

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-216086

(P2014-216086A)

(43) 公開日 平成26年11月17日(2014.11.17)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)			
HO 1 M	10/04	(2006.01)	HO 1 M	10/04	Z	5HO 2 1
HO 1 M	2/18	(2006.01)	HO 1 M	2/18	Z	5HO 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2013-90207 (P2013-90207)	(71) 出願人	000004695 株式会社日本自動車部品総合研究所 愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地
(22) 出願日	平成25年4月23日 (2013.4.23)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(74) 代理人	110000291 特許業務法人コスモ特許事務所
		(72) 発明者	向山 真登 愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
		(72) 発明者	天野 淳子 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		Fターム(参考)	5H021 AA02 CC05 CC20 HH04 5H028 AA08 BB04 CC10 HH05

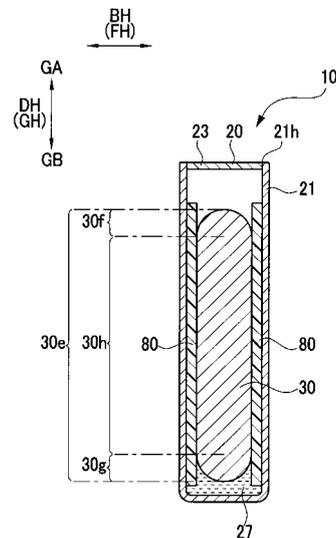
(54) 【発明の名称】 電池

(57) 【要約】

【課題】充放電を繰り返し行ったときに電池の内部抵抗が増加するのを抑制できる電池を提供すること。

【解決手段】電池10は、電極体30の平板積層部30h内に配置され、又は電池ケース20内のうち平板積層部30hに重なって平板積層部30h外に配置された弾性スペーサ80を備える。この弾性スペーサ80は、平板積層部30h等が電池ケース20を介して平板積層部30hの積層方向FHに圧縮され、かつ電池ケース20の積層方向FHの寸法が定寸に保たれた圧縮定寸状態で、電池10を充放電させても、第1活物質層43の空隙容積Vicが一定に保たれる圧縮弾性率Ks及び自由総厚みTsaを有する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 電極箔、及び、この上に形成され充放電に伴って膨張収縮する第 1 活物質粒子を含む多孔質の第 1 活物質層を有する第 1 電極板と、第 2 電極箔、及び、この上に形成された第 2 活物質層を有する第 2 電極板と、セパレータとを有し、前記第 1 活物質層及び前記第 2 活物質層が前記セパレータを介して互いに平板状に重なる平板積層部を有する電極体、及び、

前記電極体を収容する電池ケース、を備える電池であって、

前記平板積層部内に配置され、または、前記電池ケース内のうち前記平板積層部に重なって前記平板積層部外に配置され、弾性材からなる 1 又は複数層の弾性スペーサを備え、前記弾性スペーサは、

前記平板積層部及び前記弾性スペーサが前記電池ケースを介して前記平板積層部の積層方向に圧縮され、かつ、前記電池ケースの前記積層方向の寸法が定寸に保たれた圧縮定寸状態下で、前記電池を充放電させても、前記第 1 活物質層の空隙容積 V_{ic} が一定に保たれる圧縮弾性率 K_s 及び自由総厚み T_{sa} を有する電池。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電池であって、

前記平板積層部において前記積層方向に重なる前記第 1 活物質層の総厚みのうち、前記圧縮定寸状態でかつ SOC 0 % 時の総厚みを T_{fc} 、前記圧縮定寸状態でかつ SOC 100 % 時の総厚みを T_{fd} 、前記圧縮定寸状態における前記第 1 活物質層の総厚み変化率 A_t を、 $A_t = (T_{fd} - T_{fc}) / T_{fc}$ とし、

前記第 1 活物質層の単位面積あたりの前記第 1 活物質粒子の体積のうち、前記圧縮定寸状態でかつ SOC 0 % 時の体積を V_{rc} 、前記圧縮定寸状態でかつ SOC 100 % 時の体積を V_{rd} 、前記圧縮定寸状態における前記第 1 活物質粒子の体積変化率 B_v を、 $B_v = (V_{rd} - V_{rc}) / V_{rc}$ とし、

前記圧縮定寸状態でかつ SOC 0 % 時における、前記第 1 活物質層の単位面積あたりの前記第 1 活物質層の見かけの体積を V_{fc} 、前記第 1 活物質層中の前記第 1 活物質粒子の充填率 D_c を、 $D_c = V_{rc} / V_{fc}$ としたとき、

前記弾性スペーサは、

$A_t = B_v \times D_c$ を満たす前記圧縮弾性率 K_s 及び前記自由総厚み T_{sa} を有する電池。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の電池であって、

前記第 1 活物質層の前記総厚みのうち、自由状態でかつ SOC 0 % 時の総厚みを T_{fa} 、自由状態でかつ SOC 100 % 時の総厚みを T_{fb} とし、

SOC 0 % 時の前記第 1 活物質層の圧縮弾性率を K_{fa} としたとき、

前記弾性スペーサは、

$T_{sa} / K_s = (B_v \times D_c \times T_{fc}) / (T_{fb} - T_{fa} - B_v \times D_c \times T_{fc}) \times (T_{fa} / K_{fa})$

を満たす前記圧縮弾性率 K_s 及び前記自由総厚み T_{sa} を有する電池。

【請求項 4】

第 1 電極箔、及び、この上に形成され充放電に伴って膨張収縮する第 1 活物質粒子を含む多孔質の第 1 活物質層を有する第 1 電極板と、第 2 電極箔、及び、この上に形成された第 2 活物質層を有する第 2 電極板と、セパレータとを有し、前記第 1 活物質層及び前記第 2 活物質層が前記セパレータを介して互いに平板状に重なる平板積層部を有する電極体、及び、

前記電極体を収容する電池ケース、を備える

電池であって、

前記平板積層部内に配置され、または、前記電池ケース内のうち前記平板積層部に重なって前記平板積層部外に配置され、厚みが厚い厚部と、この厚部よりも厚みが薄い薄部とを有する1又は複数層のスペーサを備え、

前記平板積層部内の前記第1活物質層のうち、前記厚部と前記積層方向に重なる部位を第1部位、前記薄部と前記積層方向に重なる部位を第2部位とし、

前記第1部位の総厚みのうち、前記平板積層部及び前記スペーサの前記厚部が前記電池ケースを介して前記積層方向に圧縮され、前記電池ケースの前記積層方向の寸法が定寸に保たれた圧縮定寸状態で、かつ、SOC0%時の総厚みを Tfc 、前記圧縮定寸状態でかつSOC100%時の総厚みを Tfd 、前記圧縮定寸状態における前記第1部位の総厚み変化率 At を、 $At = (Tfd - Tfc) / Tfc$ とし、

前記第1部位の単位面積あたりの前記第1活物質粒子の体積のうち、前記圧縮定寸状態でかつSOC0%時の体積を Vrc 、前記圧縮定寸状態でかつSOC100%時の体積を Vrd 、前記圧縮定寸状態における前記第1活物質粒子の体積変化率 Bv を、 $Bv = (Vrd - Vrc) / Vrc$ とし、

前記圧縮定寸状態でかつSOC0%時における、前記第1部位の単位面積あたりの前記第1部位の見かけの体積を Vfc 、前記第1部位中の前記第1活物質粒子の充填率 Dc を、 $Dc = Vrc / Vfc$ としたとき、

前記スペーサは、前記電池を前記圧縮定寸状態下で充放電させた場合に、

前記厚部が、 $At < Bv \times Dc$ を満たし、

前記薄部が、前記第2部位を押圧せず、かつ、

前記第1部位の面積 Sa 及び前記第2部位の面積 Sb が、 $0.67 Sa / Sb \geq 1.5$ を満たす、形態を有する

電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、第1電極板、第2電極板及びセパレータを有する電極体と、この電極体を収容する電池ケースとを備える電池に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、第1電極板（例えば負極板）、第2電極板（例えば正極板）及びセパレータを有する電極体と、この電極体を収容する電池ケースとを備える電池が知られている。電極体としては、扁平状捲回型の電極体など、第1電極板の第1活物質層（例えば負極活物質層）と第2電極板の第2活物質層（例えば正極活物質層）とがセパレータを介して互いに平板状に重なる平板積層部を有するものがある。更に、第1活物質層を構成する第1活物質粒子（例えば負極活物質粒子）として、充放電に伴って膨張収縮するものを用いることが知られている。例えば特許文献1には、負極活物質粒子として、充電過程で膨張し放電過程で収縮する黒鉛粒子を用いることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平10-64515号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

充放電に伴って膨張収縮する第1活物質粒子を含む第1活物質層は、充放電に伴ってその層内に含まれる空隙の容積（以下、空隙容積とも言う）が増減する。例えば、電池ケース自身が第1活物質層の厚み方向に高い剛性を有する場合や、電池ケースを外部から第1活物質層の厚み方向に剛に拘束するなど、使用時に電池ケースを定寸に拘束して電池を使

10

20

30

40

50

用すると、充放電を行っても第1活物質層の厚みは増減し得なくなる(第1活物質層の厚みも定寸となる)。この場合には、充電または放電により第1活物質粒子が膨張すると、その分だけ第1活物質層内の空隙容積が減少する。すると、第1活物質層中の空隙内に満たされていた電解液が空隙容積が減少した分だけ第1活物質層から排出される。一方、放電または充電により第1活物質粒子が収縮すると、その分だけ第1活物質層内の空隙容積が増加する。すると、空隙容積が増加した分だけ電解液が第1活物質層内に吸収される。このような電池について充放電を繰り返し行くと、第1活物質層に保持された電解液の出入りに伴って電解液に濃度分布が生じ、電池の内部抵抗が増加して好ましくない。

【0005】

一方、電池を定圧で拘束して(或いは自由状態にして)電池を使用する場合、充電または放電により第1活物質粒子が膨張すると、第1活物質層は第1活物質粒子の膨張分よりも大きく膨張する。隣り合う第1活物質粒子同士の間隔が大きくなるため、空隙容積も増加するためである。逆に、放電または充電により第1活物質粒子が収縮すると、第1活物質層は第1活物質粒子の収縮分よりも大きく収縮する。隣り合う第1活物質粒子同士の間隔が小さくなるため、空隙容積の容積も減少するためである。この場合も、電池の充放電に伴って第1活物質層から電解液が出入りするの、電解液に濃度分布が生じ、電池の内部抵抗が増加して好ましくないことが判ってきた。

10

【0006】

本発明は、かかる現状に鑑みてなされたものであって、充放電を繰り返し行ったときに電池の内部抵抗が増加するのを抑制できる電池を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するための本発明の一態様は、第1電極箔、及び、この上に形成され充放電に伴って膨張収縮する第1活物質粒子を含む多孔質の第1活物質層を有する第1電極板と、第2電極箔、及び、この上に形成された第2活物質層を有する第2電極板と、セパレータとを有し、前記第1活物質層及び前記第2活物質層が前記セパレータを介して互いに平板状に重なる平板積層部を有する電極体、及び、前記電極体を収容する電池ケース、を備える電池であって、前記平板積層部内に配置され、または、前記電池ケース内のうち前記平板積層部に重なって前記平板積層部外に配置され、弾性材からなる1又は複数層の弾性スペーサを備え、前記弾性スペーサは、前記平板積層部及び前記弾性スペーサが前記電池ケースを介して前記平板積層部の積層方向に圧縮され、かつ、前記電池ケースの前記積層方向の寸法が定寸に保たれた圧縮定寸状態下で、前記電池を充放電させても、前記第1活物質層の空隙容積 V_{ic} が一定に保たれる圧縮弾性率 K_s 及び自由総厚み T_{sa} を有する電池である。

30

【0008】

この電池は、電極体の平板積層部内に配置され、または、電池ケース内のうち平板積層部に重なって平板積層部外に配置された弾性スペーサを備える。この弾性スペーサは、圧縮定寸状態で電池を充放電させたときでも、第1活物質層(例えば負極活物質層)の空隙容積 V_{ic} が一定に保たれる圧縮弾性率 K_s 及び自由総厚み T_{sa} を有する。このため、充電または放電により第1活物質粒子(例えば負極活物質粒子)が膨張または収縮しても、第1活物質層の空隙容積 V_{ic} は一定に保たれる。従って、この電池では、平板積層部において充放電に伴って第1活物質層の空隙容積 V_{ic} が変化するのを防止し、充放電に伴って電解液が第1活物質層から出入り(排出/吸収)するのを抑制できる。よって、充放電を繰り返し行ったときに電池の内部抵抗が増加するのを抑制できる。

40

【0009】

なお、「電極体」としては、平板積層部を有する、扁平状捲回型の電極体や積層型の電極体が挙げられる。

また、「電池ケースの積層方向の寸法が定寸に保たれた」状態としては、電池ケース自身が充放電に伴って積層方向に変形しない高い剛性を有する状態や、充放電に伴って電池ケースが積層方向に変形しない形態に電池ケースを外部から積層方向に剛に拘束した状態

50

が挙げられる。

【0010】

更に、上記の電池であって、前記平板積層部において前記積層方向に重なる前記第1活物質層の総厚みのうち、前記圧縮定寸状態でかつSOC0%時の総厚みを T_{fc} 、前記圧縮定寸状態でかつSOC100%時の総厚みを T_{fd} 、前記圧縮定寸状態における前記第1活物質層の総厚み変化率 A_t を、 $A_t = (T_{fd} - T_{fc}) / T_{fc}$ とし、前記第1活物質層の単位面積あたりの前記第1活物質粒子の体積のうち、前記圧縮定寸状態でかつSOC0%時の体積を V_{rc} 、前記圧縮定寸状態でかつSOC100%時の体積を V_{rd} 、前記圧縮定寸状態における前記第1活物質粒子の体積変化率 B_v を、 $B_v = (V_{rd} - V_{rc}) / V_{rc}$ とし、前記圧縮定寸状態でかつSOC0%時における、前記第1活物質層の単位面積あたりの前記第1活物質層の見かけの体積を V_{fc} 、前記第1活物質層中の前記第1活物質粒子の充填率 D_c を、 $D_c = V_{rc} / V_{fc}$ としたとき、前記弾性スペーサは、 $A_t = B_v \times D_c$ を満たす前記圧縮弾性率 K_s 及び前記自由総厚み T_{sa} を有する電池とすると良い。

10

【0011】

この電池に係る弾性スペーサは、 $A_t = B_v \times D_a$ を満たす圧縮弾性率 K_s 及び自由総厚み T_{sa} を有する。このため、充電または放電により第1活物質粒子が膨張して、第1活物質層の厚みが増すと、弾性スペーサが押し縮められることで生じる（増加する）反力により、第1活物質層の厚みの増加が抑制される（厚みの増加が第1活物質粒子の膨張分だけに止められる）。従って、第1活物質粒子が膨張しても、第1活物質層の空隙容積 V_{ic} は一定に保たれる。

20

【0012】

一方、放電または充電により第1活物質粒子が収縮して、第1活物質層の厚みが減ると、その分だけ弾性スペーサの厚みが増して弾性スペーサによる押圧力（反力）が減少するので、第1活物質層の厚みの減少が抑制される（厚みの減少が第1活物質粒子の収縮分だけに止められる）。このため、第1活物質粒子が収縮しても、第1活物質層の空隙容積 V_{ic} は一定に保たれる。従って、この電池では、平板積層部において充放電に伴って第1活物質層の空隙容積 V_{ic} が変化することを防止し、充放電に伴って電解液が第1活物質層から出入り（排出/吸収）するのを抑制できる。

【0013】

更に、上記の電池であって、前記第1活物質層の前記総厚みのうち、自由状態でかつSOC0%時の総厚みを T_{fa} 、自由状態でかつSOC100%時の総厚みを T_{fb} とし、SOC0%時の前記第1活物質層の圧縮弾性率を K_{fa} としたとき、前記弾性スペーサは、 $T_{sa} / K_s = (B_v \times D_c \times T_{fc}) / (T_{fb} - T_{fa} - B_v \times D_c \times T_{fc}) \times (T_{fa} / K_{fa})$ を満たす前記圧縮弾性率 K_s 及び前記自由総厚み T_{sa} を有する電池とすると良い。

30

【0014】

この電池に係る弾性スペーサは、上記の式を満たす圧縮弾性率 K_s 及び自由総厚み T_{sa} を有する。このような弾性スペーサは、 $A_t = B_v \times D_c$ を満たすので、前述のように、充放電に伴って第1活物質粒子が膨張または収縮しても、第1活物質層の空隙容積 V_{ic} は一定に保たれる。従って、この電池では、平板積層部において充放電に伴って第1活物質層の空隙容積 V_{ic} が変化することを防止し、充放電に伴って電解液が第1活物質層から出入り（排出/吸収）するのを抑制できる。

40

【0015】

また、他の態様は、第1電極箔、及び、この上に形成され充放電に伴って膨張収縮する第1活物質粒子を含む多孔質の第1活物質層を有する第1電極板と、第2電極箔、及び、この上に形成された第2活物質層を有する第2電極板と、セパレータとを有し、前記第1活物質層及び前記第2活物質層が前記セパレータを介して互いに平板状に重なる平板積層部を有する電極体、及び、前記電極体を収容する電池ケース、を備える電池であって、前記平板積層部内に配置され、または、前記電池ケース内のうち前記平板積層部に重なって

50

前記平板積層部外に配置され、厚みが厚い厚部と、この厚部よりも厚みが薄い薄部とを有する1又は複数層のスペーサを備え、前記平板積層部内の前記第1活物質層のうち、前記厚部と前記積層方向に重なる部位を第1部位、前記薄部と前記積層方向に重なる部位を第2部位とし、前記第1部位の総厚みのうち、前記平板積層部及び前記スペーサの前記厚部が前記電池ケースを介して前記積層方向に圧縮され、前記電池ケースの前記積層方向の寸法が定寸に保たれた圧縮定寸状態で、かつ、SOC0%時の総厚みを Tfc 、前記圧縮定寸状態でかつSOC100%時の総厚みを Tfd 、前記圧縮定寸状態における前記第1部位の総厚み変化率 At を、 $At = (Tfd - Tfc) / Tfc$ とし、前記第1部位の単位面積あたりの前記第1活物質粒子の体積のうち、前記圧縮定寸状態でかつSOC0%時の体積を Vrc 、前記圧縮定寸状態でかつSOC100%時の体積を Vrd 、前記圧縮定寸状態における前記第1活物質粒子の体積変化率 Bv を、 $Bv = (Vrd - Vrc) / Vrc$ とし、前記圧縮定寸状態でかつSOC0%時における、前記第1部位の単位面積あたりの前記第1部位の見かけの体積を Vfc 、前記第1部位中の前記第1活物質粒子の充填率 Dc を、 $Dc = Vrc / Vfc$ としたとき、前記スペーサは、前記電池を前記圧縮定寸状態下で充放電させた場合に、前記厚部が、 $At < Bv \times Dc$ を満たし、前記薄部が、前記第2部位を押圧せず、かつ、前記第1部位の面積 Sa 及び前記第2部位の面積 Sb が、 $0.67 Sa / Sb \leq 1.5$ を満たす、形態を有する電池である。

【0016】

この電池では、電極体の平板積層部内に配置され、または、電池ケース内のうち平板積層部に重なって平板積層部外に配置され、厚部と薄部とを有するスペーサを備える。このスペーサは、圧縮定寸状態下で電池を充放電させた場合に、厚部が $At < Bv \times Dc$ を満たし、薄部が第2部位を押圧せず、かつ、 $0.67 Sa / Sb \leq 1.5$ を満たす形態を有する。

【0017】

この電池では、平板積層部内の第1活物質層全体で見たときに、充放電に伴って第1活物質層の空隙容積 Vic が増減するのを抑制できる。即ち、充電または放電により第1活物質粒子が膨張して、第1活物質層の厚みが増すと、スペーサの厚部が第1活物質層の第1部位で押圧されることで生じる強い反力により、第1部位における厚みの増加が抑制される。この第1部位は $At < Bv \times Da$ を満たすので、空隙容積 Vic が減少して(第1活物質粒子の膨張分の一部が空隙容積 Vic の減少でまかなわれて)、電解液が排出される。

【0018】

一方で、スペーサの薄部では反力を生じないので、第1活物質層の第2部位においては厚みの増加が抑制されない。このため、第2部位では、空隙容積 Vic は増加して、電解液が吸収される。かくして、平板積層部内の第1活物質層全体で見ると、第1部位における空隙容積 Vic の減少分と第2部位における空隙容積 Vic の増加分とが相殺されるので、空隙容積 Vic の変化が抑制される。従って、この電池では、平板積層部において充放電に伴って電解液が第1活物質層から出入りするのを抑制でき、充放電を繰り返し行ったときに電池の内部抵抗が増加するのを抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】実施形態1に係る電池の斜視図である。

【図2】実施形態1に係る電池を電池横方向CH及び電池縦方向DHに沿う平面で切断した断面図である。

【図3】実施形態1に係る電池を電池厚み方向BH及び電池縦方向DHに沿う平面で切断した断面図である。

【図4】実施形態1に係る電池を電池厚み方向BH及び電池横方向CHに沿う平面で切断した断面図である。

【図5】実施形態1に係り、蓋部材、正極端子部材及び負極端子部材等の分解斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 6】実施形態 1 に係り、電極体の斜視図である。

【図 7】実施形態 1 に係り、正極板と負極板とをセパレータを介して互いに重ねた状態を示す、電極体の展開図である。

【図 8】実施形態 1 に係り、組電池の側面図である。

【図 9】負極活物質層に掛かる面圧と負極活物質層の総厚みとの関係を示すグラフである。

【図 10】実施形態 2 に係る電池を電池厚み方向 B H 及び電池縦方向 D H に沿う平面で切断した断面図である。

【図 11】実施形態 2 に係る電池を電池厚み方向 B H 及び電池横方向 C H に沿う平面で切断した断面図である。

【図 12】実施例 1, 2 及び比較例に係る各電池の充放電サイクル試験に関し、充放電のサイクル数と電池の内部抵抗との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0020】

(実施形態 1)

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しつつ説明する。図 1 ~ 図 4 に、本実施形態 1 に係る電池 10 を示す。また、図 5 に、電池ケース 20 の蓋部材 23、正極端子部材 60 及び負極端子部材 70 等を示す。また、図 6 及び図 7 に、電極体 30 及びこれを展開した状態を示す。なお、以下では、電池 10 の電池厚み方向 B H、電池横方向 C H 及び電池縦方向 D H を、図 1 ~ 図 4 に示す方向と定めて説明する。また、電極体 30 の軸線方向 E H、電極体厚み方向（積層方向）F H 及び電極体幅方向 G H を、図 2 ~ 図 4、図 6 及び図 7 に示す方向と定めて説明する。なお、図 3 においては、正極端子部材 60 等の記載を省略してある。

【0021】

この電池 10 は、ハイブリッド自動車や電気自動車等の車両などに搭載される角型で密閉型のリチウムイオン二次電池である。この電池 10 は、後述するように、複数の電池 10 を拘束部材 110 で拘束した組電池 100 として利用される（図 8 参照）。なお、図 8 においては、電池 10 の正極端子部材 60 及び負極端子部材 70 の記載を省略してある。

この電池 10 は、直方体状の電池ケース 20 と、この電池ケース 20 内に収容された扁平状捲回型の電極体 30 と、電池ケース 20 に支持された正極端子部材 60 及び負極端子部材 70 等から構成されている。電池ケース 20 内には、非水系の電解液 27 が保持されている。また、この電池 10 では、電池ケース 20 と電極体 30 との間に板状の弾性スペーサ 80 が配置されている。

【0022】

このうち電池ケース 20 は、金属（具体的にはアルミニウム）により形成されている。この電池ケース 20 は、上側のみに矩形状の開口部 21 h を有する有底角筒状のケース本体 21 と、このケース本体 21 の開口部 21 h を封口する矩形板状の蓋部材 23 とから構成されている（図 1 ~ 図 4 参照）。蓋部材 23 のうち、その長手方向（電池横方向 C H）の中央付近には、非復帰型の安全弁 23 v が設けられている。また、この安全弁 23 v の近傍には、電解液 27 を電池ケース 20 内に注入する際に用いられる注液孔 23 h が設けられており、封止部材 25 で気密に封止されている。

【0023】

また、蓋部材 23 のうち、その長手方向の両端近傍には、電池ケース 20 の内部から外部に延出する形態の正極端子部材 60 及び負極端子部材 70 がそれぞれ固設されている（図 1、図 2 及び図 5 参照）。具体的には、正極端子部材 60 及び負極端子部材 70 は、それぞれ、電池ケース 20 内で電極体 30 に接続する一方、蓋部材 23 を貫通して電池ケース 20 の外部に延出する第 1 端子部材 61, 71 と、蓋部材 23 上に配置されて第 1 端子部材 61, 71 に加締め固定されたクランク状の第 2 端子部材 62, 72 とから構成されている。正極端子部材 60 及び負極端子部材 70 は、これらにバスバや圧着端子など電池外の接続端子を締結するための金属製の締結部材 65, 75 と共に、蓋部材 23 の内側（

10

20

30

40

50

ケース内側)に配置された樹脂製の第1絶縁部材67, 77、及び、蓋部材23の外側(ケース外側)に配置された樹脂製の第2絶縁部材68, 78を介して、蓋部材23に固定されている。

【0024】

次に、電極体30について説明する(図2~図4、図6及び図7参照)。この電極体30は、その軸線方向EHが電池横方向CHと一致し、電極体厚み方向FHが電池厚み方向BHと一致し、電極体幅方向GHが電池縦方向DHと一致する形態で、電池ケース20内に収容されている(図2及び図4参照)。電極体30は、帯状の正極板(第2電極板)31と帯状の負極板(第1電極板)41とを、帯状で多孔質樹脂からなる一对のセパレータ51, 51を介して互いに積層し(図7参照)、軸線AX周りに捲回して、扁平状に圧縮したものである(図6参照)。

10

【0025】

正極板31は、芯材として、アルミニウムからなる帯状の正極電極箔(第2電極箔)32を有する。この正極電極箔32の表裏面のうち幅方向(図6及び図7中、上下方向)の一部(図6及び図7中、下方の部位)の上には、それぞれ長手方向(図7中、左右方向)に帯状に延びる、多孔質の正極活物質層(第2活物質層)33, 33が形成されている。この正極活物質層33は、正極活物質粒子と導電材と結着剤から形成されている。本実施形態1では、正極活物質としてリチウム・コバルト・ニッケル・マンガン複合酸化物を、導電材としてアセチレンブラック(AB)を、結着剤としてポリフッ化ビニリデン(PVDF)を用いている。

20

【0026】

負極板41は、芯材として、銅からなる帯状の負極電極箔(第1電極箔)42を有する。この負極電極箔42の表裏面のうち幅方向(図6及び図7中、上下方向)の一部(図6及び図7中、上方の部位)の上には、それぞれ長手方向(図7中、左右方向)に帯状に延びる、多孔質の負極活物質層(第1活物質層)43, 43が形成されている。この負極活物質層43は、負極活物質粒子(第1活物質粒子)と結着剤と増粘剤から形成されている。本実施形態1では、負極活物質粒子として天然黒鉛粒子を、結着剤としてスチレンブタジエンゴム(SBR)を、増粘剤としてカルボキシメチルセルロース(CMC)を用いている。この負極活物質粒子は、後述するように、充電過程で膨張し、放電過程で収縮する。

30

【0027】

正極板31の一部は、セパレータ51から軸線方向EHの一方側EC(図6中、上方、図2及び図4中、左方)に向けて扁平渦巻き状をなして突出し、電極体30の正極突出捲回部30cを形成している。この正極突出捲回部30cには、正極端子部材60の第1端子部材61が接続(溶接)されている。また、負極板41の一部は、セパレータ51から軸線方向EHの他方側ED(図6中、下方、図2及び図4中、右方)に向けて扁平渦巻き状をなして突出し、電極体30の負極突出捲回部30dを形成している。この負極突出捲回部30dには、負極端子部材70の第1端子部材71が接続(溶接)されている。

【0028】

電極体30のうち、これら正極突出捲回部30c及び負極突出捲回部30dよりも軸線方向EHの内側(中央)に位置し、正極活物質層33及び負極活物質層43がセパレータ51を介して互いに重なる部位を、中央捲回部30eとする(図2、図4、図6及び図7参照)。この中央捲回部30eは、更に、電極体幅方向GHについて、一方側湾曲端部30fと他方側湾曲端部30gと平板積層部30hに分けられる(図3及び図6参照)。

40

このうち一方側湾曲端部30fは、電極体幅方向GHの一方側GAの端に位置し、正極活物質層33、負極活物質層43及びセパレータ51が半円筒状に曲げられて互いに重なる部位である。また、他方側湾曲端部30gは、電極体幅方向GHの他方側GBの端に位置し、正極活物質層33、負極活物質層43及びセパレータ51が半円筒状に曲げられて互いに重なる部位である。

【0029】

50

また、平板積層部 30 h は、一方側湾曲端部 30 f と他方側湾曲端部 30 g の間に位置し、正極活物質層 33、負極活物質層 43 及びセパレータ 51 が平板状に電極体厚み方向（積層方向）FH に重なる部位である。具体的には、この平板積層部 30 h は、30 枚の正極板 31 と 30 枚の負極板 41 とがセパレータ 51 を介して互いに重なっている。従って、この平板積層部 30 h には、全部で 60 層の正極活物質層 33 と 60 層の負極活物質層 43 が積層されている。

【0030】

次に、弾性スペーサ 80 について説明する（図 2 ~ 図 4 参照）。この弾性スペーサ 80 は、電池ケース 20 内のうち、電極体 30 の電極体幅方向 GH の両側にそれぞれ配置されている。これら 2 枚（2 層）の弾性スペーサ 80 は、電極体 30 の平板積層部 30 h よりも若干面積の広い（軸線方向 EH 及び電極体幅方向 GH の寸法がそれぞれ大きい）矩形板状であり、平板積層部 30 h に重なって平板積層部 30 h 外に配置されている。この弾性スペーサ 80 は、エチレンプロピレンジエンゴム（EPDM）からなり、圧縮弾性率 K_s は、 $K_s = 10.0 \text{ MPa}$ である。また、弾性スペーサ 80 の 1 枚あたりの自由厚みは 0.475 mm であるので、自由総厚み T_{sa} は、 $T_{sa} = 0.475 \text{ mm} \times 2 \text{ 枚} = 0.950 \text{ mm}$ である。

10

【0031】

この電池 10 は、前述のように、組電池 100 として利用される（図 8 参照）。この組電池 100 は、複数の電池 10 と複数の電池間スペーサ 130 と拘束部材 110 とを備える。複数の電池 10 は電池厚み方向 BH（電極体厚み方向 FH）に列置されており、隣り合う電池 10 同士は図示しないバスバにより電氣的に直列に接続されている。また、電池間スペーサ 130 は、矩形板状をなし、隣り合う電池 10 同士の間にそれぞれ配置されている。

20

【0032】

また、拘束部材 110 は、これら電池 10 及び電池間スペーサ 130 を電池厚み方向 BH に押圧しつつ剛に拘束する。なお、「剛に拘束する」とは、SOC 0% ~ 100% の充放電に伴う電池ケース 20 の電池厚み方向 BH の寸法の変化が、 0.005 mm 以下に抑えられている状態を言う。

拘束部材 110 は、一对のエンドプレート 111 と、4 本の拘束バンド 113 と、8 本の締結ボルト 115 とを有する。エンドプレート 111 は、矩形板状をなし、列置された電池 10 及び電池間スペーサ 130 の両側にそれぞれ配置されている。拘束バンド 113 は、円筒状をなし、一对のエンドプレート 111 の間に配置されて、エンドプレート 111 同士の間を接続している。締結ボルト 115 は、エンドプレート 111 に設けられた図示外の貫通孔に挿通され、拘束バンド 113 の端部 113 t をエンドプレート 111 に締結している。

30

【0033】

この組電池 100 を構成した状態では、各電池 10 の電極体 30 の平板積層部 30 h 及び弾性スペーサ 80 は、電池ケース 20 を介して積層方向（電極体厚み方向）FH に圧縮され、かつ、電池 10 を充放電して負極活物質粒子が膨張収縮しても、電池ケース 20 の積層方向 FH（電池厚み方向 BH）の寸法が定寸に保たれた圧縮定寸状態となる。本実施形態 1 では、この圧縮定寸状態がかつ SOC 0% 時に、平板積層部 30 h 及び弾性スペーサ 80 に $P_c = 1.00 \text{ MPa}$ の面圧が生じる。一方、この圧縮定寸状態がかつ SOC 100% 時には、平板積層部 30 h 及び弾性スペーサ 80 に $P_d = 3.02 \text{ MPa}$ の面圧が生じる。なお、面圧 P_c 、 P_d は、例えば感圧紙等を電池 10 同士の間や電池 10 とエンドプレート 111 との間に挟むことで測定できる。

40

【0034】

ここで、負極活物質層 43 に掛かる面圧と、負極活物質層 43 の総厚みとの関係について説明する（図 9 参照）。

まず、SOC 0% の状態について説明する。自由状態（負極活物質層 43 に面圧が掛かっていない状態）で、かつ、SOC 0%（負極活物質層 43 にリチウムが挿入されていな

50

い状態)時の負極活物質層43の総厚み(自由総厚み)を Tfa (mm)とする。本実施形態1では、このときの負極活物質層43の1層の厚み(自由厚み)が 0.0550 mmであり、電極体30の平板積層部30hには前述のように60層の負極活物質層43が積層されているので、負極活物質層43の総厚み Tfa は、 $Tfa = 0.0550 \text{ mm} \times 60 \text{ 層} = 3.30 \text{ mm}$ である。

なお、負極活物質層43の厚みは、SOC0%の状態の電池10を解体して負極板41を取り出し、マイクロメータで負極活物質層43の厚みを測定することで得られる。また、負極活物質層43の断面を電子顕微鏡等で観察することで、負極活物質層43の厚みを測定することもできる。

【0035】

負極活物質層43は、面圧が上がると厚みが減少する。その際、負極活物質層43はその内部に空隙を有しているので、負極活物質層43をなす負極活物質粒子の寸法が減少するよりも、負極活物質層43内の空隙の寸法が減少し易い。つまり、主に空隙容積が減少することによって負極活物質層43の厚みが減少する。

SOC0%で負極活物質層43に面圧 Pc ($=1.00 \text{ MPa}$)が掛かった状態、即ち、圧縮定寸状態でかつSOC0%時の負極活物質層43の総厚みを Tfc (mm)とする。本実施形態1では、このときの負極活物質層43の1層の厚みが 0.0530 mmであるので、負極活物質層43の総厚み Tfc は、 $Tfc = 0.0530 \text{ mm} \times 60 \text{ 層} = 3.18 \text{ mm}$ である。

なお、この負極活物質層43の厚みは、材料試験機等を用いて負極活物質層43に面圧 Pc を掛けた状態で、負極活物質層43の厚みを測定することで得られる。

【0036】

また、負極活物質層43に掛かる面圧を変化させながら、負極活物質層43の厚みを測定することで、負極活物質層に掛かる面圧と負極活物質層の総厚みとの関係を調べることができる。図9のうち下側に実線で示すグラフは、その結果を示したものである。このグラフから、SOC0%時における負極活物質層43の圧縮弾性率 Kfa を求めることができる。

【0037】

なお、この圧縮弾性率 Kfa は、実際には面圧が高くなるほど大きくなる。但し、負極活物質層43に掛かる面圧と総厚みとの関係は、電池10の使用時に負極活物質層43に生じ得る面圧の範囲を含む、 $1.0 \sim 10 \text{ MPa}$ 程度の範囲では、直線で近似することができる。従って、この面圧の範囲では、圧縮弾性率 Kfa を一定と考えることができる。本実施形態1では、負極活物質層43の圧縮弾性率 Kfa は、 $Kfa = 48.0 \text{ MPa}$ である。

【0038】

次に、自由状態でかつSOC0%時の負極活物質粒子の充填率を Da とする。この充填率 Da は、自由状態でかつSOC0%時の負極活物質層43の見かけの体積(1層の負極活物質層43における単位面積あたりの負極活物質層43の見かけの体積) Vfa ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$)と、自由状態でかつSOC0%時の負極活物質粒子の体積(1層の負極活物質層43における単位面積あたりの負極活物質粒子の体積) Vra ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$)から求めることができる。

$$Da = Vra / Vfa \quad \dots (1)$$

【0039】

このうち、負極活物質層43の見かけの体積 Vfa は、前述した負極活物質層43の総厚み Tfa から求めることができる。負極活物質層43の総厚み Tfa は、 $Tfa = 0.0550 \text{ mm} \times 60 \text{ 層}$ であるので、負極活物質層43の見かけの体積 $Vfa = 0.0550 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。

また、負極活物質粒子の体積 Vra は、負極活物質粒子の比重と重量から求めることができる。本実施形態1では、負極活物質粒子の体積 Vra は、 $Vra = 0.0319 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。

10

20

30

40

50

これら V_{fa} 、 V_{ra} の値を式 (1) に代入すると、負極活物質粒子の充填率 $D_a = 0.58$ (58%) が得られる。

【0040】

なお、負極活物質粒子の体積 V_{ra} は、前述した負極活物質層 43 の見かけの体積 V_{fa} と、自由状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質層 43 の空隙容積 (1 層の負極活物質層 43 における単位面積あたりの負極活物質層 43 の空隙容積) V_{ia} ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$) から求めることもできる。

$$V_{ra} = V_{fa} - V_{ia} \quad \dots (2)$$

負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ia} は、水銀ポロシメータ等により測定できる。本実施形態 1 では、負極活物質層 43 の空隙容積 $V_{ia} = 0.0231 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。従って、この場合でも、式 (2) より負極活物質粒子の体積 $V_{ra} = 0.0319 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ が得られる。

なお、負極活物質層 43 には、前述のように、負極活物質粒子の他に結着剤及び増粘剤が含まれるが、結着剤及び増粘剤の体積は負極活物質粒子の体積に比して十分に小さいので、ここでは、結着剤及び増粘剤の体積を無視して負極活物質粒子の体積のみを考える。

【0041】

次に、圧縮定寸状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質層 43 の空隙容積 (1 層の負極活物質層 43 における単位面積あたりの負極活物質層 43 の空隙容積) を V_{ic} ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$) とし、圧縮定寸状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質層 43 の見かけの体積 (1 層の負極活物質層 43 における単位面積あたりの負極活物質層 43 の見かけの体積) を V_{fc} ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$) とすると、次の式 (3) が成立する。

$$V_{ia} - V_{ic} = V_{fa} - V_{fc} \quad \dots (3)$$

また、圧縮定寸状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質粒子の体積 (1 層の負極活物質層 43 における単位面積あたりの負極活物質粒子の体積) を V_{rc} ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$) とすると、負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} は、次の式 (4) で表すことができる。

$$V_{ic} = V_{fc} - V_{rc} \quad \dots (4)$$

【0042】

また、前述した負極活物質層 43 の見かけの体積 V_{fc} は、前述した負極活物質層 43 の総厚み T_{fa} と、前述した負極活物質層 43 の総厚み T_{fc} と、前述した負極活物質層 43 の見かけの体積 V_{fa} から求めることができる。

$$V_{fc} = V_{fa} \times T_{fc} / T_{fa} \quad \dots (5)$$

この式 (5) に V_{fa} 、 T_{fc} 、 T_{fa} の各値を代入すると、負極活物質層 43 の見かけの体積 $V_{fc} = 0.0530 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ が得られる。

更に、式 (3) に V_{ia} 、 V_{fa} 、 V_{fc} の各値を代入すると、負極活物質層 43 の空隙容積 $V_{ic} = 0.0211 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ が得られる。

【0043】

次に、圧縮定寸状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質粒子の充填率を D_c とする。この充填率 D_c は、前述した負極活物質層 43 の見かけの体積 V_{fc} と、圧縮定寸状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質粒子の体積 (1 層の負極活物質層 43 における単位面積あたりの負極活物質粒子の体積) V_{rc} ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$) から求めることができる。

$$D_c = V_{rc} / V_{fc} \quad \dots (6)$$

【0044】

ここで、負極活物質粒子は圧縮されると体積が減少するが、前述のように、空隙容積の減少に比して十分に小さいので、圧縮定寸状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質粒子の体積 V_{rc} は、自由状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質粒子の体積 V_{ra} と等しいと考えることができる。従って、負極活物質粒子の体積 V_{rc} は、 $V_{rc} = V_{ra} = 0.0319 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。また、式 (6) と式 (7) から式 (8) が導かれる。

$$V_{rc} = V_{ra} \quad \dots (7)$$

$$D_c = V_{ra} / V_{fc} \quad \dots (8)$$

この式 (8) に V_{ra} 、 V_{fc} の各値を代入すると、負極活物質層の充填率 $D_c = 0.$

10

20

30

40

50

60 (60%) が得られる。

【0045】

次に、SOC100%の状態について説明する。自由状態でかつSOC100%時の負極活物質層43の総厚み(自由総厚み)を Tfb (mm)とする。本実施形態1では、このときの負極活物質層43の1層の厚み(自由厚み)は0.0605mmであるので、負極活物質層43の総厚み Tfb は、 $Tfb = 0.0605\text{mm} \times 60\text{層} = 3.63\text{mm}$ である。

なお、この負極活物質層43の厚みは、SOC100%の状態の電池10を解体し、大気に暴露することなく負極板41を取り出し、マイクロメータで負極活物質層43の厚みを測定することで得られる。また、負極活物質層43の厚みは、その断面を電子顕微鏡等で観察して測定することもできる。

【0046】

負極活物質層43は、前述のように、面圧が掛かると厚みが減少する。SOC100%で負極活物質層43に面圧 Pd (=3.02MPa)が掛かった状態、即ち、電池10が圧縮定寸状態でかつSOC100%時の負極活物質層43の総厚みを Tfd (mm)とする。本実施形態1では、このときの負極活物質層43の1層の厚みが0.0562mmであるので、負極活物質層43の総厚み Tfd は、 $Tfd = 0.0562\text{mm} \times 60\text{層} = 3.37\text{mm}$ である。

なお、この負極活物質層43の厚みは、材料試験機等を用いて負極活物質層43に面圧 Pd を掛けた状態で、負極活物質層43の厚みを測定することで得られる。

【0047】

また、負極活物質層43に掛かる面圧を変化させながら、負極活物質層43の厚みを測定することで、負極活物質層に掛かる面圧と負極活物質層の総厚みとの関係を調べることができる。図9のうち上側に破線で示すグラフは、その結果を示したものである。また、このグラフから、SOC100%時における負極活物質層43の圧縮弾性率 Kfb を求めることができる。

【0048】

なお、この圧縮弾性率 Kfb は、実際には面圧が高くなるほど大きくなる。但し、負極活物質層43に掛かる面圧と総厚みとの関係は、電池10の使用時に負極活物質層43に生じ得る面圧の範囲を含む、1.0~10MPa程度の範囲では、直線で近似することができる。従って、この面圧の範囲では、圧縮弾性率 Kfb を一定と考えることができる。また、このSOC100%時の圧縮弾性率 Kfb は、前述したSOC0%時の圧縮弾性率 Kfa と等しいと考えることができる。従って、本実施形態1では、圧縮弾性率 $Kfb = Kfa = 48.0\text{MPa}$ である。

$$Kfb = Kfa \quad \dots (9)$$

【0049】

次に、自由状態でかつSOC100%時の負極活物質粒子の充填率を Db とする。この充填率 Db は、自由状態でかつSOC100%時の負極活物質層43の見かけの体積(1層の負極活物質層43における単位面積あたりの負極活物質層43の見かけの体積) Vfb (mm^3/mm^2)と、自由状態でかつSOC100%時の負極活物質粒子の体積(1層の負極活物質層43における単位面積あたりの負極活物質粒子の体積) Vrb (mm^3/mm^2)から求めることができる。

$$Db = Vrb / Vfb \quad \dots (10)$$

【0050】

このうち、負極活物質層43の見かけの体積 Vfb は、前述した負極活物質層43の総厚み Tfb から求めることができる。負極活物質層43の総厚み Tfb は、 $Tfb = 0.0605\text{mm} \times 60\text{層}$ であるので、負極活物質層43の見かけの体積 $Vfb = 0.0605\text{mm}^3/\text{mm}^2$ である。

また、負極活物質粒子の体積 Vrb は、負極活物質粒子の比重と重量から求めることができる。本実施形態1では、負極活物質粒子の体積 Vrb は、 $Vrb = 0.0351\text{mm}$

10

20

30

40

50

$^3 / \text{mm}^2$ である。

これら V_{fb} , V_{rb} の値を式 (10) に代入すると、負極活物質粒子の充填率 $D_b = 0.58$ (58%) が得られる。

【 0051 】

なお、負極活物質粒子の体積 V_{rb} は、前述した負極活物質層 43 の見かけの体積 V_{fb} と、自由状態でかつ SOC 100% 時の負極活物質層 43 の空隙容積 (1 層の負極活物質層 43 における単位面積あたりの負極活物質層 43 の空隙容積) V_{ib} ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$) から求めることもできる。

$$V_{rb} = V_{fb} - V_{ib} \quad \dots (11)$$

負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ib} は、水銀ポロシメータ等により測定できる。本実施形態 1 では、負極活物質層 43 の空隙容積 $V_{ib} = 0.0254 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。従って、この場合でも、式 (11) より負極活物質粒子の体積 $V_{rb} = 0.0351 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ が得られる。

10

【 0052 】

次に、圧縮定寸状態でかつ SOC 100% 時の負極活物質層 43 の空隙容積 (1 層の負極活物質層 43 における単位面積あたりの負極活物質層 43 の空隙容積) を V_{id} ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$) とし、圧縮定寸状態でかつ SOC 100% 時の負極活物質層 43 の見かけの体積 (1 層の負極活物質層 43 における単位面積あたりの負極活物質層 43 の見かけの体積) を V_{fd} ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$) とすると、次の式 (12) が成立する。

$$V_{ib} - V_{id} = V_{fb} - V_{fd} \quad \dots (12)$$

20

また、圧縮定寸状態でかつ SOC 100% 時の負極活物質粒子の体積 (1 層の負極活物質層 43 における単位面積あたりの負極活物質粒子の体積) を V_{rd} ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$) とすると、負極活物質層 43 の空隙容積 V_{id} は、次の式 (13) で表すことができる。

$$V_{id} = V_{fd} - V_{rd} \quad \dots (13)$$

【 0053 】

また、前述した負極活物質層 43 の見かけの体積 V_{fd} は、前述した負極活物質層 43 の総厚み T_{fb} と、前述した負極活物質層 43 の総厚み T_{fd} と、前述した負極活物質層 43 の見かけの体積 V_{fb} から求めることができる。

$$V_{fd} = V_{fb} \times T_{fd} / T_{fb} \quad \dots (14)$$

この式 (14) に V_{fb} 、 T_{fd} 、 T_{fb} の各値を代入すると、負極活物質層 43 の見かけの体積 $V_{fd} = 0.0562 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ が得られる。

30

【 0054 】

更に、式 (12) に V_{ib} 、 V_{fb} 、 V_{fd} の各値を代入すると、負極活物質層 43 の空隙容積 $V_{id} = 0.0211 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ が得られる。

前述のように、圧縮定寸状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質層 43 の空隙容積 $V_{ic} = 0.0211 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ であるので、本実施形態 1 の電池 10 では、 $V_{ic} = V_{id}$ が成立している。つまり、この電池 10 は、圧縮定寸状態で電池 10 を充放電させても、負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} (V_{id}) が常に一定の大きさに保たれる。

$$V_{ic} = V_{id} \quad \dots (15)$$

40

【 0055 】

次に、圧縮定寸状態でかつ SOC 100% 時の負極活物質粒子の体積 (1 層の負極活物質層 43 における単位面積あたりの負極活物質粒子の体積) を V_{rd} ($\text{mm}^3 / \text{mm}^2$) とする。前述のように、負極活物質粒子は圧縮されると体積が減少するが、空隙容積の減少に比して十分に小さいので、この負極活物質粒子の体積 V_{rd} は、前述した自由状態でかつ SOC 100% 時の負極活物質粒子の体積 V_{rb} に等しいと考えることができる。従って、負極活物質粒子の体積 V_{rd} は、 $V_{rd} = V_{rb} = 0.0351 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。

$$V_{rd} = V_{rb} \quad \dots (16)$$

【 0056 】

次に、圧縮定寸状態における負極活物質粒子の体積変化率 B_v を、式 (17) で定義す

50

る。

$$B_v = (V_{rd} - V_{rc}) / V_{rc} \quad \dots (17)$$

この式(17)と前述の式(7)、式(16)より、次の式(18)を導くことができる。

$$B_v = (V_{rb} - V_{ra}) / V_{ra} \quad \dots (18)$$

この式(18)に V_{ra} 、 V_{rb} の各値を代入すると、負極活物質粒子の体積変化率 $B_v = 0.100$ (10.0%)が得られる。

【0057】

また、式(4)、式(7)、式(13)、式(15)及び式(16)より、次の式(19)を導くことができる。

$$V_{fc} - V_{ra} = V_{fd} - V_{rb} \quad \dots (19)$$

更に、この式(19)と前述の式(8)、式(17)、式(19)より、次の式(20)を導くことができる。

$$(V_{fd} - V_{fc}) / V_{fc} = B_v \times D_c \quad \dots (20)$$

更に、負極活物質層43の見かけの体積 V_{fc} と総厚み T_{fc} 、及び、見かけの体積 V_{fd} と総厚み T_{fd} の関係と考慮すると、式(20)は次の式(21)で表すことができる。

$$(T_{fd} - T_{fc}) / T_{fc} = B_v \times D_c \quad \dots (21)$$

【0058】

ここで、圧縮定寸状態における負極活物質層43の総厚み変化率 A_t を、式(22)で定義する。

$$A_t = (T_{fd} - T_{fc}) / T_{fc} \quad \dots (22)$$

この式(22)に T_{fc} 、 T_{fd} の各値と代入すると、負極活物質層43の総厚み変化率 $A_t = 0.060$ (6.0%)が得られる。

また、式(21)と式(22)から、次の式(23)を導くことができる。

$$A_t = B_v \times D_c \quad \dots (23)$$

この式(23)を満たすとき、式(15)も満たされるので、圧縮定寸状態で電池10を充放電させても、負極活物質層43の空隙容積 V_{ic} (V_{id})が一定となる。

【0059】

次に、負極活物質層43と弾性スペーサ80との関係を説明する。前述の圧縮定寸状態では、負極活物質層43の厚みの変化に対して、正極板31やセパレータ51、負極電極箔42、電池ケース20の寸法変化は十分に小さいため、負極活物質層43の厚みの変化のみを考える。

【0060】

電池10をSOC0%からSOC100%の範囲で充電または放電させたとき、負極活物質層43に掛かる面圧の面圧変化量 P は、 $P = P_d - P_c$ である。また、このときの負極活物質層43の総厚みの変化量 T_f は、 $T = T_{fd} - T_{fc}$ であるので、弾性スペーサ80の総厚みの変化量 T_s も、 $T_s = T_{fd} - T_{fc}$ となる。従って、弾性スペーサ80の圧縮弾性率 K_s 、自由総厚み T_{sa} に対し、フックの法則より、次の式(24)が成立する。

$$P_d - P_c = K_s \times (T_{fd} - T_{fc}) / T_{sa} \quad \dots (24)$$

更に、この式(24)と前述の式(21)より、次の式(25)を導くことができる。

$$T_{sa} / K_s = (B_v \times D_c \times T_{fc}) / (P_d - P_c) \quad \dots (25)$$

また、図9から、次の関係式を導くことができる。

$$T_{fd} = T_{fc} + (T_{fb} - T_{fa}) - (P_d - P_c) \times T_{fa} / K_{fa} \quad \dots (26)$$

【0061】

更に、式(21)、式(25)、式(26)より、次の式(27)を導くことができる。

$$T_{sa} / K_s = (B_v \times D_c \times T_{fc}) / (T_{fb} - T_{fa} - B_v \times D_c \times T_{fc}) \times (T_{fa} / K_{fa}) \quad \dots (27)$$

10

20

30

40

50

弾性スペーサ 80 の圧縮弾性率 K_s 及び自由総厚み T_{sa} がこの式 (27) を満たすとき、式 (15) も満たされるので、圧縮定寸状態で電池 10 を充放電させても、負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} (V_{id}) が一定となる。

この式 (27) の左辺に前述した各値を代入すると、次の式 (28) が得られる。

$$T_{sa} / K_s = 0.095 \dots (28)$$

本実施形態 1 では、前述のように、弾性スペーサ 80 の圧縮弾性率 K_s を $K_s = 10.0 \text{ MPa}$ とし、弾性スペーサ 80 の自由総厚み T_{sa} を $T_{sa} = 0.950 \text{ mm}$ としているので、この式 (28) を満たしている。

【0062】

次いで、上記電池 10 の製造方法について説明する。正極板 31 と負極板 41 とセパレータ 51, 51 をそれぞれ用意し、正極板 31 及び負極板 41 をセパレータ 51, 51 を介して互いに重ね (図 7 参照)、巻き芯を用いて軸線 $A-X$ 周りに捲回する。更に、これを扁平状に圧縮して電極体 30 を形成する (図 6 参照)。

また別途、蓋部材 23 と、第 1 端子部材 61, 71 と、第 2 端子部材 62, 72 と、締結部材 65, 75 と、第 1 絶縁部材 67, 77 と、第 2 絶縁部材 68, 78 をそれぞれ用意する。そして、これらを用いて、蓋部材 23 に正極端子部材 60 及び負極端子部材 70 をそれぞれ固設する (図 5 参照)。その後、正極端子部材 60 及び負極端子部材 70 をそれぞれ電極体 30 に溶接する。

【0063】

次に、弾性スペーサ 80, 80 を用意し、これらの弾性スペーサ 80, 80 を電極体 30 の平板積層部 30h の両側にそれぞれ重ねる。そして、別途用意したケース本体 21 内に電極体 30 及び弾性スペーサ 80 を収容した後、ケース本体 21 と蓋部材 23 を溶接して電池ケース 20 を形成する (図 1 ~ 図 4 参照)。その後、電解液 27 を注液孔 23h から電池ケース 20 内に注液し、封止部材 25 で注液孔 23h を気密に封止する。その後は、この電池について、初充電や各種検査を行う。かくして、電池 10 が完成する。

【0064】

以上で説明したように、電池 10 は、電池ケース 20 内のうち電極体 30 の平板積層部 30h に重なって平板積層部 30h 外に配置された弾性スペーサ 80 を備える。この弾性スペーサ 80 は、圧縮定寸状態で電池 10 を充放電させたときでも、負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} (V_{id}) が一定に保たれる圧縮弾性率 K_s 及び自由総厚み T_{sa} を有する。このため、充電により負極活物質粒子が膨張し、または、放電により負極活物質粒子が収縮しても、負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} は一定に保たれる。従って、この電池 10 では、平板積層部 30h において充放電に伴って負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} が変化するのを防止し、充放電に伴って電解液 27 が負極活物質層 43 から出入り (排出 / 吸収) するのを抑制できる。よって、充放電を繰り返し行ったときに電池 10 の内部抵抗が増加するのを抑制できる。

【0065】

また、この電池 10 に係る弾性スペーサ 80 は、 $A_t = B_v \times D_a$ を満たす圧縮弾性率 K_s 及び自由総厚み T_{sa} を有する。このため、充電により負極活物質粒子が膨張して、負極活物質層 43 の厚みが増すと、弾性スペーサ 80 が押し縮められることで生じる (増加する) 反力により、負極活物質層 43 の厚みの増加が抑制される (厚みの増加が負極活物質粒子の膨張分だけに止められる)。従って、負極活物質粒子が膨張しても、負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} は一定に保たれる。

【0066】

一方、放電により負極活物質粒子が収縮して、負極活物質層 43 の厚みが減ると、その分だけ弾性スペーサ 80 の厚みが増して弾性スペーサ 80 による押圧力 (反力) が減少するので、負極活物質層 43 の厚みの減少が抑制される (厚みの減少が負極活物質粒子の収縮分だけに止められる)。このため、負極活物質粒子が収縮しても、負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} は一定に保たれる。従って、この電池 10 では、平板積層部 30h において充放電に伴って負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} が変化するのを防止し、充放電に伴

10

20

30

40

50

って電解液 27 が負極活物質層 43 から出入り（排出 / 吸収）するのを抑制できる。

【0067】

また、弾性スペーサ 80 は、 $T_{sa} / K_s = (B_v \times D_c \times T_{fc}) / (T_{fb} - T_{fa} - B_v \times D_c \times T_{fc}) \times (T_{fa} / K_{fa})$ を満たす圧縮弾性率 K_s 及び自由総厚み T_{sa} を有する。このような弾性スペーサ 80 は、 $A_t = B_v \times D_c$ を満たすので、前述のように、充放電に伴って負極活物質粒子が膨張または収縮しても、平板積層部 30h において負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} は一定に保たれる。従って、充放電を繰り返し行ったときに電池 10 の内部抵抗が増加するのを抑制できる。

【0068】

（実施形態 2）

次いで、第 2 の実施の形態について説明する。本実施形態 2 に係る電池 210 では、実施形態 1 に係る弾性スペーサ 80 の代わりに、スペーサ 280 を用いている点が、実施形態 1 の電池 10 と異なる（図 10 及び図 11 参照）。それ以外は、実施形態 1 と同様であるので、実施形態 1 と同様な部分の説明は、省略または簡略化する。

【0069】

本実施形態 2 に係るスペーサ 280 は、実施形態 1 の弾性スペーサ 80 と同様に、電池ケース 20 内のうち、電極体 30 の電極体幅方向 GH の両側にそれぞれ配置されている（図 10 及び図 11 参照）。また、これらのスペーサ 280 は、実施形態 1 の弾性スペーサ 80 と同様に、電極体 30 の平板積層部 30h よりも若干面積の広い（軸線方向 EH 及び電極体幅方向 GH の寸法がそれぞれ大きい）矩形板状であり、平板積層部 30h に重なって平板積層部 30h 外に配置されている。

【0070】

このスペーサ 280 は、EPDM から形成されており、圧縮弾性率は 0.10 GPa である。このスペーサ 280 は、電池縦方向 DH に延び電池横方向 CH に交互に並ぶストライプ状で、相対的に厚みが厚い複数の厚部 280a と、この厚部 280a よりも厚みが薄い複数の薄部 280b とからなる。各々の厚部 280a は、幅 5.0 mm 、厚み 0.655 mm である。また、各々の薄部 280b は、幅 5.0 mm 、厚み 0.40 mm である。

【0071】

ここで、電極体 30 の平板積層部 30h 内の負極活物質層 43 のうち、スペーサ 280 の厚部 280a と積層方向 FH に重なる部位を第 1 部位 43a、薄部 280b と積層方向 FH に重なる部位を第 2 部位 43b とする。第 1 部位 43a の面積 S_a と第 2 部位 43b の面積 S_b は、 $0.67 \quad S_a / S_b \quad 1.5$ を満たしている。具体的には、本実施形態 2 では、スペーサ 280 の厚部 280a と薄部 280b は、前述のように幅が等しく交互に配置されているので、第 1 部位 43a の面積 S_a と第 2 部位 43b の面積 S_b は等しい（ $S_a / S_b = 1.0$ ）。

また、スペーサ 280 の厚部 280a は、電池 210 を圧縮定寸状態で充放電させたときに第 1 部位 43a を押圧する。一方、スペーサ 280 の薄部 280b は、十分に薄いため、電池 210 を圧縮定寸状態で充放電させたとき、電極体 30 に当接せず、第 2 部位 43b を押圧しない。

【0072】

まず、第 1 部位 43a について説明する。第 1 部位 43a における、圧縮定寸状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質層 43 の総厚み T_{fc} は、 $T_{fc} = 3.18 \text{ mm}$ である。

また、第 1 部位 43a における、圧縮定寸状態でかつ SOC 100% 時の負極活物質層 43 の総厚み T_{fd} は、 $T_{fd} = 3.23 \text{ mm}$ である。

また、圧縮定寸状態における第 1 部位 43a の総厚み変化率 A_t を、 $A_t = (T_{fd} - T_{fc}) / T_{fc}$ とする。本実施形態 2 では、 $A_t = 0.017 (1.7\%)$ である。

【0073】

また、第 1 部位 43a における、圧縮定寸状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質粒子の体積 V_{rc} は、自然状態でかつ SOC 0% 時の負極活物質粒子の体積 V_{ra} に等しいと考えることができ、 $V_{rc} = V_{ra} = 0.0319 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。

10

20

30

40

50

また、第1部位43aにおける、圧縮定寸状態でかつSOC100%時の負極活物質粒子の体積 V_{rd} は、自由状態でかつSOC100%時の負極活物質粒子の体積 V_{rb} に等しいと考えることができ、 $V_{rb} = V_{rd} = 0.0351 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。

また、圧縮定寸状態における第1部位43aの負極活物質粒子の体積変化率 B_v を、 $B_v = (V_{rd} - V_{rc}) / V_{rc}$ とする。本実施形態2では、 $B_v = 0.10 (10\%)$ である。

【0074】

また、第1部位43aにおける、圧縮定寸状態でかつSOC0%時の負極活物質層43の見かけの体積 V_{fc} は、 $V_{fc} = V_{fa} \times T_{fc} / T_{fa}$ により求めることができる。本実施形態2では、 $V_{fc} = 0.0530 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。

また、第1部位43aにおける、圧縮定寸状態でかつSOC0%時の負極活物質粒子の充填率 D_c を、 $D_c = V_{rc} / V_{fc} = V_{ra} / V_{fc}$ とする。本実施形態2では、 $D_c = 0.60 (60\%)$ である。

従って、負極活物質層43の第1部位43aにおいては、 $A_t < B_v \times D_c$ を満たしている。

【0075】

次に、第2部位43bについて説明する。前述のように第2部位43bは、スペーサ280によって押圧されないので、第2部位43bにおける、圧縮定寸状態でかつSOC0%時の負極活物質層43の総厚み T_{fc}' は、自由状態でかつSOC0%時の負極活物質層43の総厚み(= T_{fa})と等しく、 $T_{fc}' = T_{fa} = 3.30 \text{ mm}$ である。

また、第2部位43bにおける、圧縮定寸状態でかつSOC100%時の負極活物質層43の総厚み T_{fd}' は、自由状態でかつSOC100%時の負極活物質層43の総厚み(= T_{fb})と等しく、 $T_{fd}' = T_{fb} = 3.63 \text{ mm}$ である。

また、圧縮定寸状態における第2部位43bの総厚み変化率 A_t' は、 $A_t' = (T_{fd}' - T_{fc}') / T_{fc}'$ より、 $A_t' = 0.10 (10\%)$ である。

【0076】

また、第2部位43bにおける、圧縮定寸状態でかつSOC0%時の負極活物質粒子の体積(= V_{rc})、及び、自然状態でかつSOC0%時の負極活物質粒子の体積(= V_{ra})は、第1部位43aと同様であり、 $V_{rc} = V_{ra} = 0.0319 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。

また、第2部位43bにおける、圧縮定寸状態でかつSOC100%時の負極活物質粒子の体積(= V_{rd})、及び、自由状態でかつSOC100%時の負極活物質粒子の体積(= V_{rb})も、第1部位43aと同様であり、 $V_{rd} = V_{rb} = 0.0351 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。

従って、圧縮定寸状態における第2部位43bの負極活物質粒子の体積変化率 B_v' も、第1部位43aの体積変化率 B_v に等しく、 $B_v' = B_v = 0.10 (10\%)$ である。

【0077】

また、第2部位43bにおける、圧縮定寸状態でかつSOC0%時の負極活物質層43の見かけの体積 V_{fc}' は、 $V_{fc}' = V_{fa} \times T_{fc}' / T_{fa}$ より、 $V_{fc}' = 0.0550 \text{ mm}^3 / \text{mm}^2$ である。

また、第2部位43bにおける、圧縮定寸状態でかつSOC0%時の負極活物質粒子の充填率 D_c' は、 $D_c' = V_{rc} / V_{fc}' = V_{ra} / V_{fc}'$ より、 $D_c' = 0.58 (58\%)$ である。

従って、負極活物質層43の第2部位43bにおいては、 $A_t' > B_v' \times D_c'$ の関係となっている。

【0078】

以上で説明したように、この電池210では、電池ケース20内のうち平板積層部30hに重なって平板積層部30h外に配置され、厚部280aと薄部280bとを有するスペーサ280を備える。このスペーサ280は、その厚部280aが $A_t < B_v \times D_c$ を

10

20

30

40

50

満たし、薄部 280b が電池 210 を圧縮定寸状態下で充放電させた場合に第 2 部位 43b を押圧せず、かつ、 $0.67 \leq S_a / S_b \leq 1.5$ を満たす形態を有する。

【0079】

この電池 210 では、平板積層部 30h 内の負極活物質層 43 全体で見たときに、充放電に伴って負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} (V_{id}) が増減するのを抑制できる。即ち、充電により負極活物質粒子が膨張して、負極活物質層 43 の厚みが増すと、スペーサ 280 の厚部 280a が負極活物質層 43 の第 1 部位 43a で押圧されることで生じる強い反力により、第 1 部位 43a における厚みの増加が抑制される。この第 1 部位 43a は $A t < B v \times D a$ を満たすので、空隙容積 V_{ic} が減少して（負極活物質粒子の膨張分の一部が空隙容積 V_{ic} の減少でまかなわれて）、電解液 27 が排出される。

10

【0080】

一方で、スペーサ 280 の薄部 280b では反力を生じないので、負極活物質層 43 の第 2 部位 43b においては厚みの増加が抑制されない。このため、第 2 部位 43b では、空隙容積 V_{ic} は増加して、電解液 27 が吸収される。かくして、平板積層部 30h 内の負極活物質層 43 全体で見ると、第 1 部位 43a における空隙容積 V_{ic} の減少分と第 2 部位 43b における空隙容積 V_{ic} の増加分とが相殺されるので、空隙容積 V_{ic} の変化が抑制される。従って、この電池 210 では、充放電に伴って電解液 27 が負極活物質層 43 から出入りするのを抑制でき、充放電を繰り返し行ったときに電池 210 の内部抵抗が増加するのを抑制できる。

【0081】

20

（実施例及び比較例）

次いで、実施形態 1, 2 に係る電池 10, 210 の効果を検証するために行った試験の結果について説明する。

実施例 1 として、実施形態 1 に係る電池 10 を用意した。この電池 10 では、前述のように、電極体 30 と電池ケース 20 との間に弾性スペーサ 80 を配置している。

また、実施例 2 として、実施形態 2 に係る電池 210 を用意した。この電池 210 では、前述のように、電極体 30 と電池ケース 20 との間にスペーサ 280 を配置している。

一方、比較例として、電極体と電池ケースとの間に弾性スペーサ 80 もスペーサ 280 も配置せず、それ以外は実施例 1, 2 の電池 10, 210 と同様な形態とした電池を用意した。

30

【0082】

次に、実施例 1, 2 及び比較例の各電池について、「充放電サイクル試験」を行って、充放電のサイクル数と電池の内部抵抗との関係を調査した。具体的には、各電池をそれぞれ拘束部材で外部から電池厚み方向 BH に剛に拘束して圧縮定寸状態とした。そして、各電池を SOC 60% に充電した。次に、これらの電池について、25 の環境温度下で、10C で 10 秒間放電し、10 秒間休止した。その後、2.5C で 40 秒間充電し、10 秒間休止した。この充放電を 1 サイクルとして、充放電を繰り返した。そして、60 サイクル後、2640 サイクル後、3840 サイクル後、5040 サイクル後、6240 サイクル後に、各電池の内部抵抗をそれぞれ測定した。その結果を図 12 に示す。なお、縦軸の内部抵抗は、充放電サイクル試験前の内部抵抗を基準 (100%) として記載してある。

40

【0083】

図 12 から判るように、実施例 1, 2 の各電池では、比較例の電池に比して、充放電サイクルの繰り返しによる内部抵抗の増加が抑制された。例えば、内部抵抗が初期の 2 割増しに達するまでのサイクル数が、比較例の電池では約 3000 サイクルであったのに対し、実施例 1, 2 の各電池では、その約 2 倍の約 6000 サイクルであった。

【0084】

その理由は、以下であると考えられる。即ち、比較例の電池は、弾性スペーサ 80 やスペーサ 280 を有しないので、拘束部材により剛に拘束された圧縮定寸状態では、充放電を行っても負極活物質層 43 の厚みは増減しない（負極活物質層 43 の厚みも定寸である

50

)。このため、充電により負極活物質粒子が膨張すると、その分だけ負極活物質層 43 の空隙容積が減少する。すると、負極活物質層 43 の空隙内に満たされていた電解液 27 が空隙容積が減少した分だけ負極活物質層 43 から流出する。一方、放電により負極活物質粒子が収縮すると、その分だけ負極活物質層 43 の空隙容積が増加する。すると、空隙容積が増加した分だけ電解液 27 が負極活物質層 43 内に流入する。このため、充放電サイクルを繰り返し行くと、電解液 27 に濃度分布が生じ、電池の内部抵抗が大きく増加したと考えられる。

【0085】

これに対し、実施例 1 の電池 10 では、弾性スペーサ 80 を有するので、圧縮定寸状態で電池 10 を充放電させたときに、充放電に伴って負極活物質粒子が膨張収縮しても、その分だけ負極活物質層 43 の厚みも増減する。従って、充放電を行っても負極活物質層 43 の空隙容積 V_{ic} が一定に保たれるので、充放電に伴って電解液 27 が負極活物質層 43 から出入り（排出/吸収）するのを抑制できる。よって、電池 10 の内部抵抗が増加するのを抑制できたと考えられる。

10

【0086】

また、実施例 2 の電池 210 では、充電により負極活物質粒子が膨張して、負極活物質層 43 の厚みが増すと、スペーサ 280 の厚部 280a により第 1 部位 43a における厚みの増加が抑制される。この第 1 部位 43a は $A t < B v \times D a$ を満たすので、空隙容積 V_{ic} が減少して、電解液 27 が排出される。一方で、スペーサ 280 の薄部 280b では反力を生じないので、第 2 部位 43b においては厚みの増加が抑制されない。このため、第 2 部位 43b では、空隙容積 V_{ic} は増加して、電解液 27 が吸収される。かくして、平板積層部 30h 内の負極活物質層 43 全体で見ると、第 1 部位 43a における空隙容積 V_{ic} の減少分と第 2 部位 43b における空隙容積 V_{ic} の増加分とが相殺されるので、空隙容積 V_{ic} の変化が抑制される。従って、充放電に伴って電解液 27 が負極活物質層 43 から出入りするのを抑制でき、電池 210 の内部抵抗が増加するのを抑制できたと考えられる。

20

【0087】

以上において、本発明を実施形態に即して説明したが、本発明は上述の実施形態 1, 2 に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、適宜変更して適用できることは言うまでもない。

30

例えば、実施形態 1, 2 では、弾性スペーサ 80 またはスペーサ 280 を、電池ケース 20 内のうち電極体 30 の平板積層部 30h に重ねて平板積層部 30h 外に配置する形態を例示したが、これに限られない。弾性スペーサやスペーサは、電極体の平板積層部に配置することもできる。

【0088】

また、実施形態 1, 2 では、弾性スペーサ 80 またはスペーサ 280 を電極体 30 の電極体厚み方向 FH の両側にそれぞれ配置したが、これに限られない。弾性スペーサやスペーサは、電極体の電極体厚み方向 GH の片側のみに配置してもよい。

また、実施形態 2 では、樹脂からなるスペーサ 280 を例示したが、これに限られず、弾性材以外の材質からなるものを用いることもできる。スペーサの材質としては、例えば、銅やアルミニウムなどの金属や、アルミナなどのセラミックや、ガラスが挙げられる。

40

【符号の説明】

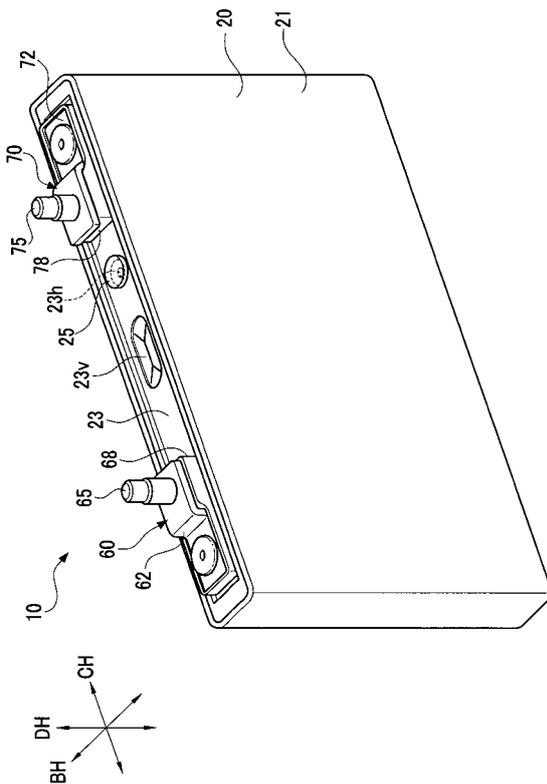
【0089】

- 10, 210 電池
- 20 電池ケース
- 27 電解液
- 30 電極体
- 30h 平板積層部
- 31 正極板（第 2 電極板）
- 32 正極電極箔（第 2 電極箔）

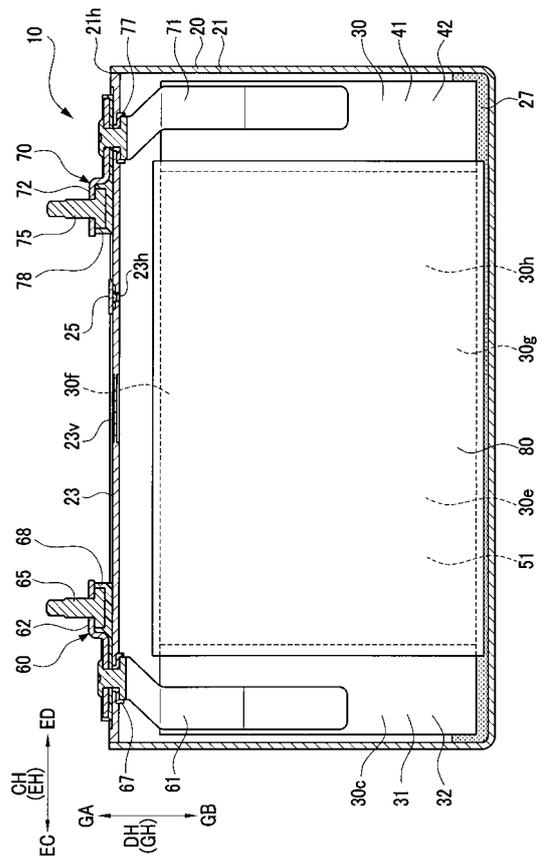
50

- 3 3 正極活物質層 (第2活物質層)
- 4 1 負極板 (第1電極板)
- 4 2 負極電極箔 (第1電極箔)
- 4 3 負極活物質層 (第1活物質層)
- 4 3 a 第1部位
- 4 3 b 第2部位
- 5 1 セパレータ
- 8 0 弾性スペーサ
- 1 0 0 組電池
- 1 1 0 拘束部材
- 2 8 0 スペーサ
- 2 8 0 a 厚部
- 2 8 0 b 薄部
- F H 電極体厚み方向 (積層方向)

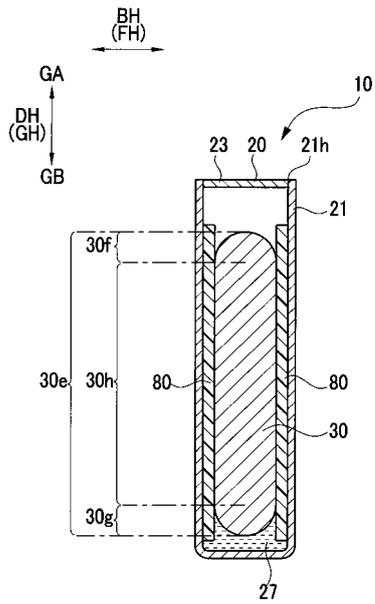
【図1】



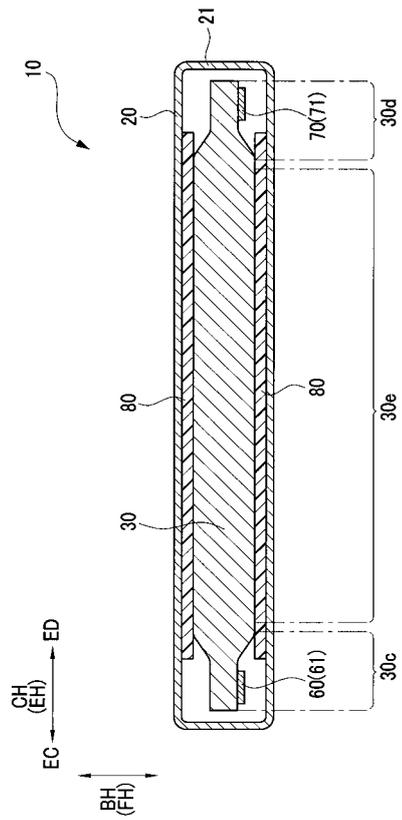
【図2】



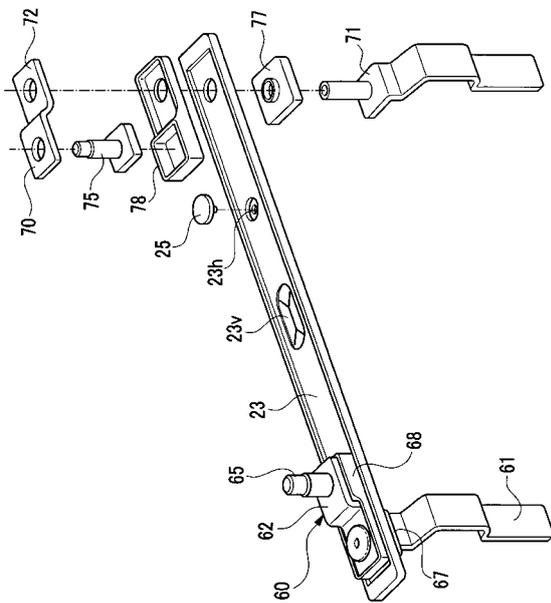
【 図 3 】



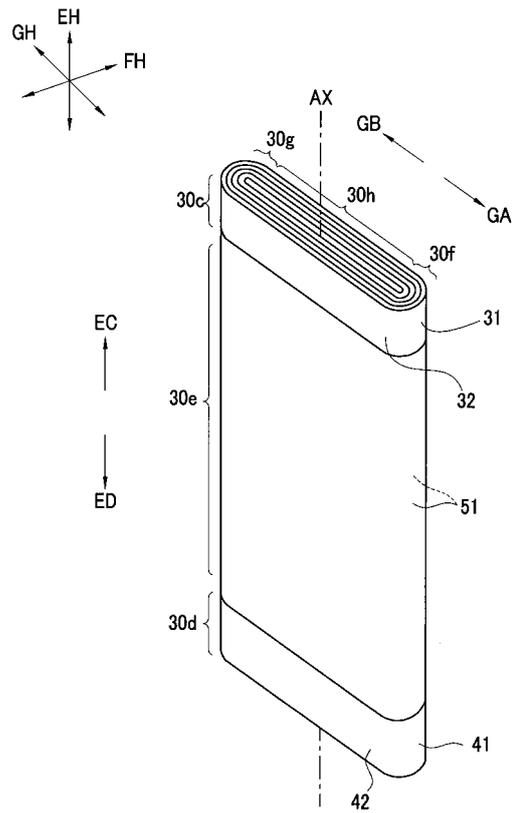
【 図 4 】



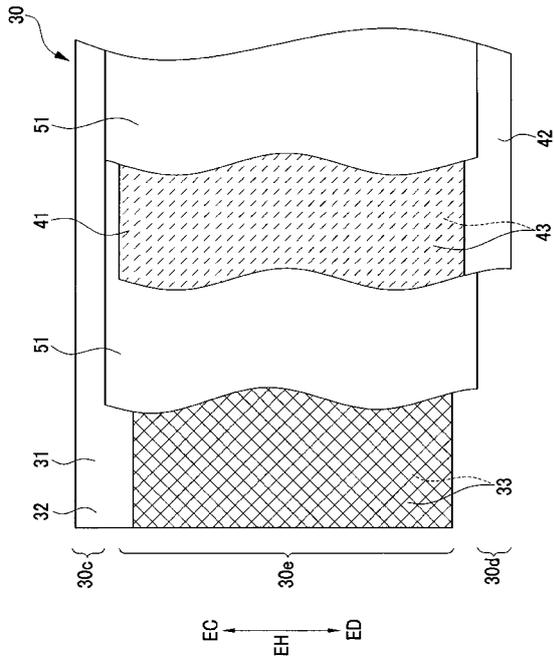
【 図 5 】



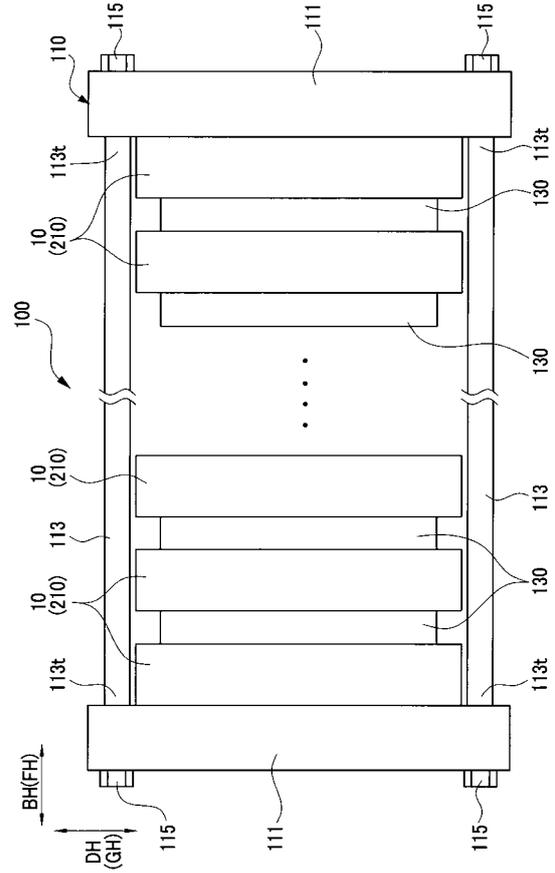
【 図 6 】



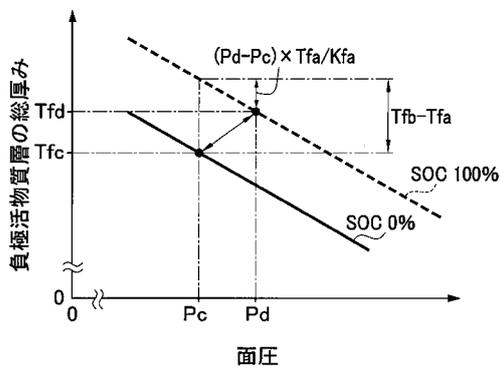
【 図 7 】



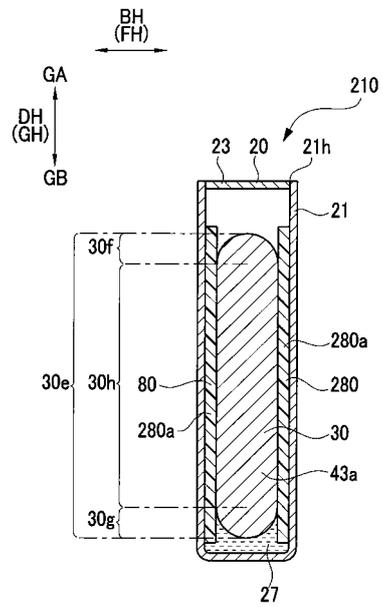
【 図 8 】



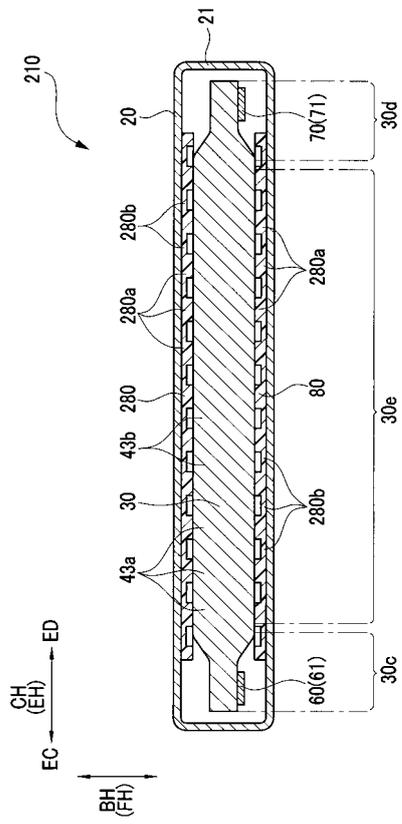
【 図 9 】



【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】

