

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2022-11902
(P2022-11902A)

(43)公開日 令和4年1月17日(2022.1.17)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H O 1 M 10/0525(2010.01)	H O 1 M 10/0525	5 H O 2 9
H O 1 M 10/0566(2010.01)	H O 1 M 10/0566	5 H O 5 0
H O 1 M 10/0585(2010.01)	H O 1 M 10/0585	
H O 1 M 10/0587(2010.01)	H O 1 M 10/0587	
H O 1 M 4/13 (2010.01)	H O 1 M 4/13	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全18頁)		

(21)出願番号 特願2020-113316(P2020-113316)	(71)出願人 399107063 プライムアース E V エナジー株式会社 静岡県湖西市岡崎 2 0 番地
(22)出願日 令和2年6月30日(2020.6.30)	(74)代理人 100107249 弁理士 中嶋 恭久
	(72)発明者 後藤 周作 静岡県湖西市岡崎 2 0 番地 プライムアース E V エナジー株式会社内
	F ターム (参考) 5H029 AJ02 AJ06 AK01 AK03 AL06 AL07 AL08 AM01 AM02 AM03 AM06 AM 07 BJ02 BJ12 BJ14 HJ01 HJ12 5H050 AA02 AA12 BA17 CA01 最終頁に続く

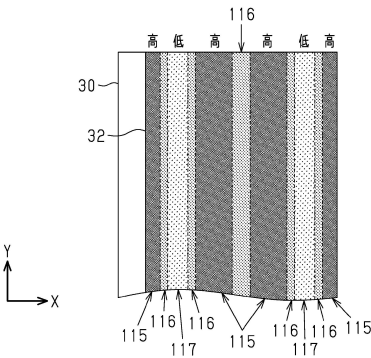
(54)【発明の名称】 リチウムイオン二次電池

(57)【要約】

【課題】電極体内の高抵抗領域の抵抗を低下させることによりリチウム析出耐性を向上するリチウムイオン二次電池を提供する。

【解決手段】正極集電体上に正極活物質層が形成された正極板及び負極集電体上に負極活物質層が形成された負極板がセパレータを介して重ねられた電極体と電解液とを備えるリチウムイオン二次電池であって、負極板30及びセパレータとの間には接着剤が介在し、負極活物質層は、抵抗の値に応じた高抵抗領域115及び低抵抗領域117を含み、負極活物質層32のうち高抵抗領域115に重なる接着剤の第1目付量を、低抵抗領域117に重なる接着剤の第2目付量よりも少なくした。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正極集電体上に正極活物質層が形成された正極板及び負極集電体上に負極活物質層が形成された負極板がセパレータを介して重ねられた電極体と電解液とを備えるリチウムイオン二次電池であって、

前記負極板及び前記セパレータの間には接着剤が介在し、

前記負極活物質層は、抵抗の値に応じた高抵抗領域及び低抵抗領域を含み、

前記負極活物質層のうち高抵抗領域に重なる前記接着剤の第 1 目付量を、前記低抵抗領域に重なる前記接着剤の第 2 目付量よりも少なくした

リチウムイオン二次電池。

10

【請求項 2】

前記電極体は、前記負極板、前記セパレータ及び前記正極板を積層して捲回することにより形成され、

前記負極活物質層のうち、前記電極体の捲回軸と平行な幅方向における中央部に重なる前記接着剤の目付量は前記第 1 目付量であり、前記中央部と前記負極板の前記幅方向の端部との間の部分に重なる前記接着剤の目付量は前記第 2 目付量である

請求項 1 に記載のリチウムイオン二次電池。

【請求項 3】

前記電極体は、前記負極板、前記セパレータ及び前記正極板を積層して捲回することにより形成され、

前記負極活物質層のうち、前記電極体の捲回軸と平行な幅方向における端部に重なる前記接着剤の目付量が前記第 1 目付量であり、前記負極活物質層の中央部と前記幅方向の端部との間の部分に重なる前記接着剤の目付量が前記第 2 目付量である

請求項 1 に記載のリチウムイオン二次電池。

20

【請求項 4】

前記低抵抗領域は抵抗値が第 1 所定値未満の領域であり、前記高抵抗領域は、抵抗値が第 2 所定値以上の領域であり、

前記負極活物質層のうち、抵抗値が前記第 1 所定値以上前記第 2 所定値未満の領域であって、且つ中央部における 2 つの前記高抵抗領域の間に位置する中抵抗領域に重なる前記接着剤の目付量を、前記第 1 目付量よりも大きく前記第 2 目付量よりも小さい量とする

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のリチウムイオン二次電池。

30

【請求項 5】

前記電極体は、複数の矩形状の前記負極板と複数の矩形状の前記正極板とを前記セパレータを介して交互に積層することにより形成され、

前記負極活物質層のうち、中央部に重なる前記接着剤の目付量が前記第 1 目付量であり、前記負極活物質層の各辺に沿った端部と前記中央部との間の部分に付着する前記接着剤の目付量が前記第 2 目付量である

請求項 1 に記載のリチウムイオン二次電池。

【請求項 6】

前記電極体は、複数の矩形状の前記負極板と複数の矩形状の前記正極板とを前記セパレータを介して交互に積層することにより形成され、

前記負極活物質層の各辺に沿った端部に重なる前記接着剤の目付量が前記第 1 目付量であり、中央部と前記負極活物質層の前記端部との間の部分に付着する前記接着剤の目付量が前記第 2 目付量である

請求項 1 に記載のリチウムイオン二次電池。

40

【請求項 7】

前記低抵抗領域は抵抗値が第 1 所定値未満の領域であり、前記高抵抗領域は、抵抗値が第 2 所定値以上の領域であり、

前記負極活物質層のうち、抵抗値が前記第 1 所定値以上前記第 2 所定値未満の領域であって、且つ前記負極活物質の前記中央部の前記高抵抗領域と前記低抵抗領域とに挟まれた領

50

域を中抵抗領域とし、前記中抵抗領域に重なる前記接着剤の目付量を、前記第1目付量よりも大きく前記第2目付量よりも小さい量とする

請求項5又は6に記載のリチウムイオン二次電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リチウムイオン二次電池に関する。

【背景技術】

【0002】

リチウムイオン二次電池は、高いエネルギー密度を有し高容量であることから、電気自動車（EV）やハイブリッド自動車（HV）等の駆動用電源としても用いられている。この種のリチウムイオン二次電池として、正極集電体上に正極活物質層が形成された正極板と負極集電体上に負極活物質層が形成された負極板とが、セパレータを介して重ねられ、電解液とともにケースに收容されたものが知られている。

10

【0003】

リチウムイオン二次電池は、充電時において炭素系材料からなる負極にリチウムイオンを吸蔵し、放電時に負極からリチウムイオンを放出する。また、負極と電解液との界面には、電解液が還元分解されることによりいわゆるSEI被膜（以下、被膜という）が形成されることが知られている。この被膜は、リチウムイオンを負極に挿入及び脱離させつつ、電解液のさらなる分解を抑制する。

20

【0004】

ところで、電解液の浸透状況による濃度ムラに起因して、上記の被膜成分の濃度が不均一になることが知られている。その結果、被膜を通過するリチウムイオンの量が少なくなる部分が生じ、被膜の表面にリチウムが析出するようになる。リチウムが析出すると、電池反応に寄与するリチウムイオンが減少するため電池容量が低下する。そのため、リチウムイオンが析出しやすい部分に合わせて充電電流の大きさを制限することによって、リチウムの析出を抑制するようにしているが、その反面で電池の入出力特性の低下を招いている。リチウムが析出する充電電流の大きさを、リチウムの析出しやすさであるリチウム析出耐性という。つまり、リチウムの析出が始まる充電電流が大きいほどリチウム析出耐性が高く、充電電流が小さいほどリチウム析出耐性が低い。

30

【0005】

リチウム析出耐性を高めるため、電極体のうち厚い被膜が形成される部分において、正極板の正極容量に対する負極板の負極容量を大きくして、負極板における単位面積あたりの充電電流を小さくすることが提案されていた（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2018-18645号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0007】

しかし、上記方法では、リチウム析出耐性が高められるものの、電極体の高抵抗領域の発生は抑制できない。被膜に由来する高抵抗領域に限らず、高抵抗領域が発生するとリチウムが析出しやすくなり、リチウム析出耐性が低下する。高抵抗領域の発生を抑制することができれば上記のリチウムイオン二次電池のように正極容量及び負極容量の比率を局所的に変える必要はなくなる。

【0008】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、電極体内の高抵抗領域の抵抗を低下させることによりリチウム析出耐性を向上するリチウムイオン二次電池を提供することにある。

50

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するリチウムイオン二次電池は、正極集電体上に正極活物質層が形成された正極板及び負極集電体上に負極活物質層が形成された負極板がセパレータを介して重ねられた電極体と電解液とを備えるリチウムイオン二次電池であって、前記負極板及び前記セパレータとの間には接着剤が介在し、前記負極活物質層は、抵抗の値に応じた高抵抗領域及び低抵抗領域を含み、前記負極活物質層のうち高抵抗領域に重なる前記接着剤の第1目付量を、前記低抵抗領域に重なる前記接着剤の第2目付量よりも少なくした。

【0010】

上記構成では、負極活物質層の高抵抗領域に重なる接着剤の目付量を少なくし、低抵抗領域に重なる接着剤の目付量を多くした。これにより、負極板とセパレータとを接着して所定の形状に維持しつつ、接着剤が重なることによる高抵抗領域の抵抗の上昇を最小限にすることができる。このため、リチウムイオン二次電池のリチウム析出耐性を向上することができる。

10

【0011】

上記リチウムイオン二次電池について、前記電極体は、前記負極板、前記セパレータ及び前記正極板を積層して捲回することにより形成され、前記負極活物質層のうち、前記電極体の捲回軸と平行な幅方向における中央部に重なる前記接着剤の目付量は前記第1目付量であり、前記中央部と前記負極板の前記幅方向の端部との間の部分に重なる前記接着剤の目付量は前記第2目付量である。

20

【0012】

上記構成では、抵抗が比較的大きい負極板の中央部に重なる接着剤を相対的に少なくし、抵抗が比較的小さい端部と中央部との間の領域に重なる接着剤を相対的に多くするため、接着剤による高抵抗領域のさらなる高抵抗化を極力抑え、リチウムの析出を抑制することができる。

【0013】

上記リチウムイオン二次電池について、前記電極体は、前記負極板、前記セパレータ及び前記正極板を積層して捲回することにより形成され、前記負極活物質層のうち、前記電極体の捲回軸と平行な幅方向における端部に重なる前記接着剤の目付量が前記第1目付量であり、前記負極活物質層の中央部と前記幅方向の端部との間の部分に重なる前記接着剤の目付量が前記第2目付量である。

30

【0014】

上記構成では、抵抗が比較的大きい負極板の端部に重なる接着剤を相対的に少なくし、抵抗が比較的小さい端部と中央部との間の領域に重なる接着剤を相対的に多くするため、高抵抗領域のさらなる高抵抗化を極力抑制し、リチウムの析出を抑制することができる。

【0015】

上記リチウムイオン二次電池について、前記低抵抗領域は抵抗値が第1所定値未満の領域であり、前記高抵抗領域は、抵抗値が第2所定値以上の領域であり、前記負極活物質層のうち、抵抗値が前記第1所定値以上前記第2所定値未満の領域であって、且つ中央部における2つの前記高抵抗領域の間に位置する中抵抗領域に重なる前記接着剤の目付量を、前記第1目付量よりも大きく前記第2目付量よりも小さい量とする。

40

【0016】

発明者は、負極活物質層のうち、中央に2つの高抵抗領域が存在し、且つその間に高抵抗領域よりも抵抗が低く低抵抗領域よりも抵抗が高い中抵抗領域が存在することを見出した。上記構成によれば、中抵抗領域に重なる接着剤の目付量を、高抵抗領域及び低抵抗領域の間としたため、負極板とセパレータとの接着力を維持しつつ、接着剤を含めた中抵抗領域における抵抗の上昇を抑え、高抵抗領域及び低抵抗領域との抵抗差を小さくすることができる。

【0017】

上記リチウムイオン二次電池について、前記電極体は、複数の矩形状の前記負極板と複数

50

の矩形状の前記正極板とを前記セパレータを介して交互に積層することにより形成され、前記負極活物質層のうち、中央部に重なる前記接着剤の目付量が前記第1目付量であり、前記負極活物質層の各辺に沿った端部と前記中央部との間の部分に付着する前記接着剤の目付量が前記第2目付量である。

【0018】

上記構成では、抵抗が比較的大きい負極板の中央部に重なる接着剤を相対的に少なくし、抵抗が比較的小さい端部と中央部との間の領域に重なる接着剤を相対的に多くするため、高抵抗領域のさらなる高抵抗化を抑制し、リチウムの析出を抑制することができる。

【0019】

上記リチウムイオン二次電池について、前記電極体は、複数の矩形状の前記負極板と複数の矩形状の前記正極板とを前記セパレータを介して交互に積層することにより形成され、前記負極活物質層の各辺に沿った端部に重なる前記接着剤の目付量が前記第1目付量であり、中央部と前記負極活物質層の前記端部との間の部分に付着する前記接着剤の目付量が前記第2目付量である。

10

【0020】

上記構成によれば、抵抗が比較的大きい負極板の端部に重なる接着剤を相対的に少なくし、抵抗が比較的小さい端部と中央部との間の領域に重なる接着剤を相対的に多くするため、高抵抗領域のさらなる高抵抗化を抑制し、リチウムの析出を抑制することができる。

【0021】

上記リチウムイオン二次電池について、前記低抵抗領域は抵抗値が第1所定値未満の領域であり、前記高抵抗領域は、抵抗値が第2所定値以上の領域であり、前記負極活物質層のうち、抵抗値が前記第1所定値以上前記第2所定値未満の領域であって、且つ前記負極活物質の前記中央部の前記高抵抗領域と前記低抵抗領域とに挟まれた領域を中抵抗領域とし、前記中抵抗領域に重なる前記接着剤の目付量を、前記第1目付量よりも大きく前記第2目付量よりも小さい量とする。

20

【0022】

上記構成によれば、負極活物質を抵抗値に応じて3つの領域に分け、領域の各々に重ねられる接着剤の量を変化させるため、負極板とセパレータとの接着力を維持しつつ、接着剤も含めた中抵抗領域の抵抗を低下させ、高抵抗領域及び低抵抗小域との抵抗差を小さくすることができる。

30

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、電極体内の高抵抗領域の抵抗を低下させることによりリチウム析出耐性を向上するリチウムイオン二次電池を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】第1実施形態のリチウムイオン二次電池の斜視図。

【図2】同実施形態のリチウムイオン二次電池の電極体を分解した図。

【図3】同実施形態の負極板の抵抗分布を説明するための図であって、(a)は測定を行う基準線を示し、(b)は基準線に沿って測定された抵抗分布の図を示す。

40

【図4】同実施形態の負極板の抵抗分布をパターン化した図。

【図5】同実施形態の接着層の目付量を異ならせた領域の配置を示す図。

【図6】第2実施形態のリチウムイオン二次電池の電極体の分解斜視図。

【図7】同実施形態の負極板の抵抗分布を説明するための図であって、(a)は測定を行う基準線を示し、(b)は基準線に沿って測定された抵抗分布の図を示す。

【図8】同実施形態の負極板の抵抗分布をパターン化した図。

【図9】同実施形態の接着層の目付量を異ならせた領域の配置を示す図。

【図10】実施例及び比較例を説明する図であって、接着層の目付量を異ならせた領域の配置を示す図。

【図11】実施例及び比較例を説明するための表。

50

【発明を実施するための形態】

【0025】

(第1実施形態)

図1～図5を参照して、リチウムイオン二次電池及びその製造方法について説明する。本実施形態のリチウムイオン二次電池は、捲回型の電極体を有するものである。

【0026】

図1に示すように、リチウムイオン二次電池11は、開口部を有するケース本体12と、ケース本体12の開口部を封止する蓋部13とを備える。蓋部13には、充放電に用いられる正極外部端子14及び負極外部端子15が設けられている。ケース本体12及び蓋部13によって形成される収容空間には、電極体16及び電解液が収容されている。電極体16は、ケース本体12に収容された状態で一方の側部(図1中左側)に位置する端部である正極集電部17と、他方の側部(図1中右側)に位置する端部である負極集電部18を備える。正極集電部17は、接続部材171を介して正極外部端子14に接続され、負極集電部18は、接続部材181を介して負極外部端子15に電氣的に接続される。

10

【0027】

図2に示すように、電極体16は、長尺の正極板20と長尺の負極板30とをセパレータ40を介して積層した後、その積層体を一端から捲回することにより形成されている。捲回前の積層体は、正極板20及び負極板30の長手方向が一致するように、正極板20、セパレータ40、負極板30、セパレータ40の順に積層されている。正極板20は、正極集電体21と、正極集電体21の両面に設けられた正極活物質層22とを備える。正極板20の短手方向の一方の端部には、正極活物質層22が形成されずに正極集電体21が露出した未塗工部23が長手方向に沿って設けられている。未塗工部23の少なくとも一部はセパレータ40の外側に位置する。

20

【0028】

負極板30は、負極集電体31と、負極集電体31の両面に設けられた負極活物質層32とを備える。負極板30の短手方向の端部のうち、正極板20の未塗工部23と反対側となる他方の端部には、負極活物質層32が形成されずに負極集電体31が露出した未塗工部33が設けられている。未塗工部33の少なくとも一部はセパレータ40の外側に位置する。

【0029】

電極体16は、捲回体をその周面から押圧することによって扁平形状に成形されている。正極板20の未塗工部23は互いに圧接されて正極集電部17となる。負極板30の未塗工部33は互いに圧接され、負極集電部18となる。なお、図2中「X方向」であって、且つ電極体16の捲回軸45と平行な方向を「幅方向」という。また、図2中「Y方向」であって幅方向に対して直交する方向を電極体16の「高さ方向」という。

30

【0030】

次に、正極の材料について説明する。正極集電体21には、アルミニウム箔等の金属箔が用いられる。正極合剤に含まれる正極活物質は、リチウムイオン二次電池の正極活物質として使用し得ることが知られている各種の材料の1種類または複数種類を使用することができる。好適例として、層状系、スピネル系等のリチウム複合金属酸化物(例えば、 LiNiO_2 、 LiCoO_2 、 LiFeO_2 、 LiMn_2O_4 、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 、 LiCrMnO_4 、 LiFePO_4)が挙げられる。導電材としては、アセチレンブラック、ケッチェンブラック等のカーボンブラックやその他(グラファイト等)の粉末状カーボン材料が例示される。バインダとしては、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)、スチレンブタジエンラバー(SBR)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)等が例示される。

40

【0031】

正極合剤全体に占める正極活物質の割合は、約60質量%以上(典型的には60質量%～99質量%)とすることが適当であり、通常は約70質量%以上95質量%以下であることが好ましい。導電材を使用する場合、正極合剤全体に占める導電材の割合は、例えば約

50

2質量%以上20質量%以下とすることができ、通常は約3質量%以上10質量%以下とすることが好ましい。バインダを使用する場合、正極合剤全体に占めるバインダの割合は、例えば約0.5質量%以上10質量%以下とすることができ、通常は約1質量%以上5質量%以下とすることが好ましい。

【0032】

次に、負極の材料について説明する。負極集電体31は、銅やニッケル等の金属箔から形成されている。負極合剤に含まれる負極活物質は、リチウムイオン二次電池の負極活物質として使用し得ることが知られている各種の材料の1種類または複数種類を使用することができる。例えば、黒鉛（グラファイト）、難黒鉛化炭素（ハードカーボン）、易黒鉛化炭素（ソフトカーボン）、カーボンナノチューブ等の炭素材料が挙げられる。なかでも、導電性に優れ、高いエネルギー密度が得られることから、天然黒鉛や人造黒鉛等の黒鉛系材料（特には天然黒鉛）を好ましく用いることができる。

10

【0033】

また、負極合剤は、負極活物質の他に、導電剤やバインダ等の添加剤を含んでもよい。バインダとしては、正極と同様のものを用いることができる。その他、増粘剤、分散剤、導電材等を適宜使用することもできる。例えば、増粘剤としてはカルボキシメチルセルロース（CMC）やメチルセルロース（MC）を用いることができる。

【0034】

負極活物質層全体に占める負極活物質の割合は、50質量%以上である。特に90質量%以上99質量%以下が好ましく、95質量%以上99質量%以下がより好ましい。バインダを使用する場合には、負極活物質層32全体に占めるバインダの割合は、0.5質量%以上10質量%以下である。特に0.5質量%以上5質量%以下とすることが好ましい。増粘剤を使用する場合には、負極活物質層32全体に占める増粘剤の割合は0.5質量%以上10質量%である。特に0.5質量%以上5質量%以下とすることが好ましい。

20

【0035】

セパレータ40は、樹脂から形成された多孔質層を有する。多孔質層は、例えば、多孔性ポリエチレン、多孔性ポリオレフィン、および多孔性ポリ塩化ビニル等で構成された単層構造或いは複数の材料からなる積層構造である。また、多孔質層には、強度向上などを目的としてフィラーを含有させることもできる。

【0036】

また、セパレータ40と負極板30との間には、接着剤からなる接着層が介在している。本実施形態では、接着層はセパレータ40に担持されている。接着剤は、特に限定されないが、例えば接着性樹脂からなり、加熱により接着性が発現し、基材となる樹脂よりも低い融点を有するものを用いることができる。なお、セパレータ40と正極板20の間にも接着層を設けてもよいし、接着層を介在しなくてもよい。

30

【0037】

接着性樹脂は、例えば、低密度ポリエチレン（LDPE）、ポリプロピレン（PP）、ポリブテン-1等のポリ- α -オレフィン、ポリアクリル酸エステル、エチレン-酢酸ビニル共重合体（EVA）、エチレン-メチルアクリレート共重合体（EMA）、エチレン-エチルアクリレート共重合体（EEA）、エチレン-ブチルアクリレート共重合体（EBA）、エチレン-メチルメタクリレート共重合体（EMMA）、アイオノマー樹脂などが挙げられる。また、上記した各樹脂や、スチレンブタジエンゴム（SBR）、ニトリルゴム（NBR）、フッ素ゴム、エチレン-プロピレンゴムなどの室温で粘着性を示す樹脂をコアとし、融点や軟化点が60℃以上120℃以下の範囲内にある樹脂をシェルとしたコアシェル構造の樹脂を接着性樹脂として用いることもできる。この場合、シェルには、各種アクリル樹脂やポリウレタンなどを用いることができる。さらに、接着性樹脂には、一液型のポリウレタンやエポキシ樹脂などで、60℃以上120℃以下の範囲内に接着性を示すものも用いることができる。接着性樹脂には、前記例示の樹脂を1種単独で使用してもよく、2種以上を併用してもよい。

40

【0038】

50

電解液は、非水溶媒に支持塩が含有された組成物である。ここで、非水溶媒としては、プロピレンカーボネート（PC）、エチレンカーボネート（EC）、ジエチルカーボネート（DEC）、ジメチルカーボネート（DMC）、エチルメチルカーボネート（EMC）等のうち一種または二種以上の材料を用いることができる。また、支持塩としては、 LiPF_6 、 LiBF_4 、 LiClO_4 、 LiAsF_6 、 LiCF_3SO_3 、 $\text{LiC}_4\text{F}_9\text{SO}_3$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ 、 LiI 等から選択される一種または二種以上のリチウム化合物（リチウム塩）を用いることができる。

【0039】

また、電解液は、負極活物質層32に被膜を形成するリチウムビスオキサレートボレート（LiBOB）を含んでいる。適度な厚さの被膜を形成する上で、電解液におけるLiBOBの濃度は 0.05mol/kg 未満とする。

10

【0040】

本実施形態では、リチウムイオン二次電池11には、負極板30の表面にLiBOBに由来する被膜を形成するコンディショニング処理が行われる。コンディショニング処理は、リチウムイオン二次電池11の充電および放電を所定の回数繰り返すことで実施することができる。例えば、コンディショニング処理は、 20°C の温度条件下において 0.1C の充電レートで 4.1V まで定電流定電圧で充電する操作と、 0.1C の放電レートで 3.0V まで定電流定電圧放電させる操作をそれぞれ3回繰り返すことで実施することができる。なお、コンディショニング処理はこの条件に限定されることはなく、充電レート、放電レート、充放電の設定電圧は任意に設定することができる。コンディショニング処理により、LiBOB等が負極板30の表面に析出して被膜が形成される。

20

【0041】

ところで、負極板30では、電解液の浸透状況により、注液後の負極板30上におけるLiBOB等の濃度分布に偏りが生じる。その結果、負極活物質層32に形成される被膜は、この偏った濃度分布に起因して濃度ムラが生じる。これにより、部分的に反応抵抗が高い高抵抗領域が発生する。高抵抗領域においては、周りとの抵抗差によって大きな電圧がかかり、リチウムの析出量が多くなる。そのため、高抵抗領域の高抵抗化を抑え、負極板30における抵抗差を小さくする必要がある。一方で、接着層は、負極活物質と電解液との接触を妨げる。その結果、材料間等の接触に由来する抵抗が発生する。そこで、発明者は、異なる種類の抵抗の積み重なりに着目し、抵抗が高い部分に重なる接着剤の目付量を比較的少なくした。本実施形態において「目付量」は、セパレータ40（又は負極板30）のうち接着剤が付着する面の単位面積あたりの接着剤の質量を示す。

30

【0042】

負極板30の接着剤の目付量について詳述する。

まず図3に沿って、負極板30の抵抗分布について説明する。図3は、正極板20及び負極板30をセパレータ40とともに捲回し、コンディショニング処理を施した後の電極体16のうち、説明の便宜上、負極板30の一部のみを記載した図である。負極板30には接着剤が負極活物質層32に積層されている。図3（a）に示す負極板30は、電極体16の高さL（図1参照）で切断又は区切ったものである。この負極板30のうち、高さ方向（図3中Y方向）の異なる3つの位置から、負極板30の幅方向（図3中X方向）と平行な基準線101～103に沿って抵抗を測定する。さらに、幅方向の中央から高さ方向（図3中Y方向）と平行な基準線104に沿って抵抗を測定する。抵抗の測定は、交流インピーダンス測定法（以下、交流抵抗測定）を用いることができる。この方法では、抵抗の周波数への依存性を利用して、イオンの動作が反映された反応抵抗と電氣的接触等による電気抵抗を分離する。本実施形態での負極板30の「抵抗」は、反応抵抗と材料間等の接触に由来する電氣的抵抗の和である。

40

【0043】

図3（b）は測定結果を示すグラフであって、左側のグラフは基準線101～103に沿った抵抗分布111～113を示し、右側のグラフは基準線104に沿った抵抗分布114を示す。左側のグラフの横軸は幅方向の測定位置を示し、縦軸は抵抗を示す。抵抗分布

50

111～113のいずれも、負極活物質層32の幅方向の両端部で抵抗が高くなっている。抵抗分布は、両端と中央部との間の領域で低くなる。また、負極板30の中央部においては、抵抗が高くなっている。中央部には2つの抵抗のピーク（極大値）があり、それらのピークの間に、ピークの最大値よりもやや抵抗が低い領域がある。一方、右側のグラフに示すように、基準線104に沿った抵抗分布は多少の抵抗差はあるものの、幅方向に比べ抵抗差は小さい。

【0044】

上述したように、高抵抗領域が発生する要因の一つとして、電極体16に電解液が浸透したときの電解液の濃度ムラがある。電解液の濃度ムラは、リチウムイオン二次電池11の構成によって多少相違するものの、捲回型の電極体16においては、負極板30の抵抗分布について共通の傾向がみられる。つまり、製造工程において、ケース本体12に電極体16を収容し電解液を注入すると、電解液は主に未塗工部23、33側の開口から電極体16に浸透していく。電解液に含まれるLiBOBは、負極活物質との親和性が低いため、電解液の浸透に伴い負極板30の中央部へ向かって移動する。また、電解液にナトリウム塩が含まれる場合には、LiBOBとナトリウム塩とが反応してNaBOBを生成する。例えばナトリウム塩はCMCに含まれる。NaBOBも負極活物質との親和性が低く、電解液の浸透に伴い移動する。そして電極体16への電解液の浸透が完了したとき、負極板30の幅方向の中央でLiBOBやNaBOBの濃度が高くなり、中央部は抵抗が高くなる。また、負極板30の端部は、中央部に比べ、電極体外部に存在する余剰電解液による反応量の増加等の要因により高抵抗領域となる。

【0045】

図4は、負極板30の抵抗分布をパターン化したものである。つまり、抵抗分布は、電池（又はロット間）によって多少の差はあるものの、上述したようにほぼ同様の傾向があるため、次のように各領域に分けることができる。目付量を一定にする接着層42と比較すると、目付量が異なる接着層42はその製造工程数が増加するが、このようにパターン化することによって、製造工程数の増加を抑制することができる。なお、抵抗値が第1所定値未満である領域を低抵抗領域117、抵抗値が第2所定値以上である領域を高抵抗領域115、抵抗値が第1所定値以上第2所定値未満の領域を中抵抗領域116という。高抵抗領域115は、幅方向（X方向）の両端部及び中央部に存在する。また、中央部の高抵抗領域115と端部の高抵抗領域115との間は、低抵抗領域117が存在する。低抵抗領域117は、抵抗値がほぼ一定の領域である。また、中央の1対の高抵抗領域115の間、高抵抗領域115と低抵抗領域117の間には中抵抗領域116が介在している。これらの領域115～117は、一定の幅を有し、その長手方向が、負極板30の長手方向と平行となるように延在している。

【0046】

図5は、接着剤の目付量を示す図であって、便宜上、図4に示す各領域115～117の位置に対応させて表示している。セパレータ40に設けられた接着層42のうち、負極板30の高抵抗領域115に対向する領域は、接着剤の目付量を少なくした第1領域118としている。また、接着層42のうち、負極板30の中抵抗領域116及び低抵抗領域117に対向する領域は、接着剤の目付量を多くした第3領域119としている。但し、中央部の高抵抗領域115の間の中抵抗領域116に対向する領域は、接着剤の目付量を、第1領域118の接着剤の目付量と第3領域119の接着剤の目付量との間の量とする第2領域120としている。なお、少なくとも第1領域118の接着剤の目付量が、第2領域120の接着剤の目付量よりも少なければよく、例えば同じ第1領域118内で目付量が異なってもよい。つまり、接着層42のうち端部の第1領域118の接着剤の目付量と、中央部の第1領域118の接着剤の目付量とは異なってもよい。さらに、接着層42には、4つの第1領域118を設けているが、各領域について全て異なる目付量としてもよい。同様に、図5中、左側の第2領域120の接着剤の目付量と、右側の第2領域120の接着剤の目付量は、異なってもよい。また、高抵抗領域115と中抵抗領域116との抵抗差や、中抵抗領域116の幅等を考慮して、第1領域118と第2領域

120の接着剤の目付量は同じとしてもよい。低抵抗領域117と中抵抗領域116との抵抗差や、中抵抗領域116の幅等を考慮して、第3領域119と第2領域120の接着剤の目付量は同じとしてもよい。

【0047】

接着層42は、接着性樹脂の粒子が間隔を空けて付着している。本実施形態において目付量は、接着層の膜厚によって変化するのではなく、セパレータ40の側面に沿った粒子の密度によって変化する。つまり、「目付量が多い」とは、粒子の各々が側面に平行な方向における間隔を狭めて密に並んでいる状態を意味する。また、目付量が多い場合でも、負極活物質は露出しているため、負極活物質が電解液を還元分解することによって接着剤粒子の間に被膜が形成される。

10

【0048】

次に、リチウムイオン二次電池11の作用について説明する。負極活物質層32の高抵抗領域115の接着剤の目付量を低抵抗領域117に比べ少量とすることで、高抵抗領域115に重なる接着層42の抵抗を極力小さくすることができる。このため、高抵抗領域115におけるさらなる高抵抗化が抑えられ、リチウムの析出を抑制することができる。一方、負極活物質層32の低抵抗領域117に重なる接着剤の目付量を多くすることで、高抵抗領域115におけるセパレータ40との接着力の低下を補い、負極板30とセパレータ40との接着力を維持することができる。

【0049】

第1実施形態の効果について説明する。

20

(1) 負極活物質層32の高抵抗領域115に重なる接着剤の目付量を少なくし、低抵抗領域117に重なる接着剤の目付量を多くした。これにより、負極板30とセパレータ40とを接着して所定の形状に維持しつつ、接着層42が設けられることによる高抵抗領域115の抵抗の上昇を最小限にすることができる。このため、リチウムイオン二次電池11のリチウム析出耐性を向上することができる。

【0050】

(2) 捲回型の電極体16において、負極活物質層32の幅方向の中央部は、電解液の浸透時に生じる電解液成分の濃度分布の偏りにより、抵抗が高くなる。上記実施形態では負極活物質層32の中央部に重なる接着剤を相対的に少なくし、端部と中央部との間の領域に重なる接着剤を相対的に多くするため、セパレータ70と負極板30との接着力を維持しながら、接着層42が設けられることによる中央部における抵抗の上昇を最小限にすることができる。

30

【0051】

(3) 捲回型の電極体16において、負極活物質層32の幅方向の端部は電極体16の外部に存在する余剰電解液による反応量の増加等の要因により抵抗が高くなる傾向にある。上記実施形態では負極活物質層32の端部に重なる接着剤を相対的に少なくし、端部と中央部との間の領域に重なる接着剤を相対的に多くするため、接着層42が設けられることによる高抵抗領域115のさらなる高抵抗化を極力抑制し、リチウムの析出を抑制することができる。

【0052】

40

(4) 発明者は、負極活物質層32のうち、中央に2つの高抵抗領域115が存在し、且つその間に高抵抗領域115よりも抵抗が低く低抵抗領域117よりも抵抗が高い中抵抗領域116が存在することを見出した。上記実施形態では、中抵抗領域116に重なる接着剤の目付量を、高抵抗領域115の接着剤の目付量及び低抵抗領域117の目付量の間としたため、負極板30とセパレータ40との接着力を維持しつつ、接着層42を含めた中抵抗領域116における抵抗の上昇を抑え、高抵抗領域115及び低抵抗領域117との抵抗差を小さくすることができる。

【0053】

(第2実施形態)

次に、第2実施形態について説明する。第2実施形態のリチウムイオン二次電池11は、

50

第 1 実施形態のリチウムイオン二次電池 1 1 とその構成が異なる。以下、主に第 1 実施形態と相違する構成について詳細に説明することとし、説明の便宜上、同様の構成については詳細な説明を割愛する。

【 0 0 5 4 】

図 6 に示すように、本実施形態のリチウムイオン二次電池 4 1 は、積層型の電極体 4 6 を備えている。電極体 4 6 は、複数の正極板 5 0 と、複数の負極板 6 0 とを備え、それらを、セパレータ 7 0 を介して交互に積層することにより形成される。正極板 5 0、負極板 6 0 及びセパレータ 7 0 は、矩形状に形成されている。正極板 5 0 は、その上端部であって、一方の側端寄りの位置に正極タブ 5 3 を備えている。また、負極板 6 0 は、その上端部であって、他方の側端寄りの位置に負極タブ 6 3 を備えている。正極タブ 5 3 を束状に集めることにより、正極集電部 1 7 が形成され、正極集電部 1 7 は正極外部端子 1 4 に電氣的に接続される。また、負極タブ 6 3 を束状に集めることにより負極集電部 1 8 が形成され、負極集電部 1 8 は負極外部端子 1 5 に電氣的に接続される。

10

【 0 0 5 5 】

正極板 5 0 は、正極集電部 5 1 の両面に正極活物質層 5 2 を備えている。また、負極板 6 0 は、負極集電部 6 1 の両面に負極活物質層 6 2 を備えている。第 1 実施形態と同様に、負極板 6 0 には、コンディショニング処理後に高抵抗領域が発生する。このため、高抵抗領域に対応するセパレータ 7 0 の接着剤の目付量を調整している。

【 0 0 5 6 】

図 7 に沿って、負極板 6 0 の抵抗分布について説明する。図 7 (a) に示すように、負極板 6 0 の高さ方向 (図 6 中 Y 方向) の異なる 3 つの位置から、負極板 6 0 の幅方向 (図 6 中 X 方向) と平行な基準線 1 2 1 ~ 1 2 3 に沿って抵抗を測定する。さらに、幅方向の中央から高さ方向と平行な基準線 1 2 4 に沿って抵抗を測定する。図 7 (b) の左側のグラフは基準線 1 2 1 ~ 1 2 3 に沿った抵抗分布 1 3 1 ~ 1 3 3 を示し、右側のグラフは基準線 1 2 4 に沿った抵抗分布 1 3 4 を示す。抵抗分布 1 3 1 ~ 1 3 3 に示すように、幅方向の抵抗分布は、負極板 6 0 の幅方向の両端で抵抗が高くなる。また、抵抗分布 1 3 2 の幅方向における中央部の抵抗値が特に高い。また、抵抗分布 1 3 4 に示すように、高さ方向の両端及び高さ方向の中央部において特に抵抗が高い。

20

【 0 0 5 7 】

図 8 は、負極板 6 0 の抵抗分布をパターン化したものである。つまり、リチウムイオン二次電池 4 1 の抵抗分布は、電池 (又はロット間) によって多少の差はあるものの、ほぼ同様の傾向があるため、次のように各領域に分けることができる。具体的には、負極活物質層 6 2 の各辺に沿った端部に、抵抗が第 2 所定値以上となる高抵抗領域 1 2 5 が存在する。また、負極活物質層 6 2 の中央部にも高抵抗領域 1 2 5 が存在する。これらの高抵抗領域 1 2 5 の間に、抵抗値が第 1 所定値未満の低抵抗領域 1 2 6 が存在する。そして、中央の高抵抗領域 1 2 5 と低抵抗領域 1 2 6 との間に、低抵抗状態から高抵抗状態へ向かって抵抗が過渡的に上昇する中抵抗領域 1 2 7 が存在する。中抵抗領域 1 2 7 は、第 1 所定値以上第 2 所定値未満の抵抗値を有する。

30

【 0 0 5 8 】

図 9 は、図 8 中破線で示す領域 1 3 0 のセパレータ 7 0 の接着層 7 1 における接着剤の目付量を示す図である。接着層 7 1 のうち、負極板 6 0 の高抵抗領域 1 2 5 に重なる領域は、接着剤の目付量を少なくした第 1 領域 1 3 5 としている。また、接着層 7 1 のうち、負極板 6 0 の中抵抗領域 1 2 7 及び低抵抗領域 1 2 6 に重なる領域は、接着剤の目付量を多くした第 2 領域 1 3 6 としている。

40

【 0 0 5 9 】

このように積層型の電極体 4 6 を有するリチウムイオン二次電池 4 1 においても、高抵抗領域 1 2 5 に付着する接着剤の目付量を少なくするため、接着層 7 1 を含めた高抵抗領域 1 2 5 におけるさらなる高抵抗化を極力抑制することができる。一方で、高抵抗領域 1 2 5 におけるセパレータ 7 0 との接着力の低下を補い、負極板 6 0 とセパレータ 7 0 との接着力を維持することができる。

50

【0060】

第2実施形態によれば、第1実施形態の(1)に記載の効果に加え、以下の効果を得ることができる。

(5) 第2実施形態では、負極活物質層32のうち、電解液の濃度分布に偏りにより高抵抗となる中央部に重なる接着剤を相対的に少なくした。これにより、接着層71を設けることによる中央部における抵抗の上昇を最小限にすることができる。また、端部と中央部との間の領域に重なる接着剤を相対的に多くするため、負極板30とセパレータ70との接着力を維持することができる。

【0061】

(6) 第2実施形態では、負極活物質層32のうち、電解液の濃度分布に偏りにより高抵抗となる端部に重なる接着剤を相対的に少なくした。これにより、接着層71を設けることによる端部における抵抗の上昇を最小限にすることができる。また、端部と中央部との間の領域に重なる接着剤を相対的に多くするため、負極板30とセパレータ70との接着力を維持することができる。

10

【0062】

上記各実施形態は、以下のように変更して実施することができる。本実施形態及び以下の変更例は、技術的に矛盾しない範囲で互いに組み合わせて実施することができる。

・第2実施形態では、接着剤の目付量を少なくした第1領域135と、セパレータ40のうち、接着剤の目付量を多くした第2領域136とした。これに加えて、第1領域135の接着剤の目付量と第2領域136の接着剤の目付量との間の目付量の第3領域を設定してもよい。例えば、接着層42のうち中抵抗領域127に重なる領域を第3領域としてもよい。

20

【0063】

・第1実施形態では、端部側の中抵抗領域116を第2領域120に含めた。また、第2実施形態では、中抵抗領域127を第2領域136に含めた。これに代えて、中抵抗領域116, 127を、第1領域118, 135に含めてもよい。要は、負極板30, 60内において、抵抗分布に応じて、接着剤の目付量が異なっていればよい。

【0064】

・上記各実施形態では、セパレータ40に接着層42を設けた。接着層は、負極板及びセパレータの間に介在していればよく、負極板30, 60に接着層を設けるようにしてもよい。

30

【0065】

・上記各実施形態では、リチウムイオン二次電池を、直方体のケースに収容された電池に具体化した。これ以外のケースに収容される電池に具体化してもよい。要は、セパレータ又は負極板に接着剤を用いるものであればよい。

【0066】

・リチウムイオン二次電池11は、車両以外の移動体(船舶、航空機等)に用いられてもよく、例えばパーソナルコンピュータ、携帯電話等の移動体以外の各種の装置に用いられるものであってもよい。

【0067】

(実施例)

以下、上記各実施形態の一例である実施例について具体的に説明する。なお、これらの実施例は、本発明を限定するものではない。

【0068】

(実施例1)

<正極の作製>

正極活物質であるリチウム複合金属酸化物として LiNiCoO_2 、導電材としてアセチレンブラック(AB)、バインダとしてPVDFをNMP(N-メチル-2-ピロリドン)溶液と混合して混練した。正極合剤の固形分の質量全体に対する正極活物質の割合は90質量%となるようにした。そして、混練後の正極合剤を長尺状のアルミニウム箔(正極

50

集電体)の両面に塗布して乾燥することにより、正極板を作製した。正極合剤の塗布量は、一方の面において、約 9.5 mg/cm^2 (固形分基準)となるように調節した。正極合剤を乾燥後、正極活物質層をプレスした。

【0069】

<負極の作製>

負極活物質としての天然黒鉛粉末と、SBRと、CMCとを水に分散させて混練した。負極合剤の質量全体に対する負極活物質の割合は98質量%となるようにした。この負極合剤を長尺状の銅箔の両面に塗布して乾燥することにより、負極板を作製した。負極合剤の塗布量は、一方の面において約 3.5 mg/cm^2 (固形分基準)となるように調整した。負極合剤を乾燥後、負極活物質層をプレスした。

10

【0070】

<セパレータの作製>

PE製多孔膜(厚さ $16 \mu\text{m}$ 、幅 $100 \mu\text{m}$)の両面に、アルミナを主成分とする多孔質層を備え、多孔質層に接着剤であるスチレンアクリル系樹脂が塗布されたセパレータを準備した。接着層は、多孔膜の両面に設けられた多孔質層のうち、負極板側になる方に形成した。

【0071】

図10に示すように、セパレータ40の接着層42に、第1領域118(目付量:少)、第3領域119(目付量:多)、第2領域120(目付量:中)を設定した。図10中上端から順に、第1領域118(10mm)、第3領域119(25mm)、第1領域118(10mm)、第2領域120(10mm)、第1領域118(10mm)、第3領域119(25mm)、第1領域118(10mm)とした。

20

【0072】

図11は、各領域に塗布される接着剤の目付量の相対比を示す。従来のように1枚のセパレータに 0.05 mg/cm^2 の接着剤を均一に塗布したときの目付量を「100」としたとき、第1領域118の目付量を「20」、第3領域119の目付量を「100」、第2領域120の目付量を「40」とした。

【0073】

<リチウムイオン二次電池>

上記のようにして作製した正極板および負極板を2枚のセパレータ(多孔質ポリエチレン製の単層構造のものを使用した。)を介して積層して捲回し、その捲回体を側面方向から押しつぶして捲回型の電極体を作製した。

30

【0074】

電解液としては、ECとEMCとDMCとを3:3:4の体積比で含む混合溶媒に、支持塩としてのLiPF₆を約 1.1 mol/L の濃度で含有させたものを使用した。また、電解液に、LiBOBをその濃度が 0.03 mol/kg となるように添加した。捲回型の電極体を電解液とともにケースに収容し、ケースの開口部を蓋部によって封止した。

【0075】

その後、20℃の温度条件下において0.1Cの充電レートで4.1Vまで定電流定電圧で充電する操作と、0.1Cの放電レートで3.0Vまで定電流定電圧放電させる操作を3回繰り返してコンディショニング処理を行ない、試験用リチウムイオン二次電池を得た。

40

【0076】

(実施例2)

セパレータの接着剤の目付量を以下のように調整し、その他の構成や作製方法は実施例1と同様にしてリチウムイオン二次電池を得た。

【0077】

第1領域118(目付量:少)・・・20

第2領域120(目付量:中)・・・20

第3領域119(目付量:多)・・・50

50

(比較例 1)

セパレータの接着剤の目付量を、第 1 領域 1 1 8、第 2 領域 1 2 0 及び第 3 領域 1 1 9 でいずれも「1 0 0」とした。その他の構成や作製方法は実施例 1 と同様にしてリチウムイオン二次電池を得た。

【0 0 7 8】

(比較例 2)

セパレータの接着剤の目付量を、第 1 領域 1 1 8、第 2 領域 1 2 0 及び第 3 領域 1 1 9 でいずれも「5 0」とした。その他の構成や作製方法は実施例 1 と同様にしてリチウムイオン二次電池を得た。

【0 0 7 9】

(比較例 3)

セパレータの接着剤の目付量を、第 1 領域 1 1 8、第 2 領域 1 2 0 及び第 3 領域 1 1 9 でいずれも「4 0」とした。その他の構成や作製方法は実施例 1 と同様にしてリチウムイオン二次電池を得た。

【0 0 8 0】

<抵抗の測定>

実施例及び比較例のコンディショニング処理後のリチウムイオン二次電池を SOC (State Of Charge) 6 0 % まで充電した。その後、負極板とセパレータを一体で取り出し、セパレータを介して、1 ~ 1 0 0 k H z にて交流インピーダンス法により、負極板について、幅方向及び高さ方向に所定間隔で抵抗を測定した。そして、抵抗の最小値に対する抵抗の最大値の比である抵抗比を求めた。この際、同時期に取り出した正極板を対極として用いた。

【0 0 8 1】

<容量維持率の測定>

リチウムの析出の有無は、複数回の充放電サイクルを行った後の容量維持率に基づき推定することができる。リチウムの析出量が多くなれば、反応に寄与するリチウムイオンが少なくなるためである。コンディショニング処理後のリチウムイオン二次電池について、約 8 0 C のパルス電流にて 1 0 0 0 回充放電を行った。そして、その前後での容量比を容量維持率 (%) として測定した。

【0 0 8 2】

<評価>

図 1 1 に、各実施例及び各比較例の抵抗比及び容量維持率を示す。負極板の高抵抗領域に対向する第 1 領域の接着剤の目付量を小さくした実施例 1, 2 について得られた抵抗比は、比較例 1 ~ 3 の抵抗比よりも小さくなった。これにより、高抵抗領域の影響が抑制されたことがわかる。特に第 2 領域 1 2 0 及び第 3 領域 1 1 9 の目付量を小さくした実施例 2 は、抵抗差が小さくなった。また、実施例 1, 2 及び比較例 1 ~ 3 を通じて、抵抗比が高くなるほど、容量維持率が低下した。実施例 1, 2 について得られた容量維持率は、比較例 1 ~ 3 に比べ高くなった。つまり、抵抗比と容量維持率との相対関係と、実施例 1, 2 及び比較例 1 ~ 3 の比較に基づき、実施例 1, 2 は電池反応に寄与するリチウムイオンの低下が抑制されたことが推定される。

【符号の説明】

【0 0 8 3】

1 1, 4 1 … リチウムイオン二次電池

1 6, 4 6 … 電極体

2 0, 5 0 … 正極板

2 1, 5 1 … 正極集電体

2 2, 5 2 … 正極活物質層

3 0, 6 0 … 負極板

3 1, 6 1 … 負極集電体

3 2, 6 2 … 負極活物質層

10

20

30

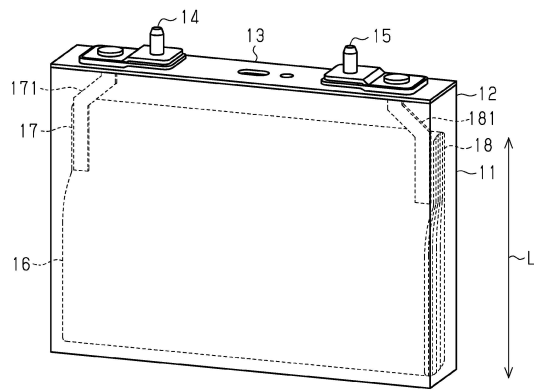
40

50

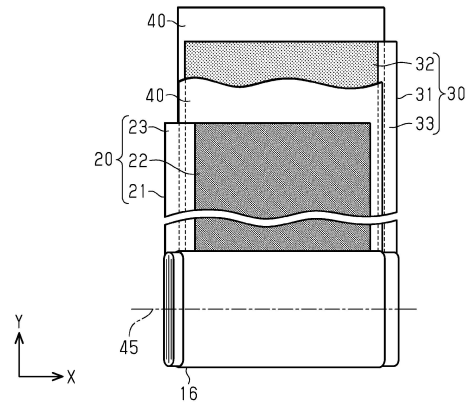
40, 70...セパレータ

【図面】

【図 1】

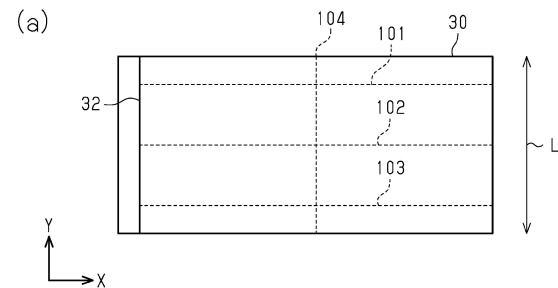


【図 2】

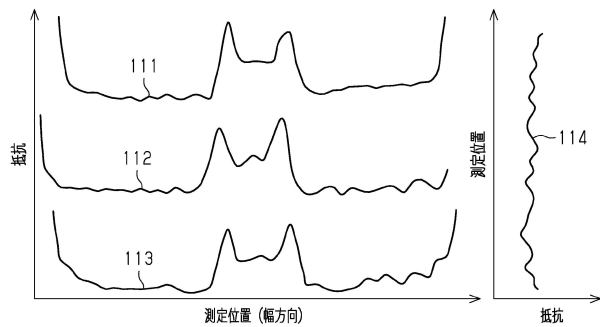


10

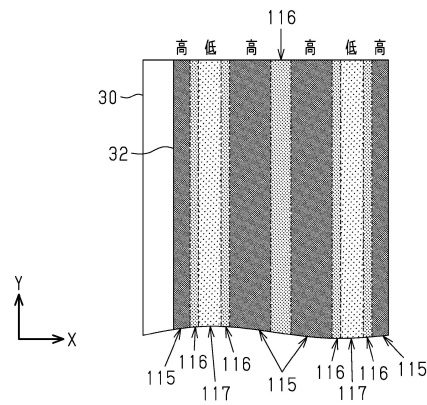
【図 3】



(b)



【図 4】



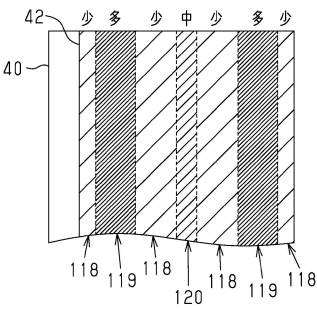
20

30

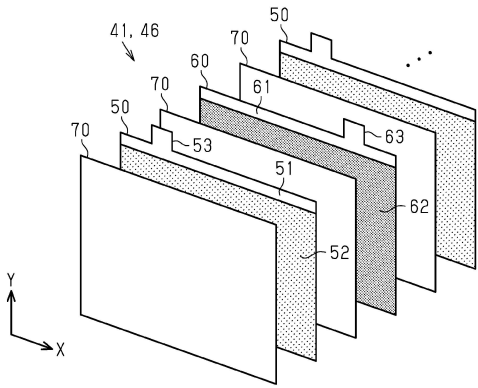
40

50

【図 5】

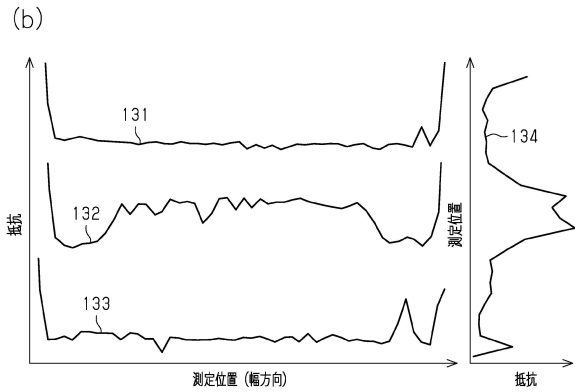
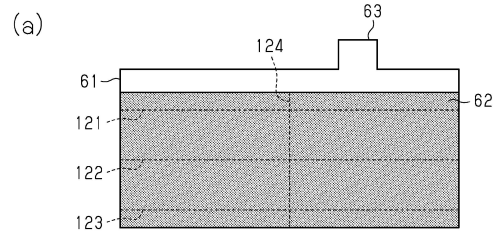


【図 6】

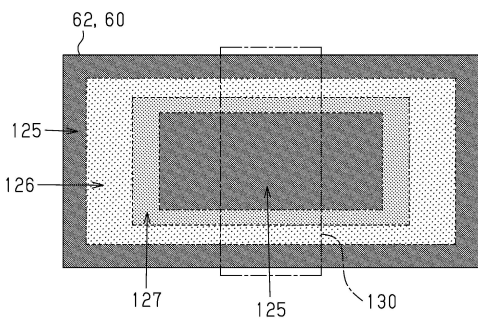


10

【図 7】



【図 8】



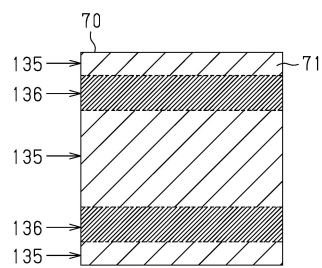
20

30

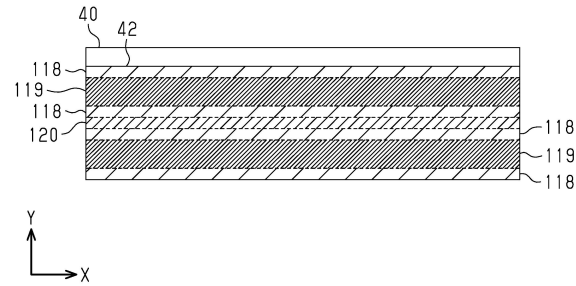
40

50

【図 9】



【図 1 0】



10

【図 1 1】

		実施例 1	実施例 2	比較例 1	比較例 2	比較例 3
目付量	第 1 領域	20	20	100	50	40
	第 2 領域	40	20	100	50	40
	第 3 領域	100	50	100	50	40
抵抗比 (max/min)		1.11	1.07	1.55	1.42	1.38
容量維持率		90	91	60	70	85

20

30

40

50

フロントページの続き

F ターム (参考)

CA07 CA08 CA09 CB07 CB08 CB09 FA02 FA05 HA01 HA12