(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2024-115364
(P2024-115364A)
(43)公開日　令和6年8月26日(2024.8.26)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
H01M	*10/48 (2006.01)*	H01M	10/48	Z	2F063
G01B	*7/16 (2006.01)*	G01B	7/16		5H030
H01M	*50/204 (2021.01)*	H01M	50/204	401D	5H040
H01M	*50/574 (2021.01)*	H01M	50/574		5H043
		H01M	10/48	301	

審査請求　未請求　請求項の数　22　ＯＬ　（全26頁）

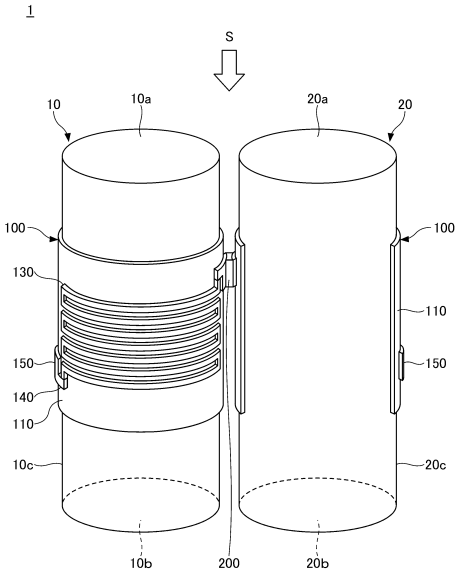
(21)出願番号　特願2023-21021(P2023-21021)
(22)出願日　令和5年2月14日(2023.2.14)

(71)出願人　000114215
ミネベアミツミ株式会社
長野県北佐久郡御代田町大字御代田４１０６－７３
(74)代理人　100107766
弁理士　伊東 忠重
(74)代理人　100070150
弁理士　伊東 忠彦
(72)発明者　北園 正樹
東京都多摩市鶴牧２丁目１１番地２ ミツミ電機株式会社内
(72)発明者　石原 育
長野県北佐久郡御代田町大字御代田４１０６－７３ ミネベアミツミ株式会社内
(72)発明者　小峰 理枝子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　バッテリユニット

(57)【要約】
【課題】複数のバッテリセルにひずみゲージを貼付したバッテリユニットの小型化。
【解決手段】本バッテリユニットは、複数のバッテリセルと、各々の前記バッテリセルの外周面に貼付されたひずみゲージと、を有し、それぞれの前記ひずみゲージは、受感部と電気的に接続される一対の電極を備え、隣接する前記バッテリセルに貼付された前記ひずみゲージの一方の前記電極同士が導電性の接合部を介して接合され、すべての前記ひずみゲージが直列に接続されている。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数のバッテリセルと、
各々の前記バッテリセルの外周面に貼付されたひずみゲージと、を有し、
それぞれの前記ひずみゲージは、受感部と電気的に接続される一対の電極を備え、
隣接する前記バッテリセルに貼付された前記ひずみゲージの一方の前記電極同士が導電性の接合部を介して接合され、すべての前記ひずみゲージが直列に接続されている、バッテリユニット。
【請求項２】
前記接合部は、隣接する前記バッテリセルに貼付された前記ひずみゲージの前記電極の互いに対向する面同士を直接接合する、請求項１に記載のバッテリユニット。
【請求項３】
複数のバッテリ群を有し、
各々の前記バッテリ群は、
複数の前記バッテリセルと、
各々の前記バッテリセルの外周面に貼付された前記ひずみゲージと、を有し、
各々の前記バッテリ群において、隣接する前記バッテリセルに貼付された前記ひずみゲージの一方の前記電極同士が導電性の前記接合部を介して接合され、すべての前記ひずみゲージが直列に接続されている、請求項１又は２に記載のバッテリユニット。
【請求項４】
各々の前記バッテリ群は、並列に接続されている、請求項３に記載のバッテリユニット。
【請求項５】
異常判定部及び回路遮断部をさらに有し、
前記異常判定部は、各々の前記バッテリ群の直列に接続された前記ひずみゲージの出力に基づいて、各々の前記バッテリ群の異常を判定し、
前記回路遮断部は、前記異常判定部の判定結果に基づいて、異常と判定された前記バッテリ群を遮断する、請求項３又は４に記載のバッテリユニット。
【請求項６】
各々の前記ひずみゲージは、最上層にラベルを有する、請求項１乃至５のいずれか一項に記載のバッテリユニット。
【請求項７】
前記ラベルには、前記バッテリセルに関する情報が表示されている、請求項６に記載のバッテリユニット。
【請求項８】
前記ラベルには、前記ひずみゲージに関する情報が表示されている、請求項７に記載のバッテリユニット。
【請求項９】
複数のバッテリセルと、
各々の前記バッテリセルの外周面に貼付された検出部と、を有し、
それぞれの前記検出部は、受感部と電気的に接続される一対の電極を備え、
隣接する前記バッテリセルに貼付された前記検出部の一方の前記電極同士が導電性の接合部を介して接合され、すべての前記検出部が直列に接続され、
前記検出部は、前記バッテリセルの膨張又は収縮により生じる前記バッテリセルの変形及び／又は前記バッテリセルにかかる圧力を検出する、バッテリユニット。
【請求項１０】
前記接合部は、隣接する前記バッテリセルに貼付された前記検出部の前記電極の互いに対向する面同士を直接接合する、請求項９に記載のバッテリユニット。
【請求項１１】
複数のバッテリ群を有し、

各々の前記バッテリ群は、
複数の前記バッテリセルと、
各々の前記バッテリセルの外周面に貼付された前記検出部と、を有し、
各々の前記バッテリ群において、隣接する前記バッテリセルに貼付された前記検出部の一方の前記電極同士が導電性の前記接合部を介して接合され、すべての前記検出部が直列に接続されている、請求項９又は１０に記載のバッテリユニット。
【請求項１２】
各々の前記バッテリ群は、並列に接続されている、請求項１１に記載のバッテリユニット。
【請求項１３】
異常判定部及び回路遮断部をさらに有し、
前記異常判定部は、各々の前記バッテリ群の直列に接続された前記検出部の出力に基づいて、各々の前記バッテリ群の異常を判定し、
前記回路遮断部は、前記異常判定部の判定結果に基づいて、異常と判定された前記バッテリ群を遮断する、請求項１１又は１２に記載のバッテリユニット。
【請求項１４】
各々の前記検出部は、最上層にラベルを有する、請求項９乃至１３のいずれか一項に記載のバッテリユニット。
【請求項１５】
前記ラベルには、前記バッテリセルに関する情報が表示されている、請求項１４に記載のバッテリユニット。
【請求項１６】
前記ラベルには、前記検出部に関する情報が表示されている、請求項１５に記載のバッテリユニット。
【請求項１７】
前記検出部は、前記バッテリセルの変形によって生じる磁気変化を検出する検出素子を有する、請求項９乃至１６の何れか一項に記載のバッテリユニット。
【請求項１８】
前記検出素子は磁性体を含み、
前記検出素子は、前記バッテリセルの変形によって前記磁性体に圧力が加わったときの前記磁性体の磁化の強さの変化を検出する検出素子である、請求項１７に記載のバッテリユニット。
【請求項１９】
前記検出素子は、磁性膜で絶縁膜を挟んだ磁気トンネル接合の構造を含んでおり、
前記検出素子は、前記バッテリセルの変形によって前記構造で発生する磁気変化を検出する検出素子である、請求項１７に記載のバッテリユニット。
【請求項２０】
前記検出部は半導体式のひずみゲージである、請求項９乃至１６の何れか一項に記載のバッテリユニット。
【請求項２１】
前記検出部は静電容量式の圧力センサである、請求項９乃至１６の何れか一項に記載のバッテリユニット。
【請求項２２】
前記検出部は光ファイバ式のひずみゲージである、請求項９乃至１６の何れか一項に記載のバッテリユニット。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、バッテリユニットに関する。
【背景技術】

【０００２】
　モバイル機器等に用いられるバッテリユニットにおいて、バッテリユニット内の電池の寿命の低下等に起因して電池が膨張し、液漏れ等を引き起こす場合がある。そこで、バッテリユニットにおいて、電池の膨張を検出することは重要であり、電池の膨張を検出する様々な装置が提案されている。
【０００３】
　一例として、リチウム２次電池の内側空間に配置したひずみゲージにより内部圧力を検出し、検出した内部圧力を表示器に表示する装置が挙げられる。この装置では、表示された内部圧力を監視することにより、リチウム２次電池が正常であるか異常であるかを判定することができる（例えば、特許文献１参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２００２－２８９２６５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
　バッテリユニットにおいて、複数のバッテリセルを並列及び／又は直列に接続し、各々のバッテリセルにひずみゲージを貼付することが考えられる。この場合、ひずみゲージに接続する配線により、バッテリユニットが大型化する懸念がある。
【０００６】
　本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、複数のバッテリセルにひずみゲージを貼付したバッテリユニットの小型化を目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
　本バッテリユニットは、複数のバッテリセルと、各々の前記バッテリセルの外周面に貼付されたひずみゲージと、を有し、それぞれの前記ひずみゲージは、受感部と電気的に接続される一対の電極を備え、隣接する前記バッテリセルに貼付された前記ひずみゲージの一方の前記電極同士が導電性の接合部を介して接合され、すべての前記ひずみゲージが直列に接続されている。
【発明の効果】
【０００８】
　開示の技術によれば、複数のバッテリセルにひずみゲージを貼付したバッテリユニットの小型化を実現できる。
【図面の簡単な説明】
【０００９】
【図１】第１実施形態に係るバッテリユニットを例示する斜視図である。
【図２】第１実施形態に係るバッテリユニットを例示する図である。
【図３】第１実施形態に係るひずみゲージを例示する平面図である。
【図４】第１実施形態に係るひずみゲージを例示する断面図（その１）である。
【図５】第１実施形態に係るひずみゲージを例示する断面図（その２）である。
【図６】第１実施形態の変形例１に係るバッテリユニットを例示する図である。
【図７】第１実施形態の変形例２に係るバッテリユニットを例示する図である。
【図８】第２実施形態に係るバッテリユニットを例示する模式図である。
【図９】第２実施形態の変形例１に係るバッテリユニットを例示する模式図である。
【図１０】異常判定部の一例について説明する図である。
【図１１】制御部のハードウェアブロック図の一例である。
【図１２】ラベル一体型のひずみゲージを例示する平面図である。
【図１３】第３実施形態に係るひずみゲージに含まれる検出素子の一例を示す平面図および断面図である。

【図１４】第４実施形態に係るひずみゲージに含まれる検出素子の一例を示す斜視図、平面図、および断面図である。
【図１５】第４実施形態に係るひずみゲージに含まれる検出素子の他の一例を示す斜視図、平面図、および断面図である。
【図１６】第４実施形態に係るひずみゲージに含まれる検出素子の、更に他の一例を示す斜視図、平面図、および断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００１０】
以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。
【００１１】
〈第１実施形態〉
図１は、第１実施形態に係るバッテリユニットを例示する斜視図である。図２は、第１実施形態に係るバッテリユニットを例示する図であり、バッテリユニット１を図１の矢印Ｓ方向から視た図である。
【００１２】
図１及び図２を参照すると、バッテリユニット１は、バッテリセル１０と、バッテリセル２０と、ひずみゲージ１００とを有している。なお、図示は省略されているが、バッテリセル１０とバッテリセル２０とは、並列または直接に接続されている。バッテリユニット１は、例えば、図示しない筐体に固定して使用することができる。バッテリセル１０及び２０は、例えば、リチウムイオン電池である。バッテリユニット１は、例えば、電気自動車の電力供給に使用できる。バッテリユニット１は、パーソナルコンピュータやスマートフォン等の各種電子機器や携帯端末に使用してもよい。
【００１３】
バッテリセル１０は、円柱状であり、端面１０ａと、端面１０ｂと、外周面１０ｃとを有している。端面１０ａと端面１０ｂとは、例えば、略同一面積の円形である。端面１０ａと端面１０ｂとは、例えば、平行である。外周面１０ｃは、端面１０ａの外縁と端面１０ｂの外縁とを接続する。端面１０ａ及び／又は１０ｂに凸部や凹部等が設けられてもよい。
【００１４】
バッテリセル２０は、円柱状であり、端面２０ａと、端面２０ｂと、外周面２０ｃとを有している。端面２０ａと端面２０ｂとは、例えば、略同一面積の円形である。端面２０ａと端面２０ｂとは、例えば、平行である。外周面２０ｃは、端面２０ａの外縁と端面２０ｂの外縁とを接続する。端面２０ａ及び／又は２０ｂに凸部や凹部等が設けられてもよい。バッテリセル２０は、バッテリセル１０と同一形状であってよい。
【００１５】
ひずみゲージ１００は、バッテリセル１０及び２０の膨張や収縮の有無や膨張や収縮の程度を検出するセンサであり、例えば、バッテリセル１０の外周面１０ｃと、バッテリセル２０の外周面２０ｃとに貼付されている。ひずみゲージ１００は、本開示において検出部の一例である。ひずみゲージ１００は、基材１１０と、基材１１０上に形成された抵抗体１３０と、配線１４０と、一対の電極１５０とを備えている。ひずみゲージ１００の詳細については後述する。
【００１６】
ひずみゲージ１００は、バッテリセル１０の外周面１０ｃ及びバッテリセル２０の外周面２０ｃの一部に貼付されてもよいし、全体に貼付されてもよい。例えば、ひずみゲージ１００の抵抗体１３０が配置される範囲をバッテリセル１０及び２０の軸方向に伸ばすことにより、ひずみゲージ１００をバッテリセル１０の外周面１０ｃ及びバッテリセル２０の外周面２０ｃの全体に貼付することができる。
【００１７】
バッテリセル１０の外周面１０ｃに貼付されたひずみゲージ１００の一方の電極１５０

と、バッテリセル２０の外周面２０ｃに貼付されたひずみゲージ１００の一方の電極１５０とは、導電性の接合部２００を介して接合されている。これにより、バッテリセル１０の外周面１０ｃに貼付されたひずみゲージ１００と、バッテリセル２０の外周面２０ｃに貼付されたひずみゲージ１００とは、直列に接続される。

【００１８】

接合部２００は、隣接するバッテリセルに貼付されたひずみゲージ１００の電極１５０の互いに対向する面同士を直接接合する。接合部２００としては、錫銀銅や錫銅ニッケル等のはんだ、銀ペーストや銅ペースト等の導電性ペースト等の任意の導電性接合材を用いることができる。

【００１９】

なお、図１及び図２では、バッテリユニット１が２つのバッテリセルを有する例を示したが、バッテリユニット１は３つ以上のバッテリセルを有してもよい。その場合も、各々のバッテリセルの外周面にひずみゲージ１００が貼付され、隣接するバッテリセルに貼付されたひずみゲージ１００の一方の電極１５０同士が導電性の接合部２００を介して接合され、すべてのひずみゲージ１００が直列に接続される。

【００２０】

このような構成により、直列に接続されたひずみゲージ１００の出力に基づいて、複数のバッテリセルのいずれか１以上の膨張や収縮の情報を得ることができる。すなわち、複数のバッテリセルのいずれか１以上が膨張すると、直列に接続されたひずみゲージ１００の抵抗値が増加する。この抵抗値を監視することにより、複数のバッテリセルのいずれか１以上の膨張の情報を得ることができる。また、複数のバッテリセルのいずれか１以上が収縮すると、直列に接続されたひずみゲージ１００の抵抗値が減少する。この抵抗値を監視することにより、複数のバッテリセルのいずれか１以上の収縮の情報を得ることができる。また、直列に接続されたひずみゲージ１００の出力の抵抗値の変化の度合いにより、膨張や収縮の程度を検出することができる。

【００２１】

また、バッテリユニット１では、隣接するバッテリセルに貼付されたひずみゲージ１００の一方の電極１５０同士が導電性の接合部２００を介して直接接合されているため、電極１５０同士を接続する配線が不要となる。これにより、隣接するバッテリセルにおいて、ひずみゲージ１００の一方の電極１５０同士を配線で接続する際に必要であったスペースの確保が不要となる。その結果、バッテリユニット１を小型化することができる。

【００２２】

［ひずみゲージ１００］

図３は、第１実施形態に係るひずみゲージを例示する平面図である。図４は、第１実施形態に係るひずみゲージを例示する断面図（その１）であり、図３のＡ－Ａ線に沿う断面を示している。

【００２３】

図３及び図４を参照すると、ひずみゲージ１００は、基材１１０と、抵抗体１３０と、配線１４０と、電極１５０と、カバー層１６０とを有している。すなわち、ひずみゲージ１００は、検出素子として抵抗体１３０を有している。カバー層１６０は、必要に応じて設けることができる。なお、図３及び図４では、便宜上、カバー層１６０の外縁のみを破線で示している。まずは、ひずみゲージ１００を構成する各部について詳細に説明する。

【００２４】

なお、図３及び図４では、便宜上、ひずみゲージ１００において、基材１１０の抵抗体１３０が設けられている側を「上側」と称し、抵抗体１３０が設けられていない側を「下側」と称する。又、各部位の上側に位置する面を「上面」と称し、各部位の下側に位置する面を「下面」と称する。ただし、ひずみゲージ１００は天地逆の状態で用いることもできる。又、ひずみゲージ１００は任意の角度で配置することもできる。又、平面視とは、基材１１０の上面１１０ａに対する上側から下側への法線方向で対象物を視ることを指すものとする。そして、平面形状とは、前記法線方向で対象物を視たときの、対象物の形状

を指すものとする。ひずみゲージ１００は、基材１１０の下面１１０ｂがバッテリセルの外周面側を向くように、バッテリセルの外周面に貼り付けられる。

【００２５】

基材１１０は、抵抗体１３０等を形成するためのベース層となる部材である。基材１１０は可撓性を有する。基材１１０の厚さは特に限定されず、ひずみゲージ１００の使用目的等に応じて適宜決定されてよい。例えば、基材１１０の厚さは５μｍ～５００μｍ程度であってよい。なお、バッテリセルの外周面から受感部へのひずみの伝達性、及び、環境変化に対する寸法安定性の観点から考えると、基材１１０の厚さは５μｍ～２００μｍの範囲内であることが好ましい。また、絶縁性の観点から考えると、基材１１０の厚さは１０μｍ以上であることが好ましい。

【００２６】

基材１１０は、例えば、ＰＩ（ポリイミド）樹脂、エポキシ樹脂、ＰＥＥＫ（ポリエーテルエーテルケトン）樹脂、ＰＥＮ（ポリエチレンナフタレート）樹脂、ＰＥＴ（ポリエチレンテレフタレート）樹脂、ＰＰＳ（ポリフェニレンサルファイド）樹脂、ＬＣＰ（液晶ポリマー）樹脂、ポリオレフィン樹脂等の絶縁樹脂フィルムから形成される。なお、フィルムとは、厚さが５００μｍ以下程度であり、かつ可撓性を有する部材を指す。

【００２７】

基材１１０が絶縁樹脂フィルムから形成される場合、当該絶縁樹脂フィルムには、フィラーや不純物等が含まれていてもよい。例えば、基材１１０は、シリカやアルミナ等のフィラーを含有する絶縁樹脂フィルムから形成されてもよい。

【００２８】

基材１１０の樹脂以外の材料としては、例えば、SiO_2、ZrO_2（ＹＳＺも含む）、Ｓｉ、Si_2N_3、Al_2O_3（サファイヤも含む）、ＺｎＯ、ペロブスカイト系セラミックス（$CaTiO_3$、$BaTiO_3$）等の結晶性材料が挙げられる。又、前述の結晶性材料以外に非晶質のガラス等を基材１１０の材料としてもよい。又、基材１１０の材料として、アルミニウム、アルミニウム合金（ジュラルミン）、チタン等の金属を用いてもよい。金属製の基材１１０を用いる場合、上面１１０ａを被覆するように絶縁膜が設けられる。

【００２９】

抵抗体１３０は、基材１１０の上側に所定のパターンで形成された薄膜である。ひずみゲージ１００において、抵抗体１３０は、ひずみを受けて抵抗変化を生じる受感部である。抵抗体１３０は、基材１１０の上面１１０ａに直接形成されてもよいし、基材１１０の上面１１０ａに他の層を介して形成されてもよい。なお、図３では、便宜上、抵抗体１３０を密度の高い梨地模様で示している。

【００３０】

抵抗体１３０は、複数の細長状部が長手方向を同一方向（図３の例ではＡ－Ａ線の方向）に向けて所定間隔で配置され、隣接する細長状部の端部が互い違いに連結されて、全体としてジグザグに折り返す構造である。複数の細長状部の長手方向がグリッド方向となり、グリッド方向と垂直な方向がグリッド幅方向（図３の例ではＡ－Ａ線と垂直な方向）となる。

【００３１】

グリッド幅方向の最も外側に位置する２つの細長状部の長手方向の一端部は、グリッド幅方向に屈曲し、抵抗体１３０のグリッド幅方向の各々の終端$130e_1$及び$130e_2$を形成する。抵抗体１３０のグリッド幅方向の各々の終端$130e_1$及び$130e_2$は、配線１４０を介して、電極１５０と電気的に接続されている。言い換えれば、配線１４０は、抵抗体１３０のグリッド幅方向の各々の終端$130e_1$及び$130e_2$と各々の電極１５０とを電気的に接続している。

【００３２】

抵抗体１３０は、例えば、Ｃｒ（クロム）を含む材料、Ｎｉ（ニッケル）を含む材料、又はＣｒとＮｉの両方を含む材料から形成することができる。すなわち、抵抗体１３０は

、ＣｒとＮｉの少なくとも一方を含む材料から形成することができる。Ｃｒを含む材料としては、例えば、Ｃｒ混相膜が挙げられる。Ｎｉを含む材料としては、例えば、Ｃｕ－Ｎｉ（銅ニッケル）が挙げられる。ＣｒとＮｉの両方を含む材料としては、例えば、Ｎｉ－Ｃｒ（ニッケルクロム）が挙げられる。

【００３３】

ここで、Ｃｒ混相膜とは、Ｃｒ、ＣｒＮ、及びCr_2N等が混相した膜である。Ｃｒ混相膜は、酸化クロム等の不可避不純物を含んでいてもよい。

【００３４】

抵抗体１３０の厚さは特に限定されず、ひずみゲージ１００の使用目的等に応じて適宜決定されてよい。例えば、抵抗体１３０の厚さは０．０５μｍ～２μｍ程度であってよい。特に、抵抗体１３０の厚さが０．１μｍ以上である場合、抵抗体１３０を構成する結晶の結晶性（例えば、α－Ｃｒの結晶性）が向上する。また、抵抗体１３０の厚さが１μｍ以下である場合、抵抗体１３０を構成する膜の内部応力に起因する、（ｉ）膜のクラック及び（ii）膜の基材１１０からの反りが、低減される。

【００３５】

横感度を生じ難くすることと、断線対策とを考慮すると、抵抗体１３０の幅は１０μｍ以上１００μｍ以下であることが好ましい。更に言えば、抵抗体１３０の幅は１０μｍ以上７０μｍ以下であることが好ましく、１０μｍ以上５０μｍ以下であるとより好ましい。

【００３６】

例えば、抵抗体１３０がＣｒ混相膜である場合、安定な結晶相であるα－Ｃｒ（アルファクロム）を主成分とすることで、ゲージ特性の安定性を向上させることができる。又例えば、抵抗体１３０がＣｒ混相膜である場合、抵抗体１３０がα－Ｃｒを主成分とすることで、ひずみゲージ１００のゲージ率を１０以上、かつゲージ率温度係数ＴＣＳ及び抵抗温度係数ＴＣＲを－１０００ｐｐｍ／℃～＋１０００ｐｐｍ／℃の範囲内とすることができる。ここで、「主成分」とは、抵抗体を構成する全物質の５０重量％以上を占める成分のことを意味する。ゲージ特性を向上させるという観点から考えると、抵抗体１３０はα－Ｃｒを８０重量％以上含むことが好ましい。更に言えば、同観点から考えると、抵抗体１３０はα－Ｃｒを９０重量％以上含むことがより好ましい。なお、α－Ｃｒは、ｂｃｃ構造（体心立方格子構造）のＣｒである。

【００３７】

又、抵抗体１３０がＣｒ混相膜である場合、Ｃｒ混相膜に含まれるＣｒＮ及びCr_2Nは２０重量％以下であることが好ましい。Ｃｒ混相膜に含まれるＣｒＮ及びCr_2Nが２０重量％以下であることで、ひずみゲージ１００のゲージ率の低下を抑制することができる。

【００３８】

又、Ｃｒ混相膜におけるＣｒＮとCr_2Nとの比率は、ＣｒＮとCr_2Nの重量の合計に対し、Cr_2Nの割合が８０重量％以上９０重量％未満となるようにすることが好ましい。更に言えば、同比率は、ＣｒＮとCr_2Nの重量の合計に対し、Cr_2Nの割合が９０重量％以上９５重量％未満となるようにすることがより好ましい。Cr_2Nは半導体的な性質を有する。そのため、前述のCr_2Nの割合を９０重量％以上９５重量％未満とすることで、ＴＣＲの低下（負のＴＣＲ）が一層顕著となる。更に、前述のCr_2Nの割合を９０重量％以上９５重量％未満とすることで抵抗体１３０のセラミックス化を低減し、抵抗体１３０の脆性破壊が起こりにくくすることができる。

【００３９】

一方で、ＣｒＮは化学的に安定であるという利点を有する。Ｃｒ混相膜にＣｒＮをより多く含むことで、不安定なＮが発生する可能性を低減することができるため、安定なひずみゲージを得ることができる。ここで「不安定なＮ」とは、Ｃｒ混相膜の膜中に存在し得る、微量のN_2もしくは原子状のＮのことを意味する。これらの不安定なＮは、外的環境（例えば高温環境）によっては膜外へ抜け出ることがある。不安定なＮが膜外へ抜け出る

ときに、Ｃｒ混相膜の膜応力が変化し得る。

【００４０】

ひずみゲージ１００において、抵抗体１３０の材料としてＣｒ混相膜を用いた場合、高感度化かつ、小型化を実現することができる。例えば、従来のひずみゲージの出力が０．０４ｍＶ／２Ｖ程度であったのに対して、抵抗体１３０の材料としてＣｒ混相膜を用いた場合は０．３ｍＶ／２Ｖ以上の出力を得ることができる。また、従来のひずみゲージの大きさ（ゲージ長×ゲージ幅）が３ｍｍ×３ｍｍ程度であったのに対して、抵抗体１３０の材料としてＣｒ混相膜を用いた場合の大きさ（ゲージ長×ゲージ幅）は０．３ｍｍ×０．３ｍｍ程度に小型化することができる。

【００４１】

配線１４０は、基材１１０上に設けられている。配線１４０は、抵抗体１３０及び電極１５０と電気的に接続されている。配線１４０は、直線状には限定されず、任意のパターンとすることができる。また、配線１４０は、任意の幅及び任意の長さとすることができる。なお、図３では、便宜上、配線１４０を抵抗体１３０よりも密度の低い梨地模様で示している。

【００４２】

電極１５０は、基材１１０上に設けられている。電極１５０は、配線１４０を介して抵抗体１３０と電気的に接続されている。電極１５０は、平面視において、配線１４０よりも拡幅して略矩形状に形成されている。電極１５０は、ひずみにより生じる抵抗体１３０の抵抗値の変化を外部に出力するための一対の電極である。電極１５０の上面に、銅等の抵抗の低い金属層、または、金等のはんだ付け性が良好な金属層を積層してもよい。抵抗体１３０と配線１４０と電極１５０とは便宜上別符号としているが、両者は同一工程において同一材料により一体に形成することができる。なお、図３では、便宜上、電極１５０を配線１４０と同じ密度の梨地模様で示している。

【００４３】

カバー層１６０（保護層）は、必要に応じ、基材１１０の上面１１０ａに、抵抗体１３０及び配線１４０を被覆し電極１５０を露出するように設けられる。カバー層１６０の材料としては、例えば、ＰＩ樹脂、エポキシ樹脂、ＰＥＥＫ樹脂、ＰＥＮ樹脂、ＰＥＴ樹脂、ＰＰＳ樹脂、複合樹脂（例えば、シリコーン樹脂、ポリオレフィン樹脂）等の絶縁樹脂が挙げられる。なお、カバー層１６０は、フィラーや顔料を含有しても構わない。カバー層１６０の厚さは、特に制限されず、目的に応じて適宜選択することができる。例えば、カバー層１６０の厚さは２μｍ～３０μｍ程度とすることができる。カバー層１６０を設けることで、抵抗体１３０に機械的な損傷等が生じることを抑制することができる。又、カバー層１６０を設けることで、抵抗体１３０を湿気等から保護することができる。

【００４４】

［ひずみゲージ１００の製造方法］

本実施形態に係るひずみゲージ１００では、基材１１０上に、抵抗体１３０と、配線１４０と、電極１５０と、カバー層１６０とが形成される。なお、基材１１０とこれらの部材の層の間に別の層（後述する機能層等）が形成されてもよい。

【００４５】

以下、ひずみゲージ１００の製造方法について説明する。ひずみゲージ１００を製造するためには、まず、基材１１０を準備し、基材１１０の上面１１０ａに金属層（便宜上、金属層Ａとする）を形成する。金属層Ａは、最終的にパターニングされて抵抗体１３０、配線１４０、及び電極１５０となる層である。従って、金属層Ａの材料や厚さは、前述の抵抗体１３０、配線１４０、及び電極１５０の材料や厚さと同様である。

【００４６】

金属層Ａは、例えば、金属層Ａを形成可能な原料をターゲットとしたマグネトロンスパッタ法により成膜することができる。金属層Ａは、マグネトロンスパッタ法に代えて、反応性スパッタ法、蒸着法、アークイオンプレーティング法、またはパルスレーザー堆積法等を用いて成膜されてもよい。基材１１０の上面１１０ａに金属層Ａを成膜後、周知のフ

ォトリソグラフィ法により、金属層Ａを図３の抵抗体１３０、配線１４０、及び電極１５０と同様の平面形状にパターニングする。

【００４７】

なお、基材１１０の上面１１０ａに下地層を形成してから金属層Ａを形成してもよい。例えば、基材１１０の上面１１０ａに、所定の膜厚の機能層をコンベンショナルスパッタ法により真空成膜してもよい。このように下地層を設けることによって、ひずみゲージ１００のゲージ特性を安定化させることができる。

【００４８】

本願において、機能層とは、少なくとも上層である金属層Ａ（抵抗体１３０）の結晶成長を促進する機能を有する層を指す。機能層は、更に、基材１１０に含まれる酸素または水分による金属層Ａの酸化を防止する機能、および／または、基材１１０と金属層Ａとの密着性を向上する機能を備えていることが好ましい。機能層は、更に、他の機能を備えていてもよい。

【００４９】

基材１１０を構成する絶縁樹脂フィルムは酸素や水分を含むことがあり、また、Ｃｒは自己酸化膜を形成することがある。そのため、特に金属層ＡがＣｒを含む場合、金属層Ａの酸化を防止する機能を有する機能層を成膜することが好ましい。

【００５０】

このように、金属層Ａの下層に機能層を設けることにより、金属層Ａの結晶成長を促進可能となり、安定な結晶相からなる金属層Ａを作製することができる。その結果、ひずみゲージ１００において、ゲージ特性の安定性が向上する。又、機能層を構成する材料が金属層Ａに拡散することにより、ひずみゲージ１００において、ゲージ特性が向上する。

【００５１】

機能層の材料としては、例えば、Ｃｒ（クロム）、Ｔｉ（チタン）、Ｖ（バナジウム）、Ｎｂ（ニオブ）、Ｔａ（タンタル）、Ｎｉ（ニッケル）、Ｙ（イットリウム）、Ｚｒ（ジルコニウム）、Ｈｆ（ハフニウム）、Ｓｉ（シリコン）、Ｃ（炭素）、Ｚｎ（亜鉛）、Ｃｕ（銅）、Ｂｉ（ビスマス）、Ｆｅ（鉄）、Ｍｏ（モリブデン）、Ｗ（タングステン）、Ｒｕ（ルテニウム）、Ｒｈ（ロジウム）、Ｒｅ（レニウム）、Ｏｓ（オスミウム）、Ｉｒ（イリジウム）、Ｐｔ（白金）、Ｐｄ（パラジウム）、Ａｇ（銀）、Ａｕ（金）、Ｃｏ（コバルト）、Ｍｎ（マンガン）、Ａｌ（アルミニウム）からなる群から選択される１種又は複数種の金属、この群の何れかの金属の合金、又は、この群の何れかの金属の化合物が挙げられる。

【００５２】

図５は、第１実施形態に係るひずみゲージを例示する断面図（その２）である。図５は、抵抗体１３０、配線１４０、及び電極１５０の下地層として機能層１２０を設けた場合のひずみゲージ１００の断面形状を示している。

【００５３】

機能層１２０の平面形状は、例えば抵抗体１３０、配線１４０、及び電極１５０の平面形状と略同一にパターニングされてよい。しかしながら、機能層１２０と抵抗体１３０、配線１４０、及び電極１５０との平面形状は略同一でなくてもよい。例えば、機能層１２０が絶縁材料から形成される場合には、機能層１２０を抵抗体１３０、配線１４０、及び電極１５０の平面形状と異なる形状にパターニングしてもよい。この場合、機能層１２０は例えば抵抗体１３０、配線１４０、及び電極１５０が形成されている領域にベタ状に形成されてもよい。或いは、機能層１２０は、基材１１０の上面全体にベタ状に形成されてもよい。

【００５４】

抵抗体１３０、配線１４０、及び電極１５０を形成した後、必要に応じ、基材１１０の上面１１０ａにカバー層１６０を形成する。カバー層１６０は抵抗体１３０及び配線１４０を被覆するが、電極１５０はカバー層１６０から露出していてよい。例えば、基材１１０の上面１１０ａに、抵抗体１３０及び配線１４０を被覆し電極１５０を露出するように

、半硬化状態の熱硬化性の絶縁樹脂フィルムをラミネートして、その後に当該絶縁樹脂フィルムを加熱して硬化させることにより、カバー層１６０を形成することができる。以上の工程により、ひずみゲージ１００が完成する。

【００５５】

〈第１実施形態の変形例〉

第１実施形態の変形例では、ひずみゲージの貼付の仕方やバッテリセルの形状が異なるバッテリユニットの例を示す。なお、第１実施形態の変形例において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【００５６】

図６は、第１実施形態の変形例１に係るバッテリユニットを例示する図であり、バッテリユニット１Ａを図１の矢印Ｓと同様の方向から視た図である。

【００５７】

図６に示すように、バッテリユニット１Ａでは、バッテリセル１０とバッテリセル２０の各々のひずみゲージ１００が同じ側（図６では下側）に貼付されている点が、バッテリユニット１と相違する。

【００５８】

このように、バッテリセル１０とバッテリセル２０の各々のひずみゲージ１００は、図２に示すように反対側に貼付されてもよいし、図６に示すように同じ側に貼付されてもよい。また、バッテリセルが３つ以上ある場合も、各々のひずみゲージ１００は、反対側に貼付されてもよいし、同じ側に貼付されてもよい。

【００５９】

なお、ひずみゲージ１００において、電極１５０の位置は任意に変更可能である。例えば、一対の電極１５０をグリッド幅方向の中央において抵抗体１３０を挟んで対向するように配置すれば、図２に示すように反対側に貼付する場合と、図６に示すように同じ側に貼付する場合で、同一仕様のひずみゲージを使用することができる。

【００６０】

図７は、第１実施形態の変形例２に係るバッテリユニットを例示する図であり、バッテリユニット１Ｂを図１の矢印Ｓと同様の方向から視た図である。

【００６１】

図７に示すように、バッテリユニット１Ｂでは、バッテリセル１０とバッテリセル２０が略四角柱状である点が、バッテリユニット１と相違する。このように、バッテリセルの形状は、円柱状に限らず、四角柱状であってもよい。あるいは、バッテリセルの形状は、三角柱状等の他の多角柱状であってもよい。

【００６２】

もちろん、バッテリセルの形状がどのような多角柱状であっても、各々のひずみゲージ１００は、図２に示すように反対側に貼付されてもよいし、図６に示すように同じ側に貼付されてもよい。また、バッテリセルが３つ以上ある場合も、各々のひずみゲージ１００は、反対側に貼付されてもよいし、同じ側に貼付されてもよい。

【００６３】

〈第２実施形態〉

第２実施形態では、複数のバッテリ群を有するバッテリユニットの例を示す。なお、第２実施形態において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【００６４】

図８は、第２実施形態に係るバッテリユニットを例示する模式図である。

【００６５】

図８に示すように、バッテリユニット２は、バッテリ群２０１及び２０２を有している。バッテリ群２０１及び２０２の各々の構成は、第１実施形態に係るバッテリユニット１と同様である。図８の例では、バッテリ群２０１及び２０２の各々において、バッテリセル１０とバッテリセル２０とは並列に接続されているが、直接に接続されてもよい。また

、バッテリ群２０１及び２０２の各々がより多くのバッテリセルを有する場合、例えば、並列に接続された複数のバッテリセルの群が直列に接続される構成であってもよい。

【００６６】

バッテリ群２０１とバッテリ群２０２とは、配線２０３及び２０４を介して並列に接続されている。２０５及び２０６は、端子を示している。端子２０５及び２０６の一方がプラス側の端子、他方がマイナス側の端子となる。

【００６７】

バッテリユニット２は、バッテリユニット１と同様に、隣接するバッテリセルに貼付されたひずみゲージ１００の一方の電極１５０同士が導電性の接合部２００を介して直接接合されている。そのため、バッテリユニット１と同様に、バッテリユニット２を小型化することができる。

【００６８】

〈第２実施形態の変形例〉

第２実施形態の変形例では、異常時に回路を遮断する機構を有するバッテリユニットの例を示す。なお、第２実施形態の変形例において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【００６９】

図９は、第２実施形態の変形例１に係るバッテリユニットを例示する模式図である。図９に示すように、バッテリユニット２Ａは、バッテリユニット２の構成に加え、異常判定部３００と、回路遮断部４０１と、回路遮断部４０２とを有している。

【００７０】

バッテリユニット２Ａにおいて、バッテリ群２０１の直列に接続された２つひずみゲージ１００の出力は、異常判定部３００に入力されている。同様に、バッテリ群２０２の直列に接続された２つひずみゲージ１００の出力は、異常判定部３００に入力されている。

【００７１】

端子２０５とバッテリ群２０１との間の配線２０３に回路遮断部４０１が挿入されている。また、端子２０５とバッテリ群２０２との間の配線２０３に回路遮断部４０２が挿入されている。回路遮断部４０１及び４０２は、通常は導通状態であり、外部からの制御信号により遮断状態に切り替えることができる。回路遮断部４０１及び４０２は、例えば、外部から制御可能なスイッチである。具体的には、例えば、リレーのような機械的スイッチや、トランジスタ等を備えた電子式スイッチが挙げられる。

【００７２】

異常判定部３００は、各々のバッテリ群の直列に接続されたひずみゲージ１００の出力に基づいて、各々のバッテリ群の異常を判定することができる。具体的には、異常判定部３００は、バッテリ群２０１及び２０２の各々のひずみゲージ１００の抵抗値を監視することで、バッテリ群２０１及び２０２の有するバッテリセルに膨張や収縮が生じたか否かを判定することができる。

【００７３】

例えば、異常判定部３００は、膨張や収縮の程度が予め定めた閾値を超えた場合に、バッテリ群２０１及び／又は２０２に異常が発生したと判定することができる。さらに、異常判定部３００は、異常が発生したと判定したバッテリ群と端子２０５との間に挿入されている回路遮断部に回路を遮断するための制御信号を出力することができる。そして、回路遮断部は、異常判定部３００の判定結果である制御信号に基づいて、異常と判定されたバッテリ群を遮断することができる。

【００７４】

例えば、異常判定部３００は、バッテリ群２０２に異常が発生したと判定した場合、バッテリ群２０２と端子２０５との間の配線２０３に挿入されている回路遮断部４０２に、回路を遮断するための制御信号を出力する。この制御信号に基づいて、回路遮断部４０２は、異常と判定されたバッテリ群２０２を遮断する。

【００７５】

バッテリ群２０２が遮断されても、バッテリ群２０１は端子２０５と端子２０６との間に接続されているため、端子２０５と端子２０６からは正常な電圧出力が得られ、バッテリユニット２Ａは正常な動作を継続することができる。すなわち、バッテリユニット２Ａは、異常なバッテリ群を遮断して安全を確保すると共に、正常なバッテリ群を生かして電池としての動作を継続することができる。

【００７６】

図１０は、異常判定部の一例について説明する図である。図１０に示すように、異常判定部３００は、例えば、アナログフロントエンド部３１０と、制御部３２０とを含む構成とすることができる。バッテリ群２０１及び２０２の各々のひずみゲージ１００の出力は、アナログフロントエンド部３１０に接続されている。

【００７７】

アナログフロントエンド部３１０は、例えば、ブリッジ回路、増幅回路、Ａ／Ｄ変換回路（アナログ／デジタル変換回路）等を備えており、ひずみゲージの出力に基づいて、ひずみ波形を生成する。アナログフロントエンド部３１０は、温度補償回路を備えていてもよい。アナログフロントエンド部３１０は、ＩＣ化されていてもよいし、個別部品により構成されていてもよい。

【００７８】

なお、アナログフロントエンド部３１０は、バッテリ群２０１のひずみゲージ１００の出力を接続するブリッジ回路と、バッテリ群２０２のひずみゲージ１００の出力を接続するブリッジ回路の２つを有するが、増幅器等は個別に設けてもよいし、両者に共通であってもよい。

【００７９】

アナログフロントエンド部３１０において、バッテリ群２０１及び２０２の各々のひずみゲージ１００の出力に対応するひずみ波形がブリッジ回路から出力され、増幅回路で増幅された後、Ａ／Ｄ変換回路によりデジタル信号に変換され、制御部３２０に出力される。アナログフロントエンド部３１０が温度補償回路を備えている場合には、温度補償されたデジタル信号が制御部３２０に送られる。

【００８０】

制御部３２０は、アナログフロントエンド部３１０から送られたデジタル化されたひずみ波形に演算処理を行い、バッテリセルの膨張や収縮を監視する。演算処理は、例えば、ひずみ波形を所定の閾値と比較することを含む。制御部３２０は、演算処理の結果に基づいて、バッテリ群と端子２０５との間の配線２０３に挿入されている回路遮断部に、回路を遮断するための制御信号を出力することができる。

【００８１】

図１１は、制御部のハードウェアブロック図の一例である。図１１に示すように、制御部３２０は、主要な構成要素として、ＣＰＵ（Central Processing Unit）３２１と、ＲＯＭ（Read Only Memory）３２２と、ＲＡＭ（Random Access Memory）３２３と、Ｉ／Ｆ（Interface）３２４と、バスライン３２５とを有している。ＣＰＵ３２１、ＲＯＭ３２２、ＲＡＭ３２３、及びＩ／Ｆ３２４は、バスライン３２５を介して相互に接続されている。制御部３２０は、必要に応じ、他のハードウェアブロックを有しても構わない。

【００８２】

ＣＰＵ３２１は、制御部３２０の各機能を制御する。記憶手段であるＲＯＭ３２２は、ＣＰＵ３２１が制御部３２０の各機能を制御するために実行するプログラムや、各種情報を記憶している。記憶手段であるＲＡＭ３２３は、ＣＰＵ３２１のワークエリア等として使用される。又、ＲＡＭ３２３は、所定の情報を一時的に記憶できる。Ｉ／Ｆ３２４は、他の機器等と接続するためのインターフェイスであり、例えば、アナログフロントエンド部３１０や外部ネットワーク等と接続される。

【００８３】

制御部３２０は、電子回路により実装されるプロセッサのようにソフトウェアによって

各機能を実行するようプログラミングされたプロセッサや、所定の機能を実行するよう設計されたＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、ＤＳＰ（Digital Signal Processor）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、ＳＯＣ（System On a Chip）、又はＧＰＵ（Graphics Processing Unit）であってもよい。又、制御部３２０は、回路モジュール等であってもよい。

【００８４】

このように、バッテリユニット２Ａでは、異常判定部３００と回路遮断部４０１及び４０２を設けたことにより、バッテリ群２０１及び２０２の各々のバッテリセルの膨張や収縮の程度をひずみゲージ１００の抵抗体の抵抗値の変化として検出することができる。そして、異常時には、異常判定部３００の制御に基づいて、回路遮断部４０１及び／又は４０２によりバッテリ群２０１及び／又は２０２を遮断することで、バッテリセルの破損を回避すると共にバッテリユニット２Ａの安全性を向上できる。

【００８５】

特に、抵抗体１３０がＣｒ混相膜から形成されている場合は、抵抗体１３０がＣｕ－ＮｉやＮｉ－Ｃｒから形成されている場合と比べ、バッテリセルの膨張や収縮に対する抵抗値の感度が大幅に向上する。抵抗体１３０がＣｒ混相膜から形成されている場合、バッテリセルの膨張や収縮に対する抵抗値の感度は、抵抗体１３０がＣｕ－ＮｉやＮｉ－Ｃｒから形成されている場合と比べ、おおよそ５～１０倍程度となる。そのため、抵抗体１３０をＣｒ混相膜から形成することで、バッテリセルの膨張や収縮を精度よく検出することが可能となる。

【００８６】

なお、各実施形態において、ラベル一体型のひずみゲージを用いてもよい。図１２は、ラベル一体型のひずみゲージを例示する平面図である。図１２に示すように、ひずみゲージ１００Ａは、ラベル５００を有している。ラベル５００は、ひずみゲージ１００Ａの最上層に設けられている。ラベル５００は、例えば、印刷法により、ひずみゲージ１００Ａの最上層に設けることができる。

【００８７】

ここで、最上層とは、ひずみゲージ１００Ａを対象物に貼付した後でも視認可能な位置を指す。最上層は、例えば、カバー層１６０の上面である。ひずみゲージ１００Ａがカバー層１６０を有していない場合、ラベル５００は、基材１１０の上面１１０ａの抵抗体１３０が形成されている領域や、抵抗体１３０が形成されていない領域に設けてもよい。この場合、基材１１０の上面１１０ａの抵抗体１３０が形成されている領域や、抵抗体１３０が形成されていない領域が、最上層となる。

【００８８】

ラベル５００には、例えば、バッテリセルに関する情報が表示されている。ラベル５００に、バッテリセルに関する情報とともに、ひずみゲージ１００Ａに関する情報が表示されてもよい。ラベル５００に表示する内容（図１２における『ＡＢＣＤＥ』の部分）は、例えば、ロゴマーク、製品情報、製品番号、文字列、数字列、１次元コード、２次元コード等である。これらは、単独で表示されてもよいし、２以上が混在してもよい。

【００８９】

バッテリセル自体に情報が表示されている場合、ひずみゲージ１００Ａを貼付することにより、その情報を隠してしまう場合がある。予め、ひずみゲージ１００Ａにバッテリセルに関する情報を有するラベル５００を設けておくことにより、バッテリセルに表示された情報が隠れることを気にすることなく、ひずみゲージ１００Ａをバッテリセルに貼付することができる。

【００９０】

また、予め、ひずみゲージ１００Ａにラベル５００を設けておくことにより、バッテリセルにひずみゲージ１００Ａを貼付した後に、ひずみゲージ１００Ａの上からラベル５００を印字する工程を省くことができる。また、ひずみゲージ１００Ａにラベル５００を設けることにより、省スペース化に寄与することができる。

【００９１】
　また、ラベル５００にバッテリセルに関する情報とともに、ひずみゲージ１００Ａに関する情報が表示されている場合、別途、ひずみゲージ１００Ａに関する情報が表示されたラベルを設ける必要がなくなり、工数削減につながる。
【００９２】
　また、ひずみゲージ１００Ａにラベル５００を設けることにより、ラベル５００が保護部材としても機能し、バッテリセルやひずみゲージに加えられる外乱の影響を減少させることができる。
【００９３】
　〈第３実施形態〉
　上述した各実施形態およびその変形例では、本開示に係る検出部が抵抗体を用いたひずみゲージである例について説明した。すなわち、前記各実施形態では、本開示に係る検出部が電気抵抗式の金属ひずみゲージである場合について説明した。しかしながら、本開示に係る検出部は金属ひずみゲージに限定されない。例えば、本開示に係る検出部は、当該ひずみゲージに含まれる検出素子によって、起歪体（または、バッテリセル１０等の起歪体に相当する構造物）のひずみによって引き起こされる磁気変化を検出するひずみゲージであってもよい。
【００９４】
　具体的には、本開示に係る検出部は、ビラリ現象（後述）を利用した検出素子を含んだひずみゲージであってもよい。また、本開示に係る検出部は、磁気トンネル接合（後述）の構造を有する検出素子を含んだひずみゲージであってもよい。以下、第３実施形態では、ビラリ現象を利用した検出素子を含むひずみゲージについて説明する。また、第４実施形態では、磁気トンネル接合の構造を有する検出素子を含んだひずみゲージについて説明する。
【００９５】
　なお、本明細書の各実施形態では、同様の機能を有する部材には同様の名称および部材番号を付し、説明を繰り返さないこととする。また、以降の各実施形態に係る各図面（図１３以降の図面）におけるｘ軸、ｙ軸、およびｚ軸の方向は同一である。また、以降の説明では、ｚ軸の正方向を「上」、ｚ軸の負方向を「下」と称する。すなわち、以降の説明において「上側」とはｚ軸の正方向側であり、「上面」はｚ軸の正方向側にある面を示す。また、「下側」とはｚ軸の負方向側であり、「下面」とはｚ軸の負方向側にある面を示す。
【００９６】
　図１３は、第３実施形態に係るひずみゲージに含まれる検出素子６００の一例を示す図である。図１３の（ａ）は検出素子６００をｚ軸の正方向から負方向（すなわち、上面から下面側）に見下ろしたときの平面図である。一方、図１３の（ｂ）は、図１３の（ａ）に示す検出素子６００のα－α´直線での断面図を示している。なお、図１３の（ａ）および（ｂ）では、検出素子６００から延びる配線は図示していない。しかしながら、検出素子６００には、後述する駆動コイル６２０と電源とを接続する配線と、感知コイル６８０によって検出された電流を伝達するための配線が接続されていてもよい。
【００９７】
　図１３の（ａ）に示す通り、検出素子６００は、駆動コイル６２０と、感知コイル６８０と、ベース層６１０とを含む。ベース層６１０は駆動コイル６２０および感知コイル６８０の芯材となる層である。感知コイル６８０は、ベース層６１０（より厳密には、後述するベース金属６７０）の磁化の強さを検出するためのコイルである。駆動コイル６２０は、磁界を発生させるためのコイルである。検出素子６００は、ベース層６１０を芯材として、感知コイル６８０が内側、そして駆動コイル６２０が外側に巻かれた２重構造を有している。なお、駆動コイル６２０および感知コイル６８０の材料は、Ｃｕ、Ａｇ、Ａｌ、およびＡｕ等の導電性金属、ならびに、これらの金属の合金であることが望ましい。また、駆動コイル６２０および感知コイル６８０の巻き数および断面積の大きさは、検出素

子６００に要求されるひずみの検知感度に応じて適宜設計されてよい。

【００９８】

後で詳述するが、ベース層６１０に応力が加わると、ベース層６１０に含まれるベース金属６７０（後述）の磁化の強さが変化する。検出素子６００は、感知コイル６８０でこの磁化の強さの変化を検出することによって、ベース層６１０にかかる応力の強さ（すなわち、ひずみ度合）を特定することができる。

【００９９】

図１３の（ｂ）の断面図を参照して、検出素子６００の構成について更に説明する。なお、図１３の（ｂ）において、駆動コイル６２０、感知コイル６８０、および３つの絶縁層６４０、６５０、および６６０はそれぞれ、芯材であるベース金属６７０を取り囲むように形成されている。すなわち、図１３の（ｂ）において同じ部材番号を付した層は、ベース金属６７０を取り囲んで繋がっている。

【０１００】

ベース金属６７０は、各種コイルおよび絶縁層の芯材となる部材である。ベース金属６７０は、例えば略平板状の金属板であってよい。ベース金属６７０は絶縁層６６０で取り囲むように被覆されている。ベース金属６７０は、例えば、センダスト等のＦｅ-Ｓｉ-Ａｌ系合金、および、パーマロイ等のＮｉ-Ｆｅ系合金等の軟磁性体材料で構成されることが望ましい。前述のベース層６１０は、図１３の（ｂ）に示す通り、このベース金属６７０と絶縁層６６０から成る。

【０１０１】

絶縁層６６０の外側には、絶縁層６６０を取り囲むように絶縁層６５０が形成される。そして、絶縁層６５０の外側には、更に絶縁層６４０が形成されている。絶縁層６５０は、感知コイル６８０を含む層であり、感知コイル６８０の間隙を絶縁材料で充填した層である。絶縁層６４０は、駆動コイル６２０を含む層であり、駆動コイル６２０の間隙を絶縁材料で充填した層である。絶縁層６４０、６５０、および６６０は、磁界に影響しないドライフィルムまたは感光性ポリイミド等のレジスト硬化物から成ることが望ましい。

【０１０２】

検出素子６００の一面は、図１３の（ｂ）に示すように、基材１１０に貼り付けられていてよい。基材１１０は、検出素子６００を固定する部材である。例えば、基材１１０は、プラスチックフィルム等で構成されるフレキシブル基板であってよい。検出素子６００は基材１１０を介してバッテリセル１０等に貼り付けられる。なお、検出素子６００は、全体として平板または薄膜状の検出素子であってもよい。検出素子６００が平板または薄膜状である場合、検出素子６００を基材１１０により容易に貼り付けることができる。また、検出素子６００において基材１１０は必須の構成ではない。例えば、検出素子６００に基材１１０を設けず、検出素子６００の下面をバッテリセル１０等に直接貼り付けて使用してもよい。

【０１０３】

本実施形態に係るバッテリセル１０等において、検出素子６００を貼り付ける部分は、非磁性体であることが望ましい。本実施形態に係るバッテリセル１０等において、検出素子６００を貼り付ける部分は、例えば、アルミニウムを材料とすることが望ましい。

【０１０４】

次に、検出素子６００を用いてひずみを検出する原理を概説する。検出素子６００は、磁性体であるベース金属６７０を含んでいる。電源から駆動コイル６２０に交流電流が供給されると、駆動コイル６２０はその周囲に交番磁界を生じさせる。これにより磁界が発生し、ベース金属６７０は磁化される。この状態でバッテリセル１０等が変形すると、ひずみが生じる。ひずみは基材１１０を伝わり、ベース金属６７０に応力が加わる。なお、検出素子６００を、基材１１０を介さずにバッテリセル１０等に貼り付けている場合は、バッテリセル１０等からベース金属６７０（およびそれを被覆する絶縁層６４０～６６０）に直接応力が伝わる。

【０１０５】

ベース金属６７０に応力が加わると、その応力に応じてベース金属６７０の透磁率が変化する。したがって、ベース金属６７０の磁化の強さ（磁化の程度）が変化する。このように、磁性体に応力がかかると磁性体の透磁率および磁化の強さが変化する現象のことを「ビラリ現象」という。検出素子６００の構成によれば、ピックアップコイルである感知コイル６８０には、ベース金属６７０の磁化の強さに応じた交流電圧が誘起される。したがって、ビラリ現象の原理に基づけば、この交流電圧の値から、ベース金属６７０にかかる応力を算出することができる。そして、当該算出した応力から、バッテリセル１０等のひずみ度合を特定することができる。なお、検出素子６００が図１３の（ａ）および（ｂ）に示す形状である場合、検出素子６００のグリッド方向は、図１３の（ａ）におけるα－α´方向に等しい。以上説明した原理に基づいて、検出素子６００は、バッテリセル１０等のひずみを検出することができる。すなわち、検出素子６００は、ひずみゲージの検出素子として機能する。

【０１０６】

なお、駆動コイル６２０は、感知コイル６８０の外側、かつ当該感知コイル６８０が存在している領域全体に、できる限り均一に巻き付けられることが望ましい。これにより、ベース金属６７０の、感知コイル６８０が存在する領域全体に、より均一に交番磁界を加えることができる。これにより、ビラリ現象によるベース金属６７０の磁化の強さの変化をより精密に検出することができる。したがって、検出素子６００の性能が向上する。

【０１０７】

また、絶縁層６６０は、ベース金属６７０の全部ではなく一部に形成されていてもよい。例えば、ベース金属６７０のうち、感知コイル６８０および駆動コイル６２０を巻き付ける領域の部分を絶縁層６６０で覆い、絶縁層６６０の上から感知コイル６８０を含む絶縁層６５０で覆い、更に、絶縁層６５０の上から駆動コイル６２０を含む絶縁層６４０で覆うような構成であってもよい。

【０１０８】

また、ベース金属６７０が略平板状である場合、絶縁層６６０はベース金属６７０の、コイルを巻く方向のみ取り囲んで形成されていてもよい。すなわち、図１３の（ｂ）において、ベース金属６７０のｘ方向の両端部は絶縁層６６０で覆われていなくてもよい。

【０１０９】

本実施形態に係るバッテリユニットにおいて、バッテリセル１０等が変形する（すなわち、起歪体にひずみが生じる）と、ひずみゲージの基材１１０（または、検出素子６００自体）がひずむ。検出素子６００は、このひずみによって生じる磁性変化を、前述のビラリ現象の原理に基づき検出することができる。

【０１１０】

本実施形態に係る検出素子６００を含んだひずみゲージは、第１実施形態及び第１実施形態の変形例で示したあらゆる配置パターンでバッテリセル１０等に配置可能である。すなわち、本実施形態に係る検出素子６００を用いて、電気抵抗式のひずみゲージを用いたときと同様にバッテリセル１０等のひずみを検出することができる。したがって、本実施形態に係るひずみゲージは、第１実施形態及び第１実施形態の変形例に係るひずみゲージ１００と同様の効果を奏する。

【０１１１】

〈第４実施形態〉

図１４は、第４実施形態に係るひずみゲージに含まれる検出素子の一例である検出素子７００を示す図である。図１５は、第４実施形態に係る検出素子の他の一例である検出素子８００を示す図である。また、図１６は、第４実施形態に係る検出素子の更に他の一例である検出素子９００を示す図である。図１４～１６の（ａ）はそれぞれ、検出素子７００、８００、および９００の斜視図である。図１４～１６の（ｂ）はそれぞれ、検出素子７００、８００、および９００をｚ軸の正方向から負方向に見下ろしたときの平面図である。図１４～１６の（ｃ）は、検出素子７００、８００、および９００の、ｚｘ平面に平行な面での断面図である。なお、図１４～１６のいずれの図も、検出素子から延びる配線

は図示していない。しかしながら、これらの検出素子７００、８００、および９００には、後述する上流電極７１０と電源とを接続する配線と、下流電極７２０と電源とを接続する配線とが接続されていてもよい。

【０１１２】

図１４～図１６の（ａ）に示す通り、検出素子７００、８００、および９００は、上流電極７１０と、下流電極７２０と、磁性膜７３０と、絶縁膜７４０と、を含む。絶縁膜７４０は、図示のように磁性膜７３０で挟まれている。この磁性膜７３０と絶縁膜７４０によって、磁気トンネル接合が形成される。すなわち、検出素子７００、８００、および９００は、磁気トンネル接合の構造に電極を接続した構造である。

【０１１３】

なお、検出素子７００、８００、および９００の下面は、第１実施形態に係る基材１１０と同様の基材に貼り付けられていてもよい。そして、検出素子７００は基材を介してバッテリセル１０等に貼り付けられてよい。また、検出素子７００、８００、および９００は、全体として平板または薄膜状の検出素子であってもよい。検出素子７００、８００、および９００が平板または薄膜状である場合、検出素子７００、８００、および９００を基材またはバッテリセル１０等により容易に貼り付けることができる。また例えば、検出素子７００、８００、および９００の下面をバッテリセル１０等に直接貼り付けて使用してもよい。

【０１１４】

磁性膜７３０は磁性ナノ薄膜である。絶縁膜７４０は絶縁体のナノ薄膜である。磁気トンネル接合の構造が形成可能であれば、磁性膜７３０と、絶縁膜７４０の材料は特に限定されない。例えば、磁性膜７３０としてコバルト鉄ボロン、または、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉなどの３ｄ遷移金属強磁性体及びそれらを含む合金等を用いることができる。また、絶縁膜７４０として、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウムや酸化マグネシウム等を用いることができる。

【０１１５】

上流電極７１０および下流電極７２０は、磁気トンネル接合の構造に対し電圧を印加するための電極である。図１４～１６の例では、電流は上流電極７１０から下流電極７２０へと流れる。例えば図１４の（ｃ）の場合、上流電極７１０と下流電極７２０の間に電圧を印加すると、電子は上側（ｚ軸正方向側）の磁性膜７３０から、絶縁膜７４０を超えて下側（ｚ軸負方向側）の磁性膜７３０に流れ込む。これは「トンネル効果」と呼ばれている現象であり、電子が絶縁膜７４０を通過するときの電気抵抗は、「トンネル抵抗」と呼ばれている。なお、図１４～１６の例では、電極の各部の接合部は、磁気トンネル接合の構造をショートパスする電流が流れない様に端部が処理された構造となっている。

【０１１６】

ところで、基材１１０等を介して検出素子７００にひずみがかかると、トンネル接合の構造において、磁気変化が起こる。より具体的には、上側と下側の磁性膜７３０の磁化方向がずれる。このように、上下の磁性膜７３０の磁化方向がずれると、磁化方向が平行な場合に比べて、トンネル抵抗が大きくなる（トンネル磁気抵抗効果）。したがって、前述の構成を備えた検出素子７００では、検出素子７００（より厳密には、磁気トンネル接合の部分）のひずみの大きさに応じて、電極間を流れる電流が小さくなる。すなわち、ひずみが大きくなるにつれ、電気抵抗が大きくなる。検出素子７００は、このように、印加した電圧に対する電流値に基づきひずみを検出することができる。したがって、検出素子７００をバッテリセル１０等に貼り付けることによって、バッテリセル１０等にかかるひずみを測定することができる。

【０１１７】

磁気トンネル接合の構造を有する検出素子は、図１４に示した例に限定されない。例えば、図１５および図１６に示すような検出素子８００および９００を採用することも可能である。図１５に示す検出素子８００も、図１６に示す検出素子９００も、上流電極７１０、下流電極７２０、磁性膜７３０、および絶縁膜７４０で構成されること、および、こ

れらの構成によってひずみを検出する原理については、検出素子７００と同様である。また、検出素子８００および９００の基本的な動作についても、検出素子７００と同様である。なお、検出素子７００、８００、および９００のグリッド方向は、それぞれ図１４～図１６におけるｘ軸方向（ｘ軸の正方向およびｘ軸の負方向）に相当する。図１５に示す検出素子８００は図示の通り、上側の磁性膜７３０と下側の磁性膜７３０が、一部繋がった構造をしている。すなわち、磁性膜７３０の一部の領域においてのみ、磁気トンネル接合の構造が形成されており、当該構造においてトンネル磁気抵抗効果が生じる。一方、図１６に示す検出素子９００は、基板９１０を介して基材１１０に貼り付けられる。図１４～図１６に示すように、検出素子は前述の原理を超えない範囲であれば、要求されるサイズ、耐久性、および検出すべき応力の大きさ等に応じて、適宜その設計が変更されてよい。

【０１１８】

なお、本実施形態に係るバッテリセル１０等において、検出素子７００、８００、又は９００を貼り付ける部分は、非磁性体であることが望ましい。本実施形態に係るバッテリセル１０等において、検出素子７００、８００、又は９００を貼り付ける部分は、例えば、アルミニウムを材料とすることが望ましい。また、検出素子７００、８００、および９００は素子全体として、フィルム型などの略平板状の形状であってよい。これにより、バッテリセル１０等に、検出素子７００を容易に貼り付けることができる。また、検出素子７００、８００、および９００は、駆動コイル等、磁気トンネル接合の構造部分に対して、微弱な磁界を印加するための構造を有していてもよい。磁気トンネル接合の構造部分に対して磁界を印加することにより、前述のトンネル磁気抵抗効果をより安定して測定することができるため、安定してひずみを検出することができる。

【０１１９】

また、検出素子７００、８００、および９００における「上流電極」および「下流電極」は便宜上の名称であり、電流の流れる方向は逆であってもよい。つまり、図１４～図１６で示した検出素子７００、８００、および９００において、下流電極７２０の方から、上流電極７１０の方へと電流が流れる設計であってもよい。

【０１２０】

本実施形態に係るバッテリユニットにおいて、バッテリセル１０等が変形する（すなわち、起歪体にひずみが生じる）と、ひずみゲージの基材（または、検出素子７００、８００、または９００自体）がひずむ。検出素子７００、８００、または９００は、このひずみによって生じる磁性変化を、前述のトンネル磁気抵抗効果の原理に基づき検出することができる。

【０１２１】

本実施形態に係る検出素子７００、８００、および９００を含んだひずみゲージは、第１実施形態および第１実施形態の変形例に示したあらゆる配置位置でバッテリセル１０等に配置可能である。すなわち、本実施形態に係る検出素子７００、８００、および９００を用いて、電気抵抗式のひずみゲージを用いたときと同様にバッテリセル１０等のひずみを検出することができる。したがって、本実施形態に係るひずみゲージは、第１実施形態及び第１実施形態の変形例に係るひずみゲージ１００と同様の効果を奏する。

【０１２２】

〈第５実施形態〉

本開示に係る検出部は、半導体式のひずみゲージ、静電容量式の圧力センサ、または光ファイバ式のひずみゲージであってもよい。また、本開示に係る検出部は、機械式圧力センサ、振動式圧力センサ、または圧電式圧力センサであってもよい。以下、各種ひずみゲージ及び圧力センサの原理を説明する。

【０１２３】

（半導体式のひずみゲージ）

半導体式のひずみゲージは、半導体の圧抵抗効果を利用してひずみを検出するひずみゲージである。すなわち、半導体式のひずみゲージは、半導体をひずみの検出素子として用

いるひずみゲージである。

【０１２４】

半導体に応力が印加されると、半導体の結晶格子にひずみが生じて半導体中のキャリアの数及び移動度が変化するため、結果として電気抵抗が変化することが知られている。半導体式のひずみゲージは、電気抵抗式の金属ひずみゲージと同様、バッテリセル１０等に直接貼り付けて使用することができる。この場合、バッテリセル１０等が伸縮すると、貼り付けられた半導体（より詳しくは、半導体の結晶格子）のひずみ電気抵抗が変化する。そのため、当該電気抵抗を測定することでバッテリセル１０等のひずみ量を特定することができる。

【０１２５】

また、半導体式のひずみゲージは、ダイアフラム構造を備えたひずみセンサとして構成することもできる。この場合、ひずみセンサは例えば、非金属のダイアフラム（又は、金属ダイアフラム上に電気絶縁層を形成したもの）と、当該ダイアフラムの上に形成された半導体（例えば、シリコン薄膜の半導体）と、を有する。そして、この様にダイアフラムを含む構造において、ダイアフラムに印加された垂直応力によりダイアフラムがひずむと、半導体の電気抵抗が変化する。そのため、当該電気抵抗を測定することでダイアフラムのひずみ量（ひいては、バッテリセル１０等のひずみ量）を特定することができる。

【０１２６】

（静電容量式の圧力センサ）

静電容量式の圧力センサは、ダイアフラムにかかる圧力を一対の電極の静電容量の変化として計測する圧力センサである。すなわち、静電容量式の圧力センサは、一対の電極を検出素子として用いる圧力センサである。静電容量式の圧力センサは例えば、可動電極としてのダイアフラムと、１つ以上の固定電極と、を備える。ダイアフラムは例えば不純物を含んだシリコン（すなわち、導体として機能するシリコン）等で形成される。

【０１２７】

ダイアフラムに圧力が印加されると、当該ダイアフラムが変位し、固定電極と可動電極との間の距離が変化する。電極間の静電容量は、電極間媒質の誘電率と電極の面積が一定ならば、電極間の距離に応じて定まることが知られている。したがって、静電容量を計測することで、ダイアフラムの変位量（すなわち、圧力の大きさ）を特定することができる。

【０１２８】

（光ファイバ式のひずみゲージ）

光ファイバ式のひずみゲージとは、ファイバ・ブラッグ・グレーティング（ＦＢＧ）が形成されている光ファイバを用いてひずみを検出するひずみゲージである。すなわち、光ファイバ式のひずみゲージは、光ファイバをひずみの検出素子として用いるひずみゲージである。ＦＢＧは光ファイバの他の部分とは異なる光の反射を起こす回折格子であり、この格子の一つ一つは一定間隔で形成されている。光ファイバがひずんで伸びると、ＦＢＧの格子間隔が広がるため、光ファイバに入射した光（例えば、レーザ光）の反射光の波長が変化する。また、光ファイバがひずんで縮むと、ＦＢＧの格子間隔は狭くなるため、ファイバに入射した光（例えば、レーザ光）の反射光の波長が変化する。

【０１２９】

このような特性を有する光ファイバをバッテリセル１０等に貼り付けておき、光ファイバの反射光の波長スペクトルを計測することで、光ファイバのひずみ量（すなわち、バッテリセル１０等のひずみ量）を特定することができる。なお、光ファイバ式のひずみゲージは、光ファイバ内で生じるブリルアン散乱光の周波数の変化から当該光ファイバのひずみ量を特定するひずみゲージであってもよい。

【０１３０】

（機械式圧力センサ）

機械式圧力センサは機械的構造物の変位量を計測することで、当該構造物にかかる圧力を特定するセンサである。機械式圧力センサは、例えば、ばね又は曲げた管を備えており

、このばねの伸縮量又は曲げた管の伸縮量を計測する。これらの伸縮量（すなわち、変位量）は、ばね又は曲げた管にかかる圧力の大きさに応じて変化する。したがって、当該伸縮量を計測することで、ばね又は曲げた管にかかる圧力を特定することができる。なお、ばね又は曲げた管の形状や大きさは、機械式圧力センサの取り付け対象の大きさ及び形状に応じて適宜定められてよい。

【０１３１】

（振動式圧力センサ）

振動式圧力センサは、弾性梁の固有振動数が、当該弾性梁の軸に沿って生じる圧力（すなわち、軸力）によって変化するという現象を利用して圧力を検出するセンサである。振動式圧力センサは、電気抵抗式の金属ひずみゲージと同様、バッテリセル１０等に直接貼り付けて使用することができる。また例えば、振動式圧力センサは、基板上に形成されたダイアフラムと、当該ダイアフラムの表面に形成された梁状の振動子と、で構成される圧力センサであってもよい。

【０１３２】

いずれの場合でも、バッテリセル１０等がひずむと、その圧力は直接または間接的に振動子に伝わり、振動子に軸力が生じる。振動子の固有振動数は、軸力に応じて変化する。したがって、振動子の固有振動数を計測することで、バッテリセル１０等に対する圧力の大きさを特定することができる。

【０１３３】

（圧電式圧力センサ）

圧電式圧力センサとは、圧電素子（ピエゾ素子とも称する）を含んでおり、この圧電素子の特性を用いて圧力を検出するセンサである。圧電素子は、力が加わり変形する（ひずむ）と、その力に応じた起電力を発生する特性を持っている。また、圧電素子は、電圧をかけると、その電圧に応じた力を発生させて伸縮する特性を持っている。

【０１３４】

圧電式圧力センサは、圧電素子の起電力を測定することで、圧電素子にかかった力（すなわち、圧電素子のひずみ量）を特定することができる。したがって、圧電式圧力センサをバッテリセル１０等に貼り付けておくことで、バッテリセル１０等のひずみ量を特定することができる。

【０１３５】

以上の説明の通り、半導体式のひずみゲージ、静電容量式の圧力センサ、光ファイバ式のひずみゲージ、機械式圧力センサ、振動式圧力センサ、および圧電式圧力センサを用いた場合でも、第１実施形態及び第１実施形態の変形例に係るひずみゲージ１００と同様の効果を得ることができる。

【０１３６】

以上、好ましい実施形態等について詳説した。しかしながら、本開示に係るバッテリユニットは、上述した実施形態および変形例等に限定されない。例えば、上述した実施形態等に係るバッテリユニットについて、特許請求の範囲に記載された範囲を逸脱することなく、種々の変形及び置換を加えることができる。

【符号の説明】

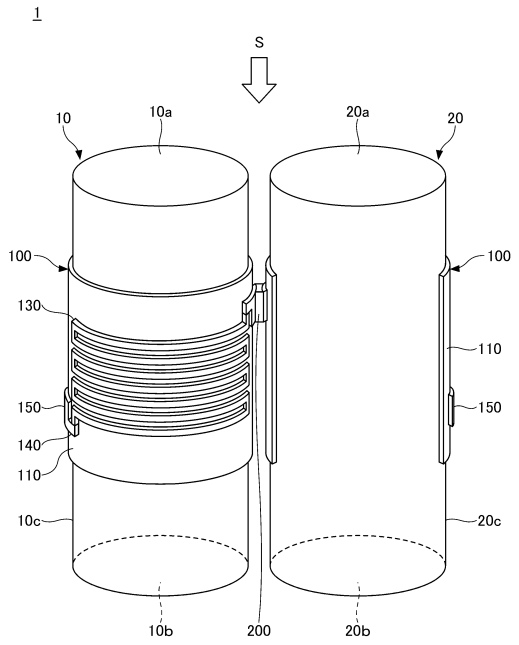
【０１３７】

１，１Ａ，１Ｂ，２，２Ａ　バッテリユニット、１０，２０　バッテリセル、１０ａ，１０ｂ，２０ａ，２０ｂ　端面、１０ｃ，２０ｃ　外周面、１００，１００Ａ　ひずみゲージ、１１０　基材、１１０ａ　上面、１２０　機能層、１３０　抵抗体、１３０e_1，１３０e_2　終端、１４０　配線、１５０　電極、１６０　カバー層、２００　接合部、２０１，２０２　バッテリ群、２０３，２０４　配線、２０５，２０６　端子、３００　異常判定部、３１０　アナログフロントエンド部、３２０　制御部、３２１　ＣＰＵ、３２２　ＲＯＭ、３２３　ＲＡＭ、３２４　Ｉ／Ｆ、３２５　バスライン、４０１，４０２　回路遮断部、５００　ラベル、６００，７００，８００，９００　検出素子、６１０　ベース層、６２０　駆動コイル、６４０，６５０，６６０　絶縁層、６７０　ベース金属、

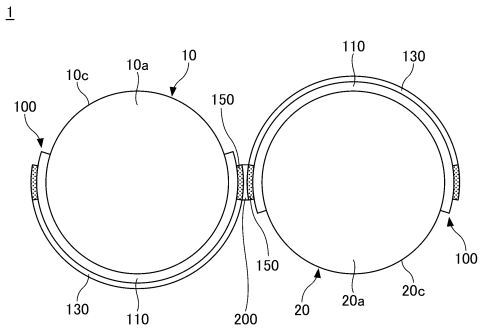
６８０　感知コイル、７１０　上流電極、７２０　下流電極、７３０　磁性膜、７４０　絶縁膜、９１０　基板

【図面】

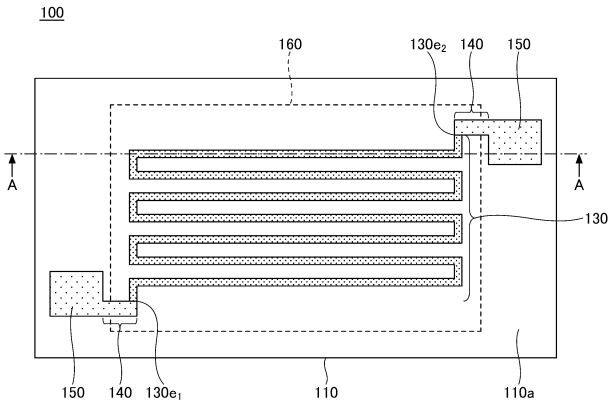
【図１】



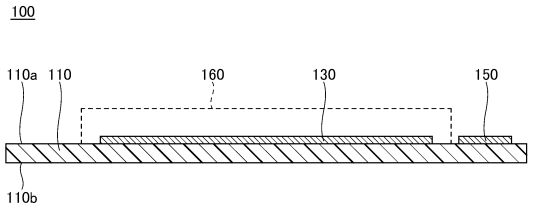
【図２】



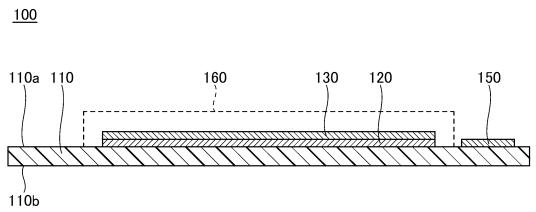
【図３】



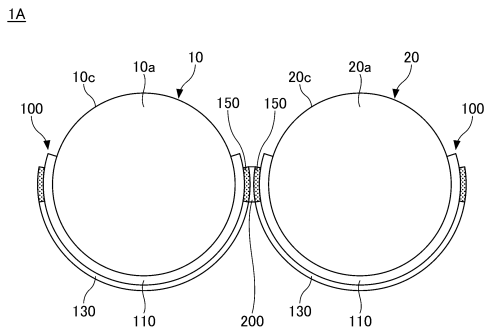
【図４】



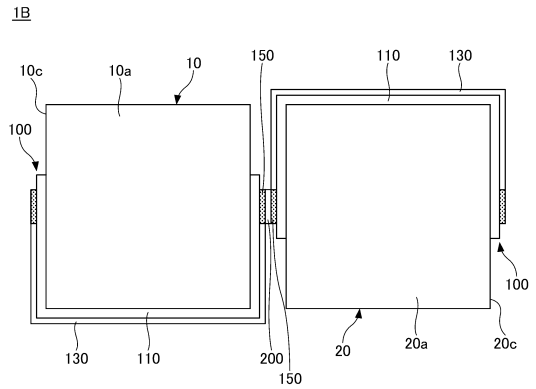
【図５】


100
110a
110
160
130
120
150
110b

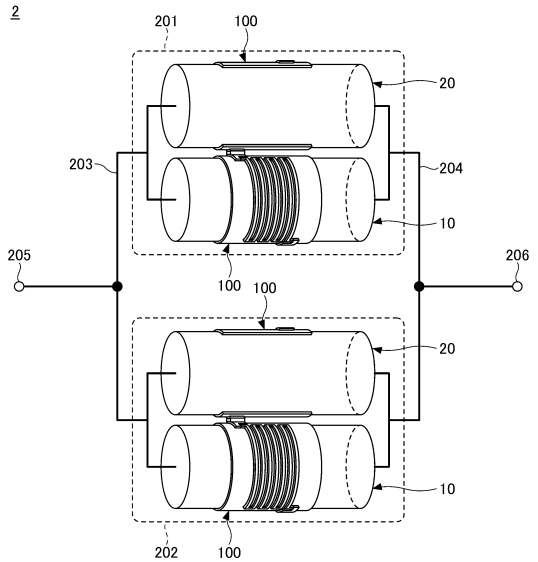
【図６】


1A
10c
10a
10
20c
20a
20
100
150
150
100
130
110
200
130
110

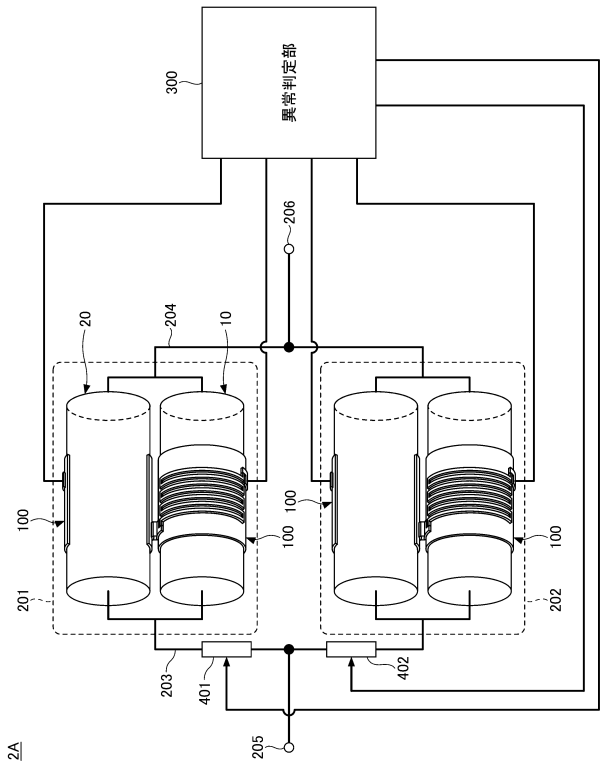
【図７】


1B
10c
10a
10
150
110
130
100
100
130
110
200
150
20
20a
20c

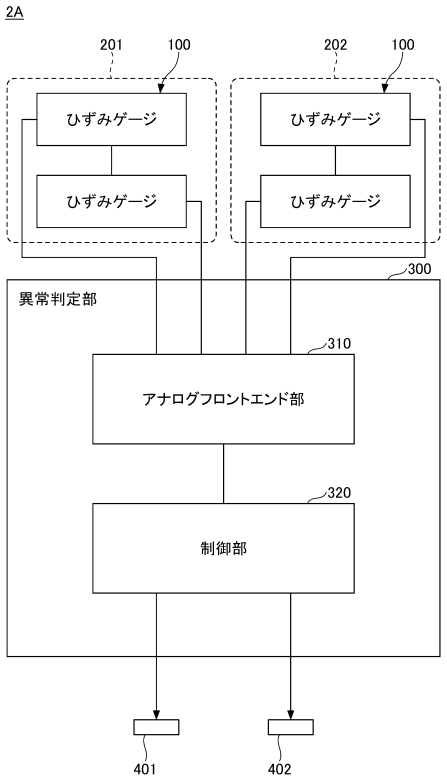
【図８】


2
201
100
20
203
204
10
205
206
100
100
20
10
202
100

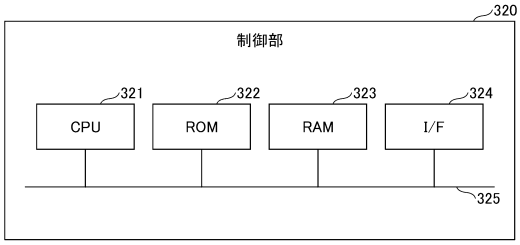
【図９】



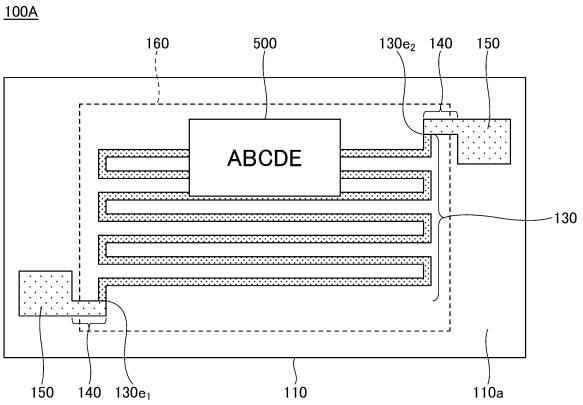
【図１０】



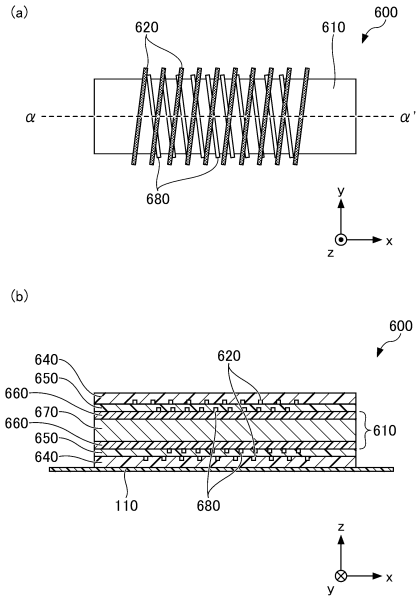
【図１１】



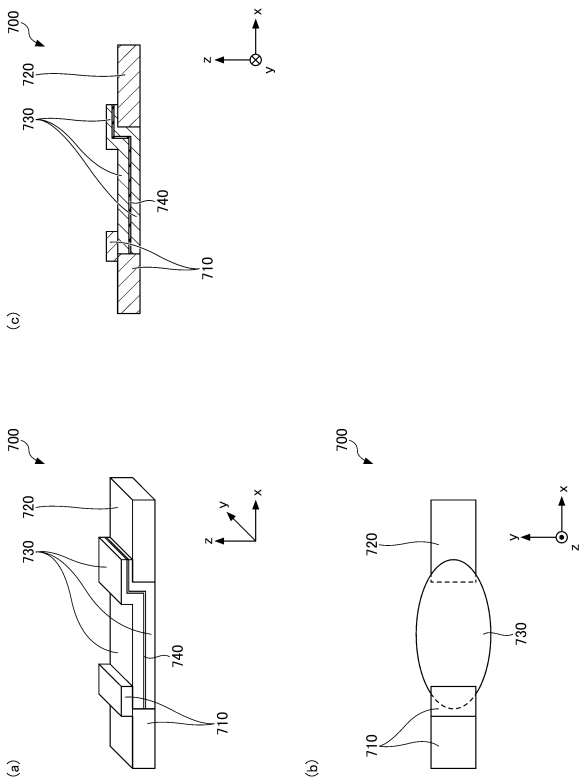
【図１２】



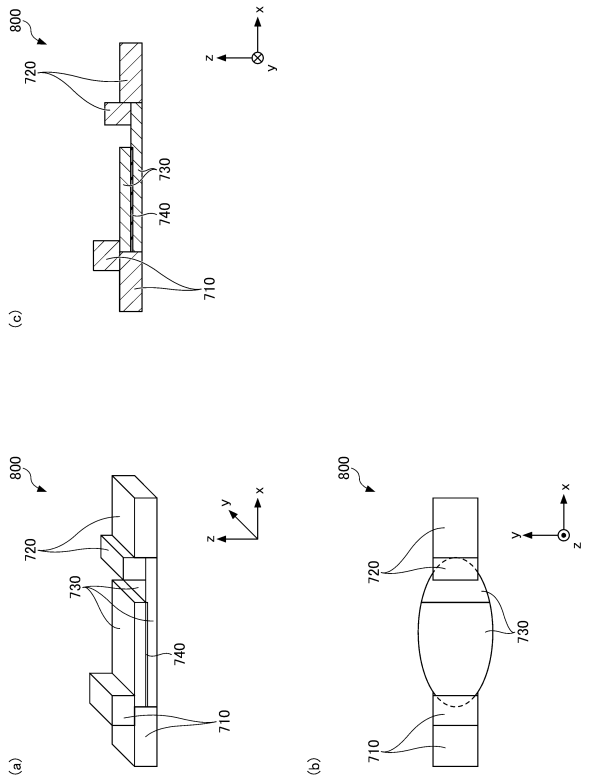
【図１３】



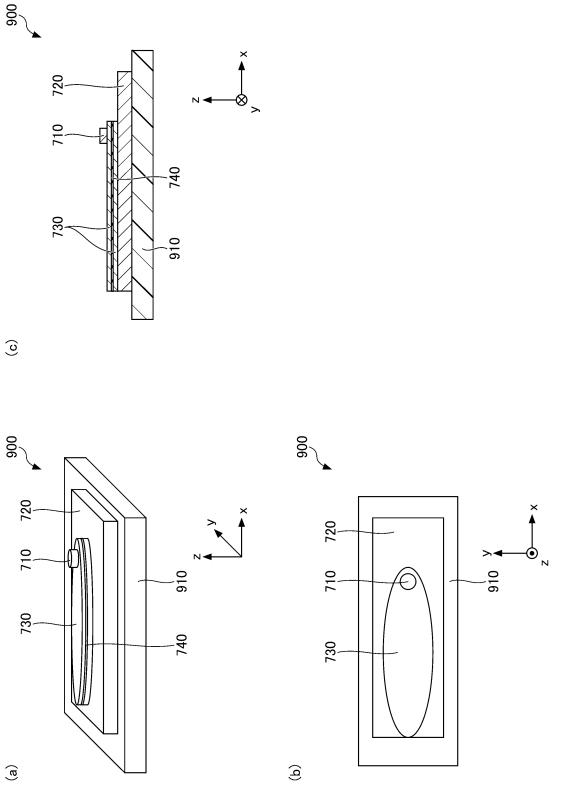
【図１４】



【図１５】



【図１６】



フロントページの続き

長野県北佐久郡御代田町大字御代田４１０６－７３　ミネベアミツミ株式会社内
(72)発明者　相澤　祐汰
長野県北佐久郡御代田町大字御代田４１０６－７３　ミネベアミツミ株式会社内
(72)発明者　植弘　量子
東京都多摩市鶴牧２丁目１１番地２　ミツミ電機株式会社内

Ｆターム（参考）　2F063　AA25 BA30 EC00
5H030　AA06 FF31 FF51
5H040　AA01 AS12 AT01 AY08
5H043　AA05 BA19 CA03 GA01 LA21