



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I794331 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：107140672

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 11 月 15 日

(51)Int. Cl. : **H01M10/0585(2010.01)**

(30)優先權：2017/11/15 美國 62/586,737

2018/08/06 美國 62/715,233

(71)申請人：美商易諾維公司(美國) ENOVIX CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：布薩卡 羅伯特 S BUSACCA, ROBERT S. (US)；羅西里 艾司霍克 LAHIRI, ASHOK (US)；拉瑪布拉曼尼安 姆拉里 RAMASUBRAMANIAN, MURALI (US)；韋德斯 布魯諾 A VALDES, BRUNO A. (US)；戴爾斯 賈德那 卡麥隆 DALES, GARDNER CAMERON (US)；史賓德 克力斯多夫 J SPINDT, CHRISTOPHER J. (US)；何 傑佛瑞 馬修 HO, GEOFFREY MATTHEW (US)；洛斯特 哈洛德 J 三世 RUST, HARROLD J. III (US)；威爾擴克斯 詹姆士 D WILCOX, JAMES D. (US)；瓦爾尼 約翰 F VARNI, JOHN F. (US)；李 金恆 LEE, KIM HAN (MY)；史霍 尼洛夫 S SHAH, NIRAV S. (US)；康特洛斯基 理查 J CONTRERAS, RICHARD J. (US)；凡 亞登 琳 VAN ERDEN, LYNN (US)；松林 肯 S MATSUBAYASHI, KEN S. (US)；戴爾頓 傑瑞米 J DALTON, JEREMIE J. (US)；霍華德 傑森 紐頓 HOWARD, JASON NEWTON (US)；羅森 羅伯特 凱斯 ROSEN, ROBERT KEITH (US)；唐 強納森 C DOAN, JONATHAN C. (US)；阿姆斯壯 麥可 J ARMSTRONG, MICHAEL J. (US)；卡爾卡特拉 安東尼 CALCATERRA, ANTHONY (US)；卡杜查 班傑明 L CARDOZO, BENJAMIN L. (US)；溫納斯 約書亞 大衛 WINANS, JOSHUA DAVID (US)；辛格 尼蘭 SINGH, NEELAM (IN)；巴克 傑佛瑞 葛林 BUCK, JEFFREY GLENN (US)；史契爾雷安 湯瑪斯 約翰 SCHUERLEIN, THOMAS JOHN (US)；弗杜納提 金 雷斯特 FORTUNATI, KIM LESTER (US)；薩斯瓦特 尼爾 SARSWAT, NEAL (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 2009/0136844A1

US 2014/0154531A1

US 2016/0197332A1

審查人員：林涼

申請專利範圍項數：50 項 圖式數：19 共 286 頁

(54)名稱

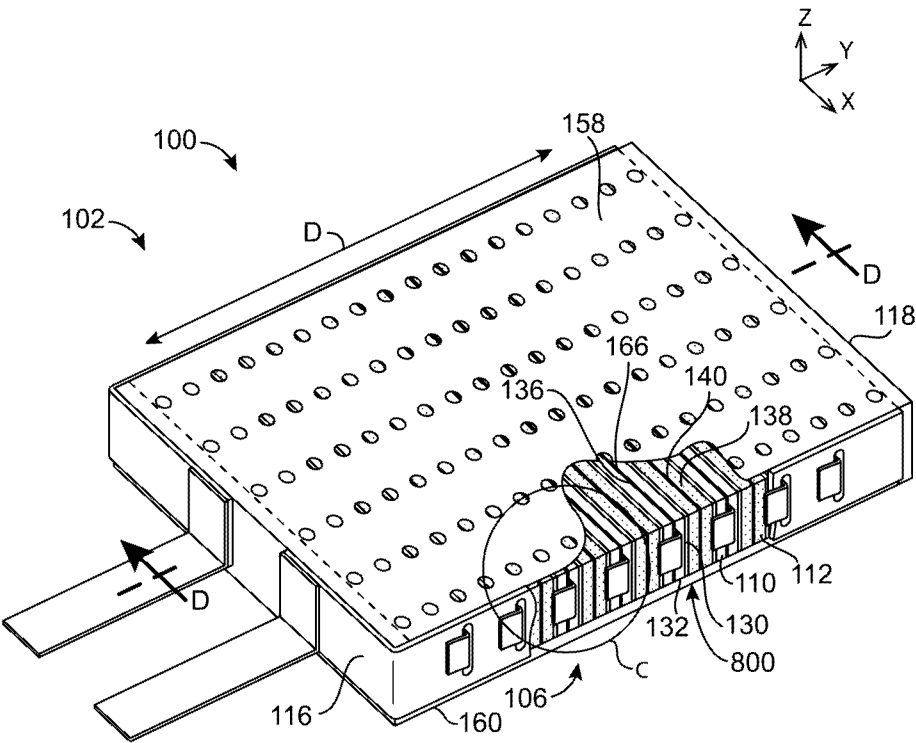
電極總成及蓄電池組

(57)摘要

本發明提供具有電極總成之蓄電池組的實施例。可提供包含一單元電池中之電極層與反電極層之間的一偏移的一蓄電池組。

Embodiments of secondary batteries having electrode assemblies are provided. A secondary battery can be provided that comprises an offset between electrode and counter-electrode layers in a unit cell.

指定代表圖：



【圖1B】

符號簡單說明：

- 100 . . . 能量儲存器件
- 102 . . . 蓄電池組
- 106 . . . 電極總成
- 110 . . . 電極結構
- 112 . . . 反電極結構
- 116 . . . 縱向末端表面
- 118 . . . 縱向末端表面
- 130 . . . 電絕緣隔板
- 132 . . . 負電極活性材料層
- 136 . . . 負電極集電器
- 138 . . . 正電極活性材料層
- 140 . . . 正電極集電器
- 158 . . . 第一生長限制
- 160 . . . 第二生長限制
- 166 . . . 次級連接部件
- 800 . . . 層



I794331

【發明摘要】

【中文發明名稱】

電極總成及蓄電池組

【英文發明名稱】

ELECTRODE ASSEMBLY AND SECONDARY BATTERY

【中文】

本發明提供具有電極總成之蓄電池組的實施例。可提供包含一單元電池中之電極層與反電極層之間的一偏移的一蓄電池組。

【英文】

Embodiments of secondary batteries having electrode assemblies are provided. A secondary battery can be provided that comprises an offset between electrode and counter-electrode layers in a unit cell.

【指定代表圖】

圖1B

【代表圖之符號簡單說明】

100	能量儲存器件
102	蓄電池組
106	電極總成
110	電極結構
112	反電極結構
116	縱向末端表面
118	縱向末端表面
130	電絕緣隔板

132 負電極活性材料層

136 負電極集電器

138 正電極活性材料層

140 正電極集電器

158 第一生長限制

160 第二生長限制

166 次級連接部件

800 層

【發明說明書】

【中文發明名稱】

電極總成及蓄電池組

【英文發明名稱】

ELECTRODE ASSEMBLY AND SECONDARY BATTERY

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於供用於諸如蓄電池組之能量儲存器件的電極總成。

【先前技術】

【0002】 搖椅或嵌入蓄電池組為一種類型的能量儲存器件，其中載體離子，諸如鋰、鈉、鉀、鈣或鎂離子經由電解質在正電極與負電極之間移動。蓄電池組可包含已經電耦合以形成電池組之單一電池組單元或兩個或更多個電池組單元，其中各電池組單元包含正電極、負電極、微孔隔板及電解質。

【0003】 在搖椅電池組單元中，正電極及負電極皆包含其中嵌入且離開載體離子之材料。當電池放電時，載體離子自負電極離開且嵌入正電極中。當電池充電時，發生相反程序：載體離子自正極離開且嵌入負電極中。

【0004】 當載體離子在電極之間移動時，持續性挑戰中之一者在於以下事實：當電池組重複充電及放電時，電極往往會膨脹及收縮。在循環期間，對於電池組之可靠性及循環壽命而言，膨脹及收縮往往為成問題的，因為當電極膨脹時，發生電短路及電池組故障。可能出現的又一問題在於：例如由製造、使用或運輸期間對電池組的實體或機械應力引起的電

極對準失配可導致電池組的短路及故障。

【0005】 因此，仍需要控制電極在電池組循環期間的膨脹及收縮以改良電池組之可靠性及循環壽命。亦需要控制電極對準，以及改良電池組之機械穩定性而不過度增大電池組佔據面積之結構。

【0006】 此外，仍需要製造此類電池組之可靠及有效方式。亦即，需要用於為具有電極總成之電池組提供謹慎地受控制對準及電極總成在電池組之循環期間之受控制膨脹的有效製造方法。

【發明內容】

【0007】 本發明之一個態樣係關於一種用於在一充電與一放電狀態之間循環的蓄電池組，該蓄電池組包含一電池組殼體、一電極總成，及該電池組殼體內之鋰離子，及一電極限制組，其中

【0008】 (a)該電極總成具有分別對應於一虛三維笛卡爾座標系統之 x 、 y 及 z 軸的相互垂直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之一第一縱向末端表面及一第二縱向末端表面；及包圍一電極總成縱向軸線 A_{EA} 且連接該第一及第二縱向末端表面之一側表面，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與縱向軸線正交之一第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之一最大寬度 W_{EA} 、藉由該側表面限定且在橫向方向上量測之一最大長度 L_{EA} ，及藉由該側表面限定且在豎直方向上量測之一最大高度 H_{EA} ，其中該最大長度 L_{EA} 及該最大寬度 W_{EA} 與該最大高度 H_{EA} 之一比率為至少2:1

【0009】 (b)該電極總成包含在平行於縱向軸線之一堆疊方向上堆疊於該電極總成內之一系列層，其中該等經堆疊系列層包含一負電極活性材料層群、一負電極集電器層群、一隔板材料層群、一正電極活性材料層

群，及一正電極集電器材料層群，其中

【0010】 (i)該負電極活性材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一長度 L_E ，及對應於如在豎直方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一高度 H_E ，及對應於如在縱向方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一寬度 W_E ，其中 L_E 與 H_E 及 W_E 之一比率為至少5:1；

【0011】 (ii)該正電極活性材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一長度 L_C ，及對應於如在豎直方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一高度 H_C ，及對應於如在縱向方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一寬度 W_C ，其中 L_C 與 H_C 及 W_C 之一比率為至少5:1

【0012】 (iii)該負電極活性材料層群之部件包含具有至少60 wt%負電極活性材料、低於20 wt%導電助劑之一顆粒材料及黏結劑材料，且其中該負電極活性材料包含一含矽材料，

【0013】 (c)該電極限制組包含一一級限制系統及一次級限制系統，其中

【0014】 (i)該一級限制系統包含第一與第二生長限制及至少一個一級連接部件，該第一及第二一級生長限制在縱向方向上彼此分離，且該至少一個一級連接部件連接該第一及第二一級生長限制以至少部分地限制該

電極總成在縱向方向上之生長，及

【0015】 (ii)該次級限制系統包含在一第二方向上分隔開且藉由該等經堆疊系列層之部件連接之第一及第二次級生長限制，其中在該蓄電池組循環後該次級限制系統至少部分地限制該電極總成在該第二方向上之生長，該第二方向與縱向方向正交，及

【0016】 (iii)該一級限制系統在堆疊方向上在該電極總成上維持超過在相互垂直且垂直於堆疊方向之兩個方向中之每一者上在該電極總成上維持之壓力的一壓力，及

【0017】 (d)該電極總成包含一單元電池群，其中各單元電池包含該電極集電器群之一第一部件的一單元電池部分、對載體離子為離子可滲透的該隔板群之一部件、該電極活性材料層群之一第一部件、該反電極集電器群之第一部件的一單元電池部分及該反電極至活性材料層群之一第一部件，其中(aa)該電極活性材料層群之該第一部件接近該隔板之一第一側且該反電極材料層群之該第一部件接近該隔板之一相對第二側，(bb)該隔板使該電極活性材料層群之該第一部件與該反電極活性材料層群之該第一部件電隔離，且載體離子在該電池組於該充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池之該隔板主要在該電極活性材料層群之該第一部件與該反電極活性材料層群之該第一部件之間交換，及(cc)在每一單元電池內，

【0018】 a.該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面在該電極總成之相同側面上，該電極活性材料層之該第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該長度 L_E 描出一第一豎直末端表面曲線 E_{VP1} ，該反電極活性材料層之該第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之

該長度 L_c 描出一第一豎直末端表面曲線 CE_{VP1} ，其中對於該第一反電極活性材料層之該長度 L_c 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之該等曲線 E_{VP1} 與 CE_{VP1} 之間的一分離距離 S_{Z1} 之絕對值為 $1000\ \mu m \geq |S_{Z1}| \geq 5\ \mu m$ ，及(ii)如在該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面之間，該反電極活性材料層之該第一豎直末端表面相對於該電極活性材料層之該第一豎直末端表面向內安置，

【0019】 b.該電極及反電極活性材料層之該等第二豎直末端表面在該電極總成之相同側面上，且分別與該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面相對，該電極活性材料層之該第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該長度 L_E 描出一第二豎直末端表面曲線 E_{VP2} ，該反電極活性材料層之該第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該長度 L_c 描出一第二豎直末端表面曲線 CE_{VP2} ，其中對於反電極活性材料層之長度 L_c 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{VP2} 與 CE_{VP2} 之間的分離距離 S_{Z2} 之絕對值為 $1000\ \mu m \geq |S_{Z2}| \geq 5\ \mu m$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面之間，反電極活性材料層之第二豎直末端表面相對於電極活性材料層之第二豎直末端表面向內安置。

【0020】 本發明之另一態樣係關於一種用於在一充電與一放電狀態之間循環的蓄電池組，該蓄電池組包含一電池組殼體、一電極總成，及該電池組殼體內之載體離子，及一電極限制組，其中

【0021】 (a)該電極總成具有分別對應於一虛三維笛卡爾座標系統之x、y及z軸的相互垂直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之一第一縱向末端表面及一第二縱向末端表面；及包圍一電極總

成縱向軸線 A_{EA} 且連接該第一及第二縱向末端表面之側表面，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與該縱向軸線正交之第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之一最大寬度 W_{EA} ，藉由該側表面限定且在橫向方向上量測之一最大長度 L_{EA} ，及藉由該側表面限定且在豎直方向上量測之一最大高度 H_{EA} ，其中該最大長度 L_{EA} 及該最大寬度 W_{EA} 大於該最大高度 H_{EA} ，

【0022】 (b)該電極總成包含在平行於縱向軸線之一堆疊方向上堆疊於該電極總成內之一系列層，其中該等經堆疊系列層包含一負電極活性材料層群、一負電極集電器層群、一隔板材料層群、一正電極活性材料層群，及一正電極集電器材料層群，其中

【0023】 (i)該負電極活性材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一長度 L_E ，及對應於如在豎直方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一高度 H_E ，及對應於如在縱向方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一寬度 W_E ，其中 L_E 與 H_E 及 W_E 之一比率為至少5:1；

【0024】 (ii)該正電極材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一長度 L_C ，及對應於如在豎直方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一高度 H_C ，及對應於如在縱向方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的該正電極活性材料層

之斐瑞特直徑的一寬度 W_c ，其中 L_c 與 H_c 及 W_c 之一比率為至少5:1

【0025】 (iii)該負電極活性材料層群之部件包含具有至少60 wt%負電極活性材料、低於20 wt%導電助劑之一顆粒材料，及黏結劑材料，

【0026】 (c)該電極限制組包含一一級限制系統及一次級限制系統，其中

【0027】 (i)該一級限制系統包含第一與第二生長限制及至少一個一級連接部件，該第一及第二一級生長限制在縱向方向上彼此分離，且該至少一個一級連接部件連接該第一及第二一級生長限制以至少部分地限制該電極總成在縱向方向上之生長，及

【0028】 (ii)該次級限制系統包含在一第二方向上分隔開且藉由該等經堆疊系列層之部件連接之第一及第二次級生長限制，其中在該蓄電池組循環後該次級限制系統至少部分地限制該電極總成在該第二方向上之生長，該第二方向與縱向方向正交，及

【0029】 (iii)該一級限制系統在堆疊方向上在該電極總成上維持超過在相互垂直且垂直於堆疊方向之兩個方向中之每一者上在該電極總成上維持之壓力的一壓力，及

【0030】 (d)該等經堆疊系列層包含具有在橫向方向上彼此間隔開之相對末端表面的層，其中歸因於該等層在該等相對末端表面處之延伸及窄化，該等層之複數個相對末端表面展現以橫向方向定向之塑性變形及斷裂。

【0031】 在以下描述及圖式中將部分地論述且部分地顯而易見本發明之其他態樣、特徵及實施例。

【圖式簡單說明】

【0032】 圖1A為採用電極總成之限制系統之一個實施例的透視圖。

【0033】 圖1B為用於蓄電池組之三維電極總成之一個實施例的示意圖。

【0034】 圖1C為圖1B之電極總成的插入橫截面圖。

【0035】 圖1D為沿圖1B中之線E截取之圖1B的電極總成之橫截面圖。

【0036】 圖2A為三維電極總成之一個實施例的示意圖。

【0037】 圖2B至圖2C為三維電極總成之一個實施例的示意圖，其以受限制及膨脹組態描繪陽極結構群部件。

【0038】 圖3A至3H展示電極總成之不同形狀及大小之例示性實施例。

【0039】 圖4A說明沿如圖1A中所示之線A-A'截取之電極總成之實施例的橫截面，且進一步說明一級及次級生長限制系統之元件。

【0040】 圖4B說明沿如圖1A中所示之線B-B'截取之電極總成之實施例的橫截面，且進一步說明一級及次級生長限制系統之元件。

【0041】 圖4C說明沿如圖1A中所示之線B-B'截取之電極總成之實施例的橫截面，且進一步說明一級及次級生長限制系統之元件。

【0042】 圖5說明沿如圖1A中所示之線A-A1'截取之電極總成之實施例的橫截面。

【0043】 圖6A說明電極總成上方之多孔次級生長限制之俯視圖的一個實施例，及用於將次級生長限制黏著至電極總成的一個實施例。

【0044】 圖6B說明電極總成上方之多孔次級生長限制之俯視圖的一個實施例，及用於將次級生長限制黏著至電極總成的另一實施例。

【0045】圖7說明沿如圖1A中所示之線A-A'截取之電極總成之實施例的橫截面，其進一步包括電極限制組，包括一級限制系統之一個實施例及次級限制系統之一個實施例。

【0046】圖8A至圖8B說明根據一個實施例之力示意圖，其展示藉由電極限制組施加在電極總成上之力，以及在含有電極總成之電池組的重複循環之後藉由電極結構施加的力。

【0047】圖9A說明沿如圖1A中所示之線A-A'截取之電極總成之實施例的橫截面，其進一步包括電極限制組，包括一級生長限制系統之一個實施例及次級生長限制系統之一個實施例，其中反電極主結構用於組裝電極限制組。

【0048】圖9B說明沿如圖1A中所示之線A-A'截取之電極總成之實施例的橫截面，其進一步包括電極限制組，包括一級生長限制系統之一個實施例及次級生長限制系統之一個實施例，其中電極集電器用於組裝電極限制組。

【0049】圖10說明利用生長限制組之一個實施例的能量儲存器件或蓄電池組之實施例的分解視圖。

【0050】圖11A至圖11C說明用於判定電極及反電極活性材料層之豎直末端表面之間的豎直偏移及/或分離距離 S_{z1} 及 S_{z2} 之實施例。

【0051】圖12A至圖12C說明用於判定電極及反電極活性材料層之橫向末端表面之間的橫向偏移及/或分離距離 S_{x1} 及 S_{x2} 之實施例。

【0052】圖13A至圖13B說明用於根據電極及/或反電極活性材料層之斐瑞特直徑判定其高度 H_E 、 H_C 及長度 L_E 、 L_C 之實施例。

【0053】圖14A至圖14H說明在具有或不具有豎直偏移及/或分離距

離的情況下具有電極及反電極活性材料層之單元電池之實施例在Z-Y平面中的橫截面。

【0054】 圖15A至圖15F說明在具有或不具有橫向偏移及/或分離距離的情況下具有電極及反電極活性材料層之單元電池之實施例在Y-X平面中的橫截面。

【0055】 圖16A至圖16B說明具有電極及/或反電極母線之電極總成的實施例。圖16A'至圖16B'說明在X-Y平面中截取之圖16A至圖16F的個別橫截面。

【0056】 圖17說明具有電極及反電極結構之交替配置之蓄電池組的實施例。

【0057】 圖18A至圖18B說明具有輔助電極之電極總成之實施例在Z-Y平面中的橫截面。

【0058】 圖19為在集電器末端在移除負電極子單元之末端部分後經暴露之前及之後的負電極子單元之影像的示意圖，且展示由移除集電器末端處之末端部分產生的集電器末端之部分處的塑性變形。

【0059】 當結合隨附圖式考慮時，本發明主題之其他態樣、實施例及特徵將自以下詳細描述變得顯而易見。隨附圖式為示意圖且並不意欲按比例繪製。出於清楚起見，並非每一元件或組件均標記在每一圖式中，所示之本發明主題之每一實施例的每一元件或組件亦如此，其中圖解說明對於使一般熟習此項技術者理解本發明主題而言並非必需的。

【實施方式】

【0060】 除非上下文另外清楚地指示，否則如本文所使用，「一(a/an)」及「該」(亦即，單數形式)指代複數個指示物。舉例而言，在一

種情況下，提及「電極」包括單一電極及複數個類似電極兩者。

【0061】如本文所使用之「約」及「大約」係指加或減所陳述之值之10%、5%或1%。舉例而言，在一種情況下，約250 μm 將包括225 μm 至275 μm 。舉其他實例而言，在一種情況下，約1,000 μm 將包括900 μm 至1,100 μm 。除非另外指示，否則本說明書及申請專利範圍中所用之表示數量(例如量測值及其類似者)等之所有數字應理解為在所有情況中皆經術語「約」修飾。因此，除非有相反指示，否則在以下說明書及所附申請專利範圍中所闡述之數字參數為近似值。各數值參數應至少根據所報導之有效數位之數目且藉由應用一般捨位技術來解釋。

【0062】在蓄電池組的上下文中，如本文中所使用的「陽極」係指蓄電池組中之負電極。

【0063】如本文中所使用的「陽極活性」意指適用於蓄電池組之陽極的材料。

【0064】在蓄電池組的上下文中，如本文中所使用的「陰極」係指蓄電池組中之正電極。

【0065】如本文中所使用的「陰極活性」意指適用於蓄電池組之陰極的材料。

【0066】在蓄電池組之狀態之上下文中，如本文所使用之「充電狀態」係指蓄電池組充電至其額定容量之至少75%所處之狀態。舉例而言，電池組可充電至其額定容量之至少80%，其額定容量之至少90%，且甚至其額定容量之至少95%，諸如其額定容量之100%。

【0067】如本文所使用之「C速率」係指蓄電池組放電時速率之量度且定義為放電電流除以電池組在一小時內將遞送其標稱額定容量所處之

理論電流汲取。舉例而言，1C之C速率指示使電池組在一小時內放電之放電電流，2C之速率指示使電池組在1/2小時內放電之放電電流，C/2之速率指示使電池組在2小時內放電之放電電流等。

【0068】 在蓄電池組之狀態之上下文中，如本文所使用之「放電狀態」係指蓄電池組放電至小於其額定容量之25%所處之狀態。舉例而言，電池組可放電至小於其額定容量之20%，諸如小於其額定容量之10%，且甚至小於其額定容量之5%，諸如其額定容量之0%。

【0069】 在蓄電池組在充電與放電狀態之間循環之上下文中，如本文所使用之「循環」係指使電池組充電及/或放電以使循環中之電池組自第一狀態(亦即，充電或放電狀態)移動至第二狀態(亦即，第一狀態之相對狀態)(亦即，充電狀態(若第一狀態為放電)，或放電狀態(若第一狀態為充電)，且隨後使電池組移動回到第一狀態以完成循環。舉例而言，蓄電池組在充電與放電狀態之間的單一循環可包括，當在充電循環中時，使電池組自放電狀態充電至充電狀態，且隨後放電回到放電狀態以完成循環。單一循環亦可包括，當在放電循環中時，電池組自充電狀態放電至放電狀態，且隨後充電回到充電狀態以完成循環。

【0070】 如本文中關於電極總成、電極活性材料層及/或反電極活性材料層所提及之「斐瑞特直徑(Feret diameter)」定義為如在垂直於兩個平面之方向上所量測的限制結構(亦即電極總成電極活性材料層及/或反電極活性材料層)之兩個平行平面之間的距離。舉例而言，縱向方向上電極總成之斐瑞特直徑為如在縱向方向上在垂直於縱向方向之限制電極總成之兩個平行平面之間所量測的距離。作為另一實例，橫向方向上電極總成之斐瑞特直徑為如在橫向方向上在垂直於橫向方向之限制電極總成之兩個平行

平面之間所量測的距離。作為又一實例，豎直方向上電極總成之斐瑞特直徑為如在豎直方向上在垂直於豎直方向之限制電極總成之兩個平行平面之間所量測的距離。作為另一實例，橫向方向上電極活性材料層之斐瑞特直徑為如在橫向方向上在垂直於橫向方向之限制電極活性材料層之兩個平行平面之間所量測的距離。作為又一實例，豎直方向上電極活性材料層之斐瑞特直徑為如在豎直方向上在垂直於豎直方向之限制電極活性材料層之兩個平行平面之間所量測的距離。作為另一實例，橫向方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑為如在橫向方向上在垂直於橫向方向之限制反電極活性材料層之兩個平行平面之間所量測的距離。作為又一實例，豎直方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑為如在豎直方向上在垂直於豎直方向之限制反電極活性材料層之兩個平行平面之間所量測的距離。

【0071】 如本文所使用之「縱向軸線」、「橫向軸線」及「豎直軸線」係指彼此垂直的軸線(亦即，各自彼此正交)。舉例而言，如本文所使用之「縱向軸線」、「橫向軸線」及「豎直軸線」等效於用於界定三維態樣或定向之笛卡爾(Cartesian)座標系統。因而，本文中之本發明主題之元件描述不限於用於描述元件之三維定向的一或多個特定軸線。換言之，當提及本發明主題之三維態樣時，軸線可為可互換的。

【0072】 如本文所使用之「縱向方向」、「橫向方向」及「豎直方向」係指彼此垂直方向(亦即，各自彼此正交)。舉例而言，如本文所使用之「縱向方向」、「橫向方向」及「豎直方向」可分別大體上平行於用於界定三維態樣或定向之笛卡爾座標系統之縱向軸線、橫向軸線及豎直軸線。

【0073】 在蓄電池組在充電與放電狀態之間循環之上下文中，如本文所使用之「重複循環」係指自放電狀態至充電狀態，或自充電狀態至放

電狀態循環超過一次。舉例而言，充電與放電狀態之間的重複循環可包括自放電至充電狀態循環至少2次，諸如自放電狀態充電至充電狀態，放電回到放電狀態，再次充電至充電狀態且最終放電回到放電狀態。作為又一實例，充電與放電狀態之間的至少2次重複循環可包括自充電狀態放電至放電狀態，充電回到充電狀態，再次放電至放電狀態且最終充電回到充電狀態。舉其他實例而言，充電與放電狀態之間的重複循環可包括自放電至充電狀態循環至少5次，及甚至循環至少10次。舉其他實例而言，充電與放電狀態之間的重複循環可包括自放電至充電狀態循環至少25、50、100、300、500及甚至1000次。

【0074】在蓄電池組之上下文中，如本文所使用之「額定容量」係指在一段時段內遞送指定電流之蓄電池組之容量，如在標準溫度條件(25℃)下所量測。舉例而言，藉由測定電流輸出持續指定時間或藉由測定指定電流、電流可輸出時間且獲取電流及時間之乘積，額定容量可以安培·小時之單位量測。舉例而言，對於額定20 Amp·hr之電池組，若電流指定在2安培下以便評定，則電池組可理解為將規定：電流輸出10小時，且相反地，若時間指定為10小時以便評定，則電池組可理解為將在10小時期間輸出2安培。具體而言，蓄電池組之額定容量可以指定放電電流，諸如C速率下之額定容量形式給出，其中C速率為相對於其容量電池組放電所處之速率之量度。舉例而言，1C之C速率指示使電池組在一小時內放電之放電電流，2C指示使電池組在1/2小時內放電之放電電流，C/2指示使電池組在2小時內放電之放電電流等。因此，舉例而言，在20 Amp·hr下在1C之C速率下額定之電池組將產生20安培之放電電流1小時，而在20 Amp·hr下在2C之C速率下額定之電池組將產生40安培之放電電流持續½小

時，且在20 Amp·hr下在C/2之C速率下額定之電池組將產生10安培之放電電流超過2小時。

【0075】 在電極總成之尺寸之上下文中，如本文所使用之「最大寬度」(W_{EA})對應於電極總成之最大寬度，如自縱向方向上電極總成之縱向末端表面之相對的點所量測。

【0076】 在電極總成之尺寸之上下文中，如本文所使用之「最大長度」(L_{EA})對應於電極總成之最大長度，如自橫向方向上電極總成之側表面之相對的點所量測。

【0077】 在電極總成之尺寸之上下文中，如本文所使用之「最大高度」(H_{EA})對應於電極總成之最大高度，如自橫向方向上電極總成之側表面之相對的點所量測。

【0078】 如本文中所使用的「質心」係指平面物件之幾何中心，其為物件中之所有點的算術平均值位置。在n維空間中，質心為物件之所有點在所有座標方向上的平均值位置。出於描述本文中之物件的質心之目的，例如負及正電極子單元及負及正電極活性材料層，該物件可視為有效2-D物件，使得質心有效地與物件之質量中心相同。舉例而言，正或負電極子單元或正或負電極活性材料層之質心可有效地與其質量中心相同。

詳細描述

【0079】 大體而言，本發明之態樣涉及如例如圖1B、圖2A及/或圖20中之實例示出的在充電與放電狀態之間循環的能量儲存器件100 (諸如蓄電池組102)及其製造方法。蓄電池組102包括電池組殼體104、電極總成106及載體離子，且亦可含有電池組殼體內之非水性液體電解質。蓄電池組102亦可包括限制電極總成106之生長的電極限制組108。電極總成

106的受限生長可為電極總成106之一或多個尺寸的宏觀增加。

【0080】 本發明之態樣進一步針對電極活性材料層及反電極活性材料層提供豎直及橫向方向上之經減小偏移及/或分離距離，其可改良蓄電池組之儲存容量，而不過度增大蓄電池組之短路或故障的風險，如下文更詳細地描述。本發明之態樣亦可提供製造蓄電池組之方法，及/或可在減小之佔據面積的情況下提供蓄電池組之高能量密度的結構及組態。

【0081】 此外，在某些實施例中，本發明之態樣包括當併入至能量儲存器件100 (諸如電池組、電容器、燃料電池及其類似者)中時提供特定優勢的三維限制結構。在一個實施例中，限制結構具有經選擇以抵抗電極總成106之生長、腫脹及/或膨脹中的至少一者組態及/或結構，否則生長、腫脹及/或膨脹中的至少一者可能在蓄電池組102在充電與放電狀態之間重複循環時發生。具體而言，在自放電狀態移動至充電狀態時，載體離子，諸如鋰、鈉、鉀、鈣及鎂中之一或多者在電池組中在正電極與負電極之間移動。在到達電極後，載體離子可隨後嵌入或摻合於電極材料中，因此提高該電極之大小及體積。相反地，自充電狀態逆轉至放電狀態可使得離子去嵌入或去摻合，因此使電極收縮。此摻合及/或嵌入及去摻合及/或去嵌入可導致電極的明顯體積變化。在又一實施例中，載體離子自電極離開之運輸可例如藉由增大材料(例如，具有LCO及一些其他材料)之剩餘層的靜電排斥力增大電極的大小。可導致蓄電池組102之腫脹的其他機制可包含例如SEI在電極上之形成、電解質及其他組分之分解，甚至氣體形成。因此，電極在充電及放電之後的重複膨脹及收縮以及其他腫脹機制可在電極總成106中產生應變，其可導致蓄電池組之性能降低且最終甚至導致故障。

【0082】 參考圖2A至圖2C，根據本發明之一實施例，電極總成106之重複膨脹及/或收縮的效應可得以描述。圖2A展示三維電極總成106之一實施例，其具有電極結構群110及反電極結構群112(例如，分別為陽極結構及陰極結構之群)。此實施例中之三維電極總成106提供電極結構110及反電極結構112的替代組，該等電極結構及反電極結構彼此互相交叉且在圖2A中所示之實施例中，具有平行於Y軸之縱向軸線 A_{EA} 、平行於X軸之橫向軸線(未展示)及平行於Z軸之豎直軸線(未展示)。本文中所示之X、Y及Z軸為僅意欲展示基組之任意軸線，其中軸線在參考空間中彼此相互垂直且不意欲以任何方式將本文中之結構限於特定定向。在具有電極總成106之蓄電池組102之充電及放電循環後，載體離子分別在電極結構110與反電極結構112之間行進，諸如一般在與Y軸平行之方向上，如圖2A中描繪之實施例中所示，且可嵌入定位於行進方向內之電極結構110及反電極結構112中之一或多者的電極材料。載體離子嵌入及/或摻合至電極材料中之效應在圖2B至圖2C中所說明之實施例中可見。特定言之，圖2B描繪電極總成106之一實施例，其具有諸如在蓄電池組106在充電狀態與放電狀態之間的重複循環之前處於相對非膨脹狀態之電極結構110。藉由比較，圖2C描繪在蓄電池組重複循環預定數目個循環之後的具有電極結構110之電極總成106的一實施例。如此圖式中所示，電極結構110之尺寸在堆疊方向(例如，Y方向)上可顯著地增大，此係由於載體離子嵌入及/或摻合至電極材料中，或藉由諸如上文所描述之彼等的其他機制。電極結構110之尺寸在另一方向上，諸如Z方向(圖2C中未展示)上亦可顯著地增大。此外，電極結構110之大小的增加可導致電極總成內部之結構的變形，諸如總成中之反電極結構112及隔板130之變形，從而適應電極結構110之膨

脹。電極結構110之膨脹最終可導致電極總成106在其縱向末端處之凸出及/或翹曲，如圖2C中所展示之實施例中(以及在諸如Z方向上之頂部及底部表面的其他方向上)所描繪。因此，歸因於在充電及放電程序期間的載體離子之嵌入及去嵌入，根據一個實施例之電極總成106可沿總成106之縱向(Y軸)以及其他軸線展現明顯膨脹及收縮。

【0083】 因此，在一個實施例中，一級生長限制系統151經設置用於減輕及/或減少電極總成106在縱向方向(亦即，平行於Y軸之方向)上之生長、膨脹及/或腫脹中的至少一者，如例如圖1A中所展示。舉例而言，一級生長限制系統151可包括經組態以藉由相反膨脹，諸如在電極總成106之縱向末端表面116、118處，限制生長之結構。在一個實施例中，一級生長限制系統151包含第一及第二一級生長限制154、156，其在縱向方向上彼此分離且與至少一個一級連接部件162協同操作，該至少一個一級連接部件將第一及第二一級生長限制154、156連接在一起以限制電極總成106之生長。舉例而言，第一及第二一級生長限制154、156可至少部分地覆蓋電極總成106之第一及第二縱向末端表面116、118，且可與使一級生長限制154、156彼此連接以抵抗且限制在充電及/或放電之重複循環期間發生之電極總成106之任何生長之連接部件162、164協同操作。一級生長限制系統151之實施例及操作之其他論述更詳細地提供於下文中。

【0084】 另外，蓄電池組102中經由充電及放電程序之重複循環可不僅在電極總成106之縱向方向(例如圖2A中之Y軸)上誘導生長及應變，而且可在與縱向方向正交之方向，諸如橫向及豎直方向(分別例如圖2A中之X及Z軸)上誘導生長及應變，如上文所描述。此外，在某些實施例中，併入一級生長限制系統151以抑制在一個方向上之生長甚至可加重一或多個

其他方向上之生長及/或腫脹。舉例而言，在提供一級生長限制系統151以在縱向方向上限制電極總成106之生長的情況下，在充電及放電循環及電極結構之所得腫脹期間，嵌入載體離子可誘導一或多個其他方向上之應變。特定言之，在一個實施例中，電極生長/腫脹及縱向生長限制之組合所產生之應變可導致豎直方向(例如，如圖2A中所示之Z軸)或甚至橫向方向(例如，如圖2A中所示之X軸)上之電極總成106之屈曲或其他故障。

【0085】 因此，在本發明之一個實施例中，蓄電池組102不僅包括一級生長限制系統151，而且包括可與一級生長限制系統151協同操作以限制沿電極總成106之多個軸線之電極總成106的生長之至少一個次級生長限制系統152。舉例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可經組態以與一級生長限制系統151互鎖或另外協同操作以使得可限制電極總成106之總體生長，從而賦予改良效能且分別降低具有電極總成106及一級及次級生長限制系統151及152之蓄電池組之故障發生率。分別一級及次級生長限制系統151及152之間的相互關係之實施例之其他論述及其限制電極總成106生長之操作更詳細地提供於下文中。

【0086】 限制電極總成106生長意謂，如上文所論述，電極總成106之一或多個尺寸的總體宏觀增加受限。亦即，儘管電極總成106內之一或多個電極的體積的變化在充電及放電循環期間可按較小(例如，顯微的)比例出現，但電極總成106之總體生長可受限，使得電極總成106沿(X、Y及Z軸)之一或多個尺寸的增加受控制。電極體積之顯微變化可例如經由掃描電子顯微鏡檢查(SEM)觀測。雖然電極限制組108可能夠抑制顯微層級上之一些獨立電極生長，但一些生長仍可能發生，儘管該生長可至少為受限制的。雖然每一個別電極之顯微層級上的變化可能較小，但在充電/放電

之後獨立電極之體積變化可具有累加效應，該累加效應引起總體電極總成106在充電狀態與放電狀態之間循環中在宏觀層級上之相對更大體積變化，從而可能在電極總成106中產生應變。

【0087】 根據一個實施例，對應於電極總成106之陽極之電極結構110中所使用的電極活性材料包含在蓄電池組102之充電期間在載體離子插入電極活性材料之後膨脹的材料。舉例而言，電極活性材料可包含陽極活性材料，該等陽極活性材料在蓄電池組充電期間諸如藉由嵌入或摻合載體離子而接收足以產生電極活性材料之體積增加之一量的載體離子。舉例而言，在一個實施例中，電極活性材料可包含在蓄電池組102自放電狀態充電至充電狀態時具有接收每莫耳電極活性材料超過一莫耳載體離子之容量之材料。舉其他實例而言，電極活性材料可包含具有接收每莫耳電極活性材料1.5或超過1.5莫耳載體離子，諸如每莫耳電極活性材料2.0或超過2.0莫耳載體離子，且甚至每莫耳電極活性材料2.5或超過2.5莫耳載體離子，諸如每莫耳電極活性材料3.5莫耳或超過3.5莫耳載體離子之容量之材料。電極活性材料可接收之載體離子可為鋰、鉀、鈉、鈣及鎂中之至少一者。膨脹以提供此類體積變化之電極活性材料的實例包括矽(例如，SiO)、鋁、錫、鋅、銀、銻、鉍、金、鉑、銻、鈮，及其合金及化合物中之一或多者。舉例而言，在一個實施例中，電極活性材料可包含呈顆粒形式之含矽材料，諸如顆粒矽、顆粒氧化矽及其混合物中之一或多者。在又一實施例中，電極活性材料可包含展現較小或甚至可忽略的體積變化之材料。舉例而言，在一個實施例中，電極活性材料可包含含碳材料，諸如石墨。在又一實施例中，電極結構包含充當電極活性材料層之鋰層。

【0088】 本發明之其他實施例可包含能量儲存器件100 (諸如蓄電池

組102)及/或其結構，包括電極總成106，該等電極總成不包括限制系統，或受限於除本文中描述之電極限制組108以外的限制系統。

電極總成

【0089】 再次參考圖1B及圖2A，在一個實施例中，電極總成106包括電極結構群110、反電極結構群112及將電極結構110與反電極結構112電絕緣之電絕緣隔板130。在一個實例中，如圖1B中所示，電極總成包含一系列堆疊層800，其包含處於交替配置之電極結構110及反電極結構。圖1C為展示具有圖1B之電極總成106之蓄電池組的插圖，且圖1D為具有圖1B之電極總成106之蓄電池組的橫截面。作為又一實例，在如圖2A中所示之實施例中，電極總成106包含具有彼此互相交叉之電極及反電極結構的互相交叉之電極總成106。

【0090】 此外，如本文中所使用，對於使用術語「電極」描述材料或結構(諸如「電極結構」或「電極活性材料」)之每一實施例，應理解，此類結構及/或材料在某些實施例中可對應於「負電極」，諸如「負電極結構」或「負電極活性材料」。類似地，如本文中所使用，對於使用術語「反電極」描述材料或結構(諸如「反電極結構」或「反電極活性材料」)之每一實施例，應理解，此類結構及/或材料在某些實施例中可對應於「正電極」，諸如「正電極結構」或「正電極活性材料」。亦即，若合適，針對電極及/或反電極描述之任何實施例可對應於其中電極及/或反電極特定為負電極及/或正電極之相同實施例，分別包括其對應結構及材料。

【0091】 在一個實施例中，電極結構110包含電極活性材料層132、支撐電極活性材料層132之電極主結構134及電極集電器136，其可為允許離子通過的離子多孔集電器，如圖7中描繪之實施例中所示。舉例而言，

在一個實施例中，電極結構110可包含具有陽極活性材料層、陽極主結構，及陽極集電器之陽極結構。在又一實施例中，電極結構110可包含具有陽極集電器136及陽極活性材料層132之陽極結構，如圖1B中所示。舉例而言，陽極集電器136可包含安置在一或多個陽極活性材料層之間的陽極集電器層。在又一實施例中，電極結構110可包含單材料層，諸如鋰片電極。類似地，在一個實施例中，反電極結構112包含反電極活性材料層138、反電極集電器140，及支撐反電極集電器140及/或反電極活性材料層138中之一或多者的反電極主結構141，如例如圖7所描繪之實施例中所展示。舉例而言，在一個實施例中，反電極結構112可包含陰極結構，該陰極結構包含陰極活性材料層、陰極集電器及陰極主結構。在又一實施例中，反電極結構110可包含具有陰極集電器140及陰極活性材料層138之陰極結構，如圖1B中所示。電絕緣微孔隔板130允許載體離子在充電及/或放電程序期間通過以在電極總成106中之電極結構110與反電極結構112之間行進。此外，應理解，電極及反電極結構110及112分別不限於本文中描述之特定實施例及結構，且除本文中特定描述之彼等以外之其他組態、結構及/或材料亦可經提供以形成電極結構110及反電極結構112。舉例而言，電極及反電極結構110、112可以以下形式提供：結構實質上缺少任何電極及/或反電極主結構134、141，如在圖1B之情況下及/或諸如在應含有主結構之電極及/或反電極結構110、112之區實際上由電極活性材料及/或反電極活性材料構成的情況下。

【0092】 根據如圖1B及圖2A中所示之實施例，電極及反電極結構群110及112之部件分別以交替順序配置，其中交替順序之方向對應於堆疊方向D。根據此實施例，電極總成106進一步包含相互垂直縱向、橫向

及豎直軸線，其中縱向軸線 A_{EA} 一般對應或平行於電極及反電極結構群之部件之堆疊方向D。如圖2A中之實施例中所示，縱向軸線 A_{EA} 描繪為對應於Y軸，橫向軸線描繪為對應於X軸，且豎直軸線描繪為對應於Z軸。雖然在本文中提及圖2A以用於描述各種特徵，包括關於蓄電池組及電極總成之尺寸及軸線，但應理解，此類描述亦應用於如本文中之其他圖式中所描繪之實施例，包括圖1B至圖1E之實施例。

【0093】此外，電極總成106具有在縱向方向上(亦即，沿y軸)量測之最大寬度 W_{EA} 、藉由側表面限定且在橫向方向上(亦即，沿x軸)量測之最大長度 L_{EA} 及亦藉由側表面限定且在豎直方向上(亦即，沿z軸)量測之最大高度 H_{EA} 。最大寬度 W_{EA} 可理解為對應於如自電極總成106之縱向末端表面116、118之相對的點量測之電極總成106之最大寬度，其中電極總成在縱向方向上最寬。舉例而言，參考圖2A中之電極總成106之實施例，最大寬度 W_{EA} 可理解為簡單地對應於如在縱向方向上所量測之總成106之寬度。然而，參考圖3H中所示之電極總成106之實施例，可見最大寬度 W_{EA} 對應於如自兩個相對的點300a、300b所量測之電極總成之寬度，其中電極總成在縱向方向上最寬，與如自相對的點301a、301b所量測之寬度相反，其中電極總成106更窄。類似地，最大長度 L_{EA} 可理解為對應於如自電極總成106之側表面142之相對的點所量測之電極總成之最大長度，其中電極總成在橫向方向上最長。再次參考圖2A中之實施例，最大長度 L_{EA} 可簡單地理解為電極總成106之長度，而在圖3H中所示之實施例中，最大長度 L_{EA} 對應於如自兩個相對的點302a、302b所量測之電極總成之長度，其中電極總成在橫向方向上最長，與如自相對的點303a、303b所量測之長度相反，其中電極總成較短。沿類似線條，最大高度 H_{EA} 可理解為對應

於如自電極總成之側表面143之相對的點所量測之電極總成之最大高度，其中電極總成在豎直方向上最高。亦即，在圖2A中所示之實施例中，最大高度 H_{EA} 簡單地為電極總成之高度。雖然圖3H中所示之實施例中未特定描繪，但若電極總成在橫跨縱向及橫向方向中之一或多者之點處具有不同高度，則電極總成之最大高度 H_{EA} 將理解為對應於如自兩個相對的點所量測之電極總成之高度，其中電極總成在豎直方向上最高，與如自相對的點所量測之高度相反，其中電極總成較短，如針對最大寬度 W_{EA} 及最大長度 L_{EA} 類似所描述。電極總成106之最大長度 L_{EA} 、最大寬度 W_{EA} 及最大高度 H_{EA} 可視能量儲存器件100及其預期用途而變化。舉例而言，在一個實施例中，電極總成106可包括習知蓄電池組尺寸典型具有的最大長度 L_{EA} 、寬度 W_{EA} 及高度 H_{EA} 。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極總成106可包括薄膜電池組尺寸典型具有的最大長度 L_{EA} 、寬度 W_{EA} 及高度 H_{EA} 。

【0094】 在一些實施例中，尺寸 L_{EA} 、 W_{EA} 及 H_{EA} 經選擇以提供沿橫向軸線(X軸)具有最大長度 L_{EA} 及/或沿縱向軸線(Y軸)具有最大寬度 W_{EA} (其長於沿豎直軸線(Z軸)之最大高度 H_{EA})之電極總成106。舉例而言，在圖2A中所示之實施例中，尺寸 L_{EA} 、 W_{EA} 及 H_{EA} 經選擇以提供沿與電極結構堆疊方向D正交之橫向軸線(X軸)以及沿與電極結構堆疊方向D一致之縱向軸線(Y軸)具有最大尺寸的電極總成106。亦即，最大長度 L_{EA} 及/或最大寬度 W_{EA} 可大於最大高度 H_{EA} 。舉例而言，在一個實施例中，最大長度 L_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率可為至少2:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，最大長度 L_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率可為至少5:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，最大長度 L_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率可為至少10:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，最大長度 L_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率可為至

少15:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，最大長度 L_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率可為至少20:1。不同尺寸之比率可在能量儲存器件內允許最佳組態以使活性材料之量最大化，從而提高能量密度。

【0095】 在一些實施例中，最大寬度 W_{EA} 可經選擇以提供大於最大高度 H_{EA} 之電極總成106之寬度。舉例而言，在一個實施例中，最大寬度 W_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率可為至少2:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，最大寬度 W_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率可為至少5:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，最大寬度 W_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率可為至少10:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，最大寬度 W_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率可為至少15:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，最大寬度 W_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率可為至少20:1。

【0096】 根據一個實施例，最大寬度 W_{EA} 與最大長度 L_{EA} 之比率可經選擇以在提供最佳組態之預定範圍內。舉例而言，在一個實施例中，最大寬度 W_{EA} 與最大長度 L_{EA} 之比率可在1:5至5:1範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，最大寬度 W_{EA} 與最大長度 L_{EA} 之比率可在1:3至3:1範圍內。舉又另一實施例而言，在一個實施例中，最大寬度 W_{EA} 與最大長度 L_{EA} 之比率可在1:2至2:1範圍內。

【0097】 在如圖1B及圖2A中所示之實施例中，電極總成106具有第一縱向末端表面116及沿著縱向軸線 A_{EA} 與第一縱向末端表面116分離之相對第二縱向末端表面118。電極總成106進一步包含至少部分地包圍縱向軸線 A_{EA} 且連接第一及第二縱向末端表面116、118之側表面142。在一個實施例中，最大寬度 W_{EA} 為如自第一縱向末端表面116至第二縱向末端表面118所量測之沿縱向軸線 A_{EA} 之尺寸。類似地，最大長度 L_{EA} 可藉由側表

面142限定，且在一個實施例中，可為如沿與縱向軸線正交之橫向軸線自側表面142之相對第一及第二區144、146所量測之尺寸。在一個實施例中，最大高度 H_{EA} 可藉由側表面142限定且可沿與縱向軸線正交之豎直軸線自側表面142之相對第一及第二區148、150量測。

【0098】出於清晰之目的，僅四個電極結構110及四個反電極結構112說明於圖2A中所示之實施例中，且類似地僅有限數目個電極結構110及反電極結構展示於圖1B中。在一個實施例中，取決於能量儲存器件100及其預期用途，電極及反電極結構群110及112之部件的交替順序分別可包括每一群之任何數目個部件，且電極及反電極結構群110及112之部件的交替順序可互相交叉，例如，如圖2A中所示。舉其他實例而言，在一個實施例中，除交替順序沿堆疊方向D終止時之外，電極結構群110之每一部件可駐留於反電極結構群112之兩個部件之間。舉其他實例而言，在一個實施例中，除交替順序沿著堆疊方向D終止時之外，反電極結構群112之每一部件可駐留於電極結構群110之兩個部件之間。舉其他實例而言，在一個實施例中，且更一般地陳述，電極結構群110及反電極結構群112各自具有N個部件，N-1個電極結構部件110中的每一者在兩個反電極結構部件112之間，N-1個反電極結構部件112中的每一者在兩個電極結構部件110之間，且N至少為2。舉其他實例而言，在一個實施例中，N至少為4。舉其他實例而言，在一個實施例中，N至少為5。舉其他實例而言，在一個實施例中，N至少為10。舉其他實例而言，在一個實施例中，N至少為25。舉其他實例而言，在一個實施例中，N至少為50。舉其他實例而言，在一個實施例中，N至少為100或更大。在一個實施例中，電極及/或反電極群之部件充分自虛底板(例如實質上與電極總成之表面一致之平面)

延伸以具有大於底板中之部件之幾何覆蓋面積(亦即，投影)兩倍之表面積(忽略孔隙度)。在某些實施例中，非層狀(亦即，三維)電極及/或反電極結構之表面積與虛底板中之其幾何覆蓋面積的比率可為至少約5、至少約10、至少約50、至少約100，及/或甚至至少約500。然而，一般而言，比率將在約2與約1000之間。在一個此類實施例中，電極群之部件本質上為非層狀的。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，反電極群之部件在本質上為非層狀的。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極群之部件及反電極群之部件本質上為非層狀的。

【0099】 根據一個實施例，電極總成106在電極總成106終止處具有縱向末端117、119。根據一個實施例，電極總成106中之電極及反電極結構110、112之交替順序分別以沿縱向方向之對稱方式終止，諸如其中電極結構110在縱向方向上之電極總成106之每一末端117、119處，或其中反電極結構112在縱向方向上之電極總成106之每一末端117、119處。在另一實施例中，電極110及反電極結構112之交替順序可以沿縱向方向之非對稱方式終止，諸如其中電極結構110在縱向軸線A_{EA}之一個末端117處，且反電極結構112在縱向軸線A_{EA}之另一末端119處。根據又一實施例，電極總成106可在電極總成106之一或多個末端117、119處以電極結構110及/或反電極結構112中之一或多者的子結構終止。舉實例而言，根據一個實施例，電極110及反電極結構112之交替順序可在電極110及反電極結構112之一或多個子結構處終止，該一或多個子結構包括電極主結構134、反電極主結構141、電極集電器136、反電極集電器140、電極活性材料層132、反電極活性材料層138及其類似者，且亦可以諸如隔板130之結構終止，且電極總成106之每一縱向末端117、119處之結構可相同(對

稱)或不同(非對稱)。電極總成106之縱向最終末端117、119可包含藉由第一及第二一級生長限制154、156接觸以限制電極總成106之總體生長的第一及第二縱向末端表面116、118。

【0100】 根據又一實施例，電極總成106具有第一及第二橫向末端145、147(參見例如圖1B及圖2A)，其可接觸一或多個可用於使電極及/或反電極結構110、112電連接至負荷及/或電壓供應器(未展示)之電極及/或反電極突片190、192(參見例如圖20)。舉例而言，電極總成106可包含電極匯流排194 (參見例如圖2A)，各電極結構110可連接至其上，且彙集來自電極結構群110之每一部件之電流。類似地，電極總成106可包含反電極匯流排196，各反電極結構112可連接至其上，且彙集來自反電極結構群112之每一部件之電流。電極及/或反電極匯流排194、196各自具有在方向D上量測之長度且實質上在電極結構110、112之互相交叉系列之整個長度上延伸。在圖20中示出的實施例中，電極突片190及/或反電極突片192包括與電極及/或反電極匯流排194、196電連接且實質上延伸其整個長度之電極突片延伸部191、193。替代地，電極及/或反電極突片190、192可直接連接至電極及/或反電極匯流排194、196，例如，末端或沿匯流排194、196之長度的其中間位置，而不要求突片延伸部191、193。因此，在一個實施例中，電極及/或反電極匯流排194、196可在橫向方向上形成電極總成106之最終末端145、147之至少一部分，且將電極總成連接至突片190、192以便電連接至負荷及/或電壓供應器(未展示)。此外，在又一實施例中，電極總成106包含沿著豎直(Z)軸線安置之第一及第二最終末端149、153。舉例而言，根據一個實施例，各電極110及/或反電極結構112裝備有隔板材料之頂部及底部塗層，如圖2A中所示，其中塗層在豎直方

向上形成電極總成106之最終末端149、153。可由隔板材料之塗層形成之最終末端149、153可沿豎直軸線包含可經置放與第一及第二次級生長限制158、160接觸以限制豎直方向上之生長之側表面142的第一及第二表面區148、150。

【0101】 一般而言，電極總成106可包含縱向末端表面116、118，其為平面、共平面或非平面。舉例而言，在一個實施例中，相對縱向末端表面116、118可為凸面。舉其他實例而言，在一個實施例中，相對縱向末端表面116、118可為凹面。舉其他實例而言，在一個實施例中，相對縱向末端表面116、118為實質上平面。在某些實施例中，電極總成106可包括相對縱向末端表面116、118，其在投影於平面上時具有任何範圍之二維形狀。舉例而言，縱向末端表面116、118可獨立地具有光滑的曲面形狀(例如圓形、橢圓形、雙曲線形或拋物線形)，其可獨立地包括一系列線及頂點(例如多邊形)，或其可獨立地包括光滑的曲面形狀且包括一或多個線及頂點。類似地，電極總成106之側表面142可為光滑的曲面形狀(例如電極總成106可具有圓形、橢圓形、雙曲線形或拋物線形橫截面形狀)或側表面142可包括兩個或多於兩個連接在頂點處之線(例如電極總成106可具有多邊形橫截面)。舉例而言，在一個實施例中，電極總成106具有圓柱形、橢圓柱形、拋物柱形或雙曲柱形形狀。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極總成106可具有稜柱形狀，具有相同大小及形狀之相對縱向末端表面116、118及平行四邊形形狀的側表面142 (亦即，在相對縱向末端表面116與118之間延伸的表面)。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極總成106具有對應於三角稜柱之形狀，電極總成106具有兩個相對的三角形縱向末端表面116及118及在兩個縱向末端之間延伸的由三

個平行四邊形(例如矩形)組成之側表面142。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極總成106具有對應於矩形稜柱之形狀，電極總成106具有兩個相對矩形縱向末端表面116及118及包含四個平行四邊形(例如矩形)表面之側表面142。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極總成106具有對應於五稜柱、六稜柱等之形狀，其中電極總成106分別具有兩個五邊形、六邊形等相對縱向末端表面116及118及分別包含五個、六個等平行四邊形(例如矩形)表面之側表面。

【0102】 現參考圖3A至圖3H，示意性地說明電極總成106之若干例示性幾何形狀。更特定言之，在圖3A中，電極總成106具有三角稜柱形狀，其具有沿縱向軸線 A_{EA} 分離之相對第一及第二縱向末端表面116、118及包括連接圍繞縱向軸線 A_{EA} 之縱向末端表面116、118之三個矩形表面的側表面142。在圖3B中，電極總成106具有平行六面體形狀，其具有沿著縱向軸線 A_{EA} 分離之相對第一及第二平行四邊形縱向末端表面116、118及包括連接兩個縱向末端表面116、118且包圍縱向軸線 A_{EA} 之四個平行四邊形表面的側表面142。在圖3C中，電極總成106具有矩形稜柱形狀，其具有沿著縱向軸線 A_{EA} 分離之相對第一及第二矩形縱向末端表面116、118及包括連接兩個縱向末端表面116、118且包圍縱向軸線 A_{EA} 之四個矩形表面的側表面142。在圖3D中，電極總成106具有五邊形稜柱形狀，其具有沿著縱向軸線 A_{EA} 分離之相對第一及第二五邊形縱向末端表面116、118及包括連接兩個縱向末端表面116、118且包圍縱向軸線 A_{EA} 之五個矩形表面之側表面142。在圖3E中，電極總成106具有六邊形稜柱形狀，其具有沿著縱向軸線 A_{EA} 分離之相對第一及第二六邊形縱向末端表面116、118及包括連接兩個縱向末端表面116、118且包圍縱向軸線 A_{EA} 之六個矩形表面的側

表面142。在圖3E中，電極總成具有方形錐體平截頭體形狀，其具有沿著縱向軸線 A_{EA} 分離之相對第一及第二方形末端表面116、118及包括連接兩個縱向末端表面116、118且包圍縱向軸線 A_{EA} 之四個梯形表面之側表面142，其梯形表面尺寸沿縱向軸線自第一表面116處之較大尺寸逐漸變窄至第二表面118處之較小尺寸，且第二表面之大小小於第一表面之大小。在圖3F中，電極總成具有五邊形錐體平截頭體形狀，其具有沿著縱向軸線 A_{EA} 分離之相對第一及第二方形末端表面116、118及包括連接兩個縱向末端表面116、118且包圍縱向軸線 A_{EA} 之五個梯形表面之側表面142，其梯形表面尺寸沿縱向軸線自第一表面116處之較大尺寸逐漸變窄至第二表面118處之較小尺寸，且第二表面之大小小於第一表面之大小。在圖3H中，電極總成106憑藉電極及反電極結構110、112（長度自朝向縱向軸線上之電極總成106之中間的第一長度減小至電極總成106之縱向末端117、119處之第二長度）在縱向方向上具有錐體形狀。

電極/反電極分離距離

【0103】 在一個實施例中，電極總成106具有電極結構110及反電極結構112，其中相鄰電極及反電極結構110、112中之電極活性材料層132與反電極材料層138之間的高度(在豎直方向上)及/或長度(在橫向方向上)中的偏移經選擇為在預定範圍內。憑藉解釋，圖14A描繪包含鄰近反電極結構112之反電極活性材料層138的電極結構110之電極活性材料層132的電極總成106之段的一實施例，該電極活性材料層與該反電極活性材料層之間具有微孔隔板130。在如所展示之此橫截面剖視中，電極活性材料層132在z方向上之高度大致相等於反電極活性材料層138在z方向上之高度。雖然具有高度相同之電極活性材料層132及反電極活性材料層138的

結構就層之間的載體離子容量之匹配而言可具有益處，從而改良具有相等高度層之蓄電池組102的儲存容量，但此類相等高度層亦可存在問題。特定言之，對於高度過度接近電極活性材料層132之高度的反電極活性材料層138，載體離子可吸引至電極活性材料層132之豎直末端表面500，及/或形成電極結構110之部分的電極集電器136的暴露部分。結果可為鍍出載體離子及/或形成樹突，其可最終導致電池組之性能退化及/或故障。雖然陰極活性材料層138之高度可相對於電極活性材料層34減小以減輕此問題，但大小的過度不平等影響蓄電池組之儲存容量及功能。此外，即使在提供層138、132之間的偏移或分離距離時，情況可為具有該等層之蓄電池組的機械震動或碰撞(諸如在蓄電池組106之使用或運輸期間)可能移動且改變層138、132之對準，使得該等層之間的任何原始偏移及/或分離距離變得可忽略或甚至經消除。

【0104】 因此，本發明之態樣涉及發現藉由提供限制組108 (諸如對應於本文所描述之任一實施例的一組)，即使在蓄電池組之正常使用或運輸期間遭遇之物理及機械應力下，亦可維持電極結構110及反電極結構112中之層138、132之間的對準。因此，可選擇足夠小以提供蓄電池組106之良好儲存容量的預定偏移及/或分離距離，同時亦賦予電池組降低的短路或故障風險，其中預定偏移少至5 μm ，且通常不超過500 μm 。

【0105】 參考圖14A至圖14H，描述根據本公開之其他態樣。特定言之，應注意，電極總成106包含電極結構群110、電極集電器群136、隔板群130、反電極結構群112、反電極集光器群140，及單元電池群504。亦如參考圖1B及圖2A所示，電極及反電極結構群之部件在縱向方向上以交替順序配置。電極結構群110之每一部件包含電極集電器136及電極活

性材料層132，該電極活性材料層具有對應於如在橫向方向上在電極活性材料層之第一及第二相對橫向末端表面502a、502b之間所量測的斐瑞特直徑之長度 L_E (參見例如圖15A)及對應於如在豎直方向上在電極活性材料層132之第一及第二相對豎直末端表面500a、500b之間所量測的電極活性材料層之斐瑞特直徑的高度 H_E (參見例如圖17)。電極結構群110之每一部件亦具有電極活性材料層132，該電極活性材料層具有對應於如在縱向方向上在電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的電極活性材料層132之斐瑞特直徑的寬度 W_E (參見例如圖14A)。反電極結構群之每一部件進一步包含反電極集電器140及反電極活性材料層138，該反電極活性材料層具有對應於如在橫向方向上在反電極活性材料層138之第一及第二相對橫向末端表面503a、503b之間所量測的反電極活性材料之斐瑞特直徑的長度 L_C (參見例如圖15A)，及對應於如在豎直方向上在反電極活性材料層138之第一及第二相對豎直末端表面501a、501b之間所量測的斐瑞特直徑之高度 H_C (參見例如圖17)。反電極結構群112之每一部件亦具有反電極活性材料層138，該反電極活性材料層具有對應於如在縱向方向上在電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的反電極活性材料層138之斐瑞特直徑的寬度 W_C (參見例如圖14A)。

【0106】 如上文所定義，橫向方向上電極活性材料層132之斐瑞特直徑為如在橫向方向上在垂直於橫向方向之限制電極活性材料層之兩個平行平面之間所量測的距離。豎直方向上電極活性材料層132之斐瑞特直徑為如在豎直方向上在垂直於豎直方向之限制電極活性材料層之兩個平行平面之間所量測的距離。橫向方向上反電極活性材料層138之斐瑞特直徑為如在橫向方向上在垂直於橫向方向之限制反電極活性材料層之兩個平行平

面之間所量測的距離。豎直方向上反電極活性材料層138之斐瑞特直徑為如在豎直方向上在垂直於豎直方向之限制反電極活性材料層之兩個平行平面之間所量測的距離。出於解釋之目的，圖13A及圖13B描繪電極活性材料層132及/或反電極活性材料層138之斐瑞特直徑，如在單個2D平面中所判定。特定言之，圖13A描繪電極活性材料層132及/或反電極活性材料層之2D截塊，如在Z-Y平面中所獲取。在z方向(豎直方向)上限制該層之兩個平行X-Y平面(505a、505b)之間的距離對應於該層在平面中之高度H(亦即， H_E 或 H_C)。亦即，豎直方向上之斐瑞特直徑可理解為對應於該層之最大高度的量測值。雖然圖13A中之描述僅針對2D截塊，但出於解釋之目的，可理解在3D空間中，豎直方向上之斐瑞特直徑不限於單個截塊，而係在豎直方向上彼此分離之限制其間之三維層的X-Y平面505a、505b之間的距離。類似地，圖13B描繪電極活性材料層132及/或反電極活性材料層138之2D截塊，如在X-Z平面中所獲取。在x方向(橫向方向)上限制該層之兩個平行Z-Y平面(505c、505d)之間的距離對應於該層在平面中之長度L(亦即， L_E 或 L_C)。亦即，橫向方向上之斐瑞特直徑可理解為對應於該層之最大長度的量測值。雖然圖13B中之描述僅針對2D截塊，但出於解釋之目的，可理解在3D空間中，橫向方向上之斐瑞特直徑不限於單個截塊，而係在橫向方向上彼此分離之限制其間之三維層的Z-Y平面505c、505d之間的距離。可類似地獲得縱向方向上電極活性材料層及/或反電極活性材料之斐瑞特直徑，以便獲得電極活性材料層132之寬度 W_E 及/或反電極活性材料層138之寬度 W_C 。

【0107】 在一個實施例中，亦如本文中其他處已描述，電極總成106可理解為具有：分別對應於虛三維笛卡爾座標系統之x、y及z軸的相互垂

直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之第一縱向末端表面及第二縱向末端表面；及包圍電極總成縱向軸線 A_{EA} 且連接第一及第二縱向末端表面之側表面，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與該縱向軸線正交之第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之最大寬度 W_{EA} 、藉由側表面限定且在橫向方向上量測之最大長度 L_{EA} ，及藉由側表面限定且在豎直方向上量測之最大高度 H_{EA} 。

【0108】 再次參考圖14A至圖14H，可見各單元電池504包含電極集電器群之第一電極集電器136的單元電池部分；對載體離子為離子可滲透的隔板130（例如，包含多孔材料之隔板）；電極群之一個部件的第一電極活性材料層132；反電極集電器群之第一反電極集電器140的單元電池部分；及反電極群之一個部件的第一反電極活性材料層138。在一個實施例中，在單元電池群之連續及/或鄰近部件504a、504b、504c的情況下（例如，如圖18A中所描繪），電極集電器136及/或反電極集電器的至少一部分可在單元（504a與504b，及504b與504c）之間共用。舉例而言，參考圖18A，可見單元電池504a及504b共用反電極集電器140，而單元電池504b及504c共用電極集電器136。在一個實施例中，各單元電池包含共用集電器之 $\frac{1}{2}$ ，但亦可提供其他結構配置。根據又一實施例，對於在電極總成106之縱向末端處形成端子單元電池之部分的集電器，單元電池504可包含未共用集電器，且因此包含整個集電器作為電池之部分。

【0109】 此外，再次參考圖14A至圖14H及圖18A中所描繪之單元電池，可見在各單元電池504內，第一電極活性材料層132a接近隔板130之第一側506a，且第一反電極材料層138a接近隔板130之相對第二側

506b。如圖18A之實施例中所示，電極結構110包含形成單元電池504a之部分的第一電極活性材料層132a以及在縱向方向上形成下一鄰近單元電池之部分的第二電極活性材料層132b兩者。類似地，反電極結構112包含形成單元電池504a之部分的第一反電極活性材料層138a以及在縱向方向上形成下一鄰近單元電池(504b)之部分的第二反電極活性材料層138b兩者。隔板130將第一電極活性材料層132a與第一反電極活性材料層138a電隔離，且載體離子在電池組於充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池504之隔板130主要在第一電極活性材料層132a與第一反電極活性材料138a層之間交換。

【0110】 為進一步闡明各單元電池504中之第一電極活性材料層132a與第一反電極活性材料層138a之間的偏移及/或分離距離，參考圖11A至圖11C及圖12A至圖12C。特定言之，參考圖11A至圖11C，描述豎直方向上之偏移及/或分離距離。如此實施例之圖11A中所描繪，電極及反電極活性材料層132、138之第一豎直末端表面500a、501a在電極總成106之相同側面上。此外，電極活性材料132之第一相對豎直末端表面500a的中間豎直位置在X-Z平面中沿電極活性材料層之長度 L_E 的2D圖描出第一豎直末端表面曲線 E_{VPI} 。亦即，如參考圖11C所示，對於沿橫向方向(X)之每一ZY平面，在ZY平面之特定橫向位置(例如， X_1 、 X_2 、 X_3 等)處，可藉由採用表面之z位置的中值將電極活性材料層132之豎直末端表面500a的中間豎直位置(z位置)判定為y的函數。圖11C通常描繪線之一實例，其展示經選擇x截塊(例如， X_1 處之截塊)處之特定ZY平面之豎直末端表面500a的中間豎直位置(z位置)。(應注意，圖11C通常描繪對豎直末端表面，通常即電極活性材料層132之第一及第二豎直末端表面500a、500b及/或反電

極活性材料層138之第一及第二豎直末端表面501a、501b之中間豎直位置(在圖式之頂部及底部處的虛線)的判定)。圖11B描繪實施例，其中如沿電極活性材料之長度 L_E (亦即，沿長度 L_E 之每一 x 位置 X_1 、 X_2 、 X_3 處)所判定，此中間豎直位置之2D圖描出對應於繪製為 x 之函數(例如，在 X_1 、 X_2 、 X_3 等處)之中間豎直位置(z 位置)的第一豎直末端表面曲線 E_{VP1} 。舉例而言，電極活性材料層132之豎直末端表面500a的中間豎直位置可關於對應於電極活性材料層之第一橫向末端處之 X_{0E} 至電極活性材料層之第二橫向末端處之 X_{LE} 的 x 位置繪製為 x (橫向位置)之函數，其中 $X_{LE}-X_{0E}$ 相當於橫向方向上電極活性材料層132之斐瑞特直徑(電極活性材料層132之長度 L_E)。

【0111】 類似地，在反電極活性材料層138之第一相對末端表面501a的情況下，反電極活性材料層138之第一相對豎直末端表面501a的中間豎直位置在 $X-Z$ 平面中之2D圖沿反電極活性材料層138之長度 L_C 描出第一豎直末端表面曲線 CE_{VP1} 。再次參考圖11C，可理解對於沿橫向方向之每一 ZY 平面，在 ZY 平面之特定橫向位置(例如， X_1 、 X_2 、 X_3 等)處，可藉由採用表面之 z 位置的中值將反電極活性材料層138之豎直末端表面501a的中間豎直位置(z 位置)判定為 y 的函數。圖11C通常描繪線之一實例，其展示經選擇 x 截塊(例如， X_1 處之截塊)處之特定 YZ 平面之豎直末端表面501a的中間豎直位置(z 位置)。圖11B描繪一實施例，其中如沿反電極活性材料之長度 L_C (亦即，沿長度 L_C 之每一 x 位置 X_1 、 X_2 、 X_3 處)所判定，此中間豎直位置之2D圖描出對應於繪製為 x 之函數(例如，在 X_1 、 X_2 、 X_3 等處)之中間豎直位置(z 位置)的第一豎直末端表面曲線 CE_{VP1} 。舉例而言，反電極活性材料層138之豎直末端表面501a的中間豎直位置可關於對應於反電

極活性材料層之第一橫向末端處之 X_{0c} 至反電極活性材料層之第二橫向末端處之 X_{Lc} 的 x 位置繪製為 x (橫向位置)之函數，其中 $X_{Lc}-X_{0c}$ 相當於橫向方向上反電極活性材料層138之斐瑞特直徑(反電極活性材料層138之長度 L_c)。

【0112】 此外，關於電極活性及反電極活性材料層132、138之第一豎直表面500a、501a之間的豎直分離之偏移及/或分離距離需求要求，對於第一反電極活性材料層之長度 L_c 的至少60%：(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{VP1} 與 CE_{VP1} 之間的分離距離 S_{z1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{z1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ 。又，在一個實施例中，其要求，對於第一反電極活性材料層之長度 L_c 的至少60%：(ii)如在電極及反電極活性材料層132、138之第一豎直末端表面500a、500b之間，反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對於電極活性材料層之第一豎直末端表面向內安置(例如，向內沿508)。亦即，藉由參考圖11B可見，對於第一反電極活性材料層138之長度 L_c 的至少60%，亦即自 X_{0c} 至 X_{Lc} 之位置 x 的至少60% (橫向方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%)，分離距離 S_{z1} 之絕對值，其對應於沿 x 之任何給定點處的曲線 E_{VP1} 與 CE_{VP1} 之間的距離，被要求不超過 $1000\text{ }\mu\text{m}$ ，且不小於 $5\text{ }\mu\text{m}$ 。又，可見，對於第一反電極活性材料層138之長度 L_c 的至少60%，亦即對於自 X_{0c} 至 X_{Lc} 之位置 x 的至少60% (橫向方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%)，反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對於電極活性材料層之第一豎直末端表面向內安置。

【0113】 在一個實施例中， S_{z1} 之絕對值可 $\geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，諸如 $\geq 10\text{ }\mu\text{m}$ ， $\geq 15\text{ }\mu\text{m}$ ， $\geq 20\text{ }\mu\text{m}$ ， $\geq 35\text{ }\mu\text{m}$ ， $\geq 45\text{ }\mu\text{m}$ ， $\geq 50\text{ }\mu\text{m}$ ， $\geq 75\text{ }\mu\text{m}$ ， $\geq 100\text{ }\mu\text{m}$ ， $\geq 150\text{ }\mu\text{m}$ ，及 $\geq 200\text{ }\mu\text{m}$ 。在另一實施例中， S_{z1} 之絕對值可 ≤ 1000 微米，諸

如 $\leq 500\ \mu\text{m}$ ，諸如 $\leq 475\ \mu\text{m}$ ， $\leq 425\ \mu\text{m}$ ， $\leq 400\ \mu\text{m}$ ， $\leq 375\ \mu\text{m}$ ， $\leq 350\ \mu\text{m}$ ， $\leq 325\ \mu\text{m}$ ， $\leq 300\ \mu\text{m}$ ，及 $\leq 250\ \mu\text{m}$ 。在一個實施例中， S_{Z1} 之絕對值可遵循以下關係： $1000\ \mu\text{m} \geq |S_{Z1}| \geq 5\ \mu\text{m}$ ，及/或 $500\ \mu\text{m} \geq |S_{Z1}| \geq 10\ \mu\text{m}$ ，及/或 $250\ \mu\text{m} \geq |S_{Z1}| \geq 20\ \mu\text{m}$ 。在又一實施例中，對於單元電池中之反電極活性材料層132之寬度 W_E 的斐瑞特直徑， S_{Z1} 之絕對值可在 $5 \times W_E \geq |S_{Z1}| \geq 0.05 \times W_E$ 的範圍內。此外，在一個實施例中，針對 $|S_{Z1}|$ 之以上值及/或關係中的任一者可適用於第一反電極活性材料層之長度 L_c 的多於60%，諸如適用於第一反電極活性材料層之長度 L_c 的至少65%、至少70%、至少75%、至少80%、至少85%、至少90%，及甚至至少95%。

【0114】此外，對於自 X_{0c} 至 X_{Lc} 之位置 x 的至少60% (橫向方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%)，反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對於電極活性材料層之第一豎直末端表面向內安置。亦即，對於反電極活性材料層之長度 L_c 的至少60%，電極活性材料層132可理解為具有比反電極活性材料層130更接近側表面之中間豎直位置(對於指定 X 截塊在 YZ 平面中之 z 中的位置，如在圖11C中)。換言之，反電極活性材料層138可理解為具有比電極活性材料層132之中間豎直位置沿電極總成106之向內方向508更遠的中間豎直位置(對於指定 X 截塊在 YZ 平面中之 z 中的位置，如在圖11C中)。電極活性材料層132相對於反電極活性材料層138之此豎直偏移亦可相對於圖11A中之實施例及圖11B之曲線可見，圖11A描繪電極材料層132之高度超過反電極活性材料層138之高度，圖11B描繪電極活性材料層132之中間豎直位置 E_{VP1} 沿橫向方向超過反電極活性材料層之中間豎直位置 CE_{VP1} 。在一個實施例中，針對第一反電極活性材料層之長度 L_c 的多於60%，諸如第一反電極活性材料層之長度 L_c 的至少65%、至

少70%、至少75%、至少80%、至少85%、至少90%，及甚至至少95%，反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對於電極活性材料層之第一豎直末端表面向內安置。

【0115】 在一個實施例中，上文針對關於電極及反電極活性材料層132、138之第一豎直末端表面500a、501a的分離距離 S_{z1} 所描述的關係亦類似地可經判定用於電極及反電極活性材料層132、138之第二豎直表面500b、501b (例如，如圖18A中所示)。亦即，第二豎直末端表面500b及501b彼此在電極總成106之相同側面上，且分別與電極及反電極活性材料層132、138之第一豎直末端表面500a、501a相對。此外，類似於關於上文給出的分離距離及/或偏移 S_{z1} 給定之描述，電極活性材料132之第二相對豎直末端表面500b的中間豎直位置在X-Z平面中之2D圖沿電極活性材料層之長度 L_E 描出第二豎直末端表面曲線 E_{VP2} 。亦即，如參考圖11A至圖11C所示，對於沿橫向方向之每一YZ平面，在YZ平面之特定橫向位置(例如， X_1 、 X_2 、 X_3 等)處，可藉由採用表面之z位置的中值將電極活性材料層132之第二豎直末端表面500b的中間豎直位置(z位置)判定為y的函數。圖11C通常描繪線之一實例，其展示經選擇x截塊(例如， X_1 處之截塊)處之特定YZ平面之第二豎直末端表面500b的中間豎直位置(z位置)。圖11B描繪此中間豎直位置之2D圖的一實施例，如沿電極活性材料之長度 L_E (亦即，沿長度 L_E 之每一x位置 X_1 、 X_2 、 X_3 處)所判定，其描出對應於繪製為x之函數(例如，在 X_1 、 X_2 、 X_3 等處)之中間豎直位置(z位置)的第二豎直末端表面曲線 E_{VP2} 。舉例而言，電極活性材料層132之第二豎直末端表面500b的中間豎直位置可關於對應於電極活性材料層之第一橫向末端處之 X_{0E} 至電極活性材料層之第二橫向末端處之 X_{LE} 的x位置繪製為x (橫向位

置)之函數，其中 $X_{LE}-X_{0E}$ 相當於橫向方向上電極活性材料層132之斐瑞特直徑(電極活性材料層132之長度 L_E)。

【0116】 類似地，在反電極活性材料層138之第二相對末端表面501b的情況下，反電極活性材料層138之第二相對豎直末端表面501b的中間豎直位置在X-Z平面中之2D圖沿反電極活性材料層138之長度 L_C 描出第二豎直末端表面曲線 CE_{VP2} 。再次參考圖11A至圖11C，可理解對於沿橫向方向之每一YZ平面，在YZ平面之特定橫向位置(例如， X_1 、 X_2 、 X_3 等)處，可藉由採用表面之z位置的中值將反電極活性材料層138之第二豎直末端表面501b的中間豎直位置(z位置)判定為y的函數。圖11C通常描繪線之一實例，其展示經選擇x截塊(例如， X_1 處之截塊)處之特定YZ平面之第二豎直末端表面501b的中間豎直位置(z位置)。圖11B描繪實施例，其中如沿反電極活性材料之長度 L_C (亦即，沿長度 L_C 之每一x位置 X_1 、 X_2 、 X_3 處)所判定，此中間豎直位置之2D圖描出對應於繪製為x之函數(例如，在 X_1 、 X_2 、 X_3 等處)之中間豎直位置(z位置)的第二豎直末端表面曲線 CE_{VP2} 。舉例而言，反電極活性材料層138之第二豎直末端表面501b的中間豎直位置可關於對應於反電極活性材料層之第一橫向末端處之 X_{0C} 至反電極活性材料層之第二橫向末端處之 X_{LC} 的x位置繪製為x (橫向位置)之函數，其中 $X_{LC}-X_{0C}$ 相當於橫向方向上反電極活性材料層138之斐瑞特直徑(反電極活性材料層138之長度 L_C)。

【0117】 此外，關於電極活性及反電極活性材料層132、138之第二豎直表面500b、501b之間的豎直分離之偏移及/或分離距離需求要求，對於第一反電極活性材料層之長度 L_C 的至少60%：(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{VP2} 與 CE_{VP2} 之間的分離距離 S_{Z2} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ 。又，

在一個實施例中，其要求，對於第一反電極活性材料層之長度 L_c 的至少60%：(ii)如在電極及反電極活性材料層132、138之第二豎直末端表面500b、501b之間，反電極活性材料層之第二豎直末端表面相對於電極活性材料層之第二豎直末端表面向內安置。亦即，藉由參考圖11B可見，對於第一反電極活性材料層138之長度 L_c 的至少60%，亦即自 X_{0c} 至 X_{Lc} 之位置 x 的至少60%（橫向方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%），分離距離 S_{z2} 之絕對值，其對應於沿 x 之任何給定點處的曲線 E_{VP2} 與 CE_{VP2} 之間的距離，被要求不超過1000 μm ，且不小於5 μm 。又，可見，對於第一反電極活性材料層138之長度 L_c 的至少60%，亦即對於自 X_{0c} 至 X_{Lc} 之位置 x 的至少60%（橫向方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%），反電極活性材料層之第二豎直末端表面相對於電極活性材料層之第二豎直末端表面向內安置。

【0118】 在一個實施例中， S_{z2} 之絕對值可 $\geq 5 \mu\text{m}$ ，諸如 $\geq 10 \mu\text{m}$ 、 $\geq 15 \mu\text{m}$ ， $\geq 20 \mu\text{m}$ ， $\geq 35 \mu\text{m}$ ， $\geq 45 \mu\text{m}$ ， $\geq 50 \mu\text{m}$ ， $\geq 75 \mu\text{m}$ ， $\geq 100 \mu\text{m}$ ， $\geq 150 \mu\text{m}$ ，及 $\geq 200 \mu\text{m}$ 。在另一實施例中， S_{z2} 之絕對值可 ≤ 1000 微米，諸如 $\leq 500 \mu\text{m}$ ，諸如 $\leq 475 \mu\text{m}$ ， $\leq 425 \mu\text{m}$ ， $\leq 400 \mu\text{m}$ ， $\leq 375 \mu\text{m}$ ， $\leq 350 \mu\text{m}$ ， $\leq 325 \mu\text{m}$ ， $\leq 300 \mu\text{m}$ ，及 $\leq 250 \mu\text{m}$ 。在一個實施例中， S_{z2} 之絕對值可遵循以下關係： $1000 \mu\text{m} \geq |S_{z2}| \geq 5 \mu\text{m}$ ，及/或 $500 \mu\text{m} \geq |S_{z2}| \geq 10 \mu\text{m}$ ，及/或 $250 \mu\text{m} \geq |S_{z2}| \geq 20 \mu\text{m}$ 。在又一實施例中，對於單元電池中之反電極活性材料層132之寬度 W_E 的斐瑞特直徑， S_{z2} 之絕對值可在 $5 \times W_E \geq |S_{z2}| \geq 0.05 \times W_E$ 的範圍內。此外，在一個實施例中，針對 $|S_{z2}|$ 之以上值及/或關係中的任一者可適用於第一反電極活性材料層之長度 L_c 的多於60%，諸如適用於第一反電極活性材料層之長度 L_c 的至少65%、至少

70%、至少75%、至少80%、至少85%、至少90%，及甚至至少95%。此外，上文針對 S_{z2} 所描述的值及/或關係可與針對 S_{z1} 之彼等相同及/或不同，及/或可適用於與 S_{z1} 不同的長度 L_c 之百分比。

【0119】此外，對於自 X_{0c} 至 X_{Lc} 之位置 x 的至少60% (橫向方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%)，反電極活性材料層之第二豎直末端表面相對於電極活性材料層之第二豎直末端表面向內安置。亦即，對於反電極活性材料層之長度 L_c 的至少60%，電極活性材料層132可理解為具有比反電極活性材料層130更接近側表面之中間豎直位置(對於指定 X 截塊在 YZ 平面中之 z 中的位置，如在圖11C中)。換言之，反電極活性材料層138可理解為具有比電極活性材料層132之中間豎直位置沿電極總成106之向內方向508更遠的中間豎直位置(對於指定 X 截塊在 YZ 平面中之 z 中的位置，如在圖11C中)。電極活性材料層132相對於反電極活性材料層138之此豎直偏移亦可相對於圖11A中之實施例及圖11B之曲線可見，圖11A描繪電極材料層132之高度超過反電極活性材料層138之高度，圖11B描繪電極活性材料層132之中間豎直位置 E_{VP2} 沿橫向方向低於反電極活性材料層之中間豎直位置 CE_{VP2} 。在一個實施例中，針對第一反電極活性材料層之長度 L_c 的多於60%，諸如第一反電極活性材料層之長度 L_c 的至少65%、至少70%、至少75%、至少80%、至少85%、至少90%，及甚至至少95%，反電極活性材料層之第二豎直末端表面相對於電極活性材料層之第一豎直末端表面向內安置。又，與第二豎直表面相比較，第一豎直表面處之長度 L_c 之百分比可不同，沿該長度反電極活性材料比電極活性材料更向內。

【0120】此外，在一個實施例中，電極總成106進一步包含在各單元電池中之電極及反電極活性材料層132、138之橫向末端之間的橫向偏

移及/或分離距離。參考圖12A至圖12C，描述橫向方向上之偏移及/或分離距離。如此實施例之圖12A中所描繪，電極及反電極活性材料層132、138之第一橫向末端表面502a、503a在電極總成106之相同側面上(亦參見圖15A至圖15F)。此外，電極活性材料132之第一相對橫向末端表面502a之中間橫向位置的2D圖在X-Z平面中沿電極活性材料層之高度 H_E 描出第一橫向末端表面曲線 E_{TP1} 。亦即，如參考圖12A所示，對於沿豎直方向之每一YX平面，在YX平面之特定豎直位置(例如， Z_1 、 Z_2 、 Z_3 等)處，可藉由採用表面之x位置的中值將電極活性材料層132之橫向末端表面502a的中間豎直位置(x位置)判定為y的函數。圖12C通常描繪線之一實例，其展示經選擇z截塊(例如， Z_1 處之截塊)處之特定YX平面之第一橫向末端表面502a的中間橫向位置(x位置)。(應注意，圖12C通常描繪對橫向末端表面，通常即電極活性材料層132之第一及第二橫向末端表面502a、502b及/或反電極活性材料層138之第一及第二橫向末端表面503a、503b之中間豎直位置(在圖式之頂部及底部處的虛線)的判定)。圖12B描繪實施例，其中如沿電極活性材料之高度 H_E (亦即，沿高度 H_E 之每一z位置 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 處)所判定，此中間橫向位置之2D圖描出對應於繪製為z之函數(例如，在 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 等處)之中間橫向位置(x位置)的第一橫向末端表面曲線 E_{TP1} 。舉例而言，電極活性材料層132之橫向末端表面502a的中間橫向位置可關於對應於電極活性材料層之第一豎直末端處之 Z_{0E} 至電極活性材料層之第二豎直末端處之 Z_{HE} 的z位置繪製為z (豎直位置)之函數，其中 $Z_{HE}-Z_{0E}$ 相當於豎直方向上電極活性材料層132之斐瑞特直徑(電極活性材料層132之高度 H_E)。

【0121】 類似地，在反電極活性材料層138之第一橫向末端表面

503a的情況下，反電極活性材料層138之第一相對橫向末端表面503a的中間橫向位置在X-Z平面中之2D圖沿反電極活性材料層138之高度 H_C 描出第一橫向末端表面曲線 CE_{TP1} 。再次參考圖12A至圖12C，對於沿豎直方向之每一YX平面，在YX平面之特定豎直位置(例如， Z_1 、 Z_2 、 Z_3 等)處，可藉由採用表面之x位置的中值將反電極活性材料層138之橫向末端表面503a的中間橫向位置(x位置)判定為y的函數。圖12C通常描繪線之一實例，其展示經選擇z截塊(例如， Z_1 處之截塊)處之特定YX平面之橫向末端表面503a的中間橫向位置(x位置)。圖12B描繪實施例，其中如沿反電極活性材料之高度 H_C (亦即，沿高度 H_C 之每一z位置 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 處)所判定，此中間橫向位置之2D圖描出對應於繪製為z之函數(例如，在 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 等處)之中間橫向位置(x位置)的第一橫向末端表面曲線 CE_{TP1} 。舉例而言，反電極活性材料層138之橫向末端表面503a的中間橫向位置可關於對應於反電極活性材料層之第一豎直末端處之 Z_{0C} 至反電極活性材料層之第二豎直末端處之 Z_{HC} 的z位置繪製為z (豎直位置)之函數，其中 $Z_{HC}-Z_{0C}$ 相當於豎直方向上反電極活性材料層138之斐瑞特直徑(反電極活性材料層138之高度 H_C)。

【0122】 此外，關於電極活性及反電極活性材料層132、138之第一橫向表面502a、502b之間的橫向分離之偏移及/或分離距離需求要求，對於第一反電極活性材料層之高度 H_C 的至少60%：(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{TP1} 與 CE_{TP1} 之間的分離距離 S_{X1} 之絕對值為 $1000\ \mu\text{m} \geq |S_{X1}| \geq 5\ \mu\text{m}$ 。又，在一個實施例中，其要求，對於第一反電極活性材料層之高度 H_C 的至少60%：(ii)如在電極及反電極活性材料層132、138之第一橫向末端表面502a、503a之間，反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對於電極活

性材料層之第一橫向末端表面向內安置。亦即，藉由參考圖12B可見，對於第一反電極活性材料層138之高度 H_c 的至少60%，亦即自 Z_{0c} 至 Z_{Hc} 之位置 z 的至少60%（豎直方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%），分離距離 S_{x1} 之絕對值，其對應於沿 z 之任何給定點處的曲線 E_{TP1} 與 CE_{TP1} 之間的距離，被要求不超過1000 μm ，且不小於5 μm 。又，可見，對於第一反電極活性材料層138之高度 H_c 的至少60%，亦即對於自 Z_{0c} 至 Z_{Hc} 之位置 z 的至少60%（豎直方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%），反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對於電極活性材料層之第一橫向末端表面向內安置。

【0123】 在一個實施例中， S_{x1} 之絕對值可 $\geq 5 \mu m$ ，諸如 $\geq 10 \mu m$ ， $\geq 15 \mu m$ ， $\geq 20 \mu m$ ， $\geq 35 \mu m$ ， $\geq 45 \mu m$ ， $\geq 50 \mu m$ ， $\geq 75 \mu m$ ， $\geq 100 \mu m$ ， $\geq 150 \mu m$ ，及 $\geq 200 \mu m$ 。在另一實施例中， S_{x1} 之絕對值可 ≤ 1000 微米，諸如 $\leq 500 \mu m$ ，諸如 $\leq 475 \mu m$ ， $\leq 425 \mu m$ ， $\leq 400 \mu m$ ， $\leq 375 \mu m$ ， $\leq 350 \mu m$ ， $\leq 325 \mu m$ ， $\leq 300 \mu m$ ，及 $\leq 250 \mu m$ 。在一個實施例中， S_{x1} 之絕對值可遵循以下關係： $1000 \mu m \geq |S_{x1}| \geq 5 \mu m$ ，及/或 $500 \mu m \geq |S_{x1}| \geq 10 \mu m$ ，及/或 $250 \mu m \geq |S_{x1}| \geq 20 \mu m$ 。在又一實施例中，對於單元電池中之反電極活性材料層132之寬度 W_E 的斐瑞特直徑， S_{x1} 之絕對值可在 $5 \times W_E \geq |S_{x1}| \geq 0.05 \times W_E$ 的範圍內。此外，在一個實施例中，針對 $|S_{x1}|$ 之以上值及/或關係中的任一者可適用於反電極活性材料層之高度 H_c 的多於60%，諸如適用於反電極活性材料層之高度 H_c 的至少65%、至少70%、至少75%、至少80%、至少85%、至少90%，及甚至至少95%。此外，上文針對 S_{x1} 所描述的值及/或關係可與針對 S_{z1} 及/或 S_{z2} 之彼等相同及/或不同。

【0124】 此外，對於自 Z_{0c} 至 Z_{HC} 之位置 z 的至少60% (豎直方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%)，反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對於電極活性材料層之第一橫向末端表面向內安置。亦即，對於反電極活性材料層之高度 H_c 的至少60%，電極活性材料層132可理解為具有比反電極活性材料層130更接近側表面之中間橫向位置(對於指定 Z 截塊在 XY 平面中之 x 中的位置，如在圖12C中)。換言之，反電極活性材料層138可理解為具有比電極活性材料層132之中間橫向位置沿電極總成106之向內方向510更遠的中間橫向位置(對於指定 X 截塊在 XY 平面中之 x 中的位置，如在圖12C中)。電極活性材料層132相對於反電極活性材料層138之此橫向偏移亦可相對於圖12A中之實施例及圖12B之曲線可見，圖12A描繪電極材料層132之長度超過反電極活性材料層138之長度，圖12B描繪電極活性材料層132之中間橫向位置 E_{TP1} 沿豎直方向超過反電極活性材料層之中間橫向位置 CE_{TP1} 。在一個實施例中，針對第一反電極活性材料層之高度 H_c 的多於60%，諸如第一反電極活性材料層之高度 H_c 的至少65%、至少70%、至少75%、至少80%、至少85%、至少90%，及甚至至少95%，反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對於電極活性材料層之第一橫向末端表面向內安置。又，與第二橫向末端表面相比較，第一橫向末端表面處之高度 H_c 之百分比可不同，沿該高度反電極活性材料比電極活性材料更向內。

【0125】 在一個實施例中，上文針對關於電極及反電極活性材料層132、138之第一橫向末端表面502a、503a的分離距離 S_{x1} 所描述的關係亦類似地可經判定用於電極及反電極活性材料層132、138之第二橫向表面502b、503b (例如，如圖15A至圖15F中所示)。亦即，第二橫向末端表面

502b及503b彼此在電極總成106之相同側面上，且分別與電極及反電極活性材料層132、138之第一橫向末端表面502a、503a相對。此外，類似於關於上文給出的分離距離及/或偏移 S_{x1} 給定之描述，電極活性材料132之第二相對橫向末端表面502b的中間橫向位置在X-Z平面中之2D圖沿電極活性材料層之高度 H_E 描出第二橫向末端表面曲線 E_{TP2} 。亦即，如參考圖12A至圖12C所示，對於沿豎直方向之每一YX平面，在YX平面之特定豎直位置(例如， Z_1 、 Z_2 、 Z_3 等)處，可藉由採用表面之x位置的中值將電極活性材料層132之第二橫向末端表面502b的中間豎直位置(x位置)判定為y的函數。圖12C通常描繪線之一實例，其展示經選擇z截塊(例如， Z_1 處之截塊)處之特定YX平面之第二橫向末端表面502b的中間橫向位置(x位置)。圖12B描繪實施例，其中如沿電極活性材料之高度 H_E (亦即，沿高度 H_E 之每一z位置 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 處)所判定，此中間橫向位置之2D圖描出對應於繪製為z之函數(例如，在 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 等處)之中間橫向位置(x位置)的第二橫向末端表面曲線 E_{TP2} 。舉例而言，電極活性材料層132之第二橫向末端表面502b的中間橫向位置可關於對應於電極活性材料層之第一豎直末端處之 Z_{0E} 至電極活性材料層之第二豎直末端處之 Z_{HE} 的z位置繪製為z (豎直位置)之函數，其中 $Z_{HE}-Z_{0E}$ 相當於豎直方向上電極活性材料層132之斐瑞特直徑(電極活性材料層132之高度 H_E)。

【0126】 類似地，在反電極活性材料層138之第二相對橫向末端表面503b的情況下，反電極活性材料層138之第二相對橫向末端表面503b的中間橫向位置在X-Z平面中之2D圖沿反電極活性材料層138之高度 H_C 描出第二橫向末端表面曲線 CE_{TP2} 。再次參考圖12A至圖12C，對於沿豎直方向之每一YX平面，在YX平面之特定豎直位置(例如， Z_1 、 Z_2 、 Z_3 等)處，可

藉由採用表面之 z 位置的中值將反電極活性材料層138之第二橫向末端表面503b的中間橫向位置(x 位置)判定為 y 的函數。圖12C通常描繪線之實例，其展示經選擇 z 截塊(例如， Z_1 處之截塊)處之特定 YX 平面之第二橫向末端表面503b的中間橫向位置(x 位置)。圖12B描繪實施例，其中如沿反電極活性材料之高度 H_c (亦即，沿高度 H_c 之每一 z 位置 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 處)所判定，此中間橫向位置之2D圖描出對應於繪製為 z 之函數(例如，在 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 等處)之中間橫向位置(x 位置)的第二橫向末端表面曲線 CE_{TP2} 。舉例而言，反電極活性材料層138之第二橫向末端表面503b的中間橫向位置可關於對應於反電極活性材料層之第一橫向末端處之 Z_{0c} 至反電極活性材料層之第二橫向末端處之 Z_{Hc} 的 z 位置繪製為 z (豎直位置)之函數，其中 $Z_{Hc}-Z_{0c}$ 相當於豎直方向上反電極活性材料層138之斐瑞特直徑(反電極活性材料層138之高度 H_c)。

【0127】 此外，關於電極活性及反電極活性材料層132、138之第二橫向表面502b、503b之間的橫向分離之偏移及/或分離距離需求要求，對於第一反電極活性材料層之高度 H_c 的至少60%：(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{TP2} 與 CE_{TP2} 之間的分離距離 S_{x2} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{x2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ 。又，在一個實施例中，其要求，對於第一反電極活性材料層之高度 H_c 的至少60%：(ii)如在電極及反電極活性材料層132、138之第二橫向末端表面502b、503b之間，反電極活性材料層之第二橫向末端表面相對於電極活性材料層之第二橫向末端表面向內安置。亦即，藉由參考圖12B可見，對於第一反電極活性材料層138之高度 H_c 的至少60%，亦即自 Z_{0c} 至 Z_{Hc} 之位置 z 的至少60% (豎直方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%)，分離距離 S_{x2} 之絕對值，其對應於沿 z 之任何給定點處的曲線 E_{TP2} 與 CE_{TP2} 之

間的距離，被要求不超過 $1000\ \mu\text{m}$ ，且不小於 $5\ \mu\text{m}$ 。又，可見，對於第一反電極活性材料層138之高度 H_c 的至少60%，亦即對於自 Z_{0c} 至 Z_{Hc} 之位置 z 的至少60%（豎直方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%），反電極活性材料層之第二橫向末端表面相對於電極活性材料層之第二橫向末端表面向內安置。

【0128】 在一個實施例中， S_{x2} 之絕對值可 $\geq 5\ \mu\text{m}$ ，諸如 $\geq 10\ \mu\text{m}$ ， $\geq 15\ \mu\text{m}$ ， $\geq 20\ \mu\text{m}$ ， $\geq 35\ \mu\text{m}$ ， $\geq 45\ \mu\text{m}$ ， $\geq 50\ \mu\text{m}$ ， $\geq 75\ \mu\text{m}$ ， $\geq 100\ \mu\text{m}$ ， $\geq 150\ \mu\text{m}$ ，及 $\geq 200\ \mu\text{m}$ 。在另一實施例中， S_{x2} 之絕對值可 ≤ 1000 微米，諸如 $\leq 500\ \mu\text{m}$ ，諸如 $\leq 475\ \mu\text{m}$ ， $\leq 425\ \mu\text{m}$ ， $\leq 400\ \mu\text{m}$ ， $\leq 375\ \mu\text{m}$ ， $\leq 350\ \mu\text{m}$ ， $\leq 325\ \mu\text{m}$ ， $\leq 300\ \mu\text{m}$ ，及 $\leq 250\ \mu\text{m}$ 。在一個實施例中， S_{x2} 之絕對值可遵循以下關係： $1000\ \mu\text{m} \geq |S_{x2}| \geq 5\ \mu\text{m}$ ，及/或 $500\ \mu\text{m} \geq |S_{x2}| \geq 10\ \mu\text{m}$ ，及/或 $250\ \mu\text{m} \geq |S_{x2}| \geq 20\ \mu\text{m}$ 。在又一實施例中，對於單元電池中之反電極活性材料層132之寬度 W_E 的斐瑞特直徑， S_{x2} 之絕對值可在 $5 \times W_E \geq |S_{x2}| \geq 0.05 \times W_E$ 的範圍內。此外，在一個實施例中，針對 $|S_{x2}|$ 之以上值及/或關係中的任一者可適用於反電極活性材料層之高度 H_c 的多於60%，諸如適用於反電極活性材料層之高度 H_c 的至少65%、至少70%、至少75%、至少80%、至少85%、至少90%，及甚至至少95%。此外，上文針對 S_{x2} 所描述的值及/或關係可與針對 S_{x1} 、 S_{z1} 及/或 S_{z2} 之彼等相同及/或不同。

【0129】 此外，對於自 Z_{0c} 至 Z_{Hc} 之位置 z 的至少60%（豎直方向上反電極活性材料層之斐瑞特直徑的60%），反電極活性材料層之第二橫向末端表面相對於電極活性材料層之第二橫向末端表面向內安置。亦即，對於反電極活性材料層之高度 H_c 的至少60%，電極活性材料層132可理解為具

有比反電極活性材料層130更接近側表面之中間橫向位置(對於指定Z截塊在XY平面中之x中的位置，如在圖12C中)。換言之，反電極活性材料層138可理解為具有比電極活性材料層132之中間橫向位置沿電極總成106之向內方向510更遠的中間橫向位置(對於指定X截塊在XY平面中之x中的位置，如在圖12C中)。電極活性材料層132相對於反電極活性材料層138之此橫向偏移亦可相對於圖12A中之實施例及圖12B之曲線可見，圖12A描繪電極材料層132之長度超過反電極活性材料層138之長度，圖12B描繪電極活性材料層132之中間橫向位置 E_{TP2} 沿豎直方向低於反電極活性材料層之中間橫向位置 CE_{TP2} 。在一個實施例中，針對第一反電極活性材料層之高度 H_c 的多於60%，諸如第一反電極活性材料層之高度 H_c 的至少65%、至少70%、至少75%、至少80%、至少85%、至少90%，及甚至至少95%，反電極活性材料層之第二橫向末端表面相對於電極活性材料層之第二橫向末端表面向內安置。又，與第二橫向末端表面相比較，第一橫向末端表面處之高度 H_c 之百分比可不同，沿該高度反電極活性材料比電極活性材料更向內。

【0130】 根據一個實施例，豎直及/或橫向方向上之偏移及/或分離距離可藉由提供電極限制組108而維持，該電極限制組能夠維持及穩定各單元電池中之電極活性材料層132及反電極活性材料層138的對準，且甚至穩定電極結構110及反電極結構112在電極總成106中相對於彼此之位置。在一個實施例中，電極限制組108包含本文中描述之彼等中的任一者，包括其任何組合或部分。舉例而言，在一個實施例中，電極限制組108包含一級限制系統151，其包含第一及第二一級生長限制154、156及至少一個一級連接部件162，第一及第二一級生長限制154、156在縱向方

向上彼此分離，且至少一個一級連接部件162連接第一及第二一級生長限制154、156，其中一級限制系統151限制電極總成106在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。在又一實施例中，電極限制組108進一步包含次級限制系統152，其包含在第二方向上分隔開且藉由至少一個次級連接部件166連接之第一及第二次級生長限制158、160，其中次級限制系統155至少部分地限制電極總成106在蓄電池組106之循環之後在第二方向上之生長，該第二方向與縱向方向正交。下文描述電極限制組108之其他實施例。

【0131】 返回至圖14A至圖14H，描述單元電池504關於豎直分離距離及/或偏移之各種不同組態。在如所展示之實施例中，限制組108的一部分定位於層132之至少一個豎直末端處，且可連接至單元電池504之一或多個結構。舉例而言，電極限制組108包含第一及第二次級生長限制158、160，且生長限制可連接至單元電池中之結構的豎直末端。在如圖14A中所示之實施例中，第一及第二生長限制158、160經由將單元電池之結構黏結至限制158、160之黏著劑層516附接(圖1A之剖視展示上部限制158)。在圖14A中，電極集電器136、隔板層130及反電極集電器140之豎直末端經由黏著劑層516黏結至第一及第二生長限制158、160。因此，如下文中進一步詳細描述，電極集電器136、隔板層130及反電極集電器140中之一者或多者可個別地或共同地充當連接第一及第二生長限制以限制電極總成106之生長的次級連接部件166。圖14B展示單元電池504之所有電極集電器136、隔板層130及反電極集電器140黏結至第一及第二次級生長限制158、160的另一實施例。替代地，結構中的一些可黏結至第一

次級生長限制158，而其他結構黏結至第二次級生長限制。在如圖14C中所示之實施例中，電極集電器136及隔板層130兩者之豎直末端黏結至第一及第二次級生長限制158、160，而反電極集電器140在於豎直方向上接觸第一及次級生長限制之前終止。在如圖14D至圖14E中所示之實施例中，電極集電器136及反電極集電器140兩者之豎直末端黏結至第一及第二次級生長限制158、160，而隔板130在於豎直方向上接觸第一及次級生長限制之前終止。在如圖14F中所示之實施例中，電極集電器136之豎直末端黏結至第一及第二次級生長限制158、160，而隔板130及反電極集電器140在於豎直方向上接觸第一及次級生長限制之前終止。在如圖14G至圖14H中所示之實施例中，反電極集電器140之豎直末端黏結至第一及第二次級生長限制158、160，而隔板130及電極集電器136在於豎直方向上接觸第一及次級生長限制之前終止。

【0132】此外，在一個實施例中，單元電池504可包含安置在電極活性材料層132及/或反電極活性材料層之第一及第二豎直表面中之一或多者之間的一或多個絕緣部件514。絕緣部件514可為電絕緣以抑制單元電池504中之結構之間的短路。絕緣部件亦可為非離子可滲透的，或至少比隔板130之離子可滲透性低，以抑制載體離子自其穿過。亦即，絕緣部件514可經設置以使電極及反電極活性材料層132、138之豎直表面與鍍出、枝晶形成及/或暴露表面可以其他方式易受影響之其他電化學反應絕緣，以延長具有帶絕緣部件514之單元電池504的蓄電池組102的壽命。舉例而言，絕緣部件514可具有小於隔板130之離子滲透率及/或離子傳導率，該隔板提供於相同單元電池504中。舉例而言，絕緣部件514可具有與下文進一步描述之載體離子絕緣材料層674相同及/或類似之載體離子滲透率及

/或傳導率。絕緣部件514可由多種不同材料製備，包括陶瓷、聚合物、玻璃，及其組合及/或複合材料。

【0133】 在圖14A中所示之實施例中，單元電池504並不具有絕緣部件514，此係由於電極及反電極活性材料層132、138之第一豎直末端表面500a、501a兩者具有與第一次級生長限制158接近且甚至實質上齊平之豎直尺寸 z 。第二豎直末端表面500b、501b在相反豎直方向(未展示)上可類似地達至第二次級生長限制160。在某些實施例中，即使絕緣部件514並未設置在電極及反電極活性材料層132、138中之一或多者的豎直表面處，單元電池亦可包含預定豎直偏移 S_{z1} 及 S_{z2} ，如上文所描述。因此，在一個態樣中，儘管未設置絕緣部件514，但如圖14A中所示之實施例可具有偏移 S_{z1} 及/或 S_{z2} (並未明確地展示)。

【0134】 圖14B中所展示之實施例描繪在電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面500a、501a之間具有明顯偏移 S_{z1} 及/或在電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面500a、501a之間具有偏移 S_{z2} (未展示)的單元電池504。在此實施例中，絕緣部件514設置於反電極活性材料層138之第一豎直末端表面501a與第一次級生長限制158之內表面之間，及/或反電極活性材料層138之第二豎直末端表面501b與第二次級生長限制160之內表面之間(未展示)。儘管展示於圖14B中之2D Z-Y平面中未展示，但絕緣部件515可諸如在縱向方向(y方向)及橫向方向(x方向，在圖14B之頁面中)上實質上且甚至完全在反電極活性材料層138之豎直表面上方延伸，以覆蓋豎直表面501a、501b中之一或多者。此外，在圖14B中所描繪之實施例中，絕緣部件514安置在反電極活性材料層138之一個縱向末端處的隔板130與另一縱向末端處的反電極集電器140之間及/或由其限

定。

【0135】圖14C中所展示之實施例亦描繪在電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面500a、501a之間具有明顯偏移 S_{z1} 及/或在電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面500b、501b之間具有偏移 S_{z2} (未展示)的單元電池504。亦在此實施例中，絕緣部件514設置於反電極活性材料層138之第一豎直末端表面500a與第一次級生長限制158的內表面之間，及/或反電極活性材料層138之第二豎直末端表面501b與第二次級生長限制160的內表面之間(未展示)。儘管展示於圖14C中之2D Z-Y平面中未展示，但絕緣部件515可諸如在縱向方向(y方向)及橫向方向(x方向，在圖14C之頁面中)實質上且甚至完全在反電極活性材料層138之豎直表面上方延伸，以覆蓋豎直表面501a、501b中之一或多者。此外，在圖14C中所描繪之實施例中，絕緣部件514藉由反電極活性材料層之一個縱向末端處的隔板130限定，但在另一縱向末端處在反電極集電器140之豎直表面516a上方延伸。亦即，絕緣部件可朝向相鄰單元電池結構(諸如相鄰單元電池結構之相鄰反電極活性材料層138)縱向延伸且對接該鄰近單元電池結構。在一個實施例中，絕緣部件514可藉由越過分離鄰近單元電池504a、504b中之層138的反電極集電器140且越過相鄰胞元中之鄰近反電極活性材料層138的豎直表面延伸跨過鄰近反電極活性材料層138之一或多個豎直表面501a、501b。亦即，絕緣部件514可藉由橫穿在縱向方向上使單元電池504a、504b彼此分離之反電極集電器140之豎直表面跨越第一單元電池504a中之反電極活性材料層138的一或多個豎直表面501a、501b且在鄰近第一單元電池504a之第二單元電池504b中之反電極活性材料層138的一或多個豎直表面501a、501b上方延伸。

【0136】圖14D中所展示之實施例描繪單元電池504，其中絕緣部件514設置於反電極活性材料層138之第一豎直末端表面500a與第一次級生長限制158之內表面之間，及/或反電極活性材料層138之第二豎直末端表面500b與第二次級生長限制160之內表面之間(未展示)，且亦在隔板130之一或多個豎直表面518a、518b上方延伸以亦覆蓋電極活性材料層138之一或多個豎直末端表面500a、500b。亦即，絕緣部件514亦設置於電極活性材料層132之第一豎直末端表面500a與第一次級生長限制158之內表面之間，及/或電極活性材料層132之第二豎直末端表面500b與第二次級生長限制160之內表面之間(未展示) (以及在第一及第二次級生長限制158、160與隔板130之豎直表面518a、518b之間的空間中)。儘管展示於圖14D中之2D Z-Y平面中未展示，但絕緣部件515可諸如在縱向方向(y方向)及橫向方向(x方向，在圖14D之頁面中)上實質上且甚至完全在電極及反電極活性材料層132、138之豎直表面上方延伸，以覆蓋豎直表面500a、500b、501a、501b中之一或多者。此外，在圖14D中所描繪之實施例中，絕緣部件514安置在單元電池504之一個縱向末端處的電極集電器136與另一縱向末端處之反電極集電器140之間及/或由其限定。

【0137】圖14D中所描繪的實施例並未清楚地描繪電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面500a、501a之間的偏移 S_{v1} ，及/或電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面500a、501a之間的偏移 S_{v2} ，但圖14D中所描繪的實施例之態樣亦可藉由包括豎直偏移 S_{z1} 及/或 S_{z2} 中之一或多者經修改，如本文中所描述。舉例而言，如圖14E中所示之實施例包含與圖14D相同及/或類似之結構，原因在於絕緣部件514不僅覆蓋反電極活性材料層138之一或多個豎直末端表面501a、501b，而且覆蓋電極活性材

料層132之一或多個豎直末端表面500a、500b。然而，圖14E描繪電極活性材料層132之豎直末端表面500a、500b與反電極活性材料層138之豎直末端表面501a、501b之間的明顯豎直偏移及/或分離距離 S_{z1} 。因此，在如所展示之實施例中，絕緣部件514包含第一厚度T1，如在絕緣部件514之內及外豎直表面之間，在電極活性材料層132之第一及第二豎直末端表面500a、500b上方所量測，及第二厚度T2，如在絕緣部件514之內及外豎直表面之間，在反電極活性材料層138之第一及第二豎直末端表面501a、501b上方所量測，第一厚度T1小於第二厚度T2。又，雖然展示僅單個絕緣部件514，但亦可為設置有複數個絕緣部件514之情況，諸如第一部件在電極活性材料層上方具有第一厚度T1，且第二絕緣部件514在反電極活性材料層138上方具有第二厚度T2。圖14F中所描繪的實施例類似於圖14E中所描繪的實施例，其中一或多個絕緣部件514關於在電極活性材料層及反電極活性材料層之豎直末端表面上方之置放分別具有厚度T1及T2。然而，在此實施例中，絕緣部件514在反電極集電器140之一或多個豎直表面516上方延伸，且可甚至延伸以覆蓋鄰接單元電池中之表面，如上文參考圖14C所描述。

【0138】圖14G中所展示之實施例描繪單元電池504，其中絕緣部件514設置於反電極活性材料層138之第一豎直末端表面500a與第一次級生長限制158之內表面之間，及/或反電極活性材料層138之第二豎直末端表面500b與第二次級生長限制160之內表面之間(未展示)，且亦在隔板130之一或多個豎直表面518a、518b上方延伸以亦覆蓋電極活性材料層138之一或多個豎直末端表面500a、500b。亦即，絕緣部件514亦設置於電極活性材料層132之第一豎直末端表面500a與第一次級生長限制158之內表面之

間，及/或電極活性材料層132之第二豎直末端表面500b與第二次級生長限制160之內表面之間(未展示) (以及在第一及第二次級生長限制158、160與隔板130之豎直表面518a、518b之間的空間中)。儘管展示於圖14D中之2D Z-Y平面中未展示，但絕緣部件515可諸如在縱向方向(y方向)及橫向方向(x方向，在圖14D之頁面中)上實質上且甚至完全在電極及反電極活性材料層132、138之豎直表面上方延伸，以覆蓋豎直表面500a、500b、501a、501b中之一或多者。此外，在圖14G中所描繪之實施例中，絕緣部件514由單元電池504之一個縱向末端處的反電極集電器140限定，但在另一縱向方向上在電極集電器136之一或多個豎直末端表面520上方延伸。舉例而言，類似於上文圖14C，絕緣部件514可朝向鄰近單元電池結構(諸如相鄰單元電池結構中之鄰近電極活性材料層132)縱向延伸且對接該相鄰單元電池結構。在一個實施例中，絕緣部件514可藉由越過分離鄰近單元電池504a、504b之間的層132的電極集電器136且越過相鄰胞元中之鄰近電極活性材料層132的豎直表面跨越鄰近電極活性材料層132之一或多個豎直表面500a、500b延伸。亦即，絕緣部件514可藉由橫穿在縱向方向上使單元電池504a、504b彼此分離之反電極集電器140之豎直末端表面520a、520b跨越第一單元電池504a中之電極活性材料層132的一或多個豎直表面500a、500b且在鄰近第一單元電池504a之第二單元電池504b中之電極活性材料層132的豎直表面500a、500b上方延伸。

【0139】 圖14G中所描繪的實施例並未清楚地描繪電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面500a、501a之間的偏移 S_{z1} ，及/或電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面500a、501a之間的偏移 S_{z2} ，但圖14G中所描繪的實施例之態樣亦可藉由包括豎直偏移 S_{z1} 及/或 S_{z2} 中之一或

多者經修改，如本文中所描述。舉例而言，如圖14H中所示之實施例包含與圖14G相同及/或類似之結構，原因在於絕緣部件514不僅覆蓋反電極活性材料層138之一或多個豎直末端表面501a、501b，而且覆蓋電極活性材料層132之一或多個豎直末端表面500a、500b。然而，圖14H描繪電極活性材料層132之豎直末端表面500a、500b與反電極活性材料層138之豎直末端表面501a、501b之間的明顯豎直偏移及/或分離距離 S_{v1} 。因此，在如所展示之實施例中，絕緣部件514包含第一厚度T1，如在絕緣部件514之內及外豎直表面之間，在電極活性材料層132之第一及第二豎直末端表面500a、500b上方所量測，及第二厚度T2，如在絕緣部件514之內及外豎直表面之間，在反電極活性材料層138之第一及第二豎直末端表面501a、501b上方所量測，第一厚度T1小於第二厚度T2。又，雖然展示僅單個絕緣部件514，但亦可為設置有複數個絕緣部件514之情況，諸如第一部件在電極活性材料層上方具有第一厚度T1，且第二絕緣部件514在反電極活性材料層138上方具有第二厚度T2。

【0140】 參考圖15A至圖15F，描述具有或不具有絕緣部件514及/或橫向偏移 S_{x1} 及 S_{x2} 之單元電池504的其他實施例。在圖15A中所示之實施例中，雖然電極活性材料層132及138經描繪不具有可辨別的橫向偏移 S_{x1} 及/或 S_{x2} ，但上文所描述的偏移及/或分離距離可沿x軸提供，如例如圖15B之實施例中所示。如經由Y-X平面中之2D截塊所展示，如圖15A中所描繪之單元電池504包含電極集電器136、電極活性材料層132、隔板130、反電極活性材料層138，及反電極集電器140。雖然圖15A中之實施例並不包括絕緣部件514，但可見，電極集電器136延伸經過電極及反電極活性材料層132、138之第二橫向末端502b、503b，且可連接至電極母

線600，例如如圖16A至圖16F中所示。類似地，反電極集電器140延伸經過電極及反電極活性材料層132、138之第一橫向末端502a、503a，且可連接至反電極母線602，例如如圖16A至圖16F中所示。

【0141】 參考圖15B中所展示之實施例，展示具有在反電極活性材料層138之橫向表面503a、503b中之至少一者上方延伸之絕緣部件514的單元電池組態。在如所展示之實施例中，絕緣部件514安置於反電極活性材料層138之任一橫向末端處，且定位在單元電池504之一個縱向末端上之反電極集電器140與單元電池之另一縱向末端處的隔板130之間(且由其限定)。在如所展示之實施例中，絕緣部件具有匹配電極活性材料層132之長度 L_E 的橫向範圍，且藉由在橫向方向上具有與電極活性材料層相同之長度的隔板與電極活性材料層132分離。在一個實施例中，x方向上絕緣部件514之橫向範圍可與橫向分離距離及/或偏移 S_{x1} 、 S_{x2} 相同，如圖15B中所示。又，雖然圖15B中所描繪的2D Y-X平面中未展示，但絕緣部件亦可在z方向上，諸如沿反電極活性材料層138之高度 H_E ，及在相對豎直末端表面501a、501b之間延伸。

【0142】 圖15C中所展示之實施例亦描繪具有在反電極活性材料層138之橫向表面503a、503b中之至少一者上方延伸的絕緣部件514之單元電池組態。在如所展示之實施例中，絕緣部件514安置於反電極活性材料層138之任一橫向末端處，且在單元電池504之至少一個縱向末端上具有隔板層130。在另一縱向末端上，絕緣部件中之至少一者進一步由反電極集電器140限定。然而，絕緣部件514中之至少一者亦可在單元電池504之另一縱向末端處在反電極集電器140的橫向表面522a、522b中之一者上方延伸。亦即，絕緣部件514可在縱向方向上延伸經過反電極活性材料層

138之橫向末端表面以覆蓋反電極集電器140，且甚至可延伸以覆蓋相鄰單元電池之反電極活性層的橫斷面。在如圖15B中所示之實施例中，絕緣部件514具有匹配電極活性材料層132之長度 L_E 的橫向範圍，且藉由在橫向方向上具有與電極活性材料層132相同之長度的隔板與電極活性材料層132分離。在一個實施例中，x方向上絕緣部件514之橫向範圍可與橫向分離距離及/或偏移 S_{x1} 、 S_{x2} 相同，如圖15C中所示。又，雖然圖15C中所描繪的2D Y-X平面中未展示，但絕緣部件亦可在z方向上，諸如沿反電極活性材料層138之高度 H_E ，及在相對豎直末端表面501a、501b之間延伸。除了反電極集電器140具有延伸經過絕緣部件514之橫向表面的長度，且集電器136之長度亦延伸經過電極活性材料層之橫向末端表面，圖15E具有類似於15C之組態。

【0143】圖15D中所展示之實施例描繪具有在電極活性材料層132及反電極活性材料層138兩者之橫向表面502a、502b、503a、503b中之至少一者上方延伸的絕緣部件514之單元電池組態。在如所展示之實施例中，絕緣部件514安置於電極及反電極活性材料層132、138之任一橫向末端處。絕緣部件安置在一個縱向末端上之電極集電器136與另一縱向末端上之反電極集電器140之間(且由其限定)。絕緣部件514可在隔板130之橫向末端表面524a、524b上方延伸以越過電極及反電極層132、138之橫向表面。在如圖15D中所示之實施例中，絕緣部件514具有匹配一個橫向末端上之電極集電器136的長度及另一橫向末端上之反電極集電器140的長度的橫向範圍。在如所展示之實施例中，儘管電極及反電極活性材料層132、138並不描繪為具有橫向偏移及/或分離距離，但亦可提供分離距離及/或偏移。又，雖然圖15D中所描繪的2D Y-X平面中未展示，但絕緣部

件亦可在z方向上，諸如沿反電極活性材料層138之高度 H_E ，及在相對豎直末端表面501a、501b之間延伸。

【0144】圖15F中所展示之實施例亦描繪具有在反電極活性材料層138之橫向表面503a、503b中之至少一者上方延伸的絕緣部件514之單元電池組態。在如所展示之實施例中，絕緣部件514安置於反電極活性材料層138之任一橫向末端處。絕緣部件514覆蓋電極及反電極活性材料層兩者之橫向表面，且安置在一個縱向末端上之電極集電器136與在至少一個橫向末端處的另一末端上之反電極集電器140之間(由其限定)。在如所展示之實施例中，絕緣部件在隔板130之橫向表面524a、524b上方，在電極及反電極活性材料層132、138之間進一步延伸，以在此等表面上方延伸。在如所展示之實施例中，絕緣部件514具有自電極活性材料層132之豎直末端表面延伸的第一橫向厚度 T_1 ，且具有自反電極活性材料層138之豎直末端表面延伸的第二橫向厚度 T_2 ，其中第二橫向厚度大於第一橫向厚度。在一個實施例中，第二厚度 T_2 減去第一厚度 T_1 之橫向範圍的差值可相當於橫向偏移及/或分離距離 S_{x1} 及/或 S_{x2} 。此外，在如所展示之實施例中，絕緣部件514中之至少一者亦可在單元電池504之縱向末端中的一者處在反電極集電器138之橫向表面522a、522b中的一者上方延伸。亦即，絕緣部件514可在縱向方向上延伸經過反電極活性材料層138之橫向末端表面以覆蓋反電極集電器140，且甚至可延伸以覆蓋相鄰單元電池之反電極活性層的橫斷面。另一方面，反電極活性材料層之相對橫向末端處的絕緣部件514可由反電極集電器限定，使得橫向方向上反電極集電器之長度超過絕緣部件514之橫向厚度。在另一縱向末端上，絕緣部件514由電極集電器136限定，其中絕緣部件之橫向厚度符合一個橫向末端處之電

極集電器136的橫向長度，且電極集電器136超過另一橫向末端之絕緣部件的橫向厚度。又，雖然圖15C中所描繪的2D Y-X平面中未展示，但絕緣部件亦可在z方向上，諸如沿反電極活性材料層138之高度 H_E ，及在相對豎直末端表面501a、501b之間延伸。

【0145】此外，應注意，出於判定電極活性材料層及/或反電極活性材料層132及138之第一及第二豎直及/或橫向末端表面之目的，僅將含有可能參與各單元電池504中之電化學反應的電極及/或反電極活性之層的彼等部分考慮為活性材料層132、138之部分。亦即，若電極或反電極活性材料以使得其可能不再能夠充當電極或反電極活性材料之方式經修改，例如藉由以離子絕緣材料覆蓋活性，則實際上已作為電化學單元電池中之參與者經移除的材料之部分並未被視為電極活性及/或反電極活性材料層132、138之部分。

電極及反電極母線

【0146】在一個實施例中，蓄電池組102包含用以分別自電極集電器136及反電極集電器收集電流之電極母線600及反電極母線602中之一或多者(例如，如圖17中所示)。如上文關於具有偏移及/或分離距離之實施例類似地描述，電極總成106可包含電極結構群、電極集電器群、隔板群、反電極結構群、反電極集電器群，及單元電池群，其中電極及反電極結構群之部件在縱向方向上以交替順序配置。此外，電極結構群之各部件包含電極集電器及電極活性材料層，該電極活性材料層具有對應於如在橫向方向上在電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的電極活性材料層之斐瑞特直徑之長度 L_E ，及對應於如在豎直方向上在電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的電極活性材料層

之斐瑞特直徑的高度 H_E ，及對應於如在縱向方向上在電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的電極活性材料層之斐瑞特直徑的寬度 W_E 。又，反電極結構群之各部件包含反電極集電器及反電極活性材料層，該反電極活性材料層具有對應於如在橫向方向上在反電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的反電極活性材料層之斐瑞特直徑的長度 L_C ，及對應於如在豎直方向上在反電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的反電極活性材料層之斐瑞特直徑的高度 H_C ，及對應於如在縱向方向上在反電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的反電極活性材料層之斐瑞特直徑的寬度 W_C 。

【0147】此外，在一個實施例中，亦如本文中其他處已描述，電極總成具有：分別對應於虛三維笛卡爾座標系統之 x 、 y 及 z 軸的相互垂直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之第一縱向末端表面及第二縱向末端表面；及包圍電極總成縱向軸線 A_{EA} 且連接第一及第二縱向末端表面之側表面，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與該縱向軸線正交之第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之最大寬度 W_{EA} 、藉由側表面限定且在橫向方向上量測之最大長度 L_{EA} ，及藉由側表面限定且在豎直方向上量測之最大高度 H_{EA} 。

【0148】參考圖17，電極結構群110之各部件包含自電極活性材料層132收集電流之電極集電器136，該電極集電器在橫向方向上至少部分地沿電極活性材料層132之長度 L_E 延伸，且包含延伸經過反電極活性材料層138之第一橫向末端表面503a之電極集電器末端604。此外，反電極結構群112之各部件包含自反電極活性材料層138收集電流之反電極集電器

140，該反電極集電器140在橫向方向上至少部分地沿反電極活性材料層132之長度 L_c 延伸且包含在橫向方向上延伸經過電極活性材料層之第二橫向末端表面502b的反電極集電器末端606 (例如，亦如圖15A中所示)。在圖17中所描繪之實施例中，電極及反電極集電器136、140包夾在電極活性材料之鄰近層(在電極結構110的情況下)或反電極活性材料之鄰近層(在反電極結構112的情況下)之間。然而，集電器亦可為呈現於電極及/或反電極活性材料層之表面的至少一部分上之表面集電器，該表面面向電極及反電極結構110、112之間的隔板130。此外，在如圖17中所示之實施例中，電極母線600及反電極母線602安置在電極總成106之相對橫向側上，其中電極集電器末端604在一個橫向末端處電連接及/或實體地連接至電極母線600，且反電極集電器末端606在相對橫向末端處電連接及/或實體地連接至反電極母線602。

【0149】 又，如上文類似地描述，電極總成之各單元電池504包含電極集電器群之第一電極集電器的單元電池部分、電極群之一個部件的第一電極活性材料層、對載體離子為離子可滲透的隔板、反電極群之一個部件的第一反電極活性材料層，及反電極集電器群之第一反電極集電器的單元電池部分，其中(aa)第一電極活性材料層接近隔板之第一側，且第一反電極材料層接近隔板之相對第二側，及(bb)隔板使第一電極活性材料層與第一反電極活性材料層電隔離，且載體離子在電池組於充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池之隔板主要在第一電極活性材料層與第一反電極活性材料層之間交換。

【0150】 參考圖16A，其展示母線之實施例，其可為電極母線600或反電極母線602 (根據附接至其的是電極集電器還是反電極集電器)。亦

即，圖16A可理解為描繪適用於電極母線600或反電極母線602之結構。圖16A'關於電極母線600來描繪，然而，應理解，儘管未具體展示，但其中描繪之相同結構亦適用於反電極母線602，如本文中所描述。蓄電池組可包含用以分別連接至電極總成106之所有電極集電器及反電極集電器之單個電極母線600及單反電極母線602，及/或可提供多個母線及/或反電極母線。舉例而言，在其中圖16A理解為展示電極母線600之實施例的情況下，可見電極母線600包含至少一個導電區段608，其經組態以電連接至電極集電器群136，且在縱向方向(Y方向)上在電極總成106之第一及第二縱向末端表面116、118之間延伸。導電區段608包含具有面向反電極活性材料層136之第一橫向末端表面503a的內表面612之第一側610及具有外表面616之相對第二側614。此外，導電區段608視情況包含沿縱向方向間隔開之複數個孔隙618。電極母線600之導電區段608關於電極集電器末端604經配置，使得電極集電器末端604至少部分地延伸經過導電區段608之厚度以電連接至其。導電區段608之總厚度t可在內表面612與外表面616之間經量測，且電極集電器末端608可諸如經由孔隙618以至少一距離延伸至導電區段之厚度中，且甚至可完全延伸經過導電區段之厚度(亦即，延伸經過在橫向方向上所量測之厚度t)。雖然圖16A中描繪了具有單個導電區段608之電極母線600，但某些實施例亦可包含多個導電區段。

【0151】此外，在其中圖16A理解為展示反電極母線602之實施例的情況下，可見反電極母線602包含至少一個導電區段608，其經組態以電連接至反電極集電器群140，且在縱向方向(y方向)上在電極總成106之第一及第二縱向末端表面116、118之間延伸。導電區段608包含具有面向電極活性材料層136之第二橫向末端表面502b的內表面612之第一側610及具

有外表面616之相對第二側614。此外，導電區段608視情況包含沿縱向方向間隔開之複數個孔隙618。電極母線600之導電區段608關於反電極集電器末端606經配置，使得反電極集電器末端606至少部分地延伸經過導電區段608之厚度以電連接至其。導電區段608之總厚度 t 可在內表面612與外表面616之間經量測，且反電極集電器末端606可諸如經由孔隙618以至少一距離延伸至導電區段之厚度中，且甚至可完全延伸經過導電區段之厚度(亦即，延伸經過在橫向方向上所量測之厚度 t)。雖然圖16A中描繪了具有單個導電區段608之反電極母線602，但某些實施例亦可包含多個導電區段。

【0152】 此外，根據一個實施例，具有母線及反電極母線600、602之蓄電池組102進一步包含電極限制組，諸如本文中描述之限制中的任一者。舉例而言，在一個實施例中，電極限制組108包含一級限制系統151，其包含第一及第二一級生長限制154、156及至少一個一級連接部件162，第一及第二一級生長限制154、156在縱向方向上彼此分離，且至少一個一級連接部件162連接第一及第二一級生長限制154、156，其中一級限制系統151限制電極總成106在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。在又一實施例中，電極限制組108進一步包含次級限制系統152，其包含在第二方向上分隔開且藉由至少一個次級連接部件166連接之第一及第二次級生長限制158、160，其中次級限制系統155至少部分地限制電極總成106在蓄電池組106之循環之後在第二方向上之生長，該第二方向與縱向方向正交。下文描述電極限制組108之其他實施例。

【0153】 參考圖16A描述電極母線600及/或反電極母線602的其他實

施例。在一個實施例中，如圖16A中所示，電極母線600包含具有沿縱向方向間隔開之複數個孔隙618的導電區段608，其中複數個孔隙618中之每一者經組態以允許一或多個電極集電器末端604至少部分地自其延伸穿過以將一或多個電極集電器末端604電連接至電極母線600。類似地，反電極母線602可包含具有沿縱向方向間隔開之複數個孔隙618的導電區段608，其中複數個孔隙618中之每一者經組態以允許一或多個反電極集電器末端606至少部分地自其延伸穿過以將一或多個反電極集電器末端606電連接至電極母線602。參考如圖16A'中所示之剖視可見，在電極母線側上，電極結構110之集電器136延伸經過電極活性材料層132之第一橫向表面502a，且延伸穿過形成於導電區段中之孔隙618。電極集電器末端604連接至電極母線600之外表面616。類似地，儘管未具體展示，但在其中定位有反電極母線602之另一橫向末端上，反電極結構112之電極集電器140延伸經過反電極活性材料層138之第二橫向表面503b，且延伸穿過形成於導電區段中之孔隙618。反電極集電器末端606連接至反電極母線600之外表面616。

【0154】此外，雖然在一個實施例中電極母線及反電極母線600、602兩者皆可能包含複數個孔隙618，但在又一實施例中，僅電極母線600包含孔隙618，且在另一實施例中，僅反電極母線602包含孔隙618。在又一實施例中，蓄電池組可包含電極母線及反電極母線兩者，而在其他實施例中，蓄電池組可包含僅電極母線或反電極母線，且電流經由不同機構自剩餘集電器收集。在如圖16A及圖16A'中所示之實施例中，孔隙618展示為經設定大小以允許電極集電器或反電極集電器自其穿過。雖然在一個實施例中，孔隙可經設定大小且經組態以允許僅單個集電器穿過每一孔隙，

但在又一實施例中，孔隙可經設定大小以允許多於一個電極集電器136及/或反電極集電器140自其穿過。此外，在如圖16A及圖16A'中所示之實施例中，電極集電器末端及/或反電極集電器末端完全延伸穿過孔隙618中之一或多者，且末端604、606朝向電極母線及/或反電極母線之外表面616彎曲，以附接至電極母線及/或反電極母線之外表面在孔隙618之間的部分622。末端604、608亦可及/或視情況連接至導電區段608之其他部分，諸如在豎直方向上在孔隙上方或下方之導電區段的部分，及/或連接至孔隙618自身之內表面624。

【0155】 在如圖16B及圖16B'中所示之實施例中，電極集電器末端及/或反電極集電器末端604、606完全延伸穿過孔隙618中之一或多者，且該等末端朝向電極母線及/或反電極母線之外表面616彎曲。然而，在此實施例中，集電器末端中之至少一或多者在縱向方向上至少部分地延伸至或經過鄰近孔隙618 (例如，經過如16B'圖中所示之鄰近孔隙)，以附接至單獨電極集電器末端及/或反電極集電器末端。亦即，電極及/或反電極集電器之末端可彼此附接。在又一實施例中，亦如圖16B'中所示，電極集電器末端及/或反電極集電器末端在第一末端區624處附接至電極母線及/或反電極母線之外表面616在孔隙618之間的部分622，且在第二末端區626處附接至另一單獨電極集電器末端及/或反電極集電器末端。

【0156】 在一個實施例中，電極集電器末端604及/或反電極集電器末端606經由黏著劑、焊接、壓接、硬焊、鉚釘、機械壓力/摩擦力、夾鉗及軟焊中之至少一者附接至電極母線及/或反電極母線之外表面之部分622及/或單獨電極集電器末端及/或反電極集電器末端(諸如延伸通過鄰近孔隙之鄰近集電器)中的一或多者。末端604、604亦可亦經由此類附接連接至

電極母線及/或反電極母線之其他部分，諸如孔隙618之內表面624或母線之其他部分。此外，可根據一個較佳實施例選擇彼此附接與僅附接至母線之集電器末端的數目。舉例而言，在一個實施例中，給定群中之電極集電器末端及反電極集電器末端中之每一者分開地附接至電極及/或反電極母線600、602之外表面616的部分622。在又一實施例中，電極集電器末端及/或反電極集電器末端中的至少一些彼此附接(例如，藉由延伸通過孔隙且接著縱向朝向或經過鄰近孔隙以連接至延伸通過該等鄰近孔隙之鄰近集電器末端)，而電極集電器末端及/或反電極集電器末端中之至少一者附接至電極母線及/或反電極母線之外表面的一部分(例如，以提供彼此附接之母線與集電器末端之間的電連接)。在又一實施例中，群中之所有集電器可個別地連接至母線，而不附接至其他集電器末端。

【0157】 在另一實施例中，電極集電器末端及/或反電極集電器末端具有附接至母線及/或反電極母線之表面(諸如外表面)的表面區(諸如第一區624)。舉例而言，電極集電器末端及/或反電極集電器末端具有附接至電極母線及/或反電極母線之外表面及母線及/或反電極母線之孔隙618的內表面624中之至少一者的表面區。在一個實施例中，電極母線及/或反電極母線之末端中的一或多者可包含附接至母線及/或反電極母線之內表面612的表面區。連接表面區之大小可根據待選擇之附接類型經選擇以用於將末端附接至電極及/或反電極母線。在一個實施例中，例如如圖16A'及圖16B'中所示，電極母線及/或反電極母線包含接近電極及/或反電極之橫向末端的內表面612上之絕緣材料層628，及在與內表面相對之外表面616上的導電材料層(例如，導電區段608)。絕緣材料層628可包括如本文中其他處所描述之絕緣部件514，其安置在電極及/或反電極活性材料層132、

138之橫向表面與母線之間，及/或可包含沿母線之內表面以使電極總成與母線之導電區段絕緣的單獨絕緣材料層632。

【0158】 在一個實施例中，電極及/或反電極集電器136、140之材料及/或實體屬性可經選擇以提供與母線的良好電接觸，同時亦將良好結構穩定性賦予至電極總成。舉例而言，在一個實施例中，電極集電器末端604及/或反電極集電器末端606（及視情況，電極及/或反電極集電器之至少一部分及甚至全部）包含與構成電極母線及/或反電極母線之材料相同的材料。舉例而言，在母線及/或反電極母線包含鋁的情況下，電極及/或反電極集電器亦可包含鋁。在一個實施例中，電極集電器末端及/或反電極集電器末端包含選自由以下各者組成之群組的任一者：鋁、銅、不鏽鋼、鎳、鎳合金、碳，及其組合/合金。此外，在一個實施例中，電極集電器末端及/或反電極集電器末端包含導電率相對接近於電極匯流排及/或反電極匯流排之材料之導電率的材料，及/或電極及/或反電極集電器可包含與電極及/或反電極匯流排之材料相同的材料。

【0159】 在又一實施例中，電極集電器及/或反電極集電器之末端延伸穿過電極母線及/或反電極母線之孔隙618且朝向附接至其之電極母線及/或反電極母線之外表面616向後彎曲，且其中彎曲以附接至外表面之末端之區624為實質上平面的，例如如圖16A及圖16A'中所示。

【0160】 在一個實施例中，電極集電器及/或反電極集電器136、140在橫向方向上分別沿電極材料之層的長度 L_E 及/或反電極材料之層的長度 L_C 延伸至少50%，其中 L_E 及 L_C 如上文所描述的定義。舉例而言，在一個實施例中，電極集電器及/或反電極集電器在橫向方向上分別沿電極材料之層的長度 L_E 及/或反電極材料之層的長度 L_C 延伸至少60%。在另一實

施例中，電極集電器及/或反電極集電器在橫向方向上分別沿電極材料之層的長度 L_E 及/或反電極材料之層的長度 L_C 延伸至少70%。在又一實施例中，電極集電器及/或反電極集電器在橫向方向上分別沿電極材料之層的長度 L_E 及/或反電極材料之層的長度 L_C 延伸至少80%。在另一實施例中，電極集電器及/或反電極集電器在橫向方向上分別沿電極材料之層的長度 L_E 及/或反電極材料之層的長度 L_C 延伸至少90%。

【0161】此外，在一個實施例中，電極集電器及/或反電極集電器在豎直方向上分別沿電極材料之層的高度 H_E 及/或反電極材料之層的高度 H_C 延伸至少50%，其中 H_E 及 H_C 如上文描述所定義。舉例而言，在一個實施例中，電極集電器及/或反電極集電器在豎直方向上分別沿電極材料之層的高度 H_E 及/或反電極材料之層的高度 H_C 延伸至少60%。在另一實施例中，電極集電器及/或反電極集電器在豎直方向上分別沿電極材料之層的高度 H_E 及/或反電極材料之層的高度 H_C 延伸至少70%。在又一實施例中，電極集電器及/或反電極集電器在豎直方向上分別沿電極材料之層的高度 H_E 及/或反電極材料之層的高度 H_C 延伸至少80%。在另一實施例中，電極集電器及/或反電極集電器在豎直方向上分別沿電極材料之層的高度 H_E 及/或反電極材料之層的高度 H_C 延伸至少90%。

【0162】根據又一實施例態樣，參考圖18A及圖18B，電極總成106包含豎直電極集電器末端640及豎直反電極集電器末端642中之至少一者，該等末端延伸經過鄰近電極活性材料層132及/或反電極活性材料層138之第一及第二豎直表面500a、500b、501a、501b中的一或多者。在一個實施例中，豎直集電器末端640、642亦可至少部分地塗佈有載體離子絕緣材料，如下文進一步詳細描述，以降低短路及/或鍍出暴露豎直集電

器末端上之載體離子的可能性。

【0163】 根據一個實施例，對於電極群之部件及反電極群之部件中的至少一者，(I)電極結構群110之各部件包含用以自電極活性材料層132收集電流之電極集電器136，該電極集電器136在豎直方向上至少部分地沿電極活性材料層132之高度 H_E 延伸，且包含以下中之至少一者：(a)第一豎直電極集電器末端640a，其延伸經過電極活性材料層132之第一豎直末端表面500a，及(b)第二豎直電極集電器末端640b，其延伸經過電極活性材料層132之第二豎直末端表面500b，及/或(II)反電極結構群112之各部件包含用以自反電極活性材料層138收集電流的反電極集電器140，該反電極集電器140在豎直方向上至少部分地沿反電極活性材料層138之高度 H_C 延伸，且包含以下中之至少一者：(a)第一豎直反電極集電器末端642a，其在豎直方向上延伸經過反電極活性材料層138之第一豎直末端表面501a，及(b)第二豎直電極集電器末端642b，其延伸經過電極活性材料層138之第二豎直末端表面501b。參考如圖18A中所示之實施例可見，電極集電器136及反電極集電器140兩者之豎直末端640a、640b、642a、642b延伸經過電極活性及反電極活性材料層132、138之第一及第二豎直末端表面。

電極限制

【0164】 在一個實施例中，提供電極限制組108，其限制電極總成106之總體宏觀生長，如例如圖1A中所說明。電極限制組108可能夠限制電極總成106沿一或多個尺寸之生長，以便減少電極總成106腫脹及變形，且從而改良具有電極限制組108之能量儲存器件100之可靠性及循環壽命。如上文所論述，但不限於任一種特定理論，認為在蓄電池組102之

充電及/或放電期間在電極結構110與反電極結構112之間行進的載體離子可嵌入電極活性材料中，從而使電極活性材料及/或電極結構110膨脹。電極結構110之此膨脹可使電極及/或電極總成106變形且腫脹，從而損害電極總成106之結構完整性，及/或提高電短路或其他故障之可能性。在一個實例中，在能量儲存器件100循環期間，電極活性材料層132之過度腫脹及/或膨脹及收縮可使電極活性材料之片段斷裂及/或與電極活性材料層132分層，從而損害能量儲存器件100之效率及循環壽命。在又一實例中，電極活性材料層132之過度腫脹及/或膨脹及收縮可使電極活性材料打破電絕緣微孔隔板130，從而導致電極總成106之電短路及其他故障。因此，電極限制組108抑制伴隨充電與放電狀態之間循環可能另外發生的此腫脹或生長以改良能量儲存器件100之可靠性、效率及/或循環壽命。

【0165】 根據一個實施例，電極限制組108包含一級生長限制系統151以限制沿電極總成106之縱向軸線(例如圖1A中之Y軸)之生長及/或腫脹。在另一實施例中，電極限制組108可包括次級生長限制系統152，其限制沿豎直軸線(例如圖1A中之Z軸)之生長。在又一實施例中，電極限制組108可包括三級生長限制系統155，其限制沿橫向軸線(例如圖4C中之X軸)之生長。在一個實施例中，電極限制組108分別包含一級生長及次級生長限制系統151、152且甚至三級生長限制系統155，其協同操作以同時限制在一或多個方向上之生長，諸如沿縱向及豎直軸線(例如，Y軸及Z軸)，且甚至同時沿所有縱向、豎直及橫向軸線(例如，Y、Z及X軸線)。舉例而言，一級生長限制系統151可在充電與放電狀態之間循環期間限制可能另外沿電極總成106之堆疊方向D發生之生長，而次級生長限制系統152可限制沿豎直軸線可能發生之腫脹及生長，以防止電極總成106在豎

直方向上之屈曲或其他變形。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可減少將另外因一級生長限制系統151所施加之生長限制而加劇之沿豎直軸線之腫脹及/或膨脹。三級生長限制系統155亦可視情況減少在循環程序期間可能發生之沿橫向軸線之腫脹及/或膨脹。亦即，根據一個實施例，分別一級生長及次級生長限制系統151、152及視情況三級生長限制系統155可一起操作以協同限制電極總成106之多維生長。

【0166】參見圖4A至圖4B，展示具有電極總成106之一級生長限制系統151及次級生長限制系統152之電極限制組108的實施例。圖4A展示沿縱向軸線(Y軸)截取之圖1A中之電極總成106之橫截面，以使得說明具有豎直軸線(Z軸)及縱向軸線(Y軸)之所得2-D橫截面。圖4B展示沿橫向軸線(X軸)截取之圖1A中之電極總成106之橫截面，以使得說明具有豎直軸線(Z軸)及橫向軸線(X軸)之所得2-D橫截面。如圖4A中所示，一級生長限制系統151可通常分別包含沿縱向方向(Y軸)彼此分離之第一及第二一級生長限制154、156。舉例而言，在一個實施例中，第一及第二一級生長限制154、156分別包含至少部分地或甚至完全覆蓋電極總成106之第一縱向末端表面116的第一一級生長限制154及至少部分地或甚至完全覆蓋電極總成106之第二縱向末端表面118的第二一級生長限制156。在又一版本中，第一及第二一級生長限制154、156中之一或多者可在電極總成106之縱向末端117、119內部，諸如當一級生長限制中之一或多者包含電極總成106之內部結構時。一級生長限制系統151可進一步包含至少一個一級連接部件162，其連接第一及第二一級生長限制154、156且可具有與縱向方向平行之主要軸線。舉例而言，一級生長限制系統151可分別包含沿與縱向軸線正交之軸線，諸如沿如實施例中所描繪之豎直軸線(Z軸)彼此分離之第

一及第二一級連接部件162、164。第一及第二一級連接部件162、164可分別用以分別將第一及第二一級生長限制154、156彼此連接且分別維持第一及第二一級生長限制154、156彼此拉伸，以便限制沿電極總成106之縱向軸線之生長。

【0167】 根據一個實施例，包括一級生長限制系統151之電極限制組108可能夠限制電極總成106在縱向方向(亦即，電極堆疊方向D)上之生長以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於在充電與放電狀態之間的20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方

向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電

池組10,000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。

【0168】在又一實施例中，包括一級生長限制系統151之電極限制組108可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成

106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高在充電與放電狀態之間均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經2000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向

方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。

【0169】在又一實施例中，包括一級生長限制系統151之電極限制組108可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組5次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向

上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高在充電與放電狀態之間均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高在充電與放電狀態之間均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在

縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。

【0170】在又一實施例中，包括一級生長限制系統151之電極限制組108可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得每次蓄電池組循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組5次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106

在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經

蓄電池組3000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高在充電與放電狀態之間均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在縱向方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。

【0171】 充電狀態意謂將蓄電池組102充電至其額定容量之至少75%，諸如其額定容量之至少80%，且甚至其額定容量之至少90%，諸如其額定容量之至少95%，且甚至其額定容量之100%。放電狀態意謂將蓄電池組放電至小於其額定容量之25%，諸如小於其額定容量之20%，且甚至小於其額定容量之10%，諸如小於5%，且甚至0%。此外，應注意，蓄電池組102之實際容量可隨時間推移及電池組已進行之循環次數改變。亦即，雖然蓄電池組102最初可展現接近其額定容量之實際量測容量，電池組之實際容量將隨時間推移減小，其中當實際容量下降至低於如充電至放電狀態所量測到之額定容量之80%時，蓄電池組102考慮為處於其壽命結束時。

【0172】 在圖4A及圖4B中進一步展示，電極限制組108可進一步包含次級生長限制系統152，其可通常分別包含第一及第二次級生長限制

158、160，其沿與縱向方向正交之第二方向，諸如沿如所示之實施例中之豎直軸線(Z軸)彼此分離。舉例而言，在一個實施例中，第一次級生長限制158至少部分地延伸跨過電極總成106之側表面142之第一區148，且第二次級生長限制160至少部分地延伸跨過與第一區148相對之電極總成106之側表面142之第二區150。在又一版本中，第一及第二次級生長限制154、156中之一或多者可在電極總成106之側表面142之內部，諸如當次級生長限制中之一或多者包含電極總成106之內部結構時。在一個實施例中，第一及第二次級生長限制158、160分別藉由至少一個次級連接部件166連接，其可具有與第二方向平行之主要軸線，諸如豎直軸線。次級連接部件166可用以分別連接且保持第一及第二次級生長限制158、160彼此拉伸，以便限制電極總成106沿與縱向方向正交之方向之生長，例如限制在豎直方向上(例如沿著Z軸)之生長。在圖4A中所描繪之實施例中，至少一個次級連接部件166可對應於第一及第二級生長限制154、156中之至少一者。然而，次級連接部件166不限於此，且可替代地及/或另外包含其他結構及/或組態。

【0173】 根據一個實施例，包括次級生長限制系統152之限制組可能夠限制電極總成106在與縱向方向正交之第二方向，諸如豎直方向(Z軸)上之生長，以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池

組50次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組之80次連續循環，電極總成在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循

環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高在充電與放電狀態之間均小於20%。

【0174】在實施例中，包括次級生長限制系統152之限制組可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高在充電與放電狀態之間均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總

成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在第二方向

上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。

【0175】在實施例中，包括次級生長限制系統152之限制組可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組5次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高在充電與放電狀態之間均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實

例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個

實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。

【0176】在實施例中，包括次級生長限制系統152之限制組可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得每次蓄電池組循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組5次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實

施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統

152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高在充電與放電狀態之間均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統151可能夠限制電極總成106在第二方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。

【0177】圖4C展示電極限制組108之實施例，其進一步包括用以限制電極總成在與縱向及第二方向正交之第三方向，諸如橫向方向(X)方向上之生長的三級生長限制系統155。除分別一級及次級生長限制系統151、152之外，可提供三級生長限制系統155以限制電極總成106在三維中之總體生長，及/或可分別與一級或次級生長限制系統151、152中之一者組合提供以限制電極總成106在二維中之總體生長。圖4C展示沿橫向軸線(X軸)截取之圖1A中之電極總成106之橫截面，以使得說明具有豎直軸線(Z軸)及橫向軸線(X軸)之所得2-D橫截面。如圖4C中所示，三級生長限制系統155可通常分別包含沿著諸如橫向方向(X軸)之第三方向彼此分離之第一及第二三級生長限制157、159。舉例而言，在一個實施例中，第一三級生長限制157至少部分地延伸跨過電極總成106之側表面142之第一區144，且第二三級生長限制159至少部分地延伸跨過與第一區144相對之電極總成106之側表面142之第二區146。在又一版本中，第一及第二三級生長限制157、159中之一或多者可在電極總成106之側表面142內部，諸如當三級生長限制中之一或多者包含電極總成106之內部結構時。在一個實施例中，第一及第二三級生長限制157、159分別藉由至少一個三級連接部件165連接，該三級連接部件可具有與第三方向平行之主要軸線。三級連接部件165可用以分別連接且保持第一及第二三級生長限制157、159彼此拉伸，以便限制電極總成106沿與縱向方向正交之方向之生長，例如限制在橫向方向(例如沿著X軸)上之生長。在圖4C中所描繪之實施例中，至少一個三級連接部件165可對應於第一及第二次級生長限制158、160中之至少一者。然而，三級連接部件165不限於此，且可替代地及/或另外包含其他結構及/或組態。舉例而言，在一個實施例中，至少一個三級連接部

件165可對應於第一及第二一級生長限制154、156中之至少一者(未展示)。

【0178】 根據一個實施例，具有三級生長限制系統155之限制組可能夠限制電極總成106在與縱向方向正交之第三方向，諸如橫向方向(X軸)上之生長，以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長

限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。

【0179】 在一個實施例中，具有三級生長限制系統155之限制組可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例

中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高在充電與放電狀態之間均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。

【0180】 在一個實施例中，具有三級生長限制系統155之限制組可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組5次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三

級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組5000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠

限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。

【0181】 在一個實施例中，具有三級生長限制系統155之限制組可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得每次蓄電池組循環，電極總成之在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組5次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得

歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組200次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組300次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組500次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統152可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組800次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組1000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高在充電與放電狀態之間均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組2000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組3000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經

蓄電池組5000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組8000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。舉其他實例而言，在一個實施例中，三級生長限制系統155可能夠限制電極總成106在第三方向上之生長以使得歷經蓄電池組10,000次連續循環，電極總成在第三方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。

【0182】 根據一個實施例，分別一級及次級生長限制系統151、152及視情況三級生長限制系統155經組態以協同操作，以使得一級生長限制系統151之部分協同充當次級生長限制系統152之一部分，及/或次級生長限制系統152之部分協同充當一級生長限制系統151之一部分，且一級及/或次級限制系統151、152中之任一者之部分分別亦可協同充當三級生長限制系統之一部分，且反之亦然。舉例而言，在圖4A及圖4B中所示之實施例中，一級生長限制系統151之第一及第二一級連接部件162、164分別可充當限制在與縱向方向正交之第二方向上之生長之第一及第二次級生長限制158、160之至少一部分或甚至整個結構。在又一實施例中，如上文所提及，第一及第二一級生長限制154、156中之一或多者可分別充當一或多個次級連接部件166以分別連接第一及第二次級生長限制158、160。相反地，第一及第二次級生長限制158、160之至少一部分可分別充當一級生長限制系統151之分別第一及第二一級連接部件162、164，且在一個實施例中，次級生長限制系統152之至少一個次級連接部件166可分別充當第一及第二一級生長限制154、156中之一或多者。在又一實施例中，一級生長限制系統151之分別第一及第二一級連接部件162、164的至少一

部分及/或次級生長限制系統152之至少一個次級連接部件166可充當限制在與縱向方向正交之橫向方向上之生長之分別第一及第二三級生長限制157、159之至少一部分或甚至整個結構。在又一實施例中，分別第一及第二一級生長限制154、156及/或分別第一及第二次級生長限制158、160中之一或多者可充當一或多個分別連接第一及第二三級生長限制157、159之三級連接部件166。相反地，分別第一及第二三級生長限制157、159之至少一部分可充當一級生長限制系統151之分別第一及第二一級連接部件162、164及/或次級生長限制系統152之至少一個次級連接部件166，且三級生長限制系統155之至少一個三級連接部件165可在一個實施例中充當分別第一及第二一級生長限制154、156中之一或多者及/或分別第一及第二次級生長限制158、160中之一或多者。替代地及/或另外，一級及/或次級及/或三級生長限制可包含協同限制電極總成106之生長之其他結構。因此，分別一級及次級生長限制系統151、152及視情況三級生長限制系統155可共用組件及/或結構以對電極總成106之生長施加限制。

【0183】 在一個實施例中，電極限制組108可包含諸如一級及次級生長限制及一級及次級連接部件之結構，其為在電池組殼體104外部及/或內部之結構或可為電池組殼體104自身之一部分。舉例而言，電極限制組108可包含結構組合，其包括電池組殼體104以及其他結構組件。在一個此類實施例中，電池組殼體104可為一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統152之組件；換言之，在一個實施例中，電池組殼體104單獨或與一或多個其他結構(在電池組殼體104，例如一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統152之內及/或外部)組合限制電極總成106在電極堆疊方向D上及/或在與堆疊方向D正交之第二方向上之生長。舉例而言，一級生

長限制154、156及次級生長限制158、160中之一或多者可包含在電極總成內部之結構。在另一實施例中，一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統152不包括電池組殼體104，且除電池組殼體104外，實際上一或多個離散結構(在電池組殼體104之內及/或外部)限制電極總成106在電極堆疊方向D上及/或在與堆疊方向D正交之第二方向上之生長。在另一實施例中，一級及次級生長限制系統以及視情況三級生長限制系統在電池組殼體內，該電池組殼體可為密封電池組殼體，諸如氣密密封式電池組殼體。電極總成106在能量儲存器件100或具有電極總成106之蓄電池組之重複循環期間可藉由電極限制組108限制在大於電極總成106之生長及/或腫脹所施加之壓力的壓力下。

【0184】 在一個例示性實施例中，一級生長限制系統151在電池組殼體104內包括一或多個離散結構，該一或多個離散結構在具有電極結構110作為電極總成106之一部分之蓄電池組102的重複循環後藉由施加超過電極結構110在堆疊方向D上產生之壓力的壓力限制電極結構110在堆疊方向D上之生長。在另一例示性實施例中，一級生長限制系統151在電池組殼體104內包括一或多個離散結構，該一或多個離散結構在具有反電極結構112作為電極總成106之一部分之蓄電池組102的重複循環後藉由施加超過反電極結構112在堆疊方向D上產生之壓力的壓力限制反電極結構112在堆疊方向D上之生長。次級生長限制系統152在電池組殼體104內可類似地包括一或多個離散結構，該一或多個離散結構在分別具有電極或反電極結構110、112之蓄電池組102的重複循環後藉由在第二方向上施加超過電極或反電極結構110、112在第二方向上分別產生之壓力的壓力限制電極結構110及反電極結構112中之至少一者在與堆疊方向D正交之第二方向上，

諸如沿豎直軸線(Z軸)之生長。

【0185】 在又一實施例中，一級生長限制系統151之分別第一及第二一級生長限制154、156藉由在電極總成106之第一及第二縱向末端表面116、118上，意謂在縱向方向上施加超過第一及第二一級生長限制154、156在電極總成106之其他表面上施加之壓力的壓力限制電極總成106之生長，該電極總成應在與縱向方向正交之方向上，諸如沿橫向軸線及/或豎直軸線之電極總成106之側表面142之相對的第一及第二區。亦即，第一及第二一級生長限制154、156可在縱向方向(Y軸)上施加超過由此在與其正交之方向，諸如橫向(X軸)及垂直(Z軸)方向上產生之壓力的壓力。舉例而言，在一個此類實施例中，一級生長限制系統151用超過藉由一級生長限制系統151在垂直於堆疊方向D之兩個方向中之至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少3倍的壓力限制電極總成106在第一及第二縱向末端表面116、118上(亦即，在堆疊方向D上)之生長。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，一級生長限制系統151用超過藉由一級生長限制系統151在垂直於堆疊方向D之兩個方向中之至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少4倍的壓力限制電極總成106在第一及第二縱向末端表面116、118上(亦即，在堆疊方向D上)之生長。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，一級生長限制系統151用超過在垂直於堆疊方向D之兩個方向中之至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少5倍的壓力限制電極總成106在第一及第二縱向末端表面116、118上(亦即，在堆疊方向D上)之生長。

【0186】 類似地，在一個實施例中，一級生長限制系統151之分別第一及第二次級生長限制158、160藉由在與縱向方向正交之第二方向上

在電極總成106之側表面142的第一及第二相對區，諸如分別沿豎直軸線148、150之第一及第二相對表面區上(亦即，在豎直方向上)施加超過第一及第二次級生長限制158、160分別在電極總成106之其他表面上施加之壓力的壓力限制電極總成106之生長，該電極總成應在與第二方向正交之方向上。亦即，第一及第二次級生長限制158、160分別可在豎直方向(Z軸)上施加超過與其正交之方向，諸如橫向(X軸)及縱向(Y軸)方向上由此產生之壓力的壓力。舉例而言，在一個此類實施例中，次級生長限制系統152用超過藉由次級生長限制系統152在垂直於豎直方向之兩個方向中之至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少3倍的壓力限制電極總成106分別在第一及第二相對表面區148、150上(亦即，在豎直方向上)之生長。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，次級生長限制系統152用超過藉由次級生長限制系統152在垂直於豎直方向之兩個方向中之至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少4倍的壓力限制電極總成106分別在第一及第二相對表面區148、150上(亦即，在豎直方向上)之生長。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，次級生長限制系統152用超過在與豎直方向垂直之兩個方向中之至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少5倍的壓力限制電極總成106分別在第一及第二相對表面區148、150上(亦即，在豎直方向上)之生長。

【0187】 在又一實施例中，三級生長限制系統155之分別第一及第二次級生長限制157、159藉由在與縱向方向及第二方向正交之方向上在電極總成106之側表面142的第一及第二相對區，諸如分別沿橫向軸線161、163之第一及第二相對表面區上(亦即，在橫向方向上)施加超過藉由三級生長限制系統155在電極總成106之其他表面上施加之壓力的壓力限

制電極總成106之生長，該電極總成應在與橫向方向正交之方向上。亦即，第一及第二三級生長限制157、159可分別在橫向方向(X軸)施加超過在與其正交之方向，諸如豎直(Z軸)及縱向(Y軸)方向上由此產生之壓力的壓力。舉例而言，在一個此類實施例中，三級生長限制系統155用超過藉由三級生長限制系統155在垂直於橫向方向之兩個方向中之至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少3倍的壓力限制電極總成106在第一及第二相對表面區144、146上(亦即，在橫向方向上)之生長。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，三級生長限制系統155用超過藉由三級生長限制系統155在垂直於橫向方向之兩個方向中之至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少4倍的壓力限制電極總成106分別在第一及第二相對表面區144、146 (亦即，在橫向方向上)之生長。舉例而言，在一個此類實施例中，三級生長限制系統155用超過在垂直於橫向方向之兩個方向中之至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少5倍的壓力限制電極總成106分別在第一及第二相對表面區144、146上(亦即，在橫向方向上)之生長。

【0188】 在一個實施例中，可包括一級生長限制系統151、次級生長限制系統152及視情況三級生長限制系統155之電極限制組108經組態以在電極總成106上沿其兩個或多於兩個尺寸(例如沿縱向及豎直方向，且視情況沿橫向方向)施加壓力，其中沿縱向方向，藉由電極限制組108施加之壓力大於藉由電極限制組108在與縱向方向正交之方向(例如Z及X方向)中的任一者上施加之任何壓力。亦即，當分別藉由構成電極限制組108之一級、次級及視情況三級生長限制系統151、152、155施加之壓力總計在一起時，在電極總成106上沿縱向軸線施加超過在電極總成106上在與其正

交之方向上施加之壓力的壓力。舉例而言，在一個此類實施例中，電極限制組108在第一及第二縱向末端表面116、118上(亦即，在堆疊方向D上)施加超過藉由電極限制組108在垂直於堆疊方向D之兩個方向中之至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少3倍的壓力。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極限制組108在第一及第二縱向末端表面116、118上(亦即，在堆疊方向D上)施加超過藉由電極限制組108在垂直於堆疊方向D之兩個方向中的至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少4倍的壓力。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極限制組108在第一及第二縱向末端表面116、118上(亦即，在堆疊方向D上)施加超過在垂直於堆疊方向D之兩個方向中的至少一個或甚至兩個上在電極總成106上維持之壓力至少5倍的壓力。

【0189】 根據一個實施例，第一及第二縱向末端表面116、118分別具有小於整個電極總成106之總體表面積之預定量的組合表面積。舉例而言，在一個實施例中，電極總成106可具有對應於矩形稜柱之幾何形狀，其具有分別第一及第二縱向末端表面116、118及在分別末端表面116、118之間延伸的側表面142，該幾何形狀構成電極總成106之剩餘表面，且在X方向上具有相對表面區144、146 (亦即，矩形稜柱之側表面)且在Z方向上具有相對表面區148、150 (亦即，矩形稜柱之頂表面及底表面，其中X、Y及Z分別為在對應於X、Y及Z軸線之方向上量測的尺寸)。因此，總體表面積為側表面142 (亦即，X及Z上相對表面144、146、148及150之表面積)所佔據之表面積加上分別第一及第二縱向末端表面116、118之表面積的總和。根據本發明之一個態樣，分別第一及第二縱向末端表面116、118之表面積的總和小於電極總成106之全部表面之表面積的33%。舉例而

言，在一個此類實施例中，分別第一及第二縱向末端表面116、118之表面積的總和小於電極總成106之全部表面之表面積的25%。舉其他實例而言，在一個實施例中，分別第一及第二縱向末端表面116、118之表面積的總和小於電極總成之全部表面之表面積的20%。舉其他實例而言，在一個實施例中，分別第一及第二縱向末端表面116、118之表面積的總和小於電極總成之全部表面之表面積的15%。舉其他實例而言，在一個實施例中，分別第一及第二縱向末端表面116、118之表面積的總和小於電極總成之全部表面之表面積的10%。

【0190】在又一實施例中，電極總成106經組態以使得電極總成106在與堆疊方向(亦即，縱向方向)正交之平面中之投影的表面積小於電極總成106在其他正交平面上之投影的表面積。舉例而言，參考圖2A中所示之電極總成106實施例(例如矩形稜柱)，可見電極總成106在與堆疊方向正交之平面(亦即，X-Z平面)中之投影的表面積對應於 $L_{EA} \times H_{EA}$ 。類似地，電極總成106於Z-Y平面中之投影對應於 $W_{EA} \times H_{EA}$ ，且電極總成106於X-Y平面中之投影對應於 $L_{EA} \times W_{EA}$ 。因此，電極總成106經組態以使得堆疊方向與具有最小表面積之投影所處平面相交。因此，在圖2A中之實施例中，定位電極總成106以使得堆疊方向與對應於 $H_{EA} \times L_{EA}$ 之最小表面積投影所處之X-Z平面相交。亦即，定位電極總成以使得具有最小表面積(例如 $H_{EA} \times L_{EA}$)之投影與堆疊方向正交。

【0191】在又一實施例中，蓄電池組102可包含堆疊在一起以形成電極堆疊之複數個電極總成106，且可藉由一或多個共用電極限制來限制。舉例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151及次級生長限制系統152中之一或多者的至少一部分可藉由複數個形成電極總成堆疊之電

極總成106共用。舉其他實例而言，在一個實施例中，複數個形成電極總成堆疊之電極總成可藉由具有在堆疊之頂部電極總成106處之第一次級生長限制158及在堆疊之底部電極總成106處之第二次級生長限制160之次級生長限制系統152限制於豎直方向上，以使得複數個形成堆疊之電極總成106藉由共用次級生長限制系統限制於豎直方向上。類似地，亦可共用一級生長限制系統151之部分。因此，在一個實施例中，類似於上文所描述之單個電極總成，電極總成106之堆疊在與堆疊方向(亦即，縱向方向)正交之平面中之投影的表面積小於電極總成106之堆疊於其他正交平面上之投影的表面積。亦即，複數個電極總成106可經組態以使得堆疊方向(亦即，縱向方向)相交且與具有電極總成堆疊之所有其他正交投影中最小的電極總成106之堆疊之投影的平面正交。

【0192】 根據一個實施例，電極總成106進一步包含電極結構110，其經組態以使得電極結構110於與堆疊方向(亦即，縱向方向)正交之平面中之投影的表面積大於電極結構100於其他正交平面上之投影的表面積。舉例而言，參考如圖2及圖7中所示之實施例，電極110可各自理解為具有在橫向方向上量測之長度 L_{ES} ，在縱向方向上量測之寬度 W_{ES} ，及在豎直方向上量測之高度 H_{ES} 。如圖2及圖7中所示之X-Z平面中之投影因此具有表面積 $L_{ES} \times H_{ES}$ ，Y-Z平面中之投影具有表面積 $W_{ES} \times H_{ES}$ ，且XY平面中之投影具有表面積 $L_{ES} \times W_{ES}$ 。其中，對應於具有最大表面積之投影之平面為經選擇以與堆疊方向正交之平面。類似地，電極110亦可經組態以使得電極活性材料層132於與堆疊方向正交之平面中之投影的表面積大於電極活性材料層於其他正交平面上之投影的表面積。舉例而言，在圖2及圖7中所示的實施例中，電極活性材料層可具有可自投影之表面積計算之在橫向方

向上量測之長度 L_A ，在縱向方向上量測之寬度 W_A 及在豎直方向上量測之高度 H_A (在電極結構及/或電極活性材料層132之尺寸沿一或多個軸線改變的情況下， L_{ES} 、 L_A 、 W_{ES} 、 W_A 、 H_{ES} 及 H_A 亦可對應於此等尺寸中之最大值)。在一個實施例中，藉由定位電極結構110以使得具有電極結構100及/或電極活性材料層132之最高投影表面積之平面與堆疊方向正交，可獲得組態，由此具有電極活性材料之最大表面積之電極結構110的表面面向載體離子之行進方向，且因此歸因於嵌入及/或摻合，在充電與放電狀態之間循環期間經歷最大生長。

【0193】 在一個實施例中，電極結構110及電極總成106可經組態以使得電極結構110及/或電極活性材料層132之最大表面積投影及電極總成106之最小表面積投影同時在與堆疊方向正交之平面中。舉例而言，在如圖2及圖7中所示之情況下，當電極活性材料層132在電極活性材料層132之X-Z平面中的投影($L_A \times H_A$)最高時，相對於電極總成之最小表面積投影($L_{EA} \times H_{EA}$)定位電極結構110及/或電極活性材料層132，兩個投影之此類投影平面與堆疊方向正交。亦即，具有電極結構110及/或電極活性材料之最大表面積投影之平面與具有電極總成106之最小表面積投影之平面平行(及/或在相同平面中)。以此方式，根據一個實施例，最可能經歷最高體積生長之電極結構之表面，亦即具有最高含量之電極活性材料層的表面及/或在蓄電池組之充電/放電期間與載體離子行進方向相交(例如，正交)之表面，面向具有最小表面積之電極總成106的表面。提供此類組態之優勢可為用於限制此最大方向上之生長，例如沿縱向軸線之生長限制系統可藉由相比於電極總成106之其他表面之面積自身具有相對較小表面積之生長限制實施，從而減少實施限制系統以限制電極總成生長所需之體積。

【0194】 在一個實施例中，制組能夠抵抗大於或等於由電極總成在蓄電池組在充電與放電狀態之間循環期間限施加之2 MPa之壓力。在另一實施例中，限制組能夠抵抗大於或等於由電極總成在蓄電池組在充電與放電狀態之間循環期間施加之5 MPa之壓力。在另一實施例中，限制組能夠抵抗大於或等於由電極總成在蓄電池組在充電與放電狀態之間循環期間施加之7 MPa之壓力。在另一實施例中，限制組能夠抵抗大於或等於由電極總成在蓄電池組在充電與放電狀態之間循環期間施加之10 MPa之壓力。限制組可能夠抵抗及承受此類壓力，而限制組實質上無破裂或故障。此外，在一些實施例中，限制組能夠抵抗壓力同時亦提供蓄電池組102之相對較小體積，如下文所描述。

【0195】 在一個實施例中，限制系統108佔據電極總成106及限制系統108之組合體積之相對較低體積%。亦即，電極總成106可理解為具有藉由其外表面限定之體積(亦即，位移體積)，即藉由第一及第二縱向末端表面116、118及連接末端表面之側表面42包圍之體積。限制系統108的部分在電極總成106外部(亦即，在縱向末端表面116、118及側表面外部)，諸如其中第一及第二一級生長限制154、156位於電極總成106之縱向末端117、119處，且第一及第二次級生長限制158、160在側表面142之相對末端處，限制系統108之該等部分類似地佔據對應於限制系統部分之位移體積的體積。因此，在一個實施例中，可包括一級生長限制系統151之外部部分(亦即，第一及第二一級生長限制154、156及至少一個為其外部或外部部分之一級連接部件中之任一者)以及次級生長限制系統152之外部部分(亦即，第一及第二次級生長限制158、160及至少一個為外部或其外部部分之次級連接部件中之任一者)的電極限制組108之外部部分佔據不超過電

極總成106及電極限制組108之外部部分之全部組合體積的80%。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極限制組之外部部分佔據不超過電極總成106及電極限制組之外部部分之全部組合體積的60%。舉又另一實施例而言，在一個實施例中，電極限制組106之外部部分佔據不超過電極總成106及電極限制組之外部部分之全部組合體積的40%。舉又另一實施例而言，在一個實施例中，電極限制組106之外部部分佔據不超過電極總成106及電極限制組之外部部分之全部組合體積的20%。在又一實施例中，一級生長限制系統151之外部部分(亦即，第一及第二一級生長限制154、156及至少一個為其外部或外部部分之一級連接部件中的任一者)佔據不超過電極總成106及一級生長限制系統151之外部部分之全部組合體積的40%。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151之外部部分佔據不超過電極總成106及一級生長限制系統151之外部部分之全部組合體積的30%。舉又另一實施例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151之外部部分佔據不超過電極總成106及一級生長限制系統151之外部部分之全部組合體積的20%。舉又另一實施例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151之外部部分佔據不超過電極總成106及一級生長限制系統151之外部部分之全部組合體積的10%。在又一實施例中，次級生長限制系統152之外部部分(亦即，第一及第二次級生長限制158、160及至少一個為其外部或外部部分之次級連接部件中的任一者)佔據不超過電極總成106及次級生長限制系統152之外部部分之全部組合體積的40%。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152之外部部分佔據不超過電極總成106及次級生長限制系統152之外部部分之全部組合體積的30%。舉又一實施例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152之

外部部分佔據不超過電極總成106及次級生長限制系統152之外部部分之全部組合體積的20%。舉又一實施例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152之外部部分佔據不超過電極總成106及次級生長限制系統152之外部部分之全部組合體積的10%。

【0196】 根據一個實施例，由電極限制組108之部分佔據之相對較低體積的基本原理可藉由參考圖8A及圖8B中所示之力示意圖理解。圖8A描繪展示歸因於電極活性材料層132之體積增大在蓄電池組102循環之後在第一及第二一級生長限制154、156上施加之力的實施例。箭頭198b描繪歸因於電極活性材料層132之生長在電極活性材料層132膨脹之後由其施加之力，其中 w 展示施加至第一及第二一級生長限制154、156之負荷，且 P 展示由於電極活性材料層132之體積增大而施加至第一及第二一級生長限制154、156的壓力。類似地，圖8B描繪展示歸因於電極活性材料層132之體積增大在蓄電池組102循環之後在第一及第二次級生長限制158、160上施加之力的實施例。箭頭198a描繪歸因於電極活性材料層132之生長在電極活性材料層132膨脹之後由其施加之力，其中 w 展示施加至第一及第二次級生長限制158、160之負荷，且 P 展示由於電極活性材料層132之體積增大而施加至第一及第二次級生長限制158、160的壓力。雖然在蓄電池組循環期間，電極活性材料各向同性地膨脹(亦即，在所有方向上)，且因此每一方向上之壓力 P 相同，但在每一方向上施加之負荷 w 不同。憑藉解釋，參考圖8A及8B中所描繪之實施例，可理解第一或第二一級生長限制154、156上之X-Z平面中的負荷與 $P \times L_{ES} \times H_{ES}$ 成比例，其中 P 為歸因於電極活性材料層132在一級生長限制154、156上之膨脹施加的壓力， L_{ES} 為橫向方向上電極結構110之長度，且 H_{ES} 為豎直方向上電極結構

110之高度。類似地，第一或第二次級生長限制158、160上之X-Y平面中的負荷與 $P \times L_{ES} \times W_{ES}$ 成比例，其中P為歸因於電極活性材料層132在次級生長限制158、160上之膨脹施加的壓力， L_{ES} 為橫向方向上電極結構110之長度，且 W_{ES} 為縱向方向上電極結構110之寬度。在提供三級限制系統的情況下，第一或第二三級生長限制157、159上之Y-Z平面中的負荷與 $P \times H_{ES} \times W_{ES}$ 成比例，其中P為歸因於三級生長限制157、159上之電極活性材料層132之膨脹施加的壓力， H_{ES} 為豎直方向上電極結構110之高度，且 W_{ES} 為縱向方向上電極結構之寬度。因此，在 L_{ES} 大於 W_{ES} 及 H_{ES} 兩者的情況下，Y-Z平面中之負荷將最小，且在 $H_{ES} > W_{ES}$ 的情況下，X-Y平面中之負荷將小於X-Z平面中之負荷，意謂X-Z平面具有待容納於正交平面當中之最高負荷。

【0197】此外，根據一個實施例，若一級限制設置於平面中之負荷最大的X-Z平面中，與在X-Y平面中設置一級限制相反，則X-Z平面中之一級限制可能要求比一級限制在X-Y平面時應要求具有之體積小得多的體積。此係由於若一級限制在X-Y平面而非X-Z平面中，則限制將被要求為厚得多，以便具有將要求之抵抗生長之硬度。特定言之，如下文在本文中進一步詳細描述，隨著一級連接部件之間的距離增大，屈曲偏斜亦可增大，且應力亦增大。舉例而言，控管因一級生長限制154、156之彎曲所致之偏斜的等式可寫成：

$$\delta = 60wL^4/Eh^3$$

其中w=歸因於電極膨脹在一級生長限制154、156上施加之總分佈式負荷；L=沿豎直方向在一級連接部件158、160之間的距離；E=一級生長限制154、156之彈性模數，且h=一級生長限制154、156之厚度(寬度)。

歸因於電極活性材料132之膨脹之一級生長限制154、156上的應力可使用以下等式計算：

$$\sigma = 3wL^2/4h^2$$

【0198】 其中w=歸因於電極活性材料層132之膨脹在一級生長限制154、156上施加之總分佈式負荷；L=沿豎直方向在一級連接部件158、160之間的距離；且h=一級生長限制154、156之厚度(寬度)。因此，若一級生長限制在X-Y平面中，及若一級連接部件比其將另外在一級限制在X-Z平面中時分開得更遠(例如，在縱向末端處)，則此可意謂一級生長限制將被要求為較厚且因此佔據比其將另外在X-Z平面中時更大的體積。

【0199】 根據一個實施例，電極及反電極群之部件於第一及第二縱向末端表面116、118上之投影包圍第一及第二投影區域2002a、2002b。一般而言，第一及第二投影區域2002a、2002b將通常分別包含第一及第二縱向末端表面122、124之表面積的顯著分率。舉例而言，在一個實施例中，第一及第二投影區域各自分別包含至少第一及第二縱向末端表面之表面積之50%。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，第一及第二投影區域各自分別包含至少第一及第二縱向末端表面之表面積之75%。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，第一及第二投影區域各自分別包含至少第一及第二縱向末端表面之表面積之至少90%。

【0200】 在某些實施例中，電極總成106之縱向末端表面116、118將在顯著壓縮負荷下。舉例而言，在一些實施例中，電極總成106之縱向末端表面116、118中之每一者將在至少0.7 kPa之壓縮負荷下(例如，分別縱向末端表面中之每一者之總表面積取平均值)。舉例而言，在一個實施例中，電極總成106之縱向末端表面116、118中之每一者將在至少1.75

kPa之壓縮負荷下(例如，分別縱向末端表面中之每一者之總表面積取平均值)。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極總成106之縱向末端表面116、118中之每一者將在至少2.8 kPa之壓縮負荷下(例如，分別縱向末端表面中之每一者之總表面積取平均值)。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極總成106之縱向末端表面116、118中之每一者將在至少3.5 kPa之壓縮負荷下(例如，分別縱向末端表面中之每一者之總表面積取平均值)。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極總成106之縱向末端表面116、118中之每一者將在至少5.25 kPa之壓縮負荷下(例如，分別縱向末端表面中之每一者之總表面積取平均值)。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極總成106之縱向末端表面116、118中之每一者將在至少7 kPa之壓縮負荷下(例如，分別縱向末端表面中之每一者之總表面積取平均值)。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極總成106之縱向末端表面116、118中之每一者將在至少8.75 kPa之壓縮負荷下(例如，分別縱向末端表面中之每一者之總表面積取平均值)。然而，一般而言，電極總成106之縱向末端表面116、118將在不超過約10 kPa之壓縮負荷下(例如，分別縱向末端表面中之每一者之總表面積取平均值)。與電極及反電極群之部件於縱向末端表面上之投影一致的電極總成之縱向末端表面之區(亦即，投影表面區)亦可在上述壓縮負荷下(如分別各投影表面之總表面積取平均值)。在前述例示性實施例中之每一者中，當具有電極總成106之能量儲存器件100充電至其額定容量之至少約80%時，電極總成106之縱向末端表面116、118將經受此類壓縮負荷。

【0201】 根據一個實施例，次級生長限制系統152能夠藉由施加預定值之限制力且在無生長限制過度歪斜的情況下限制電極總成106在豎直

方向(Z方向)上之生長。舉例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可藉由將大於1000 psi之限制力及小於0.2 mm/m之歪斜施加至相對豎直區148、150上來限制電極總成106在豎直方向上之生長。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可藉由小於5%之位移在小於或等於10,000 psi及小於0.2 mm/m之歪斜下將限制力施加至相對豎直區148、150上來限制電極總成106在豎直方向上之生長。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可藉由小於3%之位移在小於或等於10,000 psi及小於0.2 mm/m之歪斜下將限制力施加至相對豎直區148、150上來限制電極總成106在豎直方向上之生長。舉其他實例而言，在一個實施例中，次級生長限制系統152可藉由小於1%之位移在小於或等於10,000 psi及小於0.2 mm/m之歪斜下將限制力施加至相對豎直區148、150上來限制電極總成106在豎直方向上之生長。舉其他實例而言，在一個實施例中，在50次電池組循環之後，次級生長限制系統152可藉由小於15%之位移在小於或等於10,000 psi及小於0.2 mm/m之歪斜下將限制力施加至豎直方向上之相對豎直區148、150來限制電極總成106在豎直方向上之生長。舉其他實例而言，在一個實施例中，在150次電池組循環之後，次級生長限制系統152可藉由小於5%之位移在小於或等於10,000 psi及小於0.2 mm/m之歪斜下將限制力施加至相對豎直區148、150上來限制電極總成106在豎直方向上之生長。

【0202】 現參考圖5，展示具有電極限制組108之電極總成106之實施例，其具有沿如圖1A中所示之線A-A'截取之橫截面。在圖5中所示之實施例中，一級生長限制系統151可分別在電極總成106之縱向末端表面116、118處包含第一及第二一級生長限制154、156，且次級生長限制系

統152在電極總成106之側表面142之相對第一及第二表面區148、150處包含第一及第二次級生長限制158、160。根據此實施例，第一及第二一級生長限制154、156可充當至少一個次級連接部件166以連接第一及第二次級生長限制158、160且維持生長限制在與縱向方向正交之第二方向(例如豎直方向)上彼此拉伸。然而，另外及/或替代地，次級生長限制系統152可包含至少一個位於除電極總成106之縱向末端表面116、118外之區處的次級連接部件166。又，至少一個次級連接部件166可理解為充當在電極總成之縱向末端116、118內部且可與另一內部一級生長限制及/或電極總成106之縱向末端116、118處之一級生長限制結合起作用以限制生長的第一及第二一級生長限制154、156中之至少一者。參考圖5中所示之實施例，可提供分別沿遠離電極總成106之第一及第二縱向末端表面116、118，諸如朝向電極總成106之中心區之縱向軸線間隔開的次級連接部件166。次級連接部件166可分別在電極總成末端表面116、118之內部位置處連接第一及第二次級生長限制158、160且可在拉力下在該位置處之次級生長限制158、160之間。在一個實施例中，除在電極總成末端表面116、118處提供一或多個次級連接部件166，諸如亦在縱向末端表面116、118處充當一級生長限制154、156之次級連接部件166外，亦提供在末端表面116、118之內部位置處連接次級生長限制158、160之次級連接部件166。在另一實施例中，次級生長限制系統152包含分別與第一及第二次級生長限制158、160連接在與縱向末端表面116、118間隔開之內部位置處的一或多個次級連接部件166，其中次級連接部件166在或不在縱向末端表面116、118處。內部次級連接部件166亦可理解為充當根據一個實施例之第一及第二一級生長限制154、156。舉例而言，在一個實施例

中，內部次級連接部件166中之至少一者可包含電極或反電極結構110、112的至少一部分，如下文進一步詳細描述。

【0203】更特定言之，相對於圖5中所示之實施例，次級生長限制系統152可包括上覆於電極總成106之側表面142之上部區148上的第一次級生長限制158及上覆於電極總成106之側表面142之下部區150上的相對第二次級生長限制160，第一及第二次級生長限制158、160在豎直方向上(亦即，沿著Z軸)彼此分隔開。另外，次級生長限制系統152可進一步包括至少一個與電極總成106之縱向末端表面116、118間隔開之內部次級連接部件166。內部次級連接部件166可與Z軸平行對準且分別連接第一及第二次級生長限制158、160以維持生長限制彼此拉伸且形成次級限制系統152之至少一部分。在一個實施例中，在具有電極總成106之能量儲存器件100或蓄電池組102之重複充電及/或放電期間，至少一個內部次級連接部件166，單獨的或具有位於電極總成106之縱向末端表面116、118處的次級連接部件166，可豎直方向上(亦即，沿Z軸)在拉力下在第一及次級生長限制158、160之間，以減少電極總成106在豎直方向上之生長。此外，在如圖5中所示之實施例中，電極限制組108進一步包含分別在電極總成106之縱向末端117、119處具有第一及第二一級生長限制154、156、在電極總成106之分別上部及下部側表面區148、150處分別藉由第一及第二一級連接部件162、164連接的一級生長限制系統151。在一個實施例中，次級內部連接部件166可自身理解為分別與第一及第二一級生長限制154、156中之一或多者共同作用以對位於縱向方向上電極總成106之次級內部連接部件166與縱向末端117、119之間的電極總成106(第一及第二一級生長限制154、156可分別位於其中)之各部分施加限制壓力。

【0204】 在一個實施例中，一級生長限制系統151及次級生長限制系統152中之一或多者包括分別第一及第二一級生長限制154、156及/或分別第一及第二次級生長限制158、160，其包括複數個限制部件。亦即，一級生長限制154、156及/或次級生長限制158、160中之每一者可為單個單式部件，或複數個部件可用於構成生長限制中之一或多者。舉例而言，在一個實施例中，第一及第二次級生長限制158、160分別可包含單個分別沿電極總成側表面142之上部及下部表面區148、150延伸之限制部件。在另一實施例中，第一及第二次級生長限制158、160分別包含複數個跨過側表面之相對表面區域148、150延伸之部件。類似地，一級生長限制154、156亦可由複數個部件製成，或可各自在各電極總成縱向末端117、119處包含單個單式部件。為維持一級生長限制154、156與次級生長限制158、160中之每一者之間的拉力，提供連接部件(例如162、164、165、166)以將一個或複數個包含生長限制之部件以對生長限制之間的電極總成106施加壓力的方式連接至相對生長限制部件。

【0205】 在一個實施例中，次級生長限制系統152之至少一個次級連接部件166分別與第一及第二次級生長限制158、160形成接觸區域168、170，以維持生長限制彼此拉伸。接觸區域168、170為至少一個次級連接部件166之末端172、174處之表面分別觸摸及/或接觸第一及第二次級生長限制158、160，諸如至少一個次級連接部件166之末端之表面分別黏著或膠合至第一及第二次級生長限制158、160所處之彼等區域。接觸區域168、170可在各末端172、174處且可延伸跨過第一及第二次級生長限制158、160之表面區域以提供其間的良好接觸。接觸區域168、170提供在縱向方向(Y軸)上在第二連接部件166與生長限制158、160之間的接

觸，且接觸區域168、170亦可延伸至橫向方向(X軸)上以提供良好接觸及連接，從而維持第一及第二次級生長限制158、160彼此拉伸。在一個實施例中，接觸區域168、170提供一或多個次級連接部件166在縱向方向(Y軸)上與生長限制158、160之總接觸區域(例如，所有區域168之總和，及所有區域170之總和)之比率，根據縱向方向上電極總成106之 W_{EA} ，其為至少1%。舉例而言，在一個實施例中，根據縱向方向上之電極總成106之 W_{EA} ，一或多個次級連接部件166在縱向方向(Y軸)上與生長限制158、160之總接觸區域之比率為至少2%。舉其他實例而言，在一個實施例中，根據縱向方向上之電極總成106之 W_{EA} ，一或多個次級連接部件166在縱向方向(Y軸)上與生長限制158、160之總接觸區域之比率為至少5%。舉其他實例而言，在一個實施例中，根據縱向方向上之電極總成106之 W_{EA} ，一或多個次級連接部件166在縱向方向(Y軸)上與生長限制158、160之總接觸區域之比率為至少10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，根據縱向方向上之電極總成106之 W_{EA} ，一或多個次級連接部件166在縱向方向(Y軸)上與生長限制158、160之總接觸區域之比率為至少25%。舉其他實例而言，在一個實施例中，根據縱向方向上之電極總成106之 W_{EA} ，一或多個次級連接部件166在縱向方向(Y軸)上與生長限制158、160之總接觸區域之比率為至少50%。一般而言，根據縱向方向上之電極總成106之 W_{EA} ，一或多個次級連接部件166在縱向方向(Y軸)上與生長限制158、160之總接觸區域之比率將小於100%，諸如小於90%，且甚至小於75%，因為一或多個連接部件166典型地並不具有延伸跨過整個縱向軸線之接觸區域168、170。然而，在一個實施例中，次級連接部件166與生長限制158、160之接觸區域168、170可延伸跨過橫向軸線(X軸)之顯著部分，且

可甚至延伸跨過橫向方向上之電極總成106之整個 L_{EA} 。舉例而言，按照橫向方向上電極總成106之 L_{EA} ，一或多個次級連接部件166在橫向方向(X軸)上與生長限制158、160之總接觸區域(例如，所有區域168之總和，及所有區域170之總和)之比率可為至少約50%。舉其他實例而言，根據橫向方向(X軸)上之電極總成106之 L_{EA} ，一或多個次級連接部件166在橫向方向(X軸)上與生長限制158、160之總接觸區域之比率可為至少約75%。舉其他實例而言，根據橫向方向(X軸)上之電極總成106之 L_{EA} ，一或多個次級連接部件166在橫向方向(X軸)上與生長限制158、160之總接觸區域之比率可為至少約90%。舉其他實例而言，根據橫向方向(X軸)上之電極總成106之 L_{EA} ，一或多個次級連接部件166在橫向方向(X軸)上與生長限制158、160之總接觸區域之比率可為至少約95%。

【0206】根據一個實施例，一或多個次級連接部件166與分別第一及第二次級生長限制158、160之間的接觸區域168、170足夠大以在具有電極總成106之能量儲存器件100或蓄電池組102循環期間在生長限制158、160之間提供充分的保持及拉力。舉例而言，接觸區域168、170可與各生長限制158、160形成接觸區域，其構成電極總成106之側表面142之表面積的至少2%，諸如電極總成106之側表面142之表面積的至少10%，且甚至電極總成106之側表面142之表面積的至少20%。舉其他實例而言，接觸區域168、170可與各生長限制158、160形成接觸區域，其構成電極總成106之側表面142之表面積的至少35%，且甚至電極總成106之側表面142之表面積的至少40%。舉例而言，對於具有分別上部及下部相對表面區148、150之電極總成106，至少一個次級連接部件166可與生長限制158、160沿分別上部及下部相對表面區148、150之表面積的至少

5%，諸如沿分別上部及下部相對表面區148、150之表面積的至少10%，且甚至分別上部及下部相對表面區148、150之表面積的至少20%形成接觸區域168、170。舉其他實例而言，對於具有分別上部及下部相對表面區148、150之電極總成106，至少一個級連接部件166可與生長限制158、160沿著分別上部及下部相對表面區148、150之表面積的至少40%，諸如沿分別上部及下部相對表面區148、150之表面積的至少50%形成接觸區域168、170。藉由在至少一個連接部件166與生長限制158、160之間形成接觸(相對於電極總成106之總表面積構成最小表面積)，可在生長限制158、160之間提供恰當的拉力。此外，根據一個實施例，可藉由單個次級連接部件166提供接觸區域168、170，或總接觸區域可為複數個次級連接部件166，諸如一個或複數個位於電極總成106之縱向末端117、119處之次級連接部件166及/或一個或複數個與電極總成106之縱向末端117、119間隔開之內部次級連接部件166提供的多個接觸區域168、170之總和。

【0207】 另外，在一個實施例中，分別一級及次級生長限制系統151、152(及視情況三級生長限制系統)能夠限制電極總成106在縱向方向及與縱向方向正交之第二方向，諸如豎直方向(Z軸)兩者上(且視情況在第三方向上，諸如沿X軸)之生長，以限制電極總成之體積生長%。

【0208】 在某些實施例中，一級及次級生長限制系統151、152中之一或多者分別在其中包含具有細孔之部件，諸如由多孔材料製成之部件。舉例而言，參考描繪電極總成106上方之次級生長限制158之俯視圖之圖6A，次級生長限制158可包含准許電解質通過以便進入至少部分地被次級生長158覆蓋之電極總成106之細孔176。在一個實施例中，第一及第二次級生長限制158、160分別在其中具有細孔176。在另一實施例中，分別第

一及第二一級生長限制154、156及分別第一及第二次級生長限制158、160中之每一者在其中具有細孔176。在又一實施例中，分別第一及第二次級生長限制158、160中僅一個或僅一部分在其中含有細孔。在另一實施例中，分別第一及第二一級連接部件162、164及至少一個次級連接部件166中之一或多者在其中含有細孔。提供孔隙176可為有利的，例如當能量儲存器件100或蓄電池組102在電池組殼體104中含有複數個堆疊在一起之電極總成106以准許電解質在例如如圖20中描繪之實施例中所示之蓄電池組102中的不同電極總成106之間流動時。舉例而言，在一個實施例中，分別構成一級及次級生長限制系統151、152之至少一部分之多孔部件可具有至少0.25之空隙分率。舉其他實例而言，在一些實施例中，分別構成一級及次級生長限制系統151、152之至少一部分之多孔部件可具有至少0.375之空隙分率。舉其他實例而言，在一些實施例中，分別構成一級及次級生長限制系統151、152之至少一部分之多孔部件可具有至少0.5之空隙分率。舉其他實例而言，在一些實施例中，分別構成一級及次級生長限制系統151、152之至少一部分之多孔部件可具有至少0.625之空隙分率。舉其他實例而言，在一些實施例中，分別構成一級及次級生長限制系統151、152之至少一部分之多孔部件可具有至少0.75的空隙分率。

【0209】 在一個實施例中，可藉由將一級生長限制系統151之組件黏著、黏結及/或膠合中之至少一者至次級生長限制系統152之組件來組裝且固定電極限制組108以限制電極總成106之生長。舉例而言，一級生長限制系統151之組件可膠合、焊接、黏結或以其他方式黏著且固定至次級生長限制系統152之組件上。舉例而言，如圖4A中所示，第一及第二一級生長限制154、156可分別黏著至分別第一及第二一級連接部件162、

164，其亦可分別充當第一及第二次級生長限制158、160。相反地，第一及第二次級生長限制158、160可分別黏著至至少一個次級連接部件166，其分別用作第一及第二一級生長限制154、156中之至少一者，諸如在電極總成106之縱向末端117、119處之生長限制。參考圖5，第一及第二次級生長限制158、160分別亦可黏著至至少一個次級連接部件166，其為與縱向末端117、119間隔開之內部連接部件166。在一個實施例中，藉由使一級及次級生長限制系統151、152之部分分別彼此固定，可提供電極總成106生長之協同限制。

【0210】 圖6A至圖6B說明用於將第一及第二次級生長限制158、160中之一或多者分別固定至一或多個次級連接部件166之實施例。圖6A至圖6B提供在電極總成106之側表面142之上表面區148上方具有第一次級生長限制158之電極總成106之實施例的俯視圖。亦展示沿縱向軸線(Y軸)間隔開之分別第一及第二一級生長限制154、156。亦展示可能對應於電極結構110及/或反電極結構112之至少一部分的次級連接部件166。在如所展示之實施例中，第一次級生長限制158在其中具有細孔176以允許電解質及載體離子達至電極110及反電極112結構。如上文所描述，在某些實施例中，第一及第二一級生長限制154、156分別可充當分別連接第一及第二次級生長限制158、160之至少一個次級連接部件166。因此，在如所展示之版本中，分別第一及第二次級生長限制158、160可在電極總成106之周邊處分別連接至第一及第二一級生長限制154、156。然而，在一個實施例中，分別第一及第二次級生長限制158、160亦可經由為內部次級連接部件166之次級連接部件166連接。在如所展示之版本中，第一次級生長限制158包含生長限制158黏結至下層內部次級連接部件166的黏結區

178，且進一步包含生長限制158並未黏結至下層次級連接部件166的非黏結區180，以便在生長限制158與下層次級連接部件166之間以黏結區178之與非黏結區180之區域交替之行的形式提供接觸區域168。在一個實施例中，非黏結區180進一步含有電解質及載體離子可能經過之敞開孔176。根據一個實施例，第一及第二次級生長限制158、160分別黏著至次級連接部件166，該次級連接部件包含電極110或反電極112結構或電極總成106之其他內部結構的至少一部分。在一個實施例中，第一及第二次級生長限制158、160分別可黏著至形成次級連接部件166之電極結構110及/或反電極結構112或其他內部結構的頂部及底部末端，以形成黏著區域178之行，其對應於限制黏著至電極結構110及/或反電極112或其他內部結構，且非黏著區域180之行在反電極112或其他內部結構之間。此外，第一及第二次級生長限制158、160分別可黏結或黏著至形成至少一個次級連接部件166之電極結構110及/或反電極結構112或其他結構，使得細孔176至少在非黏結區域180中保持敞開，且亦可黏著以使得黏結區178中之細孔176可保持相對敞開以允許電解質及載體離子通過。

【0211】 在如圖6B中所示之又一實施例中，分別第一及第二次級生長限制158、160在電極總成106之周邊處分別連接至第一及第二一級生長限制154、156，且亦可經由為內部次級連接部件166之次級連接部件166連接。在如所展示之版本中，第一次級生長限制158包含生長限制158黏結至下層內部次級連接部件166的黏結區178，且進一步包含生長限制158並未黏結至下層次級連接部件166的非黏結區180，以便在生長限制158與下層次級連接部件166之間以黏結區178之與非黏結區180之區域交替之列的形式提供接觸區域168。分別此等黏結及非黏結區178、180在此實施例

中可延伸跨過次級連接部件166之尺寸，其可在如圖6B中所示之橫向方向(X軸)上，與如圖6A中之縱向方向(Y軸)相反。替代地，黏結及非黏結區178、180分別可以預定圖案延伸跨過縱向及橫向方向兩者。在一個實施例中，非黏結區180進一步含有電解質及載體離子可能經過之敞開孔176。在一個實施例中，第一及第二次級生長限制158、160分別可黏著至形成次級連接部件166之電極結構110及/或反電極結構112或其他內部結構的頂部及底部末端，以形成黏著區域178之列，其對應於生長限制黏著至電極結構110及/或反電極112或其他內部結構，且非黏著區域180之區域在反電極112或其他內部結構之間。此外，第一及第二次級生長限制158、160分別可黏結或黏著至形成至少一個次級連接部件166之電極結構110及/或反電極結構112或其他結構，使得細孔176至少在非黏結區域180中保持敞開，且亦可黏著以使得黏結區178中之細孔176可保持相對敞開以允許電解質及載體離子通過。

次級限制系統子架構

【0212】 根據一個實施例，如上文所論述，第一及第二次級生長限制158、160中之一或多者分別可經由為電極總成106之內部結構之一部分，諸如電極110及/或反電極結構112之一部分的次級連接部件166連接在一起。在一個實施例中，藉由經由電極總成106內之結構提供限制之間的連接，可實現充分補償電極結構110生長所產生之應變之緊密限制結構。舉例而言，在一個實施例中，第一及第二次級生長限制158、160分別可藉由經由為電極110或反電極結構112之部分之連接部件166的連接彼此拉伸置放而限制與縱向方向正交之方向，諸如豎直方向上的生長。在另一實施例中，電極結構110（例如，陽極結構）之生長可藉由次級生長限制

158、160至充當次級連接部件166之電極結構110 (例如，負電極集電器層)之連接抗衡。在另一實施例中，電極結構110 (例如，陽極結構)之生長可藉由次級生長限制158、160至充當次級連接部件166之反電極結構112 (例如，正電極集電器層)之連接抗衡。

【0213】 一般而言，在某些實施例中，一級生長限制系統151及次級生長限制系統152之組件可分別在電極總成106內連接至電極110及/或反電極結構112，且次級生長限制系統152之組件亦可分別在電極總成106內實施為電極110及/或反電極結構112，從而不僅提供有效限制且亦更有效地利用電極總成106之體積，而不過度提高具有電極總成106之能量儲存器件110或蓄電池組102之尺寸。舉例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統152可附接至一或多個電極結構110。舉其他實例而言，在一個實施例中，一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統152可附接至一或多個反電極結構112。舉其他實例而言，在某些實施例中，至少一個次級連接部件166可實施為電極結構群110。舉其他實例而言，在某些實施例中，至少一個次級連接部件166可實施為反電極結構群112。

【0214】 現參考圖7，為了參考，展示具有豎直軸線(Z軸)、縱向軸線(Y軸)及橫向軸線(X軸)之笛卡爾座標系統；其中X軸在離開頁面之平面時定向；且如上文所描述之堆疊方向D之指定與Y軸同向平行。更特定言之，圖7展示沿如電極限制組108之圖1A中之線A-A'之橫截面，其包括一級生長限制系統151之一個實施例及次級生長限制系統152之一個實施例。一級生長限制系統151包括如上文所描述之第一一級生長限制154及第二一級生長限制156及如上文所描述之第一一級連接部件162及第二一

級連接部件164。次級生長限制系統152包括實施為電極結構群110及/或反電極結構群112之第一次級生長限制158、第二次級生長限制160及至少一個次級連接部件166；因此，在此實施例中，至少一個次級連接部件166、電極結構110及/或反電極結構112可理解為可互換的。此外，隔板130亦可形成次級連接部件166之部分。此外，在此實施例中，第一一級連接部件162及第一次級生長限制158為可互換的，如上文所描述。另外，在此實施例中，第二一級連接部件164及第二次級生長限制160為可互換的，如上文所描述。更特定言之，圖7中說明對應於電極110或反電極結構112之次級連接部件166與第一次級生長限制158及第二次級生長限制160之齊平連接的一個實施例。齊平連接可進一步包括第一次級生長限制158與次級連接部件166之間的膠合層182及第二次級生長限制160與次級連接部件166之間的膠合層182。膠合層182將第一次級生長限制158貼附至次級連接部件166，且將第二次級生長限制160貼附至次級連接部件166。

【0215】 又，可以複數個可接合在一起以形成單一部件之區段1088或部件形式提供第一及第二一級生長限制154、156、第一及第二一級連接部件162、164、第一及第二次級生長限制158、160及至少一個次級連接部件166中之一或多者。舉例而言，如圖7中所說明之實施例中所示，以朝向電極總成106之縱向末端117、119定位之主要中部區段1088a及第一及第二末端區段1088b形式，提供第一次級生長限制158，其中中部區段1088a藉由提供以連接區段1088之連接部分1089，諸如可互連以使區段1088彼此接合之區段1088中形成之缺口而連接至各第一及第二末端區段1088b。可類似地以可連接在一起以形成限制之複數個區段1088形式提供

第二次級生長限制160，如圖7中所示。在一個實施例中，亦可以可經由諸如缺口之連接部分連接在一起以形成完整部件之複數個區段1088形式提供次級生長限制158、160、至少一個一級連接部件162及/或至少一個次級連接部件166中之一或多者。根據一個實施例，經由缺口或其他連接部分將區段1088連接在一起可提供當區段連接時由複數個區段形成之部件之預拉緊。

【0216】 在一個實施例中，圖7中進一步說明電極群110之部件，其具有電極活性材料層132、離子多孔電極集電器136及支撐電極活性材料層132及電極集電器136之電極主結構134。類似地，在一個實施例中，圖7中說明反電極群112之部件，其具有反電極活性材料層138、反電極集電器140，及支撐反電極活性材料層138及反電極集電器140之反電極主結構141。

【0217】 在某些實施例中(例如，如在圖7中)，電極群110之部件包括電極活性材料層132、電極集電器136，及支撐電極活性材料層132及電極集電器136之電極主結構134。在另一實施例中，如圖1B中所示，電極群110之部件包括電極活性材料層132，及安置在鄰近電極活性材料層132之間的電極集電器136。類似地，在某些實施例中(例如，在圖7中)，反電極群112之部件包括反電極活性材料層138、反電極集電器140，及支撐反電極活性材料層138及反電極集電器140之反電極主結構141。在另一實施例中，如圖1B中所示，反電極群112之部件包括反電極活性材料層138，及安置在鄰近電極活性材料層138之間的反電極集電器140。

【0218】 雖然電極群110之部件在本文中已說明及描述(在圖7中)為包括直接鄰近於電極主結構134之電極活性材料層132及直接鄰近於且實

際上包圍電極主結構134及電極活性材料層132之電極集電器136，但熟習此項技術者將瞭解，已預期電極群110之其他配置。舉例而言，在一個實施例中(未展示)，電極群110可包括直接鄰近於電極集電器136之電極活性材料層132及直接鄰近於電極主結構134之電極集電器136。換言之，電極主結構134可有效地由電極集電器136包圍，其具有側接且直接鄰近於電極集電器136之電極活性材料層132。在另一實施例中，如圖1B中所示，電極群110之部件包括電極活性材料層132，及安置在鄰近電極活性材料層132之間的電極集電器136。如熟習此項技術者應瞭解，電極群110及/或反電極群112之任何合適的組態可適用於本文中描述之本發明主題，只要電極活性材料層132經由隔板130與反電極活性材料層138分離。又，若電極集電器136位於電極活性材料層132與隔板130之間，則要求其為離子可滲透的；且若反電極集電器140位於反電極活性材料層138與隔板130之間，則要求其為離子可滲透的。

【0219】 為了易於說明，僅描繪電極群110之三個部件及反電極群112之四個部件；然而，實際上，使用本文中本發明主題之能量儲存器件100或蓄電池組102可視如上文所描述之能量儲存器件100或蓄電池組102之應用而定，包括電極110及反電極112群之額外部件。另外，圖7（及圖1B）中說明使電極活性材料層132與反電極活性材料層138電絕緣之微孔隔板130。

【0220】 如上文所描述，在某些實施例中，電極結構群110之各部件在電解質(未展示)內之載體離子(未展示)嵌入電極結構110中之後可能膨脹，且在載體離子自電極結構110離開之後收縮。舉例而言，在一個實施例中，電極結構110可為陽極活性。舉其他實例而言，在一個實施例中，

電極結構110可為陰極活性。

【0221】此外，為分別連接第一及第二次級生長限制158、160，限制158、160可藉由適合的方式，諸如藉由如所示之膠合，或替代地藉由焊接，諸如藉由焊接至集電器136、140而附接至至少一個連接部件166。舉例而言，第一及/或第二次級生長限制158、160分別可藉由黏著、膠合、黏結、焊接及其類似者中之至少一者附接至次級連接部件166，該次級連接部件對應於電極結構110及/或反電極結構112中之至少一者，諸如分別電極及/或反電極主結構134、141，分別電極及/或反電極集電器136、140中之至少一者。根據一個實施例，第一及/或第二次級生長限制158、160分別可藉由將第一及/或第二次級生長限制158、160分別機械地按壓至一或多個次級連接部件166之末端，諸如電極100及/或反電極結構112群之末端，同時使用黏膠或其他黏著材料將電極110及/或反電極結構112之一或多個末端分別黏著至第一及/或第二次級生長限制158、160中之至少一者，而附接至次級連接部件166。

【0222】圖8A至圖8B根據一個實施例描繪力示意圖，其展示藉由電極限制組108在電極總成106上施加之力，以及在含有電極總成106之蓄電池組102的重複循環之後藉由電極結構110施加之力。如圖8A至圖8B中所示，歸因於離子(例如，Li)嵌入及/或摻合至電極結構110之電極活性材料層132中，經由蓄電池組102之充電及放電的重複循環可導致電極結構110中，諸如電極結構110之電極活性材料層132中之生長。因此，歸因於電極結構110之體積生長，電極結構110可在豎直方向上施加相反力198a，以及在縱向方向上施加相反力198b。雖然未具體展示，電極結構110亦可歸因於體積變化在橫向方向上施加相反力。在一個實施例中，為

了抵消此等力，且為了限制電極總成106之整體生長，電極限制組108包括在電極總成106之縱向末端117、119處分別具有第一及第二一級生長限制154、156的一級生長限制系統151，一級生長限制在縱向方向上施加力200a以抗衡電極結構110施加之縱向力198b。類似地，在一個實施例中，電極限制組108包括在沿電極總成106之豎直方向的相對表面處分別具有第一及第二次級生長限制158、160之次級生長限制系統152，次級生長限制在豎直方向上施加力200b以抗衡電極結構110施加之豎直力198a。此外，三級生長限制系統155 (未展示)亦可經提供，替代地或另外，提供至分別第一及第二生長限制系統151、152中之一或多者以在橫向方向上施加抗衡力，從而抵消藉由電極總成106中之電極結構110之體積變化施加的橫向力。因此，電極限制組108可能夠至少部分地抵消在充電及放電之間循環期間由於電極結構110之體積變化藉由電極結構110施加的力，使得電極總成106之整體宏觀生長可受控制及限制。

電極結構群

【0223】 再次參考圖7，電極結構群110之各部件亦可包括鄰近於第一次級生長限制158之頂部1052、鄰近於第二次級生長限制160之底部1054，及包圍平行於Z軸之豎直軸線A_{ES} (未標記)的側表面(未標記)，該側表面連接頂部1052及底部1054。電極結構110進一步包括長度L_{ES}、寬度W_{ES}及高度H_{ES}。長度L_{ES}藉由側表面限定且沿X軸量測。寬度W_{ES}藉由側表面限定且沿Y軸量測，且高度H_{ES}沿豎直軸線A_{ES}或Z軸自頂部1052至底部1054量測。

【0224】 電極群110之部件之L_{ES}將視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，電極群110之部件將通常具

有在約5 mm至約500 mm範圍內的 L_{ES} 。舉例而言，在一個此類實施例中，電極群110之部件具有約10 mm至約250 mm的 L_{ES} 。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極群110之部件具有約20 mm至約100 mm之 L_{ES} 。

【0225】電極群110之部件之 W_{ES} 將亦視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，電極群110之各部件將通常具有在約0.01 mm至2.5 mm範圍內之 W_{ES} 。舉例而言，在一個實施例中，電極群110之各部件的 W_{ES} 將在約0.025 mm至約2 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極群110之各部件的 W_{ES} 將在約0.05 mm至約1 mm範圍內。

【0226】電極群110之部件之 H_{ES} 將亦視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，電極群110之部件將通常具有在約0.05 mm至約10 mm範圍內之 H_{ES} 。舉例而言，在一個實施例中，電極群110之各部件的 H_{ES} 將在約0.05 mm至約5 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極群110之各部件的 H_{ES} 將在約0.1 mm至約1 mm範圍內。

【0227】在另一實施例中，電極結構群110之每一部件可包括具有與Z軸平行之豎直軸線 A_{ESB} 之電極結構主結構134。電極結構主結構134亦可包括圍繞豎直軸線 A_{ESB} 包圍電極結構主結構134之電極活性材料層132。換言之，電極結構主結構134為陽極活性材料層132提供機械穩定性，且可為一級生長限制系統151及/或次級限制系統152提供附接點。在其他實施例中，如圖1B之實施例中所示，電極集電器136可為電極活性材料層132提供機械穩定性，且可為一級生長限制系統151及/或次次限制系統152

提供附接點。亦即，在某些實施例中，電極集電器136可充當電極結構主結構。在某些實施例中，電極活性材料層132在將載體離子嵌入陽極活性材料層132中後膨脹，且在載體離子自電極活性材料層132離開後收縮。舉例而言，在一個實施例中，電極活性材料層132可為陽極活性。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極活性材料層132可為陰極活性。電極結構主結構134亦可包括鄰近於第一次級生長限制158之頂部1056、鄰近第二次級生長限制160之底部1058及包圍豎直軸線 A_{ESB} 且連接頂部1056及底部1058之側表面(未標記)。電極結構主結構134進一步包括長度 L_{ESB} 、寬度 W_{ESB} 及高度 H_{ESB} 。長度 L_{ESB} 藉由側表面限定且沿X軸量測。寬度 W_{ESB} 藉由側表面限定且沿Y軸量測，且高度 H_{ESB} 沿Z軸自頂部1056至底部1058量測。

【0228】電極結構主結構134之 L_{ESB} 將視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，電極結構主結構134將通常具有約5 mm至約500 mm範圍內之 L_{ESB} 。舉例而言，在一個此類實施例中，電極結構主結構134將具有約10 mm至約250 mm之 L_{ESB} 。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極結構主結構134將具有約20 mm至約100 mm之 L_{ESB} 。根據一個實施例，電極結構主結構134可為充當至少一個連接部件166之電極結構110之子結構。

【0229】電極結構主結構134之 W_{ESB} 將亦視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，各電極結構主結構134將通常具有至少1微米之 W_{ESB} 。舉例而言，在一個實施例中，各電極結構主結構134之 W_{ESB} 實質上可為較厚的，但一般將不具有超過500微米之厚度。舉其他實例而言，在一個實施例中，各電極結構主結構134之

W_{ESB} 將在約1至約50微米範圍內。

【0230】電極結構主結構134之 H_{ESB} 將亦視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，電極結構主結構134將通常具有至少約50微米，更典型地至少約100微米之 H_{ESB} 。此外，一般而言，電極結構主結構134將通常具有不超過約10,000微米，且更通常不超過約5,000微米之 H_{ESB} 。舉例而言，在一個實施例中，各電極結構主結構134之 H_{ESB} 將在約0.05 mm至約10 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，各電極結構主結構134之 H_{ESB} 將在約0.05 mm至約5 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，各電極結構主結構134之 H_{ESB} 將在約0.1 mm至約1 mm範圍內。

【0231】視應用而定，電極結構主結構134可為導電或絕緣的。舉例而言，在一個實施例中，電極結構主結構134可為導電的且可包括用於電極活性材料132之電極集電器136。在一個此類實施例中，電極結構主結構134包括具有至少約 10^3 西門子/cm之導電率的電極集電器136。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極結構主結構134包括具有至少約 10^4 西門子/cm之導電率的電極集電器136。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極結構主結構134包括具有至少約 10^5 西門子/cm之導電率的電極集電器136。在其他實施例中，電極結構主結構134為相對非導電的。舉例而言，在一個實施例中，電極結構主結構134具有小於10西門子/cm之電導率。舉例而言，在一個實施例中，電極結構主結構134具有小於1西門子/cm之電導率。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極結構主結構134具有小於 10^{-1} 西門子/cm之電導率。

【0232】在某些實施例中，電極結構主結構134可包括可成形之任

何材料，諸如金屬、半導體、有機物、陶瓷及玻璃。舉例而言，在某些實施例中，材料包括半導體材料，諸如矽及鍺。然而，替代地，基於碳之有機材料或金屬，諸如鋁、銅、鎳、鈷、鈦及鎢亦可併入至電極結構主結構134中。在一個例示性實施例中，電極結構主結構134包含矽。舉例而言，矽可為單晶矽、多晶矽、非晶矽或其組合。

【0233】 在某些實施例中，電極活性材料層132可具有至少一微米之厚度。然而，通常，電極活性材料層132厚度將並不超過500微米，諸如不超過200微米。舉例而言，在一個實施例中，電極活性材料層132可具有約1至50微米之厚度。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極活性材料層132可具有約2至約75微米之厚度。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極活性材料層132可具有約10至約100微米之厚度。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極活性材料層132可具有約5至約50微米之厚度。

【0234】 在某些實施例中，電極集電器136包括離子可滲透導體材料，其具有足夠的載體離子之離子滲透率以促進載體離子自隔板130移動至電極活性材料層132，且具有足夠的電導率以使得其能夠充當集電器。在電極集電器136位於電極活性材料層132與隔板130之間的實施例中，電極集電器136可藉由在電極活性材料層132之表面上分佈來自電極集電器136之電流來促進更均勻之載體離子傳送。此轉而可促進載體離子更均勻的嵌入及離開且從而在循環期間減少電極活性材料層132中之應力；由於電極集電器136將電流分佈至面向隔板130之電極活性材料層132之表面，在載體離子濃度最大之情況下，電極活性材料層132對載體離子之反應性將最大。

【0235】電極集電器136可包括為離子及電傳導性之離子可滲透導體材料。換言之，電極集電器136可具有有助於載體離子在離子可滲透導體層之一個側面上之緊鄰電極活性材料層132與電化學堆疊或電極總成106中之電極集電器136之另一側上之緊鄰隔板層130之間移動的厚度、電導率及載體離子之離子傳導率。在又一實施例中，電極集電器136可包含為導電性之導體材料，而不考慮任何離子傳導率(例如，材料可或可不擁有離子傳導率)，諸如在電極集電器136形成電極結構110之內部主結構的情況下，如在圖1B中。在此實施例中，電極集電器可內部地定位在電極結構100內，使得其並不抑制載體離子至負電極活性材料之移動，且因此傳導離子之能力可能並非必要的。在相對基礎上，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136具有大於其離子傳導率之電子傳導率。舉例而言，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之電子傳導率與離子傳導率(對於載體離子)之比率將通常分別為至少1,000:1。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之電子傳導率與離子傳導率(對於載體離子)之比率分別為至少5,000:1。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之電子傳導率與離子傳導率(對於載體離子)之比率分別為至少10,000:1。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之電子傳導率與離子傳導率(對於載體離子)之比率分別為至少

50,000:1。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之電子傳導率與離子傳導率(對於載體離子)之比率分別為至少100,000:1。

【0236】 在一個實施例中，且當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，諸如當蓄電池組102充電或放電時，電極集電器136之離子傳導率與相鄰隔板層130之離子傳導率相當。舉例而言，在一個實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136具有為隔板層130之離子傳導率之至少50%的離子傳導率(對於載體離子) (亦即，分別0.5:1之比率)。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之離子傳導率(對於載體離子)與隔板層130之離子傳導率(對於載體離子)之比率為至少1:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之離子傳導率(對於載體離子)與隔板層130之離子傳導率(對於載體離子)之比率為至少1.25:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之離子傳導率(對於載體離子)與隔板層130之離子傳導率(對於載體離子)之比率為至少1.5:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之離子傳導率(對於載體離子)與隔板層130之離子傳導率(對於載體離子)之比率為至少2:1。

【0237】 在一個實施例中，電極集電器136之電子傳導率亦實質上大於電極活性材料層132之電子傳導率。舉例而言，在一個實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之電子傳導率與電極活性材料層132之電子傳導率之比率為至少100:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之電子傳導率與電極活性材料層132之電子傳導率之比率為至少500:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之電子傳導率與電極活性材料層132之電子傳導率之比率為至少1000:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之電子傳導率與電極活性材料層132之電子傳導率之比率為至少5000:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，電極集電器136之電子傳導率與電極活性材料層132之電子傳導率之比率為至少10,000:1。

【0238】 縱向方向上電極集電器層136之厚度(亦即，在一個實施例中，隔板130與陽極活性材料層(例如，電極活性材料層132)之間的最短距離，電極集電器層136包夾在該隔板與該陽極活性材料層之間，或如在鄰近電極活性材料層之間量測之厚度，電極集電器包夾在該等鄰近電極活性材料層之間，如在圖1B之實施例中)在某些實施例中將視層136之組合物及電化學堆疊之性能規範而定。一般而言，當電極集電器層136為離子可滲透導體層時，其將具有至少約300埃之厚度。舉例而言，在一些實施例

中，其可具有約300至800埃範圍內之厚度。然而，更典型地，其將具有大於約0.1微米之厚度。一般而言，離子可滲透導體層將具有不超過約100微米之厚度。因此，舉例而言，在一個實施例中，電極集電器層136將具有約0.1至約10微米範圍內之厚度。舉其他實例而言，在一些實施例中，電極集電器層136將具有約0.1至約5微米範圍內之厚度。舉其他實例而言，在一些實施例中，電極集電器層136將具有約0.5至約3微米範圍內之厚度。在其他實施例中，包括電極集電器層136為電極結構110之內部結構，諸如包夾在鄰近電極活性材料層之間的內部層的情況(例如，如在圖1B中所展示之實施例中)，厚度可通常為如關於離子可滲透導體層所描述，且更一般而言可在小於20微米之範圍內，諸如在2微米至20微米，6微米至18微米，及/或8微米至14微米範圍內。亦即，電極集電器之厚度可小於20微米，諸如小於18微米，且甚至小於14微米，且可通常為至少2微米，諸如至少6微米，且甚至至少8微米。一般而言，電極集電器層136之厚度大致均勻可為較佳的。舉例而言，在一個實施例中，較佳為電極集電器層136具有小於約25%之厚度不均勻性。在某些實施例中，厚度變量甚至更小。舉例而言，在一些實施例中，電極集電器層136具有小於約20%之厚度不均勻性。舉其他實例而言，在一些實施例中，電極集電器層136具有小於約15%之厚度不均勻性。在一些實施例中，離子可滲透導體層具有小於約10%之厚度不均勻性。

【0239】 在一個實施例中，電極集電器136為離子可滲透導體層，其包括促成離子滲透性及電導性之導電組件及離子傳導組件。典型地，導電組件將包括呈包含連續導電材料(例如連續金屬或金屬合金)之篩網或圖案化表面、膜或複合材料形式之連續導電材料(例如連續金屬或金屬合

金)。另外，離子傳導組件將通常包含細孔，例如篩網之間隙、含有圖案化金屬或金屬合金之材料層之間的空間、金屬膜或具有足夠的載體離子擴散率之固體離子導體中之細孔。在某些實施例中，離子可滲透導體層包括沈積之多孔材料、離子傳送材料、離子反應性材料、複合材料或物理上多孔材料。若為多孔的，則例如離子可滲透導體層可具有至少約0.25之空隙分率。然而，一般而言，空隙分率將通常不超過約0.95。更典型地，當離子可滲透導體層為多孔的時，空隙分率可在約0.25至約0.85範圍內。舉例而言，在一些實施例中，當離子可滲透導體層為多孔的時，空隙分率可在約0.35至約0.65範圍內。

【0240】在圖7中所說明之實施例中，電極集電器層136為電極活性材料層132之唯一陽極集電器。換言之，電極結構主結構134可包括陽極集電器。然而，在某些其他實施例中，電極結構主結構134可視情況不包括陽極集電器。在又其他實施例中，如例如圖1B中所展示，電極集電器層136為電極結構110之內部結構，且可充當電極結構110之核心或主結構，其中電極活性材料層132安置在內部電極集電器層136之相對側上。

反電極結構群

【0241】再次參考圖7，反電極結構群112之各部件亦可包括鄰近於第一次級生長限制158之頂部1068、鄰近於第二次級生長限制160之底部1070及包圍與Z軸平行之豎直軸線 A_{CES} (未標記)之側表面(未標記)，該側表面連接頂部1068及底部1070。反電極結構112進一步包括長度 L_{CES} 、寬度 W_{CES} 及高度 H_{CES} 。長度 L_{CES} 藉由側表面限定且沿X軸量測。寬度 W_{CES} 藉由側表面限定且沿Y軸量測，且高度 H_{CES} 沿豎直軸線 A_{CES} 或Z軸自頂部1068至底部1070量測。

【0242】 反電極群112之部件之 L_{CES} 將視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，反電極群112之部件將通常具有在約5 mm至約500 mm範圍內的 L_{CES} 。舉例而言，在一個此類實施例中，反電極群112之部件具有約10 mm至約250 mm之 L_{CES} 。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，反電極群112之部件具有約25 mm至約100 mm之 L_{CES} 。

【0243】 反電極群112之部件之 W_{CES} 將亦視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，反電極群112之各部件將通常具有在約0.01 mm至2.5 mm範圍內之 W_{CES} 。舉例而言，在一個實施例中，反電極群112之各部件之 W_{CES} 將在約0.025 mm至約2 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，反電極群112之各部件之 W_{CES} 將在約0.05 mm至約1 mm範圍內。

【0244】 反電極群112之部件之 H_{CES} 將亦視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，反電極群112之部件將通常具有在約0.05 mm至約10 mm範圍內之 H_{CES} 。舉例而言，在一個實施例中，反電極群112之各部件之 H_{CES} 將在約0.05 mm至約5 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極群112之各部件之 H_{CES} 將在約0.1 mm至約1 mm範圍內。

【0245】 在另一實施例中，反電極結構群112之各部件可包括具有與Z軸平行之豎直軸線 A_{CESB} 的反電極結構主結構141。反電極結構主結構141亦可包括圍繞豎直軸線 A_{CESB} 包圍反電極結構主結構141之反電極活性材料層138。換言之，反電極結構主結構141為反電極活性材料層138提供機械穩定性，且可為一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統152提

供附接點。在又一實施例中，如圖1B中所示，反電極集電器140可為反電極活性材料層138提供機械穩定性，且可為一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統152提供附接點。亦即，在某些實施例中，反電極集電器140可充當反電極結構主結構。在某些實施例中，反電極活性材料層138在載體離子嵌入反電極活性材料層138之後膨脹，且在載體離子自反電極活性材料層138離開之後收縮。舉例而言，在一個實施例中，反電極活性材料層138可為陽極活性。舉其他實例而言，在一個實施例中，反電極活性材料層138可為陰極活性。反電極結構主結構141亦可包括鄰近於第一次級生長限制158之頂部1072、鄰近於第二次級生長限制160之底部1074及包圍豎直軸線 A_{CESB} 且連接頂部1072及底部1074之側表面(未標記)。反電極結構主結構141進一步包括長度 L_{CESB} 、寬度 W_{CESB} 及高度 H_{CESB} 。長度 L_{CESB} 藉由側表面限定且沿X軸量測。寬度 W_{CESB} 藉由側表面限定且沿Y軸量測，且高度 H_{CESB} 沿Z軸自頂部1072至底部1074量測。

【0246】反電極結構主結構141之 L_{CESB} 將視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。一般而言，然而，反電極結構主結構141將通常具有約5 mm至約500 mm範圍內之 L_{CESB} 。舉例而言，在一個此類實施例中，反電極結構主結構141將具有約10 mm至約250 mm之 L_{CESB} 。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，反電極結構主結構141將具有約20 mm至約100 mm之 L_{CESB} 。

【0247】反電極結構主結構141之 W_{CESB} 將亦視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，各反電極結構主結構141將通常具有至少1微米之 W_{CESB} 。舉例而言，在一個實施例中，各反電極結構主結構141之 W_{CESB} 實質上可為較厚的，但一般將不具有超過500

微米之厚度。舉其他實例而言，在一個實施例中，各反電極結構主結構141之 W_{CESB} 將在約1至約50微米範圍內。

【0248】反電極結構主結構141之 H_{CESB} 將視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。然而，一般而言，反電極結構主結構141將通常具有至少約50微米，更通常至少約100微米之 H_{CESB} 。此外，一般而言，反電極結構主結構141將通常具有不超過約10,000微米，且更通常不超過約5,000微米之 H_{CESB} 。舉例而言，在一個實施例中，各反電極結構主結構141之 H_{CESB} 將在約0.05 mm至約10 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，各反電極結構主結構141之 H_{CESB} 將在約0.05 mm至約5 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，各反電極結構主結構141之 H_{CESB} 將在約0.1 mm至約1 mm範圍內。

【0249】視應用而定，反電極結構主結構141可為導電或絕緣的。舉例而言，在一個實施例中，反電極結構主結構141可為導電的且可包括用於反電極活性材料138之反電極集電器140。在一個此類實施例中，反電極結構主結構141包括具有至少約 10^3 西門子/cm之導電率的反電極集電器140。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，反電極結構主結構141包括具有至少約 10^4 西門子/cm之導電率的反電極集電器140。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，反電極結構主結構141包括具有至少約 10^5 西門子/cm之導電率的反電極集電器140。在其他實施例中，反電極結構主結構141為相對非導電的。舉例而言，在一個實施例中，反電極結構主結構141具有小於10西門子/cm之電導率。舉其他實例而言，在一個實施例中，反電極結構主結構141具有小於1西門子/cm之電導率。舉其他實例而言，在一個實施例中，反電極結構主結構141具有小於 10^{-1} 西門子/cm之電

導率。

【0250】 在某些實施例中，反電極結構主結構141可包括可成形之任何材料，諸如金屬、半導體、有機物、陶瓷及玻璃。舉例而言，在某些實施例中，材料包括半導體材料，諸如矽及鍺。然而，替代地，基於碳之有機材料或金屬，諸如鋁、銅、鎳、鈷、鈦及鎢亦可併入至反電極結構主結構141中。在一個例示性實施例中，反電極結構主結構141包含矽。舉例而言，矽可為單晶矽、多晶矽、非晶矽或其組合。

【0251】 在某些實施例中，反電極活性材料層138可具有至少一微米之厚度。然而，通常，反電極活性材料層138厚度將不超過200微米。舉例而言，在一個實施例中，反電極活性材料層138可具有約1至50微米之厚度。舉其他實例而言，在一個實施例中，反電極活性材料層138可具有約2至約75微米之厚度。舉其他實例而言，在一個實施例中，反電極活性材料層138可具有約10至約100微米之厚度。舉其他實例而言，在一個實施例中，反電極活性材料層138可具有約5至約50微米之厚度。

【0252】 在某些實施例中，反電極集電器140包括離子可滲透導體材料，其具有足夠的載體離子之離子滲透率以促進載體離子自隔板130移動至反電極活性材料層138，且具有足夠的電導率以使得其能夠充當集電器。無論是否位於反電極活性材料層138與隔板130之間，反電極集電器140可藉由在反電極活性材料層138之表面上分佈來自反電極集電器140之電流來促進更均勻之載體離子傳送。此轉而可促進載體離子更均勻的嵌入及離開且從而在循環期間減少反電極活性材料層138中之應力；由於反電極集電器140將電流分佈至面向隔板130之反電極活性材料層138之表面，在載體離子濃度最大之情況下，反電極活性材料層138對載體離子之反應

性將最大。

【0253】反電極集電器140可包括為離子及電傳導性之離子可滲透導體材料。換言之，反電極集電器140可具有有助於載體離子在離子可滲透導體層之一個側面上之緊鄰反電極活性材料層138與電化學堆疊或電極總成106中之反電極集電器140之另一側上之緊鄰隔板層130之間移動的厚度、電導率及載體離子之離子導電率。在又一實施例中，反電極集電器140可包含為導電性之導體材料，而不考慮任何離子傳導率(例如，材料可或可不擁有離子傳導率)，諸如在反電極集電器140形成反電極結構111之內部主結構的情況下，如在圖1B中。在此實施例中，電極集電器可內部地定位在電極結構100內，使得其並不抑制載體離子至負電極活性材料之移動，且因此傳導離子之能力可能並非必要的。在相對基礎上，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140具有大於其離子傳導率之電子傳導率。舉例而言，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之電子傳導率與離子傳導率(對於載體離子)之比率將通常分別為至少1,000:1。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之電子傳導率與離子傳導率(對於載體離子)之比率為至少5,000:1。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之電子傳導率與離子傳導率(對於載體離子)之比率為至少10,000:1。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，

反電極集電器140之電子傳導率與離子傳導率(對於載體離子)之比率分別為至少50,000:1。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之電子傳導率與離子傳導率(對於載體離子)之比率為至少100,000:1。

【0254】 在一個實施例中，且當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，諸如當能量儲存器件100或蓄電池組102充電或放電時，反電極集電器140之離子傳導率與相鄰隔板層130之離子傳導率相當。舉例而言，在一個實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140具有為隔板層130之離子傳導率之至少50%的離子傳導率(對於載體離子)(亦即，分別0.5:1之比率)。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之離子傳導率(對於載體離子)與隔板層130之離子傳導率(對於載體離子)之比率為至少1:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之離子傳導率(對於載體離子)與隔板層130之離子傳導率(對於載體離子)之比率為至少1.25:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之離子傳導率(對於載體離子)與隔板層130之離子傳導率(對於載體離子)之比率為至少1.5:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，當存在所施加之電流以儲存裝置100中之能量或所施加之負荷以使裝置100放電時，反電極集電器140

之離子傳導率(對於載體離子)與隔板層130之離子傳導率(對於(陽極集電器層)載體離子)之比率為至少2:1。

【0255】 在一個實施例中，反電極集電器140之電子傳導率亦實質上大於反電極活性材料層138之電子傳導率。舉例而言，在一個實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之電子傳導率與反電極活性材料層138之電子傳導率之比率為至少100:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之電子傳導率與反電極活性材料層138之電子傳導率之比率為至少500:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之電子傳導率與反電極活性材料層138之電子傳導率之比率為至少1000:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之電子傳導率與反電極活性材料層138之電子傳導率之比率為至少5000:1。舉其他實例而言，在一些實施例中，當存在所施加之電流以儲存器件100中之能量或所施加之負荷以使器件100放電時，反電極集電器140之電子傳導率與反電極活性材料層138之電子傳導率之比率為至少10,000:1。

【0256】 反電極集電器層140之厚度(亦即，在一個實施例中，隔板130與陰極活性材料層(例如，反電極活性材料層138)之間的最短距離，反電極集電器層140包夾在該隔板與該陰極活性材料層之間)在某些實施例中將視層140之組合物及電化學堆疊之性能規範而定。一般而言，當反電極

集電器層140為離子可滲透導體層時，其將具有至少約300埃之厚度。舉例而言，在一些實施例中，其可具有約300至800埃範圍內之厚度。然而，更典型地，其將具有大於約0.1微米之厚度。一般而言，離子可滲透導體層將具有不超過約100微米之厚度。因此，舉例而言，在一個實施例中，反電極集電器層140將具有約0.1至約10微米範圍內之厚度。舉其他實施例而言，在一些實施例中，反電極集電器層140將具有約0.1至約5微米範圍內之厚度。舉其他實施例而言，在一些實施例中，反電極集電器層140將具有約0.5至約3微米範圍內之厚度。在其他實施例中，包括反電極集電器層140為反電極結構112之內部結構，諸如包夾在鄰近反電極活性材料層之間的內部層的情況(例如，如在圖1B中所展示之實施例中)，厚度可通常為如關於離子可滲透導體層所描述，且更一般而言可在小於20微米之範圍內，諸如在2微米至20微米，6微米至18微米，及/或8微米至14微米範圍內。亦即，反電極集電器之厚度可小於20微米，諸如小於18微米，且甚至小於14微米，且可通常為至少2微米，諸如至少6微米，且甚至至少8微米。一般而言，較佳為反電極集電器層140之厚度大致均勻。舉例而言，在一個實施例中，較佳為反電極集電器層140具有小於約25%之厚度不均勻性。在某些實施例中，厚度變量甚至更小。舉例而言，在一些實施例中，反電極集電器層140具有小於約20%之厚度不均勻性。舉其他實施例而言，在一些實施例中，反電極集電器層140具有小於約15%之厚度不均勻性。在一些實施例中，反電極集電器層140具有小於約10%之厚度不均勻性。

【0257】 在一個實施例中，反電極集電器140為離子可滲透導體層，其包括促成離子滲透性及電導性之導電組件及離子傳導組件。典型

地，導電組件將包括呈包含連續導電材料(例如連續金屬或金屬合金)之篩網或圖案化表面、膜或複合材料形式之連續導電材料(例如連續金屬或金屬合金)。另外，離子傳導組件將通常包含細孔，例如篩網之間隙、含有圖案化金屬或金屬合金之材料層之間的空間、金屬膜或具有足夠的載體離子擴散率之固體離子導體中之細孔。在某些實施例中，離子可滲透導體層包括沈積之多孔材料、離子傳送材料、離子反應性材料、複合材料或物理上多孔材料。若為多孔的，則例如離子可滲透導體層可具有至少約0.25之空隙分率。然而，一般而言，空隙分率將通常不超過約0.95。更典型地，當離子可滲透導體層為多孔的時，空隙分率可在約0.25至約0.85範圍內。舉例而言，在一些實施例中，當離子可滲透導體層為多孔的時，空隙分率可在約0.35至約0.65範圍內。

【0258】在圖7中所說明之實施例中，反電極集電器層140為反電極活性材料層138之唯一陰極集電器。換言之，反電極結構主結構141可包括陰極集電器140。然而，在某些其他實施例中，反電極結構主結構141可視情況不包括陰極集電器140。在又其他實施例中，如例如圖1B中所展示，電極集電器層136為電極結構110之內部結構，且可充當電極結構110之核心或主結構，其中電極活性材料層132安置在內部電極集電器層136之相對側上。

【0259】在一個實施例中，第一次級生長限制158及第二次級生長限制160各自可包括沿z軸分隔開之分別內表面1060及1062及分別相對外表面1064及1066，由此限定第一次級生長限制158高度 H_{158} 及第二次級生長限制160高度 H_{160} 。根據本發明之態樣，提高分別第一及/或第二次級生長限制158、160之高度可提高限制之硬度，但亦可能需要提高之體積，因

此使含有電極總成106及限制組108之能量儲存器件100或蓄電池組102之能量密度降低。因此，可根據限制材料特性、相對於電極100之預定膨脹之壓力偏移所需之限制強度及其他因素選擇限制158、160之厚度。舉例而言，在一個實施例中，第一及第二次級生長限制高度 H_{158} 及 H_{160} 分別可小於高度 H_{ES} 之50%。舉其他實例而言，在一個實施例中，第一及第二次級生長限制高度 H_{158} 及 H_{160} 分別可小於高度 H_{ES} 之25%。舉其他實例而言，在一個實施例中，第一及第二次級生長限制高度 H_{158} 及 H_{160} 分別可小於高度 H_{ES} 之10%。舉其他實例而言，在一個實施例中，第一及第二次級生長限制高度 H_{158} 及 H_{160} 可小於高度 H_{ES} 之約5%。在一些實施例中，第一次級生長限制高度 H_{158} 及第二次級生長限制高度 H_{160} 可不同，且用於第一及第二次級生長限制158、160中之每一者之材料亦可不同。

【0260】 在某些實施例中，內表面1060及1062可包括能夠使電極結構群110及/或反電極結構群112貼附於其上之表面特徵，且外表面1064及1066可包括能夠堆疊複數個限制電極總成106之表面特徵(亦即，在圖7內推斷，但為清楚起見而未圖示)。舉例而言，在一個實施例中，內表面1060及1062或外表面1064及1066可為平面。舉其他實例而言，在一個實施例中，內表面1060及1062或外表面1064及1066可為非平面。舉其他實例而言，在一個實施例中，內表面1060及1062及外表面1064及1066可為平面。舉其他實例而言，在一個實施例中，內表面1060及1062及外表面1064及1066可為非平面。舉其他實例而言，在一個實施例中，內表面1060及1062及外表面1064及1066可實質上為平面。

【0261】 如本文中其他處所描述，用於將實施為電極結構110及/或反電極112之至少一個次級連接部件166貼附至內表面1060及1062之模式

可視能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途而變化。作為圖7中所示的一個例示性實施例，電極結構群110 (亦即，電極集電器136，如所展示)之頂部1052及底部1054及反電極結構群112 (亦即，反電極集電器140，如所展示)之頂部1068及底部1070可經由膠合層182貼附至第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062。類似地，第一一級生長限制154之頂部1076及底部1078及第二一級生長限制156之頂部1080及底部1082可經由膠合層182貼附至第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062。

【0262】 換言之，在圖7中所示之實施例中，電極結構群110之頂部1052及底部1054包括實際上接觸第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062兩者之高度 H_{ES} ，且可經由齊平實施例中之膠合層182貼附至第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062。另外，反電極結構群112之頂部1068及底部1070包括實際上接觸第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062兩者之高度 H_{CES} ，且可經由齊平實施例中之膠合層182貼附至第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062。

【0263】 另外，在另一例示性實施例中，電極主結構134之頂部1056及底部1058及反電極主結構141之頂部1072及底部1074可經由膠合層182 (未說明)貼附至第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062。類似地，第一一級生長限制154之頂部1076及底部1078及第二一級生長限制156之頂部1080及底部1082可經由膠合層182 (對於此段落中描述之實施例未說明)貼附至第一次級生長限制158之

內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062。換言之，電極主結構134之頂部1056及底部1058包括實際上接觸第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062兩者之高度 H_{ESB} ，且可經由齊平實施例中之膠合層182貼附至第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062。另外，反電極主結構141之頂部1072及底部1074包括實際上接觸第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062兩者之高度 H_{CESB} ，且可經由齊平實施例中之膠合層182貼附至第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062。

【0264】 因此，在一個實施例中，電極群110及/或反電極結構112及/或隔板130的至少一部分可充當一或多個次級連接部件166以在次級生長限制系統152中將分別第一及第二次級生長限制158、160彼此連接，從而提供緊密及空間有效限制系統以在其循環期間限制電極總成106之生長。根據一個實施例，除電極110及/或反電極結構112之隨著充電及放電循環體積膨脹之任何部分之外，電極110及/或反電極結構112及/或隔板130之任何部分可充當一或多個次級連接部件166。亦即，電極110及/或反電極結構112之部分，諸電極活性材料132 (亦即，電極總成106體積變化之原因)通常將不充當電極限制組108之一部分。在一個實施例中，分別作為一級生長限制系統151之一部分提供之第一及第二一級生長限制154、156進一步抑制縱向方向上之生長，且亦可充當次級連接部件166以分別連接次級生長限制系統152之第一及第二次級生長限制158、160，從而提供用於限制電極生長/腫脹之協作協同限制系統(亦即，電極限制組108)。

經由電極結構之連接

【0265】 在下文所描述的替代性實施例中，電極結構110亦可獨立地貼附至分別第一及第二次級生長限制158、160。現參考圖9A至圖9B，為了參考，展示具有豎直軸線(Z軸)、縱向軸線(Y軸)及橫向軸線(X軸)之笛卡爾座標系統；其中X軸在離開頁面之平面時定向；隔板130及如上文所描述之與Y軸同向平行之堆疊方向D之指定。更特定言之，圖9A至圖9B各自展示沿如圖1A中之線A-A'之橫截面，其中各第一一級生長限制154及各第二一級生長限制156可經由膠合層182附接至第一次級生長限制158及第二次級生長限制160，如上文所描述。在某些實施例中，如圖9A至圖9B中之每一者中所示，非貼附反電極結構112可包括在其頂部1068與第一次級生長限制158及其底部1070與第二次級生長限制160之間的反電極間隙1086，如上文更詳細地描述。換言之，在某些實施例中，各反電極結構112之頂部1068及底部1070可分別具有在第一及第二次級生長限制158、160之間隙1086。此外，在某些實施例中，圖9A至圖9B中亦展示，反電極結構112之頂部1068可接觸但不貼附至第一次級生長限制158，反電極結構112之底部1070可接觸但不貼附至第二次級生長限制160，或反電極結構112之頂部1068可接觸但不貼附至第一次級生長限制158，且反電極結構112之底部1070可接觸但不貼附至第二次級生長限制160（未說明）。

【0266】 更特定言之，在一個實施例中，如圖9A中所示，複數個電極主結構134可經由膠合層182貼附至第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062。在某些實施例中，分別貼附至第一及第二次級生長限制158、160之複數個電極主結構134可包括相對於貼附電極主結構134關於膠合軸線A_G之對稱圖案。在某些實施例中，分別貼

附至第一及第二次級生長限制158、160之複數個電極主結構134可包括相對於貼附電極主結構134關於膠合軸線A_G之非對稱或隨機圖案。在某些實施例中，電極主結構134可包含電極集電器136，及/或可提供電極集電器136而非電極主結構，如例如圖1B中所示之實施例中所展示。

【0267】 在一個例示性實施例中，第一對稱附接圖案單元可包括如上所述貼附至第一次級生長限制158及第二次級生長限制160之兩個電極主結構134，其中兩個貼附電極主結構134側接一個反電極結構112。因此，取決於能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途，第一對稱附接圖案單元可視需要沿堆疊方向D重複。在另一例示性實施例中，第二對稱附接圖案單元可包括如上所述貼附至第一次級生長限制158及第二次級生長限制160之兩個電極主結構134，兩個貼附電極主結構134側接兩個或多於兩個反電極結構112及一或多個非貼附電極主結構134。因此，取決於能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途，第二對稱附接圖案單元可視需要沿堆疊方向D重複。如熟習此項技術者應理解，已預期其他例示性對稱附接圖案單元。

【0268】 在一個例示性實施例中，第一非對稱或隨機附接圖案可包括如上所述貼附至第一次級生長限制158及第二次級生長限制160之兩個或多於兩個電極主結構134，其中兩個或多於兩個貼附電極主結構134可個別地指定為貼附電極主結構134A、貼附電極主結構134B、貼附電極主結構134C及貼附電極主結構134D。貼附電極主結構134A及貼附電極主結構134B可側接(1+x)個反電極結構112，貼附電極主結構134B及貼附電極主結構134C可側接(1+y)個反電極結構112，且貼附電極主結構134C及貼附電極主結構134D可側接(1+z)個反電極結構112，其中任意兩個電極主

結構134A至134D之間的反電極結構112之總量(亦即， x 、 y 或 z)不相等(亦即， $x \neq y \neq z$)且可進一步由非貼附電極主結構134分隔開。換言之，任何數目個電極主結構134可如上所述貼附至第一次級生長限制158及第二次級生長限制160，由此任意兩個貼附電極主結構134之間可包括由非貼附電極主結構134分隔開之任意不相等數目個反電極結構112。如熟習此項技術者應理解，已預期其他例示性非對稱或隨機附接圖案。

【0269】更特定言之，在一個實施例中，如圖9B中所示，複數個電極集電器136可經由膠合層182貼附至第一次級生長限制158之內表面1060及第二次級生長限制160之內表面1062。在某些實施例中，分別貼附至第一及第二次級生長限制158、160之複數個電極集電器136可包括相對於貼附電極集電器136關於膠合軸線 A_G 之對稱圖案。在某些實施例中，分別貼附至第一及第二次級生長限制158及160之複數個電極集電器136可包括相對於貼附電極集電器136關於膠合軸線 A_G 之非對稱或隨機圖案。

【0270】在一個例示性實施例中，第一對稱附接圖案單元可包括如上所述貼附至第一次級生長限制158及第二次級生長限制160之兩個電極集電器136，其中兩個貼附電極集電器136側接一個反電極結構112。因此，取決於能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途，第一對稱附接圖案單元可視需要沿堆疊方向D重複。在另一例示性實施例中，第二對稱附接圖案單元可包括如上所述貼附至第一次級生長限制158及第二次級生長限制160之兩個電極集電器136，兩個貼附電極集電器136側接兩個或多於兩個反電極結構112及一或多個非貼附電極集電器136。因此，取決於能量儲存器件100或蓄電池組102及其預期用途，第二對稱附接圖案單元可視需要沿堆疊方向D重複。如熟習此項技術者應理解，已預期其他例

示性對稱附接圖案單元。

【0271】 在一個例示性實施例中，第一非對稱或隨機附接圖案可包括如上所述貼附至第一次級生長限制158及第二次級生長限制160之兩個或多於兩個電極集電器136，其中兩個或多於兩個貼附電極集電器136、可個別地指定為貼附電極集電器136A、貼附電極集電器136B、貼附電極集電器136C及貼附電極集電器136D。貼附電極集電器136A及貼附電極集電器136B可側接 $(1+x)$ 個反電極結構112，貼附電極集電器136B及貼附電極集電器136C可側接 $(1+y)$ 個反電極結構112，且貼附電極集電器136C及貼附電極集電器136D可側接 $(1+z)$ 個反電極結構112，其中任意兩個貼附電極集電器136A至136D之間的反電極結構112之總量(亦即， x 、 y 或 z)不相等(亦即， $x \neq y \neq z$)且可進一步由非貼附電極集電器136分隔開。換言之，任何數目個電極集電器136可如上所述貼附至第一次級生長限制158及第二次級生長限制160，由此任意兩個貼附電極集電器136之間可包括由非貼附電極集電器136分隔開之任意不相等數目個反電極結構112。如熟習此項技術者應理解，已預期其他例示性非對稱或隨機附接圖案。

蓄電池組

【0272】 現參考圖10，說明具有本發明之複數組電極限制108a之蓄電池組102之一個實施例的分解視圖。蓄電池組102包括電池組殼體104及電池組殼體104內之一組電極總成106a，電極總成106中之每一者具有第一縱向末端表面116、相對第二縱向末端表面118 (亦即，沿Y軸(所示笛卡爾座標系統)與第一縱向末端表面116分隔開)，如上文所描述。各電極總成106包括在堆疊方向D上關於彼此堆疊在電極總成106中之每一者內之電極結構群110及反電極結構群112；換言之，電極群110及反電極112結構

以電極110及反電極112之交替系列配置，其中該系列在堆疊方向D上分別在第一及第二縱向末端表面116、118之間進行(參見例如圖2A；如圖2A及圖10中所說明，堆疊方向D平行於所示笛卡爾座標系統之Y軸)，如上文所描述。另外，個別電極總成106內之堆疊方向D垂直於組106a內之電極總成集106之堆疊方向(亦即，電極總成堆疊方向)；換言之，電極總成106相對於彼此安置於與個別電極總成106內之堆疊方向D垂直之組106a內之方向上(例如電極總成堆疊方向在對應於所示笛卡爾座標系統之Z軸的方向上，而個別電極總成106內之堆疊方向D在對應於所示笛卡爾座標系統之Y軸之方向上)。

【0273】雖然圖10中所示之實施例中描繪之電極總成組106a含有具有相同通用尺寸之個別電極總成106，但個別電極總成106中之一或多者亦可及/或替代地具有與組106a中之其他電極總成106不同的其至少一個尺寸大小。舉例而言，根據一個實施例，堆疊在一起以形成蓄電池組102中提供之組106a之電極總成106可具有每一總成106在縱向方向(亦即，堆疊方向D)上之不同最大寬度 W_{EA} 。根據另一實施例，構成蓄電池組102中提供之堆疊組106a之電極總成106可具有沿與縱向軸線正交之橫向軸線的不同最大長度 L_{EA} 。舉其他實例而言，在一個實施例中，堆疊在一起以形成蓄電池組102中之電極總成組106a之各電極總成106具有沿縱向軸線之最大寬度 W_{EA} 及沿橫向軸線之最大長度 L_{EA} ，其經選擇以提供沿電極總成106堆疊在一起以形成電極總成組106a之方向減小之 $L_{EA} \times W_{EA}$ 面積。舉例而言，各電極總成106之最大寬度 W_{EA} 及最大長度 L_{EA} 可經選擇以小於堆疊總成106之第一方向上之鄰近電極總成106，且大於與其相反之第二方向上的鄰近電極總成106，以使得電極總成106堆疊在一起以形成具有呈錐體

形狀之電極總成組106a之蓄電池組102。替代地，可選擇各電極總成106之最大長度 L_{EA} 及最大寬度 W_{EA} 以提供堆疊電極總成組106a之不同形狀及/或組態。電極總成106中之一或多者之最大豎直高度 H_{EA} 亦可及/或替代地選擇為與組106a中之其他總成106不同及/或以提供具有預定形狀及/或組態之堆疊組106a。

【0274】 突片190、192自電池組殼體104突出且提供組106a之電極總成106與能量供應器或消費品(未展示)之間的電連接。更特定言之，在此實施例中，突片190電連接至突片延伸部191（例如使用導電膠合劑），且突片延伸部191電連接至電極總成106中之每一者所包含之電極110。類似地，突片192電連接至突片延伸部193（例如使用導電膠合劑），且突片延伸部193電連接至電極總成106中之每一者所包含之反電極112。

【0275】 圖10中所說明的實施例中之各電極總成106具有用以限制縱向方向(亦即，堆疊方向D)上之生長的相關聯一級生長限制系統151。替代地，在一個實施例中，構成組106a之複數個電極總成106可共用一級生長限制系統151之至少一部分。在如所示之實施例中，各一級生長限制系統151包括：分別第一及第二一級生長限制154、156，其可上覆於如上文所描述之分別第一及第二縱向末端表面116、118上；及分別第一及第二相對一級連接部件162、164，其可上覆於如上文所描述之側向表面142上。第一及第二相對一級連接部件162、164分別可拉動分別第一及第二一級生長限制154、156朝向彼此，或換言之，幫助限制電極總成106在縱向方向上之生長，且一級生長限制154、156可將壓縮或限制力施加至分別相對的第一及第二縱向末端表面116、118。因此，在充電與放電狀態之間的電池組102之形成及/或循環期間，抑制電極總成106在縱向方向上

之膨脹。另外，一級生長限制系統151在縱向方向(亦即，堆疊方向D)上在電極總成106上施加超過在彼此相互垂直且垂直於縱向方向之兩個方向中之任一者上在電極總成106上維持之壓力的壓力(例如，如所說明，縱向方向對應於Y軸之方向，且彼此相互垂直且垂直於縱向方向之兩個方向分別對應於所說明之笛卡爾座標系統之X軸及Z軸的方向)。

【0276】 此外，圖10中所說明的實施例中之各電極總成106具有用以限制豎直方向上之生長(亦即，電極總成106、電極110及/或反電極112在豎直方向(亦即，沿笛卡爾座標系統之Z軸)上之膨脹)的相關聯次級生長限制系統152。替代地，在一個實施例中，構成組106a之複數個電極總成106共用次級生長限制系統152之至少一部分。各次級生長限制系統152包括可分別上覆於對應側表面142上之分別第一及第二次級生長限制158、160及至少一個次級連接部件166，各自如上文更詳細描述。次級連接部件166可分別拉動第一及第二次級生長限制158、160朝向彼此，或換言之，幫助限制電極總成106在豎直方向上之生長，且第一及第二次級生長限制158、160可分別將壓縮或限制力施加至側表面142，各自如上文更詳細描述。因此，在充電與放電狀態之間的電池組102之形成及/或循環期間，抑制電極總成106在豎直方向上之膨脹。另外，次級生長限制系統152在豎直方向(亦即，與笛卡爾座標系統之Z軸平行)上在電極總成106上施加超過在彼此相互垂直且垂直於垂直方向之兩個方向中之任一者上在電極總成106上維持之壓力的壓力(例如，如所說明，豎直方向對應於Z軸之方向，且彼此相互垂直且垂直於豎直方向之兩個方向分別對應於所說明之笛卡爾座標系統之X軸及Y軸的方向)。

【0277】 另外，圖10中所說明的實施例中之各電極總成106具有用

以限制縱向方向及豎直方向上之生長的相關聯一級生長限制系統151及相關聯次級生長限制系統152，如上文更詳細地描述。此外，根據某些實施例，分別電極及/或反電極突片190、192及突片延伸部191、193可充當三級生長限制系統155之一部分。舉例而言，在某些實施例中，突片延伸部191、193可沿相對橫斷面區144、146延伸以充當三級限制系統155，諸如第一及第二三級生長限制157、159之一部分。突片延伸部191、193可在電極總成106之縱向末端117、119處連接至一級生長限制154、156以使得一級生長限制154、156充當使突片延伸部191、193彼此拉伸以沿橫向方向壓縮電極總成106之至少一個三級連接部件165，且分別充當第一及第二三級生長限制157、159。相反地，根據一個實施例，突片190、192及/或突片延伸部191、193亦可充當用於分別第一及第二一級生長限制154、156之分別第一及第二一級連接部件162、164。在又一實施例中，突片190、192及/或突片延伸部191、193可充當次級生長限制系統152之一部分，諸如藉由形成連接次級生長限制158、160之至少一個次級連接部件166之一部分。因此，突片190、192及/或突片延伸部191、193可藉由充當分別一級及次級限制系統151、152中之一或多者的一部分及/或藉由形成三級生長限制系統155之一部分以在與分別一級及次級生長限制系統151、152中之一或多者所限制之方向正交的方向上限制電極總成106，從而幫助限制電極總成106之總體宏觀生長。

【0278】 為完成蓄電池組102之組裝，用非水性電解質(未示出)填充電池組殼體104且將蓋子104a摺疊(沿摺疊線FL)且密封於上表面104b。當完全組裝時，密封蓄電池組102佔據藉由其外表面限定之體積，蓄電池組殼體104佔據對應於電池組(包括蓋子104a)之位移體積(亦即，位移體積)

減去其內部容積(亦即，內部表面104c、104d、104e、104f、104g及蓋子104a限定之稜柱體積)之體積，且組106a之各生長限制151、152佔據對應於其相應位移體積之體積。因此，在組合中，電池組殼體104及生長限制151、152佔據不超過由電池組殼體104之外表面限定之體積(亦即，電池組之位移體積)的75%。舉例而言，在一個此類實施例中，組合中之生長限制151、152及電池組殼體104佔據不超過由電池組殼體104之外表面限定之體積的60%。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，組合中之限制151、152及電池組殼體104佔據不超過由電池組殼體104之外表面限定之體積的45%。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，組合中之限制151、152及電池組殼體104佔據不超過由電池組殼體104之外表面限定之體積的30%。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，組合中之限制151、152及電池組殼體104佔據不超過由電池組殼體之外表面限定之體積的20%。

【0279】 為了易於在圖10中說明，蓄電池組102僅包括電極總成106之一個組106a且組106a僅包括六個電極總成106。實際上，蓄電池組102可包括超過一組電極總成106a，其中組106a中之每一者相對於彼此橫向安置(例如在位於圖10之笛卡爾座標系統之X-Y平面內的相對方向上)或相對於彼此豎直安置(例如在與圖10之笛卡爾座標系統之Z軸實質上平行的方向上)。另外，在此等實施例中之每一者中，電極總成組106a中之每一者可包括一或多個電極總成106。舉例而言，在某些實施例中，蓄電池組102可包含一組、兩組或更多組電極總成106a，其中每一此類組106a包括一或多個電極總成106 (例如，每一此類組106a內之1、2、3、4、5、6、10、15或更多個電極總成106)，且在電池組102包括兩個或多於兩個此類

組106a時，組106a可關於包括於蓄電池組102中之其他組電極總成106a側向地或豎直地安置。在此等各種實施例中之每一者中，各個別電極總成106可具有如上文所描述之其自身生長限制(亦即，電極總成106與限制151、152之間的1:1關係)，額外兩個電極總成106可具有如上文所描述之共用生長限制151、152 (亦即，兩個或多於兩個電極總成106之限制組108)，或兩個或多於兩個電極總成106可共用生長限制151、152之組件(亦即，兩個或多於兩個電極總成106可具有共用壓縮部件(例如第二次級生長限制158)及/或拉力部件166，例如，正如在融合實施例中一樣，如上文所描述)。

其他電池組組件

【0280】 在某些實施例中，包括如上文所描述之一級生長限制系統151及次級生長限制系統152之電極限制組108可來源於具有如例如圖10中所示之長度 L_1 、寬度 W_1 及厚度 t_1 之片材2000。更特定言之，為了形成一級生長限制系統151，片材2000可纏繞於電極總成106周圍且在邊緣2001處摺疊以包圍電極總成106。替代地，在一個實施例中，片材2000可纏繞於堆疊以形成電極總成組106a之複數個電極總成106周圍。片材邊緣可彼此重疊，且焊接、膠合或以其他方式彼此固定以形成包括第一一級生長限制154及第二一級生長限制156之一級生長限制系統151及第一一級連接部件162及第二一級連接部件164。在此實施例中，一級生長限制系統151具有對應於片材2000之位移體積(亦即， L_1 、 W_1 及 t_1 之乘積)的體積。在一個實施例中，至少一個一級連接部件在堆疊方向D上拉伸以使部件拉伸，其使得第一及第二一級生長限制施加壓縮力。替代地，至少一個次級連接部件可在第二方向上拉伸以使部件拉伸，其使得第一及第二次級生長限制施

加壓縮力。在一替代實施例中，連接部件及/或生長限制或一級及次級生長限制系統中之一或多者之其他部分可在電極總成之上及/或之中安裝之前預拉伸，而非使連接部件延伸以使其拉伸。在另一替代性實施例中，連接部件及/或生長限制及/或一級及次級生長限制系統中之一或多者的其他部分在安裝至電極總成中及/或上方時最初並不在拉力下，而實際上，電池組之形成使電極總成膨脹且引起諸如連接部件及/或生長限制之一級及/或次級生長限制系統之部分拉緊。(亦即，自拉緊)。

【0281】片材2000可包含能夠將所需力施加至電極總成106之廣泛範圍的可相容材料中之任一者。一般而言，一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統155將通常包含具有至少10,000 psi (>70 MPa)之極限抗張強度的材料，其與電池組電解質相容，不明顯在電池組102之浮式或陽極電位下腐蝕，且在45°C且甚至高達70°C下不明顯反應或失去機械強度。舉例而言，一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統可包含廣泛範圍的金屬、合金、陶瓷、玻璃、塑膠，或其組合(亦即，複合材料)中的任一者。在一個例示性實施例中，一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統155包含金屬，諸如不鏽鋼(例如，SS 316、440C或440C硬性)、鋁(例如，鋁7075-T6，硬性H18)、鈦(例如，6Al-4V)、鈹、鈹銅(硬性)、銅(不含O₂，硬性)、鎳；然而，一般而言，當一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統155包含金屬時，一般而言，較佳為其以限制腐蝕且限制在電極110與反電極112之間產生電短路之方式併入。在另一例示性實施例中，一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統155包含陶瓷，諸如氧化鋁(例如，燒結的或Coorstek AD96)、氧化鋯(例如，Coorstek YZTP)、氧化釔穩定氧化鋯(例如，ENrG E-Strate®)。在另一例示性實施

例中，一級生長限制系統151包含玻璃，諸如Schott D263強化玻璃。在另一例示性實施例中，一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統155包含塑膠，諸如聚醚醚酮(PEEK) (例如，Aptiv 1102)、具有碳之PEEK (例如，Viktrex 90HMF40或Xycomp 1000-04)、具有碳之聚苯硫醚(PPS) (例如，Tepex Dynalite 207)、具有30%玻璃之聚醚醚酮(PEEK) (例如，Viktrex 90HMF40或Xycomp 1000-04)、聚醯亞胺(例如，Kapton®)。在另一例示性實施例中，一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統包含複合材料，諸如E玻璃標準織物/環氧樹脂(0度)、E玻璃UD/環氧樹脂(0度)、克維拉(Kevlar)標準織物/環氧樹脂(0度)、克維拉UD/環氧樹脂(0度)、碳標準織物/環氧樹脂(0度)、碳UD/環氧樹脂(0度)、東洋(Toyobo) Zylon®HM纖維/環氧樹脂。在另一例示性實施例中，一級生長限制系統151及/或次級生長限制系統155包含纖維，諸如克維拉49芳族聚醯胺纖維、S玻璃纖維、碳纖維、維克特倫(Vectran) UM LCP纖維、迪尼瑪(Dyneema)、柴隆(Zylon)。

【0282】 一級生長限制系統151之厚度(t_1)將視包括例如一級生長限制系統151之構造的材料、電極總成106之總體尺寸及電池組陽極及陰極之組成的因素範圍而定。在一些實施例中，舉例而言，一級生長限制系統151將包含厚度在約10至約100微米範圍內之片材。舉例而言，在一個此類實施例中，一級生長限制系統151包含具有約30 μm 之厚度之不鏽鋼片材(例如SS316)。舉其他實例而言，在另一此類實施例中，一級生長限制系統151包含具有約40 μm 之厚度之鋁片材(例如7075-T6)。舉其他實例而言，在另一此類實施例中，一級生長限制系統151包含具有約30 μm 之厚度之氧化鋯片材(例如Coorstek YZTP)。舉其他實例而言，在另一此類實

施例中，一級生長限制系統151包含具有約75 μm 之厚度之E玻璃UD/環氧樹脂0度片材。舉其他實例而言，在另一此類實施例中，一級生長限制系統151包含>50%填集密度下之12 μm 碳纖維。

【0283】 不受任何特定理論束縛，如本文所描述之膠合方法可包括膠合、軟焊、黏結、燒結、按壓接觸、硬焊、熱噴塗接合、夾鉗或其組合。膠合可包括使材料與導電材料接合，該等導電材料諸如導電環氧樹脂、導電彈性體、填充有導電金屬之絕緣有機膠合劑之混合物，諸如鎳填充環氧樹脂、碳填充環氧樹脂等。導電膏可用於將材料接合在一起且接合強度可藉由溫度(燒結)、光(UV固化、交聯)、化學固化(基於催化劑之交聯)調適。黏結程序可包括線黏結、條帶黏結、超音波黏結。焊接程序可包括超音波焊接、電阻焊接、雷射光束焊接、電子束焊接、感應焊接及冷焊接。此等材料之接合亦可藉由使用塗佈方法，諸如熱噴霧塗佈，諸如電漿噴塗、火焰噴塗、電弧噴塗進行以使材料接合在一起。舉例而言，使用鎳之熱噴霧作為膠合劑，鎳或銅篩網可接合於鎳匯流排上。

【0284】 電極110及反電極112群之部件包括能夠吸收且釋放諸如鋰、鈉、鉀、鈣、鎂或鋁離子之載體離子的電活性材料。在一些實施例中，電極結構110群之部件包括陽極活性電活性材料(有時稱為負電極)且反電極結構112群之部件包括陰極活性電活性材料(有時稱為正電極)。在其他實施例中，電極結構110群之部件包括陰極活性電活性材料，且反電極結構112群之部件包含陽極活性電活性材料。在此段落中敘述之各實施例及實例中，負電極活性材料可為顆粒附聚物電極、由顆粒材料形成之電極活性材料(諸如藉由形成顆粒材料之漿料且澆鑄至層形狀中)，或單片電極。

【0285】 例示性陽極活性電活性材料包括碳材料，諸如石墨及軟性或硬性碳，或能夠與鋰形成合金之金屬、半金屬、合金、氧化物及化合物範圍內中之任一者。能夠構成陽極材料之金屬或半金屬之特定實例包括石墨、錫、鉛、鎂、鋁、硼、鎵、矽、Si/C複合材料、Si/石墨共混物、SiO_x、多孔Si、金屬間Si合金、銮、鋳、鍺、鉍、鎬、銻、銀、鋅、砷、鉛、釷、鋰、鈉、石墨、碳、鈦酸鋰、鈮，及其混合物。在一個例示性實施例中，陽極活性材料包含鋁、錫或矽，或其氧化物、其氮化物、其氟化物或其其他合金。在另一例示性實施例中，陽極活性材料包含矽、氧化矽，或其合金。

【0286】 在又一實施例中，陽極活性材料可包含鋰金屬、鋰合金、碳、石油焦、活性碳、石墨、矽化合物、錫化合物，及其合金。在一個實施例中，陽極活性材料包含碳，諸如非石墨化碳，石墨基碳等；複合金屬氧化物，諸如Li_xFe₂O₃ ($0 \leq x \leq 1$)、Li_xWO₂ ($0 \leq x \leq 1$)、Sn_xMe_{1-x}Me'_yO_z (Me: Mn、Fe、Pb、Ge; Me': Al、B、P、Si，元素週期表中之第1族、第2族及第3族中存在的元素，鹵素; $0 < x \leq 1$; $1 \leq y \leq 3$; $1 \leq z \leq 8$)等；鋰金屬；鋰合金；矽基合金；錫基合金；金屬氧化物，諸如SnO、SnO₂、PbO、PbO₂、Pb₂O₃、Pb₃O₄、Sb₂O₃、Sb₂O₄、Sb₂O₅、GeO、GeO₂、Bi₂O₃、Bi₂O₄、Bi₂O₅等；導電聚合物，諸如聚乙炔等；基於Li-Co-Ni之材料等。在一個實施例中，陽極活性材料可包含碳基活性材料，碳基活性材料包括結晶石墨，諸如天然石墨、合成石墨及其類似者；及非晶碳，諸如軟碳、硬碳及其類似者。適用於陽極活性材料之碳材料之其他實例可包含石墨、片狀(Kish)石墨、熱解碳、中間相瀝青基碳纖維、中間相碳微球、中間相瀝青、石墨化碳纖維及高溫燒結的碳，諸如石油或柏油瀝青衍

生之焦。在一個實施例中，負電極活性材料可包含氧化錫、硝酸鈦及矽。在另一實施例中，負電極可包含鋰金屬，諸如鋰金屬膜；或鋰合金，諸如鋰與選自由以下各者組成的群組的一或多種類型之金屬的合金：Na、K、Rb、Cs、Fr、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Ra、Al及Sn。在又一實施例中，陽極活性材料可包含：能夠摻合及/或嵌入鋰之金屬化合物，諸如Si、Al、C、Pt、Sn、Pb、Ir、Ni、Cu、Ti、Na、K、Rb、Cs、Fr、Be、Ca、Sr、Sb、Ba、Ra、Ge、Zn、Bi、In、Mg、Ga、Cd、Si合金、Sn合金、Al合金或其類似物；能夠摻雜及脫摻雜鋰離子之金屬氧化物，諸如 SiO_v ($0 < v < 2$)、 SnO_2 、氧化釩或鋰釩氧化物；及包括金屬化合物及碳材料之複合材料，諸如Si-C複合材料或Sn-C複合材料。舉例而言，在一個實施例中，能夠摻合/嵌入鋰之材料可為金屬，諸如鋰、銦、錫、鋁或矽，或其合金；過渡金屬氧化物，諸如 $\text{Li}_{4/3}\text{Ti}_{5/3}\text{O}_4$ 或SnO；及含碳材料，諸如人工石墨、石墨碳纖維、樹脂煅燒碳、熱分解氣相生長碳、軟木、中間相碳微球(「MCMB」)、糠醇樹脂煅燒碳、聚并苯、瀝青基碳纖維、氣相生長碳纖維，或天然石墨。在又一實施例中，負電極活性材料可包含適用於諸如鈉或鎂之載體離子之組合物。舉例而言，在一個實施例中，負電極活性材料可包含分層含碳材料；及安置在分層含碳材料之層之間的式 $\text{Na}_x\text{Sn}_{y-z}\text{M}_z$ 之組合物，其中M為Ti、K、Ge、P或其組合，且 $0 < x \leq 15$ ， $1 \leq y \leq 5$ ，且 $0 \leq z \leq 1$ 。

【0287】 在一個實施例中，負電極活性材料可進一步包含導電材料及/或導電助劑，諸如碳基材料、碳黑、石墨、石墨烯、活性碳、碳纖維，碳黑諸如乙炔黑、科琴(Ketjen)黑、槽黑、爐黑、燈黑、熱黑或其類似物；導電纖維，諸如碳纖維、金屬纖維或其類似物；導電管，諸如碳奈

米管或其類似物；金屬粉末，諸如氟化碳粉末、鋁粉末、鎳粉末或其類似物；導電鬚，諸如氧化鋅、鈦酸鉀或其類似物；導電金屬氧化物，諸如氧化鈦或其類似物；或導電材料，諸如聚苯衍生物或其類似物。另外，亦可使用金屬纖維，諸如金屬網；金屬粉末，諸如銅、銀、鎳及鋁；或有機導電材料，諸如聚苯衍生物。在又一實施例中，可提供黏結劑，例如聚乙烯、聚氧化乙烯、聚丙烯、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、苯乙烯-丁二烯橡膠、四氟乙烯-全氟烷基乙烯基醚共聚物、偏二氟乙烯-六氟丙烯共聚物、偏二氟乙烯-氯三氟乙烯共聚物、乙烯-四氟乙烯共聚物、聚氯三氟乙烯、偏二氟乙烯-五氟丙烯共聚物、丙烯-四氟乙烯共聚物、乙烯-氯三氟乙烯共聚物、偏二氟乙烯-六氟丙烯-四氟乙烯共聚物、偏二氟乙烯-全氟甲基乙烯基醚-四氟乙烯共聚物、乙烯-丙烯酸共聚物及其類似者中之一或多者可單獨或作為混合物使用。

【0288】 例示性陰極活性材料包括廣泛範圍的陰極活性材料中之任一者。舉例而言，對於鋰離子電池組，陰極活性材料可包含選自過渡金屬氧化物、過渡金屬硫化物、過渡金屬氮化物、鋰-過渡金屬氧化物、鋰-過渡金屬硫化物之陰極材料，且可選擇性地使用鋰-過渡金屬氮化物。此等過渡金屬氧化物、過渡金屬硫化物及過渡金屬氮化物之過渡金屬元素可包括具有d-殼或f-殼之金屬元素。此類金屬元素之特定實例為Sc、Y、鑷系元素、鈷系元素、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Mn、Tc、Re、Fe、Ru、Os、Co、Rh、Ir、Ni、Pb、Pt、Cu、Ag及Au。額外陰極活性材料包括 LiCoO_2 、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 、 $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Al}_z)\text{O}_2$ 、 LiFePO_4 、 Li_2MnO_4 、 V_2O_5 、氧硫化鋁、磷酸鹽、矽酸鹽、釩酸鹽、硫、含硫化合物、氧(空氣)、 $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z)\text{O}_2$ 及其組合。此外，陰極活性材料層之化

合物可包含含鋰化合物，其其進一步包含金屬氧化物或金屬磷酸鹽，諸如包含鋰、鈷及氧之化合物(例如， LiCoO_2)，包含鋰、錳及氧之化合物(例如， LiMn_2O_4)及包含鋰鐵及磷酸鹽之化合物(例如， LiFePO_4)。在一個實施例中，陰極活性材料包含鋰錳氧化物、鋰鈷氧化物、鋰鎳氧化物、磷酸鋰鐵或由前述氧化物之組合形成之複合氧化物中的至少一者。在另一實施例中，陰極活性材料可包含以下中之一或多者：鋰鈷氧化物(LiCoO_2)、鋰鎳氧化物(LiNiO_2)等或具有一或多種過渡金屬之取代化合物；鋰錳氧化物，諸如 $\text{Li}_{1+x}\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$ (其中， x 為0至0.33)、 LiMnO_3 、 LiMn_2O_3 、 LiMnO_2 等；鋰銅氧化物(Li_2CuO_2)；氧化釩，諸如 LiV_3O_8 、 LiFe_3O_4 、 V_2O_5 、 $\text{Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 等；由化學式 $\text{LiNi}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_2$ (其中， $\text{M}=\text{Co}$ 、 Mn 、 Al 、 Cu 、 Fe 、 Mg 、 B 或 Ga 且 $x=0.01$ 至 0.3)表示之Ni位點型鋰鎳氧化物；由化學式 $\text{LiMn}_{2-x}\text{M}_x\text{O}_2$ (其中， $\text{M}=\text{Co}$ 、 Ni 、 Fe 、 Cr 、 Zn 或 Ta 且 $x=0.01$ 至 0.1)或 $\text{Li}_2\text{Mn}_3\text{MO}_8$ (其中， $\text{M}=\text{Fe}$ 、 Co 、 Ni 、 Cu 或 Zn)表示之複合鋰錳氧化物； LiMn_2O_4 ，其中Li之一部分經鹼土金屬離子取代；二硫化物； $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ ，及其類似者。在一個實施例中，陰極活性材料可包含磷酸金屬鋰，其具有式2： $\text{Li}_{1+a}\text{Fe}_{1-x}\text{M}'_x(\text{PO}_4)_b\text{X}_b$ 之橄欖石晶體結構，其中 M' 為選自 Al 、 Mg 、 Ni 、 Co 、 Mn 、 Ti 、 Ga 、 Cu 、 V 、 Nb 、 Zr 、 Ce 、 In 、 Zn 及 Y 之至少一者， X 為選自 F 、 S 及 N 之至少一者， $-0.5 \leq a \leq +0.5$ ， $0 \leq x \leq 0.5$ 且 $0 \leq b \leq 0.1$ ，諸如 LiFePO_4 、 $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})\text{PO}_4$ 、 $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Co})\text{PO}_4$ 、 $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Ni})\text{PO}_4$ 或其類似物中的至少一者。在一個實施例中，陰極活性材料包含 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMnO_2 、 LiMn_2O_4 、 $\text{LiNi}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_2$ 、 $\text{LiCo}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_2$ ($0 \leq y \leq 1$)、 $\text{Li}(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{Mn}_c)\text{O}_4$ ($0 < a < 2$ 、 $0 < b < 2$ 、 $0 < c < 2$ 及 $a+b+c=2$)、 $\text{LiMn}_{2-z}\text{Ni}_z\text{O}_4$ 、 $\text{LiMn}_{2-z}\text{Co}_z\text{O}_4$ ($0 < z < 2$)、 LiCoPO_4 及

LiFePO_4 ，或其兩種或更多種之混合物中的至少一者。

【0289】在又一實施例中，陰極活性材料可包含元素硫(S8)、硫系列化合物或其混合物。硫系列化合物可特定地為 Li_2S_n ($n \geq 1$)、有機硫化合物、碳-硫聚合物($(\text{C}_2\text{S}_x)_n$ ： $x=2.5$ 至 50 ， $n \geq 2$)或其類似物。在又一實施例中，陰極活性材料可包含鋰及鋅之氧化物。

【0290】在又一實施例中，陰極活性材料可包含鋰及金屬之至少一種複合氧化物，諸如可使用鈷、錳、鎳或其組合，且其實例為 $\text{Li}_a\text{A}_{1-b}\text{M}_b\text{D}_2$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ 且 $0 \leq b \leq 0.5$)； $\text{Li}_a\text{E}_{1-b}\text{M}_b\text{O}_{2-c}\text{D}_c$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ ， $0 \leq b \leq 0.5$ 且 $0 \leq c \leq 0.05$)； $\text{LiE}_{2-b}\text{M}_b\text{O}_{4-c}\text{D}_c$ (其中， $0 \leq b \leq 0.5$ 且 $0 \leq c \leq 0.05$)； $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Co}_b\text{M}_c\text{D}_a$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ ， $0 \leq b \leq 0.5$ ， $0 \leq c \leq 0.05$ 且 $0 < a \leq 2$)； $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Co}_b\text{M}_c\text{O}_{2-a}\text{X}_a$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ ， $0 \leq b \leq 0.5$ ， $0 \leq c \leq 0.05$ 且 $0 < a < 2$)； $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Co}_b\text{M}_c\text{O}_{2-a}\text{X}_2$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ ， $0 \leq b \leq 0.5$ ， $0 \leq c \leq 0.05$ 且 $0 < a < 2$)； $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Mn}_b\text{M}_c\text{D}_a$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ ， $0 \leq b \leq 0.5$ ， $0 \leq c \leq 0.05$ 且 $0 < a \leq 2$)； $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Mn}_b\text{M}_c\text{O}_{2-a}\text{X}_a$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ ， $0 \leq b \leq 0.5$ ， $0 \leq c \leq 0.05$ 且 $0 < a < 2$)； $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Mn}_b\text{M}_c\text{O}_{2-a}\text{X}_2$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ ， $0 \leq b \leq 0.5$ ， $0 \leq c \leq 0.05$ 且 $0 < a < 2$)； $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{E}_c\text{G}_d\text{O}_2$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ ， $0 \leq b \leq 0.9$ ， $0 \leq c \leq 0.5$ 且 $0.001 \leq d \leq 0.1$)； $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{Co}_c\text{Mn}_d\text{GeO}_2$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ ， $0 \leq b \leq 0.9$ ， $0 \leq c \leq 0.5$ ， $0 \leq d \leq 0.5$ 且 $0.001 \leq e \leq 0.1$)； $\text{Li}_a\text{NiG}_b\text{O}_2$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ 且 $0.001 \leq b \leq 0.1$)； $\text{Li}_a\text{CoG}_b\text{O}_2$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ 且 $0.001 \leq b \leq 0.1$)； $\text{Li}_a\text{MnG}_b\text{O}_2$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ 且 $0.001 \leq b \leq 0.1$)； $\text{Li}_a\text{Mn}_2\text{G}_b\text{O}_4$ (其中， $0.90 \leq a \leq 1$ 且 $0.001 \leq b \leq 0.1$)； QO_2 ； QS_2 ； LiQS_2 ； V_2O_5 ； LiV_2O_5 ； $\text{LiX}'\text{O}_2$ ； LiNiVO_4 ； $\text{Li}_{(3-f)}\text{J}_2(\text{PO}_4)_3$ ($0 \leq f \leq 2$)； $\text{Li}_{(3-f)}\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$ ($0 \leq f \leq 2$)；及 LiFePO_4 。在以上式子中，A為Ni、Co、Mn，或其組合；M為Al、Ni、

Co、Mn、Cr、Fe、Mg、Sr、V、稀土元素，或其組合；D為O、F、S、P，或其組合；E為Co、Mn，或其組合；X為F、S、P，或其組合；G為Al、Cr、Mn、Fe、Mg、La、Ce、Sr、V，或其組合；Q為Ti、Mo、Mn，或其組合；X'為Cr、V、Fe、Sc、Y，或其組合；及J為V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu，或其組合。舉例而言，可使用 LiCoO_2 、 $\text{LiMn}_x\text{O}_{2x}$ ($x=1$ 或 2)、 $\text{LiNi}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_{2x}$ ($0 < x < 1$)、 $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$ ($0 \leq x \leq 0.5$, $0 \leq y \leq 0.5$)或 FePO_4 。在一個實施例中，陰極活性材料包含鋰化合物，諸如鋰鈷氧化物、鋰鎳氧化物、鋰鎳鈷氧化物、鋰鎳鈷鋁氧化物、鋰鎳鈷錳氧化物、鋰錳氧化物或磷酸鋰鐵；硫化鎳；硫化銅；硫；氧化鐵；或氧化鈮中的至少一者。

【0291】 在一個實施例中，陰極活性材料可包含含鈉材料，諸如以下中的至少一者：式 NaM^1_aO_2 之氧化物，諸如 NaFeO_2 、 NaMnO_2 、 NaNiO_2 或 NaCoO_2 ；或由式 $\text{NaMn}_{1-a}\text{M}^1_a\text{O}_2$ 表示之氧化物，其中 M^1 為至少一種過渡金屬元素，且 $0 \leq a < 1$ 。代表性正極活性材料包括 $\text{Na}[\text{Ni}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}]\text{O}_2$ 、 $\text{Na}_{2/3}[\text{Fe}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}]\text{O}_2$ ，及其類似者；由 $\text{Na}_{0.44}\text{Mn}_{1-a}\text{M}^1_a\text{O}_2$ 表示之氧化物、由 $\text{Na}_{0.7}\text{Mn}_{1-a}\text{M}^1_a\text{O}_{2.05}$ 表示之氧化物(其中 M^1 為至少一種過渡金屬元素，且 $0 \leq a < 1$)；由 $\text{Na}_b\text{M}^2_c\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$ 表示之氧化物，如 $\text{Na}_6\text{Fe}_2\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$ 或 $\text{Na}_2\text{Fe}_5\text{Si}_{12}\text{O}$ (其中 M^2 為至少一種過渡金屬元素， $2 \leq b \leq 6$ ，且 $2 \leq c \leq 5$)；由 $\text{Na}_d\text{M}^3_e\text{Si}_6\text{O}_{18}$ 表示之氧化物，諸如 $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ 或 $\text{Na}_2\text{MnFeSi}_6\text{O}_{18}$ (其中 M^3 為至少一種過渡金屬元素， $3 \leq d \leq 6$ ，且 $1 \leq e \leq 2$)；由 $\text{Na}_f\text{M}^4_g\text{Si}_2\text{O}_6$ 表示之氧化物，諸如 $\text{Na}_2\text{FeSiO}_6$ (其中 M^4 為選自過渡金屬元素鎂(Mg)及鋁(Al)之至少一個元素， $1 \leq f \leq 2$ 且 $1 \leq g \leq 2$)；磷酸鹽，諸如 NaFePO_4 、 $\text{Na}_3\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$ 、 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 、 $\text{Na}_4\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$ 及其類似物；硼酸鹽，諸如 NaFeBO_4 或

$\text{Na}_3\text{Fe}_2(\text{BO}_4)_3$ ；由 $\text{Na}_h\text{M}^5\text{F}_6$ 表示之氟化物，諸如 Na_3FeF_6 或 Na_2MnF_6 （其中 M^5 為至少一種過渡金屬元素，且 $2 \leq h \leq 3$ ）；氟代磷酸鹽，諸如 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_2\text{F}_3$ 、 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_2\text{FO}_2$ 及其類似物。正極活性材料不限於前述內容，且可使用所屬領域中使用的任何合適之正極活性材料。在實施例中，正極活性材料較佳包含分層型氧化陰極材料，諸如 NaMnO_2 、 $\text{Na}[\text{Ni}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}]\text{O}_2$ 及 $\text{Na}_{2/3}[\text{Fe}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}]\text{O}_2$ ；磷酸鹽陰極，諸如 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 及 $\text{Na}_4\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$ ；或氟代磷酸鹽陰極，諸如 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_2\text{F}_3$ 及 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_2\text{FO}_2$ 。

【0292】 在一個實施例中，負電極集電器136可包含合適的導電材料，諸如金屬材料。舉例而言，在一個實施例中，負電極集電器可包含銅、鎳、鋁、不鏽鋼、鈦、鈹、烘烤碳、煅燒碳、鈮、鐵、鎂、鈷、鎳、具有碳之銅或不鏽鋼之表面經處理材料、鎳、鈦、銀、鋁-鎳合金，及/或其其他合金中的至少一者。作為另一實例，在一個實施例中，負電極集電器包含銅、不鏽鋼、鋁、鎳、鈦、烘烤碳、具有碳之銅或不鏽鋼之表面經處理材料、鎳、鈦、銀、鋁-鎳合金，及/或其其他合金中的至少一者。在一個實施例中，負電極集電器包含銅及不鏽鋼中的至少一者。

【0293】 在一個實施例中，正電極集電器140可包含合適的導電材料，諸如金屬材料。在一個實施例中，正電極集電器包含不鏽鋼、鋁、鎳、鈦、烘烤碳、燒結碳、具有碳之鋁或不鏽鋼之表面經處理材料、鎳、鈦、銀、及/或其合金中的至少一者。在一個實施例中，正電極集電器包含鋁。

【0294】 在又一實施例中，陰極活性材料可進一步包含導電助劑及/或黏結劑中之一或多者，例如其可為針對本文中之陽極活性材料描述之導

電助劑及/或黏結劑中之任一者。在一個實施例中，使陽極活性材料微結構化以提供顯著的空隙體積分率，從而隨著充電及放電程序期間鋰離子(或其他載體離子)併入至負電極活性材料中或離開負電極活性材料，適應體積膨脹及收縮。一般而言，負電極活性材料之空隙體積分率為至少0.1。然而，典型地，負電極活性材料之空隙體積分率不大於0.8。舉例而言，在一個實施例中，負電極活性材料之空隙體積分率為約0.15至約0.75。舉其他實例而言，在一個實施例中負電極活性材料之空隙體積分率為約0.2至約0.7。舉其他實例而言，在一個實施例中，負電極活性材料之空隙體積分率為約0.25至約0.6。

【0295】 取決於微結構化負電極活性材料之組合物及其形成方法，微結構化負電極活性材料可包含巨孔、微孔或中孔材料層或其組合，諸如微孔及中孔之組合，或中孔及大孔之組合。微孔材料之特徵典型地在於小於10 nm之細孔尺寸、小於10 nm之壁尺寸、1至50微米之細孔深度及一般藉由「多孔」及不規則外觀、不光滑壁及分支鏈細孔表徵之細孔形態。中孔材料之特徵典型地在於10-50 nm之細孔尺寸、10-50 nm之壁尺寸、1-100微米之細孔深度及一般藉由在某種程度上輪廓分明或樹枝狀的細孔之分支鏈細孔表徵之細孔形態。巨孔材料之特徵典型地在於大於50 nm之細孔尺寸、大於50 nm之壁尺寸、1至500微米之細孔深度及可為不同直鏈、分支鏈或樹枝狀且有光滑或粗糙壁之細孔形態。另外，空隙體積可包含敞開或閉合的空隙或其組合。在一個實施例中，空隙體積包含敞開空隙，亦即，負電極活性材料含有在負電極活性材料之側表面處具有開口之空隙，鋰離子(或其他載體離子)可經由該等開口進入或離開負電極活性材料；例如，鋰離子可在離開正電極活性材料之後經由空隙開口進入負電極活性材

料。在另一實施例中，空隙體積包含閉合空隙，亦即，負電極活性材料含有由負電極活性材料封閉之空隙。一般而言，敞開的空隙可提供載體離子之更大界面表面積，而閉合的空隙往往不易受固體電解質界面影響，同時各自為載體離子進入後負電極活性材料之膨脹提供空間。因此，在某些實施例中，較佳地，負電極活性材料包含敞開及閉合的空隙之組合。

【0296】 在一個實施例中，負電極活性材料包含多孔鋁、錫或矽或其合金。多孔矽層可例如藉由陽極化，藉由蝕刻(例如藉由將諸如金、鉑、銀或金/鈹之貴重金屬沈積於單晶矽之表面上且用氫氟酸與過氧化氫之混合物蝕刻表面)或藉由諸如圖案化化學蝕刻之此項技術中已知之其他方法形成。另外，多孔負電極活性材料一般將具有至少約0.1但小於0.8之孔隙率分率且具有約1至約100微米之厚度。舉例而言，在一個實施例中，負電極活性材料包含多孔矽，具有約5至約100微米之厚度，且具有約0.15至約0.75之孔隙率分率。舉其他實例而言，在一個實施例中，負電極活性材料包含多孔矽，具有約10至約80微米之厚度，且具有約0.15至約0.7之孔隙率分率。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，負電極活性材料包含多孔矽，具有約20至約50微米之厚度，且具有約0.25至約0.6之孔隙率分率。舉其他實例而言，在一個實施例中，負電極活性材料包含多孔矽合金(諸如鎳矽化物)，具有約5至約100微米之厚度，且具有約0.15至約0.75之孔隙率分率。

【0297】 在另一實施例中，負電極活性材料包含鋁、錫或矽或其合金之纖維。個別纖維可具有約5 nm至約10,000 nm之直徑(厚度尺寸)及一般對應於負電極活性材料之厚度的長度。矽之纖維(奈米線)可例如藉由化學氣相沈積或此項技術中已知之其他技術，諸如氣相液體固體(VLS)生長

及固體液體固體(SLS)生長形成。另外，負電極活性材料一般將具有至少約0.1但小於0.8之孔隙率分率且具有約1至約200微米之厚度。舉例而言，在一個實施例中，負電極活性材料包含矽奈米線，具有約5至約100微米之厚度，且具有約0.15至約0.75之孔隙率分率。舉其他實例而言，在一個實施例中，負電極活性材料包含矽奈米線，具有約10至約80微米之厚度，且具有約0.15至約0.7之孔隙率分率。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，負電極活性材料包含矽奈米線，具有約20至約50微米之厚度，且具有約0.25至約0.6之孔隙率分率。舉其他實例而言，在一個實施例中，負電極活性材料包含矽合金(諸如鎳矽化物)之奈米線，具有約5至約100微米之厚度，且具有約0.15至約0.75之孔隙率分率。

【0298】 在一個實施例中，電極110群之每一部件具有底部、頂部及自其底部延伸至頂部且在大體上垂直於電極結構110及反電極結構112之交替序列進行之方向的方向上的縱向軸線(A_E)。另外，電極110群之每一部件具有沿電極之縱向軸線(A_E)量測的長度(L_E)、在電極結構及反電極結構之交替序列進行之方向上量測的寬度(W_E)，及在垂直於長度(L_E)及寬度(W_E)之量測方向中之每一者的方向上量測的高度(H_E)。電極群之每一部件亦具有對應於電極在垂直於其縱向軸線之平面中之投影的側面之長度之總和的周長(P_E)。

【0299】 電極群之部件之長度(L_E)將視能量儲存器件及其預期用途而變化。然而，一般而言，電極群之部件將通常具有在約5 mm至約500 mm範圍內的長度(L_E)。舉例而言，在一個此類實施例中，電極群之部件具有約10 mm至約250 mm的長度(L_E)。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，電極群之部件具有約25 mm至約100 mm之長度(L_E)。

【0300】 電極群之部件之寬度(W_E)將視能量儲存器件及其預期用途而變化。然而，一般而言，電極群之每一部件將通常具有在約0.01 mm至2.5 mm範圍內之寬度(W_E)。舉例而言，在一個實施例中，電極群之每一部件的寬度(W_E)將在約0.025 mm至約2 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極群之每一部件的寬度(W_E)將在約0.05 mm至約1 mm範圍內。

【0301】 電極群之部件之高度(H_E)將視能量儲存器件及其預期用途而變化。然而，一般而言，電極群之部件將通常具有在約0.05 mm至約10 mm範圍內之高度(H_E)。舉例而言，在一個實施例中，電極群之每一部件的高度(H_E)將在約0.05 mm至約5 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極群之每一部件的高度(H_E)將在約0.1 mm至約1 mm範圍內。根據一個實施例，電極群之部件包括一或多個具有第一高度之第一電極部件及一或多個具有除第一高度以外之第二高度的第二電極部件。舉例而言，在一個實施例中，一或多個第一電極部件可具有經選擇以允許電極部件在豎直方向(Z軸)上接觸次級限制系統之一部分的高度。舉例而言，一或多個第一電極部件之高度可足以使第一電極部件沿豎直軸線在第一及第二次級生長限制158、160兩者之間延伸且接觸其兩者，諸如在第一電極部件或其次結構中的至少一者充當次級連接部件166時。此外，根據一個實施例，一或多個第二電極部件可具有低於一或多個第一電極部件之高度，使得例如一或多個第二電極部件並未完全延伸以接觸第一及第二次級生長限制158、160兩者。在又一實施例中，一或多個第一電極部件及一或多個第二電極部件之不同高度可經選擇以適應電極總成106之預定形狀，諸如沿縱向及/或橫向軸線中之一或多者具有不同高度之電極總成形

狀，及/或以提供蓄電池組之預定效能特性。

【0302】電極群之部件之周長(P_E)將視能量儲存器件及其預期用途而變化。然而，一般而言，電極群之部件將通常具有在約0.025 mm至約25 mm範圍內之周長(P_E)。舉例而言，在一個實施例中，電極群之每一部件之周長(P_E)將在約0.1 mm至約15 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，電極群之每一部件的周長(P_E)將在約0.5 mm至約10 mm範圍內。

【0303】一般而言，電極群之部件具有實質上大於其寬度(W_E)及其高度(H_E)中之每一者之長度(L_E)。舉例而言，在一個實施例中，對於電極群之每一部件， L_E 與 W_E 及 H_E 中之每一者的比率分別為至少5:1 (亦即， L_E 與 W_E 的比率分別為至少5:1，且 L_E 與 H_E 的比率分別為至少5:1)。舉其他實例而言，在一個實施例中， L_E 與 W_E 及 H_E 中之每一者的比率為至少10:1。舉其他實例而言，在一個實施例中， L_E 與 W_E 及 H_E 中之每一者的比率為至少15:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於電極群之每一部件， L_E 與 W_E 及 H_E 中之每一者的比率為至少20:1。

【0304】另外，通常較佳地，電極群的部件具有實質上大於其周長(P_E)之長度(L_E)；舉例而言，在一個實施例中，對於電極群之每一部件， L_E 與 P_E 的比率分別為至少1.25:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於電極群之每一部件， L_E 與 P_E 的比率分別為至少2.5:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於電極群之每一部件， L_E 與 P_E 的比率分別為至少3.75:1。

【0305】在一個實施例中，電極群之部件之高度(H_E)與寬度(W_E)的比率分別為至少0.4:1。舉例而言，在一個實施例中，對於電極群之每一

部件， H_E 與 W_E 之比率將分別為至少2:1。舉其他實例而言，在一個實施例中， H_E 與 W_E 的比率將分別為至少10:1。舉其他實例而言，在一個實施例中， H_E 與 W_E 的比率將分別為至少20:1。然而，通常， H_E 與 W_E 的比率一般將分別低於1,000:1。舉例而言，在一個實施例中， H_E 與 W_E 的比率將分別低於500:1。舉其他實例而言，在一個實施例中， H_E 與 W_E 的比率將分別低於100:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於電極群之每一部件， H_E 與 W_E 的比率將分別在約2:1至約100:1範圍內。

【0306】 反電極群之每一部件具有底部、頂部及自其底部延伸至頂部且在大體上垂直於電極結構及反電極結構之交替序列進行之方向的方向上的縱向軸線(A_{CE})。另外，反電極群之每一部件具有沿電極之縱向軸線(A_{CE})量測的長度(L_{CE})、在電極結構及反電極結構之交替序列進行之方向上量測的寬度(W_{CE})，及在垂直於長度(L_{CE})及寬度(W_{CE})之量測方向中之每一者的方向上量測的高度(H_{CE})。反電極群之每一部件亦具有對應於反電極在垂直於其縱向軸線之平面中之投影的側面之長度之總和的周長(P_{CE})。

【0307】 反電極群之部件之長度(L_{CE})將視能量儲存器件及其預期用途而變化。然而，一般而言，反電極群之每一部件將通常具有在約5 mm至約500 mm範圍內的長度(L_{CE})。舉例而言，在一個此類實施例中，反電極群之每一部件具有約10 mm至約250 mm之長度(L_{CE})。舉其他實例而言，在一個此類實施例中，反電極群之每一部件具有約25 mm至約100 mm之長度(L_{CE})。

【0308】 反電極群之部件之寬度(W_{CE})將視能量儲存器件及其預期

用途而變化。然而，一般而言，反電極群之部件將通常具有在約0.01 mm至2.5 mm範圍內之寬度(W_{CE})。舉例而言，在一個實施例中，反電極群之每一部件之寬度(W_{CE})將在約0.025 mm至約2 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，反電極群之每一部件之寬度(W_{CE})將在約0.05 mm至約1 mm範圍內。

【0309】 反電極群之部件之高度(H_{CE})將視能量儲存器件及其預期用途而變化。然而，一般而言，反電極群之部件將通常具有在約0.05 mm至約10 mm範圍內之高度(H_{CE})。舉例而言，在一個實施例中，反電極群之每一部件之高度(H_{CE})將在約0.05 mm至約5 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，反電極群之每一部件之高度(H_{CE})將在約0.1 mm至約1 mm範圍內。根據一個實施例，反電極群之部件包括一或多個具有第一高度之第一反電極部件及一或多個具有除第一高度以外之第二高度之第二反電極部件。舉例而言，在一個實施例中，一或多個第一反電極部件可具有經選擇以允許反電極部件在豎直方向(Z軸)上接觸次級限制系統之一部分的高度。舉例而言，一或多個第一反電極部件之高度可足以使第一反電極部件沿豎直軸線在第一及第二次級生長限制158、160兩者之間延伸且接觸其兩者，諸如在第一反電極部件或其次結構中的至少一者充當次級連接部件166時。此外，根據一個實施例，一或多個第二反電極部件可具有低於一或多個第一反電極部件之高度，使得例如一或多個第二反電極部件並未完全延伸以接觸第一及第二次級生長限制158、160兩者。在又一實施例中，一或多個第一反電極部件及一或多個第二反電極部件之不同高度可經選擇以適應電極總成106之預定形狀，諸如沿縱向及/或橫向軸線中之一或多者具有不同高度之電極總成形狀，及/或以提供蓄電池組之預定

效能特性。

【0310】反電極群之部件之周長(P_{CE})將視能量儲存器件及其預期用途而變化。然而，一般而言，反電極群之部件將通常具有在約0.025 mm至約25 mm範圍內之周長(P_{CE})。舉例而言，在一個實施例中，反電極群之每一部件之周長(P_{CE})將在約0.1 mm至約15 mm範圍內。舉其他實例而言，在一個實施例中，反電極群之每一部件之周長(P_{CE})將在約0.5 mm至約10 mm範圍內。

【0311】一般而言，反電極群之每一部件具有實質上大於寬度(W_{CE})且實質上大於其高度(H_{CE})之長度(L_{CE})。舉例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， L_{CE} 與 W_{CE} 及 H_{CE} 中之每一者的比率分別為至少5:1 (亦即， L_{CE} 與 W_{CE} 的比率分別為至少5:1，且 L_{CE} 與 H_{CE} 的比率為分別至少5:1)。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， L_{CE} 與 W_{CE} 及 H_{CE} 中之每一者的比率為至少10:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， L_{CE} 與 W_{CE} 及 H_{CE} 中之每一者的比率為至少15:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， L_{CE} 與 W_{CE} 及 H_{CE} 中之每一者的比率為至少20:1。

【0312】另外，通常較佳地，反電極群之部件具有實質上大於其周長(P_{CE})之長度(L_{CE})；舉例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， L_{CE} 與 P_{CE} 的比率分別為至少1.25:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， L_{CE} 與 P_{CE} 的比率分別為至少2.5:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， L_{CE} 與 P_{CE} 的比率分別為至少3.75:1。

【0313】在一個實施例中，反電極群之部件之高度(H_{CE})與寬度

(W_{CE})的比率分別為至少0.4:1。舉例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， H_{CE} 與 W_{CE} 的比率將分別為至少2:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， H_{CE} 與 W_{CE} 的比率將分別為至少10:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， H_{CE} 與 W_{CE} 的比率將分別為至少20:1。然而，通常，對於電極群之每一部件， H_{CE} 與 W_{CE} 的比率一般將分別低於1,000:1。舉例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， H_{CE} 與 W_{CE} 的比率將分別低於500:1。舉其他實例而言，在一個實施例中， H_{CE} 與 W_{CE} 的比率將分別低於100:1。舉其他實例而言，在一個實施例中， H_{CE} 與 W_{CE} 的比率將分別低於10:1。舉其他實例而言，在一個實施例中，對於反電極群之每一部件， H_{CE} 與 W_{CE} 的比率將分別在約2:1至約100:1範圍內。

【0314】 在一個實施例中，負電極群之各部件所包含之負電極電流導體層136具有長度 L_{NC} ，其至少為包含此類負電極集電器之部件之長度 L_{NE} 的50%。舉其他實例而言，在一個實施例中，負電極群之各部件所包含之負電極電流導體層136具有長度 L_{NC} ，其至少為包含此類負電極集電器之部件之長度 L_{NE} 的60%。舉其他實例而言，在一個實施例中，負電極群之各部件所包含之負電極電流導體層136具有長度 L_{NC} ，其至少為包含此類負電極集電器之部件之長度 L_{NE} 的70%。舉其他實例而言，在一個實施例中，負電極群之各部件所包含之負電極電流導體層136具有長度 L_{NC} ，其至少為包含此類負電極集電器之部件之長度 L_{NE} 的80%。舉其他實例而言，在一個實施例中，負電極群之各部件所包含之負電極電流導體136具有長度 L_{NC} ，其至少為包含此類負電極集電器之部件之長度 L_{NE} 的90%。

【0315】 在一個實施例中，正電極群之各部件所包含之正電極電流導體140具有長度 L_{PC} ，其至少為包含此類正電極集電器之部件之長度 L_{PE} 的50%。舉其他實例而言，在一個實施例中，正電極群之各部件所包含之正電極電流導體140具有長度 L_{PC} ，其至少為包含此類正電極集電器之部件之長度 L_{PE} 的60%。舉其他實例而言，在一個實施例中，正電極群之各部件所包含之正電極電流導體140具有長度 L_{PC} ，其至少為包含此類正電極集電器之部件之長度 L_{PE} 的70%。舉其他實例而言，在一個實施例中，正電極群之各部件所包含之正電極電流導體140具有長度 L_{PC} ，其至少為包含此類正電極集電器之部件之長度 L_{PE} 的80%。舉其他實例而言，在一個實施例中，正電極群之各部件所包含之正電極電流導體140具有長度 L_{PC} ，其至少為包含此類正電極集電器之部件之長度 L_{PE} 的90%。

【0316】 在某些實施例中，因位於負電極活性材料層與隔板之間，負電極集電器136可藉由在負電極活性材料層之表面上分佈來自負電極集電器之電流來促進更均勻之載體離子傳送。此轉而可促進載體離子更均勻的嵌入及離開且從而在循環期間減少負電極活性材料中之應力；由於負電極集電器136將電流分佈至面向隔板之負電極活性材料層之表面，在載體離子濃度最大之情況下，負電極活性材料層對載體離子之反應性將最大。在又一實施例中，負電極集電器136及負電極活性材料層之位置可為反向的，如例如圖1B中所示。

【0317】 根據一個實施例，正電極之各部件具有可例如安置在正電極主結構與正電極活性材料層之間的正電極集電器140。此外，負電極集電器136及正電極集電器140中之一或多者可包含金屬，諸如鋁、碳、鉻、金、鎳、NiP、鈮、鉑、銻、釷、矽與鎳之合金、鈦，或其組合

(參見A. H. Whitehead及M. Schreiber, Journal of the Electrochemical Society, 152(11) A2105-A2113 (2005)之「Current collectors for positive electrodes of lithium-based batteries」)。舉其他實例而言，在一個實施例中，正電極集電器140包含金或其合金，諸如矽化金。舉其他實例而言，在一個實施例中，正電極集電器140包含鎳或其合金，諸如矽化鎳。在又一實施例中，正電極集電器140可安置在鄰近正電極活性材料層136之間，如例如圖1B中所示。

【0318】 在一替代性實施例中，正電極集電器層及正電極活性材料層之位置可為反向的，例如使得正電極集電器層位於隔板層與正電極活性材料層之間。在此類實施例中，用於緊鄰正電極活性材料層之正電極集電器140包含具有如結合負電極集電器層所描述之組合物及構造的離子可滲透導體；亦即，正電極集電器層包含為離子及電傳導性之離子可滲透導體材料層。在此實施例中，正電極集電器層具有有助於載體離子在正電極集電器層之一個側面上之緊鄰正電極活性材料層與電化學堆疊中之正電極集電器層之另一側上之緊鄰隔板層之間移動的厚度、電導率及載體離子之離子導電率。

【0319】 電絕緣隔板層130可包圍且電學上隔離電極結構110群之各部件與反電極結構112群之各部件。電絕緣隔板層130將通常包括可由非水性電解質滲透之微孔隔板材料；舉例而言，在一個實施例中，微孔隔板材料包括具有至少50 Å，更典型地在約2,500 Å範圍內之直徑的細孔，及在約25%至約75%範圍內，更典型地在約35%至55%範圍內之孔隙率。另外，微孔隔板材料可由非水性電解質滲透以准許載體離子在電極及反電極群之鄰近部件之間傳導。在某些實施例中，舉例而言，且忽略微孔隔板材

料之孔隙率，在充電或放電循環期間，電極結構110群之部件與用於離子交換之反電極結構112群之最近部件(亦即，「相鄰對」)之間的電絕緣隔板材料中至少70 vol%為微孔隔板材料；換言之，微孔隔板材料構成電極結構110群之部件與反電極112結構群之最近部件之間的電絕緣材料之至少70 vol%。舉其他實例而言，在一個實施例中，且忽略微孔隔板材料之孔隙率，微孔隔板材料構成分別電極結構110群之部件的相鄰對與反電極結構112群之部件之間的電絕緣隔板材料層之至少75 vol%。舉其他實例而言，在一個實施例中，且忽略微孔隔板材料之孔隙率，微孔隔板材料構成分別電極結構110群之部件的相鄰對與反電極結構112群之部件之間的電絕緣隔板材料層之至少80 vol%。舉其他實例而言，在一個實施例中，且忽略微孔隔板材料之孔隙率，微孔隔板材料構成分別電極結構110群之部件的相鄰對與反電極結構112群之部件之間的電絕緣隔板材料層之至少85 vol%。舉其他實例而言，在一個實施例中，且忽略微孔隔板材料之孔隙率，微孔隔板材料構成分別電極結構110群之部件的相鄰對與反電極結構112群之部件之間的電絕緣隔板材料層之至少90 vol%。舉其他實例而言，在一個實施例中，且忽略微孔隔板材料之孔隙率，微孔隔板材料構成分別電極結構110群之部件的相鄰對與反電極結構112群之部件之間的電絕緣隔板材料層之至少95 vol%。舉其他實例而言，在一個實施例中，且忽略微孔隔板材料之孔隙率，微孔隔板材料構成分別電極結構110群之部件的相鄰對與反電極結構112群之部件之間的電絕緣隔板材料層之至少99 vol%。

【0320】 在一個實施例中，微孔隔板材料包含顆粒材料及黏結劑，且具有至少約20 vol.%之孔隙率(空隙分率)。微孔隔板材料之細孔將具有

至少50 Å之直徑且將典型地處於約250至2,500 Å範圍內。微孔隔板材料將典型地具有小於約75%之孔隙率。在一個實施例中，微孔隔板材料具有至少約25 vol%之孔隙率(空隙分率)。在一個實施例中，微孔隔板材料將具有約35%至55%之孔隙率。

【0321】微孔隔板材料之黏結劑可選自廣泛範圍的無機或聚合材料。舉例而言，在一個實施例中，黏結劑為選自由以下各者組成之群的有機材料：矽酸鹽、磷酸鹽、鋁酸鹽、鋁矽酸鹽，及氫氧化物，諸如氫氧化鎂、氫氧化鈣等。舉例而言，在一個實施例中，黏結劑為衍生自含有偏二氟乙烯、六氟丙烯、四氟丙烯及其類似者之單體之氟聚合物。在另一實施例中，黏結劑為具有不同分子量及密度範圍中之任一者之聚烯烴，諸如聚乙烯、聚丙烯或聚丁烯。在另一實施例中，黏結劑選自由以下各者組成之群：乙烯-二烯-丙烯三元共聚物、聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚乙二醇、聚乙酸乙烯酯、聚乙烯醇縮丁醛、聚縮醛及聚乙二醇二丙烯酸酯。在另一實施例中，黏結劑選自由以下各者組成的群組：甲基纖維素、羧甲基纖維素、苯乙烯橡膠、丁二烯橡膠、苯乙烯-丁二烯橡膠、異戊二烯橡膠、聚丙烯醯胺、聚乙烯醚、聚丙烯酸、聚甲基丙烯酸、聚丙烯腈、聚偏二氟乙烯聚聚丙烯腈及聚氧化乙烯。在另一實施例中，黏結劑選自由以下各者組成之群：丙烯酸酯、苯乙烯、環氧樹脂及聚矽氧。其他適合的黏結劑可選自聚偏二氟乙烯-共-六氟丙烯、聚偏二氟乙烯-共-三氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丙烯腈、聚乙烯吡咯啉酮、聚乙酸乙烯酯、聚乙烯-共-乙酸乙烯酯、聚氧化乙烯、醋酸纖維素、乙酸丁酸纖維素、乙酸丙酸纖維素、氰基乙基普魯蘭、氰基乙基聚乙烯醇、氰基乙基纖維素、氰基乙基蔗糖、普魯蘭、羧甲基纖維素、丙烯腈-苯乙烯-丁二烯共聚物、聚醯亞胺，

或其混合物。在又一實施例中，黏結劑可選自以下中的任一者：聚偏二氟乙烯-六氟丙烯、聚偏二氟乙烯-三氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丙烯腈、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙酸乙烯酯、乙烯乙酸乙烯酯共聚物、聚氧化乙烯、醋酸纖維素、乙酸丁酸纖維素、乙酸丙酸纖維素、氰基乙基普魯蘭、氰基乙基聚乙烯醇、氰基乙基纖維素、氰基乙基蔗糖、普魯蘭、羧基甲基纖維素、丙烯腈苯乙烯丁二烯共聚物、聚醯亞胺、聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚對苯二甲酸丁二醇酯、聚酯、聚縮醛、聚醯胺、聚醚醚酮、聚醚砜、聚苯醚、聚苯硫醚、聚乙烯萘，及/或其組合。在另一實施例中，黏結劑為前述聚合物中之兩者或更多者之共聚物或摻合物。

【0322】微孔隔板材料所包含之顆粒材料亦可選自廣泛範圍的材料。一般而言，此類材料在操作溫度下具有相對較低電子及離子導電率且並不在接觸微孔隔板材料之電池組電極或集電器之操作電壓下腐蝕。舉例而言，在一個實施例中，顆粒材料具有小於 1×10^{-4} S/cm之載體離子(例如，鋰)之導電率。舉其他實例而言，在一個實施例中，顆粒材料具有小於 1×10^{-5} S/cm之載體離子之導電率。舉其他實例而言，在一個實施例中，顆粒材料具有小於 1×10^{-6} S/cm之載體離子之導電率。例示性顆粒材料包括顆粒聚乙烯、聚丙烯、TiO₂-聚合物複合材料、二氧化矽凝膠、煙霧狀二氧化矽、矽膠、二氧化矽水凝膠、二氧化矽乾凝膠、二氧化矽溶膠、膠態二氧化矽、氧化鋁、二氧化鈦、氧化鎂、高嶺土、滑石、矽藻土、矽酸鈣、矽酸鋁、碳酸鈣、碳酸鎂，或其組合。舉例而言，在一個實施例中，顆粒材料包含顆粒氧化物或氮化物，諸如TiO₂、SiO₂、Al₂O₃、GeO₂、B₂O₃、Bi₂O₃、BaO、ZnO、ZrO₂、BN、Si₃N₄、Ge₃N₄。參見例如P. Arora及J. Zhang，「Battery Separators」，Chemical Reviews 2004，

104, 4419-4462。其他適合的顆粒可包含 BaTiO_3 、 $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ (PZT)、 $\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_3$ (PLZT)、 $\text{PB}(\text{Mg}_3\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PMN-PT)、氧化鉛(HfO_2)、 SrTiO_3 、 SnO_2 、 CeO_2 、 MgO 、 NiO 、 CaO 、 ZnO 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 SiC ，或其混合物。在一個實施例中，顆粒材料將具有約20 nm至2微米，更典型地200 nm至1.5微米之平均粒度。在一個實施例中，顆粒材料將具有約500 nm至1微米之平均粒度。

【0323】 在一替代實施例中，微孔隔板材料所包含之顆粒材料可能受諸如燒結、黏結、固化等技術束縛，同時維持電解質進入所需之空隙分率以提供電池組功能之離子導電率。

【0324】 微孔隔板材料可例如藉由顆粒隔板材料之電泳沈積沈積，其中藉由諸如靜電引力或凡得瓦爾力之表面能、顆粒隔板材料之漿料沈積(包括旋轉或噴霧塗佈)、網板印刷、浸漬塗佈及靜電噴霧沈積來使粒子聚結。黏結劑可包括於沈積製程中；舉例而言，顆粒材料可與溶劑蒸發後沈澱之溶解黏結劑一起漿料沈積，在溶解黏結劑材料存在下電泳沈積，或與黏結劑及絕緣粒子等一起共電泳沈積。替代地或另外，黏結劑可在粒子沈積於電極結構之中或之上後添加；舉例而言，顆粒材料可分散於有機黏結劑溶液中且浸漬塗佈或噴射塗佈，繼而使黏結劑材料乾燥、熔融或交聯以提供黏著強度。

【0325】 在組裝的能量儲存器件中，微孔隔板材料由適用作蓄電池組電解質之非水性電解質滲透。通常，非水性電解質包含鋰鹽及/或溶解於有機溶劑及/或溶劑混合物中之鹽的混合物。例示性鋰鹽包括無機鋰鹽，諸如 LiClO_4 、 LiBF_4 、 LiPF_6 、 LiAsF_6 、 LiCl 及 LiBr ；及有機鋰鹽，諸如 $\text{LiB}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$ 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3$ 、 $\text{LiNSO}_2\text{CF}_3$ 、

$\text{LiNSO}_2\text{CF}_5$ 、 $\text{LiNSO}_2\text{C}_4\text{F}_9$ 、 $\text{LiNSO}_2\text{C}_5\text{F}_{11}$ 、 $\text{LiNSO}_2\text{C}_6\text{F}_{13}$ 及
 $\text{LiNSO}_2\text{C}_7\text{F}_{15}$ 。作為又一實例，電解質可包含溶解於其中之鈉離子，例如
 NaClO_4 、 NaPF_6 、 NaBF_4 、 NaCF_3SO_3 、 $\text{NaN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、
 $\text{NaN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{NaC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ 中的任何一或多者。可類似地提供鎂及/
 或鉀鹽。舉例而言，可提供鎂鹽，諸如氯化鎂(MgCl_2)、溴化鎂(MgBr_2)
 或碘化鎂(MgI_2)，及/或以及可為選自由以下各者組成的群組的至少一個
 的鎂鹽：過氯酸鎂($\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$)、硝酸鎂($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$)、硫酸鎂(MgSO_4)、
 四氟硼酸鎂($\text{Mg}(\text{BF}_4)_2$)、四苯基硼酸鎂($\text{Mg}(\text{B}(\text{C}_6\text{H}_5)_4)_2$)、六氟磷酸鎂
 ($\text{Mg}(\text{PF}_6)_2$)、六氟砷鎂($\text{Mg}(\text{AsF}_6)_2$)、全氟烷基磺酸鎂($\text{Mg}(\text{R}_{f1}\text{SO}_3)_2$)，其
 中 R_{f1} 為全氟烷基)、全氟烷基磺醯亞胺基鎂($\text{Mg}((\text{R}_{f2}\text{SO}_2)_2\text{N})_2$)，其中 R_{f2} 為
 全氟烷基)，及六烷基二矽疊氮化鎂($\text{Mg}(\text{HRDS})_2$)，其中R為烷基)。使鋰
 鹽溶解之例示性有機溶劑包括環酯、鏈酯、環醚及鏈醚。環酯之特定實例
 包括碳酸丙烯酯、碳酸仲乙酯、碳酸仲丁酯、 γ -丁內酯、仲乙基碳酸
 鹽、2-甲基- γ -丁內酯、乙醯基- γ -丁內酯，及 γ -戊內酯。鏈酯之特定實例
 包括碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、碳酸二丁酯、碳酸二丙酯、碳酸甲基乙
 酯、碳酸甲基丁酯、碳酸甲基丙酯、碳酸乙基丁酯、碳酸乙基丙酯、碳酸
 丁基丙酯、丙酸烷基酯、丙二酸二烷基酯，及乙酸烷基酯。環醚之特定實
 例包括四氫呋喃、烷基四氫呋喃、二烷基四氫呋喃、烷氧基四氫呋喃、二
 烷氧基四氫呋喃、1,3-二氧雜環戊烷、烷基-1,3-二氧雜環戊烷，及1,4-二
 氧雜環戊烷。鏈醚之特定實例包括1,2-二甲氧基乙烷、1,2-二乙氧基乙
 烷、二乙醚、乙二醇二烷基醚、二乙二醇二烷基醚、三乙二醇二烷基醚，
 及四乙二醇二烷基醚。

【0326】 在又一實施例中，蓄電池組102可包含電解質，其可為有

機液體電解質、無機液體電解質、固體聚合物電解質、凝膠聚合物電解質、無機固體電解質、熔融型無機電解質或其類似物中之任一者。在電解質為固體電解質之又一實施例中，固體電解質自身可能夠提供電極之間的絕緣且使載體離子自其穿過，使得可能不需要單獨隔板層。亦即，在某些實施例中，固體電解質可代替本文實施例中所述之隔板130。在一個實施例中，固體聚合物電解質可包含由聚氧化乙烯(PEO)-基、聚乙酸乙烯酯(PVA)-基、聚乙二亞胺(PEI)-基、聚偏二氟乙烯(PVDF)-基、聚丙烯腈(PAN)-基、LiPON及聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)-基聚合物或其共聚物形成之聚合物中的任一者。在另一實施例中，可提供硫化物-基固體電解質，諸如包含鋰及/或磷中的至少一者之硫化物-基固體電解質，諸如 Li_2S 及 P_2S_5 中的至少一者，及/或其他硫化物，諸如 SiS_2 、 GeS_2 、 Li_3PS_4 、 $\text{Li}_4\text{P}_2\text{S}_7$ 、 Li_4SiS_4 、 $\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5$ 及 $50\text{Li}_4\text{SiO}_4.50\text{Li}_3\text{BO}_3$ 及/或 B_2S_3 。固體電解質之又其他實施例可包括鋰(Li)之氮化物、鹵化物及硫酸鹽，諸如 Li_3N 、 LiI 、 Li_5NI_2 、 $\text{Li}_3\text{N}-\text{LiI}-\text{LiOH}$ 、 LiSiO_4 、 $\text{LiSiO}_4-\text{LiI}-\text{LiOH}$ 、 Li_2SiS_3 、 Li_4SiO_4 、 $\text{Li}_4\text{SiO}_4-\text{LiI}-\text{LiOH}$ 及 $\text{Li}_3\text{PO}_4-\text{Li}_2\text{S}-\text{SiS}_2$ 。

【0327】此外，根據一個實施例，包括微孔隔板130及其他電極110及/或反電極112結構之蓄電池組102之組件包含允許組件起作用(即使在蓄電池組102之充電及放電期間發生電極活性材料132之膨脹的情況下)之組態及組合物。亦即，組件可結構化以使得歸因於電極活性材料132在其充電/放電期間之膨脹之組件故障在可接受的限值內。

電極限制參數

【0328】根據一個實施例，電極限制組108之設計取決於包括以下各者之參數：(i)歸因於電極活性材料層132之膨脹在電極限制組108之組

件上施加的力；及(ii)抵消由電極活性材料層132之膨脹施加之力所需的電極限制組108之強度。舉例而言，根據一個實施例，藉由電極活性材料之膨脹在系統上施加之力取決於沿特定方向之橫截面電極面積。舉例而言，所施加之力在縱向方向上將與電極之長度(L_E)乘以電極之高度(H_E)成比例；在豎直方向上，力將與電極之長度(L_E)乘以電極之寬度(W_E)成比例，且橫向方向上之力將與電極之寬度(W_E)乘以電極之高度(H_E)成比例。

【0329】一級生長限制154、156之設計可取決於多個變數。一級生長限制154、156限制因電極活性材料層132在縱向方向上之膨脹所致的電極總成106之宏觀生長。在如圖8A中所示之實施例中，一級生長限制154、156與至少一個一級連接部件158(例如，第一及第二一級連接部件158及160)一致動作，以限制具有電極活性材料層132之電極結構110的生長。在限制生長中，至少一個連接部件158使一級生長限制154、156處於彼此拉伸，使得其施加壓縮力以抵消藉由電極活性材料層132之生長施加的力。根據一個實施例，當力施加於一級生長限制154、156上時，取決於一級連接部件158之拉伸強度，一級生長限制154、156可執行以下中的至少一者：(i)遠離彼此平移(在縱向方向上移動分開)；(ii)壓縮厚度；及(iii)沿縱向方向彎曲及/或偏斜以容納力。一級生長限制154、156遠離彼此平移之範圍可取決於一級連接部件158、160之設計。一級生長限制154、156可壓縮之量為一級生長限制材料性質，例如，形成一級生長限制154、156之材料之抗壓強度之函數。根據一個實施例，一級生長限制154、156可彎曲之量可取決於以下各者：(i)藉由電極結構110在縱向方向上之生長施加的力；(ii)一級生長限制154、156之彈性模數；(iii)豎直方向上一級連接部件158、160之間的距離；及(iv)一級生長限制154、156之

厚度(寬度)。在一個實施例中，一級生長限制154、156之最大偏斜可在一級連接部件158、160之間的豎直方向上在生長限制154、156之中點處發生。偏斜隨沿豎直方向之一級連接部件158、160之間的距離的四次方增大，隨限制材料模數線性地減小，且隨一級生長限制厚度(寬度)之3次方減小。控管因一級生長限制154、156之彎曲所致之偏斜的等式可寫成：

$$\delta = 60wL^4/Eh^3$$

【0330】 其中w=歸因於電極膨脹在一級生長限制154、156上施加之總分佈式負荷；L=沿豎直方向在一級連接部件158、160之間的距離；E=一級生長限制154、156之彈性模數，且h=一級生長限制154、156之厚度(寬度)。

【0331】 在一個實施例中，歸因於電極活性材料132之膨脹的一級生長限制154、156上之應力可使用以下等式計算：

$$\sigma = 3wL^2/4h^2$$

【0332】 其中w=歸因於電極活性材料層132之膨脹在一級生長限制154、156上施加之總分佈式負荷；L=沿豎直方向在一級連接部件158、160之間的距離；且h=一級生長限制154、156之厚度(寬度)。在一個實施例中，一級生長限制154、156上之最高應力在一級生長限制154、156至一級連接部件158、160之附接點處。在一個實施例中，應力隨一級連接部件158、160之間的距離之平方增大，且隨一級生長限制154、156之厚度之平方減小。

【0333】

鋰離子蓄電池組

【0334】 再次參考圖1B，在一個實施例中，提供包含含矽電極活性

材料之鋰離子蓄電池組。鋰離子蓄電池組102能夠在充電與放電狀態之間循環，且蓄電池組包含電池組殼體104、電極總成106及包含電池組殼體內之鋰離子的載體離子，及電極限制組108。在實施例中，蓄電池組之電極總成具有對應於虛三維笛卡爾座標系統之 x 、 y 及 z 軸的相互垂直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之第一縱向末端表面116及第二縱向末端表面118；及包圍電極總成縱向軸線 A_{EA} 且連接第一及第二縱向末端表面之側表面142 (例如，如圖2A中所描繪)，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與該縱向軸線正交之第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之最大寬度 W_{EA} 、藉由側表面限定且在橫向方向上量測之最大長度 L_{EA} ，及藉由側表面限定且在豎直方向上量測之最大高度 H_{EA} ，其中最大長度 L_{EA} 及最大寬度 W_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率為至少2:1 (例如，如圖2A中所描繪)。

【0335】 根據一個實施例，電極總成106包含在平行於電極總成106內之縱向軸線之堆疊方向上堆疊的一系列層800，其中經堆疊系列層800包含負電極活性材料層群132、負電極集電器層群136、隔板材料層群130、正電極活性材料層群138，及正電極集電器層群140。根據實施例，負電極活性材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在負電極活性材料層132之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的負電極活性材料層132之斐瑞特直徑之長度 L_E ，及對應於如在豎直方向上在負電極活性材料層132之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的負電極活性材料層132之斐瑞特直徑的高度 H_E ，及對應於如在縱向方向上在負電極活性材料層132之第一與第二相對表面之間所量測的負電極活性材料層132之斐瑞特直徑的寬度 W_E ，其中 L_E 與 H_E 及 W_E 之比率為至少5:1。此外，正電極活

性材料層群138之各部件具有對應於如在橫向方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的正電極活性材料層138之斐瑞特直徑的長度 L_c ，及對應於如在豎直方向上在正電極活性材料層138之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的正電極活性材料層138之斐瑞特直徑的高度 H_c ，及對應於如在縱向方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的正電極活性材料層之斐瑞特直徑的寬度 W_c ，其中 L_c 與 H_c 及 W_c 之比率為至少5:1。

【0336】 在一個實施例中，為鋰離子蓄電池組提供之電極限制組108包含一級限制系統151及次級限制系統155。一級限制系統151包含第一及第二一級生長限制154、156及至少一個一級連接部件162，該第一及第二一級生長限制在縱向方向上彼此分離，且至少一個一級連接部件連接第一及第二一級生長限制以至少部分地限制電極總成在縱向方向上之生長。次級限制系統155包含在第二方向上分隔開且藉由經堆疊系列層800之部件連接之第一及第二次級生長限制158、160，其中在蓄電池組循環後該次級限制系統155至少部分地限制電極總成在第二方向上之生長，該第二方向與該縱向方向正交。舉例而言，參考圖1B，第一及第二次級生長限制158、160可藉由負電極集電器層群136之部件、正電極集電器層群140之部件、負電極活性材料層群132之部件、正電極活性材料層群138之部件、隔板層群130之部件或其任何組合中的任何一或多者彼此連接。參考圖1B及圖29A至圖29D，在一個實施例中，第一及第二次級生長限制158、160可經由負電極集電器層群136及/或正電極集電器層群140之部件中之一或多者連接。此外，根據一個實施例，一級限制系統在堆疊方向上在電極總成上維持超過在相互垂直且垂直於堆疊方向之兩個方向中之每一

者上在電極總成上維持之壓力的壓力。

【0337】 在又一實施例中，鋰離子蓄電池組102可包含相同單元電池504內之負電極活性材料層132與正電極材料層138之間的偏移，如本文中其他處所論述。舉例而言，在一個實施例中，電極總成106包含單元電池群504，其中各單元電池504包含電極集電器層群之第一部件的單元電池部分、對載體離子為離子可滲透的隔板群之部件、電極活性材料層群之第一部件、反電極集電器群之第一部件的單元電池部分，及反電極活性材料層群之第一部件。電極活性材料層群之第一部件接近隔板層之第一側，且反電極材料層群之第一部件接近隔板層之相對第二側。隔板使電極活性材料層群之第一部件與反電極活性材料層群之第一部件電隔離，且載體離子在電池組於充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池之隔板主要在電極活性材料層群之第一部件與反電極活性材料層群之第一部件之間交換。

【0338】 此外，在每一單元電池內，電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面在電極總成之相同側面上，電極活性材料之第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之長度 L_E 描出第一豎直末端表面曲線 E_{VP1} ，反電極活性材料層之第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之長度 L_C 描出第一豎直末端表面曲線 CE_{VP1} ，其中對於第一反電極活性材料層之長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{VP1} 與 CE_{VP1} 之間的分離距離 S_{Z1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面之間，反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對於電極活性材料層之第一豎直末端表面向內安置。

【0339】此外，根據一個實施例，在每一單元電池內，電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面在電極總成之相同側面上，且分別與電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對，電極活性材料層之第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之長度 L_E 描出第二豎直末端表面曲線 E_{VP2} ，反電極活性材料層之第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之長度 L_C 描出第二豎直末端表面曲線 CE_{VP2} ，其中對於反電極活性材料層之長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{VP2} 與 CE_{VP2} 之間的分離距離 S_{Z2} 之絕對值為 $1000\ \mu\text{m} \geq |S_{Z2}| \geq 5\ \mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面之間，反電極活性材料層之第二豎直末端表面相對於電極活性材料層之第二豎直末端表面向內安置。

【0340】根據又一實施例，在每一單元電池內，電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面在電極總成之相同側面上，電極活性材料層之第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之高度 H_E 描出第一橫向末端表面曲線 E_{TP1} ，反電極之第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之高度 H_C 描出第一橫向末端表面曲線 CE_{TP1} ，其中對於反電極活性材料層之高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之曲線 E_{TP1} 與 CE_{TP1} 之間的分離距離 S_{X1} 之絕對值為 $1000\ \mu\text{m} \geq |S_{X1}| \geq 5\ \mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面之間，反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對於電極活性材料層之第一橫向末端表面向內安置。此外，電極及反電極活性材料層之第二橫向末端表面在電極總成之相同側面上，且分別與電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對，電極活性材料層之第二相對橫

向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之高度 H_E 描出第二橫向末端表面曲線 E_{TP2} ，反電極之第二相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之高度 H_C 描出第二橫向末端表面曲線 CE_{TP2} ，其中對於反電極活性材料層之高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之曲線 E_{TP2} 與 CE_{TP2} 之間的分離距離 S_{X2} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第二橫向末端表面之間，反電極活性材料層之第二橫向末端表面相對於電極活性材料層之第二橫向末端表面向內安置。

【0341】在又一實施例中，鋰離子蓄電池組102可為根據本文中描述之任何製造方法製造的鋰離子蓄電池組，諸如藉由其中負電極及/或正電極片材之弱化區及/或子單元提供為製造程序之一部分的製造方法。因此，在某些實施例中，經堆疊系列層800包含具有在橫向方向上彼此間隔開之相對末端表面的層，其中歸因於材料層在相對末端表面處之延伸及窄化，該等層之複數個相對末端表面展現以橫向方向定向之塑性變形及斷裂。舉例而言，參考圖19，在一個實施例中，負及/或正電極集電器層136、140中之一或多者包含具有一區705之相對末端表面978a、978b、982a、982b，該區由於接近於區705之弱化區處的分離呈現塑性變形及斷裂。

在一個實施例中，鋰離子蓄電池組包含負電極活性材料層群之部件，該等部件包含具有至少60 wt%負電極活性材料、低於20 wt%導電助劑之顆粒材料及黏結劑材料。在一個實施例中，負電極活性材料層群之部件包含具有至少80 wt%負電極活性材料之顆粒材料。在另一實施例中，負電極活性材料層群之部件包含具有至少90 wt%負電極活性材料之顆粒

材料。在又一實施例中，負電極活性材料層群之部件包含具有至少95 wt%負電極活性材料之顆粒材料。此外，在一個實施例中，負電極活性材料層群之部件包含低於10 wt%導電助劑，及至少1 wt%導電助劑。在一個實施例中，電極活性材料包含含矽材料，其包含矽、氧化矽及其混合物中的至少一者。舉例而言，在一個實施例中，電極活性材料層包含含矽顆粒電極活性材料之壓塊。在另一實施例中，負電極活性材料層群之部件包含導電助劑，其包含銅、鎳及碳中的至少一者。在另一實施例中，正電極活性材料層群之部件包含正電極活性材料，其包含含有鋰的過渡金屬氧化物材料以及鈷及鎳中之至少一者。

【0342】 在一個實施例中，其中在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制藉由經堆疊系列層800之部件彼此連接，該等部件包含負電極集電器層群136之部件，如例如圖1B至圖1D及圖29A至圖29D中所展示。舉例而言，參考圖1B，在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制可藉由經堆疊系列層800之部件彼此連接，該等部件包含負電極集電器層群136之部件，且其中負電極集電器層136形成用於電極結構110之其所屬部分之負電極主結構層。亦即，負電極集電器層群136之部件可形成電極結構110之主結構，其中至少一個負電極活性材料層132安置在其表面上，且甚至可形成電極結構110之核心，其中電極活性材料層132安置在其兩個相對表面上。

【0343】 根據一個實施例，用於連接第一及第二次級限制158、160 (例如，充當連接部件166)之負電極集電器層群136之部件可包含具有用以抵抗過量壓縮之合適導電率及抗壓強度的材料，諸如銅及不鏽鋼中之一或多者，且在一個實施例中，負電極集電器層136由銅膜形成。負電極集電

器之厚度亦可經選擇以提供用於總層之合適的傳導率以及抗壓強度，諸如至少2微米，但通常低於20微米，諸如6微米至18微米，及/或8微米至14微米之厚度。

【0344】 在一個實施例中，負電極集電器層群之部件包含含銅層，且經堆疊系列層800包含處於堆疊順序之負電極集電器層群之部件，其中負電極活性材料層群之部件安置在負電極集電器層之相對側上。在又一實施例中，負電極活性材料層群之部件包含顆粒含矽材料之壓塊，且負電極活性材料層群之部件安置在形成負電極主結構之含銅負電極集電器之相對側上。此外，根據一個實施例，電極活性材料層群之部件包含至少2.5 mm，諸如至少3 mm之高度尺寸 H_E 。

【0345】 根據又一實施例，鋰離子蓄電池組包含在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制，該第一及第二次級生長限制藉由包含正電極集電器層群140之部件的經堆疊系列層800之部件彼此連接。類似於以上負電極集電器，正電極集電器之材料及性質可經選擇以提供合適傳導率同時亦賦予足夠抗壓強度以抵抗過量壓縮。在一個實施例中，正電極集電器層之部件包含鋁。正電極集電器之厚度可為至少2微米，但通常低於20微米，諸如6微米至18微米，及/或8微米至14微米。

【0346】 根據又一實施例，鋰離子蓄電池組包含在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制，該第一及第二次級生長限制藉由包含負電極活性材料層群132之部件的經堆疊系列層800之部件彼此連接。在又一實施例中，第一及第二次級生長限制藉由包含正電極活性材料層群之部件的經堆疊系列層之部件彼此連接。在又一實施例中，第一及第二次級生長限制藉由包含隔板材料層群之部件的經堆疊系列層之部件彼此連接。亦

即，除正電極集電器層群之至少一些部件，且甚至隔板材料層群之至少一些部件或構成經堆疊系列層800之層的某一其他組合以外，第一及第二次級生長限制可經由負電極集電器層群之部件彼此連接。

【0347】 在某些實施例中，如上文所論述，含有電極總成106之電池組殼體104可為氣密密封式的。此外，電極限制組之至少一部分且甚至全部可在氣密密封式殼體內，諸如一級及次級限制系統中之一或多者或至少其一部分。根據又一實施例，蓄電池組可進一步包含如上文所論述用以在第三方向，諸如X方向上進行限制之三級限制系統，三級限制系統之至少一部分或甚至全部亦可提供於密封殼體內。

【0348】 根據一個實施例，鋰離子蓄電池組包含能夠如上文已論述將生長限制在一定程度之限制組108。舉例而言，在一個實施例中，其中一級限制系統限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%，其中蓄電池組之充電狀態為蓄電池組之額定容量的至少75%，且蓄電池組之放電狀態小於蓄電池組之額定容量的25%。在另一實施例中，一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。在又一實施例中，一級限制陣列將歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成在縱向方向上之生長限制為小於20%。在另一實施例中，一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。在另一實施例中，一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小

於10%。在另一實施例中，一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。在又一實施例中，一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組5次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。在另一實施例中，如任何前述主張中之蓄電池組，其中一次限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。在另一實施例中，一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。在另一實施例中，一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得每次蓄電池組循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。此外，在一個實施例中，次級生長限制系統限制電極總成在第二方向上之生長，使得在蓄電池組之重複循環後歷經20次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。在另一實施例中，次級生長限制系統限制電極總成在第二方向上之生長，使得歷經蓄電池組5次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。在又一實施例中，次級生長限制系統限制電極總成在第二方向上之生長，使得每次蓄電池組循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。

實例

【0349】 本發明實例表明製造具有用於蓄電池組102之限制組108之電極總成106的方法。根據本發明之態樣的用於形成電極總成106及/或蓄

電池組102之一種製程的特定實例提供於下文中。此等實例出於說明本發明之態樣之目的提供，且並不意欲為限制性的。

實例1：具有噴射隔板之LMO/Si

【0350】 在此實例中，包含Si之電極活性材料層132塗佈在Cu箔之兩側上，該Cu箔提供為電極集電器136。供用於電極活性材料層132之合適之活性含Si材料的實例可包括Si、Si/C複合材料、Si/石墨共混物、SiO_x、多孔Si，及金屬間Si合金。隔板材料噴塗於含Si電極活性材料層132之頂部上。將含Si電極活性材料層/Cu箔/隔板組合分割至預定長度及高度(例如，預定L_E及H_E)，以形成電極結構110。此外，Cu箔之區可保持為暴露的(例如，未經含Si電極活性材料層132塗佈)，以提供可連接至電極母線600之橫向電極集電器末端。

【0351】 此外，包含含鋰金屬氧化物(LMO)，諸如鋰鈷氧化物(LCO)、鋰鎳鈷鋁氧化物(NCA)、鋰鎳錳鈷氧化物(NMC)或其組合之反電極活性材料層138塗佈在Al箔之兩側上，該Al箔提供為反電極集電器140。隔板材料噴塗於含LMO反電極活性材料層138之頂部上。將含LMO反電極活性材料層/Al箔/隔板組合分割至預定長度及高度(例如，預定L_E及H_E)，以形成反電極結構110。此外，Al箔之區可保持為暴露的(例如，未經含LMO反電極活性材料層138塗佈)，以提供可連接至反電極母線602之橫向反電極集電器末端。具有隔板層之陽極結構110及陰極結構112以交替方式堆疊以形成隔板/Si/Cu箔/Si/隔板/LMO/Al箔/LMO/隔板之重複結構。又，在最終堆疊結構中，反電極活性材料層138可經提供具有相對於電極活性材料層132之豎直及/或橫向偏移，如本文中已描述。

【0352】 雖然堆疊，但電極集電器之橫向末端可藉由例如插入穿過

母線中之孔隙及/或狹槽附接至電極母線。類似地，反電極集電器之橫向末端可藉由例如插入穿過反電極母線中之孔隙及/或狹槽附接至反電極母線。舉例而言，每一集電器及/或相對集電器末端可個別地插入單獨孔隙中，或多個末端可插入穿過相同孔隙。末端可藉由諸如焊接(例如，織物、雷射、超音波)之合適的附接方法附接至母線。

【0353】此外，分割限制材料(例如，玻璃纖維/環氧複合材料，或其他材料)以匹配堆疊電極總成106之XY尺寸，從而在電極總成之豎直末端處提供第一及第二次級生長限制。限制可提供有孔，以允許電解質自由流動至堆疊電極(例如，如圖6C及圖6D中展示之實施例中所描繪)。又，豎直限制可附接至電極及/或反電極結構110、112之預定數目個「主結構」，在此實施例中可為形成電極及反電極集電器136、140之Cu及/或Al箔。第一及第二豎直限制可例如經由諸如環氧樹脂之黏著劑附接至預定數目個電極及/或反電極集電器136、140之豎直末端。

【0354】整個電極總成、限制、母線及突片延伸部可置放於外包裝材料，諸如金屬化層壓袋。袋經密封，其中母線末端突出穿過袋密封件其中之一者。替代地，總成置放於罐中。母線延伸部附接至罐之正及負連接件。罐可藉由焊接或壓接方法密封。

【0355】在又一實施例中，在將該總成置放於袋中之前，能夠釋放Li之第三輔助電極置放於頂部限制系統之外部上。替代地，額外Li釋放電極亦置放於底部限制系統之外部上。輔助電極中的一者或兩者連接至突片。系統最初可藉由對電極與反電極進行充電而形成。在形成程序完成之後，可打開袋，可移除輔助電極，且再密封袋。

【0356】儘管以下實施例提供以說明本發明之態樣，但實施例並不

意欲為限制性的且亦可提供其他態樣及/或實施例。

【0357】 實施例1.一種用於在充電與放電狀態之間循環的蓄電池組，該蓄電池組包含電池組殼體、電極總成，及電池組殼體內之鋰離子，及電極限制組，其中

【0358】 (a)電極總成具有分別對應於虛三維笛卡爾座標系統之 x 、 y 及 z 軸的相互垂直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之第一縱向末端表面及第二縱向末端表面；及包圍電極總成縱向軸線 A_{EA} 且連接第一及第二縱向末端表面之側表面，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與該縱向軸線正交之第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之最大寬度 W_{EA} 、藉由側表面限定且在橫向方向上量測之最大長度 L_{EA} ，及藉由側表面限定且在豎直方向上量測之最大高度 H_{EA} ，其中最大長度 L_{EA} 及最大寬度 W_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率為至少2:1。

【0359】 (b)電極總成包含在平行於縱向軸線之堆疊方向上堆疊於電極總成內之一系列層，其中經堆疊系列層包含負電極活性材料層群、負電極集電器層群、隔板材料層群、正電極活性材料層群，及正電極集電器材料層群，其中

【0360】 (i)負電極活性材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在負電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的負電極活性材料層之斐瑞特直徑的長度 L_E ，及對應於如在豎直方向上在負電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的負電極活性材料層之斐瑞特直徑的高度 H_E ，及對應於如在縱向方向上在負電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的負電極活性材料層之斐瑞特直徑的

寬度 W_E ，其中 L_E 與 H_E 及 W_E 之比率為至少5:1；

【0361】 (ii)正電極活性材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的正電極活性材料層之斐瑞特直徑的長度 L_C ，及對應於如在豎直方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的正電極活性材料層之斐瑞特直徑的高度 H_C ，及對應於如在縱向方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的正電極活性材料層之斐瑞特直徑的寬度 W_C ，其中 L_C 與 H_C 及 W_C 之比率為至少5:1

【0362】 (iii)負電極活性材料層群之部件包含具有至少60 wt%負電極活性材料、低於20 wt%導電助劑之顆粒材料及黏結劑材料，且其中負電極活性材料包含含矽材料，

【0363】 (c)電極限制組包含一級限制系統及次級限制系統，其中

【0364】 (i)一級限制系統包含第一與第二生長限制及至少一個一級連接部件，該第一及第二一級生長限制在縱向方向上彼此分離，且至少一個一級連接部件連接第一及第二一級生長限制以至少部分地限制電極總成在縱向方向上之生長，及

【0365】 (ii)次級限制系統包含在第二方向上分隔開且藉由經堆疊系列層之部件連接之第一及第二次級生長限制，其中在蓄電池組循環後該次級限制系統至少部分地限制電極總成在第二方向上之生長，該第二方向與該縱向方向正交，及，

【0366】 (iii)一級限制系統在堆疊方向上在電極總成上維持超過在相互垂直且垂直於堆疊方向之兩個方向中之每一者上在電極總成上維持之壓力的壓力，及

【0367】 (d)電極總成包含單元電池群，其中各單元電池包含電極集電器群之第一部件的單元電池部分、對載體離子為離子可滲透的隔板群之部件、電極活性材料層群之第一部件、反電極集電器群之第一部件的單元電池部分及反電極至活性材料層群之第一部件，其中(aa)電極活性材料層群之第一部件接近隔板之第一側且反電極材料層群之第一部件接近隔板之相對第二側，(bb)隔板使電極活性材料層群之第一部件與反電極活性材料層群之第一部件電隔離，且載體離子在該電池組於充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池之隔板主要在電極活性材料層群之第一部件與反電極活性材料層群之第一部件之間交換，及(cc)在每一單元電池內，

【0368】 a.電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面在電極總成之相同側面上，電極活性材料之第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之長度 L_E 描出第一豎直末端表面曲線 E_{VP1} ，反電極活性材料層之第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之長度 L_C 描出第一豎直末端表面曲線 CE_{VP1} ，其中對於第一反電極活性材料層之長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{VP1} 與 CE_{VP1} 之間的分離距離 S_{Z1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面之間，反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對於電極活性材料層之第一豎直末端表面向內安置，

【0369】 b.電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面在電極總成之相同側面上，且分別與電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對，電極活性材料層之第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之長度 L_E 描出第二豎直末端表面曲線

E_{VP2} ，反電極活性材料層之第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之長度 L_C 描出第二豎直末端表面曲線 CE_{VP2} ，其中對於反電極活性材料層之長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{VP2} 與 CE_{VP2} 之間的分離距離 S_{Z2} 的絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面之間，反電極活性材料層之第二豎直末端表面相對於電極活性材料層之第二豎直末端表面向內安置。

【0370】 實施例2.如實施例1之蓄電池組，其中經堆疊系列層包含具有在橫向方向上彼此間隔開之相對末端表面的層，其中歸因於層在相對末端表面處之延伸及窄化，該等層之複數個相對末端表面展現以橫向方向定向之塑性變形及斷裂。

【0371】 實施例3.如實施例1至2中任一項之蓄電池組，其中在每一單元電池內，

【0372】 c.電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面在電極總成之相同側面上，電極活性材料層之第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之高度 H_E 描出第一橫向末端表面曲線 E_{TP1} ，反電極活性材料層之第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之高度 H_C 描出第一橫向末端表面曲線 CE_{TP1} ，其中對於第一反電極活性材料層之高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之曲線 E_{TP1} 與 CE_{TP1} 之間的分離距離 S_{X1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面之間，反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對於電極活性材料層之第一橫向末端表面向內安置，且

【0373】 d.電極及反電極活性材料層之第二橫向末端表面在電極總成之相同側面上，且分別與電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對，電極活性材料層之第二相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之高度 H_E 描出第二橫向末端表面曲線 E_{TP2} ，反電極活性材料層之第二橫向豎直末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之高度 H_C 描出第二橫向末端表面曲線 CE_{TP2} ，其中對於反電極活性材料層之高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之曲線 E_{TP2} 與 CE_{TP2} 之間的分離距離 S_{X2} 的絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第二橫向末端表面之間，反電極活性材料層之第二橫向末端表面相對於電極活性材料層之第二橫向末端表面向內安置。

【0374】 實施例4.一種用於在充電與放電狀態之間循環的蓄電池組，該蓄電池組包含電池組殼體、電極總成，及電池組殼體內之載體離子，及電極限制組，其中

【0375】 (a)電極總成具有分別對應於虛三維笛卡爾座標系統之x、y及z軸的相互垂直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之第一縱向末端表面及第二縱向末端表面；及包圍電極總成縱向軸線 A_{EA} 且連接第一及第二縱向末端表面之側表面，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與該縱向軸線正交之第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之最大寬度 W_{EA} 、藉由側表面限定且在橫向方向上量測之最大長度 L_{EA} ，及藉由側表面限定且在豎直方向上量測之最大高度 H_{EA} ，其中最大長度 L_{EA} 及最大寬度 W_{EA} 大於最大高度 H_{EA} ，

【0376】 (b)電極總成包含在平行於縱向軸線之堆疊方向上堆疊於電極總成內之一系列層，其中經堆疊系列層包含負電極活性材料層群、負電極集電器層群、隔板材料層群、正電極活性材料層群，及正電極集電器材料層群，其中

【0377】 (i)負電極活性材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在負電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的負電極活性材料層之斐瑞特直徑的長度 L_E ，及對應於如在豎直方向上在負電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的負電極活性材料層之斐瑞特直徑的高度 H_E ，及對應於如在縱向方向上在負電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的負電極活性材料層之斐瑞特直徑的寬度 W_E ，其中 L_E 與 H_E 及 W_E 之比率為至少5:1；

【0378】 (ii)正電極材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的正電極活性材料層之斐瑞特直徑的長度 L_C ，及對應於如在豎直方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的正電極活性材料層之斐瑞特直徑的高度 H_C ，及對應於如在縱向方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的正電極活性材料層之斐瑞特直徑的寬度 W_C ，其中 L_C 與 H_C 及 W_C 之比率為至少5:1

【0379】 (iii)負電極活性材料層群之部件包含具有至少60 wt%負電極活性材料、低於20 wt%導電助劑之顆粒材料，及黏結劑材料，

【0380】 (c)電極限制組包含一級限制系統及次級限制系統，其中

【0381】 (i)一級限制系統包含第一與第二生長限制及至少一個一級連接部件，該第一及第二一級生長限制在縱向方向上彼此分離，且至少一

個一級連接部件連接第一及第二一級生長限制以至少部分地限制電極總成在縱向方向上之生長，及

【0382】 (ii)次級限制系統包含在第二方向上分隔開且藉由經堆疊系列層之部件連接之第一及第二次級生長限制，其中在蓄電池組循環後該次級限制系統至少部分地限制電極總成在第二方向上之生長，該第二方向與該縱向方向正交，及

【0383】 (iii)一級限制系統在堆疊方向上在電極總成上維持超過在相互垂直且垂直於堆疊方向之兩個方向中之每一者上在電極總成上維持之壓力的壓力，及

【0384】 (d)經堆疊系列層包含具有在橫向方向上彼此間隔開之相對末端表面的層，其中歸因於層在相對末端表面處之延伸及窄化，該等層之複數個相對末端表面展現以橫向方向定向之塑性變形及斷裂。

【0385】 實施例5.如實施例4之蓄電池組，其中電極總成包含單元電池群，其中各單元電池包含電極集電器層群之第一部件的單元電池部分、對載體離子為離子可滲透的隔板群之部件、電極活性材料層群之第一部件、反電極集電器群之第一部件的單元電池部分，及反電極活性材料層群之第一部件，其中(aa)電極活性材料層群之第一部件接近隔板之第一側且反電極材料層群之第一部件接近隔板之相對第二側，(bb)隔板使電極活性材料層群之第一部件與反電極活性材料層群之第一部件電隔離，且載體離子在該電池組於充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池之隔板主要在電極活性材料層群之第一部件與反電極活性材料層群之第一部件之間交換，及(cc)在每一單元電池內，

【0386】 a.電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面在電極總

成之相同側面上，電極活性材料之第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之長度 L_E 描出第一豎直末端表面曲線 E_{VP1} ，反電極活性材料層之第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之長度 L_C 描出第一豎直末端表面曲線 CE_{VP1} ，其中對於第一反電極活性材料層之長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{VP1} 與 CE_{VP1} 之間的分離距離 S_{Z1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面之間，反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對於電極活性材料層之第一豎直末端表面向內安置，

【0387】 b.電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面在電極總成之相同側面上，且分別與電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對，電極活性材料層之第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之長度 L_E 描出第二豎直末端表面曲線 E_{VP2} ，反電極活性材料層之第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之長度 L_C 描出第二豎直末端表面曲線 CE_{VP2} ，其中對於反電極活性材料層之長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{VP2} 與 CE_{VP2} 之間的分離距離 S_{Z2} 的絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面之間，反電極活性材料層之第二豎直末端表面相對於電極活性材料層之第二豎直末端表面向內安置。

【0388】 實施例6.如實施例4至5中任一項之蓄電池組，其中電極總成包含單元電池群，其中各單元電池包含電極集電器層群之第一部件的單元電池部分、對載體離子為離子可滲透的隔板群之部件、電極活性材料層

群之第一部件、反電極集電器群之第一部件的單元電池部分，及反電極活性材料層群之第一部件，其中(aa)電極活性材料層群之第一部件接近隔板之第一側且反電極材料層群之第一部件接近隔板之相對第二側，(bb)隔板使電極活性材料層群之第一部件與反電極活性材料層群之第一部件電隔離，且載體離子在該電池組於充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池之隔板主要在電極活性材料層群之第一部件與反電極活性材料層群之第一部件之間交換，及(cc)在每一單元電池內，

【0389】 c.電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面在電極總成之相同側面上，電極活性材料層之第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之高度 H_E 描出第一橫向末端表面曲線 E_{TP1} ，反電極活性材料層之第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之高度 H_C 描出第一橫向末端表面曲線 CE_{TP1} ，其中對於第一反電極活性材料層之高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之曲線 E_{TP1} 與 CE_{TP1} 之間的分離距離 S_{X1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面之間，反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對於電極活性材料層之第一橫向末端表面向內安置，且

【0390】 d.電極及反電極活性材料層之第二橫向末端表面在電極總成之相同側面上，且分別與電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對，電極活性材料層之第二相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之高度 H_E 描出第二橫向末端表面曲線 E_{TP2} ，反電極活性材料層之第二橫向豎直末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之高度 H_C 描出第二橫向末端表面曲線

CE_{TP2} ，其中對於反電極活性材料層之高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之曲線 E_{TP2} 與 CE_{TP2} 之間的分離距離 S_{X2} 的絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第二橫向末端表面之間，反電極活性材料層之第二橫向末端表面相對於電極活性材料層之第二橫向末端表面向內安置。

【0391】實施例7.一種用於在充電與放電狀態之間循環的蓄電池組，該蓄電池組包含電池組殼體、電極總成，及電池組殼體內之鋰離子，及電極限制組，其中

【0392】(a)電極總成具有分別對應於虛三維笛卡爾座標系統之 x 、 y 及 z 軸的相互垂直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之第一縱向末端表面及第二縱向末端表面；及包圍電極總成縱向軸線 A_{EA} 且連接第一及第二縱向末端表面之側表面，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與該縱向軸線正交之第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之最大寬度 W_{EA} 、藉由側表面限定且在橫向方向上量測之最大長度 L_{EA} ，及藉由側表面限定且在豎直方向上量測之最大高度 H_{EA} ，其中最大長度 L_{EA} 及最大寬度 W_{EA} 與最大高度 H_{EA} 之比率為至少2:1

【0393】(b)電極總成包含在平行於縱向軸線之堆疊方向上堆疊於電極總成內之一系列層，其中經堆疊系列層包含負電極活性材料層群、負電極集電器層群、隔板材料層群、正電極活性材料層群，及正電極集電器材料層群，其中

【0394】(i)負電極活性材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在負電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的負電

極活性材料層之斐瑞特直徑的長度 L_E ，及對應於如在豎直方向上在負電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的負電極活性材料層之斐瑞特直徑的高度 H_E ，及對應於如在縱向方向上在負電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的負電極活性材料層之斐瑞特直徑的寬度 W_E ，其中 L_E 與 H_E 及 W_E 之比率為至少5:1；

【0395】 (ii)正電極活性材料層群之各部件具有對應於如在橫向方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的正電極活性材料層之斐瑞特直徑的長度 L_C ，及對應於如在豎直方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的正電極活性材料層之斐瑞特直徑的高度 H_C ，及對應於如在縱向方向上在正電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的正電極活性材料層之斐瑞特直徑的寬度 W_C ，其中 L_C 與 H_C 及 W_C 之比率為至少5:1

【0396】 (iii)負電極活性材料層群之部件包含具有至少60 wt%負電極活性材料、低於20 wt%導電助劑之顆粒材料及黏結劑材料，且其中負電極活性材料包含含矽材料，

【0397】 (c)電極限制組包含一級限制系統及次級限制系統，其中

【0398】 (i)一級限制系統包含第一與第二生長限制及至少一個一級連接部件，該第一及第二一級生長限制在縱向方向上彼此分離，且至少一個一級連接部件連接第一及第二一級生長限制以至少部分地限制電極總成在縱向方向上之生長，及

【0399】 (ii)次級限制系統包含在第二方向上分隔開且藉由經堆疊系列層之部件連接之第一及第二次級生長限制，其中在蓄電池組循環後該次級限制系統至少部分地限制電極總成在第二方向上之生長，該第二方向與

該縱向方向正交，及，

【0400】 (iii)一級限制系統在堆疊方向上在電極總成上維持超過在相互垂直且垂直於堆疊方向之兩個方向中之每一者上在電極總成上維持之壓力的壓力，及

【0401】 (d)電極總成包含單元電池群，其中各單元電池包含電極集電器群之第一部件的單元電池部分、對載體離子為離子可滲透的隔板群之部件、電極活性材料層群之第一部件、反電極集電器群之第一部件的單元電池部分及反電極至活性材料層群之第一部件，其中(aa)電極活性材料層群之第一部件接近隔板之第一側且反電極材料層群之第一部件接近隔板之相對第二側，(bb)隔板使電極活性材料層群之第一部件與反電極活性材料層群之第一部件電隔離，且載體離子在該電池組於充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池之隔板主要在電極活性材料層群之第一部件與反電極活性材料層群之第一部件之間交換，及(cc)在每一單元電池內，

【0402】 c.電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面在電極總成之相同側面上，電極活性材料層之第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之高度 H_E 描出第一橫向末端表面曲線 E_{TP1} ，反電極活性材料層之第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之高度 H_C 描出第一橫向末端表面曲線 CE_{TP1} ，其中對於第一反電極活性材料層之高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之曲線 E_{TP1} 與 CE_{TP1} 之間的分離距離 S_{X1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面之間，反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對於電極活性材料層之第一橫向末端表面向內安置，且

【0403】 d.電極及反電極活性材料層之第二橫向末端表面在電極總成之相同側面上，且分別與電極及反電極活性材料層之第一橫向末端表面相對，電極活性材料層之第二相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之高度 H_E 描出第二橫向末端表面曲線 E_{TP2} ，反電極活性材料層之第二橫向豎直末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之高度 H_C 描出第二橫向末端表面曲線 CE_{TP2} ，其中對於反電極活性材料層之高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之曲線 E_{TP2} 與 CE_{TP2} 之間的分離距離 S_{X2} 的絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第二橫向末端表面之間，反電極活性材料層之第二橫向末端表面相對於電極活性材料層之第二橫向末端表面向內安置。

【0404】 實施例8.如實施例7之蓄電池組，其中經堆疊系列層包含具有在橫向方向上彼此間隔開之相對末端表面的層，其中歸因於層在相對末端表面處之延伸及窄化，該等層之複數個相對末端表面展現以橫向方向定向之塑性變形及斷裂。

【0405】 實施例9.如實施例7至8中任一項之蓄電池組，其中，在每一單元電池內，

【0406】 a.電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面在電極總成之相同側面上，電極活性材料之第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之長度 L_E 描出第一豎直末端表面曲線 E_{VP1} ，反電極活性材料層之第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之長度 L_C 描出第一豎直末端表面曲線 CE_{VP1} ，其中對於第一反電極活性材料層之長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直

方向上量測之曲線 E_{VP1} 與 CE_{VP1} 之間的分離距離 S_{Z1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面之間，反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對於電極活性材料層之第一豎直末端表面向內安置，

【0407】 b.電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面在電極總成之相同側面上，且分別與電極及反電極活性材料層之第一豎直末端表面相對，電極活性材料層之第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿電極活性材料層之長度 L_E 描出第二豎直末端表面曲線 E_{VP2} ，反電極活性材料層之第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的2D圖沿反電極活性材料層之長度 L_C 描出第二豎直末端表面曲線 CE_{VP2} ，其中對於反電極活性材料層之長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之曲線 E_{VP2} 與 CE_{VP2} 之間的分離距離 S_{Z2} 的絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)如在電極及反電極活性材料層之第二豎直末端表面之間，反電極活性材料層之第二豎直末端表面相對於電極活性材料層之第二豎直末端表面向內安置。

【0408】 實施例10.如實施例1至9中任一項之蓄電池組，其中負電極活性材料層群之部件包含具有至少80 wt%負電極活性材料的顆粒材料。

【0409】 實施例11.如實施例1至10中任一項之蓄電池組，其中負電極活性材料層群之部件包含具有至少90 wt%負電極活性材料的顆粒材料。

【0410】 實施例12.如實施例1至11中任一項之蓄電池組，其中負電極活性材料層群之部件包含具有至少95 wt%負電極活性材料的顆粒材

料。

【0411】 實施例13.如實施例1至12中任一項之蓄電池組，其中電極活性材料包含含矽材料，該含矽材料包含矽、氧化矽及其混合物中之至少一者。

【0412】 實施例14.如實施例1至13中任一項之蓄電池組，其中負電極活性材料層群之部件包含低於10 wt%之導電助劑。

【0413】 實施例15.如實施例1至14中任一項之蓄電池組，其中負電極活性材料層群之部件包含導電助劑，該導電助劑包含銅、鎳及碳中之至少一者。

【0414】 實施例16.如實施例1至15中任一項之蓄電池組，其中正電極活性材料層群之部件包含含有鋰之過渡金屬氧化物材料及鈷及鎳中之至少一者。

【0415】 實施例17.如實施例1至16中任一項之蓄電池組，其中在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制藉由包含負電極集電器層群之部件的經堆疊系列層之部件彼此連接。

【0416】 實施例18.如實施例1至17中任一項之蓄電池組，其中在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制藉由包含負電極集電器層群之部件的經堆疊系列層之部件彼此連接，且其中負電極集電器層包含負電極主結構層。

【0417】 實施例19.如實施例1至18中任一項之蓄電池組，其中在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制藉由包含負電極集電器層群之部件的經堆疊系列層之部件彼此連接，且其中對於負電極集電器層群之每一部件，負電極集電器層部件具有安置在其表面上之負電極活性材料層群

的部件。

【0418】 實施例20.如實施例1至19中任一項之蓄電池組，其中在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制藉由包含負電極集電器層群之部件的經堆疊系列層之部件彼此連接，且其中負電極集電器層群之部件包含在經堆疊系列層中安置在其兩個相對表面上之負電極活性材料層群的部件。

【0419】 實施例21.如實施例1至20中任一項之蓄電池組，其中負電極集電器層群之部件包含銅及不鏽鋼中之一或多者。

【0420】 實施例22.如實施例1至21中任一項之蓄電池組，其中負電極集電器層群之部件包含在堆疊方向上量測之低於20微米及至少2微米的厚度。

【0421】 實施例23.如實施例1至22中任一項之蓄電池組，其中負電極集電器層群之部件包含在堆疊方向上量測之在6至18微米範圍內的厚度。

【0422】 實施例24.如實施例1至23中任一項之蓄電池組，其中負電極集電器層群之部件包含在堆疊方向上量測之在8至14微米範圍內的厚度。

【0423】 實施例25.如實施例1至24中任一項之蓄電池組其中在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制藉由包含正電極集電器層群之部件的經堆疊系列層之部件彼此連接。

【0424】 實施例26.如實施例1至25中任一項之蓄電池組，其中正電極集電器層之部件包含鋁。

【0425】 實施例27.如實施例1至26中任一項之蓄電池組，其中正電

極集電器層之部件包含在堆疊方向上量測之低於20微米及至少2微米的厚度。

【0426】 實施例28.如實施例1至27中任一項之蓄電池組，其中正電極集電器層之部件包含在堆疊方向上量測之在6至18微米範圍內的厚度。

【0427】 實施例29.如實施例1至28中任一項之蓄電池組，其中正電極集電器層之部件包含在堆疊方向上量測之在8至14微米範圍內的厚度。

【0428】 實施例30.如實施例1至29中任一項之蓄電池組，其中在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制藉由包含負電極活性材料層群之部件的經堆疊系列層之部件彼此連接。

【0429】 實施例31.如實施例1至30中任一項之蓄電池組，其中在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制藉由包含正電極活性材料層群之部件的經堆疊系列層之部件彼此連接。

【0430】 實施例32.如實施例1至31中任一項之蓄電池組，其中在第二方向上分隔開之第一及第二次級生長限制藉由包含隔板材料層群之部件的經堆疊系列層之部件彼此連接。

【0431】 實施例33.如實施例1至32中任一項之蓄電池組，其中該殼體為氣密密封式。

【0432】 實施例34.如實施例1至33中任一項之蓄電池組，其中限制組在電池組殼體內。

【0433】 實施例35.如實施例1至34中任一項之蓄電池組，其中一級限制系統在電池組殼體內。

【0434】 實施例36.如實施例1至35中任一項之蓄電池組，其中次級限制系統在電池組殼體內。

【0435】 實施例37.如實施例1至36中任一項之蓄電池組，其進一步包含三級限制系統，該三級限制系統包含第一及第二三級生長限制及至少一個三級連接部件，第一及第二三級生長限制在與縱向及第二方向正交之第三方向上彼此分離，且至少一個三級連接部件連接第一及第二三級生長限制以至少部分地限制電極總成在第三方向上之生長。

【0436】 實施例38.如實施例1至37中任一項之蓄電池組，其中第三限制系統在電池組殼體內。

【0437】 實施例39.如實施例1至38中任一項之蓄電池組，其中隔板材料層包含聚合物電解質，或包含液體電解質自其穿過之微孔隔板材料。

【0438】 實施例40.如實施例1至39中任一項之蓄電池組，其中電極活性材料包含含矽顆粒電極活性材料之壓塊。

【0439】 實施例41.如實施例1至40中任一項之蓄電池組，其中負電極集電器層群之部件包含含銅層，且其中經堆疊系列層包含處於堆疊順序之負電極集電器層群之部件，其中負電極活性材料層群之部件安置在負電極集電器層之相對側上。

【0440】 實施例42.如實施例1至41中任一項之蓄電池組，其中負電極活性材料層群之部件包含顆粒含矽材料之壓塊，且其中該等部件安置在形成負電極主結構之含銅負電極集電器之相對側上。

【0441】 實施例43.如實施例1至42中任一項之蓄電池組，其中電極活性材料層群之部件包含至少2.5毫米的高度尺寸 H_E 。

【0442】 實施例44.如實施例1至43中任一項之蓄電池組，其中電極活性材料層群之部件包含至少3毫米的高度尺寸 H_E 。

【0443】 實施例45如實施例1至44中任一項之蓄電池組，其中負電

極集電器具有焊接至導電母線的縱向相對末端。

【0444】 實施例46.如實施例1至45中任一項之蓄電池組，其中正電極集電器群之部件包含含鋁材料。

【0445】 實施例47.如實施例1至46中任一項之蓄電池組，其中一級限制系統限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%，其中蓄電池組之充電狀態為蓄電池組之額定容量的至少75%，且蓄電池組之放電狀態小於蓄電池組之額定容量的25%。

【0446】 實施例48.如實施例1至47中任一項之蓄電池組，其中一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。

【0447】 實施例49.如實施例1至48中任一項之蓄電池組，其中一級限制陣列將歷經蓄電池組100次連續循環，電極總成在縱向方向上之生長限制為小於20%。

【0448】 實施例50.如實施例1至49中任一項之蓄電池組，其中一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組10次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。

【0449】 實施例51.如實施例1至50中任一項之蓄電池組，其中一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組30次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。

【0450】 實施例52.如實施例1至51中任一項之蓄電池組，其中一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組80次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。

【0451】 實施例53.如實施例1至52中任一項之蓄電池組，其中一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組5次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。

【0452】 實施例54.如實施例1至53中任一項之蓄電池組，其中一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。

【0453】 實施例55.如實施例1至54中任一項之蓄電池組，其中一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經蓄電池組50次連續循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。

【0454】 實施例56.如實施例1至55中任一項之蓄電池組，其中一級限制陣列限制電極總成在縱向方向上之生長，使得每次蓄電池組循環，電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。

【0455】 實施例57.如實施例1至56中任一項之蓄電池組，其中次級生長限制系統限制電極總成在第二方向上之生長，使得歷經蓄電池組20次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。

【0456】 實施例58.如實施例1至57中任一項之蓄電池組，其中次級生長限制系統限制電極總成在第二方向上之生長，使得歷經蓄電池組5次連續循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於5%。

【0457】 實施例59.如實施例1至58中任一項之蓄電池組，其中次級生長限制系統限制電極總成在第二方向上之生長，使得每次蓄電池組循環，電極總成之在第二方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於1%。

【0458】 實施例60.如實施例1至59中任一項之蓄電池組，其中限制組能夠抵抗大於或等於由電極總成在蓄電池組於充電與放電狀態之間循環期間施加之2 MPa之壓力。

【0459】 實施例61.如實施例1至60中任一項之蓄電池組，其中限制組能夠抵抗大於或等於由電極總成在蓄電池組於充電與放電狀態之間循環期間施加之5 MPa之壓力。

【0460】 實施例62.如實施例1至61中任一項之蓄電池組，其中限制組能夠抵抗大於或等於由電極總成在蓄電池組於充電與放電狀態之間循環期間施加之7 MPa之壓力。

【0461】 實施例63.如實施例1至62中任一項之蓄電池組，其中限制組能夠抵抗大於或等於由電極總成在蓄電池組於充電與放電狀態之間循環期間施加之10 MPa之壓力。

【0462】 實施例64.如實施例1至63中任一項之蓄電池組，其中電極限制組在電極總成外部之部分佔據不超過電極總成及電極限制之外部部分之全部組合體積的80%。

【0463】 實施例65.如實施例1至64中任一項之蓄電池組，其中一級生長限制系統在電極總成外部之部分佔據不超過電極總成及一級生長限制系統之外部部分之全部組合體積的40%。

【0464】 實施例66.如實施例1至65中任一項之蓄電池組，其中次級生長限制系統在電極總成外部之部分佔據不超過電極總成及次級生長限制系統之外部部分之全部組合體積的40%。

以引用方式併入

【0465】 本文提及之所有公開案及專利，包括下列彼等項，均出於

所有目的以全文引用的方式併入本文中，其併入程度如同各個別公開案或專利以引用的方式特定地且個別地併入一般。在有衝突的情況下，以本申請案(包括本文中之任何定義)為準。

等效物

【0466】 雖然已論述特定實施例，但上述說明書為說明性且非限制性的。在審閱本說明書時許多變型將對熟習此項技術者而言變得顯而易見。實施例之完整範疇以及其等效物之完整範疇，及說明書，以及此類變體，應參照申請專利範圍確定。

【0467】 除非另外指明，否則本說明書及申請專利範圍中所用之表示成分率量、反應條件等之所有數字瞭解為在所有情況中皆經術語「約」修飾。因此，除非有相反指示，否則本說明書及附加申請專利範圍中所闡述之數值參數係可視設法獲得之所需特性而變化的近似值。

【符號說明】

【0468】

- 100 能量儲存器件
- 102 蓄電池組
- 104 電池組殼體
- 104a 蓋子
- 104b 上表面
- 104c 蓋子
- 104d 蓋子
- 104e 蓋子
- 104f 蓋子

104g	蓋子
106	電極總成
106a	組
108	電極限制組
110	電極結構
112	反電極結構
116	縱向末端表面
117	縱向末端
118	縱向末端表面
119	縱向末端
130	電絕緣隔板
132	負電極活性材料層
132a	第一電極活性材料層
132b	第二電極活性材料層
134	電極主結構
134A	貼附電極主結構
134B	貼附電極主結構
134C	貼附電極主結構
134D	貼附電極主結構
136	負電極集電器
136A	貼附電極集電器
136B	貼附電極集電器
136C	貼附電極集電器

136D	貼附電極集電器
138	正電極活性材料層
138a	第一反電極活性材料層
138b	第二反電極活性材料層
140	正電極集電器
141	反電極主結構
142	側表面
144	第一區
145	最終末端
146	第二區
147	最終末端
148	第一區
149	第一最終末端
150	第二區
151	一級限制系統
152	次級生長限制系統
153	第二最終末端
154	第一一級生長限制
155	次級限制系統
156	第二一級生長限制
157	第一三級生長限制
158	第一生長限制
159	第二三級生長限制

160	第二生長限制
162	一級連接部件
164	一級連接部件
165	三級連接部件
166	次級連接部件
168	接觸區域
170	接觸區域
172	末端
174	末端
176	細孔
178	黏結區
180	非黏結區
182	膠合層
190	電極突片
191	電極突片延伸部
192	反電極突片
193	電極突片延伸部
194	電極匯流排
196	反電極匯流排
198a	箭頭
198b	箭頭
200a	力
200b	力

- 300a 點
- 300b 點
- 301a 點
- 301b 點
- 302a 點
- 302b 點
- 303a 點
- 303b 點
- 500a 豎直末端表面
- 500b 豎直末端表面
- 501a 豎直末端表面
- 501b 豎直末端表面
- 502a 橫向末端表面
- 502b 橫向末端表面
- 503a 橫向末端表面
- 503b 橫向末端表面
- 504 單元電池
- 504a 單元電池
- 504b 單元電池
- 504c 單元電池
- 505a X-Y平面
- 505b X-Y平面
- 505c Z-Y平面

505d	Z-Y平面
506a	第一側
506b	第二側
508	向內方向
510	向內方向
514	絕緣部件
515	絕緣部件
516	黏著劑層
516a	豎直表面
518a	豎直表面
518b	豎直表面
520a	豎直末端表面
520b	豎直末端表面
522a	橫向表面
522b	橫向表面
524a	橫向末端表面
524b	橫向末端表面
600	母線
602	母線
604	負電極集電器末端
606	正電極集電器末端
608	導電區段
610	第一側

612	內表面
614	第二側
616	外表面
618	孔隙
622	部分
624	第一末端區
626	第二末端區
628	絕緣材料層
632	絕緣材料層
640	豎直電極集電器末端
640a	第一豎直電極集電器末端
640b	第二豎直電極集電器末端
642	豎直反電極集電器末端
642a	第一豎直反電極集電器末端
642b	第二豎直電極集電器末端
674	載體離子絕緣層
705	區
800	層
978a	末端表面
978b	末端表面
982a	末端表面
982b	末端表面
1052	頂部

1054	底部
1056	頂部
1058	底部
1060	內表面
1062	內表面
1064	外表面
1066	外表面
1068	頂部
1070	底部
1072	頂部
1074	底部
1076	頂部
1078	底部
1080	頂部
1082	底部
1086	反電極間隙
1088	區段
1088a	主要中部區段
1088b	末端區段
1089	連接部分
2000	片材
2002a	第一投影區域
2002b	第二投影區域

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種用於在一充電與一放電狀態之間循環的蓄電池組，該蓄電池組包含一電池組殼體、一電極總成，及該電池組殼體內之鋰離子，及一電極限制組，其中

(a)該電極總成具有分別對應於一虛三維笛卡爾座標系統之 x 、 y 及 z 軸的相互垂直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之一第一縱向末端表面及一第二縱向末端表面；及包圍一電極總成縱向軸線 A_{EA} 且連接該第一及第二縱向末端表面之一側表面，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與縱向軸線正交之一第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之一最大寬度 W_{EA} 、藉由該側表面限定且在橫向方向上量測之一最大長度 L_{EA} ，及藉由該側表面限定且在豎直方向上量測之一最大高度 H_{EA} ，其中該最大長度 L_{EA} 與該最大高度 H_{EA} 之比率為至少2:1且該最大寬度 W_{EA} 與該最大高度 H_{EA} 之比率為至少2:1，

(b)該電極總成包含在平行於縱向軸線之一堆疊方向上堆疊於該電極總成內之一系列層，其中該等經堆疊系列層包含一負電極活性材料層群、一負電極集電器層群、一隔板材料層群、一正電極活性材料層群，及一正電極集電器材料層群，其中

(i)該負電極活性材料層群之各部件具有對應於在橫向方向上在負電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一長度 L_E ，及對應於在豎直方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測

的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一高度 H_E ，及對應於在縱向方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一寬度 W_E ，其中 L_E 與 H_E 之比率為至少5:1且 L_E 與 W_E 之比率為至少5:1；

(ii)該正電極活性材料層群之各部件具有對應於在橫向方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一長度 L_C ，及對應於在豎直方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一高度 H_C ，及對應於在縱向方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一寬度 W_C ，其中 L_C 與 H_C 之比率為至少5:1且 L_C 與 W_C 之比率為至少5:1；

(iii)該負電極活性材料層群之部件包含具有至少60 wt%負電極活性材料、低於20 wt%導電助劑之一顆粒材料及黏結劑材料，且其中該負電極活性材料包含一含矽材料，

(c)該電極限制組包含一一級限制系統及一次級限制系統，其中

(i)該一級限制系統包含第一與第二一次生長限制及至少一個一級連接部件，該第一及第二一級生長限制在縱向方向上彼此分離，且該至少一個一級連接部件連接該第一及第二一級生長限制以至少部分地限制該電極總成在縱向方向上之生長，及

(ii)該次級限制系統包含在一第二方向上分隔開且藉由該等經堆疊系列層之部件連接之第一及第二次級生長限制，其中在該蓄電池組循環後該次級限制系統至少部分地限制該電極總成在該第二方向上

之生長，該第二方向與該縱向方向正交，及，

(iii)該一級限制系統在堆疊方向上在該電極總成上維持超過在相互垂直且垂直於堆疊方向之兩個方向中之每一者上在該電極總成上維持之壓力的一壓力，及

(d)該電極總成包含一單元電池群，其中各單元電池包含該電極集電器群之一第一部件的一單元電池部分、對載體離子為離子可滲透的該隔板群之一部件、該電極活性材料層群之一第一部件、該反電極集電器群之第一部件的一單元電池部分及該反電極至活性材料層群之一第一部件，其中(aa)該電極活性材料層群之該第一部件接近該隔板之一第一側且該反電極材料層群之該第一部件接近該隔板之一相對第二側，(bb)該隔板使該電極活性材料層群之該第一部件與該反電極活性材料層群之該第一部件電隔離，且載體離子在該電池組於該充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池之該隔板主要在該電極活性材料層群之該第一部件與該反電極活性材料層群之該第一部件之間交換，及(cc)在每一單元電池內，

a.該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面在該電極總成之相同側面上，該電極活性材料層之該第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該長度 L_E 描出一第一豎直末端表面曲線 E_{VP1} ，該反電極活性材料層之該第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該長度 L_C 描出一第一豎直末端表面曲線 CE_{VP1} ，其中對於該第一反電極活性材料層之該長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之該等曲線 E_{VP1} 與 CE_{VP1} 之間的一分

離距離 S_{z1} 之絕對值為 $1000\ \mu\text{m} \geq |S_{z1}| \geq 5\ \mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面之間，該反電極活性材料層之該第一豎直末端表面相對於該電極活性材料層之該第一豎直末端表面向內安置，

b.該電極及反電極活性材料層之該等第二豎直末端表面在該電極總成之相同側面上，且分別與該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面相對，該電極活性材料層之該第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該長度 L_E 描出一第二豎直末端表面曲線 E_{VP2} ，該反電極活性材料層之該第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該長度 L_C 描出一第二豎直末端表面曲線 CE_{VP2} ，其中對於該反電極活性材料層之該長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之該等曲線 E_{VP2} 與 CE_{VP2} 之間的一分離距離 S_{z2} 之絕對值為 $1000\ \mu\text{m} \geq |S_{z2}| \geq 5\ \mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第二豎直末端表面之間，該反電極活性材料層之該第二豎直末端表面相對於該電極活性材料層之該第二豎直末端表面向內安置。

【第2項】

如請求項1之蓄電池組，其中該等經堆疊系列層包含具有在橫向方向上彼此間隔開之相對末端表面的層，其中歸因於該等層在該等相對末端表面處之延伸及窄化，該等層之複數個相對末端表面展現以橫向方向定向之塑性變形及斷裂。

【第3項】

如請求項1之蓄電池組，其中在每一單元電池內，

c.該電極及反電極活性材料層之該等第一橫向末端表面在該電極總成之相同側面上，該電極活性材料層之該第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該高度 H_E 描出一第一橫向末端表面曲線 E_{TP1} ，該反電極之該第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該高度 H_C 描出一第一橫向末端表面曲線 CE_{TP1} ，其中對於該反電極活性材料層之該高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之該等曲線 E_{TP1} 與 CE_{TP1} 之間的一分離距離 S_{X1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第一橫向末端表面之間，該反電極活性材料層之該第一橫向末端表面相對於該電極活性材料層之該第一橫向末端表面向內安置，且

d.該電極及反電極活性材料層之該等第二橫向末端表面在該電極總成之相同側面上，且分別與該電極及反電極活性材料層之該等第一橫向末端表面相對，該電極活性材料層之該第二相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該高度 H_E 描出一第二橫向末端表面曲線 E_{TP2} ，該反電極之該第二相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該高度 H_C 描出一第二橫向末端表面曲線 CE_{TP2} ，其中對於該反電極活性材料層之該高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之該等曲線 E_{TP2} 與 CE_{TP2} 之間的一分離距離 S_{X2} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第二橫向末端表面之間，該反電極活性材料層之該第二橫向末端表面相對於該電極活性材料層之該第二橫向末端表面向內安置。

【第4項】

一種用於在一充電與一放電狀態之間循環的蓄電池組，該蓄電池組包含一電池組殼體、一電極總成，及該電池組殼體內之載體離子，及一電極限制組，其中

(a)該電極總成具有分別對應於一虛三維笛卡爾座標系統之 x 、 y 及 z 軸的相互垂直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之一第一縱向末端表面及一第二縱向末端表面；及包圍一電極總成縱向軸線 A_{EA} 且連接該第一及第二縱向末端表面之側表面，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與該縱向軸線正交之第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之一最大寬度 W_{EA} 、藉由該側表面限定且在橫向方向上量測之一最大長度 L_{EA} ，及藉由該側表面限定且在豎直方向上量測之一最大高度 H_{EA} ，其中該最大長度 L_{EA} 及該最大寬度 W_{EA} 大於該最大高度 H_{EA} ，

(b)該電極總成包含在平行於縱向軸線之一堆疊方向上堆疊於該電極總成內之一系列層，其中該等經堆疊系列層包含一負電極活性材料層群、一負電極集電器層群、一隔板材料層群、一正電極活性材料層群，及一正電極集電器材料層群，其中

(i)該負電極活性材料層群之各部件具有對應於在橫向方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一長度 L_E ，及對應於在豎直方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一高度 H_E ，及對應於在縱向方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一寬度 W_E ，其中 L_E 與 H_E 之比

率為至少5:1且 L_E 與 W_E 之比率為至少5:1；

(ii)該正電極材料層群之各部件具有對應於在橫向方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一長度 L_c ，及對應於在豎直方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一高度 H_c ，及對應於在縱向方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一寬度 W_c ，其中 L_c 與 H_c 之比率為至少5:1且 L_c 與 W_c 之比率為至少5:1；

(iii)該負電極活性材料層群之部件包含具有至少60 wt%負電極活性材料、低於20 wt%導電助劑之一顆粒材料，及黏結劑材料，

(c)該電極限制組包含一一級限制系統及一次級限制系統，其中

(i)該一級限制系統包含第一與第二一次生長限制及至少一個一級連接部件，該第一及第二一級生長限制在縱向方向上彼此分離，且該至少一個一級連接部件連接該第一及第二一級生長限制以至少部分地限制該電極總成在縱向方向上之生長，及

(ii)該次級限制系統包含在一第二方向上分隔開且藉由該等經堆疊系列層之部件連接之第一及第二次級生長限制，其中在該蓄電池組循環後該次級限制系統至少部分地限制該電極總成在該第二方向上之生長，該第二方向與該縱向方向正交，及，

(iii)該一級限制系統在堆疊方向上在該電極總成上維持超過在相互垂直且垂直於堆疊方向之兩個方向中之每一者上在該電極總成上維持之壓力的一壓力，及

(d)該等經堆疊系列層包含具有在橫向方向上彼此間隔開之相對末端表面的層，其中歸因於該等層在該等相對末端表面處之延伸及窄化，該等層之複數個相對末端表面展現以橫向方向定向之塑性變形及斷裂。

【第5項】

如請求項4之蓄電池組，其中該電極總成包含一單元電池群，其中各單元電池包含該電極集電器層群之一第一部件的一單元電池部分、對載體離子為離子可滲透的該隔板群之一部件、該電極活性材料層群之一第一部件、反電極集電器群之第一部件的一單元電池部分，及反電極活性材料層群之一第一部件，其中(aa)該電極活性材料層群之該第一部件接近該隔板之一第一側且該反電極材料層群之該第一部件接近該隔板之一相對第二側，(bb)該隔板使該電極活性材料層群之該第一部件與該反電極活性材料層群之該第一部件電隔離，且載體離子在該電池組於該充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池之該隔板主要在該電極活性材料層群之該第一部件與該反電極活性材料層群之該第一部件之間交換，及(cc)在每一單元電池內，

a.該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面在該電極總成之相同側面上，該電極活性材料層之該第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該長度 L_E 描出一第一豎直末端表面曲線 E_{VP1} ，該反電極活性材料層之該第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該長度 L_C 描出一第一豎直末端表面曲線 CE_{VP1} ，其中對於該第一反電極活性材料層之該長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之該等曲線 E_{VP1} 與 CE_{VP1} 之間的一分離距離 S_{Z1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反

電極活性材料層之該等第一豎直末端表面之間，該反電極活性材料層之該第一豎直末端表面相對於該電極活性材料層之該第一豎直末端表面向內安置，

b.該電極及反電極活性材料層之該等第二豎直末端表面在該電極總成之相同側面上，且分別與該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面相對，該電極活性材料層之該第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該長度 L_E 描出一第二豎直末端表面曲線 E_{VP2} ，該反電極活性材料層之該第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該長度 L_C 描出一第二豎直末端表面曲線 CE_{VP2} ，其中對於該反電極活性材料層之該長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之該等曲線 E_{VP2} 與 CE_{VP2} 之間的一分離距離 S_{Z2} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第二豎直末端表面之間，該反電極活性材料層之該第二豎直末端表面相對於該電極活性材料層之該第二豎直末端表面向內安置。

【第6項】

如請求項4之蓄電池組，其中該電極總成包含一單元電池群，其中各單元電池包含該電極集電器層群之一第一部件的一單元電池部分、對載體離子為離子可滲透的該隔板群之一部件、該電極活性材料層群之一第一部件、反電極集電器群之第一部件的一單元電池部分，及反電極活性材料層群之一第一部件，其中(aa)該電極活性材料層群之該第一部件接近該隔板之一第一側且該反電極材料層群之該第一部件接近該隔板之一相對第二側，(bb)該隔板使該電極活性材料層群之該第一部件與該反電極活性材料層群之該第一部件電隔離，且載體離子在該電池組於該充電與放電狀態之

間循環期間經由每一此類單元電池之該隔板主要在該電極活性材料層群之該第一部件與該反電極活性材料層群之該第一部件之間交換，及(cc)在每一單元電池內，

c.該電極及反電極活性材料層之該等第一橫向末端表面在該電極總成之相同側面上，該電極活性材料之該第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該高度 H_E 描出一第一橫向末端表面曲線 E_{TP1} ，該反電極之該第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該高度 H_C 描出一第一橫向末端表面曲線 CE_{TP1} ，其中對於該反電極活性材料層之該高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之該等曲線 E_{TP1} 與 CE_{TP1} 之間的一分離距離 S_{X1} 之絕對值為 $1000\ \mu\text{m} \geq |S_{X1}| \geq 5\ \mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第一橫向末端表面之間，該反電極活性材料層之該第一橫向末端表面相對於該電極活性材料層之該第一橫向末端表面向內安置，且

d.該電極及反電極活性材料層之該等第二橫向末端表面在該電極總成之相同側面上，且分別與該電極及反電極活性材料層之該等第一橫向末端表面相對，該電極活性材料層之該第二相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該高度 H_E 描出一第二橫向末端表面曲線 E_{TP2} ，該反電極之該第二相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該高度 H_C 描出一第二橫向末端表面曲線 CE_{TP2} ，其中對於該反電極活性材料層之該高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之該等曲線 E_{TP2} 與 CE_{TP2} 之間的一分離距離 S_{X2} 之絕對值為 $1000\ \mu\text{m} \geq |S_{X2}| \geq 5\ \mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第二橫向末端表面之間，該反電極活性材料層之該第二橫向末端表面

相對於該電極活性材料層之該第二橫向末端表面向內安置。

【第7項】

一種用於在一充電與一放電狀態之間循環的蓄電池組，該蓄電池組包含一電池組殼體、一電極總成，及該電池組殼體內之鋰離子，及一電極限制組，其中

(a)該電極總成具有分別對應於一虛三維笛卡爾座標系統之 x 、 y 及 z 軸的相互垂直之橫向軸線、縱向軸線及豎直軸線；在縱向方向上彼此分離之一第一縱向末端表面及一第二縱向末端表面；及包圍一電極總成縱向軸線 A_{EA} 且連接該第一及第二縱向末端表面之一側表面，該側表面具有在縱向軸線之相對側上且在與縱向軸線正交之一第一方向上分隔開的相對第一及第二區，該電極總成具有在縱向方向上量測之一最大寬度 W_{EA} 、藉由該側表面限定且在橫向方向上量測之一最大長度 L_{EA} ，及藉由該側表面限定且在豎直方向上量測之一最大高度 H_{EA} ，其中該最大長度 L_{EA} 與該最大高度 H_{EA} 之比率為至少2:1且該最大寬度 W_{EA} 與該最大高度 H_{EA} 之比率為至少2:1，

(b)該電極總成包含在平行於縱向軸線之一堆疊方向上堆疊於該電極總成內之一系列層，其中該等經堆疊系列層包含一負電極活性材料層群、一負電極集電器層群、一隔板材料層群、一正電極活性材料層群，及一正電極集電器材料層群，其中

(i)該負電極活性材料層群之各部件具有對應於在橫向方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一長度 L_E ，及對應於在豎直方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量

測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一高度 H_E ，及對應於在縱向方向上在該負電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的該負電極活性材料層之斐瑞特直徑的一寬度 W_E ，其中 L_E 與 H_E 之比率為至少5:1且 L_E 與 W_E 之比率為至少5:1；

(ii)該正電極活性材料層群之各部件具有對應於在橫向方向上在該正電極活性材料層之該第一與第二相對橫向末端表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一長度 L_C ，及對應於在豎直方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對豎直末端表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一高度 H_C ，及對應於在縱向方向上在該正電極活性材料層之第一與第二相對表面之間所量測的該正電極活性材料層之斐瑞特直徑的一寬度 W_C ，其中 L_C 與 H_C 之比率為至少5:1且 L_C 與 W_C 之比率為至少5:1；

(iii)該負電極活性材料層群之部件包含具有至少60 wt%負電極活性材料、低於20 wt%導電助劑之一顆粒材料及黏結劑材料，且其中該負電極活性材料包含一含矽材料，

(c)該電極限制組包含一一級限制系統及一次級限制系統，其中

(i)該一級限制系統包含第一與第二一次生長限制及至少一個一級連接部件，該第一及第二一級生長限制在縱向方向上彼此分離，且該至少一個一級連接部件連接該第一及第二一級生長限制以至少部分地限制該電極總成在縱向方向上之生長，及

(ii)該次級限制系統包含在一第二方向上分隔開且藉由該等經堆疊系列層之部件連接之第一及第二次級生長限制，其中在該蓄電池組循環後該次級限制系統至少部分地限制該電極總成在該第二方向上

之生長，該第二方向與該縱向方向正交，及，

(iii)該一級限制系統在堆疊方向上在該電極總成上維持超過在相互垂直且垂直於堆疊方向之兩個方向中之每一者上在該電極總成上維持之壓力的一壓力，及

(d)該電極總成包含一單元電池群，其中各單元電池包含該電極集電器群之一第一部件的一單元電池部分、對載體離子為離子可滲透的該隔板群之一部件、該電極活性材料層群之一第一部件、該反電極集電器群之一第一部件的一單元電池部分及該反電極至活性材料層群之一第一部件，其中 (aa)該電極活性材料層群之該第一部件接近該隔板之一第一側且該反電極材料層群之該第一部件接近該隔板之一相對第二側，(bb)該隔板使該電極活性材料層群之該第一部件與該反電極活性材料層群之該第一部件電隔離，且載體離子在該電池組於該充電與放電狀態之間循環期間經由每一此類單元電池之該隔板主要在該電極活性材料層群之該第一部件與該反電極活性材料層群之該第一部件之間交換，及(cc)在每一單元電池內，

c.該電極及反電極活性材料層之該等第一橫向末端表面在該電極總成之相同側面上，該電極活性材料之該第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該高度 H_E 描出一第一橫向末端表面曲線 E_{TP1} ，該反電極之該第一相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該高度 H_C 描出一第一橫向末端表面曲線 CE_{TP1} ，其中對於該反電極活性材料層之該高度 H_C 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之該等曲線 E_{TP1} 與 CE_{TP1} 之間的分離距離 S_{X1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第一橫

向末端表面之間，該反電極活性材料層之該第一橫向末端表面相對於該電極活性材料層之該第一橫向末端表面向內安置，且

d.該電極及反電極活性材料層之該等第二橫向末端表面在該電極總成之相同側面上，且分別與該電極及反電極活性材料層之該等第一橫向末端表面相對，該電極活性材料層之該第二相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該高度 H_E 描出一第二橫向末端表面曲線 E_{TP2} ，該反電極之該第二相對橫向末端表面之中間橫向位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該高度 H_c 描出一第二橫向末端表面曲線 CE_{TP2} ，其中對於該反電極活性材料層之該高度 H_c 的至少60%，(i)在橫向方向上量測之該等曲線 E_{TP2} 與 CE_{TP2} 之間的一分離距離 S_{X2} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{X2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第二橫向末端表面之間，該反電極活性材料層之該第二橫向末端表面相對於該電極活性材料層之該第二橫向末端表面向內安置。

【第8項】

如請求項7之蓄電池組，其中該等經堆疊系列層包含具有在橫向方向上彼此間隔開之相對末端表面的層，其中歸因於該等層在該等相對末端表面處之延伸及窄化，該等層之複數個相對末端表面展現以橫向方向定向之塑性變形及斷裂。

【第9項】

如請求項7之蓄電池組，其中，在每一單元電池內，

a.該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面在該電極總成之相同側面上，該電極活性材料層之該第一相對豎直末端表面之中間豎直

位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該長度 L_E 描出一第一豎直末端表面曲線 E_{VP1} ，該反電極活性材料層之該第一相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該長度 L_C 描出一第一豎直末端表面曲線 CE_{VP1} ，其中對於該第一反電極活性材料層之該長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之該等曲線 E_{VP1} 與 CE_{VP1} 之間的一分離距離 S_{Z1} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z1}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面之間，該反電極活性材料層之該第一豎直末端表面相對於該電極活性材料層之該第一豎直末端表面向內安置，

b.該電極及反電極活性材料層之該等第二豎直末端表面在該電極總成之相同側面上，且分別與該電極及反電極活性材料層之該等第一豎直末端表面相對，該電極活性材料層之該第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該電極活性材料層之該長度 L_E 描出一第二豎直末端表面曲線 E_{VP2} ，該反電極活性材料層之該第二相對豎直末端表面之中間豎直位置在X-Z平面中的一2D圖沿該反電極活性材料層之該長度 L_C 描出一第二豎直末端表面曲線 CE_{VP2} ，其中對於該反電極活性材料層之該長度 L_C 的至少60%，(i)在豎直方向上量測之該等曲線 E_{VP2} 與 CE_{VP2} 之間的一分離距離 S_{Z2} 之絕對值為 $1000\text{ }\mu\text{m} \geq |S_{Z2}| \geq 5\text{ }\mu\text{m}$ ，及(ii)在該電極及反電極活性材料層之該等第二豎直末端表面之間，該反電極活性材料層之該第二豎直末端表面相對於該電極活性材料層之該第二豎直末端表面向內安置。

【第10項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極活性材料層群之部件包含具有至少80 wt%負電極活性材料之一顆粒材料。

【第11項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極活性材料層群之部件包含具有至少90 wt%負電極活性材料之一顆粒材料。

【第12項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極活性材料層群之部件包含具有至少95 wt%負電極活性材料之一顆粒材料。

【第13項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極活性材料包含該含矽材料，其包含矽、氧化矽及其混合物中之至少一者。

【第14項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極活性材料層群之部件包含低於10 wt%導電助劑。

【第15項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極活性材料層群之部件包含導電助劑，其包含銅、鎳及碳中之至少一者。

【第16項】

如請求項1之蓄電池組，其中該正電極活性材料層群之部件包含含有鋰之一過渡金屬氧化物材料及鈷及鎳中之至少一者。

【第17項】

如請求項1之蓄電池組，其中在該第二方向上分隔開之該第一及第二次級生長限制藉由包含該負電極集電器層群之部件的該等經堆疊系列層之部件彼此連接。

【第18項】

如請求項1之蓄電池組，其中在該第二方向上分隔開之該第一及第二次級生長限制藉由包含該負電極集電器層群之部件的該等經堆疊系列層之部件彼此連接，且其中該等負電極集電器層包含負電極主結構層。

【第19項】

如請求項1之蓄電池組，其中在該第二方向上分隔開之該第一及第二次級生長限制藉由包含該負電極集電器層群之部件的該等經堆疊系列層之部件彼此連接，且其中對於該負電極集電器層群之每一部件，該負電極集電器層部件具有安置在其一表面上之該負電極活性材料層群的一部件。

【第20項】

如請求項1之蓄電池組，其中在該第二方向上分隔開之該第一及第二次級生長限制藉由包含該負電極集電器層群之部件的該等經堆疊系列層之部件彼此連接，且其中該負電極集電器層群之部件包含在該等經堆疊系列層中安置在其兩個相對表面上之該負電極活性材料層群的部件。

【第21項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極集電器層群之部件包含銅及不鏽鋼中之一或多者。

【第22項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極集電器層群之部件包含在堆疊方向上量測之低於20微米且至少2微米之一厚度。

【第23項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極集電器層群之部件包含在堆疊方向上量測之在6至18微米範圍內之一厚度。

【第24項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極集電器層群之部件包含在堆疊方向上量測之在8至14微米範圍內之一厚度。

【第25項】

如請求項1之蓄電池組，其中在該第二方向上分隔開之該第一及第二次級生長限制藉由包含該正電極集電器層群之部件的該等經堆疊系列層之部件彼此連接。

【第26項】

如請求項1之蓄電池組，其中該正電極集電器層之部件包含鋁。

【第27項】

如請求項1之蓄電池組，其中該正電極集電器層之部件包含在堆疊方向上量測之低於20微米且至少2微米之一厚度。

【第28項】

如請求項1之蓄電池組，其中該正電極集電器層之部件包含在堆疊方向上量測之在6至18微米範圍內之一厚度。

【第29項】

如請求項1之蓄電池組，其中該正電極集電器層之部件包含在堆疊方向上量測之在8至14微米範圍內之一厚度。

【第30項】

如請求項1之蓄電池組，其中在該第二方向上分隔開之該第一及第二次級生長限制藉由包含該負電極活性材料層群之部件的該等經堆疊系列層之部件彼此連接。

【第31項】

如請求項1之蓄電池組，其中在該第二方向上分隔開之該第一及第二

次級生長限制藉由包含該正電極活性材料層群之部件的該等經堆疊系列層之部件彼此連接。

【第32項】

如請求項1之蓄電池組，其中在該第二方向上分隔開之該第一及第二次級生長限制藉由包含該隔板材料層群之部件的該等經堆疊系列層之部件彼此連接。

【第33項】

如請求項1之蓄電池組，其中該殼體為氣密密封式。

【第34項】

如請求項1之蓄電池組，其中該限制組在該電池組殼體內。

【第35項】

如請求項1之蓄電池組，其中該一級限制系統在該電池組殼體內。

【第36項】

如請求項1之蓄電池組，其中該次級限制系統在該電池組殼體內。

【第37項】

如請求項1之蓄電池組，其進一步包含一三級限制系統，該三級限制系統包含第一及第二三級生長限制及至少一個三級連接部件，該第一及第二三級生長限制在與縱向及第二方向正交之一第三方向上彼此分離，且該至少一個三級連接部件連接該第一及第二三級生長限制以至少部分地限制該電極總成在該第三方向上之生長。

【第38項】

如請求項37之蓄電池組，其中該三級限制系統在該電池組殼體內。

【第39項】

如請求項1之蓄電池組，其中該隔板材料層包含一聚合物電解質，或包含一液體電解質自其穿過之一微孔隔板材料。

【第40項】

如請求項1之蓄電池組，其中該電極活性材料包含該含矽顆粒電極活性材料之一壓塊。

【第41項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極集電器層群之該等部件包含含銅層，且其中該等經堆疊系列層包含處於一堆疊順序之該負電極集電器層群之部件，其中該負電極活性材料層群之部件安置在該等負電極集電器層之相對側上。

【第42項】

如請求項1之蓄電池組，其中該負電極活性材料層群之部件包含顆粒含矽材料之一壓塊，且其中該等部件安置在形成一負電極主結構之含銅負電極集電器之相對側上。

【第43項】

如請求項1之蓄電池組，其中該電極活性材料層群之部件包含至少2.5毫米之一高度尺寸 H_E 。

【第44項】

如請求項1之蓄電池組，其中該電極活性材料層群之部件包含至少3毫米之一高度尺寸 H_E 。

【第45項】

如請求項1之蓄電池組，其中該等負電極集電器具有焊接至一導電母線之縱向相對末端。

【第46項】

如請求項1之蓄電池組，其中該正電極集電器群之部件包含含鋁材料。

【第47項】

如請求項1之蓄電池組，其中該一級限制系統限制該電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經該蓄電池組20次連續循環，該電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%，其中該蓄電池組之該充電狀態為該蓄電池組之一額定容量的至少75%，且該蓄電池組之該放電狀態小於該蓄電池組之該額定容量的25%。

【第48項】

如請求項1之蓄電池組，其中該一級限制系統限制該電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經該蓄電池組50次連續循環，該電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於20%。

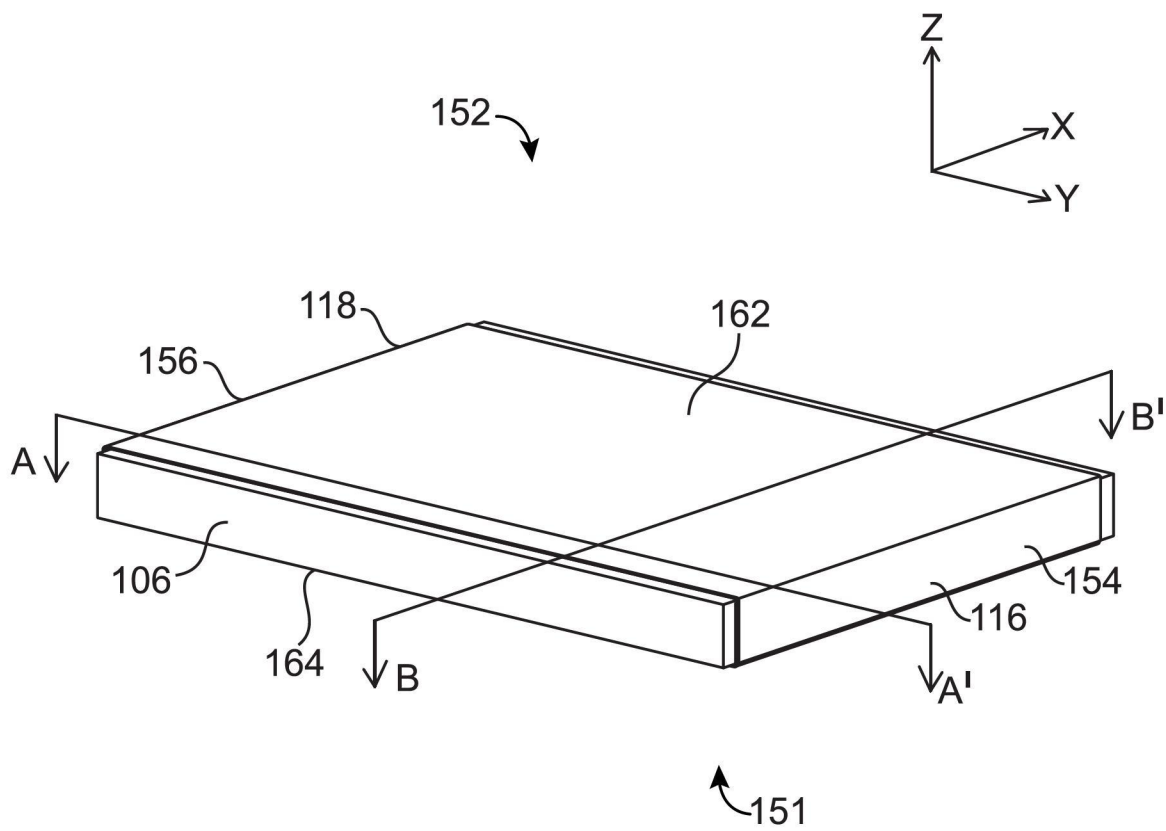
【第49項】

如請求項1之蓄電池組，其中該一級限制系統將歷經該蓄電池組100次連續循環，該電極總成在縱向方向上之生長限制為小於20%。

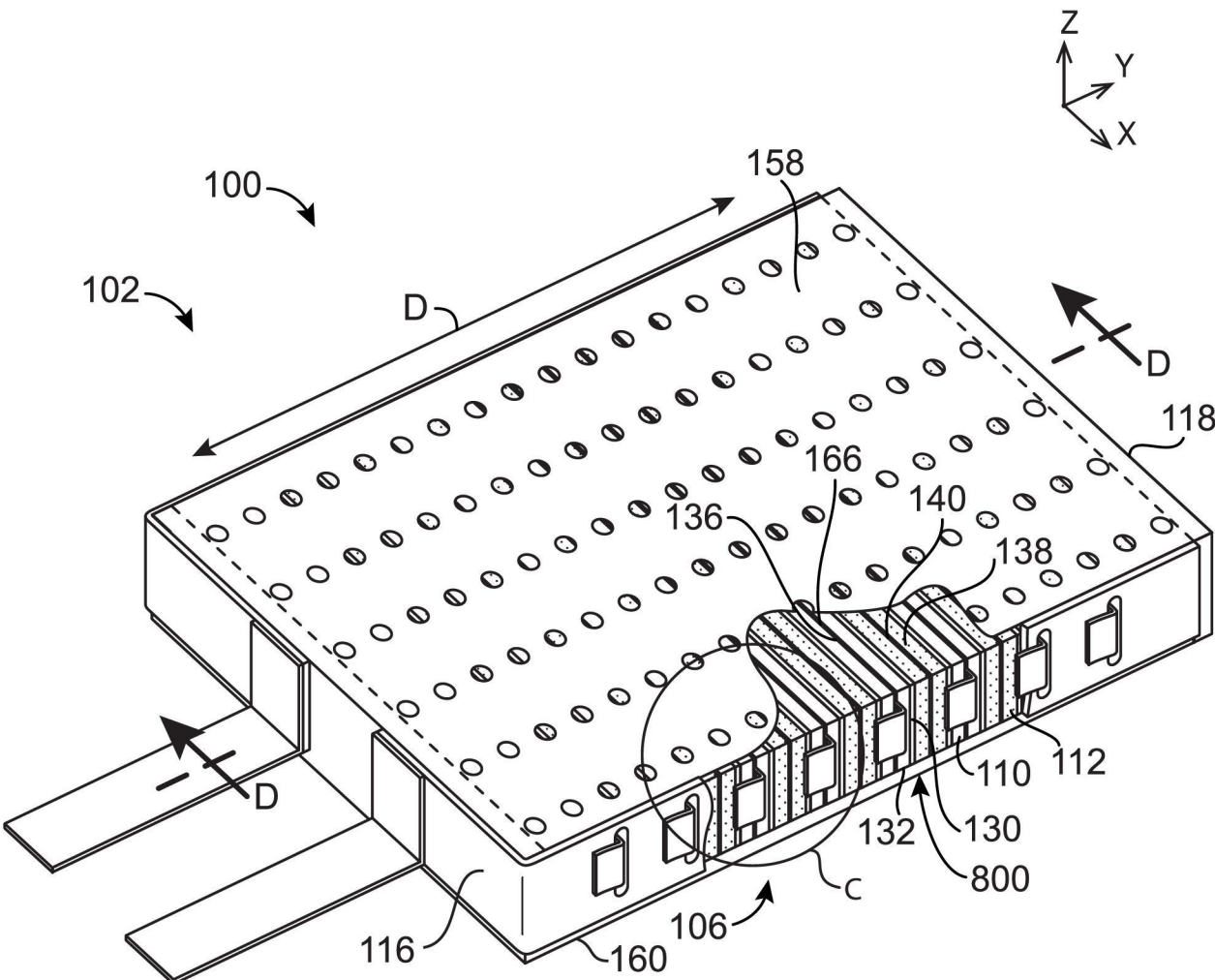
【第50項】

如請求項1之蓄電池組，其中該一級限制系統限制該電極總成在縱向方向上之生長，使得歷經該蓄電池組10次連續循環，該電極總成之在縱向方向上之斐瑞特直徑之任何提高均小於10%。

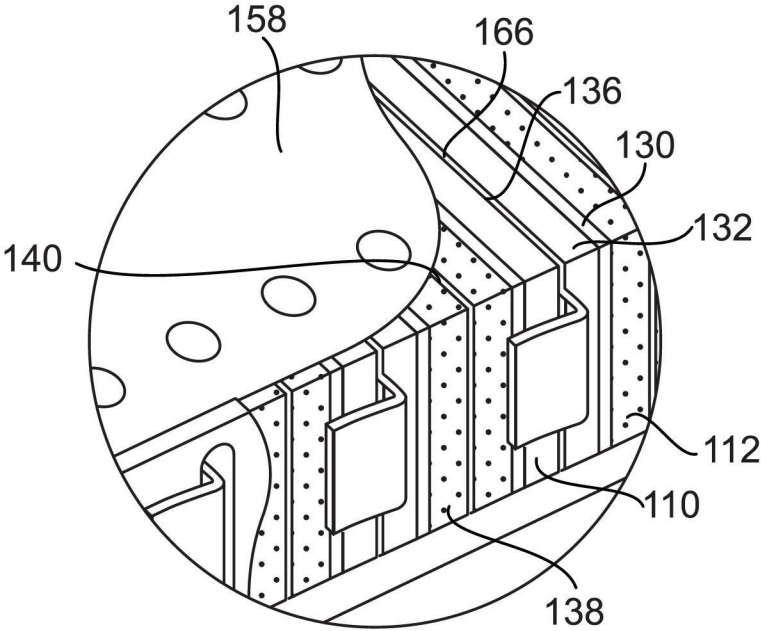
【發明圖式】



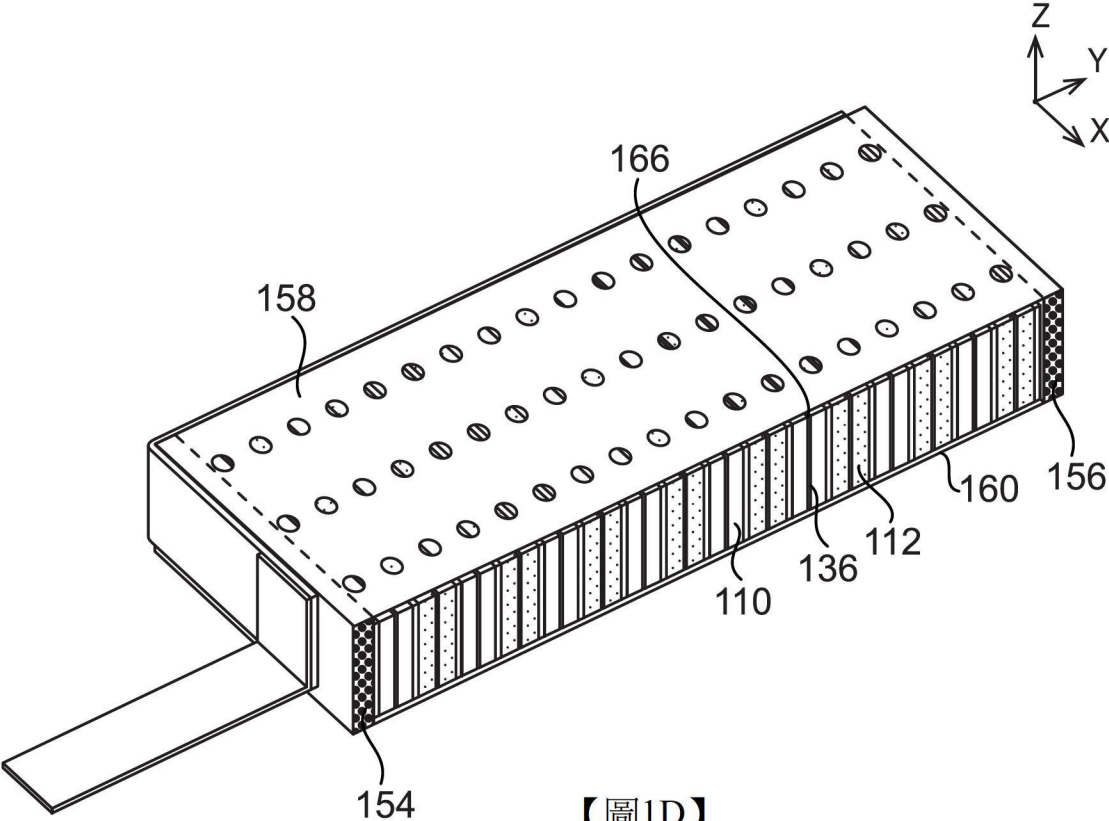
【圖1A】



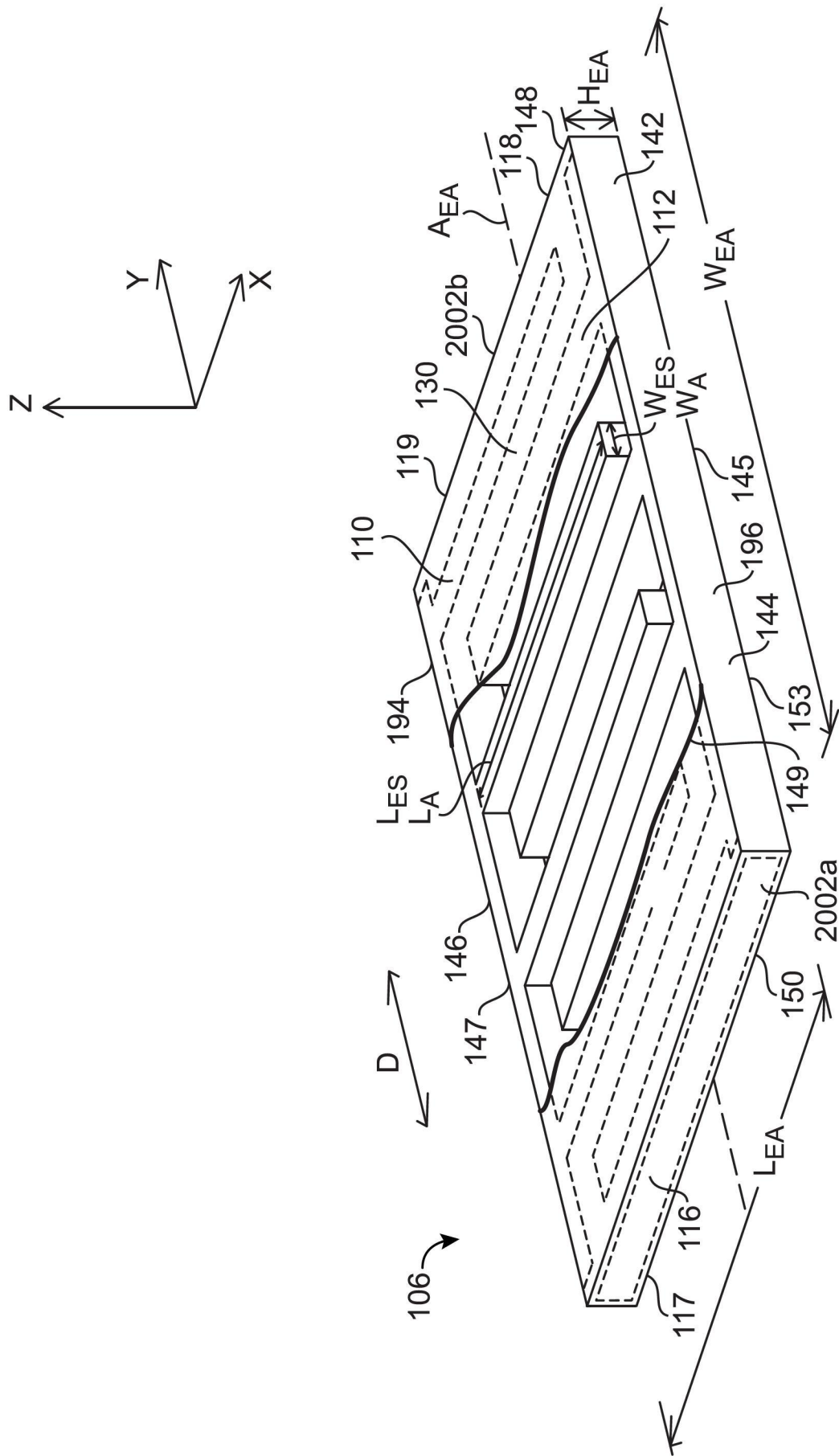
【圖1B】



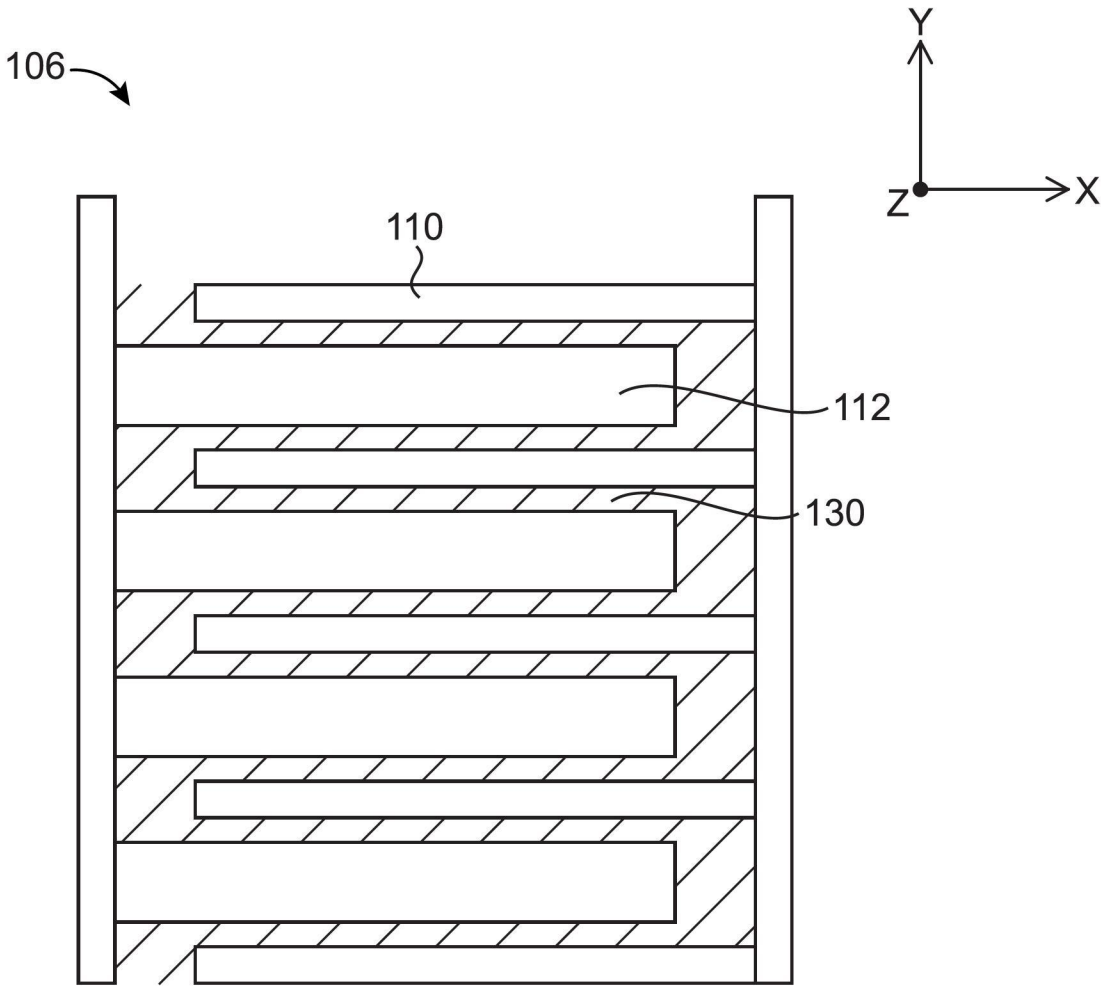
【圖1C】



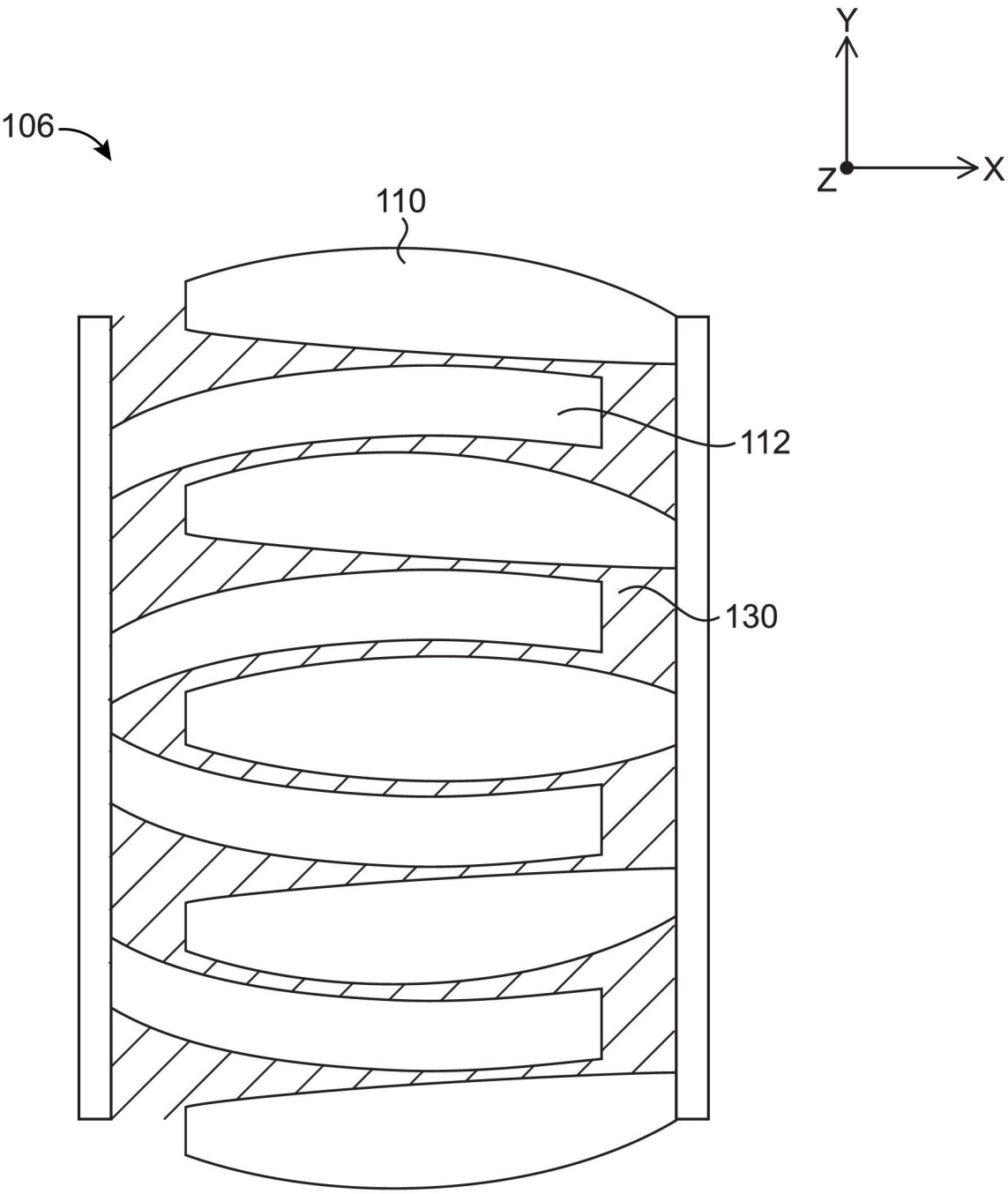
【圖1D】



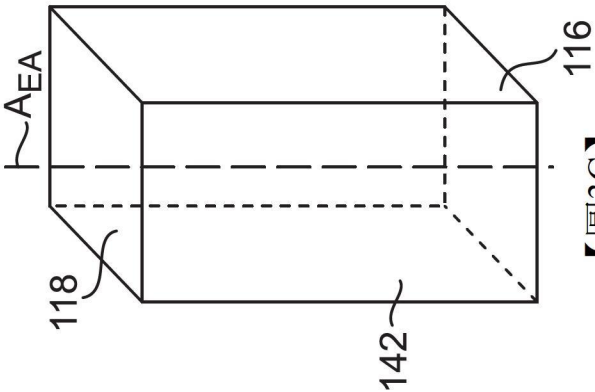
【圖2A】



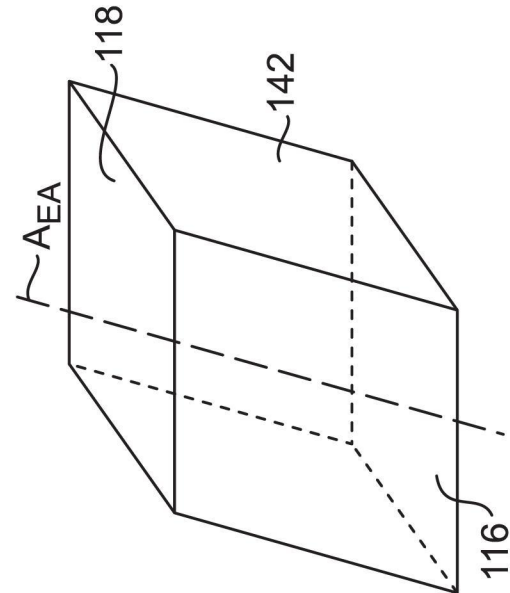
【圖2B】



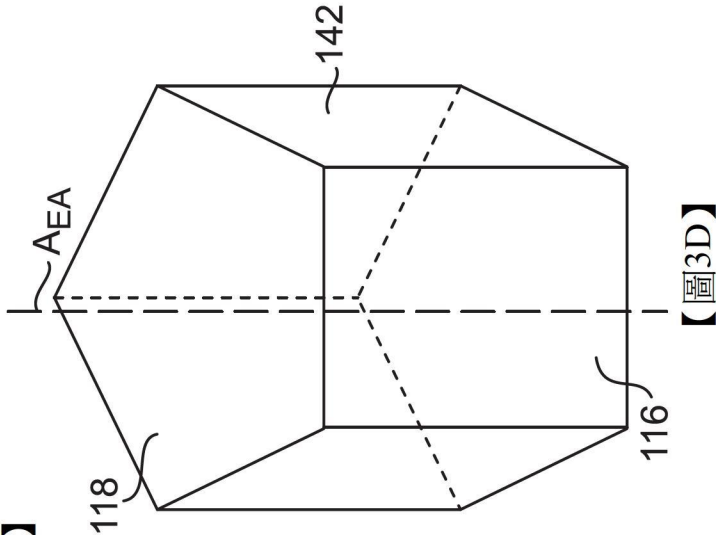
【圖2C】



【圖3A】



【圖3B】

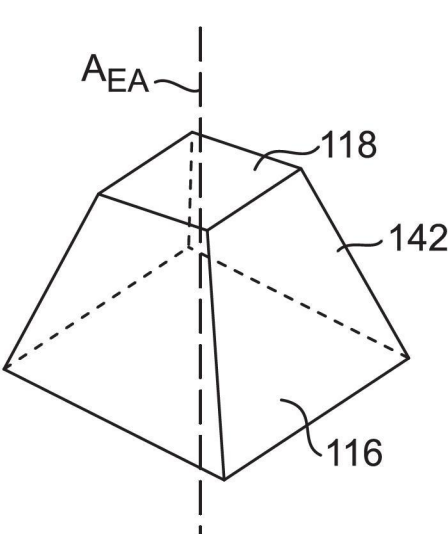


【圖3C】

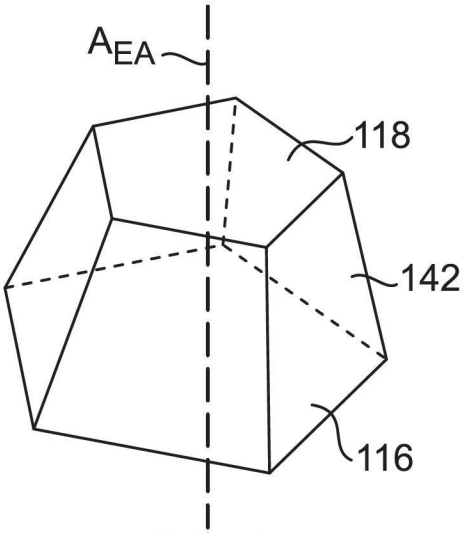
【圖3D】



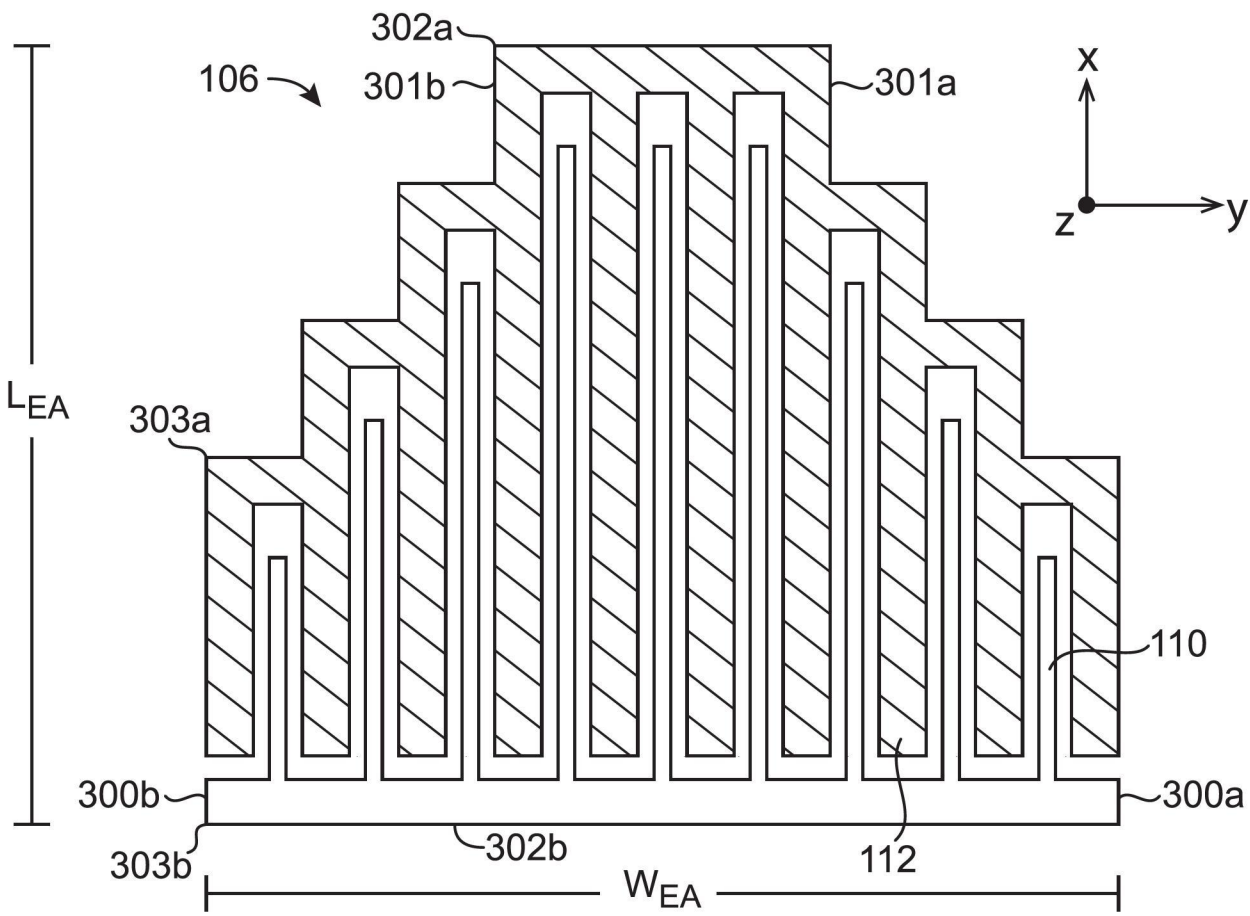
【圖3E】



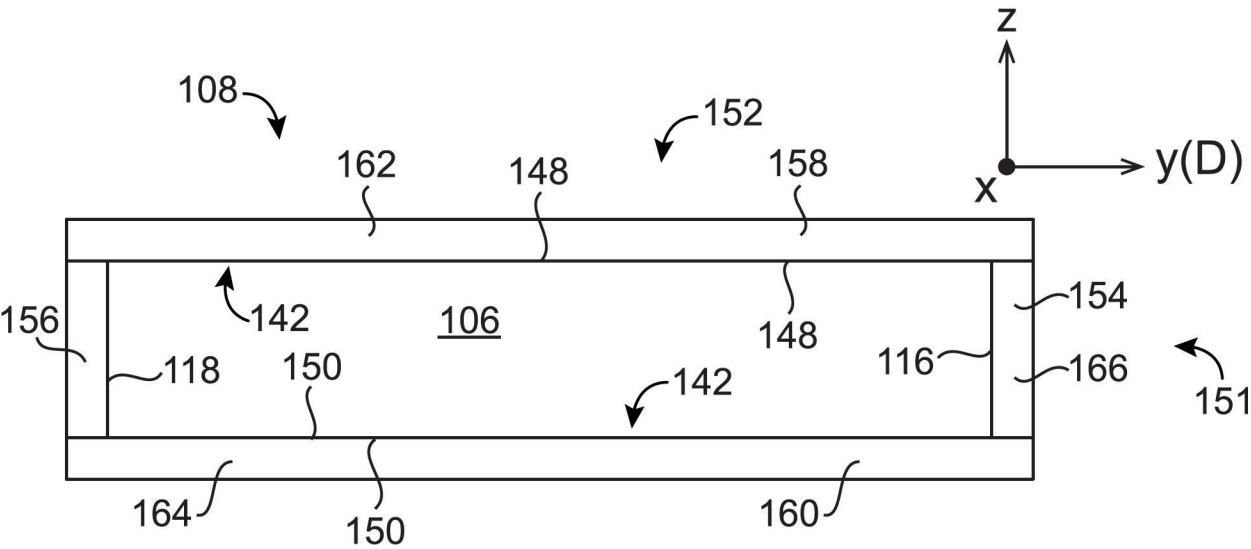
【圖3F】



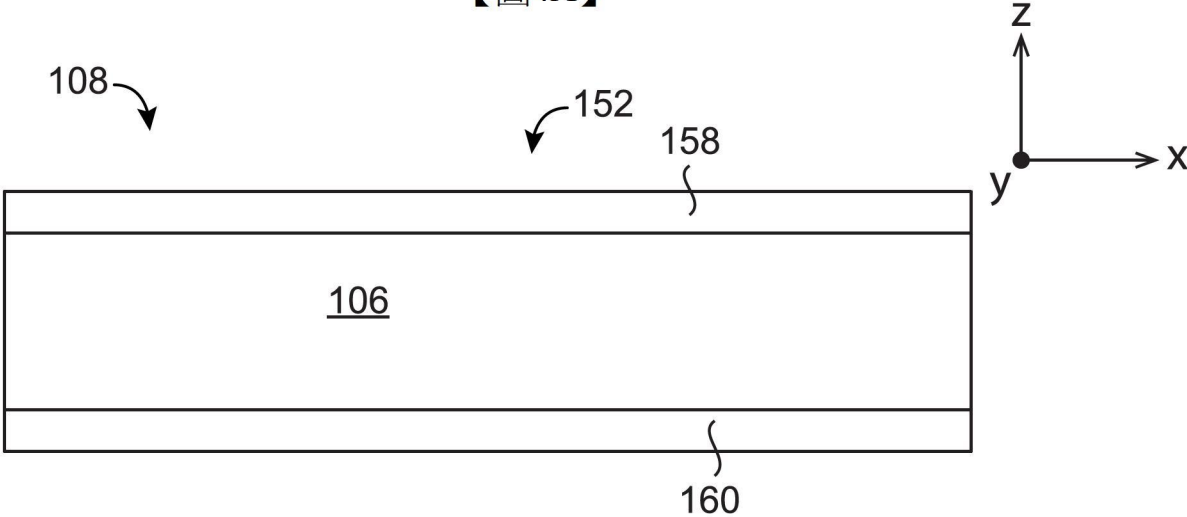
【圖3G】



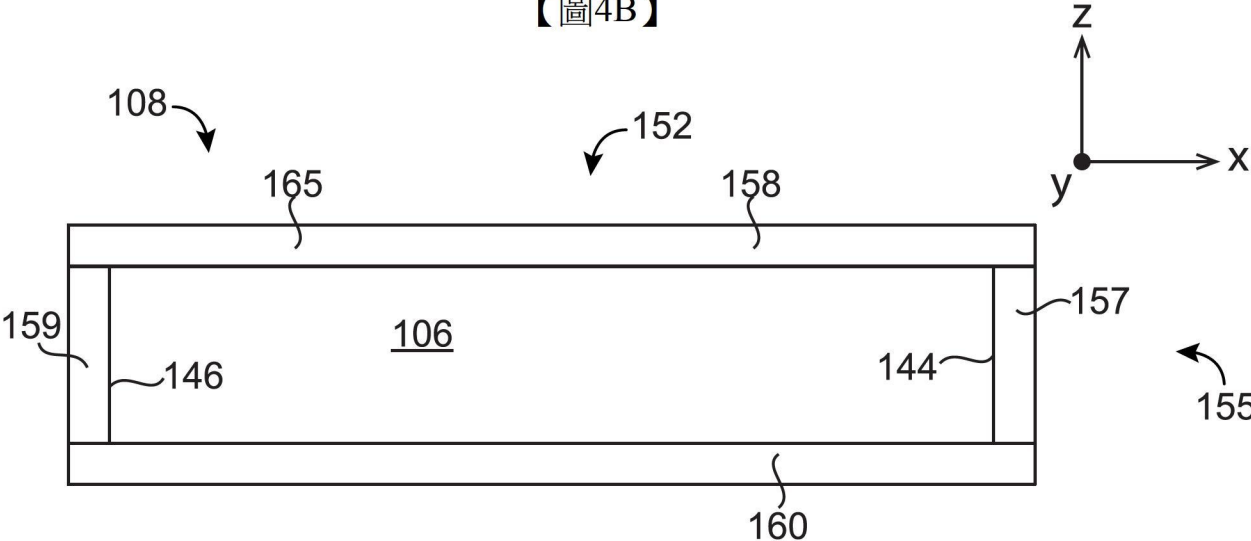
【圖3H】



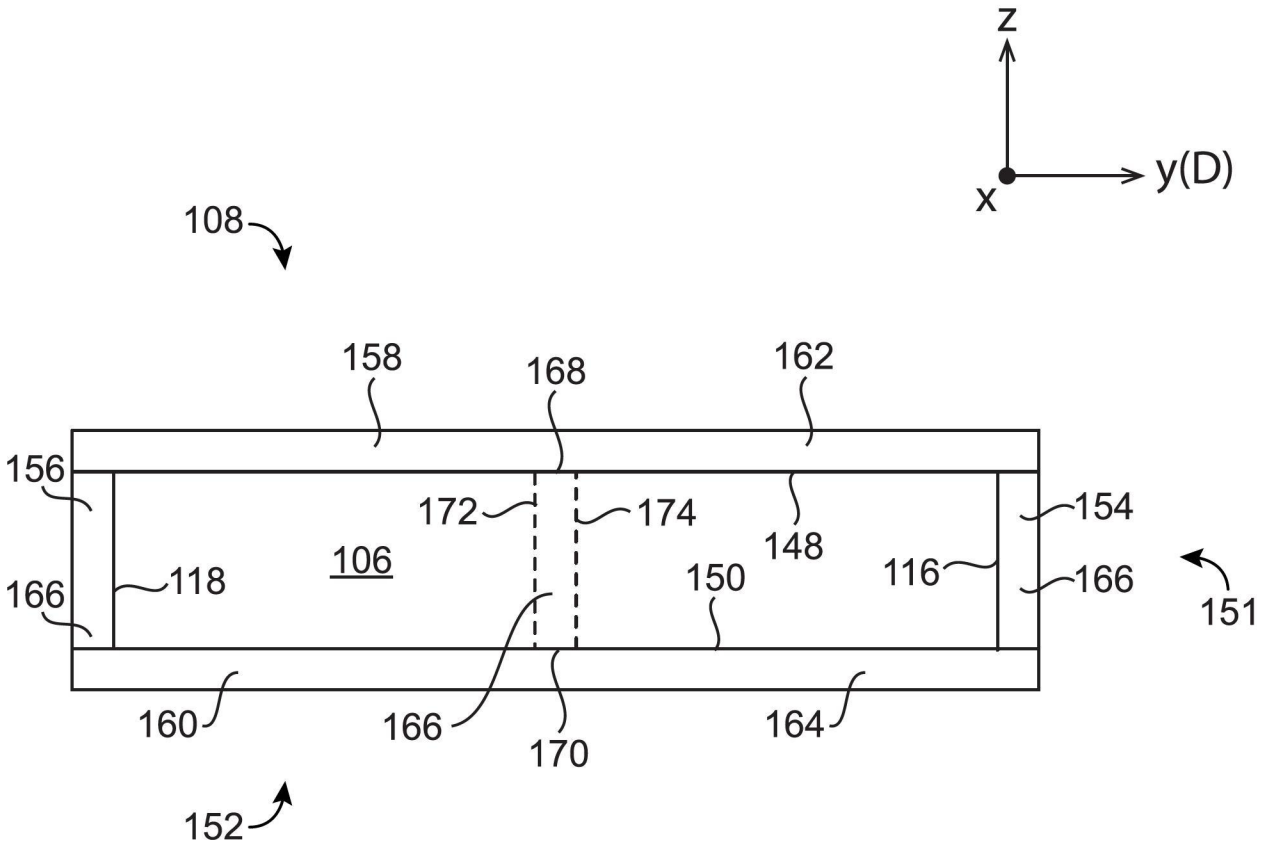
【圖4A】



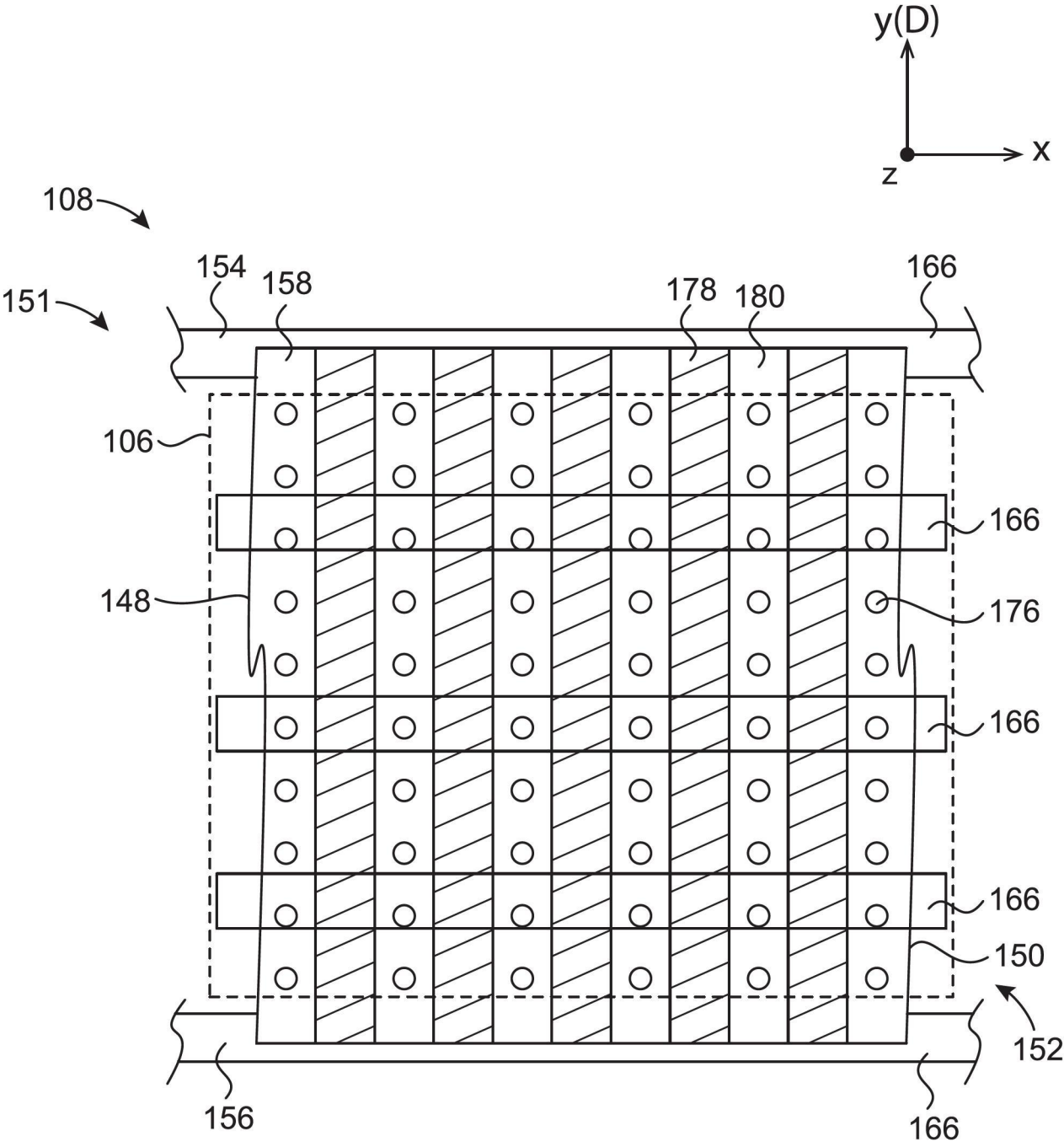
【圖4B】



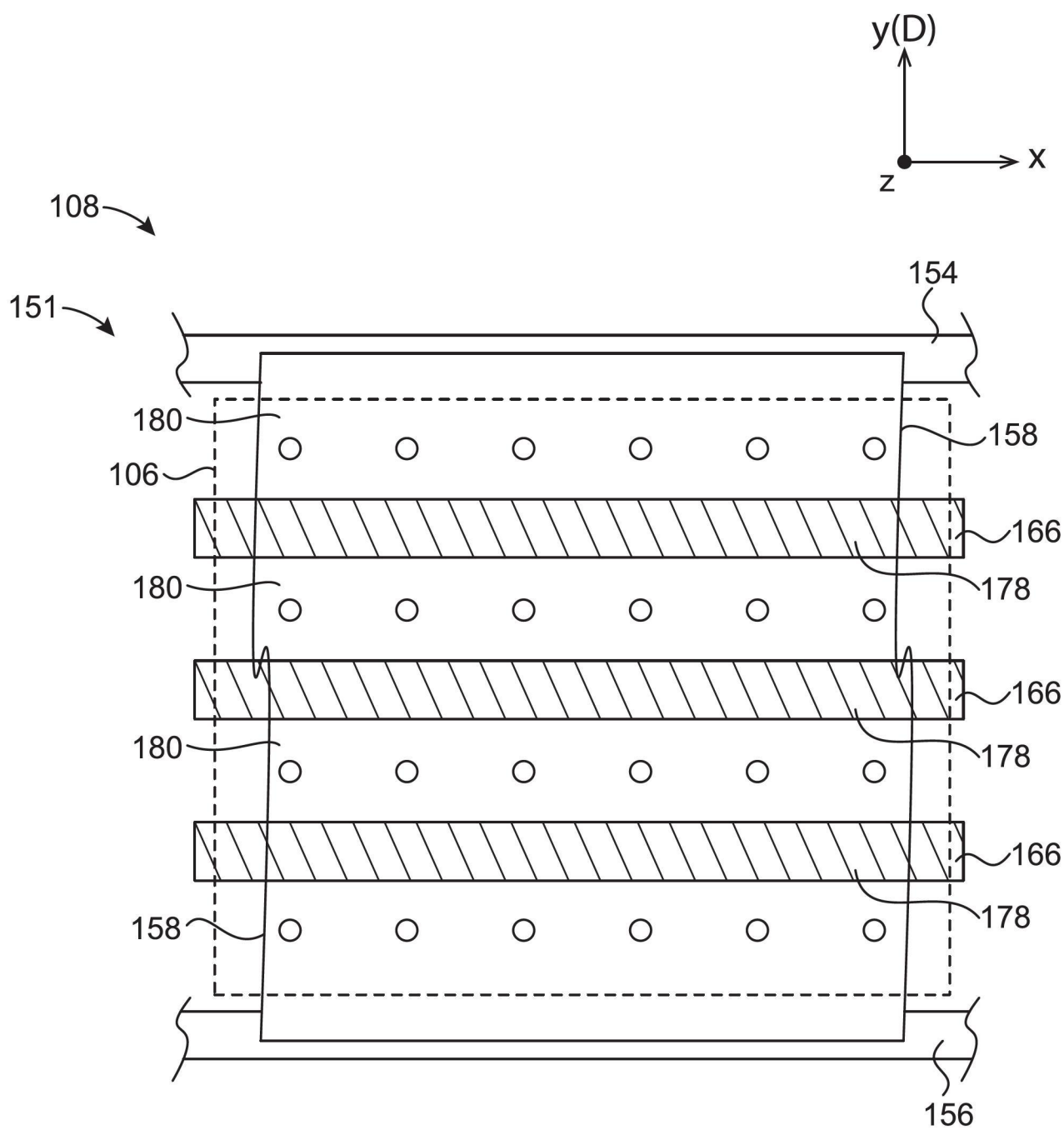
【圖4C】



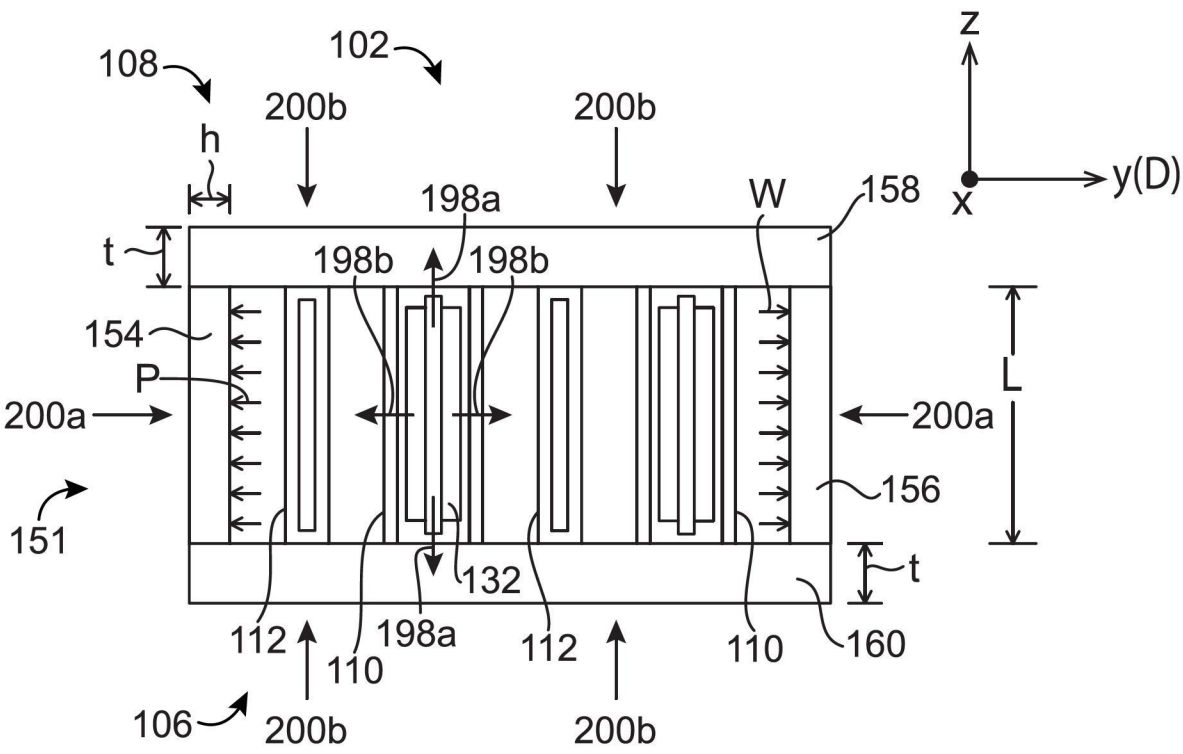
【圖5】



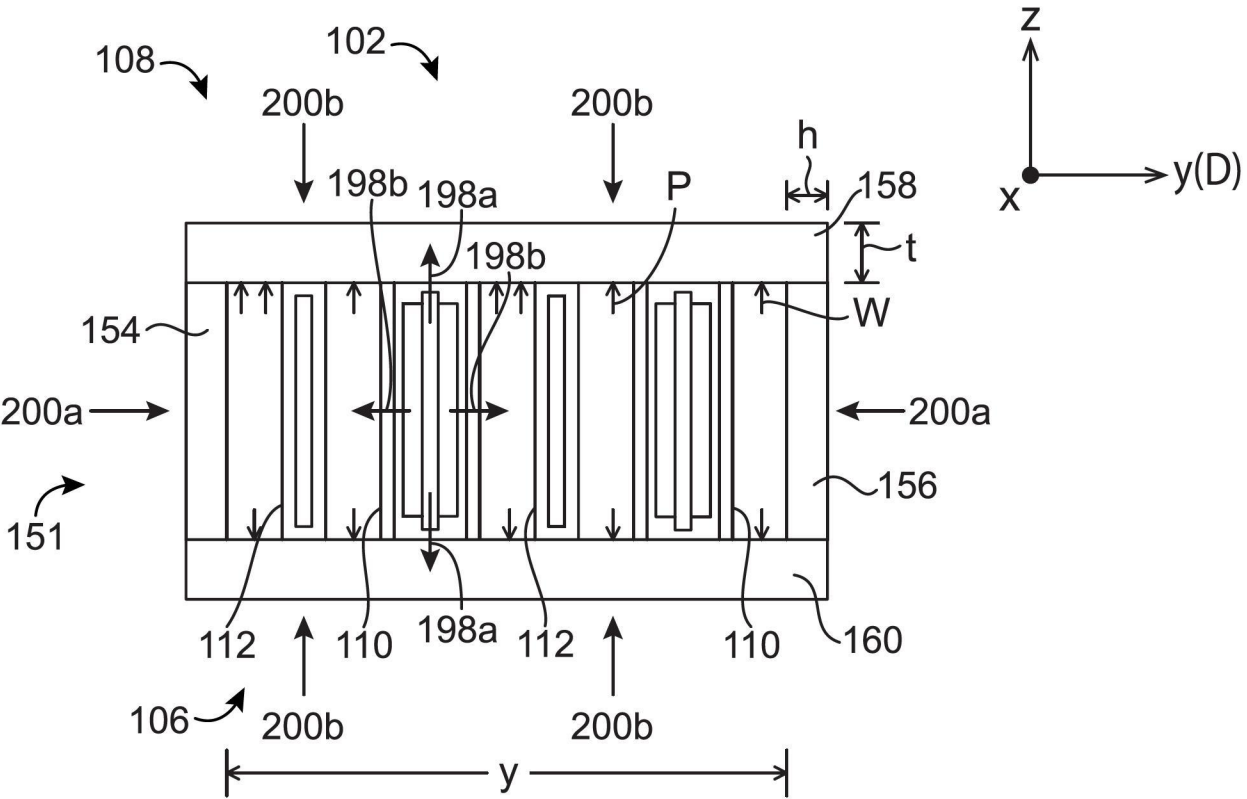
【圖6A】



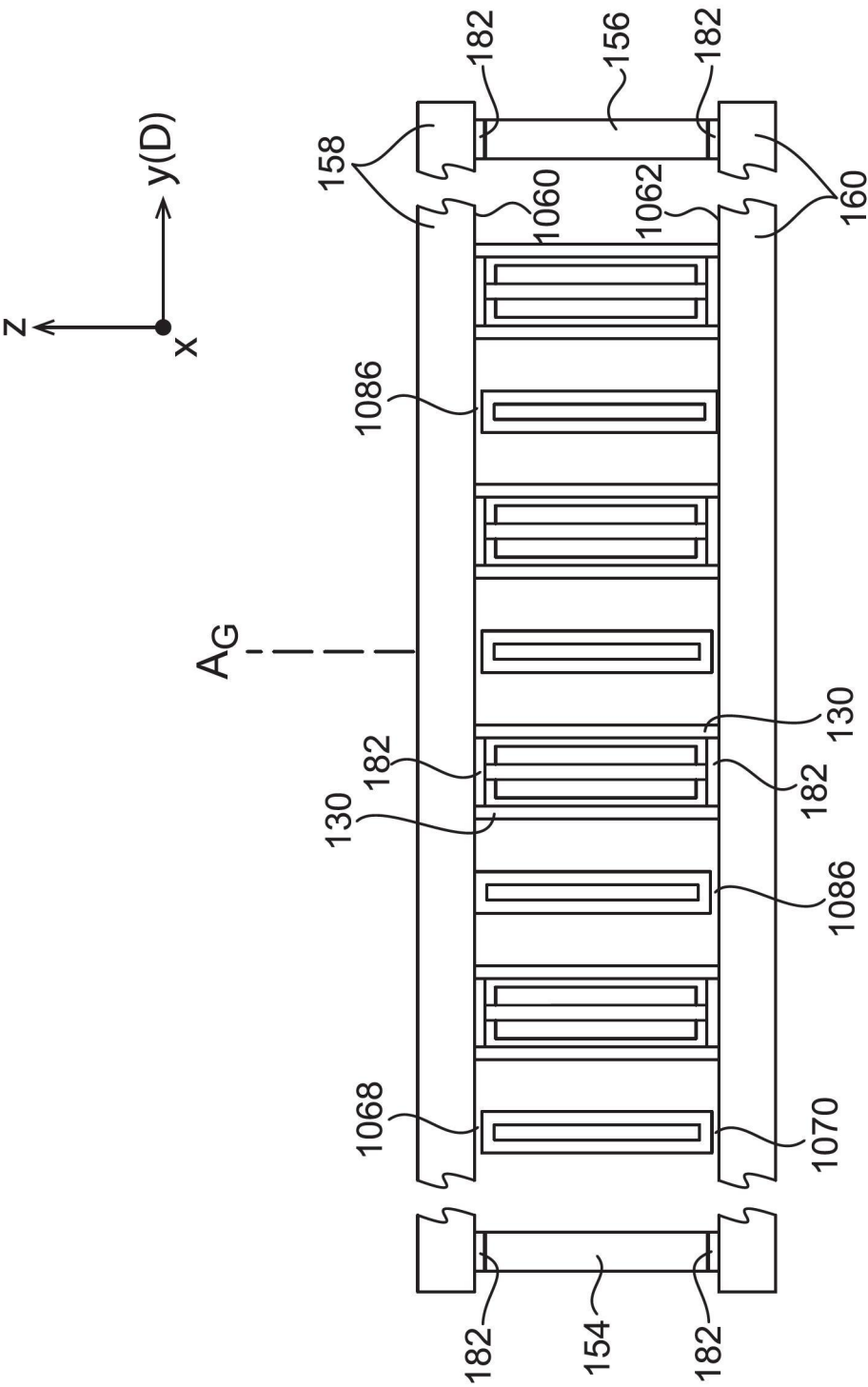
【圖6B】



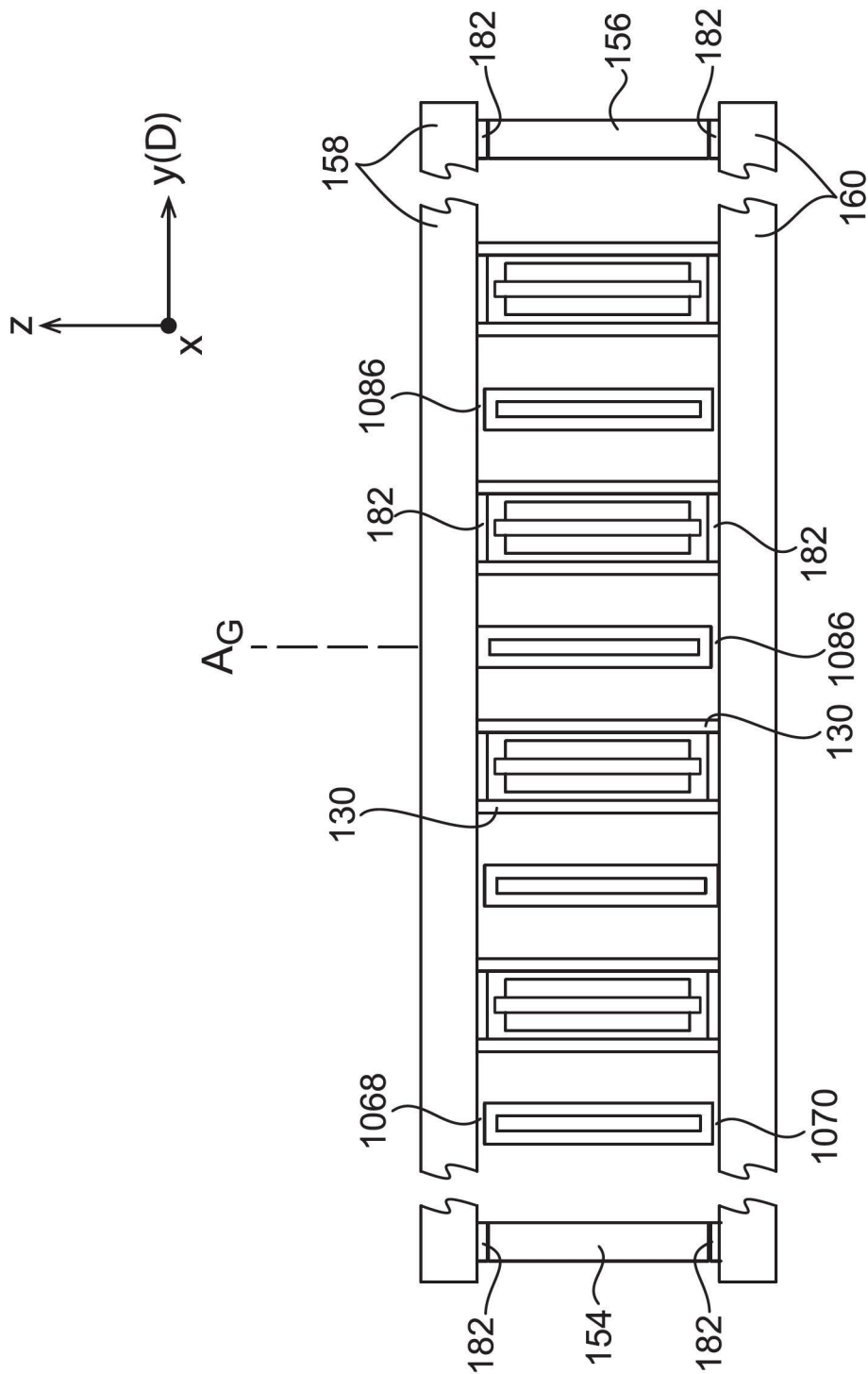
【圖8A】



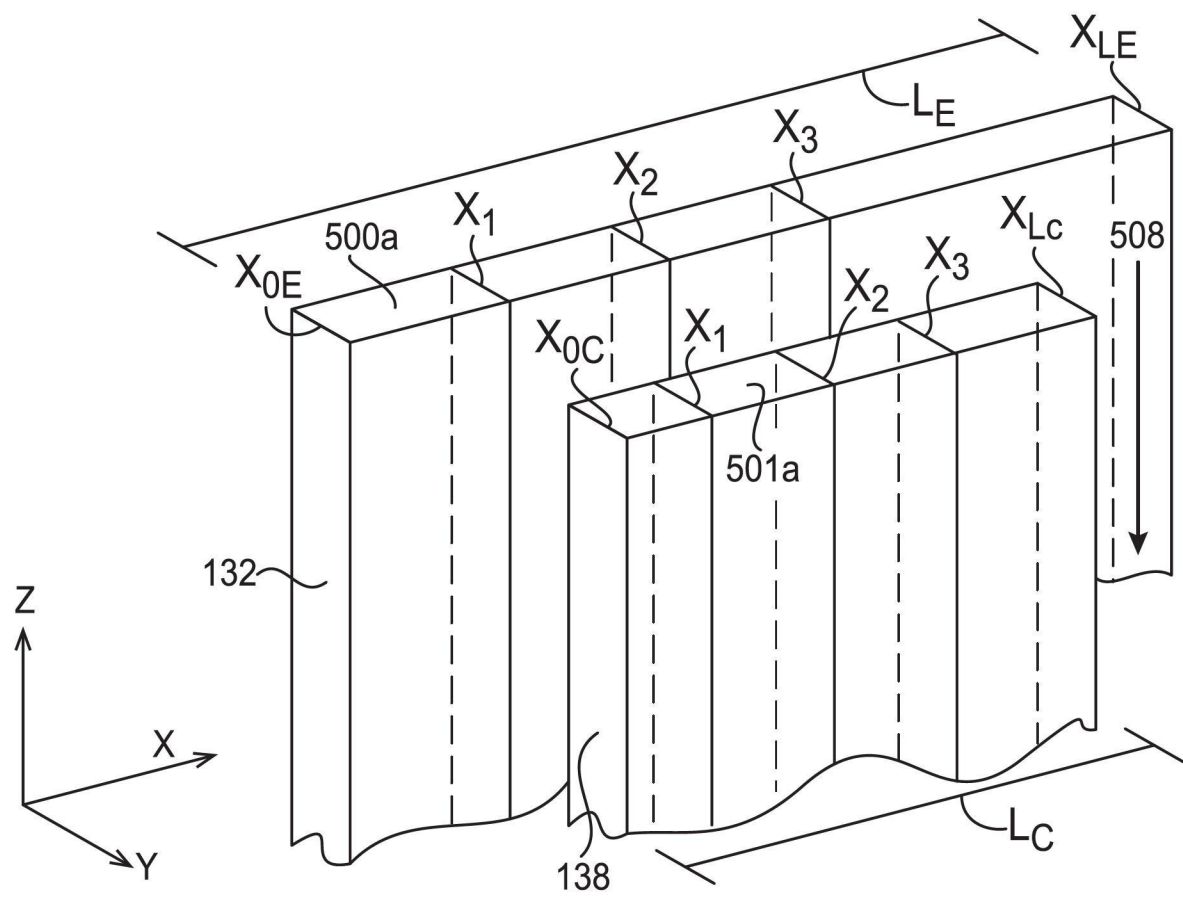
【圖8B】



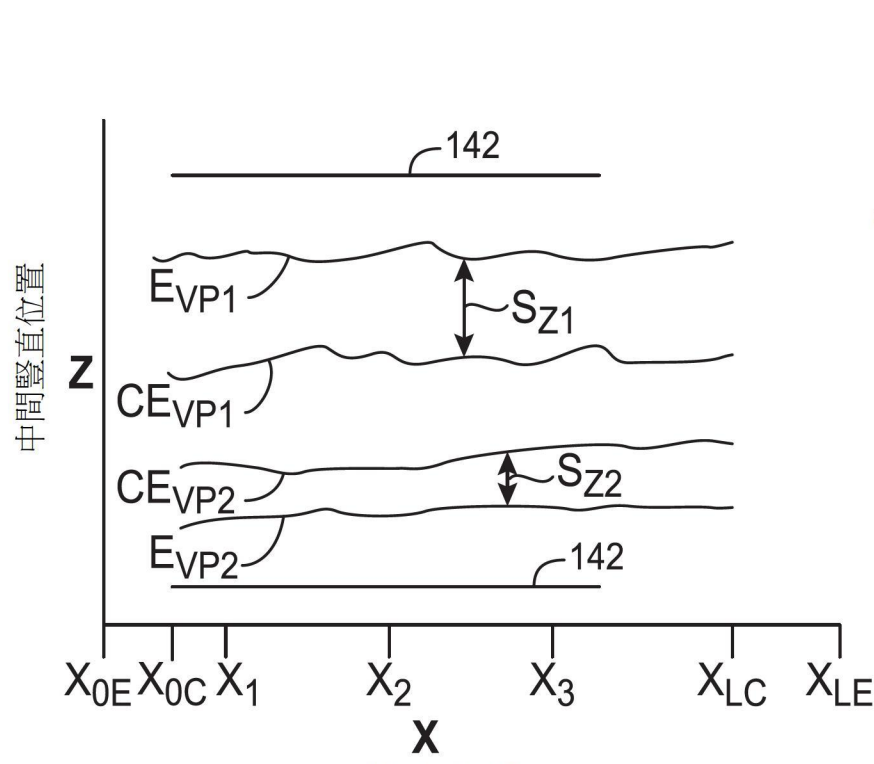
【圖9A】



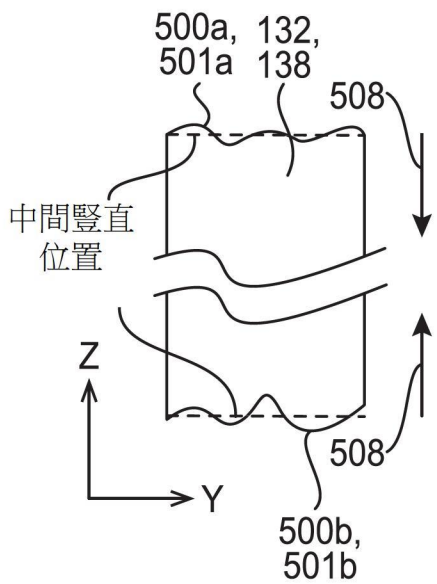
【圖9B】



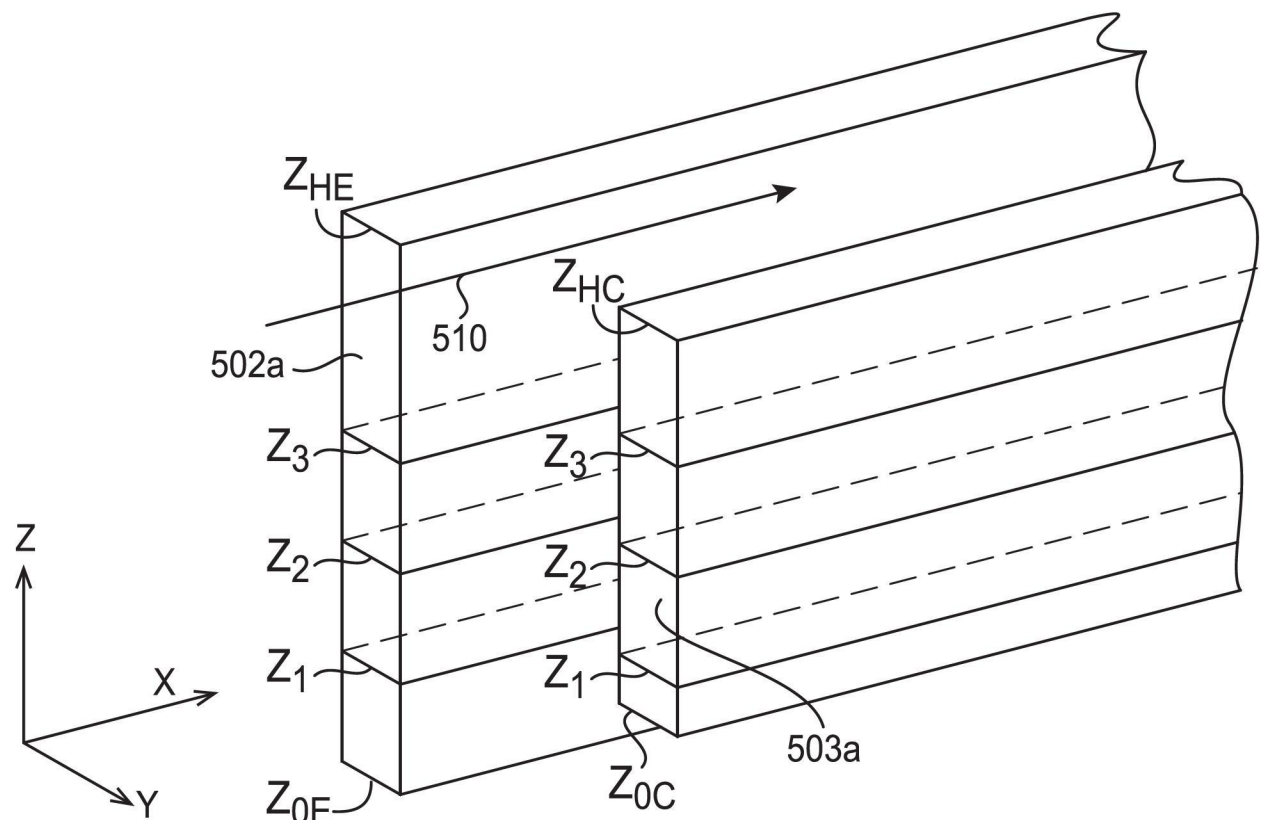
【圖11A】



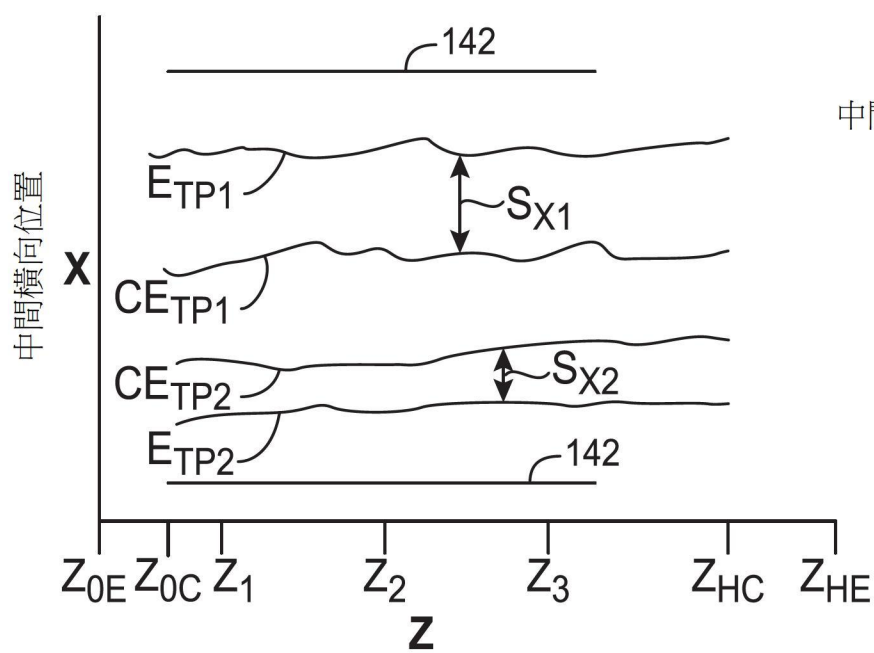
【圖11B】



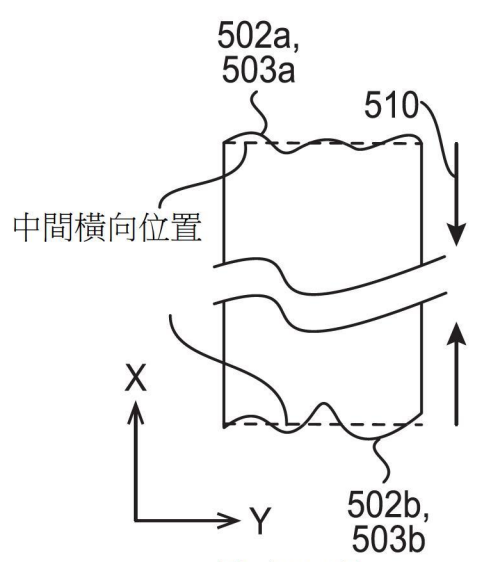
【圖11C】



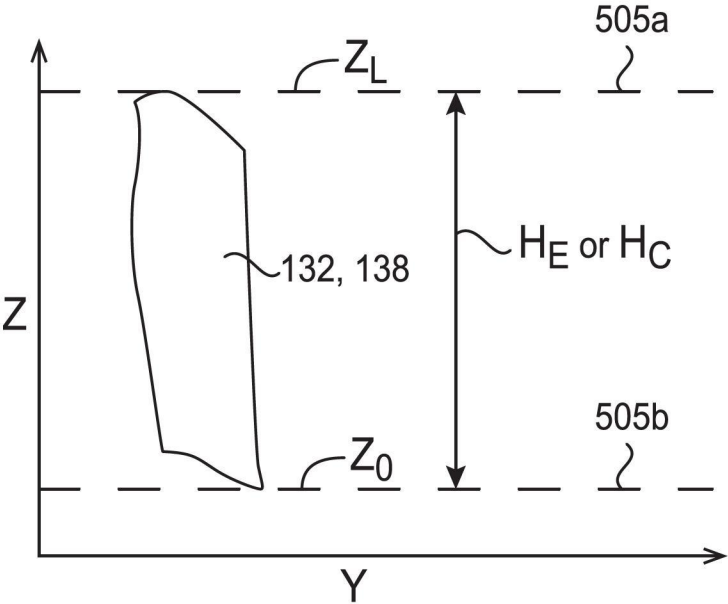
【圖12A】



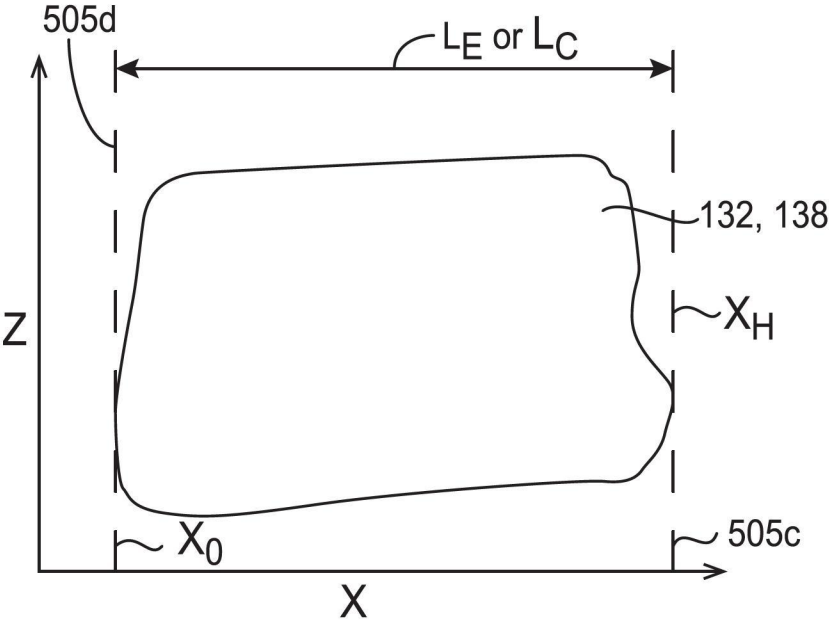
【圖12B】



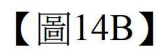
【圖12C】

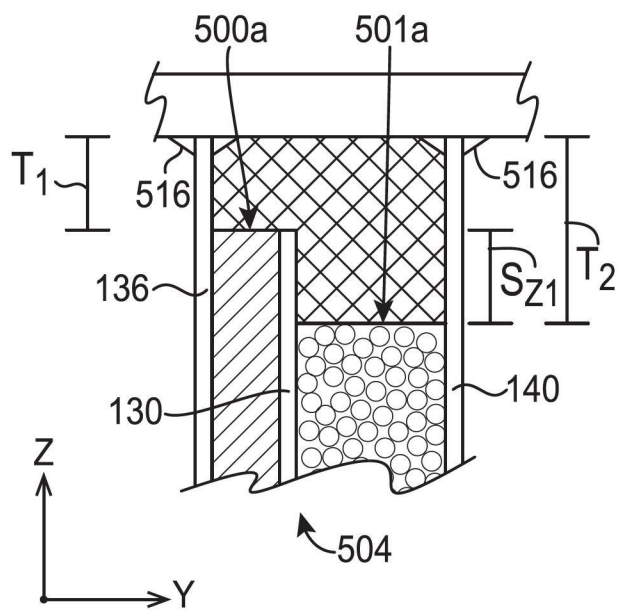


【圖13A】

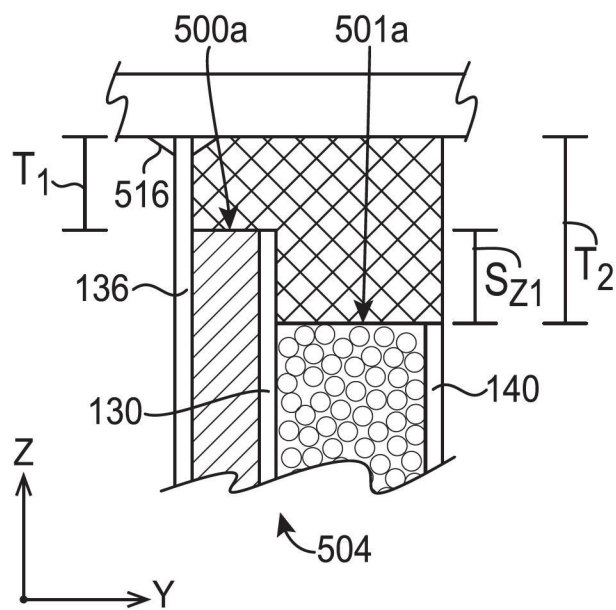


【圖13B】

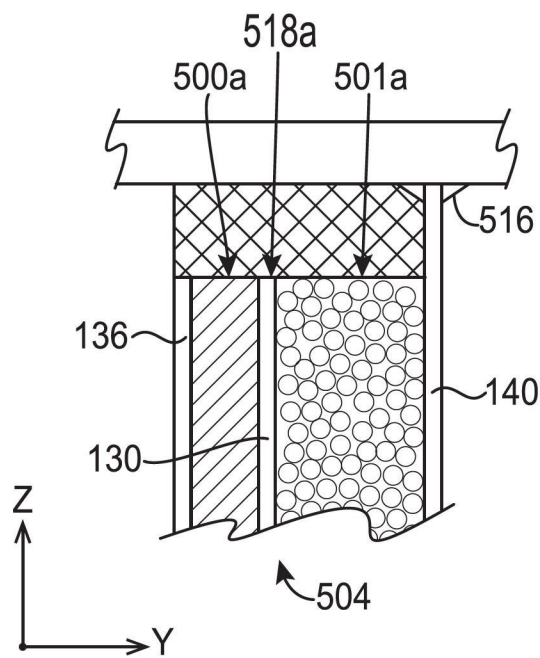




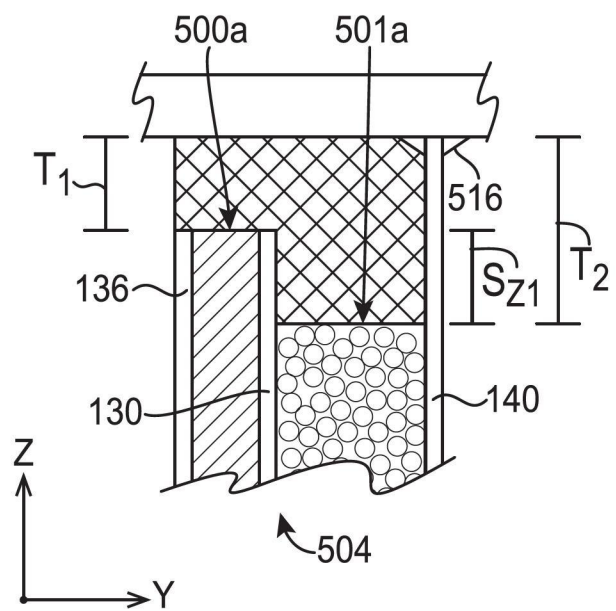
【圖14E】



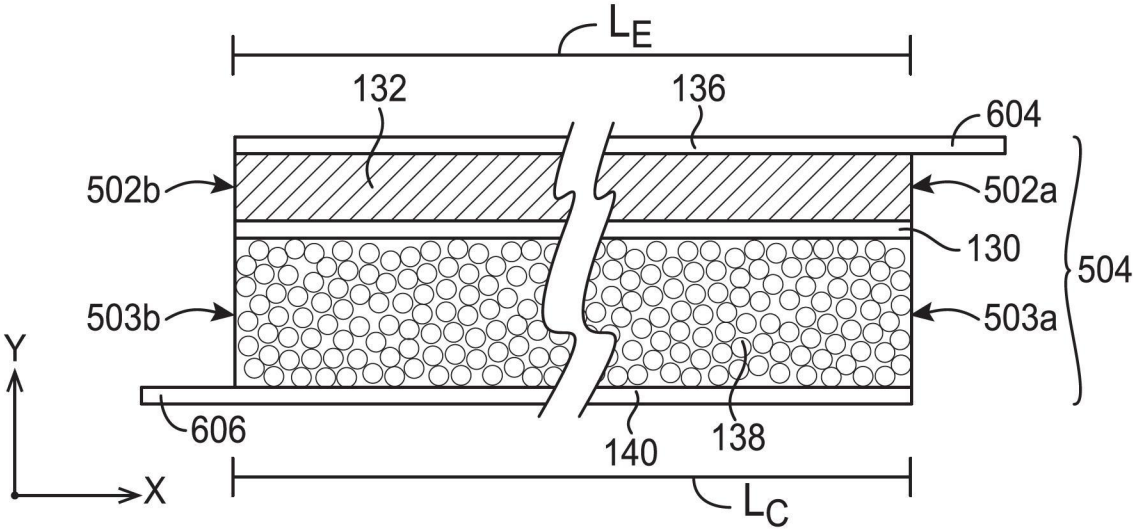
【圖14F】



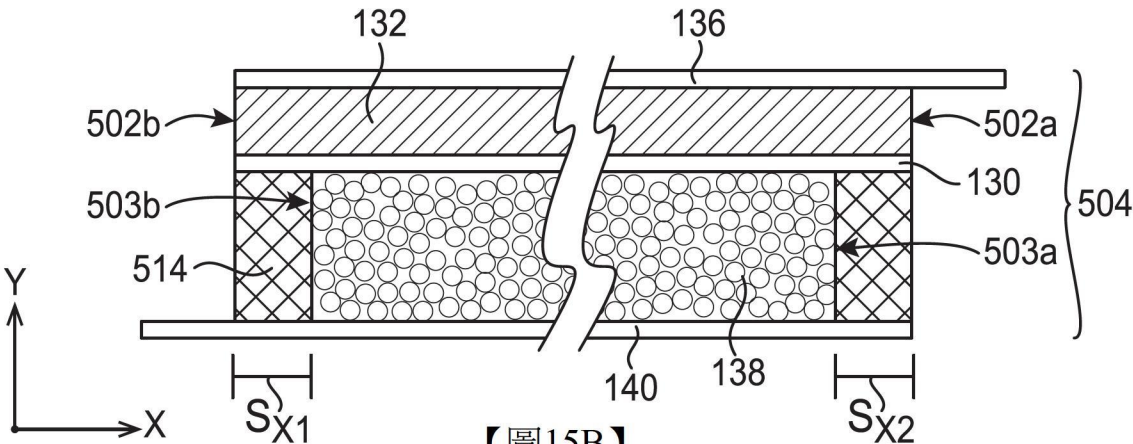
【圖14G】



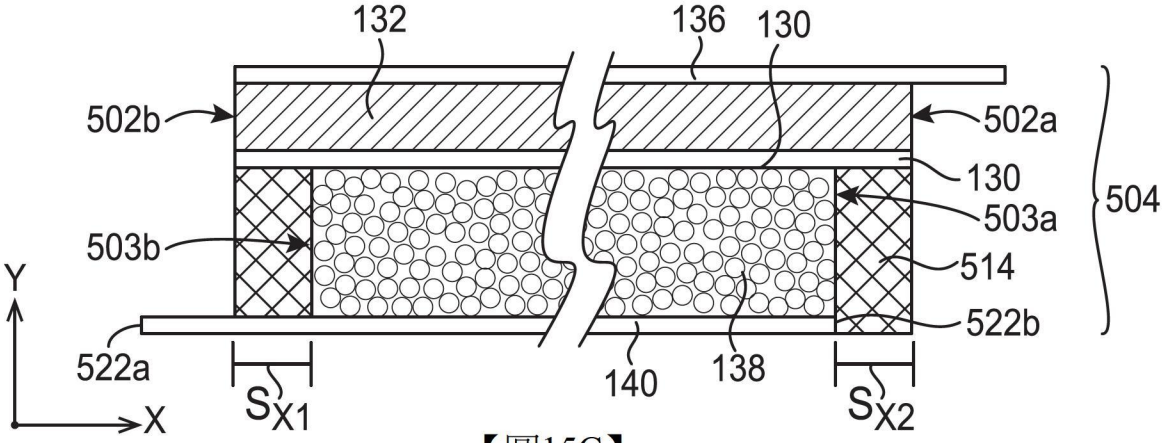
【圖14H】



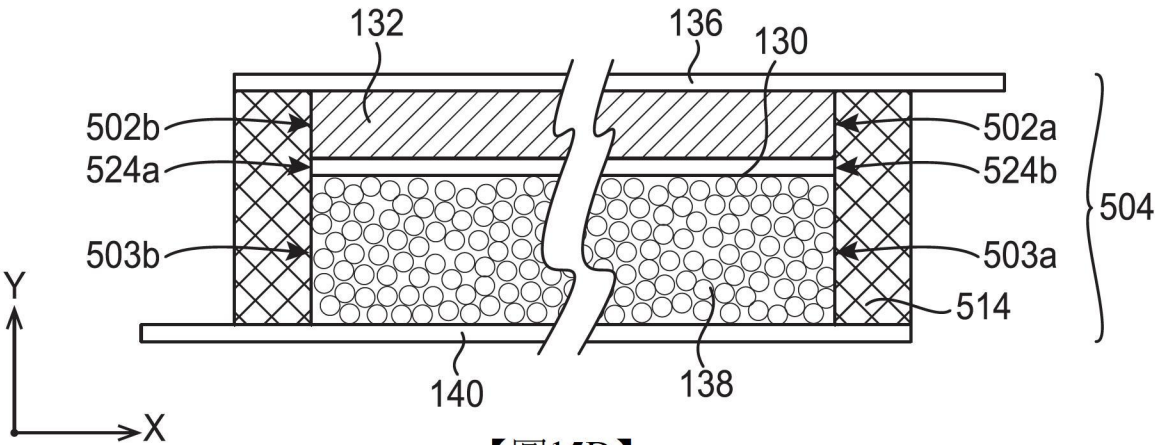
【圖15A】



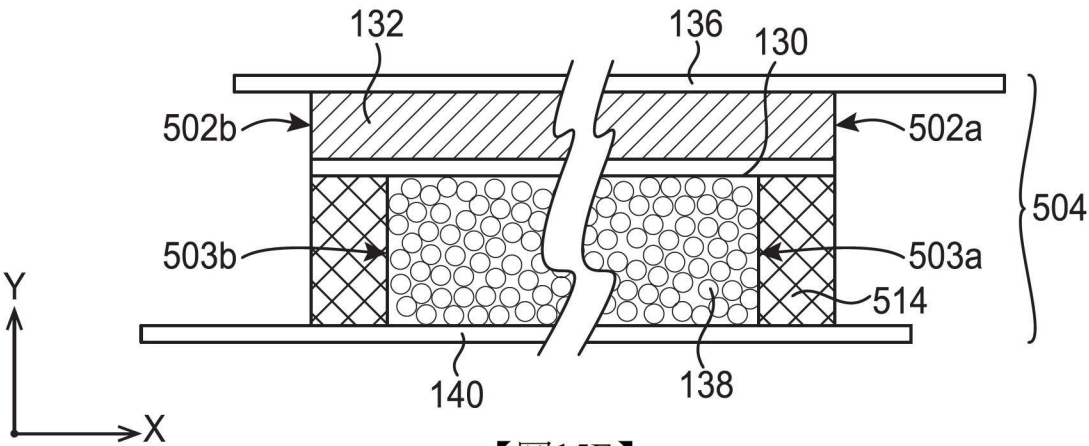
【圖15B】



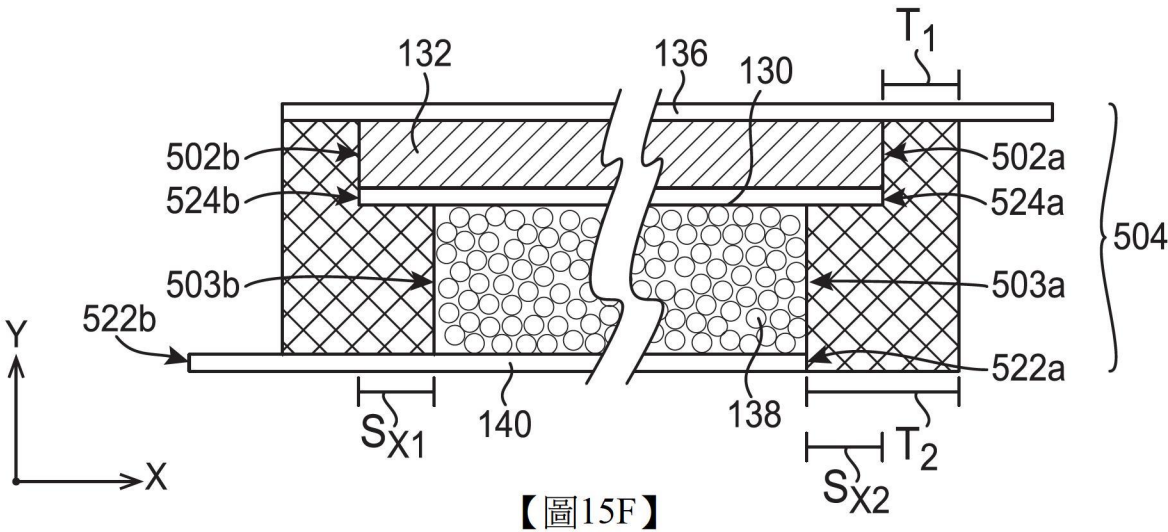
【圖15C】



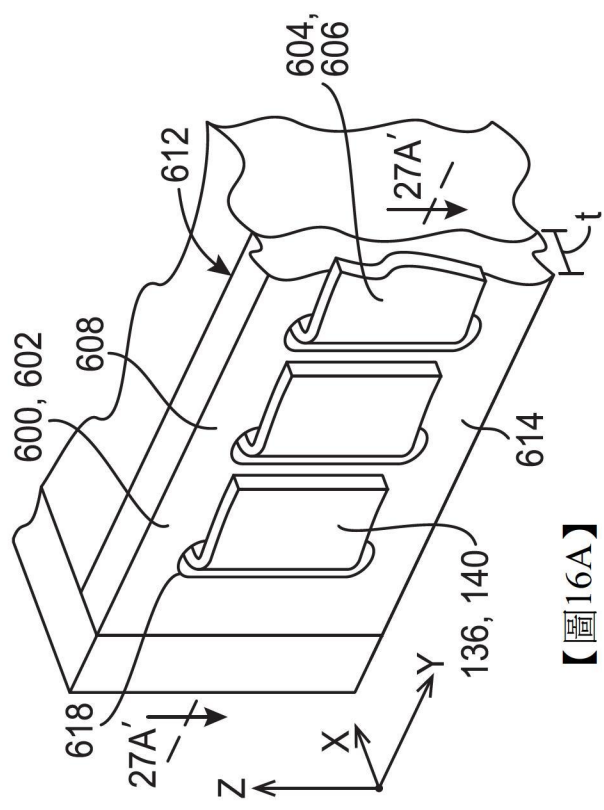
【圖15D】



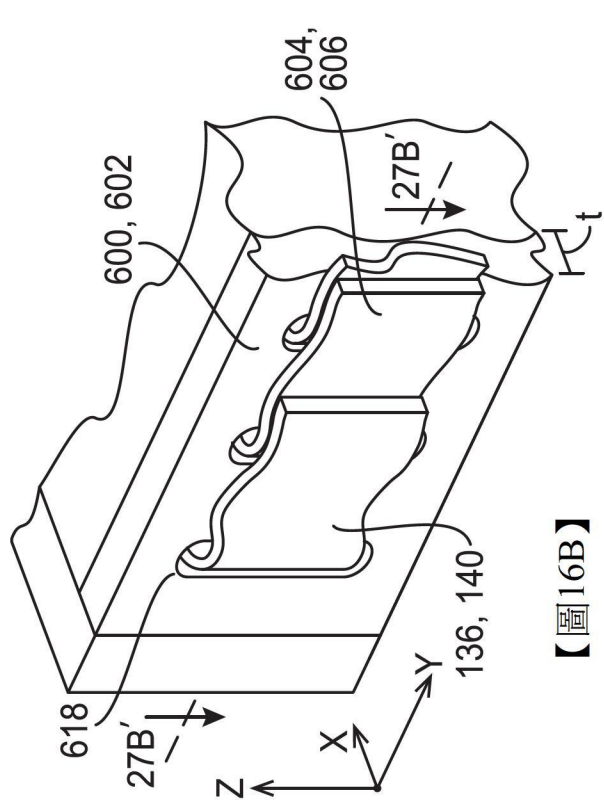
【圖15E】



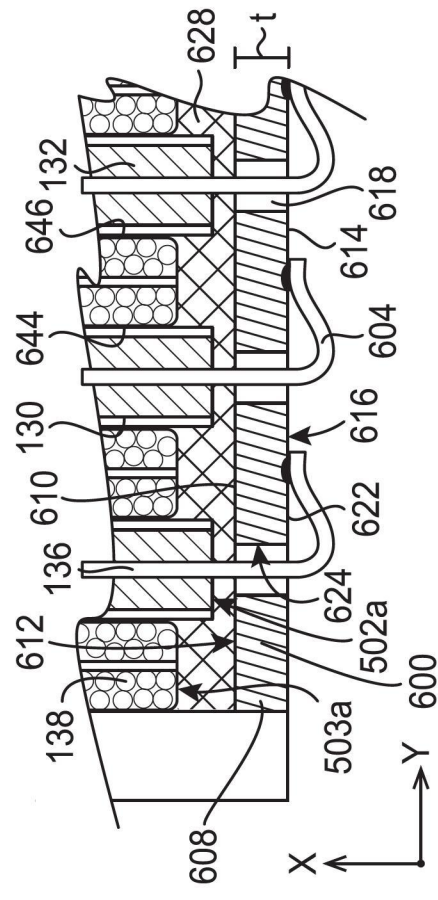
【圖15F】



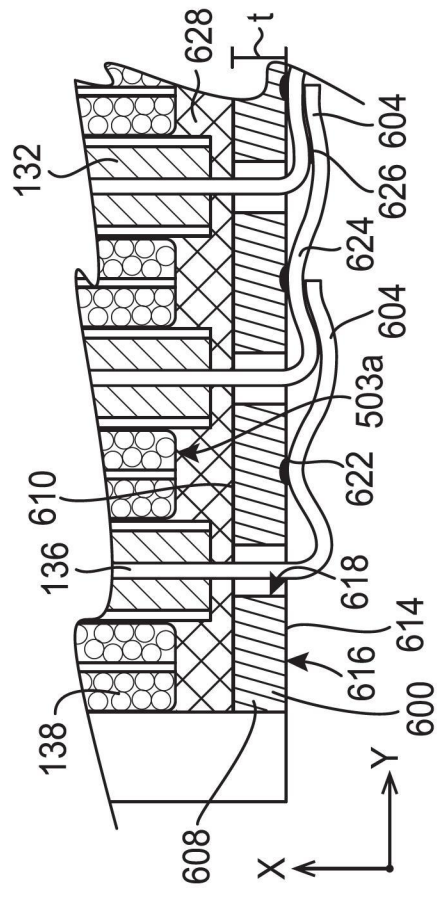
【圖16A】



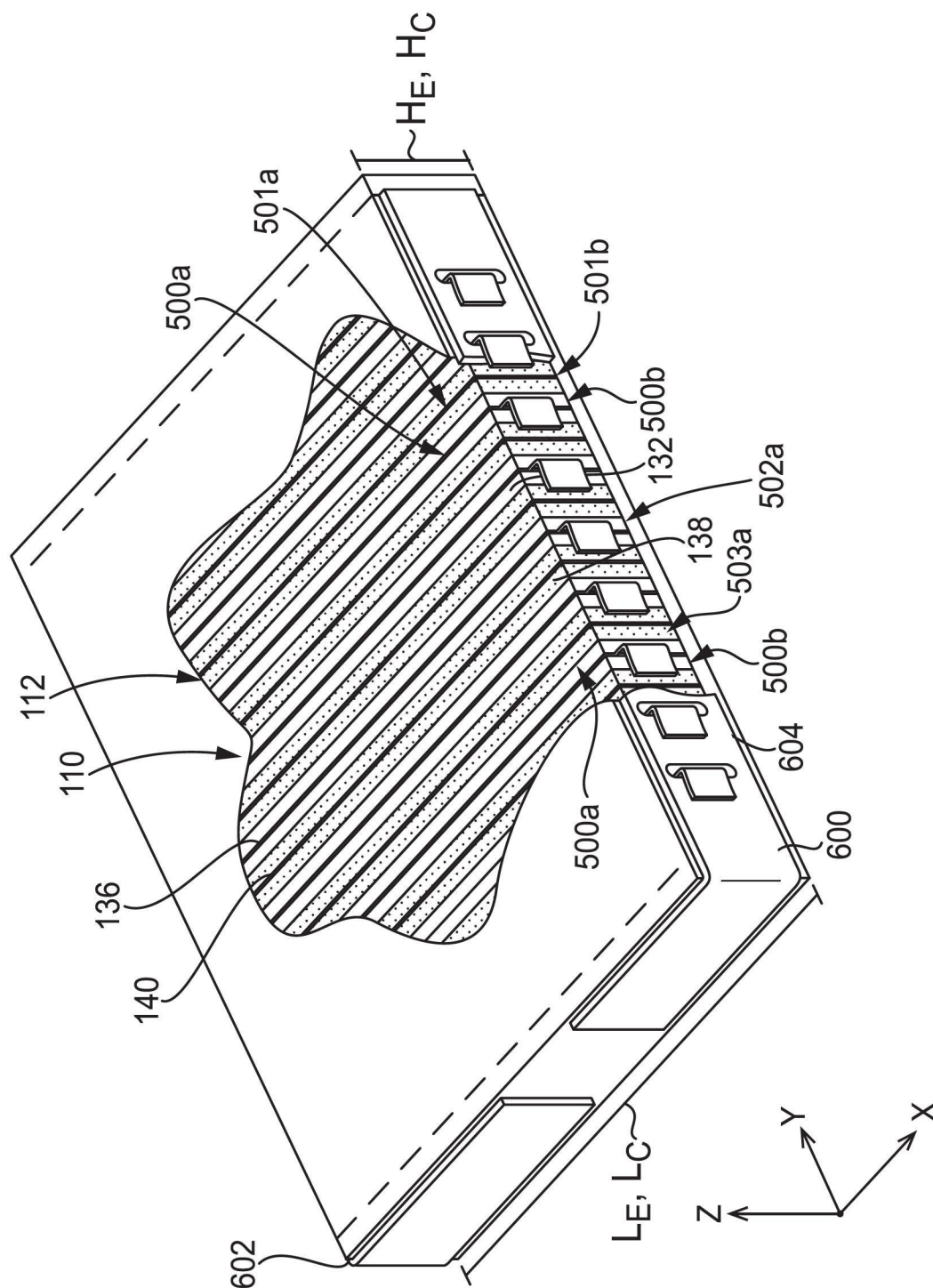
【圖16B】



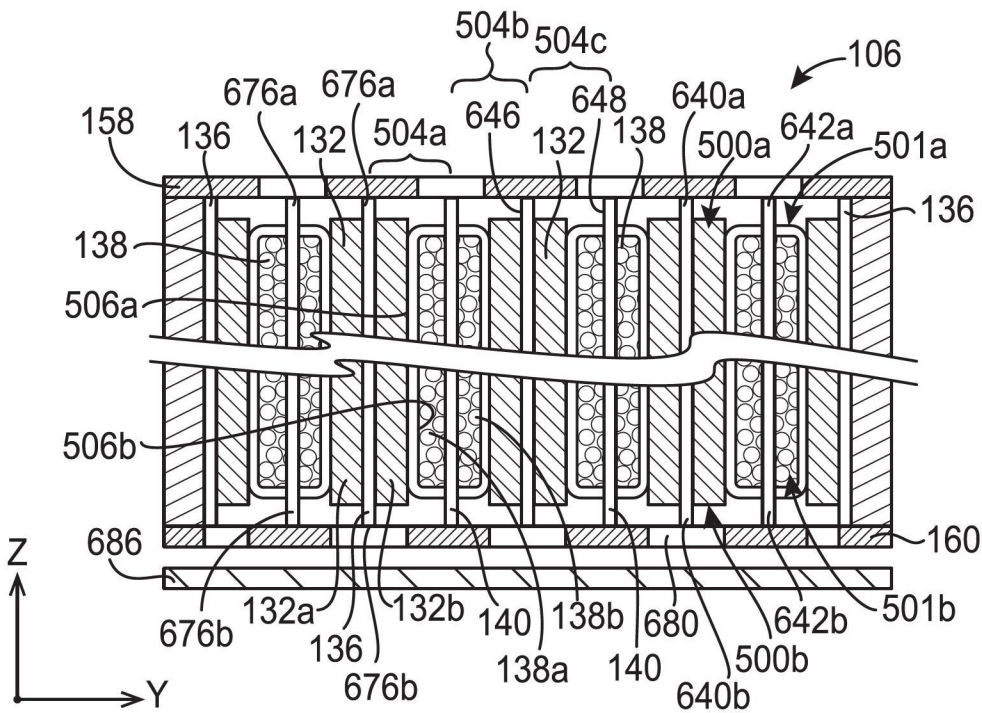
【圖16A'】



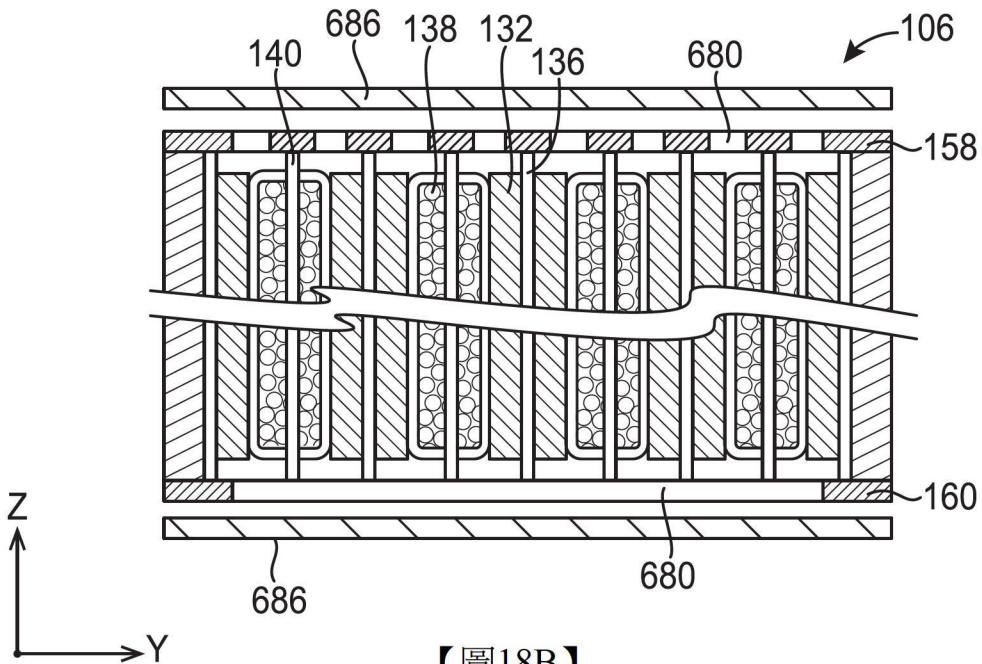
【圖16B'】



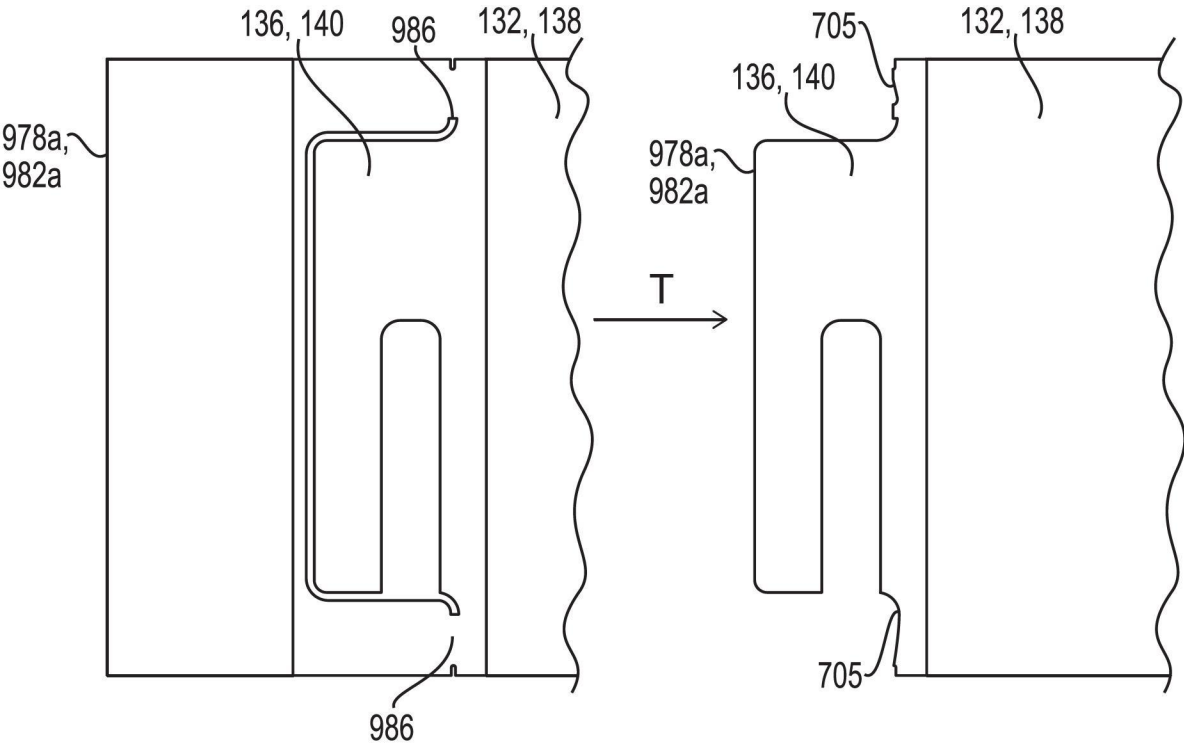
【圖17】



【圖18A】



【圖18B】



【圖19】