



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201114095 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 04 月 16 日

(21)申請案號：099143455

(22)申請日：中華民國 94 (2005) 年 12 月 27 日

(51)Int. Cl.:

H01M4/525 (2010.01)

H01M10/0525(2010.01)

(30)優先權：2004/12/28 美國

60/639,275

2005/05/12 美國

60/680,271

2005/07/14 美國

60/699,285

(71)申請人：波士頓電力公司 (美國) BOSTON-POWER, INC. (US)

美國

(72)發明人：蘭普 歐妮露德 克莉絲蒂娜 M LAMPE-ONNERUD, CHRISTINA M. (US)

(74)代理人：桂齊恆

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：46 項 圖式數：9 共 79 頁

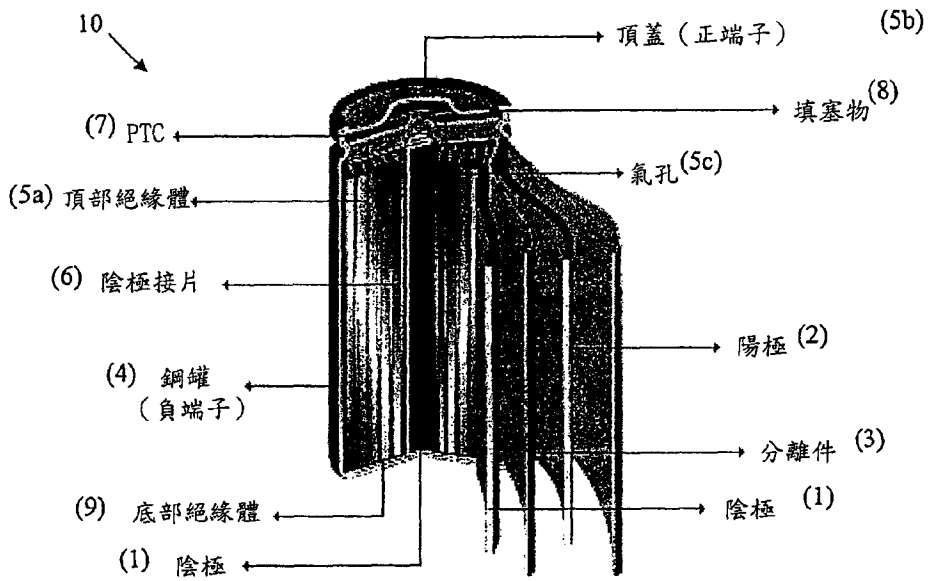
(54)名稱

鋰離子二次電池

LITHIUM-ION SECONDARY BATTERY

(57)摘要

於一個實施例，一種活性陰極材料係包含一混合物，其包括：一鈷酸鋰與一鎳酸鋰之至少一者；及，由一實驗式 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表的一錳酸尖晶石、與由一實驗式 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表的一橄欖石化合物之至少一者。於另一個實施例，一種活性陰極材料係包含一混合物，其包括：一鎳酸鋰，選自其為由塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 與 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所組成的群組；及，一錳酸尖晶石，其為由一實驗式 $\text{Li}_{(1+x7)}\text{Mn}_{2-y7}\text{O}_{z7}$ 所代表。一種鋰離子電池與一種電池組係各自為獨立運用其包括如上所述的一種活性陰極材料之一陰極。一種形成鋰離子電池之方法係包括步驟：形成如上所述的一種活性陰極材料；藉由該活性陰極材料而形成一陰極電極；及，形成一陽極電極，經由一電解質而為電氣接觸於該陰極。一種系統係包含：一種可攜式電子裝置；及，如上所述的一種電池組或鋰離子電池。



- 1：正電極(陰極)
- 2：負電極(陽極)
- 3：分離件
- 4：鋼罐(負端子)
- 5a：頂部絕緣體
- 5b：頂蓋(正端子)
- 5c：氣孔
- 6：鋁引線(陰極接片)
- 7：PTC 開關
- 8：頂部絕緣體(填塞物)
- 9：底部絕緣體
- 10：鋰離子電池



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201114095 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 04 月 16 日

(21)申請案號：099143455

(22)申請日：中華民國 94 (2005) 年 12 月 27 日

(51)Int. Cl.：

H01M4/525 (2010.01)

H01M10/0525(2010.01)

(30)優先權：2004/12/28 美國

60/639,275

2005/05/12 美國

60/680,271

2005/07/14 美國

60/699,285

(71)申請人：波士頓電力公司 (美國) BOSTON-POWER, INC. (US)

美國

(72)發明人：蘭普 歐妮露德 克莉絲蒂娜 M LAMPE-ONNERUD, CHRISTINA M. (US)

(74)代理人：桂齊恆

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：46 項 圖式數：9 共 79 頁

(54)名稱

鋰離子二次電池

LITHIUM-ION SECONDARY BATTERY

(57)摘要

於一個實施例，一種活性陰極材料係包含一混合物，其包括：一鈷酸鋰與一鎳酸鋰之至少一者；及，由一實驗式 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表的一錳酸尖晶石、與由一實驗式 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表的一橄欖石化合物之至少一者。於另一個實施例，一種活性陰極材料係包含一混合物，其包括：一鎳酸鋰，選自其為由塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 與 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所組成的群組；及，一錳酸尖晶石，其為由一實驗式 $\text{Li}_{(1+x7)}\text{Mn}_{2-y7}\text{O}_{z7}$ 所代表。一種鋰離子電池與一種電池組係各自為獨立運用其包括如上所述的一種活性陰極材料之一陰極。一種形成鋰離子電池之方法係包括步驟：形成如上所述的一種活性陰極材料；藉由該活性陰極材料而形成一陰極電極；及，形成一陽極電極，經由一電解質而為電氣接觸於該陰極。一種系統係包含：一種可攜式電子裝置；及，如上所述的一種電池組或鋰離子電池。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於(1)一種活性(active)陰極材料，其包括一混合物：一鈷酸鋰(lithium cobaltate)與一鎳酸鋰(lithium nickelate)之至少一者；及一錳酸尖晶石(manganate spinel)與一橄欖石化合物(olivine compound)之至少一者，(2)一種鋰離子電池，其具有該種活性陰極材料，(3)一種形成該種鋰離子電池之方法，(4)一種電池組(pack)，其包含一或多個電池，各個電池係包括該種活性陰極材料，以及(5)一種系統，其包括該種電池組或鋰離子電池與一可攜式電子裝置。

【先前技術】

諸如鋰離子充電式(rechargeable)電池之充電式電池係廣泛運用作為用於電池供電的可攜式電子裝置之電力，可攜式電子裝置係諸如：手機、可攜式電腦、攝錄影機、數位相機、個人數位助理(PDA)與類似者。用於該等可攜式電子裝置之一種典型的鋰離子電池組係運用其配置為並聯或串聯之多個電池。舉例而言，一鋰離子電池組係可包括其為串聯連接之數個區塊(block)，其中，各個區塊係包括其為並聯連接之一或多個電池。各個區塊係典型為具有一電子控制器，其係監視該區塊之電壓位準。於一種理想的配置，納入於電池組之各個電池係相同。然而，當電池係老化及循環使用，電池係傾向於偏離自初始的理想條件，而造成一種不平衡的電池組(例如：不相同的容量、阻抗、放電與充電率)。於電池之間的此種不平衡係可能引起於充電

式電池之正常操作期間的過度充電或過度放電，且繼而將加諸安全顧慮，諸如：爆炸(即：快速氣體釋放與針對於火災之可能性)。

傳統而言，習用的鋰離子充電式電池係已經運用 LiCoO_2 型式的材料作為鋰離子電池陰極之活性成分(component)。針對於運用 LiCoO_2 型式的活性陰極材料之該種鋰離子電池以完全充電，充電電壓係通常為 4.20 伏特(V)。關於較低的充電電壓，容量係較低，其為對應於活性材料之較低的利用。另一方面，關於較高的充電電壓，該電池係較不安全。概括而言，歸因於高安全顧慮，針對於基於 LiCoO_2 的鋰離子電池以具有一高容量(例如：高於約 3 安培小時(Ah))係一挑戰。為了使得安全顧慮為最小，降低充電電壓係一個選項。然而，此舉係將降低電池容量，且繼而降低電池能量密度。欲得到高容量，不同於提高充電電壓，增加一個電池組之電池的數目係可為另一個選項。然而，於電池的數目之增加係將造成於電池之間的不平衡之機率，此舉係將引起於正常操作期間的過度充電或過度放電，如上所述。

典型為運用於產業者之最大主流的電池係目前為一種所謂的“18650”電池。此電池係具有約為 18 毫米(mm)之一外徑與約為 65 毫米之一長度。典型而言，18650 電池係利用 LiCoO_2 且具有介於 1800 毫安培小時(mAh)與 2400 毫安培小時之間的一容量，但是高為如同 2600 毫安培小時之電池係目前為運用。通常相信的是：因為關聯於 LiCoO_2 之

一安全顧慮，運用 LiCoO_2 於相較於 18650 電池之一較大的電池係不安全。相較於 18650 電池為大的其他電池係存在於此技藝，例如：其具有約為 26 毫米之一外徑與 65 毫米之一長度的“26650”電池。26650 電池係典型為並未含有 LiCoO_2 ，且相較於其運用 LiCoO_2 之 18650 電池而具有依據 Wh/kg 與 Wh/L 為較差的性能特性。

因此，存在需要以發展其用於鋰離子電池之新的活性陰極材料，以最小化或克服上述的問題。尤其，存在需要以發展新的活性陰極材料，其可致使能夠製造大的電池，例如：於體積(volume)及/或安培小時/電池(Ah/cell)為大於習用之基於 LiCoO_2 的電池(例如：18650 電池)。

【發明內容】

本發明係概括為針對於(1)一種活性(active)陰極材料，其包括一混合物：一鈷酸鋰(lithium cobaltate)與一鎳酸鋰(lithium nickelate)之至少一者；及一錳酸尖晶石(manganate spinel)與一橄欖石化合物(olivine compound)之至少一者，(2)一種鋰離子電池，其具有該種活性陰極材料，(3)一種形成該種鋰離子電池之方法，(4)一種電池組(pack)，其包含一或多個電池，各個電池係包括該種活性陰極材料，以及(5)一種系統，其包括該種電池組或鋰離子電池與一可攜式電子裝置。

於一個實施例，本發明係針對於一種活性陰極材料，其包括電極材料之一混合物。該混合物係包括：一鈷酸鋰與一鎳酸鋰之至少一者；及，一錳酸尖晶石與一橄欖石化

合物之至少一者。錳酸尖晶石係由一實驗式 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表，其中：

$x1$ 係等於或大於 0.01 且等於或小於 0.3；

$y1$ 係大於 0.0 且等於或小於 0.3；

$z1$ 係等於或大於 3.9 且等於或小於 4.1；及

A' 係由鎂、鋁、鈷、鎳、與鉻所組成的群組之至少一個成員(member)。

橄欖石化合物係由一實驗式 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中：

$x2$ 係等於或大於 0.05 且等於或小於 0.2，或

$x2$ 係等於或大於 0.0 且等於或小於 0.1；且

M 係由鐵、錳、鈷、與鎂所組成的群組之至少一個成員；及

A'' 係由鈉、鎂、鈣、鉀、鎳、與鈮所組成的群組之至少一個成員。

於另一個實施例，本發明係針對於一種活性陰極材料，包括一混合物，其包括：一鎳酸鋰，選自其為由塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 與 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所組成的群組；及，一錳酸尖晶石，其為由一實驗式 $\text{Li}_{(1+x7)}\text{Mn}_{2-y7}\text{O}_{z7}$ 所代表，其中， $x7$ 與 $y7$ 係各者獨立為等於或大於 0.0 且等於或小於 1.0，而 $z7$ 係等於或大於 3.9 且等於或小於 4.2。

本發明係亦為針對於一種鋰離子電池，其具有包括如上所述的一種活性陰極材料之一陰極。該活性陰極材料係

包含電極材料之一混合物。於一個實施例，混合物係包括：一鈷酸鋰與一鎳酸鋰之至少一者；及，一錳酸尖晶石與一橄欖石化合物之至少一者。錳酸尖晶石與橄欖石化合物係如上所述。於另一個實施例，混合物係包括一混合物，其包括：一鎳酸鋰，選自其為由一鈷酸鋰、塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 、與 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所組成的群組；及，如上所述之一錳酸尖晶石。該種電池係具有大於每個電池為約 3.0 安培小時(Ah/cell)之一容量。

亦為納入於本發明者係一種電池組(pack)，其包括一或多個電池，較佳為複數個電池。該電池組之電池係包括電極材料之一混合物。於一個實施例，該混合物係包括：一鈷酸鋰與一鎳酸鋰之至少一者；及，一錳酸尖晶石與一橄欖石化合物之至少一者。錳酸尖晶石與橄欖石化合物係如上所述。於另一個實施例，該混合物係包括一混合物，其包括：一鎳酸鋰，選自其為由一鈷酸鋰、塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 、與 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所組成的群組；及，如上所述之一錳酸尖晶石。較佳而言，該電池組係包括複數個電池且該等電池之至少一個電池係具有大於每個電池為約 3.0 安培小時之一容量。

一種形成鋰離子電池之方法係亦納入於本發明，該種鋰離子電池係具有包括如上所述的一種活性陰極材料之一陰極。該種方法係包括：形成如上所述的一種活性陰極材料。該種方法更包括步驟：藉由該活性陰極材料而形成一陰極電極；及，形成一陽極電極，經由一電解質而為電氣

接觸於該陰極電極，藉以形成一鋰離子電池。

包括一可攜式電子裝置與如上所述的一電池組之一種系統係亦納入於本發明。

本發明之鋰離子電池係運用於正電極之二或多個不同型式的活性陰極材料之一種新穎混合，相較於其僅運用 LiCoO_2 作為鋰離子電池陰極的活性材料之習用鋰離子電池而具有較為安全的化學特性。尤其是，本發明之一種活性陰極材料係致能大電池(例如：大於 18650 電池)之製造，以運用於此等行動(mobile)裝置，部分為歸因於依據能量密度與功率密度之其安全性與高容量。本發明係亦允許其相較於現今產業為普遍者(例如：18650 電池)之較大的電池之經濟製造，部分為歸因於較低的陰極成本且部分為歸因於較低的電子電路成本。此等較高容量型式的電池係允許較低的成本而並未犧牲整體的安全性。此等較高容量型式的電池係繼而使得針對於充電控制所需要的電子成員之數目，此係降低針對於其利用串聯或並聯連接的多個電池之一種電池組的整體電子成員成本。

本發明係可運用於行動式(mobile)電子裝置，諸如：可攜式(portable)電腦、手機與可攜式動力工具。本發明係亦可為運用於混合式(hybrid)電氣載具之電池。

【實施方式】

本發明之前述與其他目的、特點與優點係由下文之本發明較佳實施例的更為詳細說明而將為顯明，如為圖示於伴隨圖式，其中，相同的參考符號係指於不同圖式之中的

相同零件。該等圖式係無須為依比例而繪製，而是強調於說明本發明之原理。

於一個實施例，本發明係關於一種活性陰極材料混合物，其可運用於一鋰離子電池之一電極，允許鋰為可逆式加入及取出。該種活性陰極材料係包含一混合物，其包括：一鈷酸鋰與一鎳酸鋰之至少一者；及，一錳酸尖晶石與一橄欖石化合物之至少一者。

可為運用於本發明之一種鎳酸鋰係包括鋰(Li)原子或鎳(Ni)原子、或二者之至少一個改性劑(modifier)。如於本文所運用，一種“改性劑”係意指於一 LiNiO_2 晶體結構之其佔有鋰(Li)原子或鎳(Ni)原子、或二者之一位置之一取代原子。於一個實施例，鎳酸鋰係包括僅為鋰(Li)原子之一改性劑(“Li 改性劑”)。於另一個實施例，鎳酸鋰係包括僅為鎳(Ni)原子之一改性劑(“Ni 改性劑”)。於又一個實施例，鎳酸鋰係包括 Li 及 Ni 改性劑之二者。Li 改性劑之實例係包括：鋇(Ba)、鎂(Mg)、鈣(Ca)、與銦(Sr)。Ni 改性劑之實例係包括：針對於 Li 之彼等者、以及另外為鋁(Al)、錳(Mn)、硼(B)。Ni 改性劑之其他的實例係包括：鈷(Co)與鈦(Ti)。較佳而言，鎳酸鋰係塗覆具有 LiCoO_2 。該覆層係可為一梯度(gradient)塗覆或點狀(spot-wise)塗覆。

可為運用於本發明的一種鎳酸鋰之一個特別型式係由一實驗式 $\text{Li}_{x3}\text{Ni}_{(1-z3)}\text{M}'_{z3}\text{O}_2$ 所代表，其中， $0.05 < x3 < 1.2$ ， $0 < z3 < 0.5$ ，且 M' 係由鈷(Co)、錳(Mn)、鋁(Al)、硼(B)、鈦(Ti)、鎂(Mg)、鈣(Ca)與銦(Sr)所組成的群組之一或多個元

素。較佳而言，M'係由錳(Mn)、鋁(Al)、硼(B)、鈦(Ti)、鎂(Mg)、鈣(Ca)與銦(Sr)所組成的群組之一或多個元素。

可為運用於本發明的一種鎳酸鋰之另一個特別型式係由一實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表，其中， $x4$ 係等於或大於約 0.1 且等於或小於約 1.3； $x5$ 係等於或大於約 0.0 且等於或小於約 0.2； $y4$ 係等於或大於約 0.0 且等於或小於約 0.2； $z4$ 係等於或大於約 0.0 且等於或小於約 0.2； a 係大於約 1.5 且小於約 2.1； A^{*} 係由鋇(Ba)、鎂(Mg)、與鈣(Ca)所組成的群組之至少一個成員(member)；Q 係鋁(Al)、錳(Mn)與硼(B)所組成的群組之至少一個成員。較佳而言， $y4$ 係大於 0。於一個較佳實施例， $x5$ 係等於 0，而 $z4$ 係大於 0.0 且等於或小於約 0.2。於另一個實施例， $z4$ 係等於 0，而 $x5$ 係大於 0.0 且等於或小於約 0.2。於又一個實施例， $x5$ 與 $z4$ 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。於再一個實施例， $x5$ 、 $y4$ 與 $z4$ 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。鎳酸鋰之種種的實例(其中， $x5$ 、 $y4$ 與 $z4$ 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2)係可見於美國專利第 6,855,461 號、與第 6,921,609 號(其整體揭示內容係以參照方式而納入於本文)。

鎳酸鋰之一個特定的實例係 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 。一個較佳特定實例係塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 。點狀塗覆的陰極係具有 LiCoO_2 為並未完全塗覆一鎳核心粒子之頂部，使得較高反應性的鎳係去活化且因此較安全。塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 的組成係常態為稍微偏離自

於 Ni:Co:Al 之 0.8:0.15:0.05 比值的組成。偏離係可大約針對於 Ni 為 10-15%、針對於 Co 為 5-10%、及針對於 Al 為 2-4%。

鎳酸鋰之另一個特定實例係 $\text{Li}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ 。一個較佳的特定實例係塗覆 LiCoO_2 之 $\text{Li}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ 。點狀塗覆的陰極係具有 LiCoO_2 為並未完全塗覆一鎳核心粒子之頂部，使得較高反應性的鎳係去活化且因此較安全。塗覆 LiCoO_2 之 $\text{Li}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ 的組成係常態為稍微偏離自於 Mg:Ni:Co 之 0.03:0.9:0.1 比值的組成。偏離係可大約針對於 Mg 為 2-4%、針對於 Ni 為 10-15%、及針對於 Co 為 5-10%。

可為運用於本發明之另一種較佳的鎳係 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ ，其亦稱作為“333 型式鎳”。此 333 型式鎳係可選用式為塗覆 LiCoO_2 ，如上所述。

可為運用於本發明之鈷酸鋰的適合實例係包括其為由鋰(Li)與鈷(Co)原子之至少一個改性劑所修改的 LiCoO_2 。Li 改性劑之實例係如同針對於 LiNiO_2 之 Li 的上述者。Co 改性劑之實例係包括針對於 Li 的改性劑以及鋁(Al)、錳(Mn)、硼(B)。其他的實例係包括：鎳(Ni)與鈦(Ti)。尤其是，由一實驗式 $\text{Li}_{x6}\text{M}'_{(1-y6)}\text{Co}_{(1-z6)}\text{M}''_{z6}\text{O}_2$ 所代表之一鈷酸鋰係可為運用於本發明，其中， $x6$ 係大於 0.05 且小於 1.2； $y6$ 係等於或大於 0 且小於 0.1； $z6$ 係等於或大於 0 且小於 0.5； M' 係鎂(Mg)與鈉(Na)之至少一者；且， M'' 係由錳(Mn)、鋁(Al)、硼(B)、鈦(Ti)、鎂(Mg)、鈣(Ca)、與鋇(Sr)所組成的群組之

至少一個成員。

可為運用於本發明之鈷酸鋰的另一個實例係包括 LiCoO_2 。

特別為較佳的是：該等化合物係具有球狀的形態 (morphology)，由於此係改善封裝與生產特性。

較佳而言，鈷酸鋰與鎳酸鋰之各者的晶體結構係獨立為一種 R-3m 型式空間群組(三方(rhombohedral)，包括：扭曲的三方者)。或者，鎳酸鋰之一種晶體結構係可為一種單斜(monoclinic)空間群組(例如：P2/m 或 C2/m)。於一種 R-3m 型式空間群組，鎳離子係佔有“3a”位置($x=0, y=0$, 及 $z=0$)，且過渡金屬離子(即：於一鎳酸鋰之 Ni 與於一鈷酸鋰之 Co)係佔有“3b”位置($x=0, y=0, z=0.5$)。氧係位於“6a”位置($x=0, y=0, z=z_0$ ，其中， z_0 係取決於金屬離子及包括其改性劑之性質而變化)。

可為運用於本發明之橄欖石化合物係概括為由一公式 $\text{Li}_{1-x_2}\text{A}^{''}_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中， x_2 係等於或大於 0.0 且等於或小於 0.1；M 係由鐵(Fe)、錳(Mn)、鈷(Co)、或鎂(Mg)所組成的群組而選出之一或多個元素； $\text{A}^{''}$ 係由鈉(Na)、鎂(Mg)、鈣(Ca)、鉀(K)、鎳(Ni)、與鈮(Nb)所組成的群組而選出。較佳而言，M 係鐵(Fe)或錳(Mn)。更佳而言， LiFePO_4 或 LiMnPO_4 、或二者係運用於本發明。於一個較佳實施例，橄欖石化合物係塗覆具有高導電性之一種材料，諸如：碳(C)。於一個更佳實施例，塗覆碳的 LiFePO_4 或塗覆碳的 LiMnPO_4 係運用於本發明。橄欖石化合物之種種的實例(其

中，M 為鐵(Fe)或錳(Mn))係可見於美國專利第 5,910,382 號(其整體揭示內容係以參照方式而納入於本文)。

橄欖石化合物係典型為具有在充電/放電時之於晶體結構的一小變化，使得橄欖石化合物係依據循環特性而言為優越。此外，安全性係概括為高，甚至當一電池為暴露至一高溫環境。橄欖石化合物(例如： LiFePO_4 與 LiMnPO_4)之另一個優點係其相當低的成本。

錳酸尖晶石化合物係具有一錳基(base)，諸如： LiMn_2O_4 。儘管錳酸尖晶石化合物係典型為具有低的比(specific)容量(例如：於約 120 至 130 mAh/g 之一範圍)，其當形成為電極時而具有高功率傳送，且依據於較高溫度的化學反應性而言係典型為安全。錳酸尖晶石化合物之另一個優點係其相當低的成本。

可為運用於本發明之錳酸尖晶石化合物的一個型式係由一實驗式 $\text{Li}_{1+x1}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表，其中：A'係鎂(Mg)、鋁(Al)、鈷(Co)、鎳(Ni)、與鉻(Cr)之一或多者；x1係等於或大於 0.01 且等於或小於 0.3；y1係大於 0.0 且等於或小於 0.3；z1係等於或大於 3.9 且等於或小於 4.1。較佳而言，A'係包括一 M^{3+} 離子，諸如： Al^{3+} 、 Co^{3+} 、 Ni^{3+} 、與 Cr^{3+} ，更佳為 Al^{3+} 。一個特定實例係包括 $\text{LiMn}_{1.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_4$ 。 $\text{Li}_{1+x1}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 之錳酸尖晶石化合物係相較於 LiMn_2O_4 之彼等者而可具有增強的循環能力(cyclability)與功率(power)。此型式之錳酸尖晶石的實例係包括 $\text{Li}_{1+x}\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$ 、與其具有鋁(Al)與鎂(Mg)改性劑之變化者。

型式 $\text{Li}_{1+x1}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 之錳酸尖晶石化合物的種種實例係可見於美國專利第 4,366,215 號、第 5,196,270 號、與第 5,316,877 號(其整體揭示內容係以參照方式而納入於本文)。

本發明之活性陰極材料係可藉著混合上述的二或多種活性陰極成分(即：一鈷酸鋰、一鎳酸鋰、一錳酸尖晶石與一橄欖石化合物)而備製，較佳為於一種粉末的形式。概括而言，諸如 LiFePO_4 之橄欖石化合物、諸如 $\text{Li}_{1+x1}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 之錳酸尖晶石化合物、與諸如 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 之鎳酸鋰係具有高的安全性。概括而言，諸如 LiCoO_2 之鈷酸鋰、及諸如 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 與 $\text{Li}_{x4}\text{Ni}_{1-y4-z4}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 型式的化合物之鎳酸鋰係具有高能量密度。針對於本發明之陰極材料的一些陰極成分之概括性質係摘要於表 1。

表 1：本發明之活性陰極材料的典型屬性

陰極材料	密度 (g/cc)	C/20 容量 (mAh/g)	1C 容量 (mAh/g)	第一循環效率 (%)
鈷酸鋰	5.05	150	145	96
鎳酸鋰	4.80	210	180	92
橄欖石(M=Fe)	3.30	155	140	95
錳酸尖晶石	4.20	120	115	94

本發明之陰極材料的特性係關於容量、循環能力、與安全性。舉例而言，本發明之陰極材料係可為取決於充電/放電率與其他外在條件(諸如：電解質選取與電極組成)而呈現不同的容量。“容量”係於本文定義為其可為可逆式移除自基於鋰的材料(諸如：本發明之彼等者)之晶體結構。如

於本文所定義，“可逆性”係意指的是：該種結構係實質為維持其整體性且 Li 係可為插入以回復初始的晶體結構。理論上，此係於一無限小速率之容量的定義。如於本文所定義，“安全性”係意指結構的穩定度或結構的整體性；若一材料係於循環期間為分解或是於升高的溫度為容易分解或引起氣化(gassing)，材料係視為不安全，尤其是分解或氣化係導致於電池內的熱失控行為之起始或產生高的內部壓力。極化(polarization)行為係加諸對於容量之又一個規格，且極化行為對於一種鋰離子電池的性能之效應係由鋰離子電池與其運用鋰離子電池之電池組或應用裝置的控制電子電路之間的交互作用所決定。

適用於高能量與功率、以及充分安全性的一種電極之形成係可藉由本發明之活性陰極材料成分(即：一鈷酸鋰、一鎳酸鋰、一錳酸尖晶石與一橄欖石化合物)的一特定比值而達成。

於一個實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括一鎳酸鋰，其包括鋰(Li)原子或鎳(Ni)原子、或二者之至少一個改性劑。較佳而言，鎳酸鋰係由上述的一實驗式 $\text{Li}_{x3}\text{Ni}_{(1-z3)}\text{M}'_{z3}\text{O}_2$ 所代表。或者，鎳酸鋰係由上述的一實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表。於一個特定實例，鎳酸鋰係由一實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表，其中， $x5$ 、 $y4$ 、與 $z4$ 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。鎳酸鋰之特定實例係如上所述。

於一第二實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括

由上述的一實驗式 $\text{Li}_{x6}\text{Co}_{(1-z6)}\text{M}''_{z6}\text{O}_2$ 所代表之一鈷酸鋰。鈷酸鋰之特定實例係如上所述。

於一第三實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括由上述的一實驗式 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表之一橄欖石化合物。橄欖石化合物之特定實例係如上所述。於一個較佳實施例，M 係鐵或鎂。於一個較佳實施例，橄欖石化合物係塗覆具有碳。

於一第四實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括一鈷酸鋰(諸如： LiCoO_2)與一錳酸尖晶石。鈷酸鋰與錳酸尖晶石(包括其特定實例)係如上所述。較佳而言，鈷酸鋰與錳酸尖晶石係於鈷酸鋰:錳酸尖晶石之一比值為約 0.8:0.2 至約 0.4:0.6 之間。於第四實施例之一個實例，錳酸尖晶石係由 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表。於第四實施例之另一個實例，錳酸尖晶石係由 $\text{Li}_{(1+x7)}\text{Mn}_{2-x7}\text{O}_4$ 所代表，較佳為 LiMn_2O_4 。

於一第五實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括一鎳酸鋰、與由上述的 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表之一錳酸尖晶石。鎳酸鋰與錳酸尖晶石(包括其特定實例)係如上所述。較佳而言，鎳酸鋰與錳酸尖晶石係於鎳酸鋰:錳酸尖晶石之一比值為約 0.9:0.1 至約 0.3:0.7 之間。於第五實施例之一個實例，鎳酸鋰係 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 、或 $\text{Li}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ 。較佳而言，鎳酸鋰係塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 或 $\text{Li}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ 。當塗覆 LiCoO_2 之

$\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 或 $\text{Li}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ 係運用，鎳酸鋰與錳酸尖晶石係較佳於鎳酸鋰:錳酸尖晶石之一比值為約 0.9:0.1 至約 0.3:0.7 之間。當 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 係運用，鎳酸鋰與錳酸尖晶石係較佳於鎳酸鋰:錳酸尖晶石之一比值為約 0.7:0.3 至約 0.3:0.7 之間。

於一第六實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括：至少一鎳酸鋰，由 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 與塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 所組成的群組而選出；及，由 $\text{Li}_{1+x}\text{Mn}_{2-y}\text{O}_z$ 所代表之一錳酸尖晶石，較佳為 LiMn_2O_4 。較佳而言，鎳酸鋰與錳酸尖晶石係於鎳酸鋰:錳酸尖晶石之一比值為約 0.9:0.1 至約 0.3:0.7 之間。當 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 係運用，鎳酸鋰與錳酸尖晶石係於鎳酸鋰:錳酸尖晶石之比值為約 0.9:0.1 至約 0.5:0.5 之間。

於一第七實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括一鈷酸鋰(諸如： LiCoO_2)、一錳酸尖晶石、與一鎳酸鋰。鈷酸鋰、錳酸尖晶石、與鎳酸鋰(包括其特定實例)係如上所述。較佳而言，鈷酸鋰、錳酸尖晶石、與鎳酸鋰係於鈷酸鋰:錳酸尖晶石:鎳酸鋰之一比值為約 0.05 與約 0.8 之間:約 0.05 與約 0.7 之間(例如：約 0.05 與約 0.3 之間、或約 0.3 與約 0.7 之間):約 0.05 與約 0.9 之間(例如：約 0.4 與約 0.9 之間、或約 0.05 與約 0.8 之間)。於一個實例，鎳酸鋰係由 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表。於一第二個實例，鎳酸鋰係由 $\text{Li}_{x3}\text{Ni}_{(1-z3)}\text{M}'_{z3}\text{O}_2$ 所代表，更佳而言為 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ ，其為梯度或點狀塗覆具有 LiCoO_2 。

於一第三個實例，鎳酸鋰係 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 。於一第四個實例，鎳酸鋰係包括鋰(Li)及鎳(Ni)原子之至少一個改性劑，諸如： $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ ，其中， $x5$ 、 $y4$ 、與 $z4$ 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2，且錳酸尖晶石係由 $\text{Li}_{1+x1}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表。較佳而言，當 $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 與 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 係運用時，鈷酸鋰、錳酸尖晶石、與鎳酸鋰係於鈷酸鋰:錳酸尖晶石:鎳酸鋰之一比值為約 0.05 與約 0.30 之間:約 0.05 與約 0.30 之間:約 0.4 與約 0.9 之間。於一第五個實例，鎳酸鋰係 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 或選用式為塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ ，且錳酸尖晶石係由 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表。於此第五個實例，當 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 係運用， $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 、與鈷酸鋰係於 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$: $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$:鈷酸鋰之一比值為約 0.05 與約 0.8 之間:約 0.3 與約 0.7 之間:約 0.05 與約 0.8 之間。

於一第八實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括二或多個鎳酸鋰與錳酸尖晶石。鎳酸鋰與錳酸尖晶石(包括其特定實例)係如上所述。較佳而言，該等鎳酸鋰與錳酸尖晶石係於鎳酸鋰:錳酸尖晶石之一比值為約 0.05 與約 0.8 之間:約 0.05 與約 0.9 之間。較佳而言，錳酸尖晶石係由 $\text{Li}_{1+x1}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表。於一個實例，該等鎳酸鋰係包括由 $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之一鎳酸鋰。於

另一個實例，該等鎳酸鋰係包括由 $\text{Li}_{x3}\text{Ni}_{(1-z3)}\text{M}'_{z3}\text{O}_2$ 所代表之一鎳酸鋰。或者，該等鎳酸鋰係包括一鎳酸鋰，其包括鋰 (Li) 及鎳 (Ni) 原子之至少一個改性劑，諸如：
 $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ ，其中， $x5$ 、 $y4$ 、與 $z4$ 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。於一個特定實例，該等鎳酸鋰係包括： $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 、與由 $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之一鎳酸鋰。於另一個特定實例，該等鎳酸鋰係包括： $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ ；與一鎳酸鋰，其包括鋰 (Li) 及鎳 (Ni) 原子之至少一個改性劑，諸如： $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ ，其中， $x5$ 、 $y4$ 、與 $z4$ 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。於又一個特定實例，該等鎳酸鋰係包括： $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 、與由 $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之一鎳酸鋰，且錳酸尖晶石係 $\text{Li}_{1+x1}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表。於此特定實例，該等鎳酸鋰與錳酸尖晶石係於 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ ： $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ ： $\text{Li}_{1+x1}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 之比值為約 0.05 與約 0.8 之間：約 0.05 與約 0.7 之間：約 0.05 與約 0.9 之間。

於一第九實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括一鈷酸鋰(諸如： LiCoO_2)、與上述之由 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表之一橄欖石化合物，其較佳為塗覆有碳。鈷酸鋰與橄欖石化合物(包括其特定實例)係如上所述。較佳而言，鈷酸鋰與橄欖石化合物係於鈷酸鋰：橄欖石化合物之一比值為約 0.9:0.1 至約 0.3:0.7 之間。於一個實例，橄欖石化合物係由

$\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中，M 係鐵或錳，諸如： LiFePO_4 或 LiMnPO_4 。於此實例，較佳而言，鈷酸鋰與橄欖石化合物係於鈷酸鋰：橄欖石化合物之一比值為約 0.8:0.2 至約 0.4:0.6 之間。

於一第十實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括一鎳酸鋰、與上述之由 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表之一橄欖石化合物，較佳為塗覆具有碳。鎳酸鋰與橄欖石化合物(包括其特定實例)係如上所述。較佳而言，鎳酸鋰與橄欖石化合物係於鎳酸鋰：橄欖石化合物之一比值為約 0.9:0.1 至約 0.3:0.7 之間。於一個實例，橄欖石化合物係由 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中，M 係鐵或錳，諸如： LiFePO_4 或 LiMnPO_4 。於一第二個實例，鎳酸鋰係包括由 $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ 所代表之一鎳酸鋰。於一第三個實例，鎳酸鋰係包括由 $\text{Li}_{x_3}\text{Ni}_{(1-z_3)}\text{M}'_{z_3}\text{O}_2$ 所代表之一鎳酸鋰。或者，鎳酸鋰係包括一鎳酸鋰，其包括鋰(Li)及鎳(Ni)原子之至少一個改性劑，諸如： $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ ，其中， x_5 、 y_4 、與 z_4 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。於一個特定實例，鎳酸鋰係 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ ，且橄欖石化合物係由 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中，M 係鐵或錳。較佳而言，於第二個實例，鎳酸鋰與橄欖石化合物係於鎳酸鋰：橄欖石化合物之一比值為約 0.9:0.1 至約 0.5:0.5 之間。於一第二個特定實例，鎳酸鋰係由 $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ 所代表，較佳為 $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ (其中， x_5 、 y_4 、與 z_4 係各自獨

立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2)，且橄欖石化合物係由 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表(其中，M 係鐵或錳)。於一第三個特定實例，鎳酸鋰係 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ ，較佳為塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ ，且橄欖石化合物係由 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表(其中，M 係鐵或錳)。於第三個特定實例，鎳酸鋰與橄欖石化合物係於鎳酸鋰:橄欖石化合物之一比值為約 0.9:0.1 至約 0.3:0.7 之間。

於一第十一實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括二或多個鎳酸鋰、與一橄欖石化合物，較佳為由 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表之一橄欖石化合物，其中，M 係鐵或錳。該等鎳酸鋰與橄欖石化合物(包括其特定實例)係如上所述。較佳而言，橄欖石化合物係塗覆具有碳。於此實施例，鎳酸鋰與橄欖石化合物係於鎳酸鋰:橄欖石化合物之一比值為約 0.05 與約 0.9 之間:約 0.05 與約 0.9 之間。於一個實例，該等鎳酸鋰係包括由 $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ 所代表之一鎳酸鋰。於另一個實例，該等鎳酸鋰係包括由 $\text{Li}_{x_3}\text{Ni}_{(1-z_3)}\text{M}'_{z_3}\text{O}_2$ 所代表之一鎳酸鋰。或者，該等鎳酸鋰係包括一鎳酸鋰，其包括鋰(Li)及鎳(Ni)原子之至少一個改性劑，諸如： $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ ，其中， x_5 、 y_4 與 z_4 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。於一個特定實例，鎳酸鋰係由一實驗式 $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ 所代表，其中， x_5 、 y_4 、與 z_4 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。於一個特定實例，橄欖石化合物係由 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中，M 係鐵或錳，諸如： LiFePO_4

或 LiMnPO_4 ，且該等鎳酸鋰係包括 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 、與一鎳酸鋰，其包括鋰(Li)及鎳(Ni)原子之至少一個改性劑，諸如： $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ ，其中， $x5$ 、 $y4$ 、與 $z4$ 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。於此實例，該等鎳酸鋰與橄欖石化合物係於 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$:鎳酸鋰:橄欖石化合物之一比值為約 0.05 與約 0.8 之間:約 0.05 與約 0.7 之間:約 0.05 與約 0.9 之間。

於一第十二實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括一鎳酸鋰、一鈷酸鋰(諸如： LiCoO_2)、與上述之由 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表的一橄欖石化合物。鎳酸鋰、鈷酸鋰、與橄欖石化合物(包括其特定實例)係如上所述。於此實施例，鎳酸鋰、鈷酸鋰、與橄欖石化合物係較佳於鈷酸鋰:橄欖石化合物:鎳酸鋰之一比值為約 0.05 與約 0.8 之間:約 0.05 與約 0.7 之間:約 0.05 與約 0.9 之間。於一個實例，鎳酸鋰係包括由 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之一鎳酸鋰。於另一個實例，鎳酸鋰係包括由 $\text{Li}_{x3}\text{Ni}_{(1-z3)}\text{M}'_{z3}\text{O}_2$ 所代表之一鎳酸鋰。或者，該等鎳酸鋰係包括一鎳酸鋰，其包括鋰(Li)及鎳(Ni)原子之至少一個改性劑，諸如： $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ ，其中， $x5$ 、 $y4$ 與 $z4$ 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。於一個特定實例，鎳酸鋰係由 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表，較佳為 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ (其中， $x5$ 、 $y4$ 、與 $z4$ 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2)，且橄欖石化合物係由 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表(其中，M 係鐵或錳)。於此個特定

實例，鎳酸鋰、鈷酸鋰、與橄欖石化合物係較佳於鈷酸鋰：橄欖石化合物：鎳酸鋰之一比值為約 0.05 與約 0.30 之間：約 0.05 與約 0.30 之間：約 0.4 與約 0.9 之間。於一第二個特定實例，鎳酸鋰係 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ ，且橄欖石化合物係由 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中，M 係鐵或錳。於第二個特定實例，鎳酸鋰、鈷酸鋰、與橄欖石化合物係較佳於鎳酸鋰：橄欖石化合物：鈷酸鋰之一比值為約 0.05 至 0.8：約 0.3 至 0.7：約 0.05 至 0.8。於一第三個特定實例，鎳酸鋰係 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ ，較佳為塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ ，且橄欖石化合物係由 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中，M 係鐵或錳。

於一第十三實施例，本發明之一種活性陰極材料係包括：一錳酸尖晶石；一橄欖石化合物，較佳為由 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}''_{x_2}\text{MPO}_4$ 所代表的一橄欖石化合物，其中，M 係鐵或錳；及，一鎳酸鋰。錳酸尖晶石、橄欖石化合物、與鎳酸鋰(包括其特定實例)係如上所述。於此實施例，錳酸尖晶石、橄欖石化合物、與鎳酸鋰係較佳於錳酸尖晶石：橄欖石化合物：鎳酸鋰之一比值為約 0.05 至 0.9：約 0.05 至 0.9：約 0.05 至 0.9。於一個實例，錳酸尖晶石係由 $\text{Li}_{(1+x_1)}(\text{Mn}_{1-y_1}\text{A}'_{y_1})_{2-x_1}\text{O}_{z_1}$ 所代表。於另一個實例，錳酸尖晶石係由 $\text{Li}_{1+x_7}\text{Mn}_{2-y_7}\text{O}_{z_7}$ 所代表，較佳為 LiMn_2O_4 。於一個特定實例，錳酸尖晶石係由 $\text{Li}_{(1+x_1)}(\text{Mn}_{1-y_1}\text{A}'_{y_1})_{2-x_1}\text{O}_{z_1}$ 所代表，且鎳酸鋰係包括鋰(Li)及鎳(Ni)原子之至少一個改性劑，諸如：由 $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ 所代表之一鎳酸

鋰，其中， x_5 、 y_4 、與 z_4 係各自獨立為大於 0.0 且等於或
 小於約 0.2。於一第二個特定實例，錳酸尖晶石係由
 $\text{Li}_{(1+x_1)}(\text{Mn}_{1-y_1}\text{A}'_{y_1})_{2-x_1}\text{O}_{z_1}$ 所代表，且鎳酸鋰係由
 $\text{Li}_{x_3}\text{Ni}_{(1-z_3)}\text{M}'_{z_3}\text{O}_2$ 所代表，較佳為 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ ，更
 佳為塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 。於一第三個特定
 實例，錳酸尖晶石係由 $\text{Li}_{(1+x_1)}(\text{Mn}_{1-y_1}\text{A}'_{y_1})_{2-x_1}\text{O}_{z_1}$ 所代表，
 且鎳酸鋰係 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 。於一第四個特定實例，
 錳酸尖晶石係由 $\text{Li}_{1+x_7}\text{Mn}_{2-x_7}\text{O}_4$ 所代表，較佳為 $\text{Li}_{1+x}\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$
 ○ 與其修改具有鋁 (Al) 與鎂 (Mg) 之變化者，且鎳酸鋰係由
 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 與塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$
 所組成的群組而選出。

於一第十四實施例，本發明之一種活性陰極材料係包
 括：如上所述之二或多個鎳酸鋰。於一個實例，活性陰極
 材料係包括 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 。於一個特定實例，活性
 陰極材料係包括 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 與一鎳酸鋰，其包括
 ○ 鋰 (Li) 及鎳 (Ni) 原子之至少一個改性劑，諸如：由
 $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ 所代表之一鎳酸鋰，其中， x_5 、
 y_4 、與 z_4 係各自獨立為大於 0.0 且等於或小於約 0.2。較佳
 而言，於此實例，該等鎳酸鋰係於 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ ：
 $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ 之一比值為約 0.7:0.3 至約
 0.3:0.7。於另一個特定實例，活性陰極材料係包括
 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 與 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ ，更佳為塗覆
 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 。較佳而言，於此實例，該
 等鎳酸鋰係於 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ ： $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 之

一比值為約 0.8:0.2 至約 0.2:0.8。

本發明之另一個層面係針對於其運用上述之本發明的活性陰極材料之一種鋰離子電池。較佳而言，該種電池係具有大於每個電池為約 2.2 安培小時之容量。更佳而言，該種電池係具有大於每個電池為約 3.0 安培小時之容量，諸如：等於或大於每個電池為約 3.3 安培小時；等於或大於每個電池為約 3.5 安培小時；等於或大於每個電池為約 3.8 安培小時；等於或大於每個電池為約 4.0 安培小時；等於或大於每個電池為約 4.2 安培小時；於每個電池為約 3.0 安培小時與每個電池為約 6 安培小時之間；於每個電池為約 3.3 安培小時與每個電池為約 6 安培小時之間；於每個電池為約 3.3 安培小時與每個電池為約 5 安培小時之間；於每個電池為約 3.5 安培小時與每個電池為約 5 安培小時之間；於每個電池為約 3.8 安培小時與每個電池為約 5 安培小時之間；以及，於每個電池為約 4.0 安培小時與每個電池為約 5 安培小時之間。

於一個實施例，本發明之電池係包括一種活性陰極材料，其包括一混合物，包括：一鈷酸鋰與一鎳酸鋰之至少一者；及，由上述的一實驗式 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表的一錳酸尖晶石與由上述的一實驗式 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表的一橄欖石化合物之至少一者。於另一個實施例，本發明之電池係包括一種活性陰極材料，其包括一混合物，包括：一鈷酸鋰與其由塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 與 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所組成的群組

而選出的一鎳酸鋰之至少一者；及，一錳酸尖晶石，具有上述的一實驗式 $\text{Li}_{(1+x)7}\text{Mn}_{2-y}7\text{O}_{z7}$ 。於又一個實施例，本發明之電池係包括一種活性陰極材料，包括一混合物，其包括：一鎳酸鋰，其由塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 與 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所組成的群組而選出；及，一錳酸尖晶石，具有上述的一實驗式 $\text{Li}_{(1+x)7}\text{Mn}_{2-y}7\text{O}_{z7}$ 。該等電池係各自獨立具有如上所述的容量，較佳而言，大於每個電池為約 3.0 安培小時。

於一個較佳實施例，建立針對於本發明之電池的電池係利用其相較於目前運用於產業(諸如：針對於 18650 電池之情形)而依據每個電池的安培小時數(Ah/cell)為一較大的型式者。

第 1 圖係顯示一種圓柱形狀的鋰離子電池(10)，其包括：一正電極(1)，塗覆於一鋁箔；一負電極(2)，塗覆於一銅箔；一分離件(3)，定位於正與負電極之間；一罐(4)，含有繞製的成員；一電氣絕緣(自該罐)的頂部(5a)，其為摺壓於頂蓋(5b)(頂部可含有一電流中斷裝置(CID, current-interrupt device)、與一氣孔(5c))；鎳引線，其為電氣連接於頂部之陽極；及，一鋁引線(6)，其為電氣連接於該罐之陰極。一 PTC 開關(7)係可位於該罐之內側或外側。絕緣體亦為位於該罐之頂部(8)與底部(9)，其保持箔為免於彼此碰觸並且絕緣箔端與罐。

負活性材料(陽極)係可包括其允許鋰為插入於該材料或移出自該材料之任何材料。該等材料之實例係包括碳質

(carbonaceous)材料，例如：非石墨(non-graphitic)碳、人造(artificial)碳、天然石墨(natural graphite)、熱解(pyrolytic)碳、焦炭(coke)(諸如：瀝青(pitch)焦炭、針狀(needle)焦炭、石油(petroleum)焦炭)、石墨、玻璃態(vitreous)碳、或一熱處理的有機聚合物化合物，其為藉由碳化酚(phenol)樹脂、呋喃(furan)樹脂、或類似的碳纖維、與活性碳而得到。再者，金屬鋰、鋰合金、與其一合金或化合物係可運用作為負活性材料。尤其是，允許以形成具有鋰的一合金或化合物之金屬元素或半導體元素係可為第四族(group IV)的金屬元素或半導體元素，諸如而不限於：矽(Si)、或錫(Sn)。尤其是，非晶性(amorphous)的錫(其為摻雜具有諸如鈷或鐵/鎳之一過渡金屬)係具有針對於此等型式電池的陽極材料之高度指望的一種金屬。允許鋰為於相當低的電位而插入或移出於氧化物之氧化物(諸如：氧化鐵、氧化鈮、氧化鈾、氧化鎢、氧化鈦、與氧化錫)與氮化物係可類似為可運用作為負活性材料。

用於本發明之電池的正電極係包括：上述之本發明的活性陰極材料。尤其，本發明之電池係運用活性陰極材料，其包括二或多個優點：鎳酸鋰(例如： $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 或 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$)或鈷酸鋰(例如： LiCoO_2)之高的比(specific)容量；橄欖石化合物(例如： LiFePO_4)或錳酸尖晶石(例如： LiMn_2O_4)之相當高的安全性。當本發明之活性陰極材料係使用於其運用於本發明之鋰電池的一種正電極結構，造成的電池係充分安全且具有依據 Wh/kg 及/或 Wh/L

為高的容量。本發明之電池係依據絕對體積與每個電池的安培小時(Ah/cell)而典型具有其為較大之一形狀因數，相較於目前可利用的 18650 電池(即：183665 形狀因數)。增大的電池尺寸與容量係至少部分為由混合式的陰極之相對較高安全性而成為可能。針對於鋰電池之本發明的電池係相較於其僅利用 LiCoO_2 作為陰極材料之對應電池而可具有較為安全的性質，雖然該等電池係具有類似或較高的容量。

由於混合物之陰極成分的各者係具有獨特的化學性，具有適用於各個化學物之 SEI 形成的添加劑(additive)之一種電解質係特別為重要。舉例而言，具有針對於其含有錳酸尖晶石與鈷酸鋰之陰極與其含有石墨之陽極的電池之一種適合的電解質係可含有 LiBOB、PS、與 VC 之添加劑，其為適用於此等型式之化合物。

非水(non-aqueous)的電解質之實例係包括：一非水的電解溶液，藉由溶解一電解質鹽類(salt)於一非水的溶劑而備製；一固體電解質(含有一電解質鹽類之無機電解質或聚合物電解質)；及，一固體或膠狀的電解質，藉由混合或溶解一電解質於一聚合物化合物或類似者而備製。

非水的電解溶液係藉由溶解一鹽類於一有機溶劑而備製。有機溶劑係可包括其已經概括運用於此型式的電池之任何適合型式者。該等有機溶劑之實例係包括：碳酸丙烯(propylene carbonate)、碳酸次乙酯(ethylene carbonate)、碳酸二乙酯(diethyl carbonate)、碳酸二甲酯(dimethyl carbonate)、1,2-二甲氧基乙烷(1,2-dimethoxyethane)、1,2-

二乙氧基乙烷 (1,2-diethoxyethane)、 γ -丁內酯 (γ -butyrolactone)、四氫呋喃(tetrahydrofuran)、2-甲基四氫呋喃(2-methyl tetrahydrofuran)、1,3-二惡茂烷(二氧戊環) (1,3-dioxolane)、4-甲酯-1,3-二惡茂烷(4-methyl-1,3-dioxolane)、二乙基醚(乙醚)(diethyl ether)、(sulfolane)、甲基噻吩砜(methyl sulfolane)、乙腈(acetonitrile)、丙腈(乙基氰)(propionitrile)、苯甲醚(anisole)、乙酸鹽(acetate)、丁酸鹽(butyrate)、丙酸鹽(propionate)、與類似者。運用環狀(cyclic)碳酸鹽(諸如：碳酸丙烯)、或鏈狀(chain)碳酸鹽(諸如：碳酸二甲酯與碳酸二乙酯)係較佳。此等有機溶劑係可單獨運用或是於二或多個型式之一組合。

添加劑或穩定劑(stabilizer)亦可為存在於電解質，諸如：碳酸乙烯(VC, vinyl carbonate)、碳酸次乙酯乙烯(VEC, vinyl ethylene carbonate)、乙二醇二醋酸酯(EA, ethylene acetate)、磷酸三苯酯(TPP, triphenylphosphate)、磷嗪(phosphazenes)、LiBOB、LiBETI、LiTFSI、聯苯(BP, biphenyl)、亞硫酸丙烯(PS, propylene sulfite)、亞硫酸次乙酯(ES, ethylene sulfite)、碳酸烯丙基甲酯(AMC, allyl methyl carbonate)、與己二酸雙乙烯(APV, divinyl adipate)。此等添加劑係運用作為陽極與陰極穩定劑或阻燃劑(flame retardant)，其可使得電池係具有依據形成(formation)、循環效率、安全性與壽命而言為較高的性能。由於混合物之陰極成分的各者係具有獨特的化學性，具有適用於各個化學物之 SEI 形成的添加劑之一種電解質係特別為重要。舉例

而言，針對於具有尖晶石與鈷酸鹽之混合的陰極與一石墨之陽極的一鋰離子電池之一種適合的電解質係可含有 LiBOB、PS、與 VC 穩定劑之添加劑，其分別為適用於個別的化合物之 SEI 形成。

固體電解質係可包括一無機電解質、一聚合物電解質、與只要該材料為具有鋰離子的導電性之類似者。舉例而言，無機電解質係可包括：氯化鋰、碘化鋰、與類似者。聚合物電解質係由一電解質鹽類與一聚合物化合物所構成，於其，電解質鹽類係溶解。運用於聚合物電解質之聚合物化合物的實例係包括：諸如聚乙烯(polyethylene)氧化物與交聯聚乙烯(cross-linked polyethylene)氧化物之醚基(ether-based)的聚合物、聚甲基丙烯酸酯基(polymethacrylate ester-based)的聚合物、丙烯酸酯基(acrylate-based)的聚合物、及類似者。此等聚合物係可單獨運用或是於二或多個種類之一混合物或一共聚合物的形式。

凝膠(gel)電解質之一模型(matrix)係可為只要聚合物為藉由吸收上述的非水電解溶液所膠化之任何的聚合物。運用於凝膠電解質的聚合物之實例係包括氟碳(fluorocarbon)聚合物，諸如：聚偏二氟乙烯(PVDF, polyvinylidene fluoride)、聚乙烯-共-六氟丙烯(PVDF-HFP, polyvinylidene-co-hexafluoropropylene)、與類似者。

運用於凝膠電解質的聚合物之實例亦包括：聚丙烯腈(polyacrylonitrile)與聚丙烯腈之一共聚合物。運用於共聚合

化(copolymerization)之單基物(monomer)的實例(乙烯基的單基物)係包括：醋酸乙烯酯(vinyl acetate)、異丙烯酸甲酯(methyl methacrylate)、異丙烯酸丁酯(butyl methacrylate)、丙烯酸甲酯(methyl acrylate)、丙烯酸丁酯(butyl acrylate)、亞甲基丁二酸(itaconic acid)、氫化丙烯酸甲酯(hydrogenated methyl acrylate)、氫化丙烯酸乙酯(hydrogenated ethyl acrylate)、丙烯醯胺(acrylamide)、氯乙烯(vinyl chloride)、偏二氟乙烯(vinylidene fluoride)、與偏二氯乙烯(vinylidene chloride)。運用於凝膠電解質的聚合物之實例係更包括：丙烯腈(acrylonitrile)-丁二烯(butadiene)共聚合物橡膠、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(styrene)共聚合物樹脂、丙烯腈-氯化(chlorinated)-聚乙烯-丙二烯(propylenediene)-苯乙烯共聚合物樹脂、丙烯腈-氯乙烯共聚合物樹脂、丙烯腈-異丁烯酸樹脂、與丙烯腈-丙烯酸酯共聚合物樹脂。

運用於凝膠電解質的聚合物之實例係包括：醚基(ether baed)聚合物，諸如：聚乙烯氧化物、聚乙炔氧化物之共聚合物、與交聯聚乙炔氧化物。運用於共聚合化之單基物的實例係包括：聚丙烯氧化物、異丙烯酸甲酯、異丙烯酸丁酯、丙烯酸甲酯、與丙烯酸丁酯。

尤其，依據氧化-還原穩定度之觀點，一種氟碳聚合物係較佳為運用於凝膠電解質之模型。

運用於電解質的電解質鹽類係可為適用於此種型式之電池的任何電解質鹽類。電解質鹽類之實例係包括：

LiClO₄、LiAsF₆、LiPF₆、LiBF₄、LiB(C₆H₅)₄、LiB(C₂O₄)₂、CH₃SO₃Li、CF₃SO₃Li、LiCl、LiBr、與類似者。

參考回到第 1 圖，於本發明之一個實施例，分離件 3 係分開正電極 1 與負電極 2。分離件 3 係可包括其已經概括運用以形成此種型式之非水性電解質二次電池的分離件之任何薄膜狀材料，例如：由聚丙烯、聚乙烯、或該二者之一層狀組合所作成之一微多孔的聚合物薄膜。此外，若一固體電解質或凝膠電解質係運用作為電池 10 之電解質，分離件 3 係無須為設置。由玻璃纖維或纖維素材料所作成之一微多孔的分離件係可亦為運用於某些情形。分離件厚度係典型為於 9 與 25 微米之間。

正電極 2 係典型為藉由混合約為 94 wt%之陰極材料、連同約為 3 wt%之一導電劑(例如：乙炔碳黑(acetylene black))、與約為 3 wt%之一黏合劑(例如：PVDF)而製造。混合物係散開於一溶劑(例如：N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP, N-methyl-2-pyrrolidone))，藉以備製一漿料(slurry)。此漿料係接著為施加至其典型具有厚度約為 20 微米的一鋁(Al)集電器箔(foil)之二個表面，且乾燥於約為攝氏 100 至 150 度。乾燥的電極係接著由一滾壓機所登錄，以得到一壓縮後的正電極。

負電極係典型為藉由混合約為 93 wt%之石墨(作為陰極材料)、約為 3 wt%之導電碳(例如：乙炔碳黑)、與約為 4 wt%之一黏合劑(例如：PVDF)而備製。負電極係接著為由此種混合物而備製於一過程，其為類似於針對於正電極之上

述者，除了典型為 10 至 15 微米之一銅(Cu)集電器箔係運用。

負與正電極以及一聚合物薄膜(例如：聚乙烯)所形成之厚度約為 25 微米的一分離件(具有微氣孔)係層壓且螺旋繞製以產生一螺旋型式的電極元件。較佳而言，此捲件係具有一長橢圓(oblong)形狀。

一或多個正引線載流接片(tab)係附接至正集電器，且接著為焊接至電池頂部。舉例而言，一氣孔係亦可利用於電池之頂部。由鎳金屬所作成之一負引線係連接負集電器至電池罐之底部。

含有例如 PC、EC、DMC、DEC 溶劑以及 1M LiPF₆ 與各者為於 0.5 至 3 wt.% 的適合添加劑(諸如：VC、LiBOB、PF、LiTFSI、BP)之一電解質係真空填充於其具有螺旋繞製的“薄捲(jelly roll)”之電池罐 4，且電池係接著為經由一絕緣密封填塞物(gasket) 8 而密封。一安全閥 5c、電流中斷裝置、與一 PTC 裝置亦可為存在於電池頂部，以增強安全性。如於第 1 圖所示之其具有外徑 18 毫米與高度 65 毫米之一種圓柱形的非水性電解質鋰離子二次電池係運用於此產業之典型的鋰離子電池。

針對於具有如於第 2 圖所示之一長橢圓形狀的電池，針對於本發明的一圓柱狀電池之如上所述的一種類似方法係可運用，除了電池係備製且繞製以形成其具有一長橢圓形狀的電池，例如：具有厚度為 17 或 18 毫米、寬度為 44 或 36 毫米、以及高度為 65 毫米。

本發明之電池係可為圓柱狀或稜形(堆疊或是繞製)，較

佳為稜形，且更佳為長橢圓之一稜柱形狀。雖然本發明係可運用所有型式的稜形罐，一長橢圓形罐係部分為歸因於下述的二個特點而為較佳。

如於第 5(a)至 5(d)圖所示，當比較於相同的外部體積之堆疊時，一長橢圓形狀之可利用的內部容積(諸如：183665 形狀因數)係較大於二個 18650 電池之容積。尤其，第 5(a)與 5(b)圖係顯示一長橢圓形的橫截面(第 5(a)圖)對於針對二個 18650 電池之一圓柱形的橫截面(第 5(b)圖)之一比較。額外可用的空間係 12%。當組裝至一電池組，長橢圓形的電池係完全利用其為由該電池組所佔有的空間之較多者。此係致能對於內部電池成員之新穎的設計變化，其可提高關鍵的性能特徵而未犧牲電池容量，相對於現今產業所見者。諸如混合較高的安全性而相對為較低容量之成員、而且仍然實現高容量於封裝階層之設計特點係因此為可利用。此外，同樣為歸因於較大可利用的容積，具有相對較高的循環壽命之較薄的電極係可選取以運用。較薄的電極亦具有較高的速率(rate)能力。甚者，一長橢圓形(或稜形)的罐係具有較大的撓曲性。舉例而言，一長橢圓形狀係可相較於一圓柱形狀罐而更為彎曲於腰部(waist)點，圓柱形狀罐係由於堆疊壓力為增大於充電之時而允許較少的撓曲性。增大的撓曲性係減小於電極的機械疲乏，因而致使較高的循環壽命。此外，分離件氣孔阻塞情形係由於相對較低的堆疊壓力而改善。

允許相對較高的安全性之一特別期望的特點係可於長

橢圓形狀的罐為可利用，相較於其橫截面為顯示於第 5(c) 圖之稜形罐。長橢圓形狀係提供一適貼配合 (snug fit) 至薄捲，其使得必要於電池之電解質的量為最小化。相對較低量的電解質係造成於一誤用情況期間之較少利用的活性材料且因此為較高的安全性。此外，成本係歸因於較低量的電解質而為較低。就其具有一種堆疊電極結構之一稜形罐而論，其橫截面係顯示於第 5(d) 圖，全容積利用係可能為無不必要的電解質，但是此型式之罐設計係較為困難且因此依據製造觀點而言為較耗費成本。

於另一個層面，本發明係針對於一種電池組，其包括用於本發明的鋰離子電池之如上所述的一或多個電池。

於一個較佳實施例，該種電池組係包括複數個電池，且各個電池係包括上述的一種活性陰極材料。本發明之一電池組的電池係彼此為串聯或並聯、或是串聯及並聯連接 (例如：電池組係具有 2 個電池為並聯及 3 個電池為串聯，即，一種所謂的 “2p3s” 配置)。於一個特定實例，本發明之電池組的各個電池係包括一種活性陰極材料，其包括一混合物，包括：一鈷酸鋰與一鎳酸鋰之至少一者；及，由上述的一實驗式 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表的一錳酸尖晶石與由上述的一實驗式 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表的一橄欖石化合物之至少一者。於另一個特定實例，電池組之各個電池係包括一種活性陰極材料，其包括一混合物，包括：一鈷酸鋰與其由塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 與 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所組成的群組而選出的一鎳酸鋰之至

少一者；及，一錳酸尖晶石，具有上述的一實驗式 $\text{Li}_{(1+x)7}\text{Mn}_{2-y}7\text{O}_{z7}$ 。電池組之至少一個電池係具有其大於每個電池為約 3.0 安培小時之一容量。於又一個特定實例，電池組之各個電池係包括一種活性陰極材料，其包括一混合物，包括：一鎳酸鋰，其由塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 與 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所組成的群組而選出；及，一錳酸尖晶石，具有上述的一實驗式 $\text{Li}_{(1+x)7}\text{Mn}_{2-y}7\text{O}_{z7}$ 。較佳而言，納入於電池組之各個電池係具有其大於每個電池為約 3.0 安培小時之一容量。

於一個更佳實施例，該種電池組係包括複數個電池，且本發明之一電池組的電池係僅為串聯連接而並無電池為並聯連接。該種配置係示意說明於第 3 與 4 圖。該種電池組之非並聯的特徵係允許於該組的各個電池之較不昂貴的個別控制以及監視，而無須納入額外的電路以針對於其為並聯連接之電池的個別電池參數之偵測，其係歸因於納入於軟體之額外的演算法與探針端子而耗費成本及累贅。

第 3 圖係顯示本發明之一個實施例，其顯示本發明之三個電池為串聯連接。歸因於其較安全的性能特徵，此等電池係可相較於其運用 LiCoO_2 作為陰極活性材料的選取之電池而作成較大。此係允許連接電池為成組，而具有較少的電池為並聯連接。

第 4 圖係顯示本發明之電池組 30 的俯視透視圖，於其，本發明之三個電池 32 係彼此為串聯連接。

於一個特定實施例，本發明之電池組係具有一種 2p3s

配置，於其，電池係組裝於其具有並聯的 2 個電池及串聯的 3 個電池之組件，如為可見於典型運用於目前的膝上型電腦市面者之習用 18650 型式電池。於其他的實施例，本發明之電池組係具有 3s 或 4s 配置，利用由本發明所致能之較大的電池容量以簡化所造成的電池組，且因此降低其成本及改善安全性。

較佳而言，納入於電池組之電池係具有長橢圓形狀的罐 20，如概括顯示於第 2 圖。針對於此形狀之優先選擇係說明於第 5 圖，且包括：全容積利用、無不必要的電解質於電池罐之內、以及相對的製造容易度。於該種電池組的電池之容量係典型為等於或大於約 3.3 安培小時(Ah)。電池之內部阻抗係較佳為小於約 50 毫歐姆，更佳為小於 30 毫歐姆。

上述之本發明的一種新穎電池設計係可運用一較大的電池尺寸且可潛在取代二個並聯的 18650 電池(2p 區塊)。運用此配置之一個優點係在於：控制電子電路係可監視於區塊之僅有一個電池而非為二個，其為針對於 18650 電池之 2p 區塊的情形者。此型式之監視係可允許偵測於電池之缺陷(諸如：短路)，針對於其具有一個缺陷電池與一個無缺陷電池的一區塊係可能為未偵測出之錯誤。此外，成本優點係可為實現，藉由運用每個電池組之相對較少的電池成員，諸如 PTC 與 CID 裝置以及其連接電池於並聯且連接至控制電路之電子接線。

為了提高於 18650 電池之容量，諸如 Sony、Sanyo、

MBI (Panasonic)、LG 與 Samsung 之公司係自從於 90 年代早期而已經逐漸增加於電池的活性材料(石墨與鈷酸鹽)之封裝(packing)階層。較高的封裝程度係已經部分為藉由增大其關於電極寬度的電極尺寸、增大之電極的緊實度、增大之電極的厚度、於陽極容量/陰極容量比值之過度容量的較小容許誤差、與於電池鋼罐(steel can)之薄捲(jelly-roll)的較為緊密配合而達成。然而，此等方式之一個缺陷係較小的安全性，如為近期於此領域之安全事件的一增大階層所見。另一個缺陷係減小的循環壽命。此外，一種典型的 18650 電池罐係由鋼所作成。隨著此型式電池之容量為增大，該等電極之密度與厚度、及連同於該罐之薄捲的封裝程度係增大。隨著鋰係於充電與放電時而添加及減除，於 18650 電池之陽極與陰極電極的石墨與金屬氧化物微粒係連續改變其尺寸。諸多的金屬氧化物材料係增大其尺寸，歸因於晶格參數之增大，當鋰係移除自該結構。 LiCoO_2 與 LiNiO_2 係陰極材料之二個實例，當鋰係逐漸移除自該結構而增大其 c 軸。同理，當鋰係插入至石墨，c 軸的晶格參數係增大。此係意味著：於充電其含有基於 LiCoO_2 與石墨的電極之一電池，陽極與陰極電極係均為增大其厚度。此係概括為導致於電池之一增大的堆疊壓力，由於鋼係可限制膨脹。於圓柱狀、習用之基於 LiCoO_2 的鋰電池之二種典型的老化(degradation)係相信為：(1)由堅固的圓柱狀鋼所加諸的增大堆疊壓力係將引起電極為阻塞分離件氣孔(pore)；及(2)相當厚的電極之機械疲乏係引起電極為較早的老化，歸因於其

導致減小的導電性之不良的連接性。

另一方面，於本文所述之本發明係實現的是：針對於其具有二或多種活性材料成分(一者為具有高的容量而另一者為具有相對較高的安全性)之陰極的電極材料之組合係可允許高安全性之鋰離子電池而且同時為達成於其運用彼等電池(尤其是長橢圓形狀的電池)之電池組的高容量。此外，該等電池係不僅是足夠安全及針對於商業化目的之高足夠能量，而且其亦為呈現極高的循環壽命。舉例而言，具有外部尺寸為高度約 64 毫米、寬度約 36 毫米與厚度約 18 毫米之長橢圓形狀的電池(參閱實例 4)係顯示相較於自 LG 與 SANYO 的商用 18650 電池(參閱實例 6)之較高的電壓、較佳的循環壽命、與較佳的速率(rate)能力。具有優越的循環壽命、高安全度、與高容量之較大的電池係亦可藉由利用本發明所作成。甚至是針對於電力電池(powercell)，相信的是：本發明係可替代於此技藝之 18650 型式或是 26 毫米直徑者之電力電池。此外，HEV 型式的電池係可裨益自本發明。

於又一個層面，本發明亦包括一種系統，其係包括一可攜式電子裝置與如上所述之一電池(cell 或 battery)(例如：鋰離子電池)、及電池組(pack)。可攜式電子裝置之實例係包括：膝上型電腦、動力工具、玩具、手機、攝錄影機(camcoder)、個人數位助理(PDA)、與混合式的電氣載具(vehicle)。於一個實施例，該種系統係包括本發明之一種電池組。該種電池組之特點係如上所述。

本發明係藉由以下的實例而說明，其無意為任何限制。

範例

實例 1-3 與一比較例

運用其包括放電容量、平均放電電壓、最初放電對(vs.)最初充電的效率、與材料密度之習知的活性陰極材料性能性質，性能特徵係可針對於由陰極材料的混合物所造成之電池而比較。針對於如上所述的一種鋰離子電池，一陰極係運用其包括鈷酸鋰(x%)、錳酸尖晶石(y%)、與鎳酸鋰(z%)之活性陰極材料的一混合物所組成者。錳酸尖晶石與鎳酸鋰的陰極材料係描述於上文的說明本文之較佳型式者。針對於此等陰極材料之性能特徵係代表於其代表類別之個別的陰極材料且針對於容量、平均放電電壓、最初循環效率、與密度係：鈷酸鋰—145 mAh/g、3.70 V、96.0%、4.9 g/cm³；錳酸尖晶石—115 mAh/g、3.80 V、94.0%、4.1 g/cm³；鎳酸鋰—180 mAh/g、3.50 V、92.0%、4.6 g/cm³。針對於當 x=40、y=60 與 z=0 之情形，此實例之造成的活性陰極材料係具有 127 mAh/g、3.75 V、94.8%、4.4 g/cm³ 之性質。

設計一種固定容量 5 安培小時(Ah)之鋰離子電池並且允許該電池的重量為變化以便達成容量需求係允許關鍵的電池性能與成本特徵之計算，針對於不同的陰極設計方案之比較。必須固定於電池設計之另外的關鍵參數係包括：電池橫截面積(4.4×6.4 cm)、電池厚度(1.85 cm)、陰極塗覆面積(2079 cm²)、陰極電極面積(2×1099 cm²)、陽極塗覆面積(2181 cm²)、陽極電極面積(2×1127 cm²)、分離件面積(2416

cm²)、鋁(Al)殼厚度(500 μm)與密度(3.70 g/cm³)、塗覆陰極形成(94%活性材料、3%導電碳、3%黏合劑)、陰極導電碳材料密度(1.50 g/cm³)、陰極黏合劑材料密度(1.80 g/cm³)、陰極多孔性(20%)、陰極鋁(Al)箔(foil)厚度(15 μm)與密度(2.70 g/cm³)、塗覆陽極形成(93%活性材料、2%導電碳、5%黏合劑)、陽極活性材料容量(330 mAh/g)與密度(2.20 g/cm³)、陽極最初放電 vs. 最初充電效率(93%)、陽極導電碳材料密度(1.50 g/cm³)、陽極黏合劑材料密度(1.80 g/cm³)、陽極多孔性(30%)、銅(Cu)陽極箔厚度(12 μm)與密度(8.90 g/cm³)、陽極/陰極的容量比值(1:1)、分離件厚度(25 μm)與多孔性(45%)、電解質密度(1.20 g/cm³)、電池的絕緣體與接片重量(1.00 g)、塗覆溶劑特質(NMP)與百分率(容積為60%)、以及關聯的材料成本參數。

運用於此實例所述的陰極材料而造成之鋰離子電池係具有於表 2 所顯示之性質。

表 2

陰極材料	能量密度 (Wh/L)	成本 (\$/Wh)	針對於 3 個 電池組的電池 材料成本(\$)	優點 vs. LiCoO ₂
實例 1 (x=40,y=60,z=0)	407	0.176	13.76	能量密度、成本、安全性
實例 2 (x=15,y=15,z=70)	406	0.162	12.64	能量密度、成本、安全性
實例 3 (x=20,y=60,z=20)	404	0.166	12.85	能量密度、成本、安全性
比較例 1 (x=100)	401	0.208	15.97	

實例 4：具有其包括 LiCoO₂/ LiMn₂O₄ 的活性陰極材料

之高容量之一長橢圓形電池

具有針對於 $\text{LiCoO}_2:\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 的一重量比值 70:30 之 94 wt.% 的混合陰極、3 wt.% 的碳黑(carbon black)、與 3 wt.% 的 PVDF 係進行攪拌(stirring)而混合於 NMP。電極漿料(slurry)係塗覆於一 15 微米厚之鋁(Al)集電器。鋁(Al)集電器係具有尺寸為寬度 56 毫米與長度 1568 毫米。漿料係塗覆於鋁(Al)集電器之二側。塗覆長度係針對於側 1 與側 2 而分別為 1510 毫米與 1430 毫米。處理媒介 NMP 係藉著以攝氏 150 度加熱塗覆的電極於數分鐘而移除。電極係按壓以控制塗覆密度。二側式塗覆係相同於每個層面。總電極之厚度係 140 微米。組成的陰極密度係 3.6 g/cc。具有約為寬度 3 毫米、長度 55 毫米、與厚度 0.2 毫米之二個鋁(Al)接片(tab)係焊接至未塗覆的鋁(Al)集電器。

93 wt.% 的石墨、2 wt.% 的碳黑、與 5 wt.% 的 PVDF 黏合劑(binder)係進行攪拌而混合於 NMP。電極漿料係塗覆於一 12 微米厚之銅(Cu)集電器。銅(Cu)集電器係具有尺寸為寬度 57.5 毫米與長度 1575 毫米。該漿料係塗覆於銅(Cu)集電器之二側。塗覆長度係針對於側 1 與側 2 而分別為 1495 毫米與 1465 毫米。處理媒介 NMP 係藉著以攝氏 150 度加熱塗覆的電極於數分鐘而移除。電極係按壓以控制塗覆密度。二側式塗覆係相同於每個層面。總電極之厚度係 130 微米。組成的陽極密度係 1.8 g/cc。具有約為寬度 3 毫米、長度 55 毫米、與厚度 0.2 毫米之二個鎳(Ni)接片係焊接至未塗覆的銅(Cu)集電器。

陰極與陽極係由一微多孔(microporous)的分離件(separator)所分離，該分離件係具有厚度 25 微米、寬度 60 毫米與長度 310 公分。其為捲繞於一薄捲(jelly-roll)。薄捲係按壓為一稜形的樣式。

按壓的薄捲係插入於一稜形的鋁(Al)殼，其具有鋁(Al)厚度為 0.4 毫米。該殼係具有約為高度 64 毫米、寬度 36 毫米、與厚度 18 毫米之一外部尺寸。正接片係焊接於頂部的鋁(Al)蓋，而負接片係焊接於通過鋁(Al)殼之一接線。一鋁(Al)蓋係焊接於鋁(Al)殼。約為 10 克 1M LiPF_6 EC/PC/EMC/DMC 電解質溶液係於真空而添加至該電池。在形成之後，電池係完全密封。

此電池係具有於 C/5 放電率之一容量 4.4 安培小時(Ah)。標稱電壓係 3.7 伏特(V)。總電池重量係約為 89 克(g)。電池能量密度係約為 183 瓦特小時/公斤(Wh/kg)與 440 瓦特小時/公升(Wh/liter)。

實例 5A (預示(prophetic)實例)：具有其包括 $\text{LiCoO}_2/\text{LiMn}_{1.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_4$ 的活性陰極材料之一電池

於此實例，具有其包括 $\text{LiCoO}_2/\text{LiMn}_{1.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_4$ 的活性陰極材料之一種稜形的電池係設計。此種電池係藉著如上所述於實例 4 之一個類似程序而作成。針對於此個實例，陰極混合物係包括：具有針對於 $\text{LiCoO}_2:\text{LiMn}_{1.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_4$ 的一重量比值 70:30 之 94 wt.%的混合陰極、3 wt.%的碳黑、與 3 wt.%的 PVDF。電極漿料係塗覆於一 15 微米厚之鋁(Al)集電器。鋁(Al)集電器係具有尺寸為寬度 56 毫米與長度

1913 毫米。漿料係塗覆於鋁(Al)集電器之二側。塗覆長度係針對於側 1 與側 2 而分別為 1913 毫米與 1799 毫米。處理媒介 NMP 係藉著以攝氏 150 度加熱塗覆的電極於數分鐘而移除。電極係按壓以控制 25%容積之多孔性。二側式的塗覆係於每個層面為相同。單一塗覆層之厚度係 50 微米。組成的陰極密度係 3.36 g/cc。具有寬度 5 毫米、長度 64 毫米、與厚度 0.1 毫米之一個鋁(Al)接片係焊接至未塗覆的鋁(Al)集電器。

93 wt.%的石墨、2 wt.%的碳黑、與 5 wt.%的 PVDF 黏合劑係進行攪拌而混合於 NMP。電極漿料係塗覆於一 12 微米厚之銅(Cu)集電器。銅(Cu)集電器係具有尺寸為寬度 58 毫米與長度 1940 毫米。漿料係塗覆於銅(Cu)集電器之二側。塗覆長度係針對於側 1 與側 2 而分別為 1903 毫米與 1857 毫米，而保留 10 毫米之銅(Cu)為未塗覆。處理媒介 NMP 係藉著以攝氏 150 度加熱塗覆的電極於數分鐘而移除。電極係按壓以控制 37%容積之多孔性。二側式塗覆係於每個層面為相同。且，單一塗覆層之厚度係 53 微米。計算之組成的陽極密度係 1.35 g/cc。具有寬度 5 毫米、長度 64 毫米、與厚度 0.5 毫米之一個鎳(Ni)接片係焊接至未塗覆的銅(Cu)集電器。

陰極與陽極係由一微多孔的分離件所分離，該分離件係具有厚度 25 微米、寬度 60 毫米與長度 4026 毫米。然後，其為捲繞於一薄捲。薄捲係按壓為一稜形的樣式。

按壓的薄捲係插入於一矩形的鋁(Al)殼，其具有鋁(Al)

厚度為 0.5 毫米。該殼係具有高度 64 毫米、寬度 44 毫米、與厚度 17 毫米之一外部尺寸。正接片係焊接於頂部的鋁(Al)蓋，而負接片係焊接於鋁(Al)殼。一鋁(Al)蓋係焊接於鋁(Al)殼。約為 12.3 克 1M LiPF_6 EC/EMC/DMC 電解質溶液係於真空而添加至電池。在形成之後，電池係完全密封。

此電池係具有於 C/5 放電率之一計算的容量 4.5 安培小時(Ah)。計算的標稱電壓係 3.7 伏特(V)。總計算的電池重量係約為 96 克(g)。計算的電池能量密度係大約為 174 瓦特小時/公斤(Wh/kg)與 350 瓦特小時/公升(Wh/L)。

實例 5B(預示實例): 具有其包括 $\text{LiCoO}_2/\text{LiMn}_{1.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_4$ / $\text{LiNi}_{0.8}\text{Al}_{0.05}\text{Co}_{0.15}\text{O}_2$ 的活性陰極材料之一電池

於此實例，具有其包括 $\text{LiCoO}_2/\text{LiMn}_{1.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_4/\text{LiNi}_{0.8}\text{Al}_{0.05}\text{Co}_{0.15}\text{O}_2$ 的活性陰極材料之一種稜形的電池係設計。此種電池係藉著如上所述於實例 4 之一個類似程序而作成。

具有針對 $\text{LiCoO}_2:\text{LiMn}_{1.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_4:\text{LiNi}_{0.8}\text{Al}_{0.05}\text{Co}_{0.15}\text{O}_2$ 的一重量比值 10:50:40 之 94 wt.%的混合陰極、3 wt.%的碳黑、與 3 wt.%的 PVDF 係進行攪拌而混合於 NMP。電極漿料係塗覆於一 15 微米厚之鋁(Al)集電器。鋁(Al)集電器係具有尺寸為寬度 56 毫米與長度 1913 毫米。漿料係塗覆於鋁(Al)集電器之二側。塗覆長度係針對於側 1 與側 2 而分別為 1913 毫米與 1799 毫米。處理媒介 NMP 係藉著以攝氏 150 度加熱塗覆的電極於數分鐘而移除。電極係按壓以控制 25%容積之多孔性。二側式塗覆係於每個層面為相同。且，單一

塗覆層之厚度係 56 微米。計算之組成的陰極密度係 3.2 g/cc。具有寬度 5 毫米、長度 64 毫米、與厚度 0.1 毫米之一個鋁(Al)接片係焊接至未塗覆的鋁(Al)集電器。

93 wt.%的石墨、2 wt.%的碳黑、與 5 wt.%的 PVDF 黏合劑係進行攪拌而混合於 NMP。電極漿料係塗覆於一 12 微米厚之銅(Cu)集電器。銅(Cu)集電器係具有尺寸為寬度 58 毫米與長度 1940 毫米。漿料係塗覆於銅(Cu)集電器之二側。塗覆長度係針對於側 1 與側 2 而分別為 1903 毫米與 1857 毫米，而保留 10 毫米之銅(Cu)為未塗覆。處理媒介 NMP 係藉著以攝氏 150 度加熱塗覆的電極於數分鐘而移除。電極係按壓以控制 37%容積之多孔性。二側式塗覆係於每個層面為相同。單一塗覆層之厚度係 60 微米。計算之組成的陽極密度係 1.35 g/cc。具有寬度 5 毫米、長度 64 毫米、與厚度 0.5 毫米之一鎳(Ni)接片係焊接至未塗覆的銅(Cu)集電器。

陰極與陽極係由一微多孔的分離件所分離，該分離件係具有厚度 25 微米、寬度 60 毫米與長度 4026 毫米。其為捲繞於一薄捲。然後，薄捲係按壓為一稜形的樣式。

按壓的薄捲係插入於一矩形的鋁(Al)殼，其具有鋁(Al)厚度為 0.5 毫米。該殼係具有高度 64 毫米、寬度 44 毫米、與厚度 17 毫米之一外部尺寸。正接片係焊接於頂部的鋁(Al)蓋，而負接片係焊接於鋁(Al)殼。一鋁(Al)蓋係焊接於鋁(Al)殼。約為 12.3 克 1M LiPF_6 EC/EMC/DMC 電解質溶液係於真空而添加至電池。在形成之後，電池係完全密封。

此種電池係具有於 $C/5$ 放電率之一計算的容量 5 安培小時(Ah)。計算的標稱電壓係 3.67 伏特(V)。總計算的電池重量係約為 101 克(g)。計算的電池能量密度係大約為 181 瓦特小時/公斤(Wh/kg)與 362 瓦特小時/公升(Wh/L)。

實例 6：電池測試

實例 4 之電池係循環使用(即：充電及放電)如後所述。

該電池係以一固定電流 $0.7C$ 而充電至一電壓 4.2 伏特且接著為運用一固定電壓 4.2 伏特而充電。固定電壓充電係當電流為達到 44 毫安培而終止。在置放於開路狀態為 30 分鐘之後，其為以一固定電流 $C/5$ 而放電。放電係當電池電壓為達到 2.75 伏特而終止。此等程序係重複 3 次。

接著，電池係以一固定電流 $0.7C$ 而充電至一電壓 4.2 伏特且接著隨後為運用一固定電壓 4.2 伏特而充電。固定電壓充電係當電流為達到 44 毫安培而終止。在置放於開路狀態為 30 分鐘之後，其為以一固定電流 $1C$ 而放電。放電係當該電池電壓為達到 2.75 伏特而終止。此等程序係連續重複以得到循環壽命資料。

針對於速率能力測試，八個電池係如上所述而充電，且放電係運用其範圍為自 $C/5$ 至 $2C$ 之值的不同電流速率而實行至 2.75 伏特。

作為一個比較實例，韓國首爾市的 LG 公司(“LG”)之一 LG 18650 電與一 SANYO 18650 電池係藉著上述的程序而測試。電池係典型為測試於攝氏 23 度(室溫)與攝氏 60 度。電池測試之結果係顯示於第 6 至 9 圖。如為可見於第 6

至 9 圖，本發明之一種電池係顯示較高的電壓(第 6 圖)、於室溫之較佳的循環壽命(第 7 圖)、於攝氏 60 度之較佳的循環壽命(第 8 圖)、以及較佳的速率能力(第 9 圖)。

等效者

儘管本發明係已經特別為關於其較佳實施例而顯示及說明，熟悉此技藝人士係將瞭解的是：於形式與細節之種種的變化係可作成於其而未偏離由隨附的申請專利範圍所涵蓋之本發明的範疇。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係一種圓柱狀鋰離子電池的截面圖，其典型為現今商業運用者且特定代表一種 18650 型式之鋰離子電池。

第 2 圖係用於本發明之一種鋰離子電池的一長橢圓狀罐之一實例的示意代表圖。

第 3 圖係示意電路圖，其顯示於本發明之電池係當其共同配置於一電池組而較佳為如何連接。

第 4 圖係本發明之一種電池組的照相俯視透視圖。

第 5(a)-5(d)圖係示意圖，其比較不同的電池形狀因數之不同的空間利用，包括：本發明之電池(第 5(a)圖)與其典型為現今運用者的商用電池之比較實例，其包括並聯的二個 18650 電池(第 5(b)圖)、含有一繞製的薄捲電極結構之一稜狀電池(第 5(c)圖)與含有一堆疊電極結構之一稜狀電池(第 5(d)圖)。

第 6 圖係圖表，其顯示本發明之一種電池與一種控制電池於室溫之典型的充電曲線。

第 7 圖係圖表，其顯示本發明之一種電池與二種控制電池於室溫之充電-放電循環期間的相對容量維持：循環條件：固定電荷固定電壓(CCCV)充電，運用 0.7C 固定電荷且隨後為固定電壓充電於 4.2V 且接著為 1C 放電至 2.75V。

第 8 圖係圖表，其顯示本發明之一種電池與一種控制電池於攝氏 60 度之充電-放電循環期間的相對容量維持，於第 7 圖所述的條件之下。

第 9 圖係圖表，其顯示對於本發明之八個電池與二個控制商用 18650 電池的一平均與標準偏差之速率能力，於其，電池係於第 7 圖所述的條件之下而充電且為以圖示的速率而放電至 2.75V。

【主要元件符號說明】

- 1 正電極(陰極)
- 2 負電極(陽極)
- 3 分離件
- 4 鋼罐(負端子)
- 5a 頂部絕緣體
- 5b 頂蓋(正端子)
- 5c 氣孔(安全閥)
- 6 鋁引線(陰極接片)
- 7 PTC 開關
- 8 頂部絕緣體(填塞物)
- 9 底部絕緣體
- 10 鋰離子電池

20 電池

30 電池組

32 電池

發明專利說明書

分割案

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※申請案號： 99143455

※申請日期： 94.12.27

※IPC 分類： H01M 4/525 (2006.01)

原申請案號： 094146670

10/0525 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

鋰離子二次電池

LITHIUM-ION SECONDARY BATTERY

二、中文發明摘要：

於一個實施例，一種活性陰極材料係包含一混合物，其包括：一鈷酸鋰與一鎳酸鋰之至少一者；及，由一實驗式 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表的一錳酸尖晶石、與由一實驗式 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表的一橄欖石化合物之至少一者。於另一個實施例，一種活性陰極材料係包含一混合物，其包括：一鎳酸鋰，選自其為由塗覆 LiCoO_2 之 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ 與 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所組成的群組；及，一錳酸尖晶石，其為由一實驗式 $\text{Li}_{(1+x7)}\text{Mn}_{2-y7}\text{O}_{z7}$ 所代表。一種鋰離子電池與一種電池組係各自為獨立運用其包括如上所述的一種活性陰極材料之一陰極。一種形成鋰離子電池之方法係包括步驟：形成如上所述的一種活性陰極材料；藉由該活性陰極材料而形成一陰極電極；及，形成一陽極電極，經由一電解質而為電氣接觸於該陰極。一種系統係包含：一種可攜式電子裝置；及，如上所述的一種電池組或鋰離子電池。

三、英文發明摘要：

In one embodiment, an active cathode material comprises a mixture that includes: at least one of a lithium cobaltate and a lithium nickelate; and at least one of a manganate spinel represented by an empirical formula of $\text{Li}_{(1+x)}(\text{Mn}_{1-y}\text{A}'_{y})_{2-x}\text{O}_{z1}$ and an olivine compound represented by an empirical formula of $\text{Li}_{(1-x)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$. In another embodiment, an active cathode material comprises a mixture that includes: a lithium nickelate selected from the group consisting of LiCoO_2 -coated $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$, and $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$; and a manganate spinel represented by an empirical formula of $\text{Li}_{(1+x)}\text{Mn}_{2-y}\text{O}_{z7}$. A lithium-ion battery and a battery pack each independently employ a cathode that includes an active cathode material as described above. A method of forming a lithium-ion battery includes the steps of forming an active cathode material as described above; forming a cathode electrode with the active cathode material; and forming an anode electrode in electrical contact with the cathode via an electrolyte. A system comprises a portable electronic device and a battery pack or lithium-ion battery as described above.

七、申請專利範圍：

1.一種活性陰極材料，其包含一混合物，該混合物包括：

a)由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之鎳酸鋰，其中

$x4$ 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

$x5$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$y4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$z4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A^* 為由鋁、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於 2.1；及

b)下列之至少一者，

(i)鈷酸鋰，其視需要包含鋰與鈷原子至少一者的改性劑，其中該鋰改性劑為鎂和鈉之至少一者，且該鈷改性劑為鎂、鈉、鋁、錳、硼、鈦及鎳之至少一者，以及錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者，及

(ii)由實驗式 $\text{Li}_{x3}\text{Ni}_{(1-z3)}\text{M}'_{z3}\text{O}_2$ 所代表之鎳酸鋰，其中 $0.05 < x3 < 1.2$ ， $0 < z3 < 0.5$ ，且 M' 是一或多種選自於鈷、錳、鋁、硼、鈦、鎂、鈣與鋇所組成群組之元素。

2.如申請專利範圍第 1 項之活性陰極材料，其中 $x5$ 等於零。

3.如申請專利範圍第 2 項之活性陰極材料，其中該鈷酸鋰具有 LiCoO_2 之實驗式。

4.如申請專利範圍第 2 項之活性陰極材料，其中該活性

陰極材料之鎳酸鋰為 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 。

5.如申請專利範圍第4項之活性陰極材料，其進一步包括具有下式之錳酸尖晶石：

$\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ ，其中：

$x1$ 係等於或大於 0.01 且等於或小於 0.3；

$y1$ 係大於 0.0 且等於或小於 0.3；

$z1$ 係等於或大於 3.9 且等於或小於 4.1；且

A' 為由鎂、鋁、鈷、鎳與鉻所組成群組之至少一個成員。

6.如申請專利範圍第5項之活性陰極材料，其中該活性陰極材料包括鈷酸鋰，且其中 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ ： $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ ：鈷酸鋰之比值為約 0.05 與約 0.8 之間：0.3 與約 0.7 之間：約 0.05 與約 0.8 之間。

7.如申請專利範圍第2項之活性陰極材料，其中該陰極材料包括鈷酸鋰，以及錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者。

8.如申請專利範圍第2項之活性陰極材料，其包括具有式 $\text{Li}_{(1+x7)}\text{Mn}_{(2-y7)}\text{O}_{z7}$ 之錳酸尖晶石，其中 $x7$ 與 $y7$ 各獨立地等於或大於 0.0 且等於或小於 1.0，而 $z7$ 等於或大於 3.9 且等於或小於 4.2。

9.一種鋰離子電池，其包括一種包含一混合物之活性陰極材料，該混合物包括：

a)由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之鎳酸鋰，其中

x_4 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

x_5 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

y_4 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

z_4 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A^* 為由鋁、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於 2.1；及

b) 下列之至少一者，

(i) 鈷酸鋰，其視需要包含鋰與鈷原子至少一者的改性劑，其中該鋰改性劑為鎂和鈉之至少一者，且該鈷改性劑為鎂、鈉、鋁、錳、硼、鈦及鎳之至少一者，以及錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者，及

(ii) 由實驗式 $Li_{x_3}Ni_{(1-z_3)}M'_{z_3}O_2$ 所代表之鎳酸鋰，其中 $0.05 < x_3 < 1.2$ ， $0 < z_3 < 0.5$ ，且 M' 是一或多種選自於鈷、錳、鋁、硼、鈦、鎂、鈣與鋇所組成群組之元素。

10. 一種電池組，其包含複數個電池，其中各個電池包括一種包含一陰極混合物之活性陰極材料，該陰極混合物包括：

a) 由實驗式 $Li_{x_4}A^*_{x_5}Ni_{(1-y_4-z_4)}Co_{y_4}Q_{z_4}O_a$ 所代表之鎳酸鋰，其中

x_4 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

x_5 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

y_4 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

z_4 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A*為由鋁、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於 2.1；及

b)下列之至少一者，

(i)鈷酸鋰，其視需要包含鋰與鈷原子至少一者的改性劑，其中該鋰改性劑為鎂和鈉之至少一者，且該鈷改性劑為鎂、鈉、鋁、錳、硼、鈦及鎳之至少一者，以及錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者，及

(ii)由實驗式 $\text{Li}_{x3}\text{Ni}_{(1-z3)}\text{M}'_{z3}\text{O}_2$ 所代表之鎳酸鋰，其中 $0.05 < x3 < 1.2$ ， $0 < z3 < 0.5$ ，且 M'是一或多種選自於鈷、錳、鋁、硼、鈦、鎂、鈣與鋁所組成群組之元素。

11.如申請專利範圍第 10 項之電池組，其中該電池為串聯而且無電池為並聯連接。

12.一種活性陰極材料，其包含一混合物，該混合物包括：

a)由實驗式 $\text{Li}_{x3}\text{Ni}_{(1-z3)}\text{M}'_{z3}\text{O}_2$ 所代表之鎳酸鋰，其中 $0.05 < x3 < 1.2$ ， $0 < z3 < 0.5$ ，且 M'是一或多種選自於鈷、錳、鋁、硼、鈦、鎂、鈣與鋁所組成群組之元素；及

b)下列之至少一者，

(i)鈷酸鋰，其視需要包含鋰與鈷原子至少一者的改性劑，其中該鋰改性劑為鎂和鈉之至少一者，且該鈷改性劑為鎂、鈉、鋁、錳、硼、鈦及鎳之至少一者，以及錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者，及

(ii)由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之

鎳酸鋰，其中

x_4 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

x_5 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

y_4 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

z_4 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A^* 為由鋁、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於 2.1。

13. 一種鋰離子電池，其包括一種包含一混合物之活性陰極材料，該混合物包括：

a) 由實驗式 $Li_{x_3}Ni_{(1-z_3)}M'_{z_3}O_2$ 所代表之鎳酸鋰，其中 $0.05 < x_3 < 1.2$ ， $0 < z_3 < 0.5$ ，且 M' 是一或多種選自於鈷、錳、鋁、硼、鈦、鎂、鈣與鋁所組成群組之元素；及

b) 下列之至少一者，

(i) 鈷酸鋰，其視需要包含鋰與鈷原子至少一者的改性劑，其中該鋰改性劑為鎂和鈉之至少一者，且該鈷改性劑為鎂、鈉、鋁、錳、硼、鈦及鎳之至少一者，以及錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者，及

(ii) 由實驗式 $Li_{x_4}A^*_{x_5}Ni_{(1-y_4-z_4)}Co_{y_4}Q_{z_4}O_a$ 所代表之鎳酸鋰，其中

x_4 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

x_5 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

y_4 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

z_4 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A*為由鋇、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於 2.1。

14.一種電池組，其包含複數個電池，其中各個電池包括一種包含一陰極混合物之活性陰極材料，該陰極混合物包括：

a)由實驗式 $\text{Li}_{x3}\text{Ni}_{(1-z3)}\text{M}'_{z3}\text{O}_2$ 所代表之鎳酸鋰，其中 $0.05 < x3 < 1.2$ ， $0 < z3 < 0.5$ ，且 M'是一或多種選自於鈷、錳、鋁、硼、鈦、鎂、鈣與鋇所組成群組之元素；及

b)下列之至少一者，

(i)鈷酸鋰，其視需要包含鋰與鈷原子至少一者的改性劑，其中該鋰改性劑為鎂和鈉之至少一者，且該鈷改性劑為鎂、鈉、鋁、錳、硼、鈦及鎳之至少一者，以及錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者，及

(ii)由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之鎳酸鋰，其中

$x4$ 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

$x5$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$y4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$z4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A*為由鋇、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於 2.1。

15.如申請專利範圍第 14 項之電池組，其中該電池為串

聯而且無電池為並聯連接。

16.如申請專利範圍第 10 或 14 項之電池組，其中各電池是個別控制和監視。

17.一種活性陰極材料，其包含一混合物，該混合物包括：

(i) a) 鈷酸鋰和鎳酸鋰之至少一者，其中該鈷酸鋰為具有鈷酸鋰之鋰改性劑之改性鈷酸鋰，且其中該鋰改性劑為選自由鎂(Mg)和鈉(Na)所組成群組的至少一個成員，且其中該鎳酸鋰是由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表，其中

$x4$ 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

$x5$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$y4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$z4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A^* 為由鋇、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於 2.1；及

b) 錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者，其中，該錳酸尖晶石係由實驗式 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表，其中

$x1$ 等於或大於 0.01 且等於或小於 0.3；

$y1$ 大於 0.0 且等於或小於 0.3；

$z1$ 等於或大於 3.9 且等於或小於 4.1；且

A' 為由鎂、鋁、鈷、鎳與鉻所組成群組之至少一個成員，

且其中該橄欖石化合物係由實驗式 $Li_{(1-x2)}A''_{x2}MPO_4$ 所代表，其中：

$x2$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2；且

M 為由鐵、錳、鈷與鎂所組成群組之至少一個成員；且

A'' 為由鈉、鎂、鈣、鉀、鎳與鈮所組成的群組之至少一個成員；或

(ii) a) 由實驗式 $Li_{x4}A^*_{x5}Ni_{(1-y4-z4)}Co_{y4}Q_{z4}O_a$ 所代表之鎳酸鋰，其中：

$x4$ 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

$x5$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$y4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$z4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A^* 為由鋇、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於約 2.1；及

(b) 由實驗式 $Li_{(1+x7)}Mn_{(2-y7)}O_{z7}$ 所代表之錳酸尖晶石，其中 $x7$ 與 $y7$ 各獨立地等於或大於 0.0 且等於或小於 1.0，而 $z7$ 等於或大於 3.9 且等於或小於 4.2。

18.如申請專利範圍第 17 項之活性陰極材料，其中該鈷酸鋰進一步包括鈷改性劑，其中該鈷改性劑包括由錳(Mn)、鋁(Al)、硼(B)、鈦(Ti)、鎂(Mg)、鈣(Ca)與銦(Sr)所組成群組之至少一個成員。

19.如申請專利範圍第 17 項之活性陰極材料，其中該鎳酸鋰係經 LiCoO_2 塗覆。

20.如申請專利範圍第 19 項之活性陰極材料，其中該塗覆層為梯度覆層或點狀覆層。

21.如申請專利範圍第 17 項之活性陰極材料，其中該錳酸尖晶石為 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ ，其中 $x1$ 、 $y1$ 及 $z1$ 如申請專利範圍第 17 項中所定義。

22.如申請專利範圍第 21 項之活性陰極材料，其中鈷酸鋰：錳酸尖晶石：鎳酸鋰的比值為約 0.05 與約 0.3 之間：約 0.05 與約 0.30 之間：約 0.4 與約 0.9 之間的比值。

23.如申請專利範圍第 17 項之活性陰極材料，其中該鎳酸鋰為 $\text{Li}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ 。

24.如申請專利範圍第 23 項之活性陰極材料，其中該鎳酸鋰係經 LiCoO_2 。

25.如申請專利範圍第 24 項之活性陰極材料，其包括錳酸尖晶石。

26.如申請專利範圍第 25 項之活性陰極材料，其中該鎳酸鋰與錳酸尖晶石之比值是在約 0.9：0.1 與約 0.3：0.7 之間。

27.如申請專利範圍第 17 項之活性陰極材料，其包括至

少二種鎳酸鋰及錳酸尖晶石。

28.如申請專利範圍第 27 項之活性陰極材料，其中該鎳酸鋰與錳酸尖晶石是在約 0.05 與 0.8 之間：0.05 與約 0.9 之間的鎳酸鋰：錳酸尖晶石之比值內。

29.如申請專利範圍第 17 項之活性陰極材料，其包括鎳酸鋰及具有式 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}^{n_2}\text{MPO}_4$ 之橄欖石化合物，其中 x_2 如申請專利範圍第 17 項中所定義，且其中 M 為鐵或錳。

30.如申請專利範圍第 29 項之活性陰極材料，其中該鎳酸鋰與橄欖石化合物是在約 0.9：0.1 與約 0.5：0.5 之間的鎳酸鋰：橄欖石化合物之比值內。

31.如申請專利範圍第 29 項之活性陰極材料，其包括至少二種鎳酸鋰及具有式 $\text{Li}_{(1-x_2)}\text{A}^{n_2}\text{MPO}_4$ 之橄欖石化合物，其中 M 為鐵或錳。

32.如申請專利範圍第 31 項之活性陰極材料，其中該橄欖石化合物係經碳塗覆。

33.如申請專利範圍第 32 項之活性陰極材料，其中該鎳酸鋰與橄欖石化合物是在約 0.05 與約 0.9 之間：約 0.05 與 0.9 之間的鎳酸鋰：橄欖石化合物之比值內。

34.如申請專利範圍第 31 項之活性陰極材料，其中該橄欖石化合物為 LiFePO_4 和 LiMnPO_4 之至少一者。

35.如申請專利範圍第 34 項之活性陰極材料，其中該鎳酸鋰之一係由 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 所代表，而另一種鎳酸鋰則係由 $\text{Li}_{x_4}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ 所代表，其中 x_4 、 x_5 、 y_4 及 z_4 如申請專利範圍第 17 項中所定義。

36.如申請專利範圍第 35 項之活性陰極材料，其中該 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ ： $\text{Li}_{x4}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ ：橄欖石化合物之比值是在約 0.05 與約 0.8 之間：約 0.05 與約 0.7 之間：約 0.05 與約 0.9 之間的範圍內。

37.如申請專利範圍第 17 項之活性陰極材料，其包括錳酸尖晶石、鎳酸鋰及橄欖石化合物。

38.如申請專利範圍第 37 項之活性陰極材料，其中該錳酸尖晶石：橄欖石化合物：鎳酸鋰之比值是在約 0.05-0.9：約 0.05-0.9：約 0.05-0.9 之間。

39.如申請專利範圍第 17 項之活性陰極材料，其進一步包括式 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ 之鎳酸鋰。

40.如申請專利範圍第 39 項之活性陰極材料，其中該 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ ： $\text{Li}_{x4}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 之比值是在約 0.7：0.3 至約 0.3：0.7 之間。

41.如申請專利範圍第 17 項之活性陰極材料，其包括鎳酸鋰、鈷酸鋰及橄欖石化合物。

42.如申請專利範圍第 41 項之活性陰極材料，其中該鈷酸鋰：橄欖石化合物：鎳酸鋰之比值是在約 0.05 與約 0.3 之間：約 0.05 與約 0.3 之間：約 0.4 與約 0.9 之間的比值內。

43.如申請專利範圍第 17 項之活性陰極材料，其包括鈷酸鋰及鎳酸鋰二者。

44.一種鋰離子電池，其具有包括一種活性陰極材料之陰極，該活性陰極材料包含一陰極混合物，該陰極混合物包括：

(i) a) 鈷酸鋰和鎳酸鋰之至少一者，其中該鈷酸鋰為具有鈷酸鋰之鋰改性劑之改性鈷酸鋰，且其中該鋰改性劑為選自由鎂(Mg)和鈉(Na)所組成群組的至少一個成員，且其中該鎳酸鋰是由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^{*}_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表，其中

$x4$ 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

$x5$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$y4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$z4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A^{*} 為由鋁、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於 2.1；及

b) 錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者，其中，該錳酸尖晶石係由實驗式 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表，其中

$x1$ 等於或大於 0.01 且等於或小於 0.3；

$y1$ 大於 0.0 且等於或小於 0.3；

$z1$ 等於或大於 3.9 且等於或小於 4.1；且

A' 為由鎂、鋁、鈷、鎳與鉻所組成群組之至少一個成員，且

其中該橄欖石化合物係由實驗式 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中：

x_2 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2；且

M 為由鐵、錳、鈷與鎂所組成群組之至少一個成員；且

A'' 為由鈉、鎂、鈣、鉀、鎳與鈮所組成的群組之至少一個成員；或

(ii) a) 由實驗式 $\text{Li}_{x_4}\text{A}^*_{x_5}\text{Ni}_{(1-y_4-z_4)}\text{Co}_{y_4}\text{Q}_{z_4}\text{O}_a$ 所代表之鎳酸鋰，其中：

x_4 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

x_5 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

y_4 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

z_4 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A* 為由鋁、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於約 2.1；及

(b) 由實驗式 $\text{Li}_{(1+x_7)}\text{Mn}_{(2-y_7)}\text{O}_{z_7}$ 所代表之錳酸尖晶石，其中 x_7 與 y_7 各獨立地等於或大於 0.0 且等於或小於 1.0，而 z_7 等於或大於 3.9 且等於或小於 4.2。

45. 一種形成鋰離子電池之方法，其包括形成一種包含一陰極混合物之活性陰極材料的步驟，該陰極混合物包括：

(i) a) 鈷酸鋰和鎳酸鋰之至少一者，其中該鈷酸鋰為具有鈷酸鋰之鋰改性劑之改性鈷酸鋰，且其中該鋰改性劑為選自由鎂(Mg)和鈉(Na)所組成群組的至少一個

成員，且其中該鎳酸鋰是由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表，其中

$x4$ 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

$x5$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$y4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$z4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A^* 為由鋇、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於 2.1；及

b) 錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者，其中，該錳酸尖晶石係由實驗式 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表，其中

$x1$ 等於或大於 0.01 且等於或小於 0.3；

$y1$ 大於 0.0 且等於或小於 0.3；

$z1$ 等於或大於 3.9 且等於或小於 4.1；且

A' 為由鎂、鋁、鈷、鎳與鉻所組成群組之至少一個成員，且

其中該橄欖石化合物係由實驗式 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中：

$x2$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2；且

M 為由鐵、錳、鈷與鎂所組成群組之至少一個成員；且

A''為由鈉、鎂、鈣、鉀、鎳與鈮所組成的群組之至少一個成員；或

(ii) a) 由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之鎳酸鋰，其中：

$x4$ 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

$x5$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$y4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$z4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A*為由鋇、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於約 2.1；及

(b)由實驗式 $\text{Li}_{(1+x7)}\text{Mn}_{(2-y7)}\text{O}_{z7}$ 所代表之錳酸尖晶石，其中 $x7$ 與 $y7$ 各獨立地等於或大於 0.0 且等於或小於 1.0，而 $z7$ 等於或大於 3.9 且等於或小於 4.2；

(iii) 以該活性陰極材料形成陰極電極；及

(iv) 形成陽極電極，其經由電解質與該陰極有電接觸，藉以形成鋰離子電池。

46.一種電池組，其包含複數個電池，其中各個電池包括一種包含一陰極混合物之活性陰極材料，該陰極混合物包括：

(i) a) 鈷酸鋰和鎳酸鋰之至少一者，其中該鈷酸鋰為具有鈷酸鋰之鋰改性劑之改性鈷酸鋰，且其中該鋰改

性劑為選自由鎂(Mg)和鈉(Na)所組成群組的至少一個成員，且其中該鎳酸鋰是由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表，其中

$x4$ 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

$x5$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$y4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$z4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A^* 為由鋁、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於約 2.1；及

b) 錳酸尖晶石和橄欖石化合物之至少一者，其中，該錳酸尖晶石係由實驗式 $\text{Li}_{(1+x1)}(\text{Mn}_{1-y1}\text{A}'_{y1})_{2-x1}\text{O}_{z1}$ 所代表，其中

$x1$ 等於或大於 0.01 且等於或小於 0.3；

$y1$ 大於 0.0 且等於或小於 0.3；

$z1$ 等於或大於 3.9 且等於或小於 4.1；且

A' 為由鎂、鋁、鈷、鎳與鉻所組成群組之至少一個成員，

且其中該橄欖石化合物係由實驗式 $\text{Li}_{(1-x2)}\text{A}''_{x2}\text{MPO}_4$ 所代表，其中：

$x2$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2；且

M 為由鐵、錳、鈷與鎂所組成群組之至少一

個成員；且

A''為由鈉、鎂、鈣、鉀、鎳與鈮所組成的群組之至少一個成員；或

(ii) a) 由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之鎳酸鋰，其中：

$x4$ 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

$x5$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$y4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$z4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A*為由鋁、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於約 2.1；及

(b)由實驗式 $\text{Li}_{(1+x7)}\text{Mn}_{(2-y7)}\text{O}_{z7}$ 所代表之錳酸尖晶石，其中 $x7$ 與 $y7$ 各獨立地等於或大於 0.0 且等於或小於 1.0，而 $z7$ 等於或大於 3.9 且等於或小於 4.2。

八、圖式：

如次頁

個成員；且

A''為由鈉、鎂、鈣、鉀、鎳與鈮所組成的群組之至少一個成員；或

(ii) a) 由實驗式 $\text{Li}_{x4}\text{A}^*_{x5}\text{Ni}_{(1-y4-z4)}\text{Co}_{y4}\text{Q}_{z4}\text{O}_a$ 所代表之鎳酸鋰，其中：

$x4$ 等於或大於 0.1 且小於 1.3，

$x5$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$y4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於 0.2，

$z4$ 等於或大於 0.0 且等於或小於約 0.2，

A*為由鋁、鎂與鈣所組成的群組之至少一個成員，

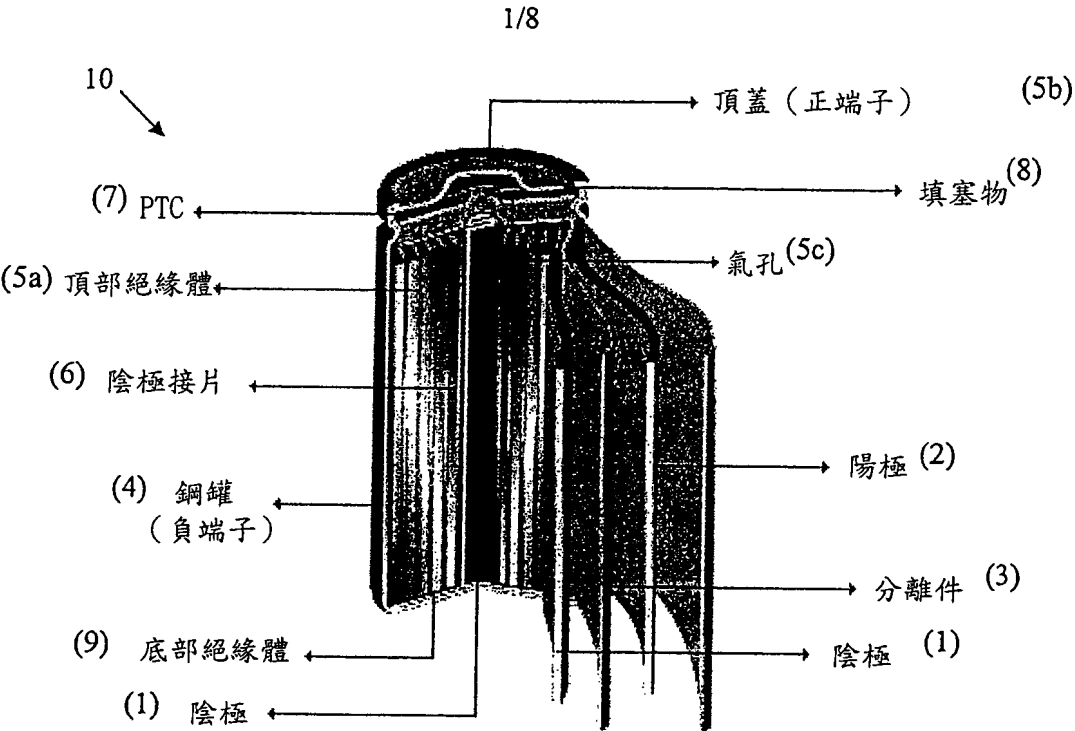
Q 為由鋁、錳與硼所組成群組之至少一個成員，且

a 大於約 1.5 且小於約 2.1；及

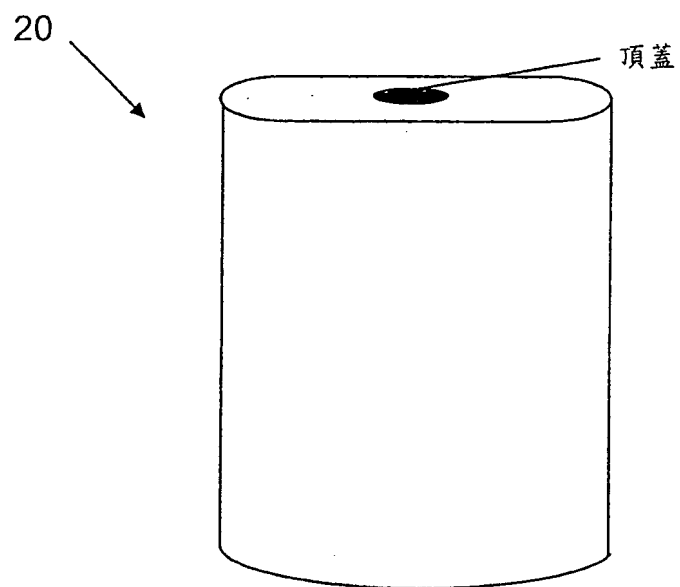
(b)由實驗式 $\text{Li}_{(1+x7)}\text{Mn}_{(2-y7)}\text{O}_{z7}$ 所代表之錳酸尖晶石，其中 $x7$ 與 $y7$ 各獨立地等於或大於 0.0 且等於或小於 1.0，而 $z7$ 等於或大於 3.9 且等於或小於 4.2。

八、圖式：

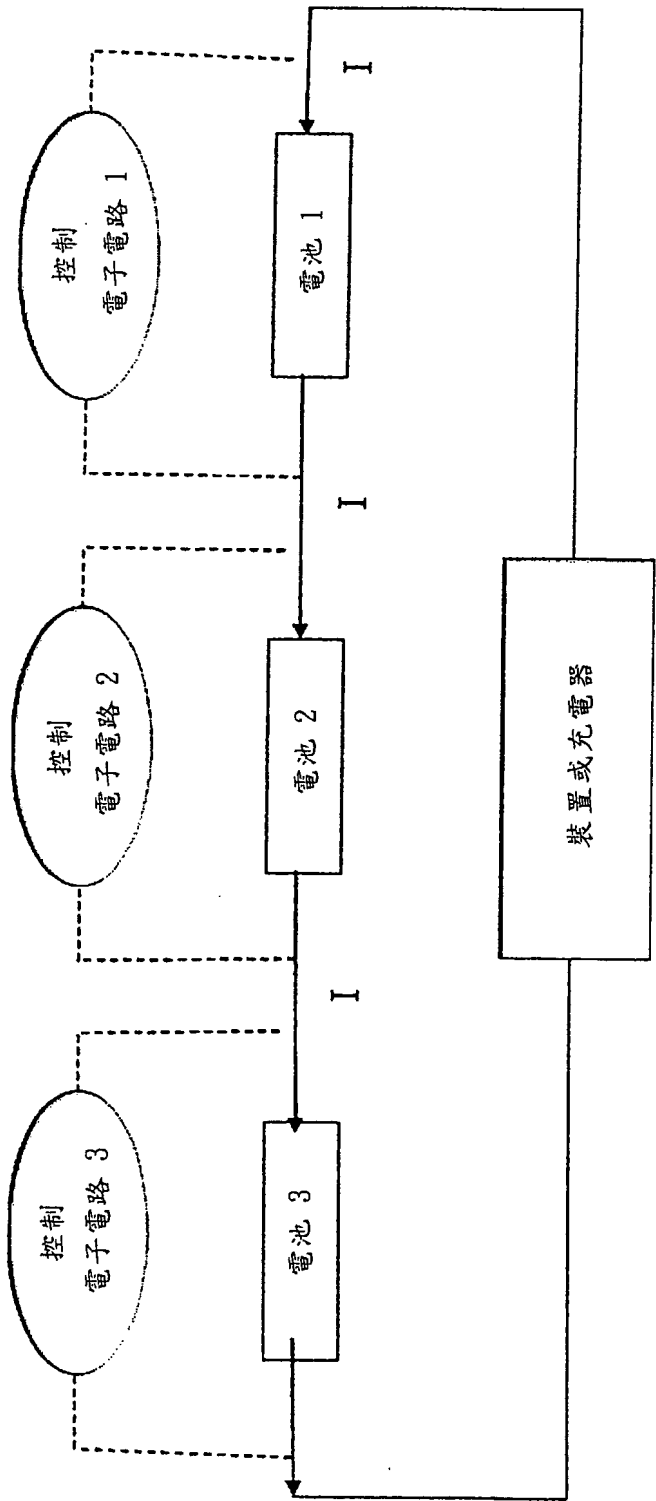
如次頁



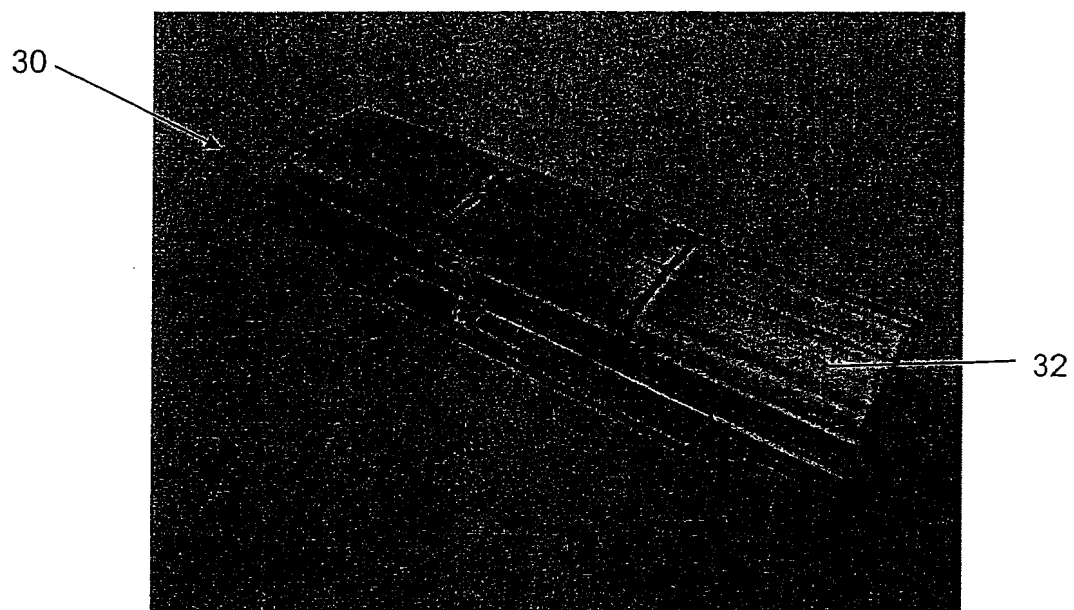
第1圖



第2圖

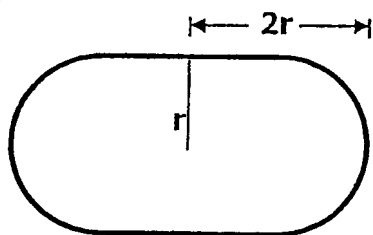


第 3 圖



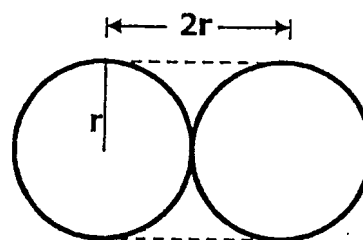
第4圖

(a)



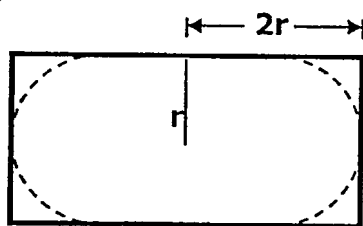
$$\begin{aligned}\text{使用電池空間} &= \pi r^2 + 4r^2 \\ \text{總空間} &= \pi r^2 + 4r^2 \\ \% \text{利用} &= 100.0\%\end{aligned}$$

(b)



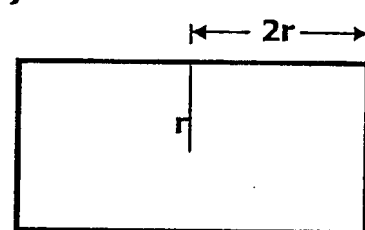
$$\begin{aligned}\text{使用電池空間} &= 2\pi r^2 \\ \text{總空間} &= \pi r^2 + 4r^2 \\ \% \text{利用} &= (2\pi)/(\pi + 4) \\ &= 88.0\%\end{aligned}$$

(c)



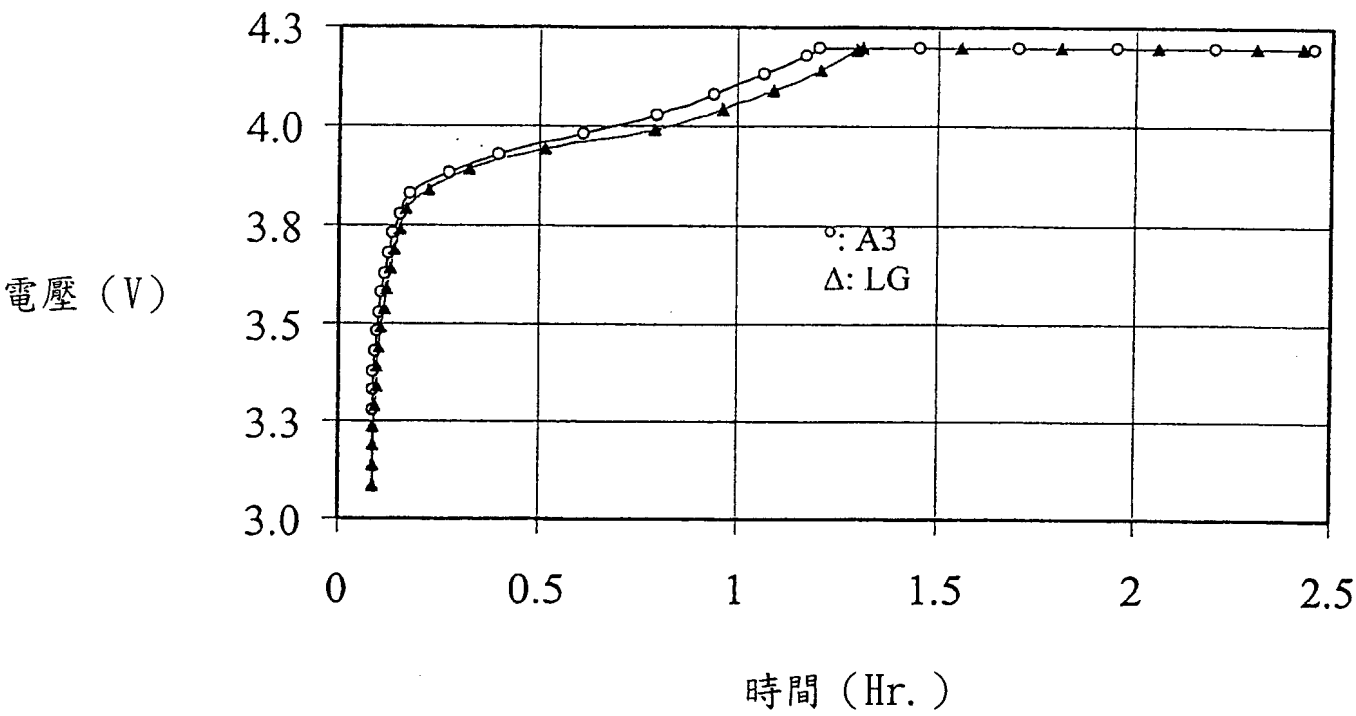
$$\begin{aligned}\text{使用電池空間} &= \pi r^2 + 4r^2 \\ \text{總空間} &= 8r^2 \\ \% \text{利用} &= (\pi + 4) / 8 \\ &= 89.3\%\end{aligned}$$

(d)



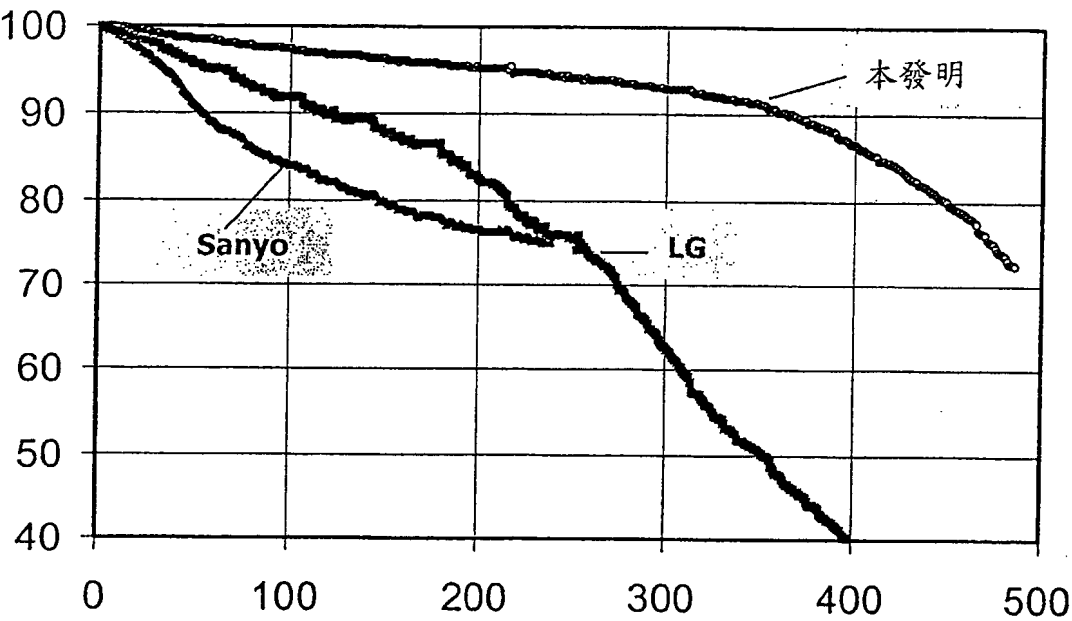
$$\begin{aligned}\text{使用電池空間} &= 8r^2 \\ \text{總空間} &= 8r^2 \\ \% \text{利用} &= 100.0\%\end{aligned}$$

第 5(a)-5(d) 圖



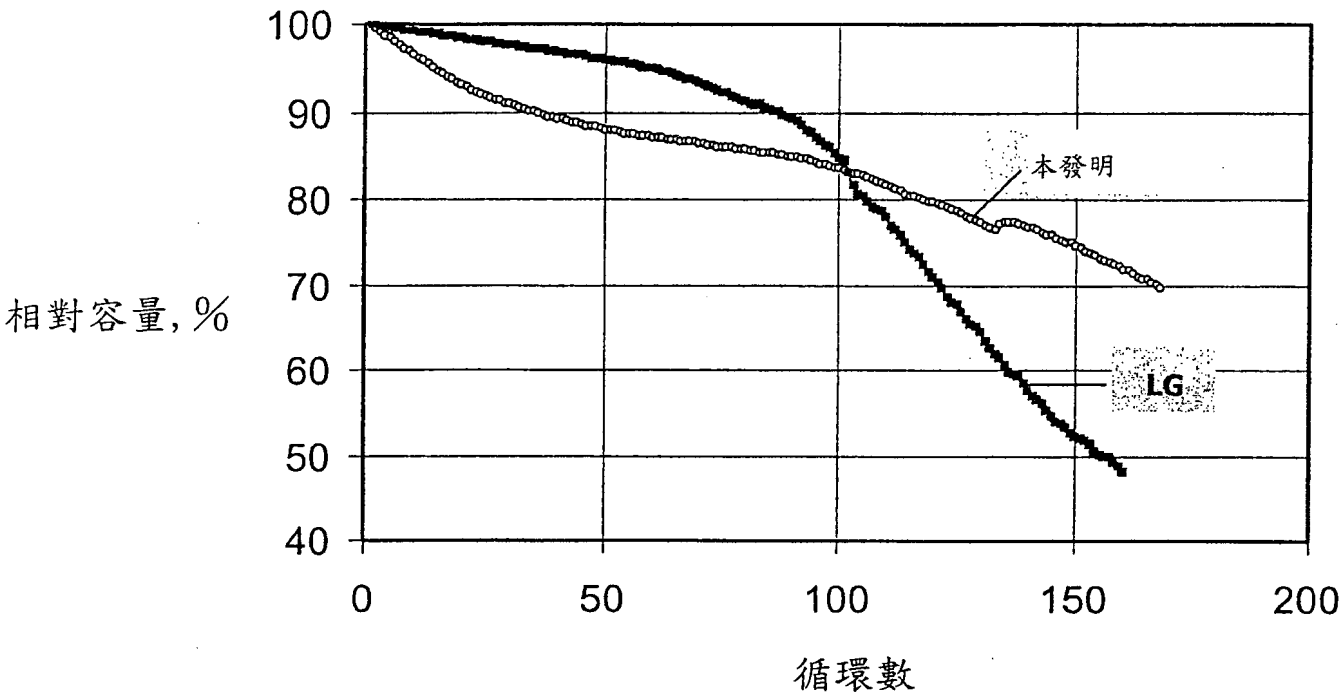
第 6 圖

相對容量, %

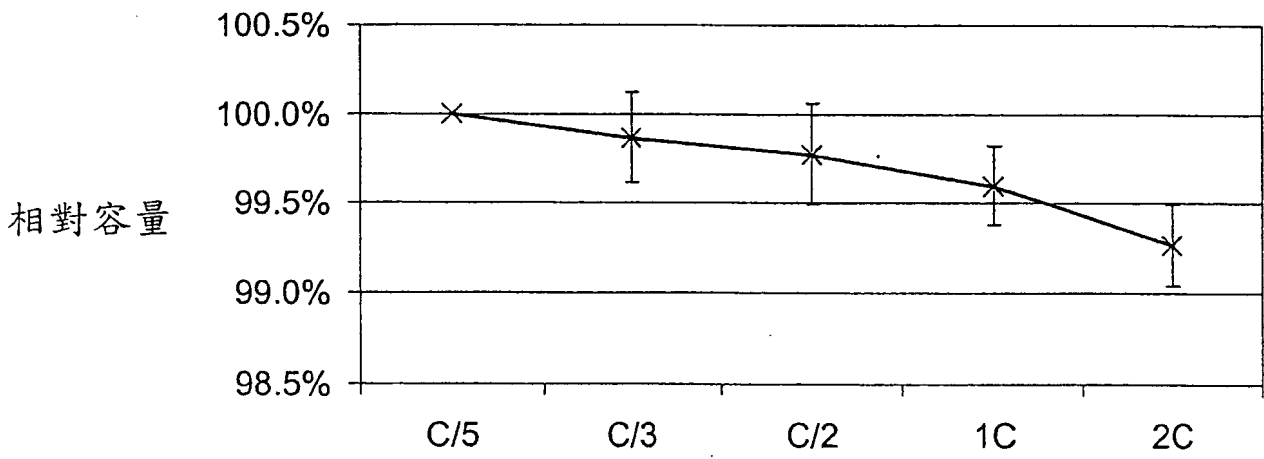


循環數

第 7 圖



第8圖



第9圖

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 1 正電極(陰極)
- 2 負電極(陽極)
- 3 分離件
- 4 銅罐(負端子)
- 5a 頂部絕緣體
- 5b 頂蓋(正端子)
- 5c 氣孔
- 6 鋁引線(陰極接片)
- 7 PTC 開關
- 8 頂部絕緣體(填塞物)
- 9 底部絕緣體
- 10 鋰離子電池

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無