



---

(21)申請案號：106111423

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 03 月 27 日

(51)Int. Cl. : **H01M2/26 (2006.01)**

(30)優先權：2014/03/31 美國 14/230,796

(71)申請人：X開發有限責任公司(美國) X DEVELOPMENT LLC (US)  
美國

(72)發明人：巴拉德瓦傑雷米希 BHARDWAJ,RAMESH C. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：21 項 圖式數：6 共 74 頁

---

(54)名稱

形成用於固態電池之互連件

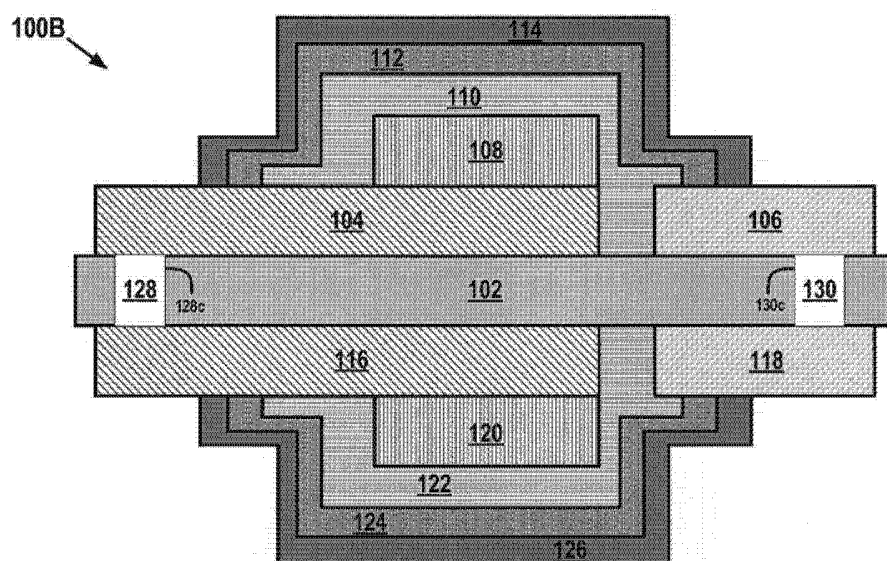
FORMING AN INTERCONNECTION FOR SOLID-STATE BATTERIES

(57)摘要

本發明揭示電池及製造具有經改良能量密度之電池之方法。在某些實施例中，在一基板之一第一側上提供一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器。在該基板之一第二側上提供一第二陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器。使用一雷射來形成：穿過該基板之一第一通道，其在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間；及穿過該基板之一第二通道，其在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間。形成在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間經由該第一通道之一陰極互連件。形成在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間經由該第二通道之一陽極互連件。

Disclosed are batteries and methods of manufacturing batteries with improved energy densities. In some embodiments, a first cathode current collector and a first anode current collector are provided on a first side of a substrate. A second cathode current collector and a second anode current collector are provided on a second side of the substrate. A laser is used to form: a first channel through the substrate between the first cathode current collector and the second cathode current collector, and a second channel through the substrate between the first anode current collector and the second anode current collector. A cathode interconnection is formed, via the first channel, between the first cathode current collector and the second cathode current collector. An anode interconnection is formed, via the second channel, between the first anode current collector and the second anode current collector.

指定代表圖：



【圖 1B】

符號簡單說明：

100B . . . 固態電池

102 . . . 基板/第二  
基板

104 . . . 第一陰極電  
流收集器/陰極電流收  
集器/第一陰極收集器

106 . . . 第一陽極電  
流收集器/陽極電流收  
集器

108 . . . 第一陰極/  
陰極

110 . . . 第一固態電  
解質/固態電解質

112 . . . 第一陽極/  
陽極

114 . . . 第一保護塗  
層/保護塗層

116 . . . 第二陰極電  
流收集器

118 . . . 第二陽極電  
流收集器

120 . . . 第二陰極

122 . . . 第二固態電  
解質

124 . . . 第二陽極

126 . . . 第二保護塗  
層

128 . . . 陰極互連件

128c . . . 第一通道/  
通道

130 . . . 陽極互連件

130c . . . 第二通道/  
通道

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

形成用於固態電池之互連件

### 【英文發明名稱】

FORMING AN INTERCONNECTION FOR SOLID-STATE BATTERIES

### 【技術領域】

### 【先前技術】

除非本文中另有指示，否則本先前技術章節中所闡述之材料並非本申請案中之申請專利範圍之先前技術且並不因包含於本先前技術章節中而被視為先前技術。

鋰離子及鋰聚合物電池通常由一鋰鈷氧化物( $\text{LiCoO}_2$ )陰極、一石墨陽極、一聚合物隔膜及一液態電解質構成。此等鋰離子及鋰聚合物電池之一個缺點係：液態電解質呈現安全問題。在某些例項中，如果在電池之陽極與陰極之間發生一短路(例如，歸因於缺陷或誤操作)，那麼液態電解質可變為易燃物。習用鋰離子及鋰聚合物電池之另一缺點係：由於此等電池具有非活性材料(例如，聚合物隔膜、液態電解質)與活性材料(例如， $\text{LiCoO}_2$ 陰極及石墨陽極)之一高比率，因此該等電池具有大致500 Wh/L至550 Wh/L之一有限能量密度。

固態電池可提供在能量密度及安全性兩個方面優於習用鋰離子及鋰聚合物電池之一改良。固態電池通常由一 $\text{LiCoO}_2$ 陰極、一鋰陽極及亦充當一隔膜之一固態鋰磷氮氧化物(LiPON)電解質構成。該鋰陽極具有大致3800 mAh/g之一理論比容量(與用於鋰離子及鋰聚合物電池中之石墨陽極(其具有僅大致372 mAh/g之一理論比容量)相比)，此

允許固態電池之一經增加能量密度。

由於固態電池使用一固態電解質，而非一液態電解質，因此固態電池可避免鋰離子及鋰聚合物電池帶來之安全問題。

#### 【發明內容】

本文中之實例性實施例揭示使用一或多個雷射來形成穿過一固態電池之通道。此外，提供一種製造一固態電池之方法，其中穿過該固態電池形成互連件，使得不需要習用連接器及突片。形成並聯或串聯穿過固態電池胞之互連件消除習用連接器及突片之使用。在某些實施例中，一雷射可用於穿透(例如，鑽通、刺穿、穿孔於)一或多個電池胞及/或形成穿過一或多個電池胞之一孔。

本文中揭示具有一基板之電池，該基板包含一第一側及一第二側，其中一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器在該基板之該第一側上，且其中一第二陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器在該基板之該第二側上。進一步而言，該電池可包含在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間的穿過該基板之一第一通道。更進一步而言，該電池可包含在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間的穿過該基板之一第二通道。另外，該電池可包含在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間經由該第一通道之一陰極互連件。另外，該電池可包含在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間經由該第二通道之一陽極互連件。

亦揭示製造一電池之方法。在某些實施例中，一方法可包含在一基板之一第一側上提供一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器。進一步而言，該方法可包含在該基板之一第二側上提供一第二

陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器。更進一步而言，該方法可包含使用至少一個雷射來形成：(a)穿過該基板之一第一通道，其中該第一通道在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間，及(b)穿過該基板之一第二通道，其中該第二通道在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間。另外，該方法可包含形成在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間經由該第一通道之一陰極互連件。另外，該方法可包含形成在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間經由該第二通道之一陽極互連件。

亦揭示製造若干個固態電池之方法。在某些實施例中，一方法可包含提供包括若干個基板之一卷材，其中針對該複數個基板中之每一基板：(1)在該基板之一第一側上形成一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器，且在該基板之一第二側上形成一第二陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器；(2)在該基板之該第一側上形成一第一陰極，且在該基板之該第二側上形成一第二陰極；(3)以一溫度使該第一陰極及該第二陰極退火；(4)在該基板之該第一側上形成一第一固態電解質，且在該基板之該第二側上形成一第二固態電解質；(5)在該基板之該第一側上形成一第一陽極，且在該基板之該第二側上形成一第二陽極；及(6)形成該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間的一陰極互連件，且形成該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間的一陽極互連件。

熟習此項技術者藉由在適當的情況下參考附圖閱讀以下詳細說明將明瞭此等以及其他態樣、優點及替代方案。

#### 【圖式簡單說明】

圖1A至圖1C圖解說明根據某些實施例之實例性固態電池。

圖2A係闡述根據某些實施例之製造一固態電池之一方法之一流程圖。

圖2B係闡述根據某些實施例之形成一互連件之一方法之一流程圖。

圖3A至圖3G圖解說明根據某些實施例之製造一固態電池之一方法。

圖4A至圖4C圖解說明根據某些實施例之形成固態電池中之一互連件之態樣。

圖5係闡述根據某些實施例之製造若干個固態電池之一方法之一流程圖。

圖6A至圖6C圖解說明根據某些實施例之製造若干個固態電池之一方法。

#### **【實施方式】**

#### **相關申請案之交叉參考**

本申請案主張2014年3月31日申請之美國專利申請案第14/230,796號之優先權，該美國專利申請案特此以其全文引用之方式併入本文中。本文中闡述實例性方法及系統。應理解，措辭「實例」及「例示性」在本文中用於意味「用作一實例、例項或圖解說明」。本文中闡述為一「實例」或「例示性」之任一實施例或特徵未必解釋為較佳的或優於其他實施例或特徵。在以下詳細說明中，參考附圖。在圖式中，除非上下文另有規定，否則類似符號通常識別類似組件。在不背離本文中所呈現之標的物之精神或範疇之情況下可利用其他實

施例且可做出其他改變。

本文中所描述之實例性實施例並不意欲為限制性。將容易地理解，如本文中通常所闡述且各圖中所圖解說明之本發明之態樣可以各種各樣不同組態經配置、替代、組合、分離及設計，本文中明確地預計所有該等不同組態。

## I. 概述

並聯或串聯連接固態電池可呈現數個挑戰。在某些例項中，並聯或串聯連接一電池通常針對該電池之每一引線需要一連接器。當連接多個電池時，連接器之數目迅速增加，從而有可能不利地影響效能。舉例而言，使用多個連接器可呈現維持能量密度且同時增加電池之阻抗且因此減小放電效能之困難。在額外態樣中，此等連接器可需要佔據電路中之額外空間(例如，板空間)且增加與所添加硬體相關聯之成本之突片。

實例性實施例可幫助提供固態電池之益處，同時減小或消除上文所闡述之缺點。特定而言，實例性實施例揭示使用一或多個雷射來形成穿過固態電池之通道。此外，提供製造此等電池胞之一新穎方法，其中穿過固態電池形成互連件，使得不需要習用連接器及突片。形成並聯或串聯穿過固態電池胞之互連件消除習用連接器及突片之使用。在某些實施例中，一雷射可用於穿透(例如，鑽通、刺穿、穿孔於)一或多個電池胞及/或形成穿過一或多個電池胞之一孔。

圖1A圖解說明根據一實例性實施例之一實例性固態電池100A。舉例而言，固態電池100A可用於給一頭戴式裝置供電。圖1A圖解說明固態電池100A之一實例性側視圖或一剖視圖。如所展示，固態電

池100A包含一基板102、一第一陰極電流收集器104、一第一陽極電流收集器106、一第一陰極108、一第一固態電解質110、一第一陽極112及一第一保護塗層114。

基板102可由諸如玻璃、半導體、雲母或有可能其他非導電材料之材料形成。在某些實施例中，可用銅、不銹鋼及/或聚醯亞胺形成基板102。更進一步而言，在某些實施例中，基板102可由氧化釔穩定之氧化鋯(YSZ) (可耐受高溫之一撓性陶瓷)形成。

基板102可採取任何數目個尺寸。在某些實施例中，基板102可具有介於(舉例而言)大約20  $\mu\text{m}$ 與大約40  $\mu\text{m}$ 之間的一厚度。其他厚度亦為可能的。包含(舉例而言)基板102之一平面面積及厚度的基板102之尺寸可因固態電池100A之應用而變化。

第一陰極電流收集器104及第一陽極電流收集器106可各自由一或多個導電材料形成。在某些實施例中，第一陰極電流收集器104及第一陽極電流收集器106中之一者或兩者可藉由鈷、金、不銹鋼及鎳中之一或多者而形成。在某些實施例中，第一陰極電流收集器104及第一陽極電流收集器106中之一者或兩者可採取一薄片、一箔或一粉末之形式。其他材料及形式亦為可能的。

第一陰極電流收集器104及第一陽極電流收集器106可各自採取任何數目個尺寸。在某些實施例中，第一陰極電流收集器104及第一陽極電流收集器106中之一者或兩者可具有介於(舉例而言)大約3  $\mu\text{m}$ 與大約4  $\mu\text{m}$ 之間的一厚度。其他厚度亦為可能的。包含(舉例而言)第一陰極電流收集器104及第一陽極電流收集器106之平面面積及厚度的第一陰極電流收集器104及第一陽極電流收集器106之尺寸可因固態電

池100A之應用而變化。

如所展示，第一陰極108與第一陰極電流收集器104電接觸。第一陰極108可由(舉例而言)  $\text{LiCoO}_2$  形成。其他陰極材料亦為可能的。第一陰極108可採取任何數目個尺寸。在某些實施例中，第一陰極108可具有介於(舉例而言)大約5  $\mu\text{m}$ 與大約15  $\mu\text{m}$ 之間的一厚度。其他厚度亦為可能的。一般而言，與用諸如銅、聚醯亞胺及不銹鋼之其他材料形成之基板102相比，第一陰極108之一較大厚度可生長於用YSZ形成之基板102上。包含(舉例而言)第一陰極108之一平面面積及厚度的第一陰極108之尺寸可因固態電池100A之應用而變化。

如所展示，第一固態電解質110可形成於第一陰極108與第一陽極112之間。在某些實施例中，第一固態電解質可由鋰磷氮氧化物(LiPON)形成。其他固態電解質材料亦為可能的。第一固態電解質110可在固態電池100A內採取任何數目個尺寸。在某些實施例中，第一固態電解質110可具有介於(舉例而言)大約1  $\mu\text{m}$ 與3  $\mu\text{m}$ 之間的一厚度。其他厚度亦為可能的。包含(舉例而言)第一固態電解質110之一平面面積及厚度的第一固態電解質110之尺寸可因固態電池100A之應用而變化。

如所展示，第一陽極112與第一陽極電流收集器106電接觸。第一陽極112可由(舉例而言)鋰金屬形成。其他陽極材料亦為可能的。第一陽極112可採取任何數目個尺寸。在某些實施例中，第一陽極112可具有介於(舉例而言)大約2  $\mu\text{m}$ 與4  $\mu\text{m}$ 之間的一厚度。其他厚度亦為可能的。包含(舉例而言)第一陽極112之一平面面積及厚度的第一陽極112之尺寸可因固態電池100A之應用而變化。

在某些實施例中，固態電池100A可連接至一電路(諸如，舉例而言，一電子裝置及/或一頭戴式裝置之電路)。在某些例項中，固態電池100A可包含一或多個連接器(圖1A中未展示)以建立第一陰極電流收集器104與電路之間的一電連接。進一步而言，第一陽極電流收集器106可包含一或多個其他連接器(圖1A中亦未展示)以建立第一陽極電流收集器106與電路之間的一電連接。

在某些實施例中，固態電池100A可給一電路供電。在某些例項中，固態電池100A可藉助於第一陽極112與第一陰極108之間的一化學反應給一電路供電。特定而言，當固態電池100A連接至電路中時，第一陽極112可經歷其中來自第一陽極112之離子朝向第一陰極108移動穿過第一固態電解質110之一氧化反應，從而導致電子自第一陽極112至電路中之釋放。同時，當固態電池100A連接至電路中時，第一陰極108可經歷其中移動穿過第一固態電解質110之離子與第一陰極108組合之一還原反應，從而導致由第一陽極112釋放至電路中之電子在第一陰極108處之吸收。電子在陽極112處之釋放及電子在第一陰極108處之吸收可產生給電路供電之一電流。

在某些實施例中，固態電池100A可進一步包含一第一保護塗層114，如圖1A中所展示。舉例而言，第一保護塗層114可實質上覆蓋第一陽極112，藉此保護固態電池100A以免受污染且延長固態電池100A之壽命。在某些實施例中，舉例而言，保護塗層114可不覆蓋第一陰極電流收集器104及第一陽極電流收集器106之部分，有可能以將固態電池100A連接至一電路。在某些實施例中，保護塗層114可由二氧化矽( $\text{SiO}_2$ )、氧化鋁及/或一陶瓷形成。其他保護塗層材料亦為可能

的。

固態電池100A可採取任何數目個尺寸。在某些實施例中，舉例而言，固態電池100A可具有介於大約30  $\mu\text{m}$ 與大約60  $\mu\text{m}$ 之間的一厚度。固態電池100A之其他厚度亦為可能的。包含(舉例而言)固態電池100A之一平面面積及厚度的固態電池100A之尺寸可因固態電池100A之應用而變化。

在某些實施例中，有可能為改良固態電池100之一能量密度，可期望一固態電池100B為一雙側固態電池，如圖1B中所展示。圖1B圖解說明固態電池100B之一實例性側視圖或剖視圖。在某些實施例中，固態電池100B可用於給一頭戴式裝置充電。如所圖解說明，固態電池100B包含具有在基板102上面之一第一側及在基板102下面之一第二側之基板102。在基板102之第一側上，固態電池100B包含第一陰極電流收集器104、第一陽極電流收集器106、第一陰極108、第一固態電解質110及第一陽極112，如關於圖1A所闡述。進一步而言，在基板102之第二側上，固態電池100B包含可採取上文關於圖1A分別針對第一陰極電流收集器104、第一陽極電流收集器106、第一陰極108、第一固態電解質110及第一陽極112所闡述之形式中之任一形式的一第二陰極電流收集器116、一第二陽極電流收集器118、一第二陰極120、一第二固態電解質122及一第二陽極124。

在某些實施例中，在基板102之第一側上之組件(包含，舉例而言，第一陰極電流收集器104、第一陽極電流收集器106、第一陰極108、第一固態電解質110及第一陽極112)可共同稱為一「上部」單側胞或電池。更進一步而言，在基板102之第二側上之組件(包含，舉例

而言，第二陰極電流收集器116、第二陽極電流收集器118、第二陰極120、第二固態電解質122及第二陽極124)可共同稱為一「下部」單側胞或電池。在某些實施例中，固態電池100B之上部單側胞或電池可為關於圖1A之固態電池100A。

在某些實施例中，有可能為消除用以串聯或並聯連接固態電池之導線、焊料及外部突片，互連件可形成於固態電池100B中，如圖1B中所展示。如所圖解說明，固態電池100B包含在第一陰極電流收集器104與第二陰極電流收集器116之間的穿過基板102之一第一通道128c。進一步而言，固態電池100b包含在(第一)陽極電流收集器106與第二陽極電流收集器118之間的穿過基板102之一第二通道130c。

在某些實施例中，第一通道128c及第二通道130c中之一者或兩者可藉由一雷射而形成。進一步而言，在某些實施例中，第一通道128c可位於基板102之一第一隅角中且第二通道130c可毗鄰於基板102之第一隅角位於基板102之一第二隅角中。而且第一通道128c及第二通道130c亦可位於基板102之其他位置中。

如圖1B中所圖解說明，固態電池100B可包含一陰極互連件128及一陽極互連件130。在某些實施例中，固態電池100B可包含在第一陰極電流收集器104與第二陰極電流收集器116之間經由第一通道128c之陰極互連件128。進一步而言，固態電池100B可包含在第一陽極電流收集器106與第二陽極電流收集器118之間經由第二通道130c之陽極互連件130。

在某些實施例中，陰極互連件128及陽極互連件130可形成固態電池100B內之電連接。在某些實施例中，陰極互連件128及陽極互連

件130可由銀、金、銅、銻、錫或其一組合形成。在某些實施例中，陰極互連件128及陽極互連件130可包含諸如一油墨、一膏、一環氧樹脂、一導線、一纜線及/或一連接器之導電材料。因此，陰極互連件128可建立陰極電流收集器104與第二陰極電流收集器116之間的一電連接。進一步而言，陽極互連件130可建立陽極電流收集器106與第二陽極電流收集器118之間的一電連接。固態電池100B中之其他互連件亦為可能的。

在某些實施例中，固態電池100B可連接至一電路(諸如，舉例而言，一電子裝置及/或一頭戴式裝置之電路)。在某些例項中，一或多個連接器(圖1B中未展示)可建立陰極電流收集器(陰極電流收集器104及第二陰極電流收集器116)中之任一者與電路之間的一電連接。進一步而言，一或多個其他連接器(圖1B中亦未展示)可建立陽極電流收集器(陽極電流收集器106及第二陽極電流收集器118)中之任一者與電路之間的一電連接。因此，固態電池100B可藉助於如關於圖1A所闡述之上部單側胞及類似地下部單側胞中之一化學反應給電路充電。

在某些實施例中，固態電池100B可進一步包含一第一保護塗層114及一第二保護塗層126，如圖1B中所展示。舉例而言，第一保護塗層及第二保護塗層126可實質上覆蓋第一陽極112及第二陽極124，藉此保護固態電池100B以免受污染且延長固態電池100B之壽命。在某些實施例中，舉例而言，第一保護塗層114及第二保護塗層126可不覆蓋第一陰極電流收集器104及第一陽極電流收集器106、第二陰極電流收集器116及第二陽極電流收集器118之部分，有可能以將固態電池100B連接至一電路。在某些實施例中，第一保護塗層114及第二保護

塗層126可由SiO<sub>2</sub>、氧化鋁及/或一陶瓷形成。其他保護塗層材料亦為可能的。

固態電池100B可採取任何數目個尺寸。在某些實施例中，舉例而言，固態電池100B可具有一單側胞或電池之厚度之大約兩倍。在某些實施例中，固態電池100B可具有大約40 μm及大約80 μm之一厚度。固態電池100B之其他厚度亦為可能的。包含(舉例而言)固態電池100B之一平面面積及厚度的固態電池100B之尺寸可因固態電池100B之應用而變化。

在某些實施例中，有可能為進一步改良一固態電池之一能量密度，可期望一固態電池100C包含多個雙側電池，如圖1C中所展示。圖1C圖解說明固態電池100C之一實例性側視圖或剖視圖。在某些實施例中，固態電池100C可用於給一頭戴式裝置供電。如所圖解說明，圖1C展示兩個雙側電池，其中一第一雙側電池(展示在頂部)與一第二雙側電池(展示在底部)對準且堆疊在一起。在某些例項中，為大約25 μm厚之一絕緣體可放置於第一雙側電池與第二雙側電池之間。應理解，第一雙重電池及第二雙重電池亦可在不堆疊之情況下有可能藉由其他配置而連接。

進一步而言，如圖1C中所圖解說明，第一雙側電池可包含具有在基板102上面之一第一側及在基板102下面之一第二側之基板102，如關於圖1B所闡述。在基板102之第一側上，第一雙側電池可包含可採取上文關於圖1A及圖1B所闡述之形式中之任一形式的第一陰極電流收集器104、第一陽極電流收集器106、第一陰極108、第一固態電解質110及第一陽極112。進一步而言，在第二側上，第一雙側電池亦

可包含可採取關於圖1A及圖1B分別針對陰極電流收集器104、陽極電流收集器106、陰極108、固態電解質110及陽極112所闡述之形式中之任一形式的第二陰極電流收集器116、第二陽極電流收集器118、第二陰極120、第二固態電解質122及第二陽極124。

另外，第二雙側電池可包含具有在第二基板132上面之一第一側及在第二基板132下面之一第二側之第二基板132。在第二基板132之第一側上，第二雙側電池可包含可採取上文關於圖1A至圖1C分別針對第一陰極電流收集器104、第一陽極電流收集器106、第一陰極108、第一固態電解質110及第一陽極112所闡述之形式中之任一形式的一第三陰極電流收集器134、一第三陽極電流收集器136、一第三陰極138、一第三固態電解質140及一第三陽極142。

進一步而言，在第二基板132之第二側上，第二雙側電池可包含可採取關於圖1B及圖1C分別針對第二陰極電流收集器116、第二陽極電流收集器118、第二陰極120、第二固態電解質122及第二陽極124所闡述之形式中之任一形式的一第四陰極電流收集器146、一第四陽極電流收集器148、一第四陰極150、一第四固態電解質152及一第四陽極154。

在某些實施例中，有可能為消除用以連接串聯或並聯連接之雙側電池之導線、焊料及外部突片，互連件可形成於固態電池100C中，如圖1C中所展示。如所圖解說明，固態電池100C包含在第一陰極電流收集器104與第二陰極電流收集器116之間的穿過基板102之一第一通道158a。進一步而言，固態電池100C包含在第一陽極電流收集器106與第二陽極電流收集器118之間的穿過基板102之一第二通道

160a。在某些實施例中，第一通道158a及第二通道160a可採取上文關於圖1B分別針對通道128c及130c所闡述之形式中之任一形式。

在某些實施例中，第一通道158a及第二通道160a中之一者或兩者可藉由一雷射而形成。進一步而言，在某些實施例中，第一通道158a可位於基板102之一第一隅角中，且第二通道160a可毗鄰於基板102之第一隅角位於基板102之一第二隅角中。

進一步而言，如所圖解說明，固態電池100C包含在第三陰極電流收集器134與第四陰極電流收集器146之間的穿過第二基板132之一第三通道158b及在第三陽極電流收集器136與第四陽極電流收集器148之間的穿過第二基板132之一第四通道160b。在某些實施例中，第三通道158b及第四通道160b可採取上文關於圖1C分別針對第一通道158a及第二通道160a所闡述之形式中之任一形式。

在某些實施例中，可藉由一雷射而形成第三通道158b及第四通道160b中之一者或兩者。進一步而言，在某些實施例中，第三通道158b可位於第二基板132之一第一隅角中，且第二通道160a可毗鄰於第二基板132之第一隅角位於第二基板132之一第二隅角中。

如圖1C中所圖解說明，固態電池100C包含可採取上文關於圖1B分別針對陰極互連件128及陽極互連件130所闡述之形式的一陰極互連件158及一陽極互連件160。進一步而言，如所圖解說明，固態電池100C可包含在第一陰極電流收集器104與第二陰極電流收集器116之間經由第一通道158a之陰極互連件158。更進一步而言，固態電池100C可包含在第一陽極電流收集器106與第二陽極電流收集器118之間經由第二通道160a之陽極互連件160。

另外，如所圖解說明，固態電池100C可包含在第三陰極電流收集器134與第四陰極電流收集器146之間經由第三通道158b之陰極互連件158。進一步而言，固態電池100C可包含在第三陽極電流收集器136與第四陽極電流收集器148之間經由第四通道160b之陽極互連件160。

在某些實施例中，陰極互連件158及陽極互連件160可連接第一雙側電池與第二雙側電池。特定而言，陰極互連件158可穿過陰極電流收集器104、基板102、第二陰極電流收集器116、第三陰極電流收集器134、第二基板132及第四陰極電流收集器互連件146而形成。進一步而言，陽極互連件160可穿過陽極電流收集器106、基板102、第二陽極電流收集器118、第三陽極電流收集器136、第二基板132及第四陽極電流收集器148而形成。

在某些實施例中，陰極互連件158及陽極互連件160可形成固態電池100C內之電連接。在某些實施例中，陰極互連件158及陽極互連件160可由銀、金、銅、銻、錫或其一組合形成。進一步而言，陰極互連件158及陽極互連件160可包含諸如一油墨、一膏、一環氧樹脂、一導線、一纜線及/或一連接器之導電材料。在某些實施例中，一導電膏或一環氧樹脂可用於填充固態電池100C中之通道且互連件158及160之剩餘部分可係導線或其他連接器。

因此，陰極互連件158可建立陰極電流收集器104、第二陰極電流收集器116、第三陰極電流收集器134及第四陰極電流收集器互連件146之間的一電連接。進一步而言，陽極互連件160可建立陽極電流收集器106、第二陽極電流收集器118、第三陽極電流收集器136及第四

陽極電流收集器148之間的一電連接。多個雙側電池中之其他互連件亦為可能的。

在某些實施例中，固態電池100C可連接至一電路(諸如，舉例而言，一電子裝置及/或一頭戴式裝置之電路)。在某些例項中，一或多個連接器(圖1C中未展示)可建立陰極電流收集器(第一陰極電流收集器104、第二陰極電流收集器116、第三陰極電流收集器134及第四陰極電流收集器146)中之任一者與電路之間的一電連接。進一步而言，一或多個其他連接器(圖1C中亦未展示)可建立陽極電流收集器(第一陽極電流收集器106、第二陽極電流收集器118、第三陽極電流收集器136及第四陽極電流收集器148)中之任一者與電路之間的一電連接。因此，固態電池100C可藉助於第一雙側電池及第二雙側電池中之化學反應以上文關於圖1A及圖1B所闡述之方式給電路供電。

在某些實施例中，固態電池100C可包含可採取上文關於圖1A及圖1B所闡述之形式中之任一形式的第一保護塗層114及第二保護塗層126。進一步而言，固態電池100C可包含可採取上文關於圖1A至圖1C分別針對第一保護塗層114及第二保護塗層126所闡述之形式中之任一形式的第三保護塗層144及第四保護塗層156。舉例而言，第三保護塗層144及第四保護塗層156可分別實質上覆蓋第三陽極142及第四陽極154，藉此保護固態電池100C以免受污染且延長固態電池100C之壽命。

在某些實施例中，舉例而言，第三保護塗層144及第四保護塗層156可不覆蓋第三陰極電流收集器134、第三陽極電流收集器136、第四陰極電流收集器146及第四陽極電流收集器148之部分，有可能以將

固態電池100C連接至一電路。

固態電池100C可採取任何數目個尺寸。在某些實施例中，固態電池100C可取決於可互連之雙側電池之數目而採取任何數目個尺寸。如圖1C中所圖解說明，舉例而言，固態電池100C可具有兩個雙側電池或介於大約80  $\mu\text{m}$ 與大約160  $\mu\text{m}$ 之間的一厚度。固態電池100C之其他厚度亦為可能的。包含(舉例而言)固態電池100C之一平面面積及厚度的固態電池100C之尺寸可因多個雙側電池之應用而變化。

## II. 用於製造一固態電池之實例性方法

圖2A係闡述根據某些實施例之製造一固態電池之一方法之一流程圖。如所展示，方法200A在方塊202處以提供一基板開始。舉例而言，該基板可採取上文關於圖1A至圖1C針對基板102且關於圖1C針對第二基板132所闡述之形式中之任一形式。

在某些實施例中，提供該基板可涉及獲得一撓性陶瓷。進一步而言，提供該基板可涉及獲得一所製造基板或一預先製造之基板，諸如由紐約州水牛城之能源公司製造之E-Strate®基板。在某些實施例中，提供該基板可涉及製造一個氧化釔穩定之氧化鋯(YSZ)基板。進一步而言，舉例而言，該基板可係一獨立YSZ層，或可係附接至一金屬或一陶瓷之一層之一YSZ層。在某些實施例中，該基板可用氮來清潔且以介於大約700°C與大約800°C之間的一溫度使其退火達大約2至4個小時。進一步而言，可針對表面缺陷檢查該基板。

方法200A在方塊204處以如下操作繼續：在該基板之一第一側上形成一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器，且在該基板之一第二側上形成一第二陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器。舉

例而言，該第一陰極電流收集器、該第一陽極電流收集器、該第二陰極電流收集器、該第二陽極電流收集器可採取上文關於圖1B及圖1C分別針對第一陰極電流收集器104、第一陽極電流收集器106、第二陰極電流收集器116及第二陽極電流收集器118所闡述之形式中之任一形式。

在某些實施例中，該第一陰極電流收集器、該第一陽極電流收集器、該第二陰極電流收集器、該第二陽極電流收集器中之一或多者可提前形成，從而可能涉及將預成形陽極及/或陰極電流收集器黏附至該基板(例如，使用該基板與該等陽極及/或陰極電流收集器之間的一黏附層)。亦可針對與黏附有關之表面缺陷檢查該第一陰極電流收集器、該第一陽極電流收集器、該第二陰極電流收集器、該第二陽極電流收集器。

另外，在某些實施例中，在該基板上形成該第一陰極電流收集器、該第一陽極電流收集器、該第二陰極電流收集器、該第二陽極電流收集器中之一或多者可涉及將該等陽極及/或陰極電流收集器圖案化(例如，使用微影或光微影)至該基板上。可同時、連續地及/或以群組方式形成第一陰極電流收集器104、第一陽極電流收集器106、第二陰極電流收集器116及第二陽極電流收集器118。亦可以其他方式形成該等陽極及/或陰極電流收集器。

方法200A在方塊206處以如下操作繼續：在該基板之第一側上形成一第一陰極，且在該基板之第二側上形成一第二陰極。舉例而言，該第一陰極及該第二陰極可採取上文關於圖1B及圖1C分別針對第一陰極108及第二陰極120所闡述之形式中之任一形式。在某些實施例

中，形成該第一陰極及該第二陰極可涉及(舉例而言)在該第一陰極電流收集器上沈積(例如，濺鍍)  $\text{LiCoO}_2$  以形成該第一陰極，且分別在該第二陰極電流收集器上沈積(例如，濺鍍)  $\text{LiCoO}_2$  以形成該第二陰極。亦可以其他方式形成該等第一及第二陰極。可同時、連續地及/或以群組方式形成第一陰極108及第二陰極120。

方法200A在方塊208處以如下操作繼續：以一溫度使該第一陰極及該第二陰極退火。一般而言，退火用於改良該第一陰極及該第二陰極之一結晶及晶體定向。進一步而言，以介於大約 $700^\circ\text{C}$ 與大約 $800^\circ\text{C}$ 之間的一溫度進行退火可進一步用於改良該第一陰極及該第二陰極之該結晶及晶體定向。該退火可在(舉例而言)諸如一熔爐之一經封圍加熱設備、一快速熱退火系統或一閃光燈退火系統中發生。亦可針對層品質、組合物及與黏附有關之缺陷檢查該第一陰極及該第二陰極。亦可以其他方式使該第一陰極及該第二陰極退火。

方法200A在方塊210處以如下操作繼續：在該基板之該第一側上形成一第一固態電解質且在該基板之該第二側上形成一第二固態電解質。舉例而言，該第一固態電解質及該第二固態電解質可採取上文關於圖1B及圖1C針對第一固態電解質110及第二固態電解質122所闡述之形式中之任一形式。在某些實施例中，該第一固態電解質及該第二固態電解質可由LiPON形成。進一步而言，形成該第一固態電解質及該第二固態電解質可涉及使用物理汽相沈積。舉例而言，可藉由以下操作形成該第一固態電解質及該第二固態電解質：將該基板定位於面對磷酸鋰( $\text{Li}_3\text{PO}_4$ )之一目標之一真空室中且將氮引入至該室中，藉此形成促進LiPON之沈積(例如，濺鍍)之一電漿。可針對層品質、電導

率及可能缺陷檢查該第一固態電解質及該第二固態電解質。可同時、連續地及/或以群組方式形成該第一固態電解質及該第二固態電解質。亦可以其他方式形成該等固態電解質。

方法200A在方塊212處以如下操作繼續：在該基板之該第一側上形成一第一陽極且在該基板之該第二側上形成一第二陽極。該第一陽極可與該第一陽極電流收集器電接觸，其中該第一固態電解質形成於該第一陽極與該第一陰極之間。進一步而言，該第二陽極可與該第二陽極電流收集器電接觸，其中該第二固態電解質形成於該第二陽極與該第二陰極之間。舉例而言，該第一陽極及該第二陽極可採取上文關於圖1A及圖1C分別針對第一陽極112及第二陽極124所闡述之形式中之任一形式。

在某些實施例中，該第一陽極及該第二陽極可由LiPON形成。進一步而言，形成該第一陽極可涉及(舉例而言)在該第一陽極電流收集器及該第一固態電解質上沈積(例如，濺鍍)鋰。更進一步而言，形成該第二陽極可涉及(舉例而言)在該第二陽極電流收集器及該第二固態電解質上沈積(例如，濺鍍)鋰。可同時、連續地及/或以群組方式形成該第一陽極及該第二陽極。亦可以其他方式形成該第一陽極及該第二陽極。

在某些實施例中，方法200A可進一步包含在該基板之該第一側上形成一第一保護塗層且在該基板之該第二側上形成一第二保護塗層。該第一保護塗層可實質上覆蓋該第一陽極且該第二保護塗層可實質上覆蓋該第二陽極。舉例而言，該第一保護塗層及該第二保護塗層可採取上文關於圖1B及圖1C針對第一保護塗層114及第二保護塗層

126所闡述之形式中之任一形式。在某些實施例中，可不形成保護塗層。

### III.形成一互連件之實例性方法

圖2B係闡述根據某些實施例之形成一互連件之一方法之一流程圖。在某些實施例中，可關於圖2A中之方法200A實施方法200B。舉例而言，可實施方法200A中之步驟且隨後可實施方法200B中之步驟。進一步而言，可在(舉例而言)如以圖1B中之基板102所展示之一基板中形成一或多個互連件，且可實施方法200A之額外步驟以用於製造固態電池100B。更進一步而言，方法200A中之步驟可與方法200B中之步驟重疊，而且具有其他可能性。

如所展示，方法200B在方塊222處以如下操作開始：在一基板之一第一側上提供一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器。舉例而言，該基板可藉由採取上文針對圖1A至圖1C中之基板102及圖1C中之第二基板132所闡述之形式中之任一形式而具有一第一側及一第二側。進一步而言，舉例而言，在該基板之該第一側上之該第一陰極收集器及該第一陽極電流收集器可採取上文針對圖1A至圖1C中之第一陰極收集器104及第一陽極電流收集器106所闡述之形式中之任一形式。

方法200B在方塊224處以如下操作繼續：在該基板之一第二側上提供一第二陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器。舉例而言，在該基板之該第二側上之該第二陰極電流收集器及該第二陽極電流收集器可採取上文關於圖1B及圖1C分別針對第二陰極電流收集器116及第二陽極電流收集器118所闡述之形式中之任一形式。

方法200B在方塊226處以使用至少一個雷射來形成以下各項而繼續：(a)穿過該基板之一第一通道，其中該第一通道在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間，及(b)穿過該基板之一第二通道，其中該第二通道在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間。

在某些實施例中，如圖1B中所圖解說明，該雷射可用於形成穿過基板102之第一通道128c，其中第一通道128c在第一陰極電流收集器104與第二陰極電流收集器116之間。進一步而言，該雷射可用於形成穿過基板102之第二通道130c，其中第二通道130c在第一陽極電流收集器106與第二陽極電流收集器118之間。

在某些實施例中，如圖1C中所圖解說明，該雷射可用於形成穿過基板102之第一通道158a，其中第一通道158a在第一陰極電流收集器104與第二陰極電流收集器116之間。進一步而言，該雷射可用於形成穿過基板102之第二通道160a，其中第二通道130c在第一陽極電流收集器106與第二陽極電流收集器118之間。在某些實施例中，如圖1C中所圖解說明，該雷射可用於形成穿過第二基板132之第三通道158b，其中第三通道158b在第三陰極電流收集器134與第四陰極電流收集器146之間。進一步而言，該雷射可用於形成穿過第二基板132之第四通道160b，其中第四通道160b在第三陽極電流收集器136與第四陽極電流收集器148之間。

在某些實施例中，如由圖1B所圖解說明，該雷射可穿透(例如，鑽通、刺穿、穿孔於)基板102及/或在基板102中形成用於第一通道128c及第二通道130c之一孔。在某些例項中，該雷射可在上文針對圖

2B中之方法200B之方塊224及方塊226所闡述之步驟之前穿透基板102。

在某些實施例中，如由圖1C所圖解說明，該雷射可穿透(例如，鑽通、刺穿、穿孔於)第一雙側電池之基板102及/或在第一雙側電池之基板102中形成用於第一通道158a及第二通道160a之一孔。更進一步而言，如圖1C中所圖解說明，該雷射可穿透第二雙側電池之第二基板132及/或在第二雙側電池之第二基板132中形成用於第三通道158b及第四通道160b之一孔。

在某些實施例中，如圖1C中所圖解說明，該雷射可穿透(例如，鑽通、刺穿、穿孔於)第一陰極電流收集器104、基板102及第二陰極電流收集器116及/或在第一陰極電流收集器104、基板102及第二陰極電流收集器116中形成用於第一通道158a之一孔。進一步而言，該雷射可穿透第一陽極電流收集器106、基板102及第二陽極電流收集器118及/或在第一陽極電流收集器106、基板102及第二陽極電流收集器118中形成用於第二通道160a之一孔。在某些實施例中，該雷射可穿透第三陰極電流收集器134、第二基板132及第四陰極電流收集器146及/或在第三陰極電流收集器134、第二基板132及第四陰極電流收集器146中形成用於第三通道158b之一孔。更進一步而言，該雷射可穿透第三陽極電流收集器136、第二基板132及第四陽極電流收集器148及/或在第三陽極電流收集器136、第二基板132及第四陽極電流收集器148中形成用於第四通道160b之一孔。

方法200B在方塊228處以如下操作繼續：形成在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間經由該第一通道之一陰極互連

件。舉例而言，該陰極互連件可採取上文關於圖1B針對在第一陰極電流收集器104與第二陰極電流收集器116之間經由第一通道128c之陰極互連件128所闡述之形式中之任一形式。

進一步而言，舉例而言，該陰極互連件可採取上文關於圖1C針對在第一陰極電流收集器104與第二陰極電流收集器116之間經由第一通道158a之陰極互連件158所闡述之形式中之任一形式。更進一步而言，舉例而言，該陰極互連件可採取上文關於圖1C針對在第三陰極電流收集器134與第四陰極電流收集器146之間經由第三通道158b之陰極互連件158所闡述之形式中之任一形式。

方法200B在方塊230處以如下操作繼續：形成在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間經由該第二通道之一陽極互連件。舉例而言，該陽極互連件可採取上文關於圖1B針對在第一陽極電流收集器106與第二陽極電流收集器118之間經由第二通道130c之陽極互連件130所闡述之形式中之任一形式。

進一步而言，舉例而言，該陽極互連件可採取上文關於圖1C針對在第一陽極電流收集器106與第二陽極電流收集器118之間經由第二通道160a之陽極互連件160所闡述之形式中之任一形式。更進一步而言，舉例而言，該陽極互連件可採取上文關於圖1C針對在第三陽極電流收集器136與第四陽極電流收集器148之間經由第四通道160b之陽極互連件160所闡述之形式中之任一形式。

圖3A至圖3F圖解說明根據某些實施例之製造一固態電池之一方法。進一步而言，圖3A至圖3F圖解說明製造固態電池300之實例性側視圖或剖視圖。舉例而言，針對圖3A至圖3F所闡述之方法可對應於

分別關於圖2A及圖2B所闡述之方法200A及200B。在某些實施例中，固態電池300可用於給一頭戴式裝置供電。

如圖3A中所展示，提供一基板302。舉例而言，基板302可採取上文關於圖1A至圖1C針對基板102且關於圖1C針對第二基板132所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文針對圖2A中之方法200A之方塊202及圖2B中之方法200B之方塊222及224所闡述之方式中之任一方式提供基板302。

圖3B圖解說明在基板302之一第一側上提供一第一陰極電流收集器304及一第一陽極電流收集器306。進一步而言，圖3B圖解說明在基板302之一第二側上提供一第二陰極電流收集器316及一第二陽極電流收集器318。第一陰極電流收集器304、第一陽極電流收集器306、第二陰極電流收集器316及第二陽極電流收集器318可採取上文關於圖1B及圖1C針對第一陰極電流收集器104、第一陽極電流收集器106、第二陰極電流收集器116及第二陽極電流收集器118所闡述之形式中之任一形式。

進一步而言，可以上文針對圖2A中之方法200A之方塊204及圖2B中之方法200B之方塊222所闡述之任一方式在基板302之第一側上提供第一陰極電流收集器304及第一陽極電流收集器306。進一步而言，可以上文針對圖2A中之方法200A之方塊204及圖2B中之方法200B之方塊224所闡述之方式中之任一方式在基板302之第二側上提供第二陰極電流收集器316及第二陽極電流收集器318。

在某些實施例中，可同時、連續地及/或以群組方式形成第一陰極電流收集器304、第二陰極電流收集器316、第一陽極電流收集器

306及第二陽極電流收集器318。

圖3C圖解說明第一陰極308及第二陰極320之形成，其中一者或兩者可由 $\text{LiCoO}_2$ 製成。如所展示，陰極308與陰極電流收集器304電接觸。進一步而言，第二陰極320與第一陰極電流收集器304電接觸。第一陰極308及第二陰極320可採取上文關於圖1A至圖1C針對第一陰極108及第二陰極320所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文針對圖2A中之方法200A之方塊206所闡述之方式中之任一方式提供第一陰極308及第二陰極320。

另外，可以上文針對圖2A中之方法200A之方塊208所闡述之方式中之任一方式以一給定溫度使第一陰極308及第二陰極320退火(未展示)。在某些實施例中，可同時、連續地及/或以群組方式形成第一陰極308及第二陰極320。

圖3D圖解說明一第一固態電解質310及一第二固態電解質322之形成，其中一者或兩者可由LiPON製成。第一固態電解質310及第二固態電解質322可採取上文關於圖1A至圖1C分別針對第一固態電解質110及第二固態電解質122所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文針對圖2A中之方法200A之方塊210所闡述之方式中之任一方式形成第一固態電解質110及第二固態電解質122。在某些實施例中，可同時、連續地及/或以群組方式形成第一固態電解質310及第二固態電解質322。

圖3E圖解說明一第一陽極312及一第二陽極324之形成，其中一者或兩者可由鋰製成。如所展示，第一陽極312與第一陽極電流收集器306電接觸且第二陽極324與第二陽極電流收集器318電接觸。另

外，如所展示，固態電解質310形成於第一陰極308與第一陽極312之間。進一步而言，如所展示，第二固態電解質322形成於第二陰極320與第二陽極324之間。

第一陽極312及第二陽極324可採取上文關於圖1A至圖1C分別針對第一陽極112及第二陽極124所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文針對圖2A中之方法200A之方塊212所闡述之方式中之任一方式形成第一陽極312及第二陽極324。在某些實施例中，可同時、連續地及/或以群組方式形成第一陽極312及第二陽極324。

圖3F圖解說明分別實質上覆蓋第一陽極312及第二陽極324之一第一保護塗層314及一第二保護塗層326之形成。舉例而言，第一保護塗層314及第二保護塗層326可採取上文關於圖1A至圖1C針對第一保護塗層114及第二保護塗層124所闡述之形式中之任一形式。在某些實施例中，可同時、連續地及/或以群組方式形成第一保護塗層314及第二保護塗層326。在某些實施例中，可不形成保護塗層314及326。

圖3G圖解說明藉由一雷射形成之一第一通道328c。第一通道328c延伸穿過基板302，其中第一通道328c在第一陰極電流收集器304與第二陰極電流收集器316之間。如所展示，第一通道328c穿過第一陰極收集器304、基板302及第二陰極電流收集器316。在某些實施例中，舉例而言，第一通道328c可採取上文針對圖1B中之第一通道128c及圖1C中之第一通道158a及第三通道158b所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文針對圖2B中之方法200B之方塊226所闡述之方式中之任一方式使用形成第一通道328之雷射。

進一步而言，圖3G圖解說明藉由一雷射形成之一第二通道

330c。第二通道330c延伸穿過基板302，其中第二通道330c在第一陽極電流收集器306與第二陽極電流收集器318之間。如所展示，第二通道330c穿過第一陽極電流收集器306及第二陽極電流收集器318。舉例而言，第二通道330c可採取上文針對圖1B中之第二通道130c及圖1C中之第二通道160a及第四通道160b所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文針對圖2B中之方法200B之方塊226所闡述之方式中之任一方式使用形成第二通道130c之雷射。

在某些實施例中，第一通道328c及第二通道330c可係一孔或一空腔。進一步而言，第一通道328c及第二通道330c可各自具有介於大約152  $\mu\text{m}$ 與360  $\mu\text{m}$ 之間的一直徑，而且具有其他可能性。在某些實施例中，可同時、連續地及/或以群組方式形成第一通道328c及第二通道330c。舉例而言，雷射可用於與其他通道同時、連續地及/或以群組方式鑽通用於第一通道328c之一孔或一區域。在某些實施例中，其他機構(例如，機械鑽孔裝置)亦可用於形成第一通道328c及第二通道330c。

在某些實施例中，雷射可用於針對固態電池300之每一部件或組件單獨地形成第二通道330c。舉例而言，雷射可用於與固態電池300之其他部分分離地形成基板302之第一通道328c及第二通道330c。在某些實施例中，雷射可用於針對陰極電流收集器304、第二陰極電流收集器316、第一陽極電流收集器306及第二陽極電流收集器318單獨地形成第一通道328c及第二通道330c。在某些實施例中，機構(例如，夾具、鎖、防盜器、扣件、固持器及壓縮器)可在對固態電池300使用雷射期間防止固態電池300之運動。進一步而言，雷射之每次使

用可受一顯微鏡檢驗。

更進一步而言，圖3G圖解說明形成在第一陰極電流收集器304與第二陰極電流收集器316之間經由第一通道328c之一陰極互連件328。另外，圖3G圖解說明形成在第一陽極電流收集器306與第二陽極電流收集器318之間經由第二通道330c之一陽極互連件330。舉例而言，陰極互連件328及陽極互連件330可採取上文關於圖1B針對陰極互連件128及陽極互連件130且關於圖1C針對陰極互連件158及陽極互連件160所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文關於圖2B分別針對方塊228及230所闡述之方式中之任一方式形成陰極互連件328及陽極互連件330。在某些實施例中，陰極互連件328及陽極互連件330可經組態以將固態電池300並聯或串聯連接至其他固態電池。

在某些實施例中，陰極互連件328可建立陰極電流收集器304與第二陰極電流收集器316之間的一電連接。進一步而言，陽極互連件330可建立陽極電流收集器306與第二陽極電流收集器318之間的一電連接。額外互連件(圖3G中未展示)亦可建立固態電池300與其他固態電池之間的電連接。

在某些實施例中，固態電池300可與其他固態電池對準且堆疊在一起。在某些實施例中，固態電池300可在使用導電材料來形成陰極互連件328及陽極互連件330之前經對準及堆疊。固態電池300可經對準且堆疊為在一第二雙側電池之頂部上之一第一雙側電池，如圖1C中所圖解說明。固態電池300亦可經對準且堆疊在一或多個固態電池下面。應注意，固態電池300亦可在不堆疊之情況下有可能透過其他配置連接至其他固態電池。在某些實施例中，固態電池300及有可能

與固態電池300堆疊在一起之一或多個其他固態電池可封裝或「裝袋」於鋁及其他可能袋中。

在某些實施例中，導電材料可用於形成陰極互連件328及陽極互連件330。在某些實施例中，可使用導電材料同時有可能藉助用於防止如上文所闡述之固態電池300之運動之機構使該固態電池與其他固態電池對準且堆疊在一起。進一步而言，在某些實施例中，基板302可自頂部短接至底部(或自前面短接至後面)同時使用導電材料來形成陰極互連件328及陽極互連件330。

在某些實施例中，形成陰極互連件328及陽極互連件330可涉及用銀、金、銅、銻、錫或其一組合填充第一通道328c及第二通道330c。在某些實施例中，形成陰極互連件328及陽極互連件330可涉及分別在第一通道328c及第二通道330c中插入諸如一油墨、一膏、一環氧樹脂、一導線、一纜線、一連接器或其一組合之導電材料。

在某些實施例中，一導線可放置於第一通道328c及第二通道330c中之每一者中且一導電環氧樹脂可用於填充第一通道328c及第二通道330c。在某些實施例中，用於形成陰極互連件328及陽極互連件330之一導線可具有大約152  $\mu\text{m}$ 之一直徑或厚度。在某些例項中，導線至胞電阻可介於大約0.6歐姆( $\Omega$ )至1.3歐姆( $\Omega$ )之範圍內。進一步而言，導線至胞電阻可取決於一堆疊中之固態電池之數目而變化。舉例而言，三個固態電池之一堆疊可具有大約0.7歐姆至1.1歐姆之一電阻且五個固態電池之一堆疊可具有大約0.6歐姆至1.3歐姆之一電阻。

#### **IV. 形成一互連件之實例性態樣**

圖4A至圖4C圖解說明根據某些實施例之形成固態電池中之一互

連件之態樣。固態電池400A可採取上文關於圖3A至圖3G針對固態電池300所闡述之形式中之任一形式。圖4A圖解說明固態電池400A之各種組件之一實例性鳥瞰圖或俯視圖。進一步而言，可以圖2B之方法200B中所闡述之任一方式實施針對圖4A至圖4C所闡述之方法。

如所展示，固態電池400之基板402、第一陰極電流收集器404、第一陽極電流收集器406、第一陰極408、第一固態電解質410、第一陽極412及第一保護塗層414可採取上文關於圖3A至圖3G分別針對固態電池300之基板302、第一陰極電流收集器304、第一陽極電流收集器306、第一陰極308、第一固態電解質310、第一陽極312及第一保護塗層314所闡述之形式中之任一形式。

進一步而言，如所展示，第二陰極電流收集器416、第二陽極電流收集器418、第二陰極420、第二固態電解質422、第二陽極424及第二保護塗層426可採取上文關於圖3A至圖3G分別針對第二陰極電流收集器316、第二陽極電流收集器318、第二陰極320、第二固態電解質322、第二陽極324及第二保護塗層326所闡述之形式中之任一形式。

圖4B圖解說明用於支撐固態電池400B之一固定裝置420。在某些實施例中，在基板402之一第一側上，固態電池400B可形成有第一陰極電流收集器404、第一陽極電流收集器406、第一陰極408、第一固態電解質410、第一陽極412及第一保護塗層414，如上文關於圖4A所闡述。進一步而言，在基板402之一第二側上，固態電池400B可形成有第二陰極電流收集器416、第二陽極電流收集器418、第二陰極420、第二固態電解質422、第二陽極424及第二保護塗層426，如上文關於圖4A所闡述。在某些實施例中，可根據圖2A之方法200A及/或圖

2B之方法200B製造固態電池400B。

在某些實施例中，一雷射可用以形成穿過基板402之一第一通道，其中該第一通道在第一陰極電流收集器404與第二陰極電流收集器416之間。進一步而言，一雷射可用於形成穿過基板402之一第二通道，其中該第二通道在第一陽極電流收集器406與第二陽極電流收集器418之間。在某些實施例中，舉例而言，固態電池400B之第一通道及第二通道可採取如上文針對分別在圖3G中之第一通道328c及第二通道330c所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文針對圖2B中之方法200B之方塊226所闡述之任一方式使用雷射。

在某些實施例中，固定裝置420可為固態電池400B提供支撐，以用於對固態電池400B使用一雷射。如圖4B中所圖解說明，固定裝置420可支撐數個其他固態電池。進一步而言，固定裝置420可包含空間422及424以曝露固態電池400B之區域，有可能以用於對固態電池400B之此等區域使用雷射。舉例而言，空間422及424可曝露固態電池400B之隅角。在某些例項中，亦可曝露固態電池400B之其他部分。照此，固定裝置420可完全支撐固態電池400B之底部表面同時穿過空間422及424將雷射施加至固態電池400B上。

亦應理解，固定裝置420可包含額外支撐件(例如，夾具、鎖、防盜器、扣件、固持器及壓縮器)以用於在對固態電池400B使用雷射時防止固態電池400B之運動。如圖4B中所圖解說明，固定裝置420可為多個固態電池提供支撐，以用於同時、連續地及/或以群組方式對其他固態電池使用一雷射。

圖4C圖解說明具有藉由一雷射形成之通道之基板。在某些實施

例中，舉例而言，基板430、432、434及436可採取上文針對圖4A中之基板402所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，舉例而言，可以上文針對圖2A中之方法200A之方塊202以及圖2B中之方法200B之方塊222及224所闡述之方式中之任一方式提供基板430、432、434及436。在某些實施例中，基板430、432、434及436可圖解說明根據圖2B中之方法200B之方塊226藉由一雷射形成之通道。

如圖4C中所展示，基板430圖解說明藉由一雷射形成之一通道430c。進一步而言，基板430之通道430c可形成一互連件。另外，基板432之通道432c可形成為太靠近於基板432之邊緣432e且通道432c之中心可並非清楚的，從而有可能需要基板432上之額外工作來形成一互連件。進一步而言，有可能由於雷射之使用，基板434圖解說明脫離基板434的基板434之一部分。更進一步而言，雷射可致使基板斷裂或破裂，如由指向基板436中之裂縫之兩個箭頭所圖解說明。

在某些實施例中，用於形成一第一通道及一第二通道之雷射可具有特定特性。進一步而言，使用雷射可包含量測雷射之特性，有可能以避免使基板斷裂。舉例而言，雷射之特性可包含雷射之電流及頻率。進一步而言，此等特性可經調整以形成通道，如基板430中所圖解說明。在某些實施例中，雷射之特性可包含介於大約19安培至31安培之範圍內之電流。進一步而言，雷射之特性可包含介於大約14 kHz與150 kHz之間的頻率。在某些實施例中，可使用電流及頻率之變化形式。舉例而言，介於大約19安培至29安培之範圍內之六個不同電流可與大約15 kHz、30 kHz、50 kHz、75 kHz、100 kHz及150 kHz之六個不同頻率組合使用。

在某些實施例中，使雷射之電流及頻率變化可增加形成如基板430中所圖解說明之通道之良率或成功率。舉例而言，舉例而言，使用大約19安培之一電流以及15 kHz之一頻率可產生一20%比率。進一步而言，舉例而言，大約23安培之一電流以及150 kHz之一頻率可產生一46%比率。

#### V. 用於製造若干個固態電池之實例性方法

在某些應用中，可期望在一單個製造過程中製造若干個固態電池，而非個別地製造固態電池。為此，可使用一捲輪式薄膜輸送(roll-to-roll)製造過程製造所揭示固態電池，其中圖案化(例如，使用微影及/或噴墨印刷)包含若干個基板之一撓性卷材及/或將該撓性卷材黏附至一或多個其他卷材以自該若干個基板中之每一者形成一固態電池。可接著將該若干個基板彼此分離以產生若干個固態電池。

圖5係闡述根據某些實施例之製造若干個固態電池之一方法500之一流程圖。如所展示，方法500在方塊502處以如下操作開始：提供包含若干個基板之一卷材。該卷材可採取任何數目個尺寸。在某些實施例中，該卷材可具有介於(舉例而言)大約25  $\mu\text{m}$ 與大約40  $\mu\text{m}$ 之間之一厚度。其他厚度亦為可能的。進一步而言，在某些實施例中，該卷材可具有約為數米之一平面長度及/或平面寬度。包含(舉例而言)該卷材之平面面積及厚度的該卷材之尺寸可因將製造之固態電池之應用而變化。

該卷材可採取上文關於圖4A至圖4C針對基板402所闡述之形式中之任一形式。舉例而言，在某些實施例中，該卷材可由玻璃、半導體、雲母、一非導電材料及/或有可能一個氧化鈮穩定之氧化鋯(YSZ)

層形成。在此等實施例中，可藉由該卷材之一區形成該若干個基板中之每一基板。作為另一實例，在某些實施例中，該卷材可係附接至一金屬或陶瓷之一層之一YSZ層。在此等實施例中，可藉由該卷材之一區形成該若干個基板中之每一基板。該卷材亦可採取其他形式。該卷材中可包含任何數目個基板，且可以任一圖案配置該等基板。

方法500在方塊504處以如下操作繼續：針對該若干個基板中之每一基板，在該基板之一第一側上形成一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器，且在該基板之一第二側上形成一第二陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器。舉例而言，該第一陰極電流收集器、該第二陰極電流收集器、該第一陽極電流收集器及該第二陽極電流收集器可採取上文針對分別在圖4A中之第一陰極電流收集器404、第二陰極電流收集器416、第一陽極電流收集器406及第二陽極電流收集器418所闡述之形式中之任一形式。

可以上文關於圖2A針對方塊204且關於圖2B針對方塊222及224所闡述之方式中之任一方式提供每一陰極電流收集器及陽極電流收集器。在某些實施例中，可透過圖案化(例如，微影及/或噴墨印刷)形成及/或可在於包含該等基板之卷材上方捲動且黏附至該卷材之一額外卷材上預形成每一陰極電流收集器及陽極電流收集器。亦可以其他方式形成該等陰極電流收集器及陽極電流收集器。可同時、連續地及/或以群組方式形成該等陰極電流收集器及陽極電流收集器。

方法500在方塊506處以如下操作繼續：針對該若干個基板中之每一基板，在該基板之第一側上形成一第一陰極且在該基板之第二側上形成一第二陰極。該第一陰極及該第二陰極可由 $\text{LiCoO}_2$ 構成，其中

該第一陰極與該第一陰極電流收集器電接觸，且其中該第二陰極與該第二陰極電流收集器電接觸。每一陰極可採取上文關於圖4A針對第一陰極408及第二陰極420所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文關於圖2A針對方塊206所闡述之方式中之任一方式形成每一陰極。或者，可透過圖案化(例如，微影及/或噴墨印刷)形成及/或可在於包含該等基板之卷材上方捲動且黏附至該卷材之一額外卷材上預形成每一陰極。亦可以其他方式形成該等陰極。可同時、連續地及/或以群組方式形成該等陰極。

方法500在方塊508處以如下操作繼續：針對該若干個基板中之每一基板，以介於大約700°C與大約800°C之間的一溫度使該第一陰極及該第二陰極退火。可以上文針對圖2中之方法200A之方塊208所闡述之方式中之任一方式使每一陰極退火。可同時、連續地及/或以群組方式使該等陰極退火。

方法500在方塊510處以如下操作繼續：針對該若干個基板中之每一基板，形成一第一固態電解質及一第二固態電解質。該第一固態電解質及該第二固態電解質可由LiPON構成。每一固態電解質可採取上文關於圖4A針對第一固態電解質410及第二固態電解質422所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文針對圖2A中之方法200A之方塊210所闡述之方式中之任一方式形成每一固態電解質。或者，可透過圖案化(例如，微影及/或噴墨印刷)形成及/或可在於包含該等基板之卷材上方捲動且黏附至該卷材之一額外卷材上預形成每一固態電解質。亦可以其他方式形成該等固態電解質。可同時、連續地及/或以群組方式形成該等固態電解質。

方法500在方塊512處以如下操作繼續：針對該若干個基板中之每一基板，在該基板之第一側上形成一第一陽極且在該基板之第二側上形成一第二陽極。該第一陽極及該第二陽極可由鋰構成。該第一陽極可與該第一陽極電流收集器電接觸且該第一固態電解質可形成於該第一陽極與該第一陰極之間。該第二陽極可與該第二陽極電流收集器電接觸且該第二固態電解質可形成於該第二陽極與該第二陰極之間。

每一陽極可採取上文關於圖4A針對第一陽極412及第二陽極424所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文關於圖2A針對方塊212所闡述之方式中之任一方式形成每一陽極。或者，可透過圖案化(例如，微影及/或噴墨印刷)形成及/或可在於包含該等基板之卷材上方捲動且黏附至該卷材之一額外卷材上預形成每一陽極。亦可以其他方式形成該等陽極。可同時、連續地及/或以群組方式形成該等陽極。

方法500在方塊514處以如下操作繼續：針對該若干個基板中之每一基板，形成該第一電流收集器與該第二電流收集器之間的一陰極互連件，且形成該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間的一陽極互連件。每一陰極互連件及陽極互連件可採取上文針對圖3G中之陰極互連件328及陽極互連件330所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，可以上文針對圖2B之方法200B所闡述之方式中之任一方式形成每一陰極互連件及陽極互連件。

在某些實施例中，一雷射可用於形成穿過該基板之一第一通道，其中該第一通道在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間。進一步而言，該雷射亦可用於形成穿過該基板之一第二通

道，其中該第二通道在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間。在某些實施例中，舉例而言，可以如上文針對圖4A至圖4C所闡述之任一方式使用該雷射。

在某些實施例中，使用該雷射來形成穿過該基板之該第一通道包含穿透該第一陰極電流收集器、該基板及該第二陰極電流收集器。進一步而言，使用該雷射來形成穿過該基板之該第二通道包括穿透該第一陽極電流收集器、該基板及該第二陽極電流收集器。

在某些實施例中，方法500可進一步包含：針對該若干個基板中之每一基板，形成實質上覆蓋該第一陽極之一第一保護塗層且形成實質上覆蓋該第二陽極之一第二保護塗層。舉例而言，該第一保護塗層及該第二保護塗層可採取上文關於圖4A分別針對第一保護塗層414及第二保護塗層426所闡述之形式中之任一形式。在某些實施例中，可透過圖案化(例如，微影及/或噴墨印刷)形成及/或可在於包含該等基板之卷材上方捲動且黏附至該卷材之一額外卷材上預形成每一保護塗層。亦可以其他方式形成該等保護塗層。可同時、連續地及/或以群組形式形成該等保護塗層。或者，在某些實施例中，可不形成保護塗層。

在某些實施例中，方法500可進一步包含：將該若干個基板中之該等基板中之每一者彼此分離，藉此形成若干個固態電池。每一固態電池可包含一各別基板。可使用(舉例而言)晶粒切割及/或雷射切割分離該等基板。亦可以其他方式分離該等基板。

圖6A至圖6C圖解說明製造若干個固態電池之一方法。在某些實施例中，根據某些實施例，每一固態電池可包含由玻璃、半導體、雲

母、一非導電材料及/或有可能一個氧化釔穩定之氧化鋯(YSZ)層構成之一基板。舉例而言，該方法可係上文關於圖5所闡述之方法500。

如圖6A中所展示，可提供包含若干個基板602之一卷材500。在某些實施例中，卷材600可由玻璃、半導體、雲母、一非導電材料及/或有可能一YSZ層形成。在此等實施例中，可藉由卷材600之一區形成若干個基板602中之每一基板。作為另一實例，在某些實施例中，卷材600可係附接至一金屬或陶瓷之一層之一YSZ層。在此等實施例中，可藉由卷材600之一區形成若干個基板602中之每一基板。卷材600亦可採取其他形式。卷材600中可包含任何數目個基板，且可以任一圖案配置該等基板。

如圖6B中所展示，一固態電池可形成於若干個基板602中之每一基板上。特定而言，針對每一基板，可形成一第一陰極電流收集器604、一第一陽極電流收集器606、一第一陰極(自俯視圖不可見)、一第一固態電解質(自俯視圖不可見)及一第一陽極608。另外，針對每一基板，可形成一第二陰極電流收集器、一第二陽極電流收集器、一第二陰極、一第二固態電解質及一第二陽極(全部自俯視圖不可見)。

第一陰極電流收集器604、第一陽極電流收集器606、第一陰極、第一固態電解質及第一陽極608中之每一者可採取上文關於圖4A分別針對第一陰極電流收集器404、第一陽極電流收集器406、第一陰極408、第一固態電解質410及第一陽極412所闡述之形式中之任一形式。進一步而言，第二陰極電流收集器、第二陽極電流收集器、第二陰極、第二固態電解質、第二陽極中之每一者可採取上文關於圖4A分別針對第二陰極電流收集器416、第二陽極電流收集器418、第二陰

極420、第二固態電解質422及第二陽極424所闡述之形式中之任一形式。

進一步而言，可以上文關於圖5針對方塊504所闡述之方式中之任一方式形成第一陰極電流收集器604、第二陰極電流收集器、第一陽極電流收集器606及第二陽極電流收集器中之每一者。此外，可以上文關於圖5分別針對方塊506、510及512所闡述之方式中之任一方式形成第一陰極、第二陰極、第一固態電解質、第二固態電解質、第一陽極608及第二陽極中之每一者。

可在同一製造步驟期間形成形成第一陰極電流收集器604、第二陰極電流收集器、第一陽極電流收集器606、第二陽極電流收集器、第一陰極、第二陰極、第一固態電解質、第二固態電解質、第一陽極608及第二陽極中之一或多者，或可在一單獨製造步驟期間形成其中之每一者。

進一步而言，針對每一基板，可形成用於第一陰極電流收集器604及第二陰極電流收集器之一陰極互連件。更進一步而言，可形成用於第一陽極電流收集器606及第二陽極電流收集器之一陽極互連件。可以上文關於圖5針對方塊514所闡述之方式中之任一方式形成陰極互連件及陽極互連件。

在某些實施例中，可另外形成實質上覆蓋第一陽極608及第二陽極中之每一者之保護塗層(未展示)。舉例而言，保護塗層可採取上文關於圖4A針對第一保護塗層414及第二保護塗層426所闡述之形式中之任一形式。在其他實施例中，諸如所展示，可不形成保護塗層。

在任一情形中，每一第一陰極電流收集器604、第二陰極電流收

集器、第一陽極電流收集器606、第二陽極電流收集器、第一陰極、第二陰極、第一固態電解質、第二固態電解質、第一陽極608及第二陽極連同其等形成於其上之基板可形成一固態電池。然後可分離固態電池，如圖6C中所展示。固態電池610中之每一者可包含一各別基板。舉例而言，可使用晶粒切割及/或雷射切割分離固態電池610。亦可以其他方式分離固態電池610。

雖然自一俯視圖展示圖6C中之固態電池610，但每一固態電池自一側視圖或剖視圖可似乎為類似於上文關於圖3A至圖3G所闡述之固態電池300。(雖然圖3G中之固態電池300展示為包含一第一保護塗層314及一第二保護塗層326，但固態電池610中之每一者可或可不包含一保護塗層，如上文所闡述。)

## VI. 用於一固態電池之實例性基板

在某些例項中，形成於基板材料上之固態電池可展現約為大致97 Wh/L至150 Wh/L之有限能量密度。此等有限能量密度係若干個因素之結果。在某些實施例中，形成於銅、不銹鋼及聚醯亞胺基板上之固態電池之能量密度可受基板材料之熱膨脹係數(CTE)與 $\text{LiCoO}_2$ 之CTE之間的不匹配(其限制可生長於此等基板中之每一者上之 $\text{LiCoO}_2$ 陰極之厚度)限制。 $\text{LiCoO}_2$ 在此等基板上以較大厚度之生長導致 $\text{LiCoO}_2$ 之破裂及剝離。

在某些實施例中，該等能量密度受可在固態電池之製造期間使用之退火溫度限制。為最佳化一鋰鈷氧化物( $\text{LiCoO}_2$ )陰極之結晶及晶體定向(及因此固態電池之能量密度)，可期望以介於大約700°C與大約800°C之間的一溫度使 $\text{LiCoO}_2$ 陰極退火。另外，該固態電池可具有

100 Wh/L之一能量密度。

然而，聚醯亞胺基板無法耐受此等高退火溫度；而是，聚醯亞胺限於大致400°C之一退火溫度。銅可耐受大致700°C至800°C之退火溫度，但具有銅將在退火期間氧化之結果。進一步而言，雖然不銹鋼可類似地耐受大致700°C至800°C之一退火溫度，但在以此等溫度進行退火期間不銹鋼中之合金元素(例如，鉻)遷移至 $\text{LiCoO}_2$ 陰極中，藉此減少固態電池之週期壽命。

在某些實施例中，氧化釔穩定之氧化鋯(YSZ)可耐受介於大約700°C與大約800°C之間的高退火溫度，從而允許 $\text{LiCoO}_2$ 之合意退火。另外，YSZ在大致800°C下具有一接近零熱膨脹係數，從而允許在不使 $\text{LiCoO}_2$ 破裂或剝離之情況下較厚 $\text{LiCoO}_2$ 層之生長。結果，具有一YSZ基板之固態電池可展現大致1030 Wh/L之一經改良能量密度。

在某些實施例中，一基板可係一獨立YSZ層。或者，在其他實施例中，該基板可進一步包含一金屬或一陶瓷之一層。在此等實施例中，該基板之該YSZ可附接至該金屬或該陶瓷之該層。該陰極電流收集器及該陽極電流收集器然後可形成於該YSZ上。一基板之該YSZ中之氧化釔之一莫耳濃度可因應用而變化。在某些實施例中，該YSZ中之氧化釔之該莫耳濃度可係(舉例而言)大致3%。氧化釔之其他莫耳濃度亦為可能的。

## VII. 結論

雖然本文中已揭示了各種態樣及實施例，但熟習此項技術者應明瞭其他態樣及實施例。本文中所揭示之各種態樣及實施例皆係出於圖解說明之目的且並非意欲加以限制，其中真實範疇及精神皆係由以

下申請專利範圍指示。

【符號說明】

|      |                           |
|------|---------------------------|
| 100A | 實例性固態電池/固態電池              |
| 100B | 固態電池                      |
| 100C | 固態電池                      |
| 102  | 基板                        |
| 104  | 第一陰極電流收集器/陰極電流收集器/第一陰極收集器 |
| 106  | 第一陽極電流收集器/陽極電流收集器         |
| 108  | 第一陰極/陰極                   |
| 110  | 第一固態電解質/固態電解質             |
| 112  | 第一陽極/陽極                   |
| 114  | 第一保護塗層/保護塗層               |
| 116  | 第二陰極電流收集器                 |
| 118  | 第二陽極電流收集器                 |
| 120  | 第二陰極                      |
| 122  | 第二固態電解質                   |
| 124  | 第二陽極                      |
| 126  | 第二保護塗層                    |
| 128  | 陰極互連件                     |
| 128c | 第一通道/通道                   |
| 130  | 陽極互連件                     |
| 130c | 第二通道/通道                   |
| 132  | 第二基板                      |

|      |                           |
|------|---------------------------|
| 134  | 第三陰極電流收集器                 |
| 136  | 第三陽極電流收集器                 |
| 138  | 第三陰極                      |
| 140  | 第三固態電解質                   |
| 142  | 第三陽極                      |
| 144  | 第三保護塗層                    |
| 146  | 第四陰極電流收集器/第四陰極電流收集器互連件    |
| 148  | 第四陽極電流收集器                 |
| 150  | 第四陰極                      |
| 152  | 第四固態電解質                   |
| 154  | 第四陽極                      |
| 156  | 第四保護塗層                    |
| 158  | 陰極互連件/互連件                 |
| 158a | 第一通道                      |
| 158b | 第三通道                      |
| 160  | 陽極互連件/互連件                 |
| 160a | 第二通道                      |
| 160b | 第四通道                      |
| 300  | 固態電池                      |
| 302  | 基板                        |
| 304  | 第一陰極電流收集器/陰極電流收集器/第一陰極收集器 |
| 306  | 第一陽極電流收集器/陽極電流收集器         |
| 310  | 第一固態電解質/固態電解質             |

|      |             |
|------|-------------|
| 312  | 第一陽極        |
| 314  | 第一保護塗層/保護塗層 |
| 316  | 第二陰極電流收集器   |
| 318  | 第二陽極電流收集器   |
| 320  | 第二陰極        |
| 322  | 第二固態電解質     |
| 324  | 第二陽極        |
| 326  | 第二保護塗層      |
| 328  | 陰極互連件       |
| 328c | 第一通道        |
| 330  | 陽極互連件       |
| 330c | 第二通道        |
| 400A | 固態電池        |
| 400B | 固態電池        |
| 402  | 基板          |
| 404  | 第一陰極電流收集器   |
| 406  | 第一陽極電流收集器   |
| 408  | 第一陰極        |
| 410  | 第一固態電解質     |
| 412  | 第一陽極        |
| 414  | 第一保護塗層      |
| 416  | 第二陰極電流收集器   |
| 418  | 第二陽極電流收集器   |

|      |            |
|------|------------|
| 420  | 第二陰極/固定裝置  |
| 422  | 第二固態電解質/空間 |
| 424  | 第二陽極/空間    |
| 426  | 第二保護塗層     |
| 430  | 基板         |
| 430c | 通道         |
| 432  | 基板         |
| 432c | 通道         |
| 432e | 邊緣         |
| 434  | 基板         |
| 436  | 基板         |
| 600  | 卷材         |
| 602  | 基板         |
| 604  | 第一陰極電流收集器  |
| 606  | 第一陽極電流收集器  |
| 608  | 第一陽極       |
| 610  | 固態電池       |

**【發明摘要】****【中文發明名稱】**

形成用於固態電池之互連件

**【英文發明名稱】**

FORMING AN INTERCONNECTION FOR SOLID-STATE BATTERIES

**【中文】**

本發明揭示電池及製造具有經改良能量密度之電池之方法。在某些實施例中，在一基板之一第一側上提供一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器。在該基板之一第二側上提供一第二陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器。使用一雷射來形成：穿過該基板之一第一通道，其在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間；及穿過該基板之一第二通道，其在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間。形成在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間經由該第一通道之一陰極互連件。形成在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間經由該第二通道之一陽極互連件。

**【英文】**

Disclosed are batteries and methods of manufacturing batteries with improved energy densities. In some embodiments, a first cathode current collector and a first anode current collector are provided on a first side of a substrate. A second cathode current collector and a second anode current collector are provided on a second side of the substrate. A laser is used to form: a first channel through the substrate between the

first cathode current collector and the second cathode current collector, and a second channel through the substrate between the first anode current collector and the second anode current collector. A cathode interconnection is formed, via the first channel, between the first cathode current collector and the second cathode current collector. An anode interconnection is formed, via the second channel, between the first anode current collector and the second anode current collector.

【指定代表圖】

圖1B

【代表圖之符號簡單說明】

|      |                           |
|------|---------------------------|
| 100B | 固態電池                      |
| 102  | 基板/第二基板                   |
| 104  | 第一陰極電流收集器/陰極電流收集器/第一陰極收集器 |
| 106  | 第一陽極電流收集器/陽極電流收集器         |
| 108  | 第一陰極/陰極                   |
| 110  | 第一固態電解質/固態電解質             |
| 112  | 第一陽極/陽極                   |
| 114  | 第一保護塗層/保護塗層               |
| 116  | 第二陰極電流收集器                 |
| 118  | 第二陽極電流收集器                 |
| 120  | 第二陰極                      |
| 122  | 第二固態電解質                   |
| 124  | 第二陽極                      |

|      |         |
|------|---------|
| 126  | 第二保護塗層  |
| 128  | 陰極互連件   |
| 128c | 第一通道/通道 |
| 130  | 陽極互連件   |
| 130c | 第二通道/通道 |

## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種電池，其包括：

一基板，其包括氧化鋯(YSZ)，該基板具有一第一側及一第二側，其中一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器在該基板之該第一側上，且其中一第二陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器在該基板之該第二側上；

穿過該基板之一第一通道，其在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間；

穿過該基板之一第二通道，其在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間；

在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間經由該第一通道之一陰極互連件；及

在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間經由該第二通道之一陽極互連件。

### 【第2項】

如請求項1之電池，其中該第一通道或該第二通道中之至少一者係藉由一雷射而形成。

### 【第3項】

如請求項1之電池，其中該第一通道位於該基板之一第一隅角中，且其中該第二通道位於毗鄰於該基板之該第一隅角的該基板之一第二隅角中。

### 【第4項】

如請求項1之電池，其中該陰極互連件或該陽極互連件中之至少一者包括以下各項中之一或多者：(a)銀、(b)金、(c)銅、(d)銻，或(e)錫。

**【第5項】**

如請求項1之電池，其中該陰極互連件或該陽極互連件中之至少一者包括以下導電材料中之一或多者：(a)一油墨、(b)一膏、(c)一環氧樹脂、(d)一導線、(e)一纜線，或(f)一連接器。

**【第6項】**

一種製造一電池之方法，其包括：

在一基板之一第一側上提供一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器，其中該基板包括氧化鋯(YSZ)；

在該基板之一第二側上提供一第二陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器；

形成：(a)穿過該基板之一第一通道，其中該第一通道在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間；及(b)穿過該基板之一第二通道，其中該第二通道在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間；

形成在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間經由該第一通道之一陰極互連件；及

形成在該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間經由該第二通道之一陽極互連件。

**【第7項】**

如請求項6之方法，其中形成該第一通道及該第二通道包括使用

至少一雷射以形成該第一通道及該第二通道。

**【第8項】**

如請求項7之方法，其中使用該至少一個雷射來形成穿過該基板之該第一通道包括穿透該第一陰極電流收集器、該基板及該第二陰極電流收集器，且其中使用該至少一個雷射來形成穿過該基板之該第二通道包括穿透該第一陽極電流收集器、該基板及該第二陽極電流收集器。

**【第9項】**

如請求項7之方法，其中該至少一個雷射之特性包括以下各項中之至少一者：(a)介於19安培與31安培之間的一電流；或(b)介於15 kHz與150 kHz之間的一頻率。

**【第10項】**

如請求項7之方法，其中使用該至少一個雷射來形成穿過該基板之該第一通道及穿過該基板之該第二通道包括：在不使該基板斷裂之情況下使用該至少一個雷射。

**【第11項】**

如請求項10之方法，其中在不使該基板斷裂之情況下使用該至少一個雷射包括：藉助一固定裝置支撐該基板，且其中該固定裝置包括供該至少一個雷射穿透該基板之複數個開口。

**【第12項】**

如請求項6之方法，其中該方法進一步包括以下各項中之一或多者：(a)將該電池與一或多個電池對準；或(b)將該電池與該一或多個電池堆疊在一起。

**【第13項】**

如請求項6之方法，其中該方法進一步包括：

形成一第一陰極及一第二陰極，其中該第一陰極與該第一陰極電流收集器電接觸，且其中該第二陰極與該第二陰極電流收集器電接觸；及

使該第一陰極及該第二陰極退火。

**【第14項】**

如請求項13之方法，其中該方法進一步包括：

形成一第一固態電解質及一第二固態電解質，其中該第一固態電解質在該第一陰極與該第一陽極之間，且其中該第二固態電解質在該第二陰極與該第二陽極之間；及

形成一第一陽極及一第二陽極，其中該第一陽極與該第一陽極電流收集器電接觸，且其中該第二陽極與該第二陽極電流收集器電接觸。

**【第15項】**

如請求項6之方法，其中形成該陰極互連件及形成該陽極互連件包括用以下各項中之一或多者來分別填充該第一通道及該第二通道：

(a)銀、(b)金、(c)銅、(d)銻，或(e)錫。

**【第16項】**

如請求項6之方法，其中形成該陰極互連件及形成該陽極互連件包括分別在該第一通道及該第二通道中插入以下導電材料中之一或多者：(a)一油墨、(b)一膏、(c)一環氧樹脂、(d)一導線、(e)一纜線，或(f)一連接器。

**【第17項】**

一種製造一電池之方法，其包括：

提供包括複數個基板之一卷材，其中該複數個基板之至少一基板包括氧化鋯(YSZ)，且針對該複數個基板中之每一基板：

在該基板之一第一側上形成一第一陰極電流收集器及一第一陽極電流收集器，且在該基板之一第二側上形成一第二陰極電流收集器及一第二陽極電流收集器；

在該基板之該第一側上形成一第一陰極，且在該基板之該第二側上形成一第二陰極；

以一溫度使該第一陰極及該第二陰極退火；

在該基板之該第一側上形成一第一固態電解質，且在該基板之該第二側上形成一第二固態電解質；

在該基板之該第一側上形成一第一陽極，且在該基板之該第二側上形成一第二陽極；及

形成該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間的一陰極互連件，且形成該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間的一陽極互連件，

其中形成該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間的該陰極互連件包括形成穿過該基板之一第一通道，其中該第一通道在該第一陰極電流收集器與該第二陰極電流收集器之間，其中形成該第一陽極電流收集器與該第二陽極電流收集器之間的該陽極互連件包括形成穿過該基板之一第二通道，且其中該第二通道在該第一陽極電流收集器與該第二

陽極電流收集器之間。

**【第18項】**

如請求項17之方法，其中形成該陰極互連件包括使用至少一雷射來形成穿過該基板之該第一通道，且其中形成該陽極互連件包括使用該至少一雷射來形成穿過該基板之該第二通道。

**【第19項】**

如請求項18之方法，其中使用該至少一個雷射來形成穿過該基板之該第一通道包括穿透該第一陰極電流收集器、該基板及該第二陰極電流收集器，且其中使用該至少一個雷射來形成穿過該基板之該第二通道包括穿透該第一陽極電流收集器、該基板及該第二陽極電流收集器。

**【第20項】**

如請求項18之方法，其中該至少一個雷射之特性包括以下各項中之至少一者：(a)介於19安培與31安培之間的一電流，或(b)介於15 kHz與150 kHz之間的一頻率。

**【第21項】**

如請求項18之方法，其中使用該至少一個雷射來形成穿過該基板之該第一通道及穿過該基板之該第二通道包括：在不使該基板斷裂之情況下使用該至少一個雷射。





































