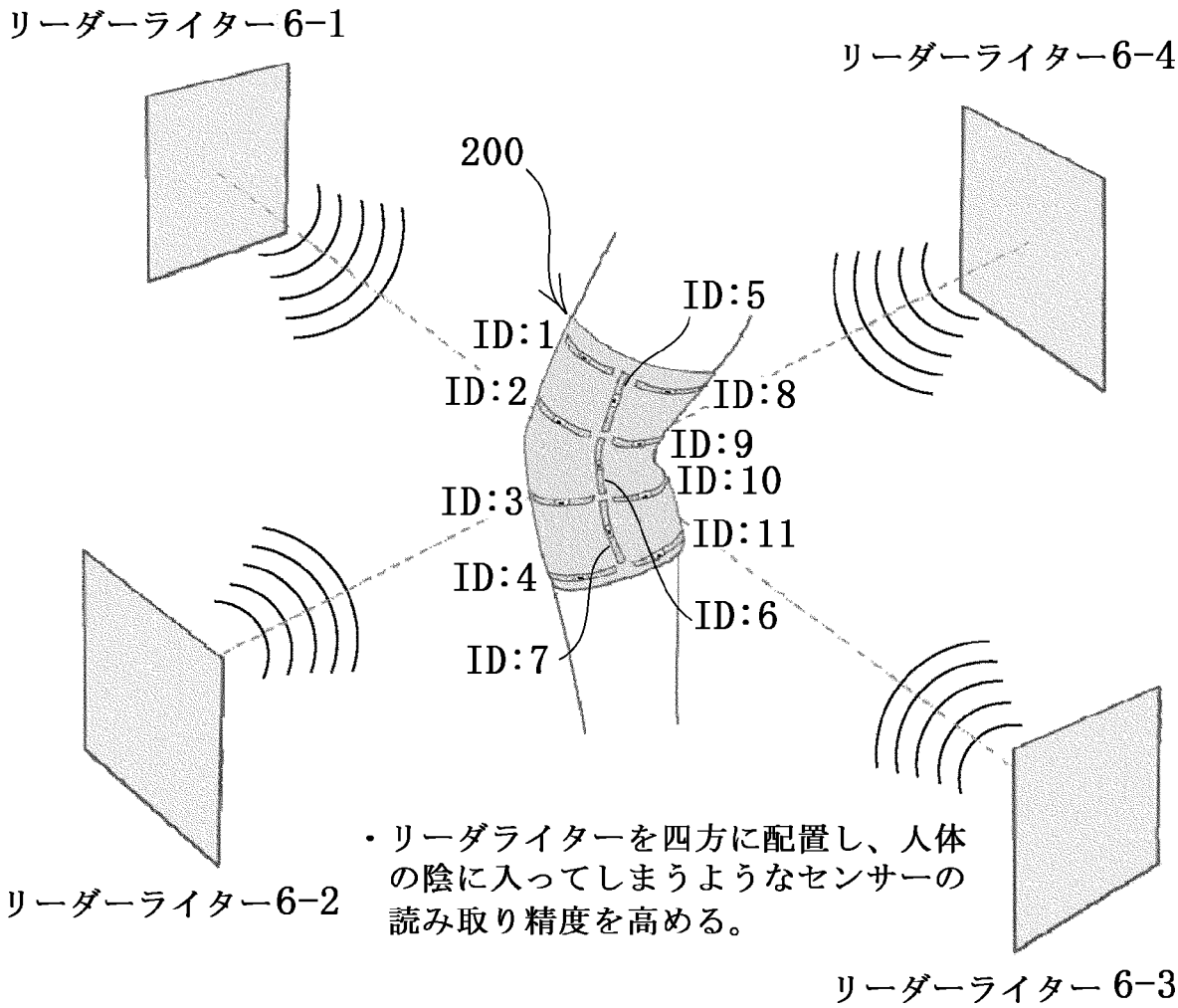
表と裏のアンテナで伸長率に差が発生するのでそれを検出できるようにする。
表裏での伸長率の差は基材となるエラストマーシートの膜厚に依存する。

[図8]

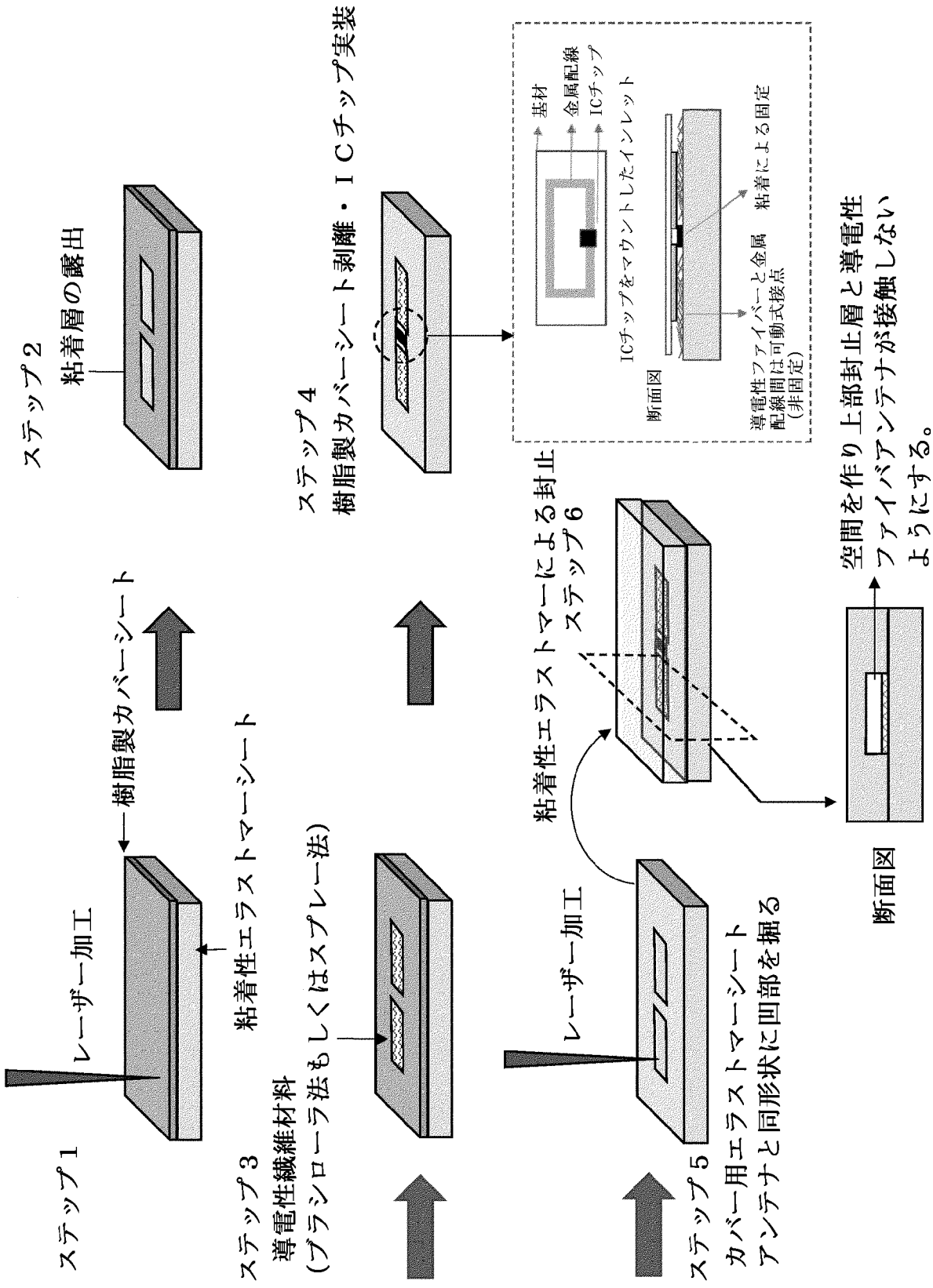


	実際の伸び（mm）	伸長率
裏側	11.8	13.9
表側	15.7	18.5

[図9]


リーダーライター6-1
リーダーライター6-4
200
ID:1
ID:2
ID:3
ID:4
ID:5
ID:6
ID:7
ID:8
ID:9
ID:10
ID:11
リーダーライター6-2
リーダーライター 6-3
・リーダライターを四方に配置し、人体の陰に入ってしまうようなセンサーの読み取り精度を高める。

[図10]


ステップ1
レーザー加工
樹脂製カバーシート
粘着性エラストマーシート
ステップ2
粘着層の露出
ステップ3
導電性繊維材料
(ブラシローラ法もしくはスプレー法)
ステップ4
樹脂製カバーシート剥離・ICチップ実装
基材
金属配線
ICチップ
ICチップをマウントしたインレット
断面図
導電性ファイバーと金属配線間は可動式接点(非固定)
粘着による固定
粘着性エラストマーによる封止
ステップ6
空間を作り上部封止層と導電性ファイバアンテナが接触しないようにする。
レーザー加工
ステップ5
カバー用エラストマーシート
アンテナと同形状に凹部を掘る
断面図

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/067758

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01B7/16(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)
G01B7/16

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2009-189747 A (Gotoh Educational Corp.), 27 August 2009 (27.08.2009), paragraphs [0017] to [0029]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-10
Y	JP 2010-510523 A (GE Healthcare Bio-Sciences Corp.), 02 April 2010 (02.04.2010), paragraphs [0026] to [0028]; fig. 1 to 3 & US 2010/0021993 A1 & WO 2008/127429 A2 & CA 2669224 A	1-10
Y	JP 2002-507032 A (Gemplus), 05 March 2002 (05.03.2002), paragraphs [0018] to [0037]; fig. 1a to 2b & US 6957481 B1 & WO 1999/046728 A1 & CN 1292907 A	1-10

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

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
08 September 2015 (08.09.15)	15 September 2015 (15.09.15)

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/067758

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 2012-52864 A (National University Corporation Chiba University), 15 March 2012 (15.03.2012), paragraphs [0013], [0019], [0045], [0067] to [0071] (Family: none)	2-4
Y	JP 3-179794 A (Tokuyama Soda Co., Ltd.), 05 August 1991 (05.08.1991), page 2, upper right column, line 10 to page 4, upper right column, line 9; fig. 1 (Family: none)	7-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０６７７５８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B7/16(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.　G01B7/16

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	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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 2009-189747 A（学校法人五島育英会）2009.08.27, ［００１７］－［００２９］、図１－２（ファミリーなし）	1-10
Y	JP 2010-510523 A（ジーイー・ヘルスケア・バイオサイエンス・コーポレイション）2010.04.02, ［００２６］－［００２８］、図１－３ & US 2010/0021993 A1 & WO 2008/127429 A2 & CA 2669224 A	1-10
Y	JP 2002-507032 A（ジェムプリュス）2002.03.05,	1-10

☑　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	国際調査報告の発送日
０８．０９．２０１５	１５．０９．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｓ　４０６７
眞岩　久恵
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８

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
	［００１８］－［００３７］、図１ａ－２ｂ & US 6957481 B1 & WO 1999/046728 A1 & CN 1292907 A	
Y	JP 2012-52864 A (国立大学法人　千葉大学) 2012.03.15, ［００１３］、［００１９］、［００４５］、［００６７］－［００７１］ (ファミリーなし)	2-4
Y	JP 3-179794 A (徳山曹達株式会社) 1991.08.05, 第２頁右上欄第１０行－第４頁右上欄第９行、第１図（ファミリーなし）	7-10