(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
2012 年 6 月 7 日(07.06.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/073770 A1

(51) 国際特許分類:
H01M 10/48 (2006.01) *H01M 2/02* (2006.01)
H01G 9/155 (2006.01) *H01M 2/10* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/076976

(22) 国際出願日: 2011 年 11 月 24 日(24.11.2011)

(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 2010-266909 2010 年 11 月 30 日(30.11.2010) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東海ゴム工業株式会社(TOKAI RUBBER INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 村山 勝(MURAYAMA Masaru) [JP/JP]; 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目１番地 東海ゴム工業株式会社内 Aichi (JP). 村松 篤(MURAMATSU Atsushi) [JP/JP]; 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目１番地 東海ゴム工業株式会社内 Aichi (JP). 齋藤 雄紀(SAITOU Yuuki) [JP/JP]; 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目１番地 東海ゴム工業株式会社内 Aichi (JP).

(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, 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, IS, JP, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

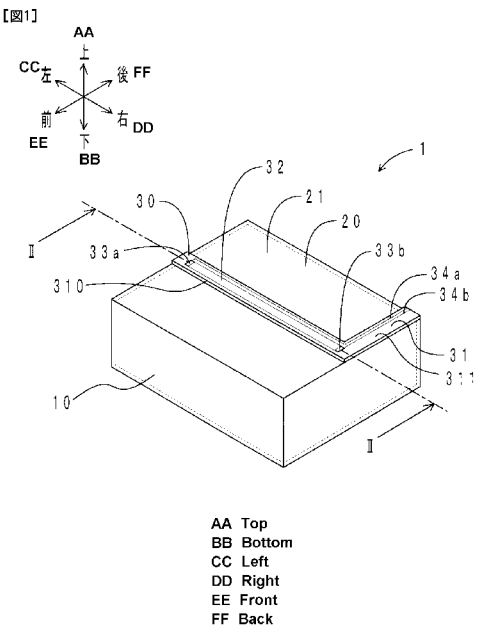
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

(54) 発明の名称 : 蓄電デバイス

[図1]



AA Top
BB Bottom
CC Left
DD Right
EE Front
FF Back

(57) **Abstract**: Provided is a power storage device with superior safety that can detect swelling of the outer cover material at a low cost with a simple constitution. The power storage device (1) comprises a storage element (10), outer cover material (20) that accommodates the storage element (10), and a deformation sensor (30) disposed on an expansion surface (21) of the outer cover material (20). The deformation sensor (30) comprises a sensor film (32) which has a matrix formed from an elastomer or a resin and a conductive filler which is put into that matrix and which bends and deforms with expansion of the outer cover material (20) and at least one pair of electrodes (33a, 33b) connected to the sensor (32). A three-dimensional conductive path is formed in the sensor film (32) by the contact among the pieces of the conductive filler. Electrical resistance increases with the increase in the amount of deformation of the sensor film (32) from a natural state. The storage device (1) detects the swelling of the outer cover material (20) by changes in the electrical resistance that accompany bending and deformation of the sensor film (32).

(57) 要約: 外装材の膨張を、簡単な構成で低コストに検知することができ、安全性に優れた蓄電デバイスを提供する。蓄電デバイス１は、蓄電要素１０と、蓄電要素１０が収容される外装材２０と、外装材２０の膨張面２１に配置される変形センサ３０と、を備える。変形センサ３０は、エラストマーまたは樹脂からなる母材と該母材中に充填されている導電性フィラーとを有し、外装材２０の膨張に伴い曲げ変形するセンサ膜３２と、センサ膜３２に接続される少なくとも一対の電極３３ａ、３３ｂと、を備える。センサ膜３２には、該導電性フィラー同士の接触により三次元的な導電パスが形成されている。センサ膜３２は、自然状態からの変形量が増加するに従って電気抵抗が増加する。蓄電デバイス１は、センサ膜３２の曲げ変形に伴う電気抵抗の変化により、外装材２０の膨張を検知する。

WO 2012/073770 A1

明　細　書

発明の名称 ： 蓄電デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、二次電池、キャパシタ等の蓄電デバイスに関する。

背景技術

[0002] 携帯電話、パーソナルコンピュータ、デジタルカメラ等の電子機器には、繰り返し充放電可能な二次電池が使用されている。また、瞬時電圧低下対策に用いられる蓄電システム、電気自動車やハイブリッド電気自動車に搭載される蓄電システム等においては、エネルギー容量が大きく、かつ急速充放電が可能な蓄電デバイスが必要になる。このような蓄電デバイスとしては、例えば、リチウムイオン二次電池、電気二重層キャパシタ等が挙げられる。

[0003] 一般に、二次電池、キャパシタ等の蓄電デバイスは、正極と負極とがセパレータを介して積層された電極積層体を備える。電極積層体は、電解質液と共に、金属ケースやラミネートフィルム等の外装材の中に封入される。蓄電デバイスにおいては、過充電、あるいは充放電を繰り返すことにより、電解質液が分解し、ガスが発生する場合がある。これにより、容量が低下したり、デバイス寿命が短くなるおそれがある。また、発生したガスにより内部圧力が上昇すると、外装材が膨張して安全性を損なうおそれもある。このため、例えば、蓄電デバイスの温度や、電流、電圧等を測定し、これらが規定値を超えた際に、充電を遮断する仕組みが採用されている。また、外装材の膨張を検知するセンサを備えた二次電池が、提案されている（例えば、特許文献１～３参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００９－７６２６５号公報

特許文献2：特開２００５－２５１４７０号公報

特許文献3：特開平６－５２９０１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記特許文献１の二次電池によると、筐体と二次電池との間に、圧力が加わると電気抵抗が減少する過電流保護素子を配置して、二次電池の膨張を検知している。また、上記特許文献２には外装材に押圧されて通電する機械式スイッチが、上記特許文献３には歪みゲージが、各々、二次電池の膨張を検知するセンサとして開示されている。

[0006] しかし、外装材がラミネートフィルムからなる場合のように、外装材が低剛性の場合には、内部からの力が分散しやすく、外装材の外部に配置された部材を押圧する力は小さい。このため、従来のセンサでは、外装材の膨張を正確に検知することは難しい。

[0007] 本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、外装材の膨張を、簡単な構成で低コストに検知することができ、安全性に優れた蓄電デバイスを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0008] （１）本発明の蓄電デバイスは、蓄電要素と、該蓄電要素が収容される外装材と、該外装材の膨張面に配置される変形センサと、を備え、該変形センサは、エラストマーまたは樹脂からなる母材と該母材中に３０ｖｏｌ％以上の充填率で充填されている導電性フィラーとを有し、該外装材の膨張に伴い曲げ変形するセンサ膜と、該センサ膜に接続される少なくとも一対の電極と、を備え、該センサ膜には、該導電性フィラー同士の接触により三次元的な導電パスが形成されており、該センサ膜の自然状態からの変形量が増加するに従って電気抵抗が増加し、該センサ膜の曲げ変形に伴う電気抵抗の変化により、該外装材の膨張を検知することを特徴とする。

[0009] 本発明の蓄電デバイスにおける蓄電要素には、二次電池、キャパシタ等を構成する正極、負極の積層体、および電解質等が含まれる。また、膨張面は、外装材の内側でガスが発生した場合に、ガス圧により外側へ膨らむ面である。

[0010] 本発明の蓄電デバイスにおける変形センサは、エラストマーまたは樹脂を母材とするセンサ膜を備える。このため、変形センサは、加工性に優れ、形状設計の自由度が高い。よって、外装材の膨張面の形状に沿って、変形センサを配置することができる。これにより、外装材の膨張を、より正確に検知することができる。また、センサ膜は、外装材の膨張面に配置される。センサ膜は、膨張面の変位により曲げ変形する。つまり、センサ膜には、外装材の膨張による変位が、直接入力される。したがって、例えば膨張の初期段階のように、外装材の変位が小さい場合でも、外装材の膨張を検知しやすい。

[0011] センサ膜における導電性フィラーの充填率は、センサ膜の体積を１００ｖｏｌ％とした場合の値である。導電性フィラーが３０ｖｏｌ％以上の高充填率で充填されているため、自然状態（変形されていない状態）におけるセンサ膜には、導電性フィラー同士の接触により、三次元的な導電パスが形成されている。センサ膜が変形すると、導電性フィラー同士が反発し合い、導電性フィラーの接触状態が変化する。そして、導電性フィラー同士の接触が断絶することにより、導電パスが切断されて、電気抵抗が増加する。センサ膜が自然状態に復元すると、導電性フィラーの接触状態が回復し、電気抵抗は減少する。

[0012] このように、本発明の蓄電デバイスによると、センサ膜の曲げ変形に伴う電気抵抗の変化により、外装材の膨張を検知することができる。したがって、蓄電デバイスの安全性が向上する。また、外装材の膨張挙動を利用して、充放電を制御することにより、蓄電デバイスの高寿命化を図ることができる。なお、本発明の蓄電デバイスにおいて、センサ膜は、必ずしも自然状態で配置される必要はない。例えば、予め曲げ変形された状態で配置されていてもよい。また、外装材の膨張に伴うセンサ膜の曲げ変形には、自然状態から曲げられる場合と、曲がった状態から自然状態に復元する場合の両方を含む。

[0013] （２）好ましくは、上記（１）の構成において、前記センサ膜は、前記外装材の前記膨張面の一端から他端に亘って配置される構成とするとよい。

[0014] 本構成によると、センサ膜が、膨張面の一端から他端に亘って配置される。このため、外装材の膨張を漏れなく検知しやすい。また、本構成によると、変形センサを膨張面に配置すればよい。このため、蓄電デバイスの製造が容易である。また、変形センサをシート状に形成することにより、膨張面に変形センサを配置しても、蓄電デバイスが大型化することはない。よって、蓄電デバイスを複数積層させてモジュール化した場合においても、省スペース化が可能である。

[0015] 本構成において、センサ膜は、膨張面の一部に配置されていても、全面を覆うように配置されていてもよい。また、膨張面の中央付近は膨張しやすい。つまり、膨張面の中央付近では、外装材の変位が大きくなる。このため、センサ膜を膨張面の一部に配置する場合には、膨張面の中央付近を覆うように配置することが望ましい。

[0016] （３）好ましくは、上記（１）の構成において、前記変形センサは、前記センサ膜が配置される基材を備え、該センサ膜が前記外装材の前記膨張面側になるよう配置され、さらに、該基材側に配置され、該外装材が膨張するに従って該外装材との間で該センサ膜を押圧することにより該センサ膜の曲げ変形量を増加させる変形入力部材を備える構成とするとよい。

[0017] 本構成において、変形センサのセンサ膜の少なくとも一部は、外装材と変形入力部材との間に介装される。外装材が膨張すると、センサ膜は、変形入力部材に押し当てられて、曲げ変形する。つまり、本構成では、主に変形入力部材との当接により、センサ膜が曲げ変形する。したがって、外装材の膨張のみにより曲げ変形する場合と比較して、センサ膜の曲げ変形量は、大きくなる。これにより、外装材の変位に対する電気抵抗の増加が大きくなる。つまり、変形センサの感度が高くなる。したがって、膨張面の変位が小さい場合であっても、外装材の膨張を検知することができる。

[0018] 上述したように、膨張面の中央付近は膨張しやすい。このため、センサ膜を膨張面の中央付近を覆うように配置すると、変形入力部材からの押圧力が、よりセンサ膜に加わりやすくなる。これにより、センサ膜の曲げ変形量は、

大きくなる。したがって、変形センサの感度を、より高めることができる。

[0019] 変形入力部材は、外装材に直接配置してもよく、別部材に配置してもよい。例えば、蓄電デバイスが、さらに筐体を備える場合には、変形入力部材を当該筐体に配置してもよい。また、外装材の膨張前の状態において、変形入力部材と変形センサとは、接していてもよく、接していなくてもよい。外装材の膨張前の状態において、変形入力部材と変形センサとが接している場合には、外装材の初期の膨張を、より検知しやすい。

[0020] （４）好ましくは、上記（３）の構成において、前記変形入力部材は、前記変形センサと当接する曲面部を有する棒部材または紐部材であり、該棒部材または紐部材は、該変形センサと交差するように配置される構成とするとよい。

[0021] 本構成によると、変形入力部材として、棒部材または紐部材を用いる。棒部材または紐部材は、変形センサと交差するように配置される。これにより、簡単な構成で、センサ膜に対して、曲げ変形を確実に入力することができる。

[0022] （５）好ましくは、上記（１）の構成において、前記外装材の前記膨張面は、凹部を有し、前記センサ膜は、該凹部に沿って曲げ変形された状態で配置される構成とするとよい。

[0023] 本構成によると、外装材の膨張面の凹部に、センサ膜が曲げ変形された状態で配置される。外装材が膨張すると、凹部は平らな状態へ近づくように変位する。これにより、センサ膜は、曲げ変形される前の自然状態に復元される。この過程におけるセンサ膜の電気抵抗の変化により、外装材の膨張が検知される。また、本構成によると、変形センサを膨張面の凹部に配置すればよい。このため、蓄電デバイスの製造が容易である。このように、本構成によると、膨張面の凹部を利用して、簡単かつ低コストに、外装材の膨張を検知することができる。また、変形センサは、膨張面の凹部に配置されるため、蓄電デバイスをコンパクトに構成することができる。よって、蓄電デバイス

を複数積層させてモジュール化した場合においても、省スペース化が可能である。

[0024] 例えば、外装材としてラミネートフィルムを用いた場合には、蓄電要素をラミネートフィルムで覆った後に、真空引きする。これにより、ラミネートフィルムが、蓄電要素の形状に沿って密着する。したがって、例えば、蓄電要素の一部に予め凹部を形成しておくことにより、外装材の膨張面に、簡単に凹部を形成することができる。

[0025] （６）好ましくは、上記（１）の構成において、前記外装材は、フィルム部材からなり、該外装材の前記膨張面は、該フィルム部材の端部同士が貼着された封止部を有し、前記センサ膜は、該膨張面およびそれに続く該封止部に配置され、該外装材の膨張により該封止部が起立するに従って、該センサ膜が曲げ変形される構成とするとよい。

[0026] 外装材がラミネートフィルム等のフィルム部材からなる場合には、フィルム部材の一端と他端とを熱融着等により貼着して、封止することができる。本構成においては、フィルム部材の端部同士が貼着されてなる封止部を利用して、外装材の膨張を検知する。すなわち、センサ膜は、膨張面およびそれに続く封止部に配置される。換言すると、センサ膜は、膨張面と封止部とを跨いで配置される。外装材が膨張すると、封止部は起立する。これにより、センサ膜が曲げられる。この過程におけるセンサ膜の電気抵抗の変化により、外装材の膨張が検知される。また、本構成によると、センサ膜の一部が封止部に重なるように、変形センサを配置すればよい。このため、蓄電デバイスの製造が容易である。このように、本構成によると、封止部を利用して、簡単かつ低コストに、外装材の膨張を検知することができる。また、変形センサは、膨張面の封止部に配置される。このため、変形センサを配置しても、蓄電デバイスが大型化することはない。よって、蓄電デバイスを複数積層させてモジュール化した場合においても、省スペース化が可能である。

[0027] （７）好ましくは、上記（１）の構成において、さ

らに、前記蓄電要素、前記外装材、および前記変形センサが収容される筐体

を備え、該変形センサの一端は該筐体に取り付けられ、他端は該外装材の前記膨張面に取り付けられる構成とするとよい。

[0028] 本構成においては、変形センサが、筐体と外装材との間に橋渡しされるように配置される。外装材が膨張すると、筐体と外装材との隙間が小さくなる。これにより、変形センサのセンサ膜が曲げられる。この過程におけるセンサ膜の電気抵抗の変化により、外装材の膨張が検知される。このように、本構成によると、筐体を利用して、簡単かつ低コストに、外装材の膨張を検知することができる。

[0029] （８）好ましくは、上記（１）ないし（７）のいずれかの構成において、前記センサ膜の前記母材は樹脂であり、該センサ膜には、曲げ変形した時に前記導電パスが切断される方向に、予めクラックが形成されている構成とするとよい。

[0030] 本構成のセンサ膜は、樹脂中に導電性フィラーが充填されてなる。上記（１）において説明した通り、センサ膜においては、導電性フィラー同士の接触により三次元的な導電パスが形成されおり、自然状態からの変形量が増加するに従って電気抵抗が増加する。これに加えて、本構成のセンサ膜には、曲げ変形した時に導電パスが切断される方向に、予めクラックが形成されている。図１２に、センサ膜におけるクラックの一部近傍を拡大した模式図を示す。なお、図１２は、本構成のセンサ膜を説明するための模式図である。よって、図１２は、クラックの形状、クラックの延在方向、導電性フィラーの形状等を何等限定するものではない。図１２中、（ａ）は曲げ変形前の自然状態を、（ｂ）は曲げ変形後の状態を、各々示す。

[0031] 図１２（ａ）に示すように、センサ膜８００は、母材の樹脂８０１と導電性フィラー８０２とクラック８０３とを有している。センサ膜８００には、導電性フィラー８０２同士の接触により、導電パスＰが形成されている。クラック８０３は、図１２中、左右方向（伸張方向）と交差する方向に形成されている。センサ膜８００が曲げ変形され、左右方向に伸張されると、図１２（ｂ）に示すように、クラック８０３が開口する。これにより、導電性フィ

ラー８０２同士の接触が断絶されて、導電パスＰが切断される。その結果、電気抵抗が増加する。センサ膜８００が元の状態（図１２（ａ）の自然状態）に復元すると、クラック８０３も元の状態に戻る。

[0032] このように、本構成のセンサ膜においては、曲げ変形した際、樹脂の弾性変形を待たずに、導電パスが切断される（ただし、樹脂の弾性変形により導電パスが切断される場合を除外するものではない）。したがって、応答遅れが生じにくい。また、主にクラックの開口により導電パスが切断されるため、樹脂の弾性変形のみに依存して導電パスが切断される場合と比較して、小さな変形についても精度良く検知することができる。したがって、膨張面の変位が小さい場合であっても、外装材の膨張を検知することができる。

発明の効果

[0033] 本発明のよると、外装材の膨張を、簡単な構成で低コストに検知することができ、安全性に優れた蓄電デバイスを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]第一実施形態の蓄電デバイスの斜視図である。

[図2]ガス発生時における図１のＩＩ－ＩＩ断面図である。

[図3]第二実施形態の蓄電デバイスの分解斜視図である。

[図4]同蓄電デバイスの断面図である。

[図5]図４の領域Ｖ内の拡大図である。

[図6]第三実施形態の蓄電デバイスの斜視図である。

[図7]図６のＶＩＩ－ＶＩＩ断面図である。

[図8]第四実施形態の蓄電デバイスの断面図である。

[図9]ガス発生時における同蓄電デバイスの断面図である。

[図10]第五実施形態の蓄電デバイスの断面図である。

[図11]蓄電デバイスの充電回路の一例を示す回路モデル図である。

[図12]変形センサを構成するセンサ膜におけるクラックの一部近傍を拡大した模式図であって、（ａ）は曲げ変形前の自然状態を示し、（ｂ）は曲げ変形後の状態を示す。

[図13]変形センサの電気抵抗および外装材の膨らみ量の経時変化を示すグラフである。

[図14]変形センサの電気抵抗および外装材の膨らみ量の経時変化を示すグラフである。

[図15]変形センサの電気抵抗および凹部底面の変位量の経時変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0035] 以下、本発明の蓄電デバイスの実施形態について説明する。

[0036] ＜第一実施形態＞　［蓄電デバイスの構成］　まず、本実施形態の蓄電デバイスの構成について説明する。図１に、本実施形態の蓄電デバイスの斜視図を示す。図２に、ガス発生時における、図１のＩＩ－ＩＩ断面図を示す。なお、図１においては、変形センサの最上面に配置されているカバーフィルムを省略すると共に、電極を透過して示す。図１、図２に示すように、蓄電デバイス１は、蓄電要素１０と、外装材２０と、変形センサ３０と、を備えている。

[0037] 蓄電要素１０は、直方体状を呈しており、複数のセルが積層された電極積層体（図略）を備えている。各々のセルは、セパレータを介して対向配置されている正極および負極と、集電板と、を有している。電解液は、正極および負極に含浸されている。

[0038] 外装材２０は、ラミネートフィルムからなる。ラミネートフィルムは、アルミニウム箔と、その両側に積層されている一対の樹脂フィルムと、を有する。外装材２０は、蓄電要素１０の外周面を被覆している。外装材２０の上面２１は、本発明における膨張面に含まれる。

[0039] 変形センサ３０は、外装材２０の上面２１に配置されている。変形センサ３０は、基材３１と、センサ膜３２と、一対の電極３３ａ、３３ｂと、配線３４ａ、３４ｂと、カバーフィルム３５と、を備えている。

[0040] 基材３１は、ポリイミド製であって、Ｌ字形の帯状を呈している。基材３１は、センサ部３１０と、配線部３１１と、を有する。センサ部３１０は、外

装材２０の上面２１の左端から右端に亘って配置されている。センサ部３１０は、上面２１の中央付近を覆うように配置されている。

[0041] センサ膜３２は、左右方向に延びる帯状を呈している。センサ膜３２は、基材３１のセンサ部３１０上面に配置されている。センサ膜３２は、外装材２０の上面２１の左端から右端に亘って配置されている。センサ膜３２は、ＥＰＤＭ（エチレンープロピレンージエン共重合体）に、カーボンビーズ（導電性フィラー）が充填されてなる。カーボンビーズの充填率は、センサ膜３２の体積を１００ｖｏｌ％とした場合の約４５ｖｏｌ％である。

[0042] 一対の電極３３ａ、３３ｂは、各々、薄片状を呈している。一対の電極３３ａ、３３ｂは、各々、基材３１とセンサ膜３２との間に介装されている。電極３３ａは、センサ膜３２の左端に配置されている。電極３３ａには、配線３４ａの一端が接続されている。電極３３ｂは、センサ膜３２の右端に配置されている。電極３３ｂには、配線３４ｂの一端が接続されている。

[0043] 配線３４ａ、３４ｂは、基材３１のセンサ部３１０および配線部３１１の上面に配置されている。配線３４ａ、３４ｂの他端は、各々、図示しない制御ユニットに接続されている。

[0044] カバーフィルム３５は、アクリルゴム製であって、基材３１と同様に、Ｌ字形の帯状を呈している。カバーフィルム３５は、基材３１、センサ膜３２、および配線３４ａ、３４ｂを、上方から被覆している。

[0045] ［蓄電デバイスの動き］　次に、本実施形態の蓄電デバイス１の動きについて説明する。図２中、白抜き矢印で示すように、蓄電要素１０においてガスが発生すると、外装材２０の上面２１は、上方に膨出する。すると、変形センサ３０も、上面２１と共に下方から押し上げられる。これにより、センサ膜３２は、上方に撓むように曲げ変形する。

[0046] 図１に示す曲げ変形前の自然状態において、センサ膜３２には、カーボンビーズ同士の接触により、多数の導電パスが形成されている。したがって、電極３３ａ、３３ｂ間において検出されるセンサ膜３２の電気抵抗は、比較的小さい。これに対して、図２に示すセンサ膜３２の曲げ変形後の状態におい

ては、カーボンビーズ同士の接触状態が変化することにより、導電パスが切断される。これにより、電極３３ａ、３３ｂ間において検出されるセンサ膜３２の電気抵抗は、曲げ変形前の自然状態における電気抵抗よりも、大きくなる。このように、蓄電デバイス１においては、出力された電気抵抗の増加により、外装材２０の膨張が検知される。

[0047] ［作用効果］　次に、本実施形態の蓄電デバイス１の作用効果について説明する。本実施形態の蓄電デバイス１によると、変形センサ３０を構成する基材３１、センサ膜３２、カバーフィルム３５は、いずれも柔軟である。このため、外装材２０の上面２１の形状に沿うように、変形センサ３０を配置することができる。これにより、外装材２０の膨張を、正確に検知することができる。また、センサ膜３２には、外装材２０の上面２１の変位が、基材３１を介して直接入力される。したがって、例えば膨張の初期段階のように、上面２１の変位が小さい場合でも、外装材２０の膨張を検知しやすい。

[0048] また、センサ膜３２は、外装材２０の上面２１の左端から右端に亘って配置されている。このため、外装材２０の膨張を漏れなく検知しやすい。さらに、センサ膜３２は、上面２１の中央付近を覆うように配置されている。上面２１の中央付近は、膨張しやすい。つまり、上面２１の中央付近の変位は、四辺付近の変位と比較して大きい。このため、外装材２０の膨張を検知しやすい。

[0049] また、外装材２０の上面２１に変形センサ３０を貼着して、蓄電デバイス１を容易に製造することができる。また、変形センサ３０は、シート状を呈している。このため、蓄電デバイス１を、コンパクトに構成することができる。よって、蓄電デバイス１を複数積層させてモジュール化した場合においても、省スペース化が可能である。

[0050] 本実施形態の蓄電デバイス１によると、センサ膜３２の曲げ変形に伴う電気抵抗の増加により、外装材２０の膨張を検知することができる。したがって、蓄電デバイス１の安全性は高い。また、外装材２０の膨張挙動を利用して、充放電を制御することにより、蓄電デバイス１の高寿命化を図ることがで

きる。また、以下に示すように、センサ回路を、蓄電要素１０の充電回路に組み込むことにより、外装材２０の膨張が規定値を超えた場合に充電を遮断する保護回路を、別途設ける必要はない。図１１に、充電回路の一例を示す。

[0051] 図１１に示すように、センサ膜３２の電気抵抗R_xと、基準抵抗R_0との比較により、ＩＧＢＴ（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）のＯＮ／ＯＦＦを制御する。これにより、例えば、センサ膜３２の電気抵抗R_xが、基準抵抗R_0よりも大きくなった場合、すなわち、外装材２０が大きく膨張した場合には、ＩＧＢＴをＯＦＦにして、蓄電要素１０への充電を遮断することができる。

[0052] ＜第二実施形態＞　本実施形態の蓄電デバイスと、第一実施形態の蓄電デバイスと、の主な相違点は、変形センサの構成、および変形入力部材を配置した点である。したがって、ここでは相違点についてのみ説明する。［蓄電デバイスの構成］　まず、本実施形態の蓄電デバイスの構成について説明する。図３に、本実施形態の蓄電デバイスの分解斜視図を示す。図４に、同蓄電デバイスの断面図を示す。図５に、図４の領域Ｖ内の拡大図を示す。図３は、図１と対応している。よって、図３中、図１と対応する部材については、同じ符号で示す。また、図３においては、変形センサの電極、センサ膜、および配線を透過して示す。また、図５においては、説明の便宜上、クラックＣ１を誇張して示す。図３～図５に示すように、蓄電デバイス１は、デバイス本体４０と、筐体４１と、棒部材４２と、を備えている。デバイス本体４０は、蓄電要素１
０と、外装材２０と、変形センサ５０と、を備えている。

[0053] 変形センサ５０は、外装材２０の上面２１に配置されている。変形センサ５０は、基材５１と、センサ膜５２と、一対の電極５３ａ、５３ｂと、配線５４ａ、５４ｂと、を備えている。

[0054] 基材５１は、ポリイミド製であって、Ｌ字形の帯状を呈している。基材５１は、センサ部５１０と、配線部５１１と、を有する。センサ部５１０は、外

装材２０の上面２１の左端から右端に亘って配置されている。センサ部５１０は、上面２１の中央付近を覆うように配置されている。

[0055] センサ膜５２は、左右方向に延びる短冊状を呈している。センサ膜５２は、センサ部５１０の下面中央付近に配置されている。すなわち、センサ膜５２は、基材５１と、外装材２０の上面２１と、の間に介装されている。センサ膜５２は、外装材２０の上面２１に接着されている。

[0056] センサ膜５２は、エポキシ樹脂に、カーボンビーズが充填されてなる。カーボンビーズの充填率は、センサ膜５２の体積を１００ｖｏｌ％とした場合の約４５ｖｏｌ％である。変形前の自然状態において、センサ膜５２には、カーボンビーズ同士の接触により、多数の導電パスが形成されている。また、図５に模式的に示すように、センサ膜５２には、予め複数のクラックＣ１が形成されている。クラックＣ１は、センサ膜５２が曲げ変形した時に導電パスが切断されるように、形成されている。すなわち、クラックＣ１は、センサ膜５２の厚さ方向（上下方向）に延びるように、形成されている。

[0057] ここで、センサ膜５２の製造方法を説明する。まず、エポキシ樹脂の硬化前樹脂と、硬化剤と、カーボンビーズと、を混合して、センサ塗料を調製する。次に、基材５１の表面に、センサ塗料を塗布する。そして、センサ塗料の塗膜が内側になるように基材５１を湾曲させて、その状態で加熱して、塗膜を硬化させる。その後、基材５１を、湾曲した状態から、元の平面状態に戻す。この際、硬化した塗膜（センサ膜）に、クラックＣ１が形成される。

[0058] 一対の電極５３ａ、５３ｂは、各々、薄片状を呈している。一対の電極５３ａ、５３ｂは、各々、基材５１とセンサ膜５２との間に介装されている。電極５３ａは、センサ膜５２の左端に配置されている。電極５３ａには、配線５４ａの一端が接続されている。電極５３ｂは、センサ膜５２の右端に配置されている。電極５３ｂには、配線５４ｂの一端が接続されている。

[0059] 配線５４ａ、５４ｂは、基材５１のセンサ部５１０および配線部５１１の下面に配置されている。配線５４ａ、５４ｂの他端は、各々、図示しない制御ユニットに接続されている。

[0060] 筐体４１は、本体部４３と、蓋部４４と、一対の緩衝材４５ａ、４５ｂと、を備えている。本体部４３は、箱状を呈している。本体部４３には、デバイス本体４０が、一対の緩衝材４５ａ、４５ｂと共に収容されている。緩衝材４５ａは、熱可塑性ゴム製であり、直方体状を呈している。緩衝材４５ａには、支持凹部４５０ａが形成されている。支持凹部４５０ａには、デバイス本体４０の左端が収容されている。同様に、緩衝材４５ｂも、熱可塑性ゴム製であり、直方体状を呈している。緩衝材４５ｂには、支持凹部４５０ｂが形成されている。支持凹部４５０ｂには、デバイス本体４０の右端が収容されている。蓋部４４は、本体部４３の上方開口を覆うように配置される。蓋部４４の下面には、前後方向に延びる取付部４４０が配置されている。

[0061] 棒部材４２は、前後方向に延びる円柱状を呈している。棒部材４２は、蓋部４４の取付部４４０に固定されている。棒部材４２は、曲面部４２０を有する。曲面部４２０は、変形センサ５０の基材５１上面に当接している。棒部材４２は、変形センサ５０の一対の電極５３ａ、５３ｂ同士を結ぶ線と、略直交するように配置されている。換言すると、棒部材４２は、センサ膜５２と略直交するように、配置されている。

[0062] ［蓄電デバイスの動き］　次に、本実施形態の蓄電デバイス１の動きについて説明する。図５に拡大して示すように、蓄電要素１０においてガスが発生すると、外装材２０の上面２１は、上方に膨出する。すると、変形センサ５０も、上面２１と共に下方から押し上げられる。この際、センサ膜５２は、棒部材４２から押圧され、棒部材４２の曲面部４２０に沿って、下方に撓むように曲げ変形する。

[0063] センサ膜５２が曲がると、センサ膜５２内のクラックＣ１が開口する。これにより、導電パスが切断される。加えて、カーボンビーズ同士の接触状態が変化することにより、導電パスが切断される。その結果、電極５３ａ、５３ｂ間において検出されるセンサ膜５２の電気抵抗は、曲げ変形前の状態における電気抵抗よりも、大きくなる。このように、蓄電デバイス１においては、出力された電気抵抗の増加により、外装材２０の膨張が検知される。

[0064] ［作用効果］　次に、本実施形態の蓄電デバイス１の作用効果について説明する。本実施形態の蓄電デバイス１は、第一実施形態の蓄電デバイス１と共通する部分については、第一実施形態と同様の作用効果を奏する。また、本実施形態の蓄電デバイス１によると、主に棒部材４２との当接により、センサ膜５２が曲げ変形する。したがって、外装材２０の膨張のみにより曲げ変形する場合と比較して、センサ膜５２の曲げ変形量は、大きくなる。これにより、外装材２０の変位に対する電気抵抗の増加が大きくなる。すなわち、棒部材４２を配置するという比較的簡単な構成で、変形センサ５０の感度を、高めることができる。したがって、本実施形態の蓄電デバイス１によると、上面２１の変位が小さい場合であっても、外装材２０の膨張を検知することができる。

[0065] また、外装材２０の膨張前の状態において、棒部材４２と変形センサ５０とは当接している。これにより、外装材２０の膨張の初期段階で、センサ膜５２の曲げ変形が開始される。したがって、外装材２０の初期の膨張についても、検知することができる。また、棒部材４２は、センサ膜５２と略直交するように配置されている。このため、センサ膜５２が曲げ変形しやすい。

[0066] また、センサ膜５２には、クラックＣ１が形成されている。センサ膜５２が曲げ変形すると、クラックＣ１が開口する。これにより、導電パスが切断されて、センサ膜５２の電気抵抗が、速やかに増加する。したがって、応答遅れが小さい。また、主にクラックＣ１の開口により導電パスが切断されるため、エポキシ樹脂の弾性変形のみに依存して導電パスが切断される場合と比較して、小さな変形についても精度良く検知することができる。したがって、上面２１の変位が小さい場合であっても、外装材２０の膨張を検知することができる。

[0067] ＜第三実施形態＞　本実施形態の蓄電デバイスと、第一実施形態の蓄電デバイスと、の主な相違点は、変形センサの構成、および配置形態である。したがって、ここでは相違点についてのみ説明する。［蓄電デバイスの構成］
まず、本実施形態の蓄電デバイスの構成について説明する。図６に、本実施

形態の蓄電デバイスの斜視図を示す。図７に、図６のＶＩＩ－ＶＩＩ断面図を示す。図６は、図１と対応している。よって、図６中、図１と対応する部材については、同じ符号で示す。また、図６においては、変形センサの電極、センサ膜、および配線を透過して示す。図６、図７に示すように、蓄電デバイス１は、蓄電要素１０と、外装材２０と、変形センサ５０と、を備えている。

[0068] 外装材２０の上面２１の前端部中央付近には、凹部２２が形成されている。凹部２２は、断面台形状を呈している。変形センサ５０は、基材５１と、センサ膜５２と、一対の電極５３ａ、５３ｂと、配線５４ａ、５４ｂと、を備えている。変形センサ５０の構成は、上記第二実施形態と同じである。よって、ここでは説明を割愛する。

[0069] 変形センサ５０における基材５１の配線部５１１は、外装材２０の上面２１の右端に沿って、配置されている。一方、基材５１のセンサ部５１０は、上面２１の前端に沿って、配置されている。センサ部５１０の中央付近は、凹部２２の形状に沿うように曲げられて、配置されている。センサ部５１０の下面中央付近には、センサ膜５２が配置されている。センサ膜５２は、凹部２２の形状に沿って曲げ変形された状態で配置されている。

[0070] ここで、変形センサ５０の配置方法を説明する。まず、凹部２２の形状と略同じ形状の切り欠き部を、蓄電要素１０の上面の前端中央付近に形成する。次に、蓄電要素１０を外装材２０で被覆する。その後、外装材２０の上面の前端および右端に沿って、変形センサ５０を接着する。続いて、外装材２０の内部の空気を、真空引きして抜く。すると、外装材２０が、蓄電要素１０の外周面に密着する。その結果、蓄電要素１０の切り欠き部に沿うように、外装材２０の上面２１に、凹部２２が形成される。同時に、外装材２０と共に、センサ部５１０の中央付近も、凹部２２の形状に沿うように変形する。この際、センサ膜５２には、引張歪みが入力される。そして、センサ膜５２は、凹部２２の形状に沿って曲げ変形された状態で配置される。

[0071] ［蓄電デバイスの動き］　次に、本実施形態の蓄電デバイス１の動きについ

て説明する。蓄電要素１０においてガスが発生すると、外装材２０の上面２１は、上方に膨出する。この際、凹部２２の底面も、上方に膨出する。これにより、変形センサ５０は、凹部２２と共に下方から押し上げられ、平らな状態（自然状態）に近づいていく。つまり、センサ膜５２は、曲げ変形される前の自然状態に戻ろうとする。

[0072] ガス発生前の、センサ膜５２の曲げ変形状態においては、クラックＣ１の開口、およびカーボンビーズ同士の接触状態の変化により、導電パスの一部が切断されている。したがって、電極５３ａ、５３ｂ間において検出されるセンサ膜５２の電気抵抗は、比較的大きい。これに対して、ガス発生後の、センサ膜５２が自然状態に復元する過程においては、クラックＣ１が閉口し、カーボンビーズ同士の接触状態が回復することにより、導電パスが形成される。これにより、電極５３ａ、５３ｂ間において検出されるセンサ膜５２の電気抵抗は、曲げ変形状態における電気抵抗よりも、小さくなる。このように、蓄電デバイス１においては、出力された電気抵抗の減少により、外装材２０の膨張の初期段階が検知される。

[0073] ［作用効果］　次に、本実施形態の蓄電デバイス１の作用効果について説明する。本実施形態の蓄電デバイス１は、第一、第二実施形態の蓄電デバイス１と共通する部分については、第一、第二実施形態と同様の作用効果を奏する。また、本実施形態の蓄電デバイス１によると、センサ膜５２が、曲げ変形状態から自然状態へ復元する過程における電気抵抗の減少により、外装材２０の膨張の初期段階を検知することができる。よって、ガス発生開始時の挙動を検知するのに好適である。また、外装材２０の上面２１の凹部２２を利用して、簡単かつ低コストに、外装材２０の膨張を検知することができる。また、センサ膜５２は、凹部２２に配置されるため、蓄電デバイス１を、コンパクトに構成することができる。よって、蓄電デバイス１を複数積層させてモジュール化した場合においても、省スペース化が可能である。

[0074] ＜第四実施形態＞　本実施形態の蓄電デバイスと、第一実施形態の蓄電デバイスと、の主な相違点は、変形センサの構成、および配置形態である。した

がって、ここでは相違点についてのみ説明する。［蓄電デバイスの構成］

まず、本実施形態の蓄電デバイスの構成について説明する。図８に、本実施形態の蓄電デバイスの断面図を示す。図９に、ガス発生時における同蓄電デバイスの断面図を示す。図８、図９に示すように、蓄電デバイス１は、蓄電要素１０と、外装材２０と、変形センサ５０と、を備えている。

［0075］外装材２０は、ラミネートフィルムからなる。外装材２０の上面２１には、前後方向に延びる封止部２３が配置されている。封止部２３は、蓄電要素１０の上面において重なり合う外装材

２０の一端と他端とが、熱融着されてなる。封止部２３は、右方に倒れた状態で配置されている。封止部２３と外装材２０の上面２１とは、固定されていない。

［0076］変形センサ５０は、基材５１と、センサ膜５２と、一対の電極５３ａ、５３ｂと、配線（図略）と、を備えている。基材５１は、ポリイミド製であって、帯状を呈している。基材５１は、外装材２０の上面２１の左端から、封止部２３に重なるように配置されている。

［0077］センサ膜５２は、左右方向に延びる短冊状を呈している。センサ膜５２は、外装材２０の上面２１中央付近から、封止部２３に重なるように配置されている。センサ膜５２は、基材５１と、外装材２０と、の間に介装されている。センサ膜５２の構成および製造方法は、上記第二実施形態と同じである。よって、ここでは説明を割愛する。

［0078］一対の電極５３ａ、５３ｂは、各々、薄片状を呈している。一対の電極５３ａ、５３ｂは、各々、基材５１とセンサ膜５２との間に介装されている。電極５３ａは、センサ膜５２の左端に配置されている。電極５３ｂは、センサ膜５２の右端に配置されている。電極５３ａ、５３ｂには、各々、配線の一端が接続されている。

［0079］［蓄電デバイスの動き］　次に、本実施形態の蓄電デバイス１の動きについて説明する。図９中、白抜き矢印で示すように、蓄電要素１０においてガスが発生すると、外装材２０の上面２１は、上方に膨出する。すると、倒れて

いた封止部２３が起立する。封止部２３が起立すると、変形センサ５０のうち、封止部２３に重ねられていた部位が起立する。つまり、センサ膜５２が、曲げ変形する。

[0080] センサ膜５２が曲がると、センサ膜５２内のクラックＣ１が開口する。これにより、導電パスが切断される。加えて、カーボンビーズ同士の接触状態が変化することにより、導電パスが切断される。その結果、電極５３ａ、５３ｂ間において検出されるセンサ膜５２の電気抵抗は、曲げ変形前の状態における電気抵抗よりも、大きくなる。このように、蓄電デバイス１においては、出力された電気抵抗の増加により、外装材２０の膨張が検知される。

[0081] ［作用効果］　次に、本実施形態の蓄電デバイス１の作用効果について説明する。本実施形態の蓄電デバイス１は、第一、第二実施形態の蓄電デバイス１と共通する部分については、第一、第二実施形態と同様の作用効果を奏する。また、本実施形態の蓄電デバイス１においては、センサ膜５２の一部が封止部２３に重なるように、変形センサ５０を配置すればよい。このため、蓄電デバイス１の製造が容易である。このように、本実施形態の蓄電デバイス１によると、外装材２０の封止部２３を利用して、簡単かつ低コストに、外装材２０の膨張を検知することができる。また、変形センサ５０は、外装材２０の上面２１および封止部２３に配置される。このため、蓄電デバイス１を、コンパクトに構成することができる。よって、蓄電デバイス１を複数積層させてモジュール化した場合においても、省スペース化が可能である。

[0082] ＜第五実施形態＞　本実施形態の蓄電デバイスと、第二実施形態の蓄電デバイスと、の主な相違点は、変形センサの配置形態、および変形入力部材を配置しない点である。したがって、ここでは相違点についてのみ説明する。［蓄電デバイスの構成］　まず、本実施形態の蓄電デバイスの構成について説明する。図１０に、本実施形態の蓄電デバイスの断面図を示す。図１０は、図４と対応している。よって、図１０中、図４と対応する部材については、同じ符号で示す。図１０に示すように、蓄電デバイス１は、デバイス本体４

０と筐体４１とを備えている。デバイス本体４０は、蓄電要素１０と、外装材２０と、変形センサ５０と、を備えている。

[0083] 変形センサ５０は、外装材２０と筐体４１の蓋部４４との間に介装されている。変形センサ５０は、基材５１と、センサ膜５２と、一対の電極５３ａ、５３ｂと、配線（図略）と、カバーフィルム５５と、を備えている。

[0084] 基材５１は、ポリイミド製であって、断面Ｃ字形の短冊状を呈している。基材５１の上端は筐体４１の蓋部４４に固定されている。また、基材５１の下端は外装材２０の上面２１に固定されている。

[0085] センサ膜５２は、上下方向に延びる短冊状を呈している。センサ膜５２は、基材５１の左面に配置されている。センサ膜５２の構成および製造方法は、上記第二実施形態と同じである。よって、ここでは説明を割愛する。

[0086] 一対の電極５３ａ、５３ｂは、各々、薄片状を呈している。一対の電極５３ａ、５３ｂは、各々、基材５１とセンサ膜５２との間に介装されている。電極５３ａは、センサ膜５２の上端に配置されている。電極５３ｂは、センサ膜５２の下端に配置されている。電極５３ａ、５３ｂには、各々、配線の一端が接続されている。

[0087] カバーフィルム５５は、アクリルゴム製であって、上下方向に延びる短冊状を呈している。カバーフィルム５５は、センサ膜５２を、左方から被覆している。

[0088] ［蓄電デバイスの動き］　次に、本実施形態の蓄電デバイス１の動きについて説明する。蓄電要素１０においてガスが発生すると、外装材２０の上面２１は、上方に膨出する。これにより、上面２１と、筐体４１の蓋部４４と、の間の距離が短くなる。ここで、変形センサ５０の下端は、上面２１に固定されているため、上面２１の膨出と共に、左方に撓むように曲げ変形する。

センサ膜５２が曲がると、センサ膜５２内のクラックＣ１が開口する。これにより、導電パスが切断される。加えて、カーボンビーズ同士の接触状態が変化することにより、導電パスが切断される。その結果、電極５３ａ、５３ｂ間において検出されるセンサ膜５２の電気抵抗は、曲げ変形前の状態に

おける電気抵抗よりも、大きくなる。このように、蓄電デバイス１においては、出力された電気抵抗の増加により、外装材２０の膨張が検知される。

[0089] ［作用効果］　次に、本実施形態の蓄電デバイス１の作用効果について説明する。本実施形態の蓄電デバイス１は、第一、第二実施形態の蓄電デバイス１と共通する部分については、第一、第二実施形態と同様の作用効果を奏する。また、本実施形態の蓄電デバイス１においては、筐体４１を利用して、簡単かつ低コストに、外装材２０の膨張を検知することができる。

[0090] ＜その他＞　以上、本発明の蓄電デバイスの実施形態について説明した。しかしながら、本発明の蓄電デバイスの実施形態は上記形態に限定されるものではない。当業者が行いうる種々の変形的形態、改良的形態で実施することも可能である。

[0091] 例えば、変形センサの形状、構成については、上記実施形態に限定されない。第一実施形態では、センサ膜の母材に、ＥＰＤＭを使用した。しかし、母材のエラストマーの種類は特に限定されない。例えば、天然ゴム、イソプレンゴム、ブタジエンゴム、アクリロニトリルーブタジエン共重合ゴム、スチレンーブタジエン共重合ゴム、ブチルゴム、ハロゲン化ブチルゴム、水素化ニトリルゴム、クロロプレンゴム、アクリルゴム、クロロスルホン化ポリエチレンゴム、ヒドリンゴム、シリコーンゴム、フッ素ゴム、ウレタンゴム等が挙げられる。

[0092] また、第二～第五実施形態では、センサ膜の母材に、エポキシ樹脂を使用した。しかし、母材の樹脂の種類は特に限定されない。例えば、熱硬化樹脂としては、アルキド樹脂、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ポリウレタン、ポリイミド等が挙げられる。また、熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリビニルアセテート、ポリテトラフルオロエチレン、アクリロニトリルーブタジエンースチレン樹脂、アクリル樹脂、ポリアミド、ポリアセタール、ポリカーボネート、ポリフェニレンオキシド、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート等が挙げられる。

[0093] 母材に充填される導電性フィラーは、導電性を有する粒子であればよい。例えば、炭素材料、金属等の微粒子が挙げられる。これらのうち、一種を単独で、あるいは二種以上を併せて用いることができる。なお、導電パスの形成のため、母材中における導電性フィラーの充填状態を、最密充填状態に近づけるという観点から、導電性フィラーとしては、球状の粒子を採用するとよい。また、電極の数、形状、配置場所等についても、適宜設定すればよい。

[0094] 第二～第五実施形態では、センサ膜にクラックを形成した。クラックを形成する方法は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、凹凸を有する基材の表面に、センサ塗料を印刷して硬化させてもよい。こうすると、塗膜の硬化時に凹凸の角部分に応力が集中して、クラックを形成することができる。硬化後、さらにセンサ膜を曲げ加工すると、クラックを増加させて、樹脂中に分散させることができる。

[0095] また、第一、第五実施形態では、センサ膜の表面を覆うように、カバーフィルムを配置した。しかし、カバーフィルムは必ずしも必要ではない。

[0096] 第一実施形態では、変形センサを、外装材の上面（膨張面）の左端から右端に亘って配置した。しかし、変形センサを配置する場所は、特に限定されない。例えば、センサ膜が膨張面の全体を覆うように、変形センサを配置してもよい。

[0097] 第二実施形態では、変形入力部材として、円柱状の棒部材を使用した。しかし、変形入力部材の形状、配置形態等については、特に限定されない。変形入力部材については、筐体に固定してもよく、外装材の膨張面に直接配置してもよい。例えば、デバイス本体（蓄電要素＋外装材＋変形センサ）を紐部材で縛り、当該紐部材を変形入力部材として使用してもよい。また、第２実施形態では、変形入力部材をセンサ膜と略直行するように配置した。しかし、変形入力部材のセンサ膜に対する配置方向については、特に限定されない。変形入力部材をセンサ膜に対して交差して配置すればよく、例えば、変形入力部材をセンサ膜に対して斜めに配置してもよい。なお、センサ膜を曲げ変形させるという観点から、変形入力部材は、変形センサと当接する曲面部

を有することが望ましい。

[0098] 第三実施形態では、外装材の膨張面の凹部に、センサ膜を配置した。この場合、凹部の形状、数、配置する場所等については、特に限定されない。また、第三実施形態では、センサ膜を、基材の下面に配置した。すなわち、センサ膜を、曲げ変形によりクラックの一部が開口した状態で、配置した。しかし、センサ膜の初期状態におけるクラック開口の有無は、特に限定されない。例えば、上記第三実施形態の変形センサを、上下反対にして（基材の上面にセンサ膜が配置されるように）、配置してもよい。

[0099] 上記実施形態では、外装材として、ラミネートフィルムを使用した。しかし、外装材の材質は、特に限定されない。例えば、外装材が金属製のケースでもよい。また、上記実施形態では、センサ膜を一対の電極間を結ぶ帯状や短冊状とした。しかし、センサ膜の形状については、特に限定されない。センサ膜の初期抵抗値が所望の設定値となるようにセンサ膜の形状を適宜設定すればよく、例えば、センサ膜を一対の電極間を任意の直線や曲線で結ぶ形状としてもよい。

実施例

[0100] 次に、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明する。

[0101] ＜第一の応答実験＞　上記第一実施形態と同様の形態の蓄電デバイスモデルを作製し、外装材を膨張させて、外装材の膨らみ量に対する変形センサの応答性を評価した。蓄電デバイスモデルの大きさは、縦（左右方向長さ）２６０ｍｍ、横（前後方向長さ）２３０ｍｍ、厚さ（上下方向長さ）４８ｍｍである。また、センサ膜の大きさは、縦２６０ｍｍ、横５ｍｍである。図１３に、変形センサの電気抵抗および外装材の膨らみ量の経時変化を示す。図１３においては、変形センサの抵抗増加率を太線で示し、外装材の膨らみ量を細線で示す。図１３の縦軸の抵抗増加率は、次式（１）により算出される。また、膨らみ量は、蓄電デバイスモデルの中央付
近における厚さ方向の変位を、レーザー変位計で測定した。抵抗増加率（－）＝$\Delta R / R_0 = (R - R_0) / R_0$・・・（１）［$R_0$：外装材膨張前の初期

電気抵抗値、Ｒ：外装材膨張後に測定された電気抵抗値］　図１３に示すように、外装材の膨らみ量が増加するに従って、変形センサの電気抵抗が増加した。変形センサの電気抵抗の変化は、外装材の膨張、収縮挙動と略一致した。

［0102］＜第二の応答実験＞　筐体を用いない点以外は、上記第二実施形態と同様の形態の蓄電デバイスモデルを作製し、外装材を膨張させて、外装材の膨らみ量に対する変形センサの応答性を評価した。棒部材については、別途支持部材で支持して、変形センサに当接させた。棒部材の直径は、９ｍｍである。デバイス本体の大きさは、第一応答実験のモデルと同じである。また、センサ膜の大きさは、縦３０ｍｍ、横５ｍｍである。外装材の膨らみ量は、棒部材の左方側のデバイス本体の厚さ方向の変位を、レーザー変位計で測定した。図１４に、変形センサの電気抵抗および外装材の膨らみ量の経時変化を示す。図１４においては、変形センサの抵抗変化率を太線で示し、外装材の膨らみ量を細線で示す。図１４の縦軸の抵抗変化率は、次式（２）により算出される。抵抗変化率（ー）＝Ｒ／Ｒ$_0$・・・（２）　図１４に示すように、外装材の膨らみ量が増加するに従って、変形センサの電気抵抗が増加した。変形センサの電気抵抗の変化は、外装材の膨張、収縮挙動と略一致した。

［0103］＜第三の応答実験＞　上記第三実施形態と同様の蓄電デバイスモデルを作製し、外装材を膨張させて、凹部底面の変位量に対する変形センサの応答性を評価した。蓄電デバイスモデルの大きさは、第一応答実験と同じである。また、凹部の大きさは、断面の台形形状において、上底４０ｍｍ、下底２０ｍｍ、高さ５ｍｍである。また、凹部に配置する前のセンサ膜の大きさは、縦６０ｍｍ、横５ｍｍである。凹部底面の変位量は、凹部底面の上下方向の変位を、レーザー変位計で測定した。図１５に、変形センサの電気抵抗および凹部底面の変位量の経時変化を示す。図１５においては、変形センサの抵抗変化率を太線で示し、凹部底面の変位量を細線で示す。図１５の縦軸の抵抗変化率は、前式（２）により算出される。

［0104］図１５に示すように、外装材の膨張と共に凹部底面が上方に変位し始めると

、変形センサの電気抵抗は急激に減少した。このように、本形態の蓄電デバイスによると、ガス発生直後の外装材の膨張を、精度良く検知することができる。

符号の説明

[0105] １：蓄電デバイス　１０：蓄電要素２０：外装材　２１：上面（膨張面）２２：凹部　２３：封止部３０：変形センサ　３１：基材　３２：センサ膜　３３ａ、３３ｂ：電極３４ａ、３４ｂ：配線　３５：カバーフィルム　３１０：センサ部　３１１：配線部４０：デバイス本体　４１：筐体　４２：棒部材　４３：本体部　４４：蓋部４５ａ、４５ｂ：緩衝材　４２０：曲面部　４４０：取付部４５０ａ、４５０ｂ：支持凹部５０：変形センサ　５１：基材　５２：センサ膜　５３ａ、５３ｂ：電極５４ａ、５４ｂ：配線　５５：カバーフィルム　５１０：センサ部　５１１：配線部８００：センサ膜　８０１：樹脂　８０２：導電性フィラー　８０３：クラックＣ１：クラック　Ｐ：導電パス

請求の範囲

［請求項1］ 蓄電要素と、 該蓄電要素が収容される外装材と、 該外装材の膨張面に配置される変形センサと、を備え、 該変形センサは、エラストマーまたは樹脂からなる母材と該母材中に３０ｖｏｌ％以上の充填率で充填されている導電性フィラーとを有し、該外装材の膨張に伴い曲げ変形するセンサ膜と、該センサ膜に接続される少なくとも一対の電極と、を備え、該センサ膜には、該導電性フィラー同士の接触により三次元的な導電パスが形成されており、該センサ膜の自然状態からの変形量が増加するに従って電気抵抗が増加し、 該センサ膜の曲げ変形に伴う電気抵抗の変化により、該外装材の膨張を検知することを特徴とする蓄電デバイス。

［請求項2］ 前記センサ膜は、前記外装材の前記膨張面の一端から他端に亘って配置される請求項１に記載の蓄電デバイス。

［請求項3］ 前記変形センサは、前記センサ膜が配置される基材を備え、該センサ膜が前記外装材の前記膨張面側になるよう配置され、 さらに、該基材側に配置され、該外装材が膨張するに従って該外装材との間で該センサ膜を押圧することにより該センサ膜の曲げ変形量を増加させる変形入力部材を備える請求項１に記載の蓄電デバイス。

［請求項4］ 前記変形入力部材は、前記変形センサと当接する曲面部を有する棒部材または紐部材であり、 該棒部材または紐部材は、該変形センサと交差するように配置される請求項３に記載の蓄電デバイス。

［請求項5］ 前記外装材の前記膨張面は、凹部を有し、 前記センサ膜は、該凹部に沿って曲げ変形された状態で配置される請求項１に記載の蓄電デバイス。

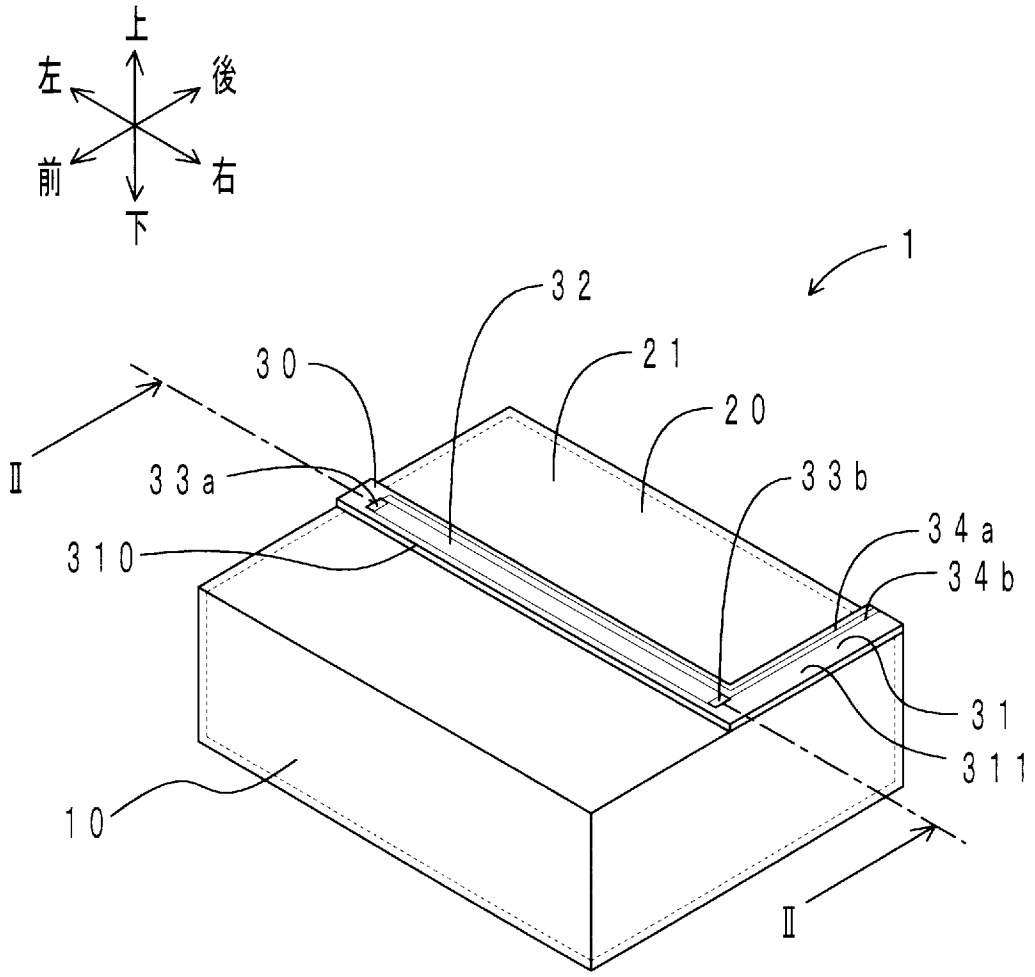
［請求項6］ 前記外装材は、フィルム部材からなり、 該外装材の前記膨張面は、該フィルム部材の端部同士が貼着された封止部を有し、 前記センサ膜は、該膨張面およびそれに続く該封止部に配置され、 該外装材の膨張により該封止部が起立するに従って、該センサ膜が曲げ変形され

る請求項１に記載の蓄電デバイス。

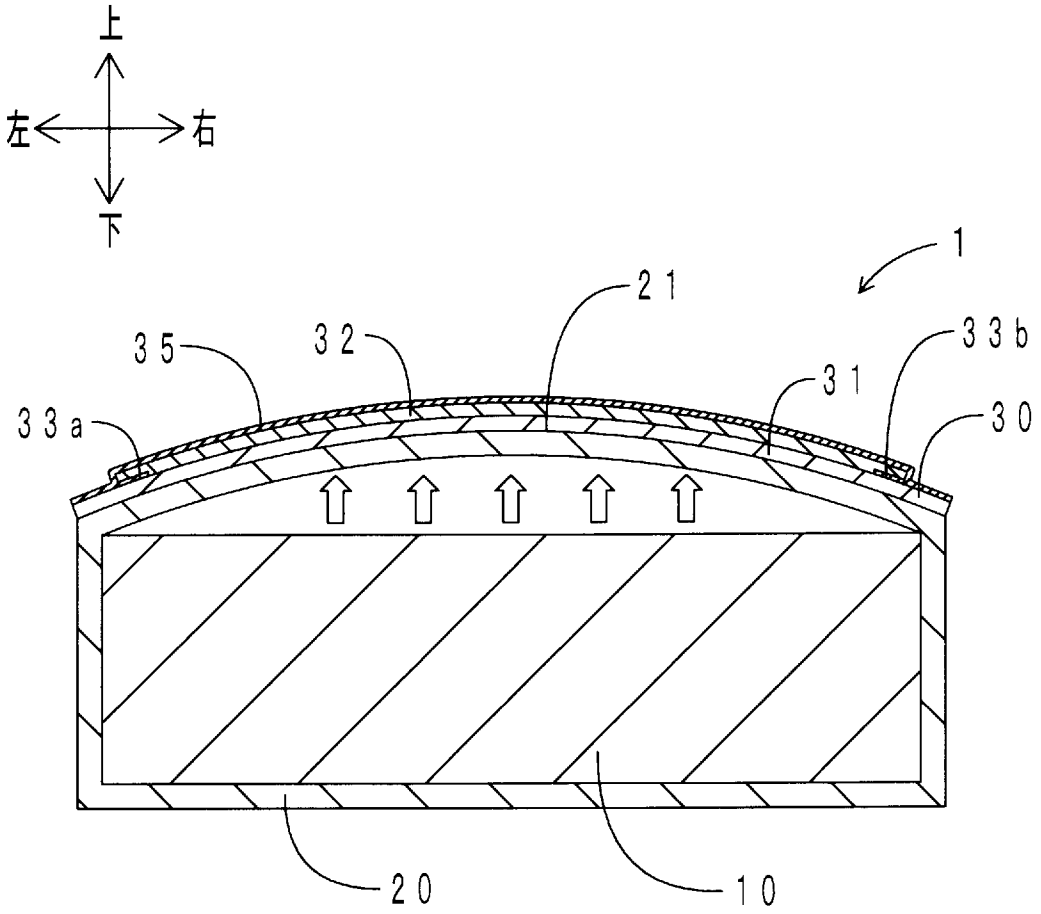
［請求項7］ さらに、前記蓄電要素、前記外装材、および前記変形センサが収容される筐体を備え、 該変形センサの一端は該筐体に取り付けられ、他端は該外装材の前記膨張面に取り付けられる請求項１に記載の蓄電デバイス。

［請求項8］ 前記センサ膜の前記母材は樹脂であり、該センサ膜には、曲げ変形した時に前記導電パスが切断される方向に、予めクラックが形成されている請求項１ないし請求項７のいずれかに記載の蓄電デバイス。

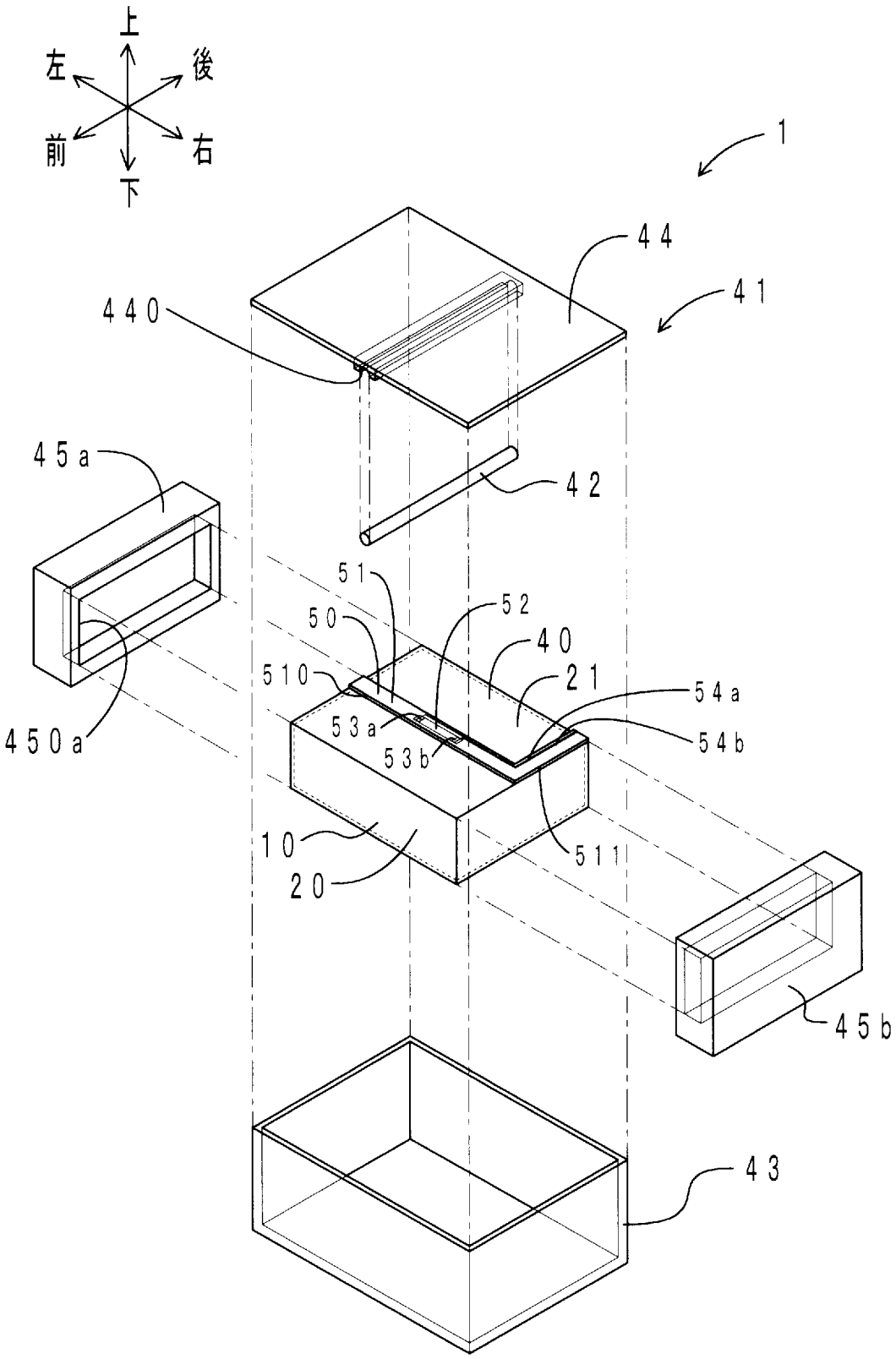
[図1]



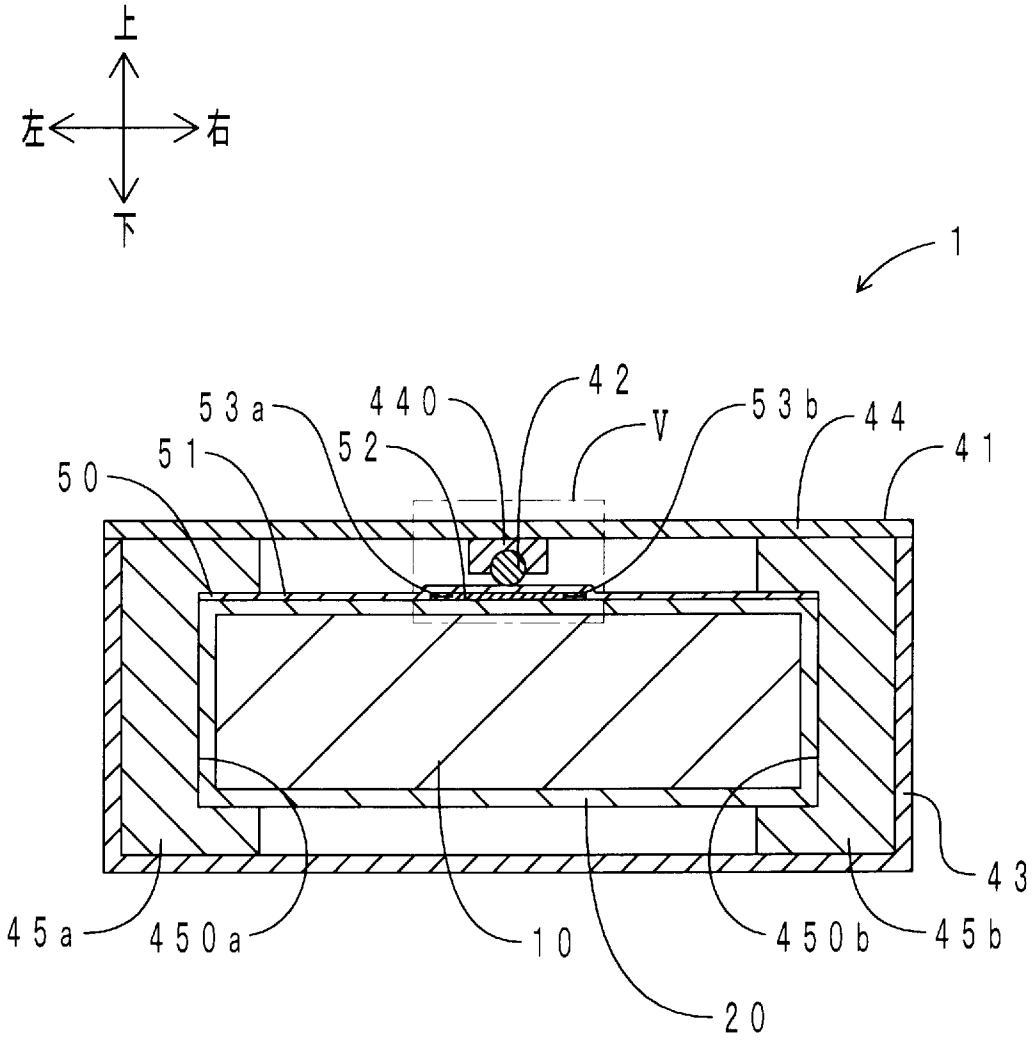
[図2]



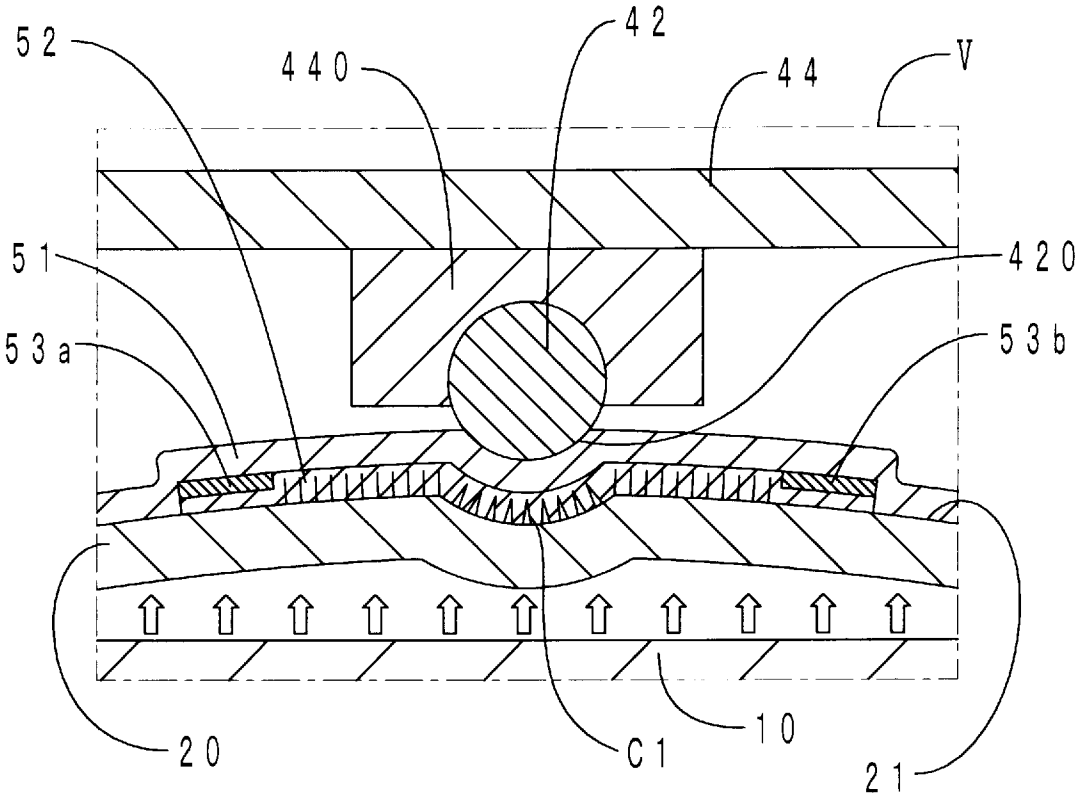
[図3]


上
左
後
前
右
下
1
44
440
41
42
45a
450a
51
50
52
40
510
21
54a
53a
54b
53b
10
511
20
45b
43

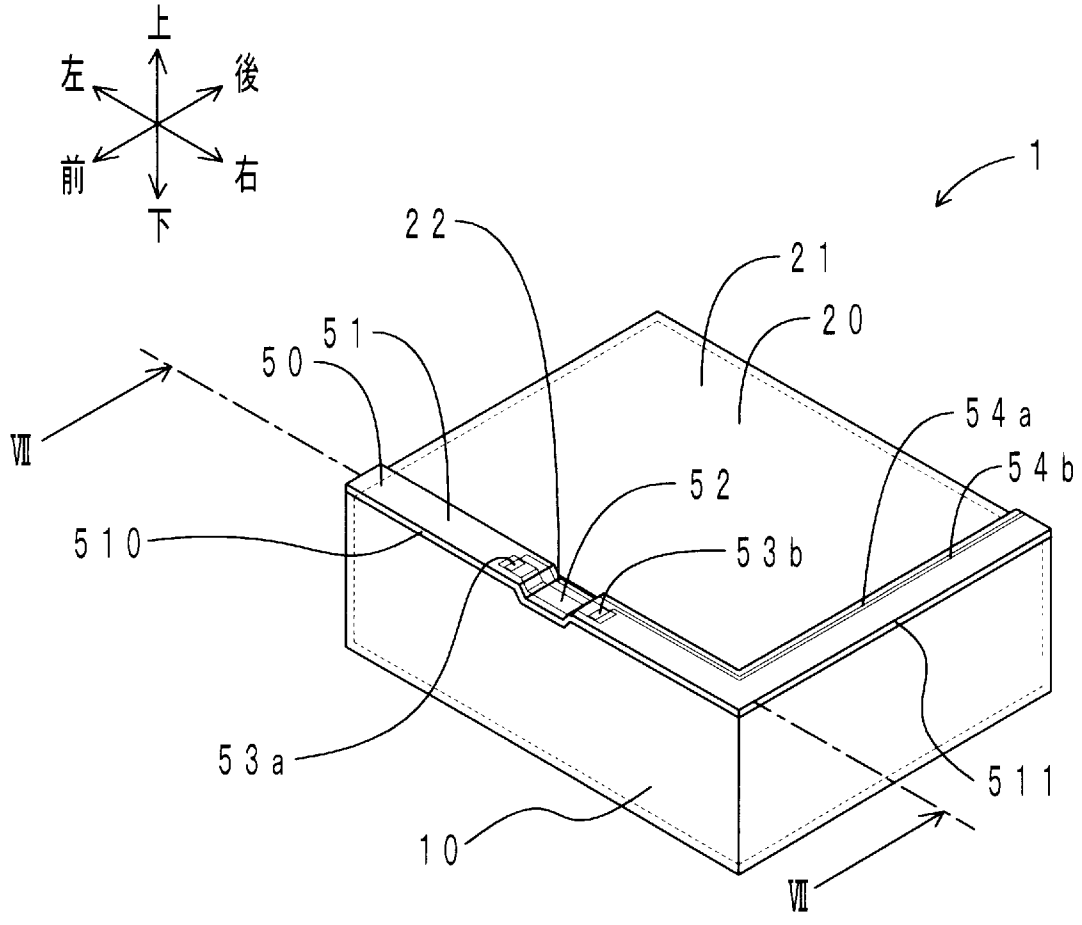
[図4]



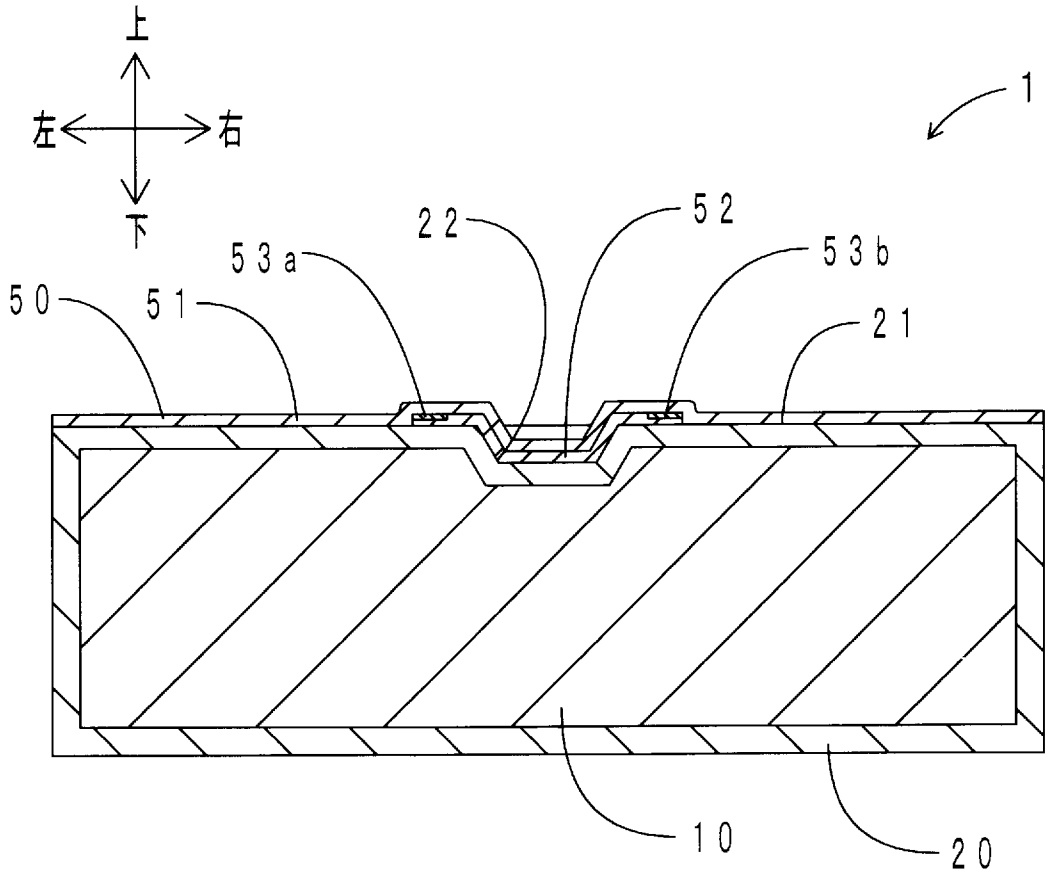
[図5]


52
440
42
44
V
51
420
53a
53b
20
C1
10
21

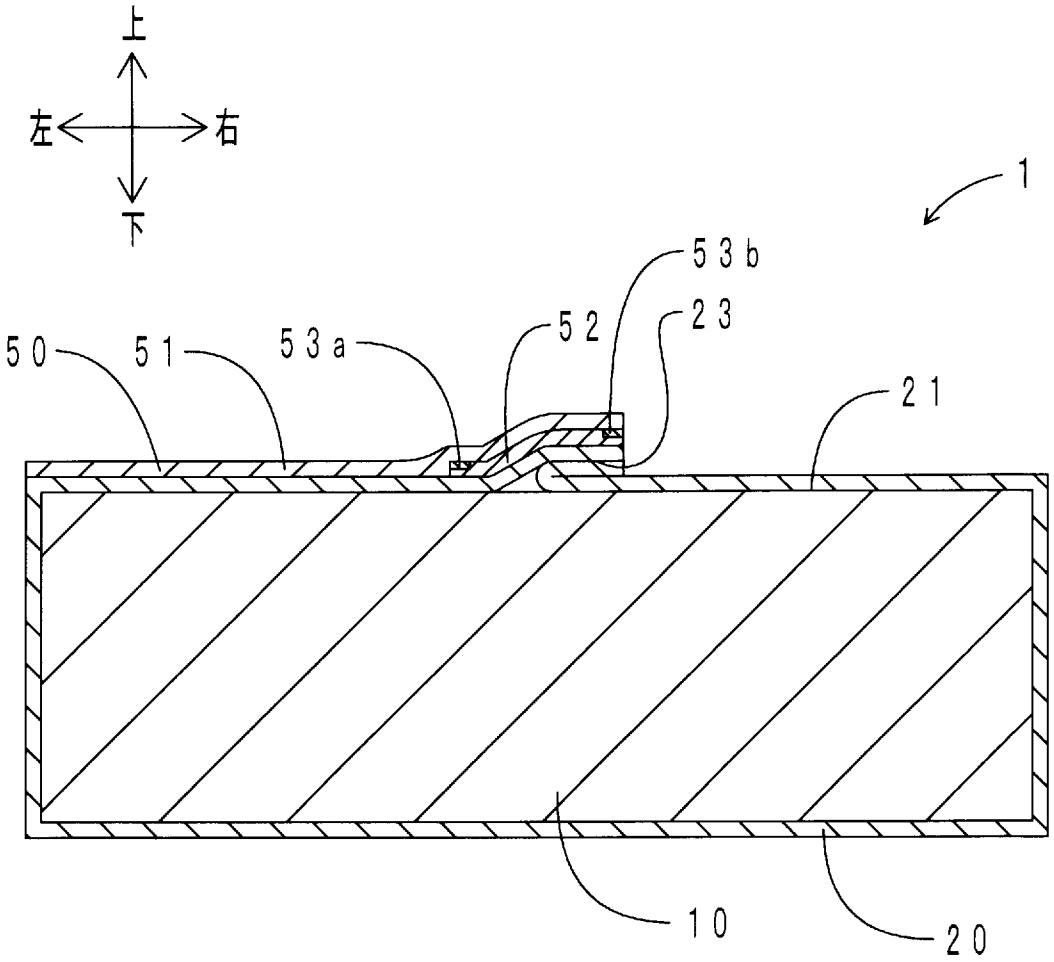
[図6]


上
左
後
前
右
下
1
22
21
20
51
50
54a
54b
52
510
53b
53a
511
10
Ⅶ
Ⅶ

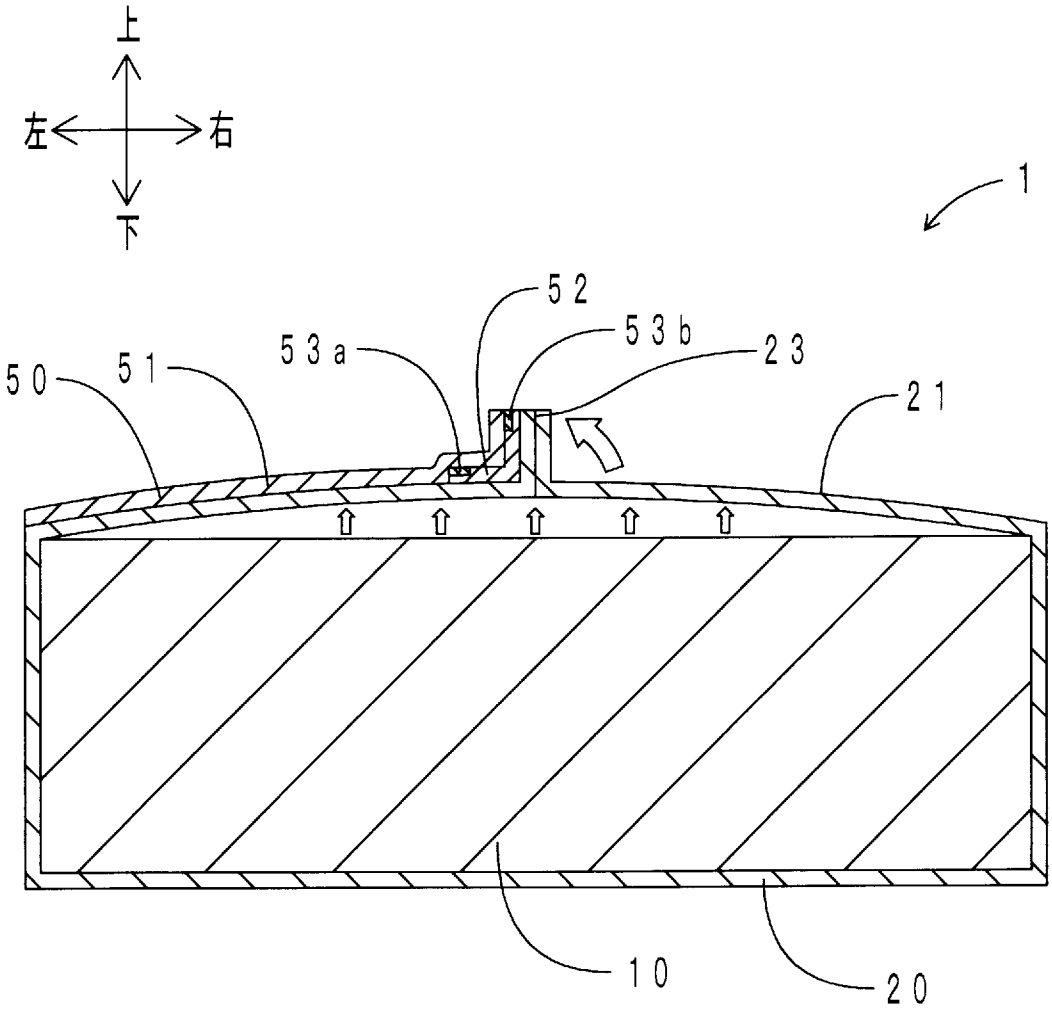
[図7]



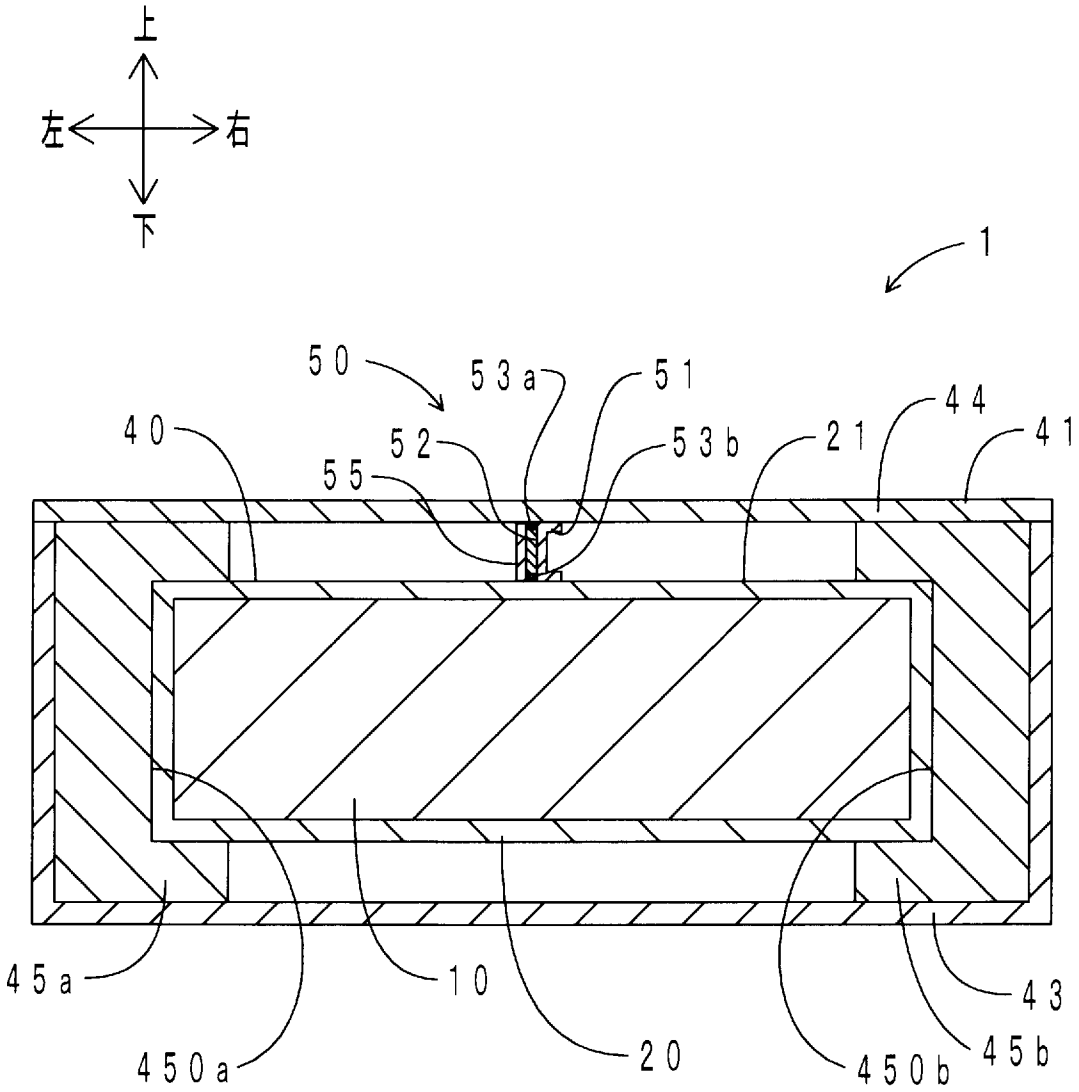
[図8]



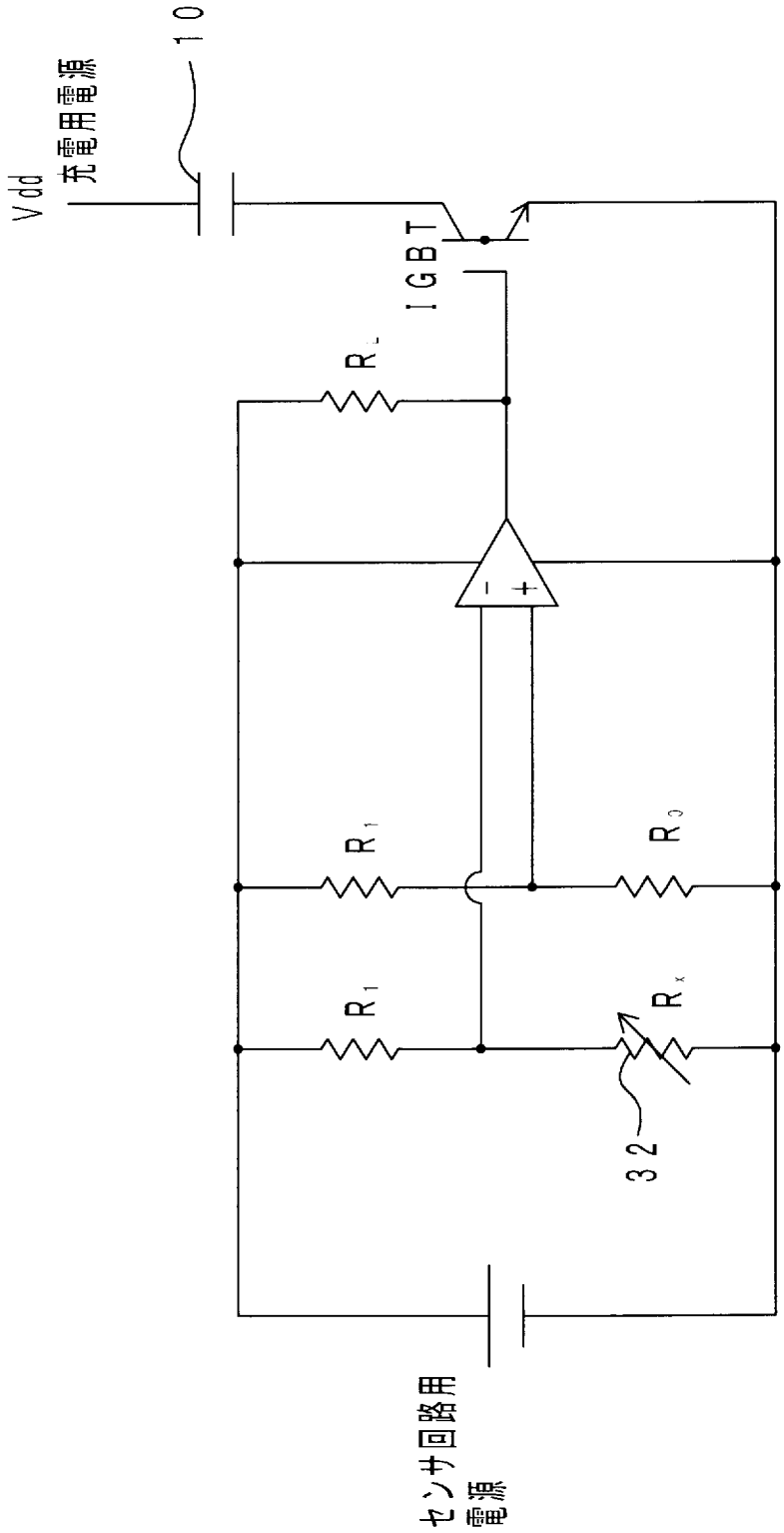
[図9]



[図10]

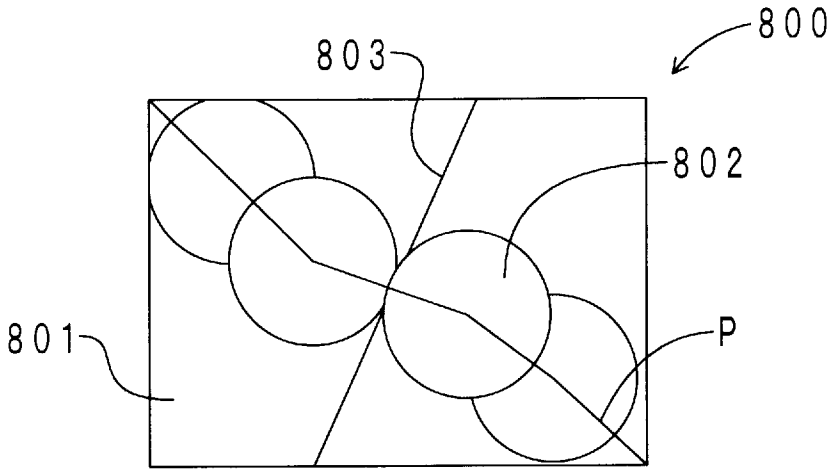


[図11]

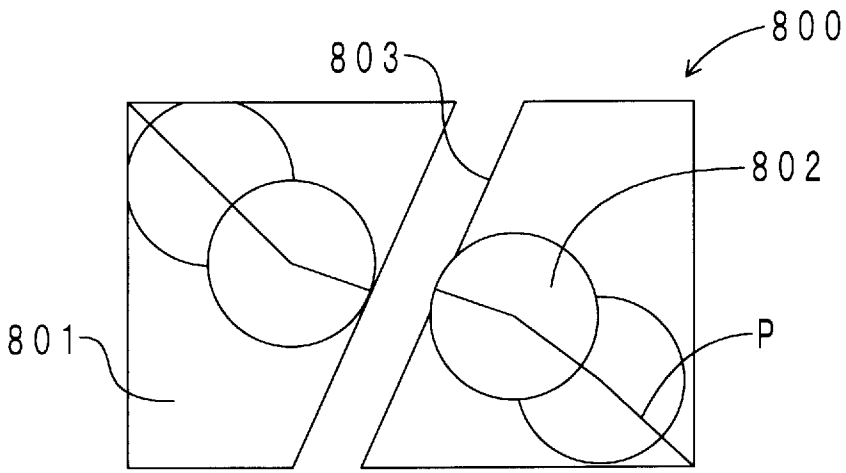


[図12]

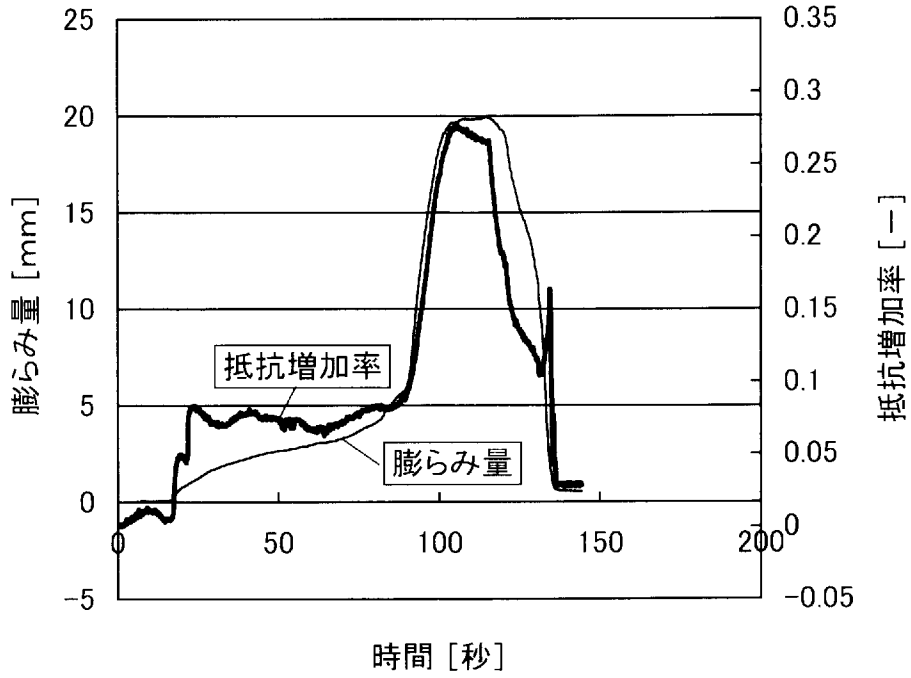
(a)



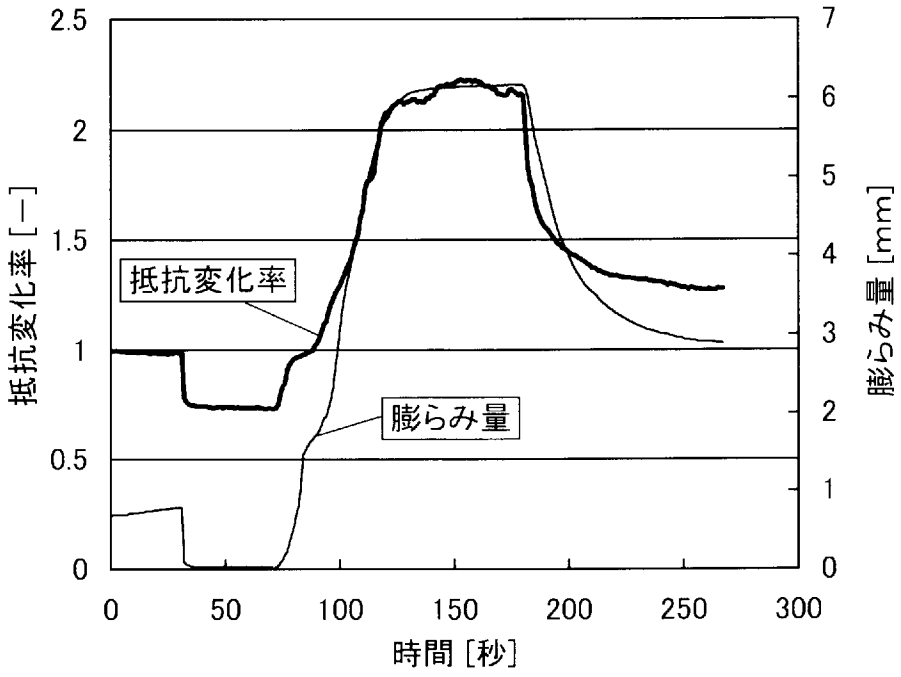
(b)



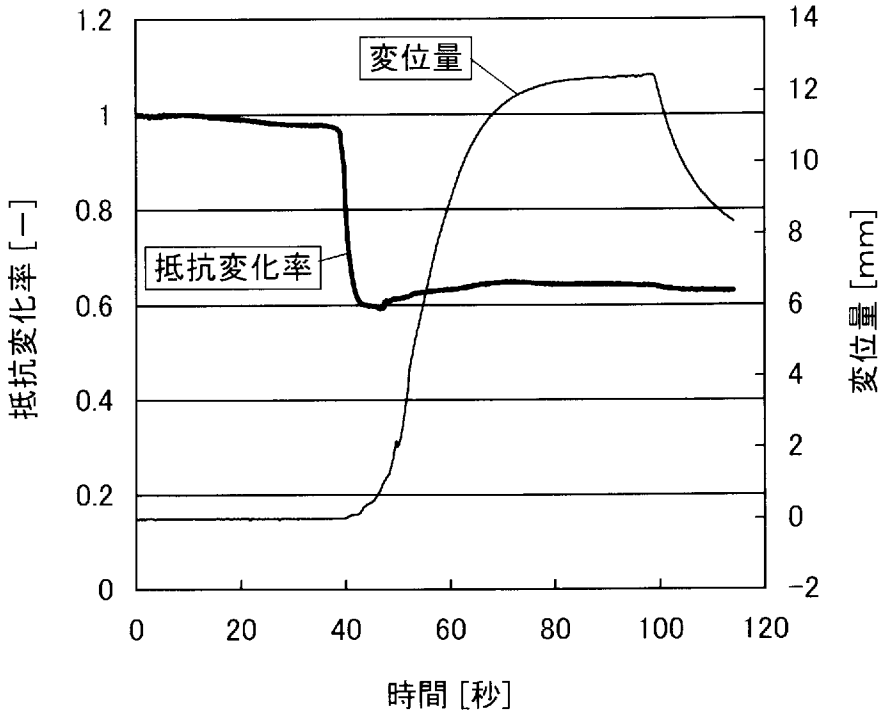
[図13]


25
20
15
10
5
0
-5
膨らみ量 [mm]
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
抵抗増加率 [－]
抵抗増加率
膨らみ量
0
50
100
150
200
時間 [秒]

[図14]


2.5
2
1.5
1
0.5
0
抵抗変化率 [－]
7
6
5
4
3
2
1
0
膨らみ量 [mm]
抵抗変化率
膨らみ量
0
50
100
150
200
250
300
時間 [秒]

[図15]


変位量
抵抗変化率
抵抗変化率 [—]
変位量 [mm]
時間 [秒]
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
14
12
10
8
6
4
2
0
−2
0
20
40
60
80
100
120

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/076976

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01M10/48(2006.01)i, *H01G9/155*(2006.01)i, *H01M2/02*(2006.01)i, *H01M2/10*(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)
H01M10/48, H01G9/155, H01M2/02, H01M2/10

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2002-289265 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 04 October 2002 (04.10.2002), paragraph [0020]; fig. 2 (Family: none)	1-5 6-8
Y	JP 2008-70327 A (Tokai Rubber Industries, Ltd.), 27 March 2008 (27.03.2008), paragraphs [0030] to [0056]; fig. 6 to 8 & US 2008/0066564 A1 & EP 1901048 A2	1-5
Y	JP 2009-279211 A (Tokai Rubber Industries, Ltd.), 03 December 2009 (03.12.2009), paragraphs [0058] to [0061]; fig. 7, 8 (Family: none)	1-5

☐ 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
07 February, 2012 (07.02.12)	14 February, 2012 (14.02.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０７６９７６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01M10/48(2006.01)i, H01G9/155(2006.01)i, H01M2/02(2006.01)i, H01M2/10(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.　H01M10/48, H01G9/155, H01M2/02, H01M2/10

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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 2002-289265 A（三菱重工業株式会社）2002.10.04,　【００２０】【図２】（ファミリーなし）	1-5 6-8
Y	JP 2008-70327 A（東海ゴム工業株式会社）2008.03.27,　【００３０】－【００５６】【図６】－【図８】 & US 2008/0066564 A1 & EP 1901048 A2	1-5
Y	JP 2009-279211 A（東海ゴム工業株式会社）2009.12.03,　【００５８】－【００６１】【図７】【図８】（ファミリーなし）	1-5

☐　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 ０７．０２．２０１２	国際調査報告の発送日 １４．０２．２０１２
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）　５Ｔ　３５６７ 高野　誠治 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５６８