

(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2011-9221

(P2011-9221A)

(43) 公開日 平成23年1月13日 (2011.1.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 10/058 (2010.01)	HO 1 M 10/00 1 1 5	5 H O 2 9
HO 1 M 10/0525 (2010.01)	HO 1 M 10/00 1 0 3	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L 外国語出願 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2010-146083 (P2010-146083) (22) 出願日 平成22年6月28日 (2010.6.28) (31) 優先権主張番号 09/03159 (32) 優先日 平成21年6月29日 (2009.6.29) (33) 優先権主張国 フランス (FR)	(71) 出願人 510225292 コミサリア ア レネルギー アトミック エ オ ゼネルギー アルテルナティブ COMMISSARIAT A L' EN ERGIE ATOMIQUE ET A UX ENERGIES ALTERNA TIVES フランス, パリ エフー75015, リュ ー ルブラン 25, バティマン ル ポ ナン デ Batiment Le Ponant D, 25 rue Leblanc, F- 75015 Paris, FRANCE (74) 代理人 100117787 弁理士 勝沼 宏仁
--	--

最終頁に続く

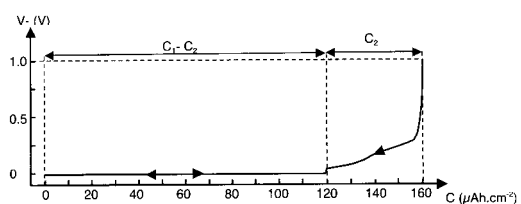
(54) 【発明の名称】 ノンバランスのリチウムイオンのマイクロバッテリー

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 化学的安定性を持ちつつ、L i 金属マイクロバッテリーと比較して良好な電気化学的パフォーマンスを得ることができる、L i イオンマイクロバッテリーの操作方法を提供する。

【解決手段】 L i イオンのマイクロバッテリーは、正極と電解質と負極とを備え、正極は、L i イオンの蓄積容量 C_1 と第1の厚さ (t_1) とを有し、且つ、第1のL i 挿入材料から形成され、負極は、蓄積容量 C_2 と第2の厚さ (t_2) とを有し、且つ、第2のL i 挿入材料から形成される。厚さ (t_1 及び t_2) は、比 C_1/C_2 が10以上1000以下となるようにされる。マイクロバッテリーの第1の充電の間、L i イオンは負極に挿入され、第2の挿入材料を完全に飽和する。初期充電の間、電気めっきにより、L i イオンは、電解質とリチウムが飽和した負極との間に金属L i 層を形成する。それに続く充電及び放電サイクルの間、金属リチウム層のみが、L i イオンの移動に関与する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リチウムイオンのマイクロバッテリーの操作方法であって、

前記リチウムイオンのマイクロバッテリーは、

－ リチウムイオンの蓄積容量 C_1 と第 1 の厚さ (t_1) とを有し、且つ、第 1 のリチウムインサージョン材料から形成された正極 (1) と、

－ 電解質 (3) と、

－ リチウムイオンの蓄積容量 C_2 と第 2 の厚さ (t_2) とを有し、且つ、第 1 のリチウムインサージョン材料と異なる第 2 のリチウムインサージョン材料から形成された負極 (2) であって、前記第 1 と第 2 の厚さ (t_1 、 t_2) は、容量比 C_1 / C_2 が 10 以上 1000 以下となるように選択されているような前記負極 (2) と、

10

を備え、

前記方法は、以下のステップである、

－ 前記マイクロバッテリーの最初の充電のステップであって、前記正極 (1) から前記負極 (2) へ、前記負極 (2) が飽和に達するまで、第 1 の量 (X_1) のリチウムを移動させるとともに、前記電解質 (3) と前記リチウムが飽和した負極 (2) との間に金属リチウム層 (4) が形成されるまで、第 2 の量 (X_2) のリチウムを移動させるステップと、

－ その後の放電及び充電のステップであって、前記正極 (1) と前記負極 (2) との間で、前記金属リチウム層 (4) の形で堆積させる前記第 2 の量のリチウム (X_2) だけの移動によって放電及び充電させるステップと、

20

を備えるリチウムイオンのマイクロバッテリーの操作方法。

【請求項 2】

前記マイクロバッテリーの端子の電圧がしきい値に到達する際、前記マイクロバッテリーの放電を中断する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記正極 (1) の当初の材料は、リチウムを含まない材料であり、前記方法は、前記正極 (1) と前記正極の材料を形成するように前記負極 (2) の外部表面に配置される金属層 (5) とをショートさせることを、初期的に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、蓄積容量 (storage capacity) C_1 と第 1 の膜厚とを有し、且つ、第 1 のリチウムインサージョン材料 (lithium insertion material) から形成される正極と、蓄積容量 C_2 と第 2 の膜厚とを有し、且つ、第 1 の材料と異なる第 2 のリチウムインサージョン材料から形成される負極と、を備えるリチウムイオンのマイクロバッテリー (microbattery) に関する。

【背景技術】

【0002】

40

薄膜リチウムマイクロ電池 (Thin-film lithium microbattery) は、一般的には、電解質 (electrolyte) により分離された 2 つの電極 (正極及び負極) により形成されている。このようなマイクロバッテリーは、例えば、白金、又は、タングステンから形成された金属カレントコレクター (metallic current collector) をさらに備える。マイクロバッテリーの全ての層は、PVD (物理的气相成長法) 又は CVD (化学的气相成長法) により得られた薄膜状のものである。この積層の全体の厚さは、パッケージ層を含めて、約 15 μm である。

【0003】

正極は、一般的には、リチウムインサージョン材料からなる。インサージョン材料とは、例えば金属酸化物リチウム (LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 等) であり

50

、膜の結晶化と、その Li^+ イオンのインサージョン容量 (insertion capacity) と、を向上させるために、熱アニールが必要である。例えば、非晶質材料といった他の材料では、特に、 TiO_2 と呼ばれる酸硫化チタニウムにおいては、このような処理を必要とせず、高いインサージョン率 (insertion rate) からくる利益を得ている。この電解質は、 LiPON といった高いイオン伝導性を有する電気絶縁体である。 Li^+ イオンの存在を伴うマイクロバッテリーの様々なカテゴリーは、負極の性質に依存する。

【0004】

金属リチウムの負極を備えるマイクロバッテリーは、リチウム金属と呼ばれる第1のカテゴリーを構成する。動作原理は、正極における Li^+ イオンのインサージョン (insertion) - エキストラクション (extraction) (インターカレーション - デインターカレーション) に基づくものである。このインサージョン - エキストラクションのプロセスは、一般には、例えば、パッケージの破損といった、正極における Li^+ イオンの逆インサージョン (irreversible insertion) や酸化による Li^+ イオンの損失の発生を起こす。 Li^+ イオンの損失があると、電気化学反応にもはや関与することができない。金属リチウムマイクロバッテリーにおいては、金属リチウムは、一般的に、過剰なものであり、損失を補填するように付加的に Li^+ イオンが供給される。従って、充電及び放電の容量は、充電/放電サイクル中は、定常レベルとなる。

【0005】

このタイプのマイクロバッテリーは、特に、放電及び充電容量のポテンシャルと安定性に関して、非常に良い電気化学的特性を示す。しかしながら、リチウム金属マイクロバッテリーは、製造することが難しい。実際、リチウム金属の存在は、特に金属リチウムの融解温度よりも高い温度で行われるソルダーリフロー工程において、マイクロファブリケーション技術 (microfabrication) と所定のパッケージング・ステップとを安定化させるものではない。

【0006】

リチウム金属マイクロバッテリーの負極と異なり、リチウムイオン (Li イオン) マイクロバッテリーの負極は、インサージョン材料とリチウムとを備える。 Li^+ カチオン (cation) は、マイクロバッテリーの充電及び放電に応じて、負極と正極との間を往復する。負極材料は、例えば、 LiNiO_2 、 SnO 、インジウム酸化物、鉛酸化物、又は、結晶成長材料 (Si 、 Ge 、 C 等) といった、例えば、インサージョン材料の酸化物から選択される。このマイクロバッテリーのカテゴリーは、通常、マイクロファブリケーション技術を用い、しかし、一般には、サイクルにおいて低い電気化学的パフォーマンスを示す。

【0007】

文献 "Characterization of tin oxide/ LiMn_2O_4 thin-film cell" (Journal of Power Sources 88, pp.250-304, 254, 2000) において、それぞれ、 LiMn_2O_4 と酸化スズ (SnO_2) とから形成される正極と負極とを有するリチウムイオンマイクロバッテリーの例が記載されている。この文献においては、最初のサイクルの間の逆インサージョン後に過剰なリチウムが存在しない下でのマイクロバッテリーの容量ロスが強調されている。

【0008】

従って、リチウムイオンマイクロバッテリーは、壊れやすさを改善する容量ロスを限定するために、アノード及びカソード材料のバランスをしばしば要求する。バランスとは、各電極において、 Li^+ イオンの蓄積容量又はインサージョン容量が同じであることである。

【0009】

文献 "Lithium-Free Thin Film Battery With In Situ Plated Li Anode" (Journal of The Electrochemical Society, 147(2), pp.517-523, 2000) は、通常、リチウムフリーマイクロバッテリーと呼ばれる、第3のタイプのマイクロバッテリーが記載されている。このバッテリーは、金属カレントコレクターを負極として備える。最初の充電の間、 Li^+ イオンは正極から移動し、例えば銅から形成されるカレントコレクターによりブロックされ

10

20

30

40

50

る。 Li^+ イオンは、電気めっきによって、カレントコレクター上に、金属リチウムの層を形成する。従って、電池は、最初のサイクルにおいて低い容量ロスをするリチウム金属バッテリーと同じように振る舞う。

【0010】

それにもかかわらず、リチウムフリーマイクロバッテリーは、その電気化学サイクルパフォーマンス中に降下(drop)を示す。各サイクルにおけるコレクターの上のリチウムの電気めっきは、実際には、ストレスと、新しい塊(volume)が形成されることによる積層の疲労と、を助長する。電解質中を通過するリチウム樹枝状結晶(dendrite)の衰えは、マイクロバッテリー中のショートを導くこととなる。

【0011】

文献WO00/60689は、リチウムフリーバッテリーが記載されている。金属リチウムアノードは、マイクロバッテリーの活性充電の間、リチウムの飽和した炭素カレントコレクター上での電気めっきにより、その場で形成される。

【0012】

このタイプのマイクロバッテリーにおいては、コレクター中にインサートされたリチウムと、コレクターの上にめっきされたリチウムとが、以下の充電及び放電サイクルに関与することとなる。繰り返されるインサージョン-エクストラクションは、カレントコレクターを形成する材料の機械的疲労を起こす。材料の悪化は、特にその充電及び放電容量といったマイクロバッテリーのパフォーマンスの減少をもたらすこととなる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明の目的は、化学的安定性を持ちつつ、リチウム金属マイクロバッテリーと比較して良好な電気化学的パフォーマンスを得ることができる、リチウムイオンマイクロバッテリーの操作方法を提供することである。

【0014】

本発明によれば、この目的は、以下のことから達成することができ、リチウムイオンマイクロバッテリーは、

- － リチウムイオンの蓄積容量 C_1 と第1の厚さとを有し、且つ、第1のリチウムインサージョン材料から形成された正極と、
 - － 電解質と、
 - － リチウムイオンの蓄積容量 C_2 と第2の厚さとを有し、且つ、第1の材料と異なる第2のリチウムインサージョン材料から形成された負極であって、第1と第2の厚さは、比 C_1/C_2 が10以上1000以下となるように選択されているような負極と、
- を備え、

マイクロバッテリーの操作方法是、以下のステップである、

- － マイクロバッテリーの最初の充電のステップであって、正極から負極へ、負極が飽和に達するまで、第1の量のリチウムを移動させるとともに、電解質とリチウムが飽和した負極との間に金属リチウム層が形成されるまで、第2の量のリチウムを移動させるステップと、
 - － その後の放電及び充電のステップであって、正極と負極との間で、金属リチウム層の形で堆積させる第2の量のリチウムだけの移動によって放電及び充電させるステップと、
- を備える。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】従来技術によるマイクロバッテリーの容量Cに対する、 Li_xTiOS の正極のポテンシャル V_+ を示す図である。

【図2】従来技術によるマイクロバッテリーの容量Cに対する、Siの負極のポテンシャル V_- を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 3】本発明によるマイクロバッテリーの容量 C に対する、 Li_xTiOS の正極のポテンシャル $V+$ を示す図である。

【図 4】本発明によるマイクロバッテリーの容量 C に対する、 Si の負極のポテンシャル $V-$ を示す図である。

【図 5】本発明によるリチウムバッテリーの製造方法の工程を示す図である。

【図 6】本発明によるリチウムバッテリーの製造方法の工程を示す図である。

【図 7】本発明によるリチウムバッテリーの製造方法の工程を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

他の利点及び特徴は、本発明の特定の実施形態についての下記の説明により、さらに明らかにされる。本発明の特定の実施形態は、単なる例示であって、本発明を限定するものではない。本発明の特定の実施形態は、添付の図面により示される。

【0017】

マイクロバッテリーは、厚さ t_1 を有し、且つ、第 1 のリチウムインサクション材料から形成される正極と、厚さ t_2 を有し、且つ、第 1 の材料とは異なる第 2 のリチウムインサクション材料から形成される負極と、を備える。

【0018】

さらに、電極は、 Li^+ イオンの蓄積容量において、かなりアンバランス (unbalance) であり、例えば、負極は、正極と比して絶対的に少ない量の Li^+ をその構造の中に蓄積することができる。従って、正極の Li^+ イオンの蓄積容量は、負極の蓄積容量 C_2 と比べて大きい。

【0019】

このようなマイクロバッテリーの最初の充電において、 Li^+ イオンは、飽和が起こるまでそこにインサートするために、正極から負極へと移動する。低い負極の Li^+ イオンのインサクション容量のために、この飽和はすぐに起きる。初期の充電が続いている間、 Li^+ イオンは負極を構成する材料中にもはやインサートできなくなり、従って、電解質と同じ側の負極表面に堆積する金属リチウムを形成する。次のサイクルが行われると、この金属リチウムの堆積により形成された層は、マイクロバッテリーの新しい負極として振舞う。

【0020】

実施例において、正極は、オキシ硫化チタンリチウム (Li_xTiOS) から形成される。電解質は、通常、オキシ窒化リンリチウム ($LiPON$) から形成される。初期の負極は、シリコン層を備える。以下の表は、先に述べた 2 つの材料の電極の表面 (単位: cm^2) 及び厚さ (μm) に対する標準的な蓄積容量と、それに伴うポテンシャルレンジ (potential range) とを示す。

【表 1】

インサクション材料	ポテンシャルレンジ (V)	標準的な容量 ($\mu Ah \cdot cm^{-2} \cdot \mu m^{-1}$)
Li_xTiOS	1-3	80
Si	0-1	400

【0021】

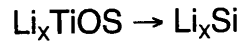
図 1 及び図 2 に示されるように、従来のリチウムイオンマイクロバッテリー構造において、電極はバランスがとれており、言い換えると、 Li^+ イオンの蓄積容量は実質的に等しい ($C_1 = C_2$)。例えば、約 $120 \mu Ah \cdot cm^{-2}$ の容量を持つマイクロバッテリーにおいては、 Li_xTiOS の正極とシリコンの負極とは、それぞれ厚さ $1.5 \mu m$ と $0.3 \mu m$ である。製品の標準的容量と各電極の厚さとは、 Li^+ イオンの蓄積容量 (C_1 、

又は、 C_2) に対応しており、従って、バッテリーの容量に対応する。このような場合、 $C_1 = C_2 = 120 \mu Ah cm^{-2}$ となる。

【0022】

このようなマイクロバッテリーがフル充電される間、電極はバランスがとれており、すべての Li^+ イオン (量 X) は、 Li_xTiOS の正極からシリコンの負極へ、シリコンの負極にインサートされるために移動する。

【数 1】



10

【0023】

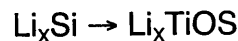
正極のポテンシャル $V+$ は、図 1 に示すように、 Li^+/Li 対の基準ポテンシャルと比べて、1 V から 3 V まで増加する。反対に、負極のポテンシャル $V-$ は、 Li^+ イオンがその中に徐々にインサートする間、 Li^+/Li の対の基準ポテンシャルと比べて、1 V から 0 V まで減少する。

【0024】

マイクロバッテリーの放電の間、量 X の Li^+ イオンは、充電とは反対の方向に移動する。

【数 2】

20



【0025】

従って、正極のポテンシャル (図 1) は、 Li^+/Li 対の基準ポテンシャルと比べて、3 V から 1 V に減少する。反対に、負極のポテンシャル (図 2) は、 Li^+/Li 対の基準ポテンシャルと比べて、0 V から 1 V に増加する。

【0026】

本発明によるマイクロバッテリーは、初期において (充電前) は、蓄積容量に関してバランスがとれていない正極 1 と負極 2 と、電極 1 と 2 との間に設けられた電解質 3 と、を備える (図 5)。電極の厚さ t_1 と t_2 とは、それぞれの膜厚と、例えば、それぞれの標準的容量といった使われる材料の性質と、を考慮して、正極の容量 C_1 が負極の容量 C_2 よりも大きくなるようなものとされる。従って、 C_1/C_2 比は 1 よりも大きく、1000 以下である。好ましくは、 C_1/C_2 比は 10 以上、100 以下である。

30

【0027】

ノンバランス (non-balanced) の電極を持つことによって、蓄積容量 C_1 及び C_2 は、等しいものではない。例えば、約 $120 \mu Ah cm^{-2}$ の容量を持つマイクロバッテリーは、 Li_xTiOS の正極 1 とシリコンの負極 2 とは、それぞれ、厚さ $2 \mu m$ と $0.1 \mu m$ とを持つ。従って、容量 C_1 は、 $160 Ah cm^{-2}$ と等しく、容量 C_2 は、 $40 Ah cm^{-2}$ と等しい。従って、 C_1/C_2 比は、4 と等しい。

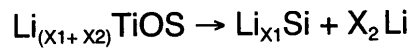
40

【0028】

図 3、4 及び 6 に示されるように、ノンバランスのマイクロバッテリーの充電の間、すべての Li^+ イオンは、すなわち、蓄積容量 $C_1 = 160 \mu Ah cm^{-2}$ に相当する量の Li^+ イオン $X = X_1 + X_2$ については、 Li_xTiOS の正極 1 から移動する。 Li^+ イオンの一部は、すなわち、蓄積容量 $C_2 = 40 \mu Ah cm^{-2}$ に相当する量の Li^+ イオン X_1 については、負極において飽和 ($Li_{x_1}Si$) が生じるまで、シリコンの負極 2 にインサートされる。 Li^+ イオンの第 2 の部分は、すなわち、 $C_1 - C_2 = 120 \mu Ah cm^{-2}$ の蓄積容量相当する量の Li^+ イオン X_2 については、電気めっきにより、電解質 3 と負極 2 との間に金属リチウム層 4 を形成する。

50

【数 3】



【0029】

従って、負極の蓄積容量が低いことにより、量 X_1 は、 X_2 よりも低い。正極のポテンシャル $V+$ は、 Li^+/Li 対の基準ポテンシャルと比べて、1 V から 3 V に増加する。反対に、負極のポテンシャル $V-$ は、飽和が起こるまで Li^+ イオンが徐々にインサートする間、 Li^+/Li 対の基準ポテンシャルと比べて、1 V から 0 V に減少する。

10

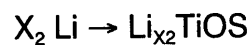
【0030】

すべての Li^+ イオンが正極 1 から負極 2 まで移動し、金属リチウム層 4 を形成するまで、充電が継続する。

【0031】

マイクロバッテリーの放電中は、金属リチウム層 4 を形成するように堆積した Li^+ イオンのみが、このプロセスに加わり、反対方向に移動する。

【数 4】



20

【0032】

従って、正極のポテンシャル（図 3）は、 Li^+/Li 対の基準ポテンシャルと比べて、3 V から 1.7 V まで減少する。このポテンシャルは、1 V に戻ることはなく、 $\text{Li}_{x_1}\text{TiOS}$ は、初期の Li^+ イオンの量 $X_1 + X_2$ を、埋め合わせるものではない。さらに、負極（ Li_{x_1}Si ）のポテンシャルは、変わることなく、リチウムは、確実にシリコンの中にインサートされる。従って、負極のポテンシャルは、0 V のままである（図 4）。

【0033】

この操作モードによれば、従来技術のリチウムフリーマイクロバッテリーとは異なり、放電している間、 Li_{x_1}Si の負極に含まれるリチウムは、エクストラクトされることはない。従って、最初の充電が完了した後、マイクロバッテリーは、 Li 金属マイクロバッテリーとして振舞い、初期状態に戻ることはない。従って、シリコンの機械的疲労を妨げることができる。

30

【0034】

マイクロバッテリーの放電の終了は、マイクロバッテリーの端子の電圧によって制御することができる。電圧が、負極からのリチウムのエクストラクション開始に対応する制限値（limit value）に到達するとすぐに、放電が中断する。従って、リチウムの移動は、金属リチウム層を限定する。このしきい値は、電極の性質に対応して、特に、それらのリチウムイオン蓄積容量に対応して、プリセット（preset）される。図 3 及び図 4 の例においては、しきい値は、1.7 V である。

40

【0035】

図 7 に示される他の実施形態は、最初のステージにあるマイクロバッテリーは、例えば、 TiOS といった、初期的にはノンリチウム材料から形成される正極 1 を備える。金属リチウム層 5 は、例えば上面といった、負極 2 の自由外部表面（free external surface）に堆積される。この層 5 は、マイクロバッテリーのリチウム供給源であり、堆積されたリチウムの量は、正極 1 に蓄積されることができるリチウムの量と等しい。従って、この量は、 TiOS の正極の Li^+ イオンのインサーション容量と等しい。よって、正極 1 と金属リチウム層 5 はショートしている。層 5 の Li^+ イオンは、全体的には、初期において正極 1 を構成するインサーション材料（ TiOS ）にインサートされ、正極のリチウム材料（ LiTiOS ）を形成することとなる。このようにして得られたマイクロバッテリ

50

ーは、図5のものと同様であり、以下に示されるような初期充電の準備が整っているものである。

【0036】

注目すべきは、以下のことである。先に述べた文献“Characterization of tin oxide/LiMn₂O₂ thin-film cell”の中で、Parkは、リチウムイオンマイクロバッテリーの2つのインサクション電極(insertion electrode)の間の不均衡(imbalance)は、通常、デバイスの満足する操作に対しての弊害となると指摘している。

【0037】

しかしながら、先に示した不均衡な状態のもとでは、リチウムが飽和した負極の上に金属リチウムを形成することを備えるリチウムマイクロバッテリーは、特にサイクルの間の容量(capacity)の安定性において、良い電気化学的パフォーマンスを示す。これらのパフォーマンスは、負極の表面における金属リチウムの存在によるものであり、リチウム金属マイクロバッテリーのパフォーマンスと比較されるものである。

10

【0038】

負極のシリコンの薄い層は、最初のステージにおいては、インサクション層(insertion layer)として働き、金属リチウムの電気めっきが起これば、結晶させ(germination)、且つ、成長させる(growth)層として働く。従って、成長は一様に起こり、これによって、マイクロバッテリーの故障を起こす可能性のある樹枝状結晶(dendrite)の形成を妨げる。

【0039】

さらに、このようなタイプの構造のものを使用することにより、負極において起こる可能性がある不可逆なインサクション(irreversibility of insertion)を回避することができる。最初の充電が行われている間に負極にインサートされるリチウムは、実際には、後に続く充電-放電サイクルのなかで何ら役割を果たすものではない。

20

【0040】

さらに、マイクロバッテリーの製造において、必須のものであり、且つ、従来のLiイオンマイクロバッテリーの製造方法においては重大なものである、正極と負極とのバランスをとるためのステップを実施することを避けることができる。

【0041】

金属リチウム層を形成する最初の充電の前において、マイクロバッテリーの初期構造は、通常のマイクロファブリケーション技術を用いて製造することを可能にする。用いられたインサクション材料(例えば、リチウムTiO₂及びSi)は、実際には、特に、金属リチウムの溶融点よりも高い温度の下で行われる熱処理といった、このような技術と相性が良い。

30

【0042】

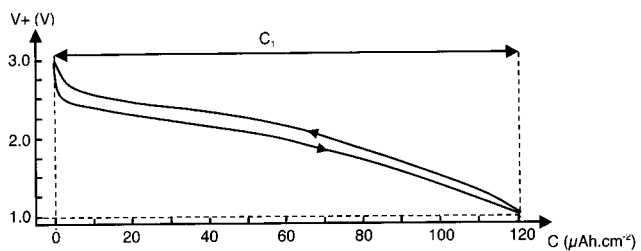
最終的には、このようなマイクロバッテリーにより与えられるポテンシャルは、持続的、且つ、一様なものである。従って、広範囲の(global)電気システムの中でのマイクロバッテリーの調和(integration)と、その充電状態のモニターとを、容易にする。

【0043】

電極の容量及びポテンシャルの値、及び、電極の厚さは、上記の例によって与えられる。特に、正極材料は、例えば、LiCoO₂、LiMn₂O₄、LiV₂O₅等のリチウムインサクション材料から選択することができる。負極材料は、Ge、SiGe、C等の結晶成長材料から選択することができる。電極の厚さは、正極については100nmから10μmまでに行うことができ、負極については5nmから1μmとすることができる。好ましくは、正極の厚さについては、1から5μmであり、負極の厚さについては、10nmから400nmである。

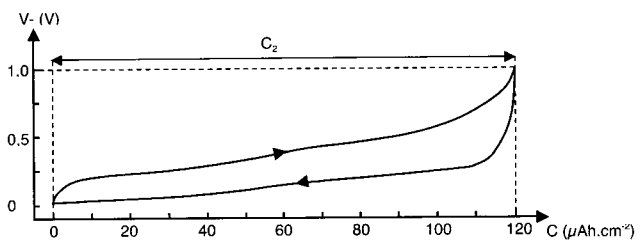
40

【図 1】



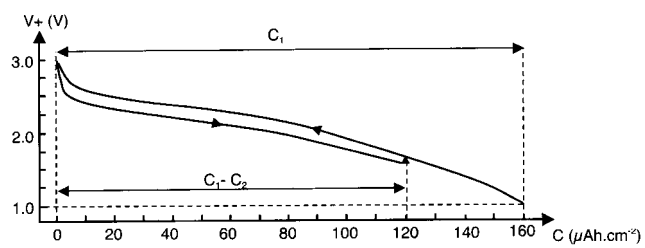
(prior art)

【図 2】

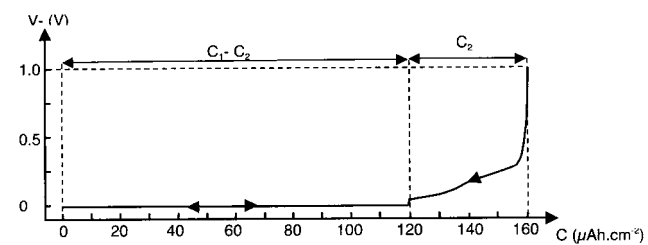


(prior art)

【図 3】



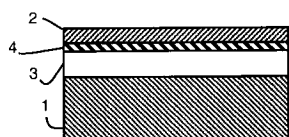
【図 4】



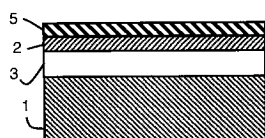
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(74)代理人 100082991

弁理士 佐藤 泰和

(74)代理人 100103263

弁理士 川崎 康

(74)代理人 100107582

弁理士 関根 毅

(74)代理人 100118843

弁理士 赤岡 明

(72)発明者 サミ、ウカシ

フランス国サン - エグレブ、ルート、ド、リヨン、1、レジダンス、ル、ベルコール

(72)発明者 フレデリック、ル、クラ

フランス国ノートル - ダム - ド - ロズィエ、コーブ、ブージェ

(72)発明者 スティーブ、マルタン

フランス国サン - ソブル、ル、クピエ

(72)発明者 ラファエル、サロ

フランス国ラン - アン - ベルコール、ルート、デュ、マ、2 5 9、ロティスマン、ベルデュル

Fターム(参考) 5H029 AJ02 AJ05 AK03 AL02 AL03 AL11 AM12 BJ04 BJ12 CJ16

HJ19

【外国語明細書】
2011009221000001.pdf