



(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 I775862 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：107118839

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 05 月 30 日

(51)Int. Cl. : **G01R31/36 (2020.01)**

(30)優先權：2017/05/30 美國 62/512,616

2018/02/22 美國 62/634,098

(71)申請人：美商泰坦先進能源解決公司 (美國) TITAN ADVANCED ENERGY SOLUTIONS, INC. (US)

美國

(72)發明人：墨菲 肖恩 MURPHY, SHAWN (US)；斯理達爾 亞希斯 SREEDHAR, ASHISH (US)；李 元祥 LEE, VINCENT YUAN-HSIANG (US)；亞弗利克 史蒂芬 AFRICK, STEVEN (US)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

(56)參考文獻：

TW I504907

TW 201516436A

US 6520018B1

US 2007/0292760A1

US 2013/0335094A1

US 2017/0005497A1

WO 2015/023820A2

審查人員：張耕誌

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：22 共 95 頁

(54)名稱

電池壽命評估和容量恢復

(57)摘要

在此所述的是用於判斷一鋰離子電池的 SoC 及 SoH 以及用於回復一鋰離子電池的容量的方法及設備的實施例。某些實施例係提供一種包含一超音波換能器之方法及設備，該超音波換能器係被設計以量測一鋰離子電池的特徵以便於判斷該鋰離子電池的 SoC 及 SoH，並且擾亂在該鋰離子電池內的 SSEI 層。數種其它用於 SoC 及 SoH 的判斷以及該 SSEI 層的擾亂之方法亦加以敘述。此種方法及設備的使用可以是有利於評估該鋰離子電池的一狀態、以及復原一鋰離子電池並且增加其壽命。

Described herein are embodiments of methods and apparatus for determining the SoC and SoH a lithium ion battery and for restoring capacity to a lithium ion battery. Some embodiments provide a method and apparatus including an ultrasound transducer designed to measure characteristics of a lithium ion battery in order to determine the SoC and SoH of the lithium ion battery, and to disrupt the SSEI layer inside the lithium ion battery. Several other methods for determination of SoC and SoH and disruption of the SSEI layer are also described. Use of such methods and apparatus may be advantageous in assessing a state of the lithium ion battery, as well as rejuvenating a lithium ion battery and increasing its life span.

指定代表圖：

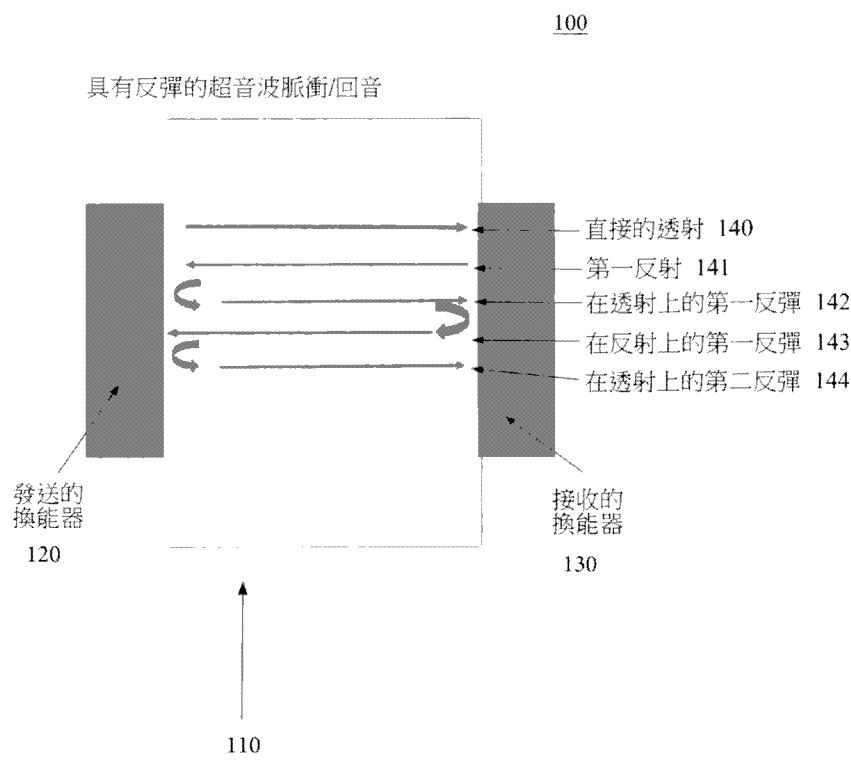


圖 1

符號簡單說明：

- 100 . . . 系統
- 110 . . . 電池
- 120 . . . 發送的換能器
- 130 . . . 接收的換能器
- 140 . . . 直接的透射波
- 141 . . . 第一反射波
- 142 . . . 在透射波上的第一反彈
- 143 . . . 在反射波上的第一反彈
- 144 . . . 在透射波上的第二反彈

【發明摘要】

【中文發明名稱】 電池壽命評估和容量恢復
【英文發明名稱】 BATTERY LIFE ASSESSMENT AND CAPACITY
RESTORATION

【中文】

在此所述的是用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH以及用於回復一鋰離子電池的容量的方法及設備的實施例。某些實施例係提供一種包含一超音波換能器之方法及設備，該超音波換能器係被設計以量測一鋰離子電池的特徵以便於判斷該鋰離子電池的SoC及SoH，並且擾亂在該鋰離子電池內的SSEI層。數種其它用於SoC及SoH的判斷以及該SSEI層的擾亂之方法亦加以敘述。此種方法及設備的使用可以是有利於評估該鋰離子電池的一狀態、以及復原一鋰離子電池並且增加其壽命。

【英文】

Described herein are embodiments of methods and apparatus for determining the SoC and SoH a lithium ion battery and for restoring capacity to a lithium ion battery. Some embodiments provide a method and apparatus including an ultrasound transducer designed to measure characteristics of a lithium ion battery in order to determine the SoC and SoH of the lithium ion battery, and to disrupt the SSEI layer inside the lithium ion battery. Several other methods for determination of SoC and SoH and disruption of the SSEI layer are also described. Use of such methods and apparatus may be advantageous in assessing a state of the lithium ion battery, as well as rejuvenating a lithium ion battery and increasing its life span.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- 100 系統
- 110 電池
- 120 發送的換能器
- 130 接收的換能器
- 140 直接的透射波
- 141 第一反射波
- 142 在透射波上的第一反彈
- 143 在反射波上的第一反彈
- 144 在透射波上的第二反彈

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 電池壽命評估和容量恢復

【英文發明名稱】 BATTERY LIFE ASSESSMENT AND CAPACITY
RESTORATION

【技術領域】

【0001】 本發明係有關於電池壽命評估和容量恢復。

相關申請案

【0002】 此申請案係主張2017年5月30日申請的美國臨時申請案序號65/512,616以及2018年2月22日申請的美國臨時申請案序號62/634,098的優先權的權利，該兩個美國臨時申請案都以其整體被納入作為參考。

【先前技術】

【0003】 可再充電的電池有數種化學性質，並且最佔優勢的其中一種是鋰離子電池系統。鋰離子電池係已見於廣泛使用在可攜式電子裝置(行動電話、膝上型電腦、相機、等等)、電動車輛、以及近年來的作為電網級儲能及備援中。鋰離子電池係具有高容量及重量能量密度、高倍率性能、低日曆老化、熱穩定性、以及降低的成本。

【發明內容】

【0004】 在一實施例中，其係提供有一種用於判斷一鋰離子電池的充電狀態(SoC)以及健康狀態(SoH)之方法及設備，其係包括至少一被配置以量測該鋰離子電池的物理及化學特徵的超音波或音頻換能器。

【0005】 在另一實施例中，其係提供有一種用於判斷一鋰離子電池的

SoC及SoH之方法及設備，其係包括至少一被配置以響應於一刺激來量測該鋰離子電池的運動的加速度計、應變計、及/或光電感測器。

【0006】 在另一實施例中，其係提供有一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH之方法及設備，其係包括利用聲波及/或振動感測器響應於一聲波刺激、一透射的聲波、及/或一反射的聲波來量測一表面。

【0007】 在另一實施例中，其係提供有一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH之方法及設備，其係包括至少一搖動器以及至少一被配置以量測由於該搖動器所造成的該鋰離子電池的運動的加速度計。

【0008】 在另一實施例中，其係提供有一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH之方法及設備，其係包括量測該鋰離子電池的彎曲模數。

【0009】 在另一實施例中，其係提供有一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH之方法及設備，其係包括量測該鋰離子電池的壓縮性模數。

【0010】 在另一實施例中，其係提供有一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH之方法及設備，其係包括量測該鋰離子電池的厚度。

【0011】 在另一實施例中，其係提供有一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH之方法及設備，其係包括利用一硬度計量測裝置來量測該鋰離子電池的一表面的凹陷。

【0012】 在另一實施例中，其係提供有一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH之方法及設備，其係包括量測該鋰離子電池的有效密度。

【0013】 在另一實施例中，其係提供有一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH之方法及設備，其係包括量測被透射到該鋰離子電池中的X射線的吸收及透射頻譜。

【0014】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括至少一被配置以透射至少一在一共振頻率的超

音波到該鋰離子電池中的超音波換能器，以擾亂該SSEI層。該至少一超音波可被透射至該鋰離子電池的陽極/陰極、或是該鋰離子電池的SSEI層。

【0015】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括引入高強度的超音波以在該鋰離子電池中誘發空穴化，以擾亂該SSEI層。

【0016】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括引入高強度的超音波以激勵該鋰離子電池的各種諧振結構，以在該陽極/陰極中造成一強的機械式響應，以便於擾亂該SSEI層。

【0017】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括至少一被配置以透射超音波來在該鋰離子電池中建設性地干擾以擾亂該SSEI層的相位陣列的超音波換能器。

【0018】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括利用X射線來照射該SSEI層，其中該X射線的能量係被吸收到該SSEI層中的有機材料的鍵中。

【0019】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括一被配置以供應交流電流至該鋰離子電池以擾亂該SSEI層的交流電流源。

【0020】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括被配置以產生一類似於一受控的低阻抗狀況來短路該鋰離子電池以擾亂該SSEI層的電路。

【0021】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括一被配置以繞著一樞轉點來搖動該鋰離子電池以便於產生一擠壓膜以擾亂該SSEI層的搖臂。

【0022】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括產生離心機誘發的表面剪應力，以便於擾亂該SSEI層。

【0023】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括至少一被配置以在該鋰離子電池的陽極與陰極之間產生高速的聲波串流以便於擾亂該SSEI層的超音波換能器。

【0024】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括控制該電池的環境，以便於影響及擾亂該SSEI層的鍵。

【0025】 在另一實施例中，其係提供有一種用於擾亂一鋰離子電池的SSEI層之方法及設備，其係包括利用脈衝力(例如，熱、機械式、及/或電性)，以便於擾亂該SSEI層。

【0026】 在另一實施例中，其係提供有一種用於處理一鋰離子電池之方法及設備，其中處理該鋰離子電池係包括判斷該鋰離子電池的SoC及SoH、以及擾亂該鋰離子電池的SSEI層。

【圖式簡單說明】

【0027】

圖1係描繪一種系統的一實施例，其中超音波換能器係被利用來判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。

圖2係描繪一種系統的一實施例，其中加速度計以及應變計係被利用以量測該電池的各種運動，以便於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。

圖3係描繪一種系統的一實施例，其中聲波照射可被利用來判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。

圖4係描繪一種系統的一實施例，其中一搖動器可被利用來判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。

圖5係描繪一種系統的一實施例，其中該彎曲模數可加以量測，以判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。

圖6係描繪一種系統的一實施例，其中該壓縮性模數可加以量測，以判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。

圖7係描繪一種系統的一實施例，其中一鋰離子電池的一表面的靜態模數可加以量測，以判斷其SoC及SoH。

圖8係描繪一種系統的一實施例，其中一鋰離子電池的密度可加以量測，以判斷其SoC及SoH。

圖9係描繪一種系統的一實施例，其中X射線係被利用來判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。

圖10係描繪一種系統的一實施例，其中高能的超音波可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。

圖11係描繪一種系統的一實施例，其中高能的超音波可被利用來造成空穴化，以便於擾亂一鋰離子電池的SSEI層。

圖12係描繪一種系統，其中高能的超音波可以是針對於一鋰離子電池的結構，以便於擾亂該SSEI層。

圖13係描繪一種系統的一實施例，其中相位陣列超音波可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。

圖14係描繪一種系統的一實施例，其中X射線可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。

圖15係描繪一種系統的一實施例，其中交流電流可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。

圖16係描繪一種系統的一實施例，其中受控制的短路可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。

圖17係描繪一種系統的一實施例，其中一擠壓膜可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。

圖18係描繪一種系統的一實施例，其中離心機誘發的表面剪力旋轉可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。

圖19係描繪一種系統的一實施例，其中高能的超音波可被利用以產生高速的聲波串流，以便於擾亂一鋰離子電池的SSEI層。

圖20係描繪一種用於處理一鋰離子電池之範例製程的製程流程。

圖21係描繪一種系統的一實施例，其中一種利用超音波來處理一鋰離子電池之方法可被實施。

圖22係描繪一種用於在一處理一鋰離子電池的系統中接收及分析信號之計算裝置的一實施例。

【實施方式】

【0028】 由於對於數位及再生技術的需求係取代了碳基及類比/機械/人工的技術，因此對於電子式儲能(靜止及可攜式)的依賴正變成是現今世界能夠運作的最重要者。在過去八十年來，電子式儲能已經用在混合式系統中，但是在過去十年中，其已經演進變成是用於所有儲能的主要系統。此演進是由行動裝置(例如，行動電話及膝上型電腦)的快速出現及採用所引導的，並且現在電子式儲能係持續成長到運輸及工業的產業中。在技術上，此轉移是由鋰離子電池的較低成本的構件及高能的密度、以及尤其是由該NMC(LiNiMnCo)結構所致能的。由於該運輸及工業的儲存產業移向再生系統以受益於高容量及重量能量密度、高倍率性能、低日曆老化、熱穩定性、以及降低的成本，因此對於鋰離子

電池的依賴變成是重要的。有數種鋰離子電池的化學性質，但是領導的化學性質是基於NMC架構的。此架構的益處係附帶有代價的，其主要是在容量隨著正常使用而漸漸消失，因此使得電池成為一種可耗盡的系統。所有的鋰離子電池系統以及所有的電池系統的其它固有的問題是其係為昂貴而且難以判斷真實且正確的充電狀態(以該電池目前的滿充容量的一分數計的瞬間所儲存的充電量SoC)以及健康狀態(以其原始的容量週期壽命的一分數計的電池目前剩餘的容量SoH。SoH係相關於壽命終止的評估)。鋰離子電池系統的兩個缺點已經減緩鋰離子電池作為一儲能系統的普遍及批發的採用。鋰離子電池操作的某些限制係如下所述：

a).在正常的操作期間可能沒有經濟且可行的手段來正確地評估SoH或是SoC。

b).目前評估壽命終止的容量的手段可能是昂貴且麻煩的。

c).由於在習知的電池管理系統(BMS)中的不精確性，因而在電池操作範圍上為了防範過度充電以及充電不足的過度保守的限制可能會被實行，以使得只有60-70%的電池的總容量可被作成是可供使用者利用的。

d).大型的電池農場可能需要高度的精確度及控制(在模組層級以及電池單元(cell)層級兩者)，以便於均勻地老化由具有不匹配的電壓及容量的單元所構成的總系統。

【0029】 電池系統的日常操作係需要正確即時的知道SoC，以在整個充電的範圍上最大化系統容量。目前的BMS是不準確的，而且是利用一種以庫侖計算法(coulomb counting)著稱的經驗性估計、以及電阻與溫度量測的一組合。由於此(約4%)的不精確性，目前的BMS係將電池的操作波封限制到總容量的一較小的部分，通常是實際範圍的60-70%。此限制係刻意被設計來避開可能會以各種方式導致損壞該電池的安全極限。

【0030】 用以判斷一電池的剩餘的容量的壽命終止的評估係藉由該SoH而被量化。該習知的SoH判斷過程是昂貴的(高端的電子設備)，而且非常耗時的(8-12小時)。因此，許多電池係被拋棄及回收，而不是被再利用來獲取其剩餘的經濟價值。

【0031】 鋰離子電池係由稱為間隙化合物的化合物所做成的。該電池的陰極可以是(但不限於)一種過渡金屬氧化物(例如，鎳錳鈷氧化物、鋰錳氧化物、以及磷酸鋰鐵)。該電池的陽極可以是(但不限於)單一層的石墨(石墨烯)。

【0032】 在正常的操作狀況中，鋰離子電池經過許多操作循環後可能會以不同的速率劣化。此可能是因為環境的狀況、製造的不規則性、在電池的使用者使用上的變化性、以及其它的狀況。因此，正確地判斷一電池的真實狀態的能力可能是困難的，因為沒有兩個電池是完全一樣的。目前的電池管理系統並無法考量這些變化，而且結合量測的不正確性，其係持續在量測一電池的狀態上累積及加重誤差。

【0033】 為了預測電池的效能及劣化，並且最終為了延伸電池的使用壽命，正確地評估鋰離子電池的狀況的能力可能是重要的。電池效能可以藉由兩個效能度量：一充電狀態(SoC)以及一健康狀態(SoH)來加以描述。

【0034】 SoC可被定義為被儲存在目前的電池循環中的瞬間的荷電至目前的循環的總可用的容量的比例。例如，在一放電循環期間：

$$\text{SoC} = 1 - \int \frac{idt}{C_n}$$

其中*i*(*t*)是隨著時間的瞬間的放電電流，並且*C_n*是目前的循環的總可用的容量。該積分可以是從該放電循環的開始取到目前的時間。或者是，電池的標稱容量(工廠原始的容量)可被使用於*C_n*，因為目前的容量可能不是已知的。該標稱容量係由製造商所給出的，並且代表可被儲存在該電池中的最大的充電量。因此，一電池的SoH(*t*)可被定義為其目前在時間*t*的總容量或*Q*(*t*)相對於標稱的工

廠原始容量 Q_n 的比例：

$$\text{SoH}(t) = \frac{Q(t)}{Q_n}$$

【0035】 一電池的SoH亦可以是定義為電池目前的循環的總可用的容量相對於該電池的最初的循環的總可用的容量的比例。

【0036】 傳統上，一電池的SoC及SoH係透過電池單元的實驗室為基礎的循環所建立的經驗性關係而被判斷出。這些關係可能並未考量環境的狀況及/或使用的特徵。這些經驗性關係是BMS系統的基礎。由於它們可能並非現實使用案例的正確的預測，因此該BMS系統隨著時間過去傾向變成是不準確的。例如，SoH量測的不確定性可能會高達40%。而在另一方面，如同在此所述的機械、化學、及/或物理性質的量測可以關連到SoC及SoH，並且因此提供一電池的SoC及SoH的快速且正確的量測。

【0037】 習知的SoC及SoH量測的此不正確性與不精確性係迫使目前的系統在電池的使用上施予過度保守的限制，以便於避免損壞該電池。為了達成此，電池被容許運作所在的範圍可能會被侷限來避開可用的範圍的極限值，因為習知的方法並不足夠精確到判斷該電池正操作在距離原本安全的範圍的外部的波封有多近。對於所有目前以電池供電的電子系統而言，知道一電池的SoC及SoH是重要的，因為該兩個參數係定義該整體系統的操作波封。本發明人已經認知且體認到對於一種用於正確地判斷一電池的SoC及SoH的非侵入性方法的需求，因為此可以藉由容許使用者能夠利用該電池的完整範圍及電位來致能該電池的最佳的使用。

【0038】 在某些實施例中，至少一超音波換能器可被用來量測一超音波信號(例如是一短的脈衝)穿過一電池的透射、及/或從一電池的能量的反射。這些信號的性質係包含可容許有該電池的化學及機械狀態的量測的資訊，其可被用來判斷該電池的SoC及SoH。使用至少一第一超音波換能器以起始在一特定

的超音波頻率(例如，1MHz或更低的，儘管應該體認到的是任何的超音波頻率都可被利用)的信號進入到該電池中、以及所接收到的信號藉由至少一第二換能器(其係為了穿過的透射而在該電池的另一側上、或是為了從該些電池結構及/或其邊界反射的波或是表面波而在該電池的同一側上)以及在該第一換能器(為了反射)的量測可以提供四種一般類型的資料：(1)在該第一及第二換能器之間、或是在離開該第一換能器到返回至該第一換能器之間(針對於反射的信號)的信號的飛行時間(TOF)；(2)在振幅及/或信號特徵(例如波形的形狀)上由於沿著該超音波信號所採取的各種路徑的傳播所造成的變化；(3)接收到的信號相對於原始發送的信號的相位改變。這些四個資料區域的每一個都可能是因為在該電池之內的化學及/或機械式的變化所造成的。

【0039】 這些量測個別或是組合地都可以提供判斷該電池狀態的改變(例如是相關於離子進入到陽極中的傳輸的化學變化)所需的資訊，其中這些量例如可以是密度、體積、剪力、以及相關的模數、及/或超音波或音(音頻)波的波速的函數。這些量可以是施加至該些換能器的溫度及壓力的一函數。這些量測可以容許有該電池的SoC及SoH的快速的判斷。具有猝發音(tone burst)或是更寬頻的信號，例如啁啾(chirp)形式的單一或多個換能器及頻率可被利用。在數個電池或是同一個電池上的這些量隨著時間過去的反複的量測可被用來產生一參考資料集，且/或在這些量測以及該SoC與SoH之間建立一量化分析的函數的相關性。該參考資料集及/或該量化分析的函數的相關性可被用來從未來的量測導出SoC及SoH。

【0040】 在一透射的超音波脈衝中具有足夠的能量下，除了該穿過透射的信號以及反射的信號之外，較高階的信號(亦即反彈(bounce))亦可被捕捉。例如，當在一電池的相反側上的兩個換能器被使用時，一"第一"反彈係由從一第一換能器橫跨該電池透射、橫跨該電池從該第二換能器被反射回到該第一換能

器、從該第一換能器被反射回來、並且被該第二換能器接收到之一信號所組成的。此信號將會已經跨過該電池三次。更高階的反彈可被兩個超音波換能器觀察到。這些信號將會已通過該電池多次，並且比起直接的信號，其可能會被這些通過而更強烈地修改，因而可能包含更多有關該電池狀態的資訊。

【0041】 例如，圖1係描繪一種系統100的一實施例，其中超音波換能器係被利用來判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。該系統100可包含至少一電池110、一發送的換能器120，以及一接收的換能器130。該發送的換能器120可被配置以透射至少一超音波(例如一直接的透射波140)到該電池110中。該接收的換能器130可被配置以接收及量測該直接的透射波140。該電池可以反射該發送的換能器120所發送的超音波。該被反射的波例如可以是一第一反射波141，並且該發送的換能器120可被配置以接收及量測該第一反射波141。該超音波可以繼續通過並且被該電池反射，因而至少可以有一在透射波上的第一反彈142、一在反射波上的第一反彈143、以及一在透射波上的第二反彈144、以及進一步的反彈。該發送的換能器120以及接收的換能器130可被配置以接收及量測這些波。如所論述的，該各種的波(例如該直接的透射波140、該第一反射波141、在透射波上的該第一反彈142、在反射波上的該第一反彈143、以及在透射波上的該第二反彈144)可能已經因為通過該電池多變的次數而獨特地被修改。藉由量測這些波，該電池110的SoC及SoH可加以判斷出。

【0042】 在另一實施例中，至少一加速度計及/或至少一應變計可被用來量測藉由一外部的機械源所誘發的振動、加速、以及任何其它運動，以便於判斷一電池的SoC及SoH。加速度計可被設計以運作用於各種狀況，並且量測一廣範圍的加速，從非常低的加速(例如，奈G)到非常高的加速(例如，50K G)。在此種實施例中，該至少一加速度計及/或該至少一應變計或是一光電的感測器(例如一雷射都卜勒速度計或是一光纖的干涉型加速度計)可被用來量測在一電

池上的一經校準的力輸入，例如是一裝有測量儀表的錘之一振動響應。

【0043】 一電池的機械性質可加以處理，以提供有關該電池的SoC及SoH的資訊。這些機械性質可以藉由利用該至少一加速度計、該至少一應變計、及/或至少一光電的感測器，來量測對於一已知的機械式激勵的振動響應來加以探測。一激勵裝置可以是數種手段中的一種，例如是一電磁式搖動器、一裝有測量儀表的錘、一經校準的彈簧加載的衝擊式探針(其可包含一機電觸發)、由在該電池周圍的環境狀況所產生的環境雜訊(例如是由行動電話所產生的聲波或超音波音調)、一聲波或超音波換能器、或是任何其它用於激勵的手段。激勵發生所在的頻率範圍可以從大約10Hz到高達幾個MHz。一激勵信號可以是窄頻或寬頻的，並且其波形可被成形以最佳化一預設的處理方法。該激勵裝置、該至少一加速度計、該至少一應變計、及/或該至少一光電的感測器可以同時或依序地被置放在該電池上的一或多個位置。來自該至少一加速度計、該至少一應變計、及/或該至少一光電的感測器的至少一輸出可加以組合以形成一群組，該群組可加以處理以形成方向性射束，利用該方向性射束以探測在該電池內之特定的深度或是其表面。在一最初已知的力的施加下，來自該至少一加速度計、該至少一應變計、及/或該至少一光電的感測器的該至少一輸出可加以量測，以判斷該電池的機械及/或物理性質。這些性質接著可以關連到該電池的該SoC及SoH。明確地說，可以有三種方式來分析來自該至少一加速度計以及該至少一應變計的該至少一輸出。

【0044】 首先，從激勵源至該一或多個加速度計、該一或多個應變計、及/或該至少一光電的感測器的一飛行時間可加以量測。此外，該激勵信號在不同的加速度計、應變計、及/或光電的感測器之間的到達時間之間的差值可加以量測。這些時間可以提供聲音在該電池之內的速度以及有效的機械模數與密度的靈敏的量測，其可以提供該電池的SoC及SoH的靈敏的量測。這些時間可以

藉由各種的方法來加以計算出，其係包含在波形中的特點(例如波峰)的到達時間的量測、交叉相關的技術、小波分析以識別各種的頻率成分在該至少一加速度計、該至少一應變計、及/或該至少一光電感測器的到達的時間、以及複製品的處理，其可以在高與低的信號雜訊比之下識別一特定已知的信號形狀。該些信號可以不需要是如同利用高頻超音波方法所可以更普遍達成的充分短暫的而在時間上保持分開的。

【0045】 第二，信號形狀的演化可加以量測。藉由至少一振動感測裝置所獲得的信號可能會由於該信號的傳播穿過該電池而變形的。因此，該信號的振幅、形狀、以及相位可能會變化。在該信號中的這些變化是該電池的SoC及SoH的函數，其可以利用交叉相關性、小波分析、及/或複製品的處理來加以量化。

【0046】 第三，一被定義為該已知的力輸入或是其傅立葉轉換相對於該量測的加速(或是其傅立葉轉換)的比例的加速性(*accelerance*)可加以量測。此比例可以利用相當接近該激勵點的至少一加速度計來加以量測，並且可以是該電池的表面的輸入阻抗、以及其它表面與內部的特徵的一量測。

【0047】 例如，圖2係描繪一種系統200的一實施例，其中加速度計、應變計、及/或至少一光電的感測器係被利用以量測該電池的各種誘發的運動，以便於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。該系統200可包含至少一電池210，至少一加速度計、應變計、及/或光電的感測器220、一底座230、一搖動器240、以及一裝有測量儀表的錘250。該電池210可被配置以安裝到該底座230之上。在某些實施例中，該搖動器240可被配置以搖動該電池210，並且該裝有測量儀表的錘250可被配置以撞擊該電池210。該至少一加速度計或是應變計220可被配置以響應於正被該搖動器240搖動且/或被該裝有測量儀表的錘250撞擊，來量測該電池210的運動。這些運動的量測可能是該電池210的SoC及SoH的函數，並

且該電池210的SoC及SoH因此可被判斷出。

【0048】 在另一實施例中，聲波照射可被利用作為在一鋰離子電池上的一激勵力。該聲波照射可以在一任意的入射角度下被利用作為在該鋰離子電池上的一激勵力。此量測可以是在該電池於空氣中、或是在該電池被浸沒在另一具有適當的聲波性質的介質(例如是水)中加以做成的。在此種實施例中，在該電池的表面的運動可以根據該電池的內部構件(例如，陽極與陰極)的模數及配置來響應。入射的表面的響應或是其它機械特點(例如，該電池的相反側的振動的響應)可以藉由在該電池上的一或多個位置的至少一加速度計、雷射測振計、極化PVDF(聚偏氟乙烯(Polyvinylidene Fluoride))應變計或加速度計、厚度量測儀、習知的應變計、及/或光電的感測器來加以量測。聲波刺激可包含連續的波信號、猝發音、啁啾、寬頻雜訊、及/或藉由至少一揚聲器、或是藉由能夠發送一聲波或超音波至該電池表面的至少一換能器或是一測振計(搖動器)所"廣播"的脈衝。該振動的響應可以是由一從該電池的前表面、從在該電池之內的結構、以及從該電池的背表面反射的波所構成的。在充分短的脈衝下，這些成分可以在不同的時間到達一接收器，其可以提供有關該電池的各種結構的資訊。頻率範圍可以從大約10Hz到高達幾個MHz。

【0049】 被該電池反射及/或通過該電池透射到一周圍的聲波介質(例如是空氣或水)中，並且在該電池的入射側及/或相反側上接收到的聲波亦可以藉由一麥克風、或是一可操縱的麥克風陣列、或是若在水下的話的水中聽音器來量測的，以提供有關於該電池的機械性質以及其SoC與SoH的資訊。

【0050】 對於具有足夠的時間範圍的入射的信號而言，從該電池量測到的振動及/或反射與發送的波可以到達一穩態的狀況，其中所有的構件(例如，該電池的前表面、在該電池之內的結構、以及該電池的背表面)係持續地貢獻(藉由反射、以及穿過該電池的邊界以及穿過該電池的內部的層兩者的透射)至

該量測的信號。暫態以及穩態的響應對於每一個構件的相對振幅及相位都可能是敏感的。每一個構件都可能是其構成的部件的動態模數以及在該電池之內的厚度及位置的一函數，因而可能包含可能有關於該電池的SoC及SoH的資訊。感測器可以個別地被使用、或是被形成為可操縱的陣列，以隔離出來自於該電池之內的各種深度的響應。

【0051】 例如，圖3係描繪一種系統300的一實施例，其中聲波照射可被利用以量測一鋰離子電池的SoC及SoH。該系統300可包含至少一電池310、一第一換能器320(例如是一超音波換能器)、一第二換能器330、一第一加速度計或振動感測器350、以及一第二加速度計或振動感測器360。該第一換能器320或是一外部的揚聲器可以發送一入射的聲波340至該電池，其可能部分地從該電池310被反射為一聲波341，並且可能部分地透射穿過該電池310成為一透射的聲波342。該第一換能器320可被配置以接收該反射的聲波341，並且該第二換能器330可被配置以接收該透射的聲波342。如同所論述的，該電池310的表面可以反應於該聲波的激勵。該第一加速度計或振動感測器350可被配置以在和該第一換能器320的同一側上量測該電池310的表面由於該聲波所造成的移動。該第二加速度計或振動感測器360可被配置以在和該第二換能器330的同一側上量測該電池310的表面由於該聲波所造成的移動。在如此做之中，該電池310的SoC及SoH可被判斷出。

【0052】 在另一實施例中，該電池可以在一側上被安裝到一振動床(例如，一搖動器)之上，並且該電池的振動響應係被量測。此方法可以量測在該電池的兩側上的加速之間的比例。此可以提供該動態壓縮模數的一量測，其可以是該電池的SoC及SoH的一函數。在一實施例中，至少一額外的質量塊可被安裝在該電池的與該搖動器相反的側之上。各種適當選擇的質量塊都可被置放在該電池的與該搖動器相反的側之上，並且可以產生"彈簧-質量塊"諧振，其可以

在由該電池的硬度及質量所決定的共振頻率(其可以發生在音訊範圍內)產生一波峰響應。此可以提供該電池的為頻率的一函數的動態壓縮模數以及耗損因數。若有和該模數相關的顯著的損失，則這些頻率可以是溫度的函數。這樣一來，可以在一範圍的溫度上進行量測，此可以提供有關該電池的狀態的額外的資訊。該電池的運動可以藉由加速度計、應變計、雷射測速、或是利用其它適當的手段來加以量測。

【0053】 例如，圖4係描繪一種系統400的一實施例，其中一測振計或是搖動器可被利用以量測一鋰離子電池的SoC及SoH。該系統400可包含至少一電池410、一測振計或搖動器420、在該搖動器420上或是在該電池410上而在該搖動器420旁邊的一第一加速度計或其它振動感測器430、以及在該電池410上或是在一頂端質量塊450的頂端上的一第二加速度計或其它振動感測器440。該電池410可以藉由該電池410的一第一側(較靠近該第一加速度計430的側)而被安裝在該搖動器420上。該搖動器420可被配置以搖動該電池410。該第一加速度計或振動感測器430可被配置以量測在該電池410的第一側由於該搖動所造成的振動。該第二加速度計或振動感測器440可被配置以量測在該電池410的一第二側(較靠近該第二加速度計440的側)由於該搖動所造成的振動。在某些實施例中，該頂端質量塊450可以耦接至該電池410的第二側。如同所論述的，量測該電池410由於該搖動所造成的移動可以有助於判斷該電池410的SoC及SoH。

【0054】 前述利用透射振動共振的資訊以判斷一電池的SoC及SoH的方法的每一種可以個別地或是用任意組合來加以利用。在某些實施例中，外部的壓力、外部的溫度、濕度、及/或大氣的狀況可被改變，以強化該量測的正確性。這些外部的因素可能會影響該電池的靜態及動態模數。在變化這些外部的因素的同時進行量測可以建立一廣泛的參考資料組，此可以強化SoC以及SoC判斷的正確性。

【0055】 在另一實施例中，一電池的SoC及SoH可以藉由量測該電池的彎曲硬度來加以判斷出。一電池隨著其SoC及SoH的變化而可能會進行的最重要的機械式變化中之一是其硬度。此可能表現為在該電池的彎曲模數上的一明顯的改變。一電池的硬度亦可能會受到該電池的內部溫度及壓力的影響。該電池的彎曲模數可以藉由該電池的末端來安裝該電池，並且量測在該安裝點之間響應於在一垂直於該電池的平面的方向上的一已知量的力的偏轉來加以量測。此量測可以是靜態的(例如，藉由施加一固定的力)、或是動態的(例如，藉由施加一諧波的力)。靜態及動態的偏轉可以利用許多種設備來加以量測，例如是利用LVDT(線性可變差動變壓器)位移感測器、應變計、加速度計、光電的感測器、或是其它適當的手段。在量測該電池的偏轉以及判斷該電池的彎曲模數中，該電池的SoC及SoH可被判斷出。

【0056】 例如，圖5係描繪一種系統500的一實施例，其中該彎曲模數可加以量測，以判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。該系統500可包含至少一電池510、固定件520a及520b、以及一外力530。該電池510可藉由其末端利用該些固定件520a及520b來加以安裝。該外力530可被施加在一垂直於該電池510的平面的方向上，因而可以使得該電池偏轉在垂直於該電池510的平面的該方向上。此偏轉可加以量測，以便於計算該電池510的彎曲模數，並且因此用以判斷該電池510的SoC及SoH。

【0057】 在另一實施例中，一電池的SoC及SoH可以藉由量測該電池的可壓縮性而被判斷出。如先前所論述的，一電池的彎曲模數可能在該電池的使用壽命期間改變。另一可能會類似地受到影響的模數是該電池的可壓縮性。該電池的可壓縮性亦可能會受到該電池的內部溫度及壓力的影響。在某些實施例中，一設備(例如，一拉伸強度試驗機(Instron))可以量測該電池針對於一給定量的壓縮力的壓縮。從該偏轉，該電池的壓縮性模數可被導出，因而該電池的

SoC及SoH可被判斷出。

【0058】 例如，圖6係描繪一種系統600的一實施例，其中該壓縮性模數可加以量測，以判斷一鋰離子電池的SoC及SoH。該系統600可包含至少一電池610、以及施加的力620。該施加的力620可被施加至該電池610的相反側，以便壓縮該電池610。在另一實施例中，該電池610可被置放在一剛性表面上，其中一壓縮力係被施加在其相反側上。由於該施加的力620，該電池610可以壓縮至一小於該電池610的常規厚度(該電池610在沒有施加的力之下的厚度)的厚度。該壓縮的厚度可加以量測，因而該電池610的壓縮性模數可被計算出。因此，該電池610的SoC及SoH可被判斷出。

【0059】 在另一實施例中，一電池的SoC及SoH可以藉由量測該電池的厚度而被判斷出。由於鋰離子進入到該電池的陽極的晶體結構的嵌入(intercalation)，一顯著的改變可見於該晶體的晶格參數。此可以產生該晶體的一顯著的膨脹及/或收縮，其係根據鋰離子在該晶體結構之內的存在及密度而定。此效應可以表現為一在該電池的厚度上的變化，其中該效應的振幅可能會受限於在該電池上例如是由於該電池的封裝所造成的限制程度。藉由在不同的已知的SoC及SoH下量測及描繪在該電池的厚度上的變化的特性，一參考資料組可被建立，此可以容許藉由量測在一電池的厚度上的變化而有未來的SoC及SoH的正確的判斷。為了判斷在一電池的厚度上的變化，至少一應變計(例如，一LVDT感測器、一PVDF應變計、一PZT(壓電陶瓷)應變計、或是一光纖應變計)可被實施，然而本發明並非限於此的。該至少一應變計可被置放在該電池組的外部的封裝上、或是在個別的電池單元上。在其中一光纖應變計係被實施的一實施例中，該光纖應變計可包括一附接至一電池或是其電池單元的外部邊界的光纖，因而該應變可以利用一干涉儀來加以量測。

【0060】 在另一實施例中，一硬度計設備可被實施以量測一電池在其表

面的靜態模數。在此種實施例中，該硬度計設備可以是由一尖的壓入頭，其可被壓入該電池內以在該電池的表面上造成一凹痕、以及一量測該凹陷的深度的測量儀器所組成的。該凹陷的深度可以是該電池的表面的靜態模數的一函數，並且可能會由於在該電池之內的機械、化學、及/或物理變化而改變。藉由在不同的已知的SoC及SoH之下量測該凹陷進入到該電池的表面內的深度，一參考資料組可被建立，此可以容許藉由量測該凹陷進入到該電池的表面內的深度而有SoC及SoH的未來的正確的判斷。

【0061】 例如，圖7係描繪一種系統700的一實施例，其中一電池的靜態模數係就該電池的表面變形方面而被量測，以判斷其SoC及SoH。該系統700可包含一電池710以及一硬度計設備720，該硬度計設備720可包括一彈簧720a、一壓入頭720b、以及一壓力負載720c。該硬度計設備720可被配置以壓入該電池710的表面。該硬度計設備720可以進一步被配置以量測該凹陷進入到該電池710的表面內的深度。如同所論述的，該凹陷可以對應於該電池710的SoC及SoH。因此，藉由量測該凹陷的深度，該電池710的SoC及SoH可被判斷出。

【0062】 在另一實施例中，該電池可被置放在一具有已知的體積、質量、以及密度的流體中，並且所排開的流體量可加以量測。當一鋰離子電池的SoC及SoH改變時，該電池的尺寸及密度亦可能會改變。當該電池被置放在該流體中時，所排開的流體量可以是成比例於該電池的密度。此密度的量測可被用來正確地判斷該電池的SoC及SoH。

【0063】 例如，圖8係描繪一種系統800的一實施例，其中一鋰離子電池的密度可加以量測，以判斷其SoC及SoH。該系統800可包含至少一電池810、一流體820、以及一秤830。該秤830可被配置以量測該電池810的浸沒的重量、以及因此的平均密度。該電池810可被置放到該流體820中，並且被該電池810所排開的流體820的量可加以量測。因此，在已量測該電池810的質量及體積

下，該電池810的密度可被判斷出。因此，該電池的SoC及SoH可被判斷出。

【0064】 在另一實施例中，X射線可被用來描述在該電池之內的材料密度以及其晶體結構的特徵。藉由在不同的SoC及SoH下量測在一電池之內的密度的變化，一參考資料組可被建立，此可以容許藉由利用X射線來量測在一電池之內的密度上的變化，而有未來的SoC及SoH的正確的判斷。X射線可以個別地、或是與彼此結合、以及和其它技術一起，而被利用在一種透射、吸收、及/或反向散射模式中。

【0065】 例如，圖9係描繪一種系統900的一實施例，其中X射線可被利用來判斷一電池的SoC及SoH。該系統900可包含一電池910、複數個X射線源920、至少一第一偵測器950、以及至少一第二偵測器970。該複數個X射線源920可被配置以發射X射線，例如是入射的X射線930。該發射的X射線可以部分地通過該電池910，例如是透射的X射線960，並且亦部分地從該電池910反射，例如是反向散射的X射線940。該至少一第一偵測器970可被配置以接收及量測該透射的X射線960。該至少一第二偵測器950可被配置以接收及量測該反向散射的X射線940。該發射的X射線的頻譜可能會被從該電池910反射及透射穿過該電池910所修改，並且因此該反向散射的X射線940以及該透射的X射線960的頻譜可能會變化。藉由量測該反向散射的X射線940以及該透射的X射線960的頻譜，該電池910的SoC及SoH可被判斷出。

【0066】 在此所述的是各種判斷一鋰離子電池的SoC及SoH的方法。應該體認到的是，這些方法的每一種都可以個別地或是用任意組合來加以利用，以便於正確地判斷該電池的SoC及SoH。

【0067】 除了該SoC及SoH之外，電池狀態的另一種量測是該SoE(能量狀態)，其可以是儲存在該電池中的總能量的一量測。藉由充電/放電的電流以及瞬間的電壓的乘積的積分而被計算出的SoE是可從該電池抽取出的功的一直接

的量測。在該電池處於一給定的充電狀態下，其例如可以更緊密地相關於利用該電池可以驅動汽車的哩程數。儘管如同在此所述的實施例係有關於量測一電池的SoC及SoH，但應該體認到的是如同所述的實施例的任一個也都可被用來量測該電池的SoE。

【0068】 鋰離子電池失效有許多的原因，但是壽命結束的最為主控的原因可能是容量的一劇烈的縮減。此亦以容量衰退著稱的容量的縮減是每一個鋰離子電池化學性質所固有的。在1990年代的後期，容量衰退以及容量損失的主要的成因被發現為在該電池中的一次要的固體電解質相介面(SSEI)層的積聚。在一鋰離子電池的正常的操作循環期間，該SSEI層係由於電解質解離以及在組裝期間的雜質，而被形成在該通常的固體電解質相介面(SEI)層的頂上以及在陽極粒子上。隨著該電池循環並且熱變化發生，新的分子可能會形成在該SSEI層上。由於該電池的離子傳輸特徵，該些新的分子可能會遷移並且在該電池的電極上形成一逐漸不能滲透的層。此劣化可以藉由在該電池的SoH上的一減少來加以量測。

【0069】 該SSEI層的連續的形成以及鋰離子在陽極與陰極的晶體結構之內的嵌入及脫嵌可能會造成該電池的機械、化學、以及物理性質的改變。藉由量測及量化這些改變的任一個或是全部，該電池的包含SoH的效能度量可加以推論出。

【0070】 該SSEI層係透過正常的電池使用而形成。其範圍可以從10埃到1.5微米厚的，可以形成在該電池的電極上，並且可以在該電池的整個壽命循環漸進地生長。該電池的使用概況結合例如是溫度的外部因素可以決定該SSEI層的形成速率。在該電池的高溫及高充放電率(C-rate)的使用與該SSEI層的較高的生長之間可能有一直接的相關性(充放電率是指在充電/放電期間所汲取的電流相對該電池的總容量的比例)。隨著該SSEI層在厚度上增加，其可能會造成鋰離

子橫越活性材料位置(亦即，進入或離開該陽極或陰極)來完成必要的電化學反應的能力的一劣化的效率位準，並且亦可能會妨礙該電池完全地充電/放電。

【0071】 該SSEI層可以是由錯和長鏈碳氫化合物以及無機鹽所構成的，例如 Li_2CO_3 (碳酸鋰)、 Li_2O (氧化鋰)、 LiF (氟化鋰)、 $\text{LiOCO}_2\text{CH}_3$ (甲基碳酸鋰)、 $\text{LiOCO}_2\text{C}_2\text{H}_5$ (乙基碳酸鋰)、 $(\text{CH}_2\text{OCO}_2\text{Li})_2$ (二碳酸乙烯酯二鋰)、以及 $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-)_n$ (聚環氧乙烷)。由於這些化合物是微極性的，一雙極矩可能會存在於這些化合物之內。

【0072】 在該SSEI層中可能有三種一般的分子間作用力：取向力(Keesom force)、誘導力(Debye force)、以及倫敦分散力(London dispersion force)。該三者的每一個可以具有不同的相關的強度，其可以依據該SSEI層的分子結構而定。以下的方程式可以描述在該SSEI層之內的取向力的貢獻是如何可被計算出。

$$E = - \frac{(\alpha_{0,1}\mu_2^2 + \alpha_{0,2}\mu_1^2)}{(4\pi\epsilon_0)^2 r^6}$$

【0073】 在此方程式中，E是在兩個粒子之間的分子間鍵的能量， μ_1 及 μ_2 是該兩個粒子的雙極矩， κ 是波茲曼常數、T是溫度， ϵ 是介電係數，並且r是介於該兩個粒子之間的距離。

【0074】 以下的方程式可以描述在該SSEI層之內的誘導力的貢獻是如何可被計算出。

$$E = - \frac{3h}{2} \frac{v_1 v_2}{(v_1 + v_2)} \frac{\alpha_{0,1} \alpha_{0,2}}{(4\pi\epsilon_0)^2 r^6}$$

【0075】 在此方程式中，E是在兩個粒子之間的分子間鍵的能量， μ_1 及 μ_2 是該兩個粒子的雙極矩， α 是極化率， ϵ 是介電係數，並且r是介於該兩個粒子之間的距離。

【0076】 以下的方程式可以描述在該SSEI層之內的倫敦分散力的貢獻是

如何可被計算出。

$$E = - \frac{3h}{2} \frac{v_1 v_2}{(v_1 + v_2)} \frac{\alpha_{0,1} \alpha_{0,2}}{(4\pi\epsilon_0)^2 r^6}$$

【0077】 在此方程式中，E是在該兩個粒子之間的分子間鍵的能量，v是離子化電位，h是普朗克常數， α 是極化率， ϵ 是介電係數，並且r是介於該兩個粒子之間的距離。

【0078】 藉由計算在該SSEI層中的粒子之間的鍵的能量，必須被感應到該SSEI層的鍵內以便於擾亂該SSEI層的總能量可被判斷出。

【0079】 藉由判斷一電池的SoC以及SoH，該SSEI層的厚度以及離子在該電池之內的位置可被判斷出。在一電池的SoC及SoH以及該SSEI層的厚度之間可以有一直接的相關性。如同所論述的，該SSEI層可能會禁止鋰離子進出在該些電極中的粒子之內的晶體結構的移動，其係將離子實質捕陷在該晶體結構之內、或是防礙離子進入該晶體結構。此可能會增加在該電池上的應變，並且可能會導致在將離子取出或推入該電池陽極中所需的能量上的一增加。該SSEI層的移除可以使得該些離子能夠自由地遷移，並且回復該電池的容量。

【0080】 一鋰離子電池在其容量是其最初的容量的80%時可被視為失效的。用於移除一鋰離子電池的SSEI層的非侵入性方法可以回復該電池的容量至其最初的容量的97%。再者，該SSEI層重量可能是小於存在於該電池中的整體電解質的1%。因此，被擾亂的SSEI層可以分散在該整體電解質之內，此可以確保被擾亂的SSEI層並不會重新附接至該電極。

【0081】 許多種方法已經在理論上被開發來處理該SSEI層，並且改善該電池的容量。然而，所有目前此種方法都是侵入性的，需要該電池的活性材料曝露到環境。此立即造成該些活性材料的氧化及蒸發，因而並不容許其再被利用於一電池中。

【0082】 本發明人已經辨識且體認到對於一種用於移除一鋰離子電池的

SSEI層的非侵入性方法的需要。這些程序可以週期性地施加以避免一顯著的SSEI層的生長、或是在此種層已經被形成之後用來移除其。在此所述的是各種用於移除一鋰離子電池的SSEI層以回復其一些或大部分的容量的方式的實施例。

【0083】 該SSEI層的擾亂可以藉由利用熱剝蝕、空穴化、機械式共振、X射線、及/或電子介入來加以達成。在熱剝蝕中，一局部的熱應力可以藉由施加聚焦的超音波能量至該SSEI層而被誘發在該SSEI層上。該局部的熱應力可以在該SSEI層中造成鍵解離。在空穴化中，所供應的能量可以造成擾亂的微氣泡的形成在該SSEI層以及電解質的介面處。藉由控制入射的能量，該些微氣泡可以內爆並且釋放一衝擊波。此可以在該SSEI層的鍵上誘發嚴重的機械應力，此係造成擾亂。在該共振方法中，被選擇用於該超音波的頻率可以匹配在該SSEI層中的不同的結構或分子的共振頻率。共振頻率是一主體的自然振動頻率。若此頻率是匹配的，並且一固定的振幅係被供應，則在該主體中的振動振幅可以保持增加，直到其破碎為止。此方法可能需要針對存在該SSEI層中的所有結構及分子的共振頻率的描述。X射線可被用來直接斷裂將該SSEI材料保持在一起並且到該陽極之上的化學鍵。電子介入可包含橫跨一電池產生一受良好控制的低電子阻抗的狀況，以在該些構成的構件以及該SSEI層上誘發大且擾亂的力。

【0084】 在一實施例中，高能的超音波可被利用以擾亂該電池的SSEI層。藉由至少一換能器在一或多個頻率下產生並且被發送到該電池中的高位準的超音波可以擾亂將該SSEI層保持在適當的地方的相當弱的鍵。此可以機械式地或是透過加熱製程來移去該材料。超音波或是連續波的激勵的脈衝(窄或是寬頻的)可被利用。

【0085】 在另一相關的實施例中，具有特定頻率的高能的超音波可被利用以擾亂該電池的SSEI層。該SSEI層的鍵可以具有各種的機械諧振，若其受到

在一共振頻率下的能量，則可以引起大的運動。該些鍵的共振頻率可以依據許多的參數而定，例如是在該鍵中的元素負電性、該鍵強度、該鍵長度、以及該鍵角度。利用在這些共振頻率的高振幅超音波(脈衝或是連續的波)的照射可以使得該些鍵響應在高的運動振幅下，此可以藉由機械力或是熱衝擊來斷裂該些鍵。由於在該電池中的其它結構可以具有不同的共振頻率，因此它們可以不受衝擊。

【0086】 該SSEI層的鍵的共振頻率可以藉由將樣本SSEI材料曝露到一超音波頻率的範圍，並且監視運動的振幅而被判斷出。此監視可以利用雷射干涉測量法或是其它適當的手段來加以完成。該波峰響應可以發生在該些鍵的共振頻率處。該SSEI層的樣本可以從一電池加以抽取出、或是可以為了此測試之目的來加以製造。

【0087】 例如，圖10係描繪一種系統1000的一實施例，其中高能的超音波可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。該系統1000可包含至少一電池1010(其係包括一陰極1010a、一陽極1010b、電解質1010c、以及一SSEI層1010d)、以及複數個超音波換能器1020。該複數個超音波換能器1020可被配置以發送高能的超音波到該電池1010中。如同所論述的，該超音波的頻率可以是在該SSEI層1010d的鍵的一共振頻率。如此一來，該SSEI層1010d可以在無不利的影響到該電池1010的其它構件(例如，該陰極1010a、陽極1010b、以及電解質1010c)之下來加以擾亂。

【0088】 在另一實施例中，高能的超音波可被利用在該電池的SSEI層中造成空穴化。如同所論述的，空穴化是小的空孔(氣泡)藉由一高強度的超音波所產生的負壓力而在一流體之內的產生。該些空孔的後續的瓦解可以是極其激烈而且局部擾亂的。在仔細控制的狀況之下，空穴化的空孔可被產生在該SSEI層的表面之處，此可以移去或破壞該SSEI層。

【0089】 例如，圖11係描繪一種系統1100的一實施例，其中高能的超音波可被利用以造成空穴化，以便於擾亂一鋰離子電池的SSEI層。該系統1100可包含至少一電池1110(其係包括一陰極1110a、一陽極1110b、電解質1110c、以及一SSEI層1110d)、以及複數個超音波換能器1120。該複數個超音波換能器1120可被配置以發送超音波到該電池1110中，以便於在該SSEI層的表面或是在其之內造成空穴化。此可以在該SSEI層1110d中產生大的應力及/或空孔，使得該SSEI層1110d瓦解及/或分散，因此擾亂該SSEI層1110d。

【0090】 在另一實施例中，高能的超音波可被利用以激勵該電池的各種結構。例如，在該陽極/陰極的一共振頻率的超音波可以被發送到該電池中。此可以造成該陽極/陰極的一強的機械式響應(例如是表面波或其它強的振動)，其可以擾亂該SSEI層。連續的波、猝發音、脈衝、及/或啁啾可被採用。該電池的結構的共振頻率可以藉由施加一範圍的頻率及振幅的超音波至一代表性的材料樣本，並且量測機械式及電子阻抗的響應而被判斷出。

【0091】 例如，圖12係描繪一種系統1200，其中高能的超音波可以是針對於一鋰離子電池的諧振結構，以便於擾亂該SSEI層。該系統1200可包含至少一電池1210(其係包括一陽極1210a以及一陰極1210b)、以及一振動1220。該振動1220的頻率可以是該陽極1210a或陰極1210b的一共振頻率。在圖12所示的例子中，該振動1220係在該陽極1210a的一共振頻率下被施加至該陽極1210a。此可以在該陽極1210a中造成強的機械式響應，其可以擾亂在該陽極1210a上的SSEI層。

【0092】 在另一實施例中，相位陣列的超音波可被利用以擾亂該電池的SSEI層。相位陣列的超音波可以是能夠在特定的位置處產生高的超音波位準。此方法可能會需要多個換能器，其可以是位在且定向在該電池的周圍。這些換能器可被組織成為一陣列，並且所產生的超音波可被波束成形(以建設性地/破

壞性地干擾)，以便於傳遞高能的超音波至在該電池之內的一或多個所要的空間體積或平面。由於此方法可以結合多個相對低強度的射束以產生具有高聲波能量的局部的體積，因此在所關注的體積之外的點可以不被曝露到顯著的超音波，因而可以不受到衝擊。該高能的超音波本身可以表現為熱，並且由於該SSEI層可以主要是由有機碳氫化合物所構成的，因此該熱可以是能夠擾亂該SSEI層的鍵。在此種實施例中，該超音波可以具有一從約500kHz到約1THz的頻率範圍。

【0093】 將多個射束收斂在單一點上可以藉由在超音波換能器之間設定一預設的相移來加以達成。此可以容許射束聚焦以及射束控制兩者能夠產生。因此，每一個超音波換能器可被配置成使得從該些超音波換能器發射的多個波形係建設性地干擾在一預設的位置。此可以容許有受控制的建設性及破壞性的干擾，並且可以容許該些超音波換能器能夠施加高能在該鋰離子電池內的一特定的區域上，並且亦讓該鋰離子電池的其它區域不被改變。此亦可容許該超音波換能器能夠利用多個低能量的射束，而不是例如單一高能的射束。

【0094】 以下的方程式可以描述建設性的干擾是如何可被建立模型，以便於決定每一個波形行進所需的路徑長度。

$$R_1 - R_2 = n\lambda$$

【0095】 在此方程式中， R_1 及 R_2 係代表兩個不同的波形的路徑長度， λ 係代表該些波形的波長，並且 n 是一整數。若在該兩個路徑長度之間的差值是該波形的波長的一整數倍數，則該兩個波形將會建設性地干擾。

【0096】 以下的方程式可以描述破壞性的干擾是如何可被建立模型，以便於決定每一個波形行進所需的路徑長度。

$$R_1 - R_2 = \lambda/2 + n\lambda$$

【0097】 在此方程式中， R_1 及 R_2 係代表兩個不同的波形的路徑長度， λ 係

代表該些波形的波長，並且 n 是一整數。若在該兩個路徑長度之間的差值是超出該波長的一整數倍數的一波長的一半，則該兩個波形將會破壞性地干擾，藉此產生一具有低聲波強度的位置。

【0098】 藉由利用多個低能量的射束並且將它們聚焦在一特定的區域上，在除了所要的聚焦區域之外的區域上所誘發的應力(熱或是機械式)可被最小化。此亦可以容許有在該所要的聚焦區域上的增大強度的入射的超音波輻射。被傳遞至該所要的聚焦區域的總能量可以是該超音波輻射的強度以及曝露時間的一函數。擾亂該鋰離子電池的SSEI層所需的總能量可以是大於或等於在該SSEI層之內的分子間及/或分子內的鍵的鍵能量。

【0099】 例如，圖13係描繪一種系統1300的一實施例，其中相位陣列的超音波可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。該系統1300可包含至少一電池1310(其係包括一陰極1310a、一陽極1310b、電解質1310c、以及一SSEI層1310d)、以及複數個超音波換能器1320。該複數個超音波換能器1320可被配置以透射超音波到該電池1310中，以擾亂該SSEI層1310d。如先前所述，該複數個超音波換能器1320可被配置成使得從該至少一超音波換能器1320透射的超音波建設性地干擾，以只有在該SSEI層1310d的位置處產生最強的強度。在如此做的當中，該電池的其它構件(例如，該陰極1310a、陽極1310b、以及電解質1310c)可以不受衝擊，並且該SSEI層1310d可加以擾亂。

【0100】 在其它實施例中，一超音波換能器可以在聲透鏡(例如，聚苯乙烯、環氧樹脂)或是凹面的換能器的使用下聚焦超音波能量。

【0101】 在另一實施例中，X射線可被實施以擾亂該SSEI層。一X射線是一具有高度激勵的光子的射束，其可以是能夠擾亂該SSEI層的鍵。當該X射線的射束的能量是高於斷裂該SSEI層的鍵所需的能量位準時，此可以是可行的。

【0102】 X射線的某些波長亦可被選擇成針對於該SSEI層的鍵的吸收性

質。例如，可能有一鍵係傾向吸收X射線能量所在的一特定的波長或是波長組。當該些鍵吸收該能量時，該些鍵可能會變弱並且最終斷裂，藉此容許SSEI分子能夠變成是移去的。藉由利用這些特定的波長，對於在該電池之內的其它材料的損壞可加以避免。

【0103】 為了避免過多的輻射的氾濫及使用，此方法可以藉由利用表面電漿共振(SPR)波而被最佳化，以導引X射線至該電池的一所要的區域，例如是在該陽極與陰極之間、以及在該SSEI層的表面上。SPR是在負與正介電係數材料之間的介面處的導電元素藉由入射的電磁能量所激勵的諧振的振盪。SPR是一種非輻射的電磁的表面波，其係傳播在一平行於該材料介面的方向上。此外，SPR可以容許該些電漿能量頻率的調諧能夠匹配該SSEI材料的吸收頻譜，以最佳化在該入射的X射線的波長之間的匹配，並且藉此最佳化其吸收及效用來擾亂該SSEI層。該X射線的能量的人射角度的操縱亦可以提供手段來最佳化該吸收。

【0104】 在某些實施例中，X射線吸收光譜(XAS)可被利用以設計一種X射線系統，以選擇性地移除在一鋰離子電池中的SSEI層，同時維持在該鋰離子電池中的其它結構(例如，陽極、陰極、隔離膜、電解質、袋、集電器、等等)的完整性。作為一用於判斷X射線吸收頻譜的強大的分析的工具，XAS可以識別被該SSEI層吸收是最大的所在的波長，並且因此該X射線系統可被調諧至這些波長。X射線可被吸收的機率可以遵循比爾定律(Beer's law)：

$$\mu \cdot x = \ln (I_0 / I)。$$

【0105】 在此一情形中， μ 可以是吸收係數， x 可以是該材料的厚度， I_0 可以是入射在該材料上的X射線的強度，並且 I 可以是透射穿過該材料的X射線的強度。

【0106】 一般而言，曝露到X射線的輻射可能會造成材料的質量損失及/

或該材料的化學結構的改變的形式的損壞。包含芳香族的有機材料比起無機材料可以是對於質量損失較不具抵抗性的。在一鋰離子電池中，該電池的許多重要的構件都是無機的，並且因此可以遭受來自該X射線的最小的輻射損壞。相反地，該SSEI層可以是有機的，並且因此可以由於X射線的輻射而遭受顯著的質量損失。以此種方式，該鋰離子電池的容量可以藉由利用X射線輻射來移除該SSEI層而被回復。

【0107】 例如是相關圖9，具有與不具有SPR的X射線都可被實施以判斷一電池的SoC及SoH，並且擾亂該電池的SSEI層。圖14係描繪一種系統1400的一實施例，其中該SPR概念係被採用。該系統1400可包含一電池1410，其係包含形成由陽極與陰極1420所構成的平面的電極(陽極與陰極)。該系統1400亦可包含至少一X射線管源1430，其係被配置以產生X射線1440。該至少一X射線管源1430可被配置以在該電池1410的一邊緣產生X射線1440，其中該X射線1440係在該些電極1420之間進入該電池1410，並且產生SPR駐波1470。在該些電極1420之間的X射線1440以及SPR駐波1470的吸收可以擾亂及移除該電池1410的SSEI層。該系統1400可以進一步包含至少一偵測器1460，其可被配置以接收及量測通過該電池1410的透射的X射線1450，其可以有助於監視該過程。

【0108】 在另一實施例中，交流電流可被利用以擾亂該電池的SSEI層。在該陽極具有一強的諧振的機械式響應所在的頻率下的交流電流至該鋰離子電池的施加可以產生能夠擾亂該SSEI層的表面波(或是其它高振幅的振動)。此亦可以產生充分的熱來破壞該SSEI層。該交流電流所要的頻率可以藉由施加一範圍的頻率及振幅的電流至一電池、或是施加至一代表性的材料樣本，並且量測機械式以及電子阻抗的響應而被判斷出。

【0109】 例如，圖15係描繪一種系統1500的一實施例，其中交流電流可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。該系統1500可包含一電池(其係包括至少

一陽極1510a以及一陰極1510b)、以及一交流電流源1520。該交流電流源1520可以連接至該電池1510的陽極1510a與陰極1510b，並且驅動一交流電流通過該電池1510。藉由該交流電流源1520產生的交流電流的頻率可以根據該陽極1510a以及陰極1510b的性質(例如，組成物)來加以選擇。此可以在該電池1510中產生一機械式響應及/或熱，其可以擾亂該電池1510的SSEI層。

【0110】 在另一實施例中，該電池的SSEI層可以利用"受控制的短路"來加以擾亂。如同所論述的，在該電池的正常操作中，鋰離子係在充電及放電期間嘗試進入及離開該陽極與陰極的晶體結構。此過程發生所在的速率可以藉由流過該電池的電流來加以決定。藉由使得一大電流通過該電池，該些鋰離子可被激勵，並且因此可以快速地且/或強制地移動來進入/離開該陽極/陰極的晶體結構。此可能會在該陽極以及該SSEI層上導致強而擾亂的機械應力、一在該電極或另一構件的內部壓力上的增加、及/或非常高溫，此之任一者都可以擾亂該SSEI層。在一實施例中，此類型的一大電流可以藉由暫時或週期性地橫跨該電池的端子設置一相當低阻抗的負載來加以產生。該負載可以藉由選擇電阻、電容及電感、以及施加的頻率與持續期間的最佳的組合而被最佳化。在此種實施例中，此可以在該電池之內產生大量的熱，並且該電池在該製程期間可能需要被冷卻。

【0111】 例如，圖16係描繪一種系統1600的一實施例，其中"受控制的短路"可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。該系統1600可包含至少一電池1610(其係包括至少一陽極1610a以及一陰極1610b)、以及電路1620，其係被配置以一受控的方式來產生一類似於該電池1610的一"短路"的狀況。該電路1620可以連接至該電池1610的陽極1610a以及陰極1610b，並且可被配置以小心地近似一短路。該電路1620可以藉由橫跨該陽極1610a以及該陰極1610b設置一相當低的阻抗來"短路"該電池，因而迫使一大電流通過該電池1610。此可能會導致

一在該電池1610之內的內部壓力、溫度、及/或應力場上的增加，並且因此該電池1610的SSEI層可以被擾亂。

【0112】 在另一實施例中，一擠壓膜可被利用以擾亂該電池的SSEI層。一擠壓膜是平行於界定一薄的流體通道的表面的高度振盪的流體速度的產生，其係在該表面上產生非常高的剪應力。一擠壓膜可被產生在藉由該陽極、電解質、以及陰極所形成的通道之內。這些表面的體積守恆的機械式振動(例如，繞著一接近該陽極的幾何中心的樞轉點的搖動的運動)可以在該電解質上產生強大的力，其係驅動平行於該板的振盪的速度，此於是可以在該表面邊界層(該SSEI層)產生高的剪力。平行於該些表面的所產生的速度可以超過該些移動的表面的垂直運動的速度而被放大該移動的表面的尺寸相對在表面之間間隙的比例的一因數。例如，對於一具有長度 d 的搖動的板相對於一具有寬度 a 的流體間隙而言，平行於該表面的速度可以是一 d/a 倍的因數大於該搖動的運動的速度。在該陽極的表面處的高剪力可以移去該SSEI層。

【0113】 例如，圖17係描繪一種系統1700的一實施例，其中一擠壓膜可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。該系統1700可包含至少一電池1710(其係包括至少一陽極1710a、一陰極1710b、以及一SSEI層1710c)、以及一板狀的外部的搖臂1720。該外部的搖臂1720可被配置以藉由繞著通過一樞轉點1730的一軸(被定向進入到該頁內的軸)的搖動的運動，來諧振地驅動該電池1710的內部的電解質成為大的諧波水平的運動。這些水平的運動的速度可以是 $(d/a)v_0$ ，其中 d 是該搖臂的長度， a 是該通道的厚度，並且 v_0 是在該搖臂的末端的垂直運動的速度。此可以在該電池1710的陽極1710a與陰極1710b之間的通道中產生一擠壓膜，並且可以在該陽極1710a以及陰極1710b的表面上產生非常高的剪應力。該剪應力可以是足以擾亂該電池1710的SSEI層1710c。

【0114】 在另一實施例中，離心機誘發的表面剪力旋轉可被利用以擾亂

該電池的SSEI層。一平的電池繞著一垂直於該電池的平面的軸的離心機誘發的表面剪力旋轉(連續的(旋轉)或是振盪的)可以在該電解質中產生平行於該陽極與陰極表面的流體流動。這些流體流動可以在該些表面處產生高的剪率，其可以擾亂該SSEI層。該些流體流動可以是圓周及徑向的。徑向的流體流動可以傾向將被擾亂的SSEI層的碎片沖向該電池的外部邊緣。

【0115】 例如，圖18係描繪一種系統1800的一實施例，其中離心機誘發的表面剪力可被利用以擾亂一鋰離子電池的SSEI層。該系統1800可包含至少一電池1810(其係包括至少一陽極1810a、一陰極1810b、以及一SSEI層1810c)。該系統1800可被配置成使得該電池1810係繞著一軸1820而被旋轉。該軸1820可被定向為垂直於該電池1810的平面，可以通過該電池1810，並且該旋轉可以是連續或振盪的。在如此做的當中，離心機誘發的表面剪力可被產生在該陽極1810a以及陰極1810b的表面上的電解質中，並且可以是足夠強到擾亂該電池1810的SSEI層1810c。

【0116】 在另一實施例中，高能的超音波可被利用以產生平行於該表面的高速的聲波串流。在高的(非線性)超音波場的存在下，可以使得該電解質進入穩定的運動，其通常可以是在遠離該超音波換能器的方向上。高速可以因此產生在窄通道中(例如是藉由該電池的陽極、電解質、以及陰極所形成的通道)，並且可以產生足夠的表面剪力以擾亂該SSEI層。

【0117】 例如，圖19係描繪一種系統1900的一實施例，其中高能的超音波可被利用以產生高速的聲波串流以便於擾亂一鋰離子電池的SSEI層。該系統1900可包含至少一電池1910(其係包括至少一陽極1910a、一陰極1910b、電解質1910c、以及一SSEI層1910d)、以及一高強度的超音波換能器1920)。該高強度的超音波換能器1920可被配置以發送一平行於該陽極1910a以及陰極1910b的表面的高能的超音波。藉由該高能的超音波換能器1920所發送的超音波可以在該

電解質之內誘發在一高到足以產生高的表面剪力的速度下的流動，其可以擾亂該電池1910的SSEI層1910d。超過一個此種超音波換能器可被用來均勻地橫跨該陽極表面產生這些速度。

【0118】 在另一實施例中，該電池的環境可被控制來影響該SSEI層的鍵。在熱或是冷的狀況中、或是由於熱衝擊，該SSEI層的鍵可加以擾亂。藉由小心地施加熱、或是從該電池移除熱，該SSEI層的鍵可加以擾亂。控制該電池的環境可以有利地結合其它所述的擾亂該電池的SSEI層的方法的任一種來加以利用。

【0119】 在另一實施例中，脈衝力可被利用以擾亂該電池的SSEI層。例如，熱、機械式、及/或電子式的衝擊可被施加至該電池以擾亂該SSEI層。這些例如可以藉由快速地加熱或冷卻該電池、機械式地衝擊該電池(例如利用一錘來撞擊它)、及/或電性脈衝進入到該電池中的施加來加以產生。

【0120】 在此所述的是各種擾亂一鋰離子電池的SSEI層的方法。應該體認到的是，這些方法的每一種都可以個別地或是以任意組合來加以利用，以便於擾亂一鋰離子電池的SSEI層。

【0121】 應該進一步體認到的是，每一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH的方法以及每一種用於擾亂該鋰離子電池的SSEI層的方法都可以是一用於處理一鋰離子電池之較大的製程的部分。該用於處理該鋰離子電池的製程可包含如同在此所述用於判斷該鋰離子電池的SoC及SoH的方法的至少一種或是一組合、以及如同在此所述的用於擾亂該鋰離子電池的SSEI層的方法的至少一種或是一組合。

【0122】 例如，圖20係描繪一用於處理一鋰離子電池的範例製程的一製程流程2000。在該製程流程2000的一實施例中，至少一超音波換能器(或者替代的是，一音波(音訊範圍)換能器)係被利用以判斷該電池的SoC及SoH以及擾亂

該電池的SSEI層。然而，應該體認到的是，在此所述用於判斷該鋰離子電池的SoC及SoH的方法的任一種以及用於擾亂該電池的SSEI層的方法的任一種都可被利用。

【0123】 在該製程流程2000開始之前，該鋰離子電池可以從其封裝被移除，並且準備用於該程序。此可被完成以改善耦接效率，並且降低在該至少一超音波換能器以及該鋰離子電池的外部的聚合物封裝之間的衰減損失。該製程流程2000可包含一其中該鋰離子電池係被循環通過一充電/放電的循環的步驟2010，並且一電流SoC及SoH可被判斷出。該製程流程2000接著可包含一其中該SSEI厚度可以根據該SoC及SoH值而被估計的步驟2020。此可以藉由存取一其中儲存對應於各種SoC及SoH值的SSEI厚度的資料庫而被完成。

【0124】 該製程流程2000接著可包含一步驟2030，其中該至少一操作在第一模式中的超音波換能器係被用來描述在該鋰離子電池的電極上的SSEI層的能量以及表面構形的特徵。此可以藉由利用在不同的入射角度及頻率的音波來加以完成，以去耦、隔離以及具體化該鋰離子電池的多個層。該目前的電池的這些掃描可以相較於經掃描的電池的一資料庫，因為不同的充電係關連到該SSEI層的厚度及位置。此資訊可被儲存在該資料庫中，以供之後的鋰離子電池處理。

【0125】 該製程流程2000可包含一步驟2040，其中在準備一處理以擾亂該SSEI層中，該鋰離子電池係根據該特定電池的化學性質而被放電/充電。例如，在放電期間，鋰離子可以從該電池的陽極行進到該電池的陰極。放電該鋰離子電池係將所有的離子置於該陰極中，並且可以避免由於在SSEI處理期間所施加的能量而誘發一自發且潛在有害的反應的可能性。該製程流程2000接著可包含一步驟2050，其中該鋰離子電池的溫度係逐漸地被降低(可能降低到約276K)，以便於限制離子遷移率以及鋰的激勵，並且進一步避免在SSEI擾亂期

間的一非所要的反應的可能性。此步驟亦可以降低高度鋰化電解質以及脫鋰電解質兩者的燃燒的風險。在某些實施例中，該製程流程2000可以返回步驟2040，以確保全部的鋰離子都已經移動到該電池的陰極。

【0126】 該製程流程2000接著可以在步驟2050利用上述的技術中的一或多種來執行該SSEI擾亂。該製程流程2000接著可包含一步驟2060，其中該溫度係被向上帶回到達298K。該製程流程2000接著可包含一步驟2070，其中該電池容量係再次被量測，並且該鋰離子電池的SoC及SoH可以再次被判斷出。若該電池的SoC及SoH是足夠的，則該製程流程2000可包含一步驟2080，其中該鋰離子電池係被返回至其封裝，並且該製程流程2000係完成。

【0127】 在該製程流程2000完成之後，該鋰離子電池可以是已經被回復到其最初的容量的一相當大的部分。在某些實施例中，該鋰離子電池可以是已經被回復到其最初的容量的約97%。在此時點，該電池的容量的劣化的速率(亦即，該SSEI層的形成的速率)可以保持與其最初的劣化的速率相同的。在SSEI處理之後，該電池的容量的劣化的速率可以是與當該電池被做成時相同的，因為劣化的速率可以是不依據該SSEI層的狀態而定的。

【0128】 圖21係描繪一種系統2100的一實施例，其中一種用於利用超音波來處理一鋰離子電池之方法可被實施。在該系統2100中，至少一超音波換能器係被利用以判斷該電池的SoC及SoH，並且擾亂該電池的SSEI層。然而，應該體認到的是，用於判斷該鋰離子電池的SoC及SoH的方法的任一種以及用於擾亂該電池的SSEI層的方法的任一種都可在該系統2100中加以利用。

【0129】 在某些實施例中，一超音波系統2120可包含至少一超音波換能器2130。該至少一超音波換能器2130可以產生超音波2140，以處理一鋰離子電池2110的SSEI層。在某些實施例中，該至少一超音波換能器2130可以運作在第一模式中以便於掃描該鋰離子電池2110，並且判斷該鋰離子電池2110的SoC

及SoH。在該第一模式中，該至少一超音波換能器2130可以產生具有相當低能量的超音波2140。該至少一超音波換能器2130可以偵測該超音波2140的一反射。該超音波系統2120可以和一計算裝置2150通訊，以便於根據藉由該至少一超音波換能器2130偵測到的反射的超音波來判斷該鋰離子電池2110的SoC及SoH。該計算裝置2150可以和一資料庫2160通訊，該資料庫2160係儲存有關於該鋰離子電池2110的資訊，其係包含關聯該鋰離子電池2110的SoC及SoH到反射的超音波的資訊。該資料庫2160亦可包含有關於該鋰離子電池2110的製造資訊。例如，對於一特定的鋰離子電池2110而言，該資料庫2160可包含該電池的序號以及在該電池中的各種構件的位置。以此種方式，該系統可以能夠輕易地找到並且描述該鋰離子電池2110的SSEI層的特徵。在該計算裝置2150以及該資料庫2160之間可以有一雙向的連線。

【0130】 在某些實施例中，該至少一超音波換能器2130可以運作在一第二模式中，以便於擾亂該鋰離子電池2110的SSEI層。在該第二模式中，該至少一超音波換能器2130可以產生具有一較該第一模式高的能量的超音波2140。該至少一超音波換能器2130可以產生超音波2140，以便於針對於在該第一模式中所描述特徵的該SSEI層。為了如此做，該至少一超音波換能器2130可以產生超音波模式，其係在該SSEI層中的一位置處形成包含建設性的干擾的體積。

【0131】 在圖21所描繪的系統中係具有至少一鋰離子電池2110、在該超音波系統2120中的至少一超音波換能器2130、至少一計算裝置2150、以及至少一資料庫2160。應該體認到的是，此系統僅僅是一舉例而已，並且一種利用超音波來擾亂一鋰離子電池單元/模組/包裝的SSEI層的其它配置的系統是可能的。例如，該超音波系統2120可以是能夠一次處理多個鋰離子電池2110。在該超音波系統2120中可以有多個超音波換能器2130，並且它們可被配置以便於有效地處理一或多個鋰離子電池2110。在此種實施例中，該些超音波換能器2130

可以是能夠平行地運作，並且一次處理數個鋰離子電池。該些超音波換能器2130可以是能夠運作使得至少一超音波換能器2130係操作在該第一模式中，同時至少一超音波換能器2130係操作在該第二模式中。

【0132】 在圖21所描繪的系統中，該計算裝置2150係被展示為一外部的計算裝置。在此種實施例中，該超音波系統2120可以連接至該計算裝置2150，使得該兩個可以通訊及交換有關於該鋰離子電池2110的資訊，以便於描述該SSEI層的特徵及識別該SSEI層。該超音波系統2120可以利用一導線、無線地、利用一雙向的匯流排、或是任何其它適當的連線來連接至該計算裝置2150。此外，可以有超過一個計算裝置2150，並且該(些)計算裝置2150可被納入在該超音波系統2120中。該資料庫2160係被展示為一在該計算裝置2150外部的資料庫，但應該體認到的是該資料庫2160亦可以被納入該計算裝置2150中。

【0133】 圖22係描繪一種在一用於處理一鋰離子電池的系統中接收及分析信號之計算裝置的一實施例。在一實施例中，該計算裝置2200可包含至少一處理器2202以及至少一網路轉接器2204。該計算裝置亦可包含電腦可讀取的儲存媒體2206，其可包含一調整協助設施模組2208、一目前的調整模組2210、一正確的調整模組2212、一感測器的位置模組2214、以及一調整工具的影響模組2216。該計算裝置2200可被設計以從一種利用如同在此所述的一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH的方法之系統(例如，一超音波系統)接收及分析信號，以便於描述特徵及識別該鋰離子電池的SSEI層。

【0134】 根據在此所述的原理來操作的技術可以用任何適當的方式來加以實施。內含在以上的討論中的是一系列的流程圖，其係展示各種判斷一鋰離子電池的SoC及SoH、以及擾亂該鋰離子電池的SSEI層的過程的步驟及動作。以上的流程圖的處理及決策區塊係代表可以內含在實行這些各種的過程的演算法中的步驟及動作。從這些過程導出的演算法可被實施為軟體，其係與一或多

個單一或多種用途的處理器整合並且導引其操作、可被實施為功能上等效的電路，例如是一數位信號處理(DSP)電路或是一特殊應用積體電路(ASIC)、或是可以用任何其它適當的方式來加以實施。應該體認到的是，內含在此的流程圖並未描繪任何特定的電路或是任何特定的程式化語言的語法或操作、或是程式化語言的類型。而是，該些流程圖係描繪功能資訊，熟習此項技術者可以使用來製造電路或是實施電腦軟體演算法，以執行一實行在此所述的技術類型的特定設備的處理。亦應該體認到的是，除非在此另有指出，否則在每一個流程圖中敘述的特定序列的步驟及/或動作僅僅是舉例說明可被實施的演算法而已，並且可以於在此所述的原理的實施方式及實施例上加以改變。

【0135】 於是，在某些實施例中，在此所述的技術可以用電腦可執行的指令來加以體現，其係被實施為軟體，其係包含實施為應用程式軟體、系統軟體、韌體、中介軟體、內嵌碼、或是任何其它適當類型的電腦碼。此種電腦可執行的指令可以利用一些適當的程式化語言及/或程式化或腳本工具的任一種來撰寫，並且亦可被編譯為可執行的機器語言碼或是中間碼，其係被執行在一架構或虛擬的機器上。

【0136】 當在此所述的技術被體現為電腦可執行的指令時，這些電腦可執行的指令可以用任何適當的方式來加以實施，其係包含實施為一些功能設備，每一個功能設備係提供一或多個操作以完成根據這些技術操作的演算法的執行。一不論如何實例化的"功能設備"都是一電腦系統的一結構的構件，當與一或多個電腦整合並且藉由一或多個電腦執行時，其係使得該一或多個電腦執行一特定的操作角色。一功能設備可以是一部分或是一整個的軟體元件。例如，一功能設備可被實施為一過程的一函數、或是為一離散的過程、或是為任何其它適當的處理單元。若在此所述的技術被實施為多個功能設備，則每一個功能設備都可以用其本身的方式來加以實施；並不需要全都用相同的方式來加

以實施。此外，這些功能設備可以依適當情況來平行及/或串列地加以執行，並且可以利用在它們於其上執行的電腦上的一共用的記憶體、利用一訊息傳遞協定、或是用任何其它適當的方式來在彼此之間傳遞資訊。

【0137】 一般而言，功能設備係包含常式、程式、物件、構件、資料結構、等等，其係執行特定的工作、或是實施特定的抽象資料類型。通常，該些功能設備的功能可以根據需要而被組合或是分散在它們運作於其中的系統內。在某些實施方式中，一或多個實行在此的技術的功能設備可以一起形成一完整的套裝軟體。在替代的實施例中，這些功能設備可以適配於和其它不相關的功能設備及/或過程互動，以實施一軟體程式的應用。在其它實施方式中，該功能設備可以適配於以此種形成一作業系統的方式來和其它功能設備互動，其係包含可從華盛頓州Redmond的微軟®公司購得的Windows®作業系統。換言之，在某些實施方式中，該些功能設備可以替代被實施為一作業系統的一部分、或是在作業系統之外的。

【0138】 某些範例的功能設備已經在此敘述以用於實行一或多個工作。應該體認到儘管所敘述的功能設備以及工作的劃分僅僅是舉例說明可以實施在此所述的範例技術的功能設備的類型而已，因而實施例並不限於以任何特定的數量、劃分、或是類型的功能設備來加以實施。在某些實施方式中，所有的功能都可被實施在單一功能設備中。亦應該體認到的是，在某些實施方式中，在此所述的功能設備中的某些個可以和其它一起或是與其它分開地加以實施(亦即，成為單一單元或是個別的單元)、或是這些功能設備中的某些個可以不加以實施。

【0139】 在某些實施例中，實施在此所述的技術的電腦可執行的指令(當被實施為一或多個功能設備、或是用任何其它方式實施時)可被編碼在一或多個電腦可讀取的媒體上，以提供功能至該媒體。電腦可讀取的媒體係包含例如是

一硬碟機的磁性媒體、例如是一光碟片(CD)或是一數位多用途光碟片(DVD)的光學媒體、一持續或非持續的固態記憶體(例如，快閃記憶體、磁性RAM、等等)、或是任何其它適當的儲存媒體。此種電腦可讀取的媒體可以用任何適當的方式來加以實施，其係包含實施為上述圖22的電腦可讀取的儲存媒體2206(亦即，作為一計算裝置2200的一部分)、或是實施為一獨立個別的儲存媒體。如同在此所用的，"電腦可讀取的媒體"(亦稱為"電腦可讀取的儲存媒體")係指實體的儲存媒體。實體的儲存媒體係非暫態的，並且具有至少一物理結構的構件。在一如同在此所用的"電腦可讀取的媒體"中，至少一物理結構的構件係具有至少一物理性質，其可以在利用內嵌的資訊來產生該媒體的一過程、將資訊記錄於其上的一過程、或是利用資訊來編碼該媒體的任何其它過程期間，用某種方式來加以改變。例如，一電腦可讀取的媒體的一物理結構的一部分的一磁化狀態可以在一記錄過程期間加以改變。

【0140】 再者，上述的某些技術係包括以某種方式來儲存資訊(例如，資料及/或指令)的動作，以供這些技術的使用。在這些技術的某些實施方式(例如是其中該些技術被實施為電腦可執行的指令的實施方式)中，該資訊可被編碼在一電腦可讀取的儲存媒體上。在其中特定的結構在此係被描述為儲存此資訊所用的有利的格式的情形中，這些結構可以在被編碼於該儲存媒體上時，被用來施加該資訊的一物理組織。這些有利的結構於是藉由影響一或多個和該資訊互動的處理器的操作；例如是藉由增加該(些)處理器所執行的電腦操作的效率，來提供功能至該儲存媒體。

【0141】 在其中該些技術可被體現為電腦可執行的指令的某些(但是並非所有的)實施方式中，這些指令可被執行在一或多個操作在任何適當的電腦系統(包含圖22的範例的電腦系統)中的適當的計算裝置上、或是一或多個計算裝置(或是一或多個計算裝置的一或多個處理器)可被程式化以執行該些電腦可執行

的指令。一計算裝置或處理器可被程式化以在該些指令係以一種該計算裝置或處理器可存取的方式被儲存時執行指令，例如是被儲存在一資料儲存處中(例如，一晶片上的快取或指令暫存器、可經由一匯流排存取的一電腦可讀取的儲存媒體、可經由一或多個網路存取並且可藉由該裝置/處理器存取的一電腦可讀取的儲存媒體、等等)。包括這些電腦可執行的指令的功能設備可被整合到單一多用途的可程式化的數位計算裝置、一具有兩個或多個共享處理能力並且聯合地實行在此所述的技術的多用途的計算裝置的協調的系統、專用於執行在此所述的技術的單一計算裝置或是計算裝置的協調的系統(位在同處、或是在地理上分散的)、一或多個用於實行在此所述的技術的現場可程式化的閘陣列(FPGA)、或是任何其它適當的系統中，並且指引其操作。

【0142】 圖22係描繪一種具有計算裝置2200的形式之計算裝置的一範例的實施方式，其可被用在一種實施在此所述的技術的系統中，儘管其它計算裝置也是可行的。應該體認到的是，圖22並不打算是描繪一計算裝置運作為一用於從一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH的系統接收及根據在此所述的原理來分析信號的手段所必要的構件、也不打算是全面性的描繪。

【0143】 計算裝置2200可包括至少一處理器2202、一網路轉接器2204、以及電腦可讀取的儲存媒體2206。計算裝置2200例如可以是一桌上型或膝上型個人電腦、一個人數位助理(PDA)、一智慧型行動電話、一伺服器、一無線存取點、或是其它連網的元件、或是任何其它適當的計算裝置。網路轉接器2204可以是任何適當的硬體及/或軟體，以使得該計算裝置2200能夠透過任何適當的計算網路來有線及/或無線地與任何其它適當的計算裝置通訊。該計算網路可包含無線存取點、交換器、路由器、閘道、及/或其它連網的設備、以及任何適當的有線及/或無線的一或多種通訊媒體，以用於在兩個或多個電腦之間交換資料，其係包含網際網路。電腦可讀取的儲存媒體2206可以適配於儲存待被處理

的資料、及/或待被處理器2202執行的指令。處理器2202係致能資料的處理以及指令的執行。該資料以及指令可被儲存在該電腦可讀取的儲存媒體2206上，並且例如可以致能在該計算裝置2200的構件之間的通訊。

【0144】 儲存在電腦可讀取的儲存媒體2206上的資料以及指令可包括實施根據在此所述的原理來操作的技術的電腦可執行的指令。在圖22的例子中，電腦可讀取的儲存媒體2206係如上所述地儲存實施各種設備的電腦可執行的指令，並且儲存各種資訊。電腦可讀取的儲存媒體2206可以儲存用於從一種用於判斷一鋰離子電池的SoC及SoH的系統接收及處理信號的電腦可執行的指令，並且在一螢幕上顯示結果。

【0145】 儘管並未描繪在圖22中，但是一計算裝置可以額外具有一或多個構件以及週邊裝置，其係包含輸入與輸出裝置。除了其它方面之外，這些裝置可被利用以呈現一使用者介面。可被利用以提供一使用者介面的輸出裝置的例子係包含用於輸出的視覺呈現的印表機或顯示器螢幕、以及用於輸出的可聽見的呈現的揚聲器或其它的聲音產生裝置。可被利用於一使用者介面的輸入裝置的例子係包含鍵盤以及指向裝置，例如是滑鼠、觸控板、以及數位化輸入板。作為另一例子的是，一計算裝置可以透過話音辨識、或是以其它可聽見的格式來接收輸入資訊。

【0146】 其中該些技術係以電路及/或電腦可執行的指令來加以實施的實施例已經加以敘述。應該體認到的是，某些實施例可以具有一種方法的形式，其之至少一例子係已經加以提出。被執行為該方法的部分的動作可以用任何適當的方式來排序。於是，其中動作係以一不同於所描繪的順序被執行的實施例可被建構，其可包含同時執行某些動作，即使其在舉例說明的實施例中係被展示為順序的動作。

【0147】 上述實施例的各種特點都可以單獨、組合地、或是用未明確地

在先前敘述的實施例中論述的各種配置來加以利用，並且因此在其應用上並不受限於在先前的說明中闡述、或是在圖式中描繪的構件的細節及配置。例如，在一實施例中敘述的特點可以用任何方式來與在其它實施例中敘述的特點組合。

【0148】 再者，在此使用的措辭及術語是為了說明之目的，因而不應該被視為限制性的。在此的"包含"、"包括"、"具有"、"含有"、"涉及"、以及其之變化的使用係意謂涵蓋被表列在之後的項目及其等同物與額外的項目。

【0149】 該字詞"範例的"係在此被使用來表示當作一個例子、實例、或是舉例。在此敘述為範例的任何實施例、實施方式、過程、特點、等等因此應該被理解為一舉例說明的例子，並且除非另有指出，否則不應該被理解是一較佳或有利的例子。

【0150】 至此已經敘述至少一實施例的數個特點，所體認到的是，各種的改變、修改以及改善都將會輕易地被熟習此項技術者所思及。此種改變、修改以及改善係欲為此揭露內容的部分，並且打算是落於在此所述的原理的精神及範疇之內。於是，先前的說明及圖式只是舉例而已。

【0151】 一種用於量測一鋰離子電池的充電狀態(SoC)以及健康狀態(SoH)之設備可以用不同的配置來加以體現。範例的配置可以包含如同在以下敘述的配置(1)至(22)以及(123)的任意一或多個組合。

【0152】 (1)一種用於量測一鋰離子電池的充電狀態(SoC)及/或健康狀態(SoH)之設備，該設備係包括：至少一被配置以量測該鋰離子電池的物理及/或化學特徵的裝置，其中該鋰離子電池的該SoC以及該SoH係從該量測到的物理及/或化學特徵來加以判斷出。

【0153】 (2)如配置(1)之設備，其中該至少一裝置係包括至少一超音波換能器。

【0154】 (3)如配置(2)之設備，其中該至少一超音波換能器係包括：至少一發送的超音波換能器，其係被配置以位在該鋰離子電池的一側上；以及至少一接收的超音波換能器，其係被配置以位在該鋰離子電池的與該至少一發送的超音波換能器相反的一側上。

【0155】 (4)如配置(1)-(3)之設備，其中：該至少一發送的超音波換能器係被配置以透射至少一超音波到該鋰離子電池中；該至少一接收的超音波換能器係被配置以接收及量測該至少一超音波；以及該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該至少一超音波而被判斷出。

【0156】 (5)如配置(1)-(4)之設備，其中該至少一發送的超音波換能器係被配置以接收及量測從該鋰離子電池的一外部的邊界、或是從在該鋰離子電池之內的內部的結構被反射的該至少一超音波的一部分，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該至少一超音波的該部分來加以判斷出。

【0157】 (6)如配置(1)-(5)之設備，其中該至少一發送的超音波換能器以及該至少一接收的超音波換能器係被配置以接收及量測該至少一超音波在該鋰離子電池之內被反射複數次的部分，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該至少一超音波的該些部分來加以判斷出。

【0158】 (7)如配置(1)-(6)之設備，其中該至少一裝置係包括至少一應變計及/或至少一加速度計，其係被配置以量測該鋰離子電池的響應於一外部的振動激勵或是一經校準的力的振動及/或加速，以判斷該鋰離子電池的該SoC及/或SoH。

【0159】 (8)如配置(1)-(7)之設備，其中該至少一裝置係包括至少一光電的感測器，其係被配置以量測對於在該鋰離子電池上的一振動激勵或是一經校準的力輸入的一振動響應。

【0160】 (9)如配置(1)-(8)之設備，其中在該鋰離子電池上的該激勵或是

該經校準的力輸入是來自一電磁的搖動器、一裝有測量儀表的錘、一經校準的彈簧加載的衝擊式探針、由在該鋰離子電池周圍的環境的狀況產生的環境雜訊、一測振計、及/或一聲波或超音波換能器。

【0161】 (10)如配置(1)-(9)之設備，其進一步包括一被配置以搖動該鋰離子電池的搖動器，並且該至少一應變計及/或該至少一加速度計係被配置以量測該鋰離子電池的響應於搖動該鋰離子電池的該搖動器的運動，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH可以從該量測到的運動來加以判斷出。

【0162】 (11)如配置(1)-(10)之設備，其中該至少一裝置係包括一第一聲波換能器以及一第二聲波換能器，其中：該第一聲波換能器係被配置以透射至少一聲波至該鋰離子電池，並且接收及量測該至少一聲波從該鋰離子電池反射的一第一部分；並且該第二聲波換能器係被配置以接收及量測該至少一聲波透射穿過該鋰離子電池的一第二部分。

【0163】 (12)如配置(1)-(11)之設備，其進一步包括至少一加速度計，其係被配置以量測該鋰離子電池的來自該至少一聲波的激勵。

【0164】 (13)如配置(1)-(12)之設備，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係至少從該至少一聲波的該第一部分、該至少一聲波的該第二部分、以及該鋰離子電池的該激勵來加以判斷出。

【0165】 (14)如配置(1)-(13)之設備，其中該至少一裝置係包括：一用於施加一靜態或動態力至該鋰離子電池的裝置，其中該裝置係在一垂直於該鋰離子電池的該平面的方向上施加該力至該鋰離子電池，該鋰離子電池係在下方有一間隙之下被安裝在其邊緣之上；以及一用於量測該鋰離子電池響應於該力的該偏轉的裝置，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該偏轉來加以判斷出。

【0166】 (15)如配置(1)-(14)之設備，其中該至少一裝置係包括：一用於

施加至少一力至該鋰離子電池的裝置，其中該裝置係：在一垂直於該鋰離子電池的該平面的第一方向上施加一第一力至該鋰離子電池；以及在一第二方向上施加一第二力至該鋰離子電池，其中該第二方向係與該第一方向相反的、或者是由於一剛性襯背的一反作用力；以及一用於量測在該鋰離子電池的厚度上響應於該力的一變化的裝置，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從在該厚度上的該變化來加以判斷出。

【0167】 (16)如配置(1)-(15)之設備，其中該至少一裝置係包括一硬度計，其係被配置以：在該鋰離子電池的一表面中產生一凹陷；以及量測該凹陷在該鋰離子電池的該表面中的一深度，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該凹陷的該深度來加以判斷出。

【0168】 (17)如配置(1)-(16)之設備，其中該至少一裝置係包括一被配置以量測該鋰離子電池的一重量的秤，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該鋰離子電池的該量測到的重量來加以判斷出。

【0169】 (18)如配置(1)-(17)之設備，其中該秤係被配置以將該鋰離子電池浸沒在一流體中，並且該秤係被配置以在該鋰離子電池被浸沒在該流體中時量測該鋰離子電池的重量。

【0170】 (19)如配置(1)-(18)之設備，其進一步包括一用於量測該鋰離子電池在被浸沒於該流體中時所排開的一流體的量的裝置，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從被該鋰離子電池所排開的該量測到的流體的量來加以判斷出。

【0171】 (20)如配置(1)-(19)之設備，其中該至少一裝置係包括至少一X射線裝置。

【0172】 (21)如配置(1)-(20)之設備，其中該至少一X射線裝置係包括：一第一X射線發射器，其係被配置以位在該鋰離子電池的一側上；一第一X射線

偵測器，其係被配置以位在該鋰離子電池的一與該第一X射線發射器相反的側上；以及一第二X射線發射器，其係被配置以位在和該第一X射線發射器相同的側上。

【0173】 (22)如配置(1)-(21)之設備，其中該第一X射線發射器係被配置以透射至少一封包的X射線到該鋰離子電池中；該第一X射線偵測器係被配置以接收及量測該至少一封包的X射線的一透射穿過該鋰離子電池的第一部分；以及該第二X射線偵測器係被配置以接收及量測該至少一封包的X射線的一從該鋰離子電池反向散射的第二部分；該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係至少從該至少一封包的X射線的該第一部分以及該第二部分來加以判斷出。

【0174】 一種用於判斷一鋰離子電池的充電狀態(SoC)及/或健康狀態(SoH)之系統可以用不同的配置來加以體現。範例的配置可包含如同在以下敘述的配置(23)至(44)以及(124)的任意一或多個組合。

【0175】 (23)一種用於判斷一鋰離子電池的一SoC及SoH之系統，該系統係包括：一設備，其係包括至少一被配置以量測該鋰離子電池的物理及/或化學特徵的裝置；以及至少一計算裝置，其係被配置以接收及分析來自該設備的至少一信號，以判斷該鋰離子電池的該SoC以及該SoH。

【0176】 (24)如配置(23)之系統，其中該至少一裝置係包括至少一超音波換能器。

【0177】 (25)如配置(23)-(24)之系統，其中該至少一超音波換能器係包括：至少一發送的超音波換能器，其係被配置以位在該鋰離子電池的一側上；以及至少一接收的超音波換能器，其係被配置以位在該鋰離子電池的與該至少一發送的超音波換能器相反的一側上。

【0178】 (26)如配置(23)-(25)之系統，其中：該至少一發送的超音波換能器係被配置以透射至少一超音波到該鋰離子電池中；該至少一接收的超音波換

能器係被配置以接收及量測該至少一超音波；並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該至少一超音波而被判斷出。

【0179】 (27)如配置(23)-(26)之系統，其中該至少一發送的超音波換能器係被配置以接收及量測該至少一超音波的一從該鋰離子電池的一邊界或是一在該鋰離子電池之內的內部的結構反射的部分，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該至少一超音波的該部分來加以判斷出。

【0180】 (28)如配置(23)-(27)之系統，其中該至少一發送的超音波換能器以及該至少一接收的超音波換能器係被配置以接收及量測該至少一超音波在該鋰離子電池之內被反射複數次的部分，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該至少一超音波的該部分來加以判斷出。

【0181】 (29)如配置(23)-(28)之系統，其中該至少一裝置係包括至少一應變計及/或至少一加速度計，其係被配置以量測該鋰離子電池響應於一外部的刺激或是一經校準的力的振動及/或加速，以判斷該鋰離子電池的該SoC及/或SoH。

【0182】 (30)如配置(23)-(29)之系統，其中該至少一裝置係包括至少一光電的感測器，其係被配置以量測對於在該鋰離子電池上的一外部的刺激或是一經校準的力輸入的一振動響應。

【0183】 (31)如配置(23)-(30)之系統，其中在該鋰離子電池上的該經校準的力輸入或是該外部的刺激是來自一電磁的搖動器、一裝有測量儀表的錘、一經校準的彈簧加載的衝擊式探針、由在該鋰離子電池周圍的環境的狀況產生的環境雜訊、一測振計、及/或一聲波或超音波換能器。

【0184】 (32)如配置(23)-(31)之系統，其進一步包括一被配置以搖動該鋰離子電池的搖動器，並且該至少一應變計及/或該至少一加速度計係被配置以量測該鋰離子電池的響應於搖動該鋰離子電池的該搖動器的運動，並且該鋰離子

電池的該SoC及/或該SoH可以從該量測到的運動來加以判斷出。

【0185】 (33)如配置(23)-(32)之系統，其中該至少一裝置係包括一第一聲波(音頻)換能器以及一第二聲波(音頻)換能器，其中：該第一聲波換能器係被配置以透射至少一聲波至該鋰離子電池，並且接收及量測該至少一聲波從該鋰離子電池反射的一第一部分；並且該第二聲波換能器係被配置以接收及量測該至少一聲波透射穿過該鋰離子電池的一第二部分。

【0186】 (34)如配置(23)-(33)之系統，其進一步包括至少一加速度計，其係被配置以量測該鋰離子電池的來自該至少一聲波的激勵。

【0187】 (35)如配置(23)-(34)之系統，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係至少從該至少一聲波的該第一部分、該至少一聲波的該第二部分、以及該鋰離子電池的該激勵來加以判斷出。

【0188】 (36)如配置(23)-(35)之系統，其中該至少一裝置係包括：一用於施加一靜態或動態力至該鋰離子電池的裝置，其中該裝置係在一垂直於該鋰離子電池的該平面的方向上施加該力至該鋰離子電池，該鋰離子電池係在下方有一間隙之下藉由其邊緣加以懸吊的；以及一用於量測該鋰離子電池響應於該力的該偏轉的裝置，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該偏轉來加以判斷出。

【0189】 (37)如配置(23)-(36)之系統，其中該至少一裝置係包括：一用於施加至少一力至該鋰離子電池的裝置，其中該裝置係：在一垂直於該鋰離子電池的該平面的第一方向上施加一第一力至該鋰離子電池；以及在一第二方向上施加一第二力至該鋰離子電池，其中該第二方向係與該第一方向相反的、或者該第二力是由於一剛性襯背的一反作用力；以及一用於量測在該鋰離子電池的厚度上響應於該力的一變化的裝置，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從在該厚度上的該變化來加以判斷出。

【0190】 (38)如配置(23)-(37)之系統，其中該至少一裝置係包括一硬度計，其係被配置以：在該鋰離子電池的一表面中產生一凹陷；以及量測該凹陷在該鋰離子電池的該表面中的一深度，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該凹陷的該深度來加以判斷出。

【0191】 (39)如配置(23)-(38)之系統，其中該至少一裝置係包括一被配置以量測該鋰離子電池的一重量的秤，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該鋰離子電池的該量測到的重量來加以判斷出。

【0192】 (40)如配置(23)-(39)之系統，其中該秤係被配置以將該鋰離子電池浸沒在一流體中，並且該秤係被配置以在該鋰離子電池被浸沒在該流體中時量測該鋰離子電池的重量。

【0193】 (41)如配置(23)-(40)之系統，其進一步包括一用於量測該鋰離子電池在被浸沒於該流體中時所排開的一流體的量的裝置，並且該鋰離子電池的該SoC以及該SoH係從被該鋰離子電池所排開的該量測到的流體的量來加以判斷出。

【0194】 (42)如配置(23)-(41)之系統，其中該至少一裝置係包括至少一X射線裝置。

【0195】 (43)如配置(23)-(42)之系統，其中該至少一X射線裝置係包括：一第一X射線發射器，其係被配置以位在該鋰離子電池的一側上；一第一X射線偵測器，其係被配置以位在該鋰離子電池的一與該第一X射線發射器相反的側上；以及一第二X射線偵測器，其係被配置以位在和該X射線發射器同一側上。

【0196】 (44)如配置(23)-(43)之系統，其中：該第一X射線發射器係被配置以透射至少一封包的X射線到該鋰離子電池中；該第一X射線偵測器係被配置以接收及量測該至少一封包的X射線的一透射穿過該鋰離子電池的第一部

分；該第二X射線接收器係被配置以接收及量測該至少一封包的X射線的一從該鋰離子電池反向散射的第二部分；該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係至少從該至少一封包的X射線的該第一部分以及該第二部分來加以判斷出。

【0197】 一種用於擾亂一鋰離子電池的一SSEI層之設備可以用不同的配置來加以體現。範例的配置可包含如同在以下敘述的配置(45)至(72)以及(125)的任意一或多個組合。

【0198】 (45)一種用於擾亂一鋰離子電池的一次要的固體電解質相介面(SSEI)層之設備，該設備係包括：至少一被配置以擾亂該鋰離子電池的該SSEI層的裝置。

【0199】 (46)如配置(45)之設備，其中該至少一裝置係包括複數個超音波換能器。

【0200】 (47)如配置(45)-(46)之設備，其中該複數個超音波換能器係被配置以透射高能的超音波到該鋰離子電池中，以擾亂該SSEI層。

【0201】 (48)如配置(45)-(47)之設備，其中該些高能的超音波的一頻率係等於該SSEI層的該些分子鍵的一共振頻率。

【0202】 (49)如配置(45)-(48)之設備，其中該些高能的超音波係被設計以在該SSEI層中造成空穴化。

【0203】 (50)如配置(45)-(49)之設備，其中該些高能的超音波係被設計以在該鋰離子電池的一陽極及/或一陰極中激勵一或多個結構的諧振。

【0204】 (51)如配置(45)-(50)之設備，其中該些高能的超音波包括連續的波、猝發音、脈衝、及/或啁啾。

【0205】 (52)如配置(45)-(51)之設備，其中該複數個超音波換能器係利用相位陣列的超音波。

【0206】 (53)如配置(45)-(52)之設備，其中該複數個超音波換能器係被配

置以透射超音波到該鋰離子電池中，使得該些超音波建設性地干擾在一所要的位置處。

【0207】 (54)如配置(45)-(53)之設備，其中該些超音波建設性地干擾在該SSEI層以擾亂該SSEI層。

【0208】 (55)如配置(45)-(54)之設備，其中該些超音波係藉由在該複數個超音波換能器的超音波換能器之間設定一預設的相移來建設性地干擾在該所要的位置處。

【0209】 (56)如配置(45)-(55)之設備，其中該至少一裝置係包括至少一X射線發射器。

【0210】 (57)如配置(45)-(56)之設備，其中該至少一X射線發射器係被配置以透射X射線到該鋰離子電池中，以擾亂該SSEI層。

【0211】 (58)如配置(45)-(57)之設備，其中該透射的X射線的一能量係藉由該SSEI層的吸收性質來加以決定。

【0212】 (59)如配置(45)-(58)之設備，其中該至少一X射線發射器係被配置以在一平行於該鋰離子電池的該平面的方向上透射X射線到該鋰離子電池中，以在該鋰離子電池中誘發電漿諧振。

【0213】 (60)如配置(45)-(59)之設備，其中該至少一裝置係包括至少一電流源，並且該至少一電流源係被配置以在誘發強的諧振結構響應的頻率下驅動一交流電流通過該鋰離子電池，以擾亂該SSEI層。

【0214】 (61)如配置(45)-(60)之設備，其中該至少一電流源係連接至該鋰離子電池的一陽極以及一陰極。

【0215】 (62)如配置(45)-(61)之設備，其中該至少一裝置係包括被配置以產生類似於一短路的激勵的狀況的電路，以在該鋰離子電池之內產生強的電子力來擾亂該SSEI層。

【0216】 (63)如配置(45)-(62)之設備，其中該電路係被配置以藉由橫跨該鋰離子電池的一陽極以及一陰極來設置一低阻抗，並且迫使一大電流通過該鋰離子電池，來在該鋰離子電池之內產生類似於一短路的激勵的狀況。

【0217】 (64)如配置(45)-(63)之設備，其中該至少一裝置係包括一外部的搖臂，其係被配置以驅動該鋰離子電池的電解質成為諧波水平的運動以擾亂該SSEI層。

【0218】 (65)如配置(45)-(64)之設備，其中該外部的搖臂係被配置以藉由繞著一垂直於該鋰離子電池的該平面的軸來搖動該外部的搖臂，以驅動該鋰離子電池的該電解質成為諧波水平的運動。

【0219】 (66)如配置(45)-(65)之設備，其中該外部的搖臂係被配置以驅動該鋰離子電池的該電解質成為諧波水平的運動，以在該鋰離子電池的一陽極與陰極的表面上產生剪應力以擾亂該SSEI層。

【0220】 (67)如配置(45)-(66)之設備，其中該至少一裝置係包括一旋轉裝置，其係被配置以旋轉該鋰離子電池以擾亂該SSEI層。

【0221】 (68)如配置(45)-(67)之設備，其中該旋轉裝置係被配置以繞著一垂直於該鋰離子電池的該平面的軸來旋轉該鋰離子電池。

【0222】 (69)如配置(45)-(68)之設備，其中該旋轉裝置係被配置以在一連續的旋轉或是一振盪的旋轉下旋轉該鋰離子電池，以在該鋰離子電池的該電解質之內誘發流動，並且在該SSEI層上誘發高的剪力以擾亂該SSEI層。

【0223】 (70)如配置(45)-(69)之設備，其中該至少一裝置係包括至少一高能的超音波換能器，其係被配置以平行於該鋰離子電池的一陽極與陰極的表面來透射一高能的超音波，以在該鋰離子電池的該電解質中產生串流並且產生高的剪力以擾亂該SSEI層。

【0224】 (71)如配置(45)-(70)之設備，其中該至少一裝置係包括一用以控

制該鋰離子電池的一環境的裝置，以擾亂該SSEI層。

【0225】 (72)如配置(45)-(71)之設備，其中用以控制該鋰離子電池的該環境的該裝置係被配置以施加熱至該鋰離子電池、或是從該鋰離子電池移除熱。

【0226】 用於判斷一鋰離子電池的一SoC及SoH之方法可包含各種的過程。範例的方法可包含如同在以下敘述的過程(73)至(94)以及(126)的任意一或多個組合。

【0227】 (73)一種用於判斷一鋰離子電池的一充電狀態(SoC)及/或健康狀態(SoH)之方法，該方法係包括：利用至少一裝置來量測該鋰離子電池的物理及/或化學特徵；以及從該量測到的物理及/或化學特徵來判斷該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH。

【0228】 (74)如配置(73)之方法，其中該至少一裝置係包括至少一超音波換能器。

【0229】 (75)如配置(73)-(74)之方法，其中該至少一超音波換能器係包括：至少一發送的超音波換能器，其係被配置以位在該鋰離子電池的一側上；以及至少一接收的超音波換能器，其係被配置以位在該鋰離子電池的與該至少一發送的超音波換能器相反的一側上。

【0230】 (76)如配置(73)-(75)之方法，其中：該至少一發送的超音波換能器係被配置以透射至少一超音波到該鋰離子電池中；該至少一接收的超音波換能器係被配置以接收及量測該至少一超音波；並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該至少一超音波而被判斷出。

【0231】 (77)如配置(73)-(76)之方法，其中該至少一發送的超音波換能器係被配置以接收及量測該至少一超音波的一從該鋰離子電池的一外部的邊界或是在該鋰離子電池之內的內部的結構反射的部分，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該至少一超音波的該部分來加以判斷出。

【0232】 (78)如配置(73)-(77)之方法，其中該至少一發送的超音波換能器以及該至少一接收的超音波換能器係被配置以接收及量測該至少一超音波在該鋰離子電池之內被反射複數次的部分，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該至少一超音波的該些部分來加以判斷出。

【0233】 (79)如配置(73)-(78)之方法，其中該至少一裝置係包括至少一應變計及/或至少一加速度計，其係被配置以量測該鋰離子電池響應於一外部的振動刺激或是一經校準的力的振動及/或加速，並且該鋰離子電池的該SoC及/或SoH係從該量測到的振動及/或加速來加以判斷出。

【0234】 (80)如配置(73)-(79)之方法，其中該至少一裝置係包括至少一光電的感測器，其係被配置以量測對於在該鋰離子電池上的一外部的振動刺激或是一經校準的力輸入的一振動響應。

【0235】 (81)如配置(73)-(80)之方法，其中在該鋰離子電池上的該經校準的力輸入或是該外部的刺激是來自一電磁的搖動器或是一測振計、一裝有測量儀表的錘、一經校準的彈簧加載的衝擊式探針、由在該鋰離子電池周圍的環境的狀況產生的環境雜訊、及/或一聲波或超音波換能器。

【0236】 (82)如配置(73)-(81)之方法，其進一步包括一搖動器，其係被配置以搖動該鋰離子電池，並且該至少一應變計、該至少一加速度計、及/或該至少一光電的感測器係被配置以量測該鋰離子電池的響應於搖動該鋰離子電池的該搖動器的運動，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH可以從該量測到的運動來加以判斷出。

【0237】 (83)如配置(73)-(82)之方法，其中該至少一裝置係包括一第一聲波換能器以及一第二聲波換能器，其中：該第一聲波換能器係被配置以透射至少一聲波至該鋰離子電池，並且接收及量測該至少一聲波從該鋰離子電池反射的一第一部分；並且該第二聲波換能器係被配置以接收及量測該至少一聲波透

射穿過該鋰離子電池的一第二部分。

【0238】 (84)如配置(73)-(83)之方法，其進一步包括至少一加速度計，其係被配置以量測該鋰離子電池的來自該至少一聲波的激勵。

【0239】 (85)如配置(73)-(84)之方法，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係至少從該至少一聲波的該第一部分、該至少一聲波的該第二部分、以及該鋰離子電池的該激勵來加以判斷出。

【0240】 (86)如配置(73)-(85)之方法，其中該至少一裝置係包括：一用於施加一靜態或動態力至該鋰離子電池的裝置，其中該裝置係在一垂直於該鋰離子電池的該平面的方向上施加該力至該鋰離子電池，該鋰離子電池係在下方有一間隙之下被安裝在其邊緣之上；以及一用於量測該鋰離子電池響應於該力的該偏轉的裝置，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該偏轉來加以判斷出。

【0241】 (87)如配置(73)-(86)之方法，其中該至少一裝置係包括：一用於施加至少一力至該鋰離子電池的裝置，其中該裝置係：在一垂直於該鋰離子電池的該平面的第一方向上施加一第一力至該鋰離子電池；以及在一第二方向上施加一第二力至該鋰離子電池，其中該第二方向係與該第一方向相反的、或者是由於一剛性襯背的一反作用力；以及一用於量測在該鋰離子電池的厚度上響應於該力的一變化的裝置，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從在該厚度上的該變化來加以判斷出。

【0242】 (88)如配置(73)-(87)之方法，其中該至少一裝置係包括一硬度計，其係被配置以：在該鋰離子電池的一表面中產生一凹陷；以及量測該凹陷在該鋰離子電池的該表面中的一深度，其中該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該凹陷的該深度來加以判斷出。

【0243】 (89)如配置(73)-(88)之方法，其中該至少一裝置係包括一被配置

以量測該鋰離子電池的一重量的秤，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從該鋰離子電池的該量測到的重量來加以判斷出。

【0244】 (90)如配置(73)-(89)之方法，其中該秤係被配置以將該鋰離子電池浸沒在一流體中，並且該秤係被配置以在該鋰離子電池被浸沒在該流體中時量測該鋰離子電池的重量。

【0245】 (91)如配置(73)-(90)之方法，其進一步包括一用於量測該鋰離子電池在被浸沒於該流體中時所排開的一流體的量的裝置，並且該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係從被該鋰離子電池所排開的該量測到的流體的量來加以判斷出。

【0246】 (92)如配置(73)-(91)之方法，其中該至少一裝置係包括至少一X射線裝置。

【0247】 (93)如配置(73)-(92)之方法，其中該至少一X射線裝置係包括：一第一X射線發射器，其係被配置以位在該鋰離子電池的一側上；一第一X射線偵測器，其係被配置以位在該鋰離子電池的一與該第一X射線發射器相反的側上；以及一第二X射線偵測器，其係被配置以位在該鋰離子電池的與該第一X射線發射器相同的側上。

【0248】 (94)如配置(73)-(93)之方法，其中該第一X射線發射器係被配置以透射至少一封包的X射線到該鋰離子電池中；該第一X射線偵測器係被配置以接收及量測該至少一封包的X射線的一透射穿過該鋰離子電池的第一部分；並且該第二X射線偵測器係被配置以接收及量測該至少一封包的X射線的一從該鋰離子電池反向散射的第二部分；該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH係至少從該至少一封包的X射線的該第一部分以及該第二部分來加以判斷出。

【0249】 用於復原一鋰離子電池之方法可包含各種的過程。範例的方法可包含如同在以下敘述的過程(95)至(122)以及(127)的任意一或多個組合。

【0250】 (95)一種用於復原一鋰離子電池之方法，該方法係包括：利用至少一裝置來擾亂該鋰離子電池的一次要的固體電解質相介面(SSEI)層。

【0251】 (96)如配置(95)之方法，其中該至少一裝置係包括複數個超音波換能器。

【0252】 (97)如配置(95)-(96)之方法，其中該複數個超音波換能器係被配置以透射高能的超音波到該鋰離子電池中，以擾亂該SSEI層。

【0253】 (98)如配置(95)-(97)之方法，其中該些高能的超音波的一頻率係等於該SSEI層的該些分子鍵的一共振頻率。

【0254】 (99)如配置(95)-(98)之方法，其中該些高能的超音波係被設計以在該SSEI層中造成空穴化。

【0255】 (100)如配置(95)-(99)之方法，其中該些高能的超音波係被設計以在該鋰離子電池的一陽極及/或一陰極激勵結構的諧振。

【0256】 (101)如配置(95)-(100)之方法，其中該些高能的超音波係包括連續的波、猝發音、脈衝、及/或啁啾。

【0257】 (102)如配置(95)-(101)之方法，其中該複數個超音波換能器係利用相位陣列的超音波。

【0258】 (103)如配置(95)-(102)之方法，其中該複數個超音波換能器係被配置以透射超音波到該鋰離子電池中，使得該些超音波建設性地干擾在一所要的位置處。

【0259】 (104)如配置(95)-(103)之方法，其中該些超音波係建設性地干擾在該SSEI層，以擾亂該SSEI層。

【0260】 (105)如配置(95)-(104)之方法，其中該些超音波係藉由在該複數個超音波換能器的超音波換能器之間設定一預設的相移來建設性地干擾在該所要的位置處。

【0261】 (106)如配置(95)-(105)之方法，其中該至少一裝置係包括至少一X射線發射器。

【0262】 (107)如配置(95)-(106)之方法，其中該至少一X射線發射器係被配置以透射X射線到該鋰離子電池中，以擾亂該SSEI層。

【0263】 (108)如配置(95)-(107)之方法，其中該透射的X射線的一能量係藉由該SSEI層的吸收性質來加以決定。

【0264】 (109)如配置(95)-(108)之方法，其中該至少一X射線發射器係被配置以在一平行於該鋰離子電池的該平面的方向上透射X射線到該鋰離子電池中，以在該電池中誘發電漿諧振。

【0265】 (110)如配置(95)-(109)之方法，其中該至少一裝置係包括至少一電流源，並且該至少一電流源係被配置以在結構的諧振的一頻率下驅動一交流電流通過該鋰離子電池，以擾亂該SSEI層。

【0266】 (111)如配置(95)-(110)之方法，其中該至少一電流源係連接至該鋰離子電池的一陽極以及一陰極。

【0267】 (112)如配置(95)-(111)之方法，其中該至少一裝置係包括被配置以產生類似於一短路的激勵的狀況的電路，以在該鋰離子電池之內產生強的電子力來擾亂該SSEI層。

【0268】 (113)如配置(95)-(112)之方法，其中該電路係被配置以藉由橫跨該鋰離子電池的一陽極以及一陰極來設置一低阻抗，來產生類似於一短路的激勵的狀況以在該鋰離子電池之內產生強的電子力，並且迫使一大電流通過該鋰離子電池。

【0269】 (114)如配置(95)-(113)之方法，其中該至少一裝置係包括一外部的搖臂，其係被配置以驅動該鋰離子電池的電解質成為諧波水平的運動以擾亂該SSEI層。

【0270】 (115)如配置(95)-(114)之方法，其中該外部的搖臂係被配置以藉由繞著一垂直於該鋰離子電池的該平面的軸來搖動該外部的搖臂，以驅動該鋰離子電池的電解質成為諧波水平的運動。

【0271】 (116)如配置(95)-(115)之方法，其中該外部的搖臂係被配置以驅動該鋰離子電池的電解質成為諧波水平的運動，以在該鋰離子電池的一陽極與陰極的表面上產生剪應力以擾亂該SSEI層。

【0272】 (117)如配置(95)-(116)之方法，其中該至少一裝置係包括一旋轉裝置，其係被配置以旋轉該鋰離子電池以擾亂該SSEI層。

【0273】 (118)如配置(95)-(117)之方法，其中該旋轉裝置係被配置以繞著一垂直於該鋰離子電池的該平面的軸來旋轉該鋰離子電池。

【0274】 (119)如配置(95)-(118)之方法，其中該旋轉裝置係被配置以在一連續的旋轉或是一振盪的旋轉下旋轉該鋰離子電池以在該鋰離子電池的電解質之內誘發流動，並且在該SSEI層上誘發高的剪力以擾亂該SSEI層。

【0275】 (120)如配置(95)-(119)之方法，其中該至少一裝置係包括至少一高能的超音波換能器，其係被配置以平行於該鋰離子電池的一陽極與陰極的表面來透射一高能的超音波以在該鋰離子電池的電解質中產生串流，並且產生高的剪力以擾亂該SSEI層。

【0276】 (121)如配置(95)-(120)之方法，其中該至少一裝置係包括一用以控制該鋰離子電池的一環境的裝置以擾亂該SSEI層。

【0277】 (122)如配置(95)-(121)之方法，其中用以控制該鋰離子電池的該環境的該裝置係被配置以施加熱至該鋰離子電池、或是從該鋰離子電池移除熱。

【0278】 (123)如配置(1)-(22)之設備，其中該鋰離子電池的一SSEI層的一厚度係從該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH來加以判斷出。

【0279】 (124)如配置(23)–(44)之系統，其中該鋰離子電池的一SSEI層的一厚度係從該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH來加以判斷出。

【0280】 (125)如配置(73)–(94)之方法，其進一步包括：從該鋰離子電池的該SoC及/或該SoH來判斷該鋰離子電池的一SSEI層的一厚度。

【0281】 (126)如配置(45)–(72)之設備，其進一步包括：一被配置以降低該鋰離子電池的一溫度的裝置，以最小化對於該鋰離子電池可能的附帶損壞，其中被配置以降低該鋰離子電池的溫度的該裝置可被配置以在上述的方法中的一或多種方法的期間降低該鋰離子電池的溫度以擾亂該SSEI層。

【0282】 (127)如配置(95)–(122)之方法，其進一步包括：降低該鋰離子電池的一溫度以最小化對於該鋰離子電池可能的附帶損壞，其中降低該鋰離子電池的溫度的步驟可以發生在上述的方法中的一或多種方法之前、期間、或是之後，以擾亂該SSEI層。

【符號說明】

【0283】

- 100 系統
- 110 電池
- 120 發送的換能器
- 130 接收的換能器
- 140 直接的透射波
- 141 第一反射波
- 142 在透射波上的第一反彈
- 143 在反射波上的第一反彈
- 144 在透射波上的第二反彈

- 200 系統
- 210 電池
- 220 加速度計/應變計/光電的感測器
- 230 底座
- 240 搖動器
- 250 裝有測量儀表的錘
- 300 系統
- 310 電池
- 320 第一換能器
- 330 第二換能器
- 340 入射的聲波
- 341 反射的聲波
- 342 透射的聲波
- 350 第一加速度計/振動感測器
- 360 第二加速度計/振動感測器
- 400 系統
- 410 電池
- 420 測振計/搖動器
- 430 第一加速度計/振動感測器
- 440 第二加速度計/振動感測器
- 450 頂端質量塊
- 500 系統
- 510 電池
- 520a 固定件

520b	固定件
530	外力
600	系統
610	電池
620	施加的力
700	系統
710	電池
720	硬度計設備
720a	彈簧
720b	壓入頭
720c	壓力負載
800	系統
810	電池
820	流體
830	秤
900	系統
910	電池
920	X射線源
930	入射的X射線
940	反向散射的X射線
950	第一偵測器
960	透射的X射線
970	第二偵測器
1000	系統

- 1010 電池
 - 1010a 陰極
 - 1010b 陽極
 - 1010c 電解質
 - 1010d SSEI層
- 1020 超音波換能器
- 1100 系統
 - 1110 電池
 - 1110a 陰極
 - 1110b 陽極
 - 1110c 電解質
 - 1110d SSEI層
 - 1120 超音波換能器
- 1200 系統
 - 1210 電池
 - 1210a 陽極
 - 1210b 陰極
 - 1220 振動
- 1300 系統
 - 1310 電池
 - 1310a 陰極
 - 1310b 陽極
 - 1310c 電解質
 - 1310d SSEI層

- 1320 超音波換能器
- 1400 系統
- 1410 電池
- 1420 陽極與陰極
- 1430 X射線管源
- 1440 X射線
- 1450 透射的X射線
- 1460 偵測器
- 1470 SPR駐波
- 1500 系統
- 1510a 陽極
- 1510b 陰極
- 1520 交流電流源
- 1600 系統
- 1610 電池
- 1610a 陽極
- 1610b 陰極
- 1620 電路
- 1700 系統
- 1710 電池
- 1710a 陽極
- 1710b 陰極
- 1710c SSEI層
- 1720 外部的搖臂

- 1730 樞轉點
- 1800 系統
- 1810 電池
- 1810a 陽極
- 1810b 陰極
- 1810c SSEI層
- 1820 軸
- 1900 系統
- 1910 電池
- 1910a 陽極
- 1910b 陰極
- 1910c 電解質
- 1910d SSEI層
- 1920 高強度的超音波換能器
- 2000 製程流程
- 2010 步驟
- 2020 步驟
- 2030 步驟
- 2040 步驟
- 2050 步驟
- 2060 步驟
- 2070 步驟
- 2080 步驟
- 2100 系統

- 2110 鋰離子電池
- 2120 超音波系統
- 2130 超音波換能器
- 2140 超音波
- 2150 計算裝置
- 2160 資料庫
- 2200 計算裝置
- 2202 處理器
- 2204 網路轉接器
- 2206 電腦可讀取的儲存媒體
- 2208 調整協助設施模組
- 2210 目前的調整模組
- 2212 正確的調整模組
- 2214 感測器的位置模組
- 2216 調整工具的影響模組

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種用於回復鋰離子電池的容量的設備，該設備包括：

一個或多個換能器，其經配置以在沒有鋰離子移動進出所述鋰離子電池的陰極的情況下傳輸聲波或超音波能量到所述鋰離子電池中，如此以擾亂所述鋰離子電池的至少一個次要的固體電解質相介面(SSEI)層。

【第2項】如請求項1所述之設備，所述一個或多個換能器包括至少一個超音波換能器，所述至少一個超音波換能器將超音波傳輸到所述鋰離子電池。

【第3項】如請求項2所述之設備，其中所述超音波中的至少一個頻率等於所述至少一個SSEI層的分子鍵的共振頻率。

【第4項】如請求項2至3項中任一項所述之設備，其中所述超音波被設計以在所述鋰離子電池的電解質中造成空穴化。

【第5項】如請求項2至3項中任一項所述之設備，其中所述超音波被設計以在該鋰離子電池的至少一個電極中激勵一個或多個結構諧振。

【第6項】如請求項2至3項中任一項所述之設備，其中所述至少一個超音波換能器被設置以平行於所述鋰離子電池的陽極與該陰極的表面來傳遞超音波以在所述鋰離子電池的電解質中產生流動，並且其中所述流動在足夠的速度下產生表面剪力以擾亂所述至少一個SSEI層。

【第7項】一種用於回復一鋰離子電池的容量的設備，其中所述設備包括至少一個X射線發射器，所述至少一個X射線發射器經配置以傳輸X射線能量到所述鋰離子電池中，如此以擾亂所述鋰離子電池的至少一個次要的固體電解質相介面(SSEI)層。

【第8項】如請求項7所述之設備，其中所述X射線能量等於或大於所述至少一個SSEI層的分子間或分子內的鍵的鍵能量。

【第9項】如請求項7所述之設備，其中所述X射線發射器經設置以沿著一

軸傳輸X射線能量，使得所述X射線能量在所述鋰離子電池的電極之間傳遞。

【第10項】如請求項9所述之設備，其中進一步藉由在所述鋰離子電池的所述電極之間傳遞的表面電漿共振(SPR)波而將所述X射線能量導引到所述電極之間。

【第11項】如請求項7至10項中任一項所述之設備，其中所述X射線能量包括根據所述至少一個SSEI層的至少一個分子間或分子內的鍵的鍵能量的至少一個波長。

【第12項】一種用於回復鋰離子電池的容量的方法，該方法包括：

(a)在沒有鋰離子移動進出所述鋰離子電池的陰極的情況下傳輸聲波或超音波能量到所述鋰離子電池中，如此以擾亂所述鋰離子電池的至少一個次要的固體電解質相介面(SSEI)層。

【第13項】如請求項12所述之方法，其中步驟(a)中的傳輸動作包括將超音波從至少一個超音波換能器傳送到所述鋰離子電池。

【第14項】如請求項13所述之方法，其中所述超音波中的至少一個頻率對應於所述至少一個SSEI層的至少一個分子鍵的共振頻率。

【第15項】如請求項13至14項中任一項所述之方法，其中所述超音波中的至少一個頻率被設計以使得所述激勵造成在所述鋰離子電池的電解質中的空穴化。

【第16項】如請求項13至14項中任一項所述之方法，其中所述超音波中的至少一個頻率對應於所述鋰離子電池的至少一個電極的一個或多個結構諧振。

【第17項】如請求項12至14項中任一項所述之方法，其中步驟(a)中的傳輸動作包括從至少一個音波換能器傳送至少一個聲波激勵訊號到所述鋰離子電池。【第18項】如請求項12至14項中任一項所述之方法，其中步驟(a)中的傳輸動作包括以平行於所述鋰離子電池的陽極與該陰極的表面來傳遞超音波以在所

述鋰離子電池的電解質中產生流動，所述流動的速度足以產生表面剪力。

【第19項】一種用於回復鋰離子電池的容量的方法，該方法包括：

(a)以X射線照射所述鋰離子電池，以擾亂所述鋰離子電池的所述至少一個SSEI層。

【第20項】如請求項19所述之方法，其中所述X射線的能量是等於或大於所述至少一個SSEI層的分子間或分子內的鍵的鍵能量。

【第21項】如請求項19所述之方法，其中步驟(a)中的照射動作包括沿著一軸傳送X射線能量，使得所述X射線能量在所述鋰離子電池的電極之間傳遞。

【第22項】如請求項21所述之方法，其中進一步藉由在所述鋰離子電池的所述電極之間傳遞的表面電漿共振(SPR)波而將所述X射線能量導引到所述電極之間。

【第23項】如請求項19至22項中任一項所述之方法，其中所述X射線包括根據所述至少一個SSEI層的至少一個分子間或分子內的鍵的鍵能量的至少一個波長。

【發明圖式】

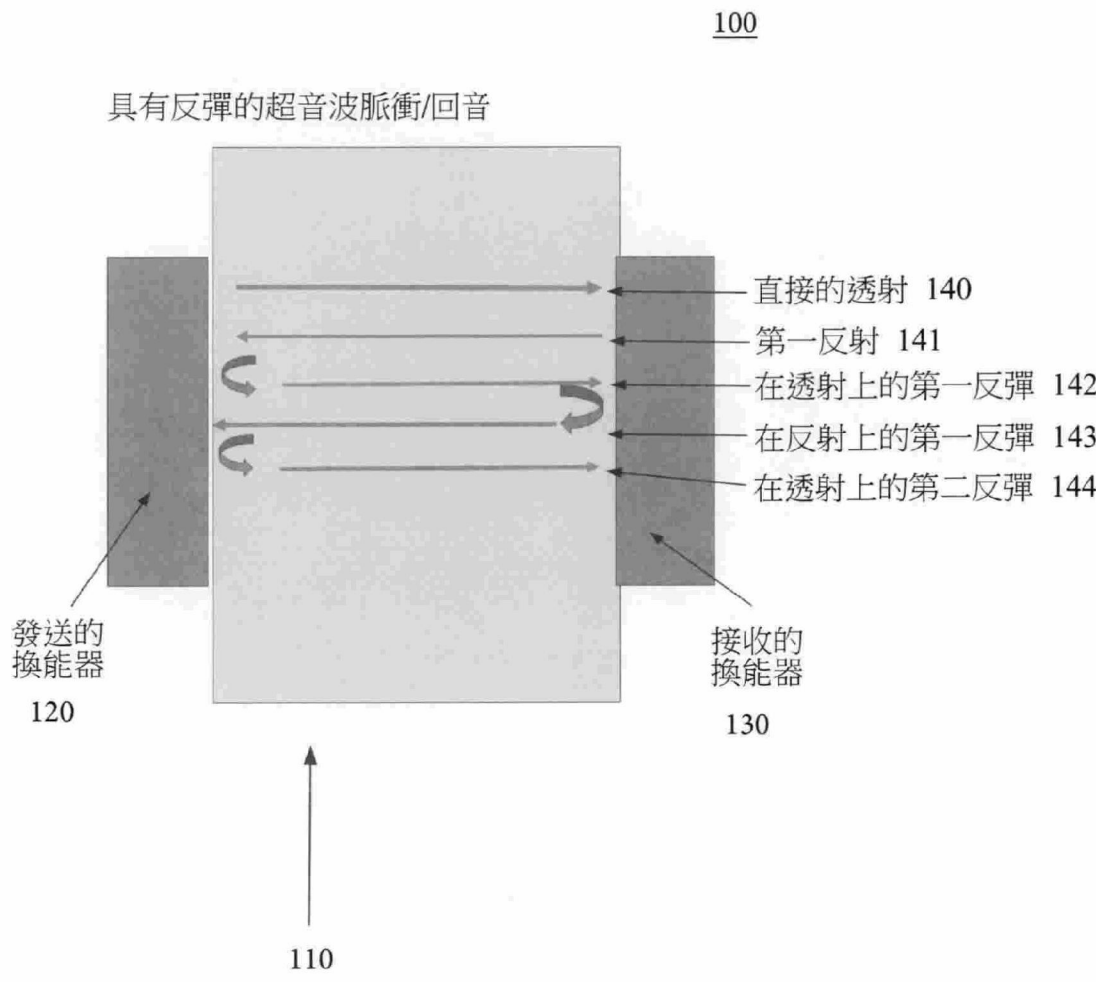


圖1

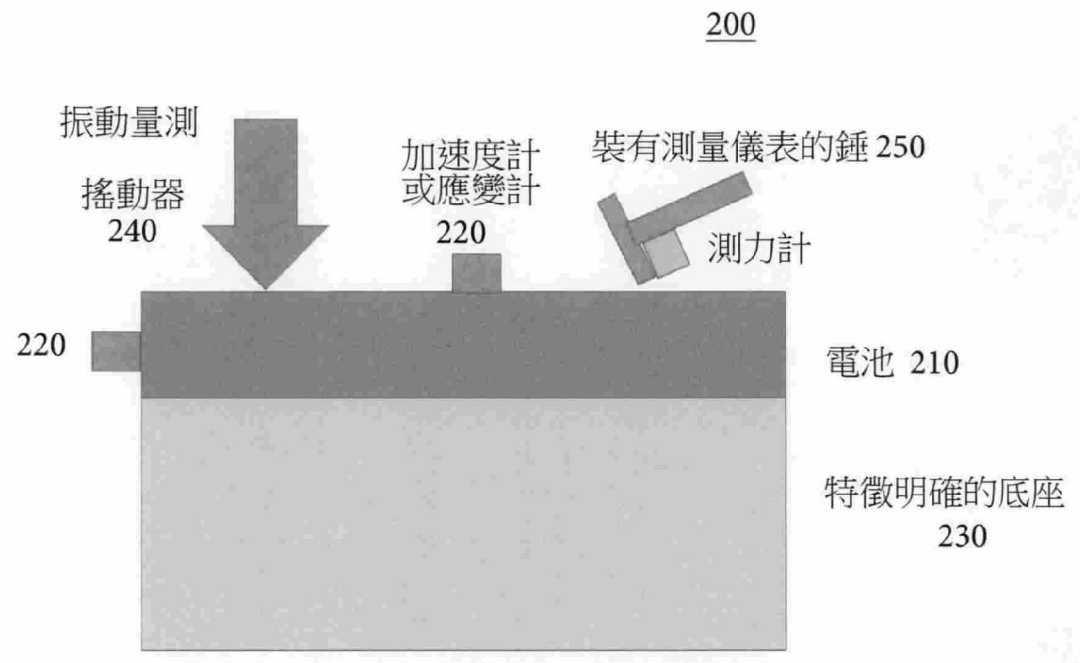


圖2

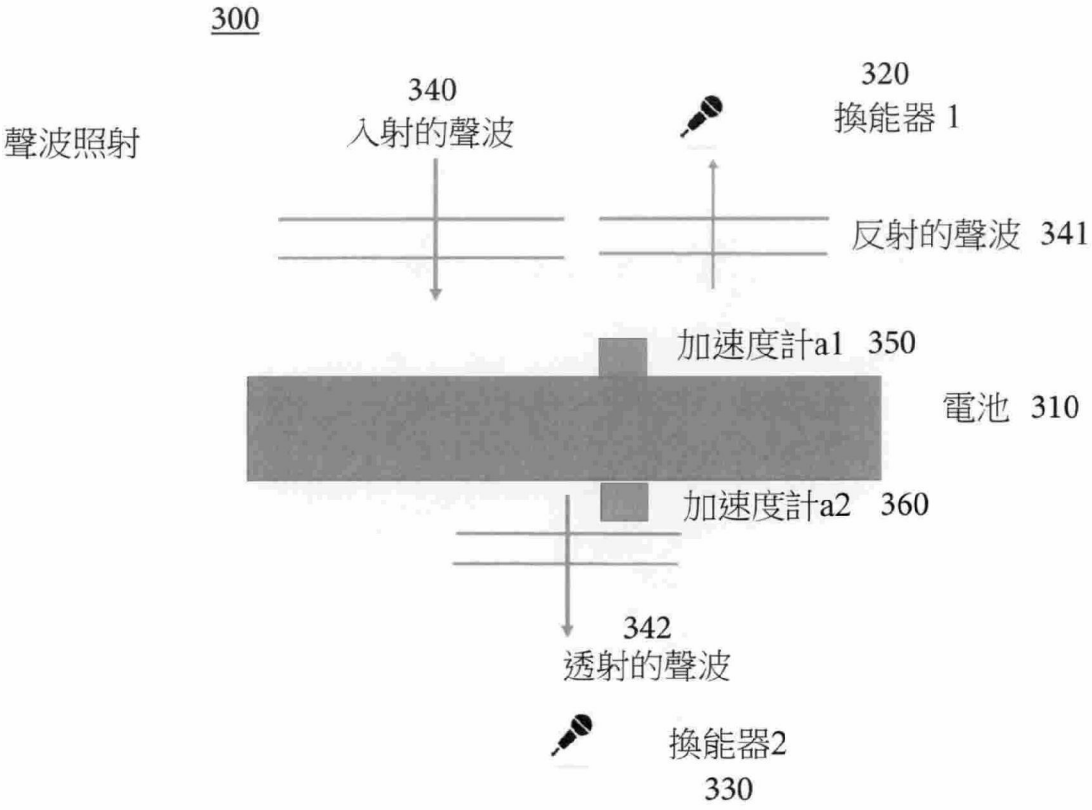


圖3

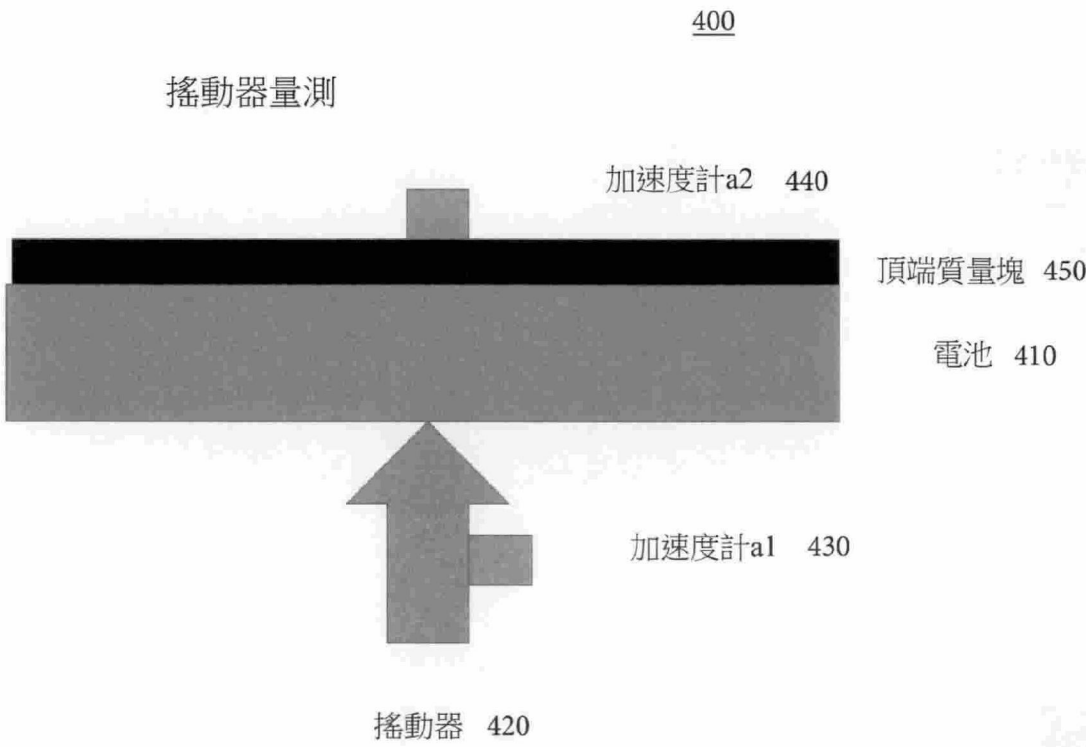


圖4

500

彎曲模數的測試

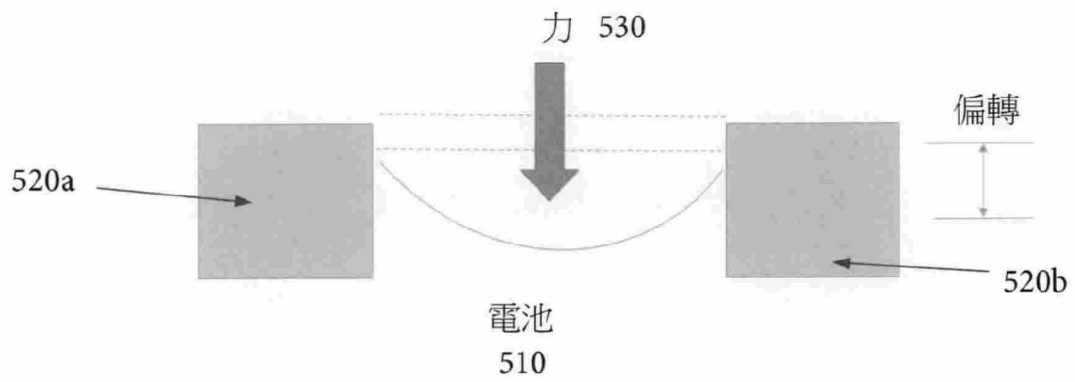


圖5

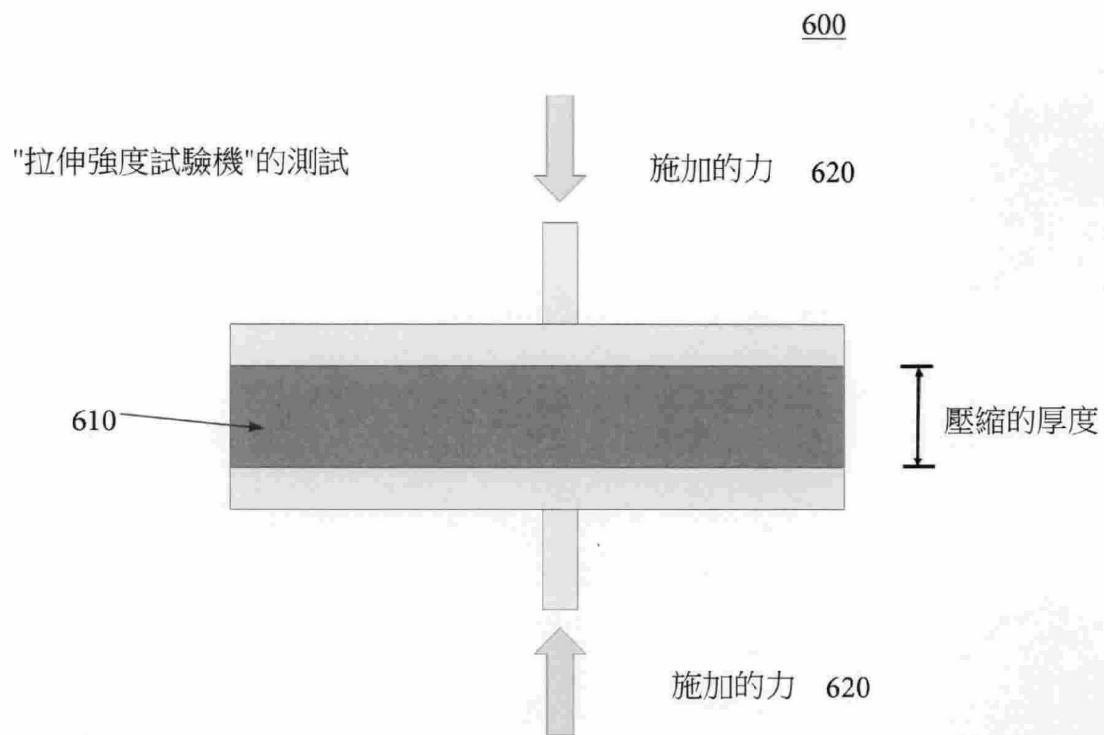


圖6

硬度計的測試

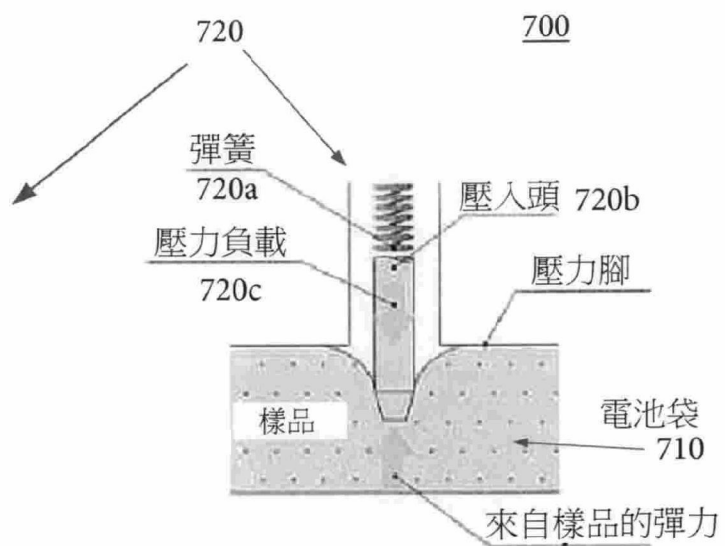


圖7

有效的體積(密度)量測

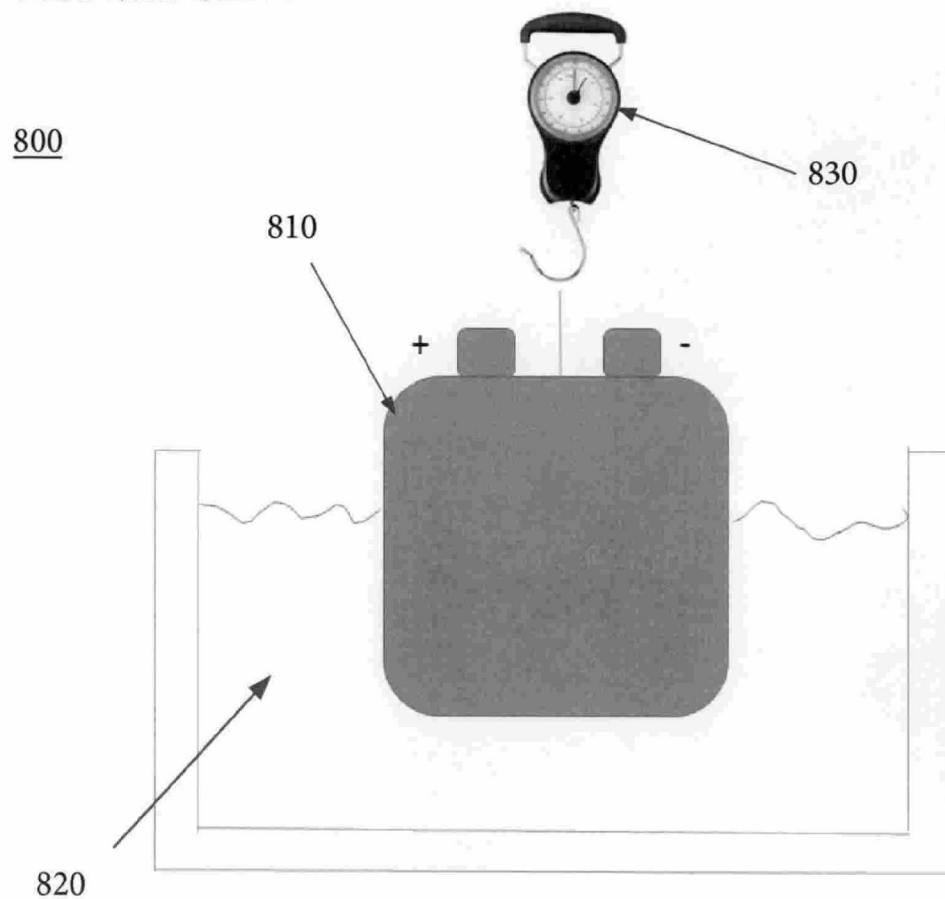


圖8

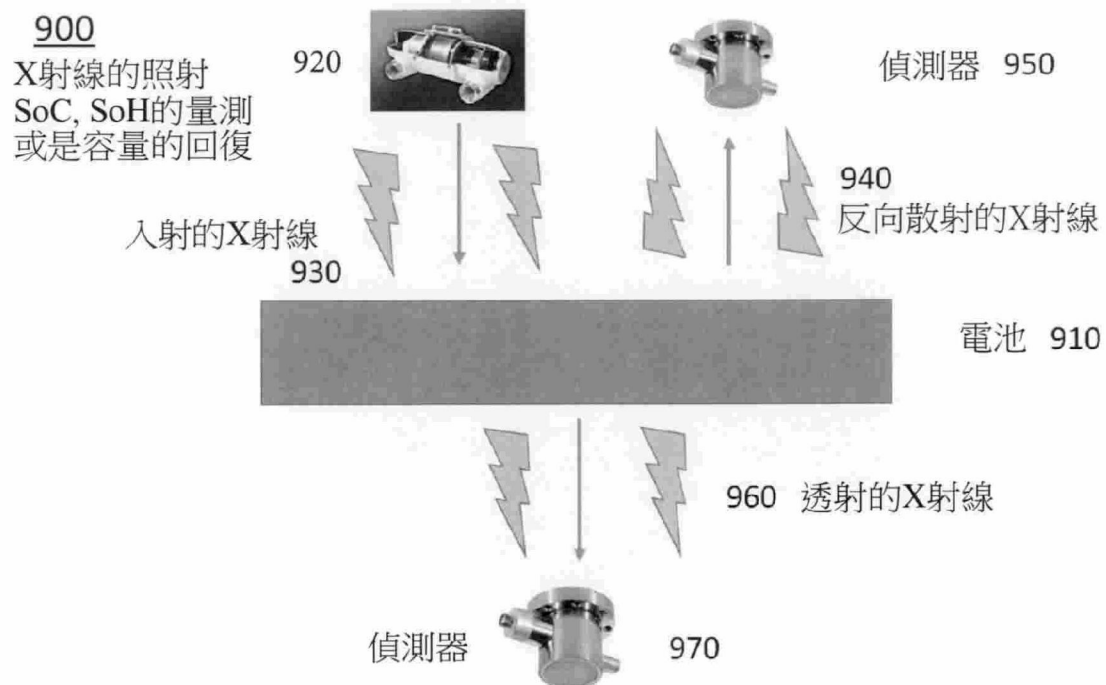


圖9

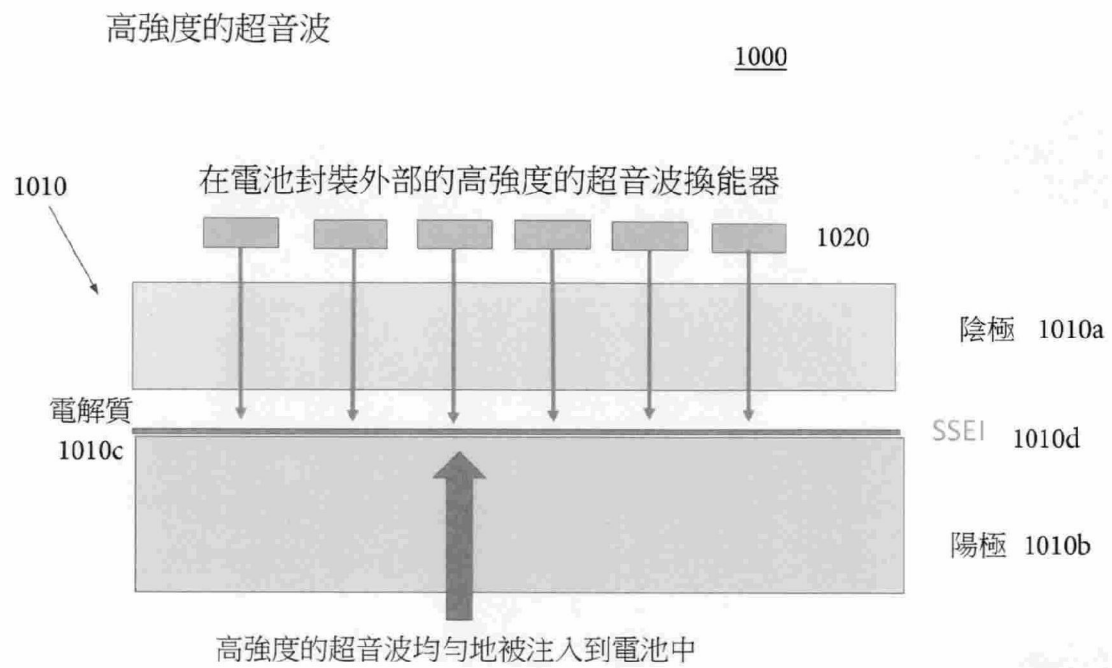


圖10

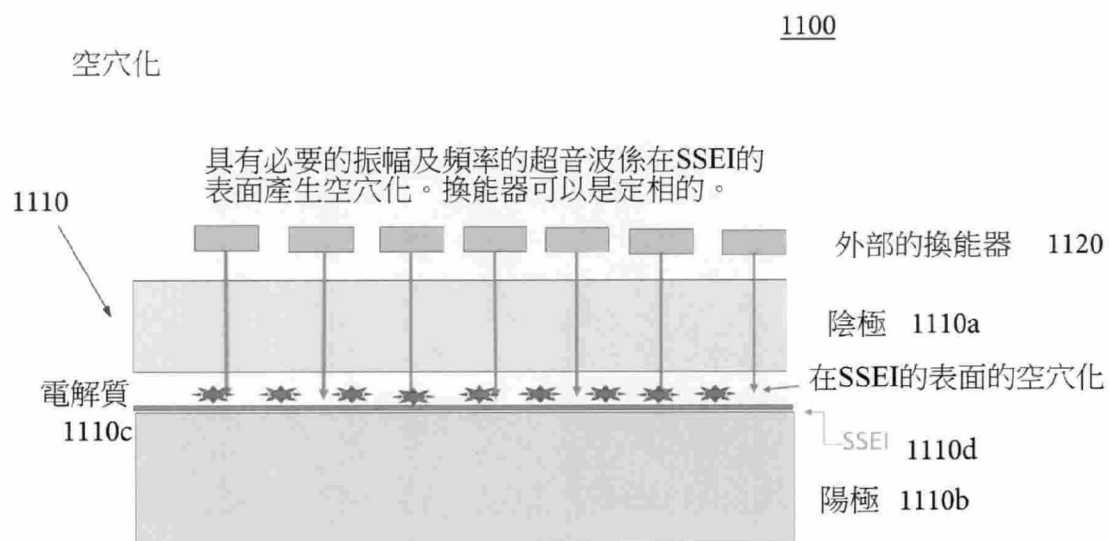


圖11

在一共振頻率的機械能被注入到陽極中

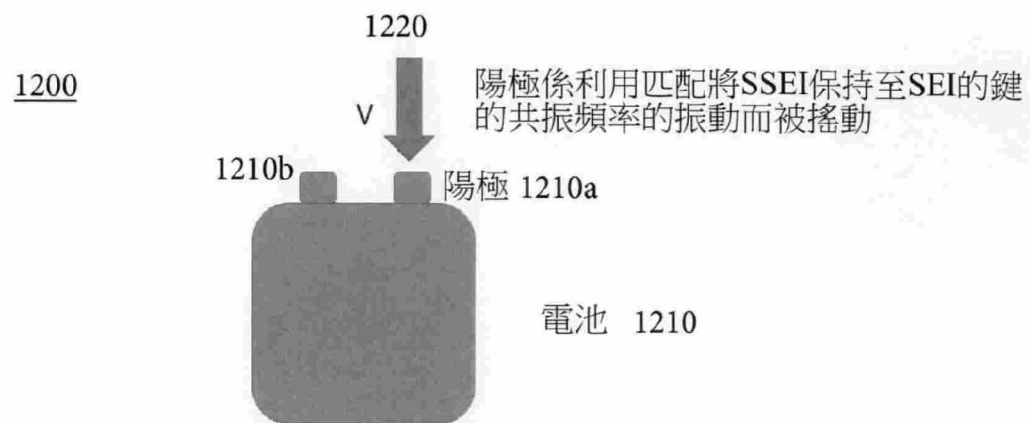


圖12

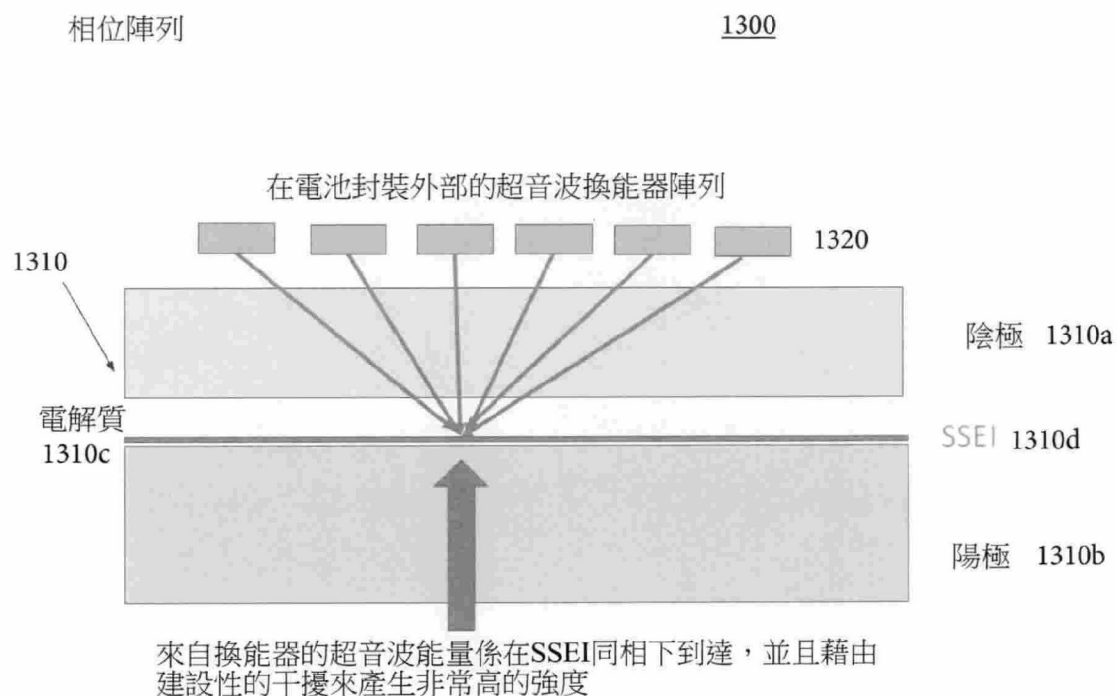


圖13

1400

採用SPR的軸向X射線的照射

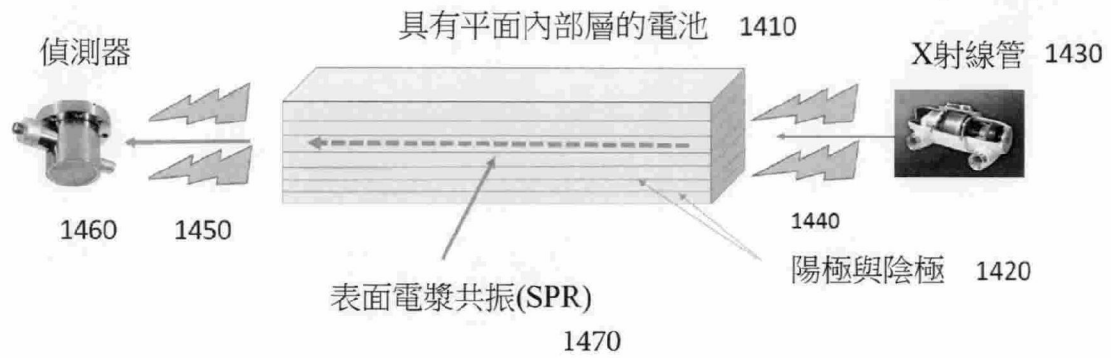


圖14

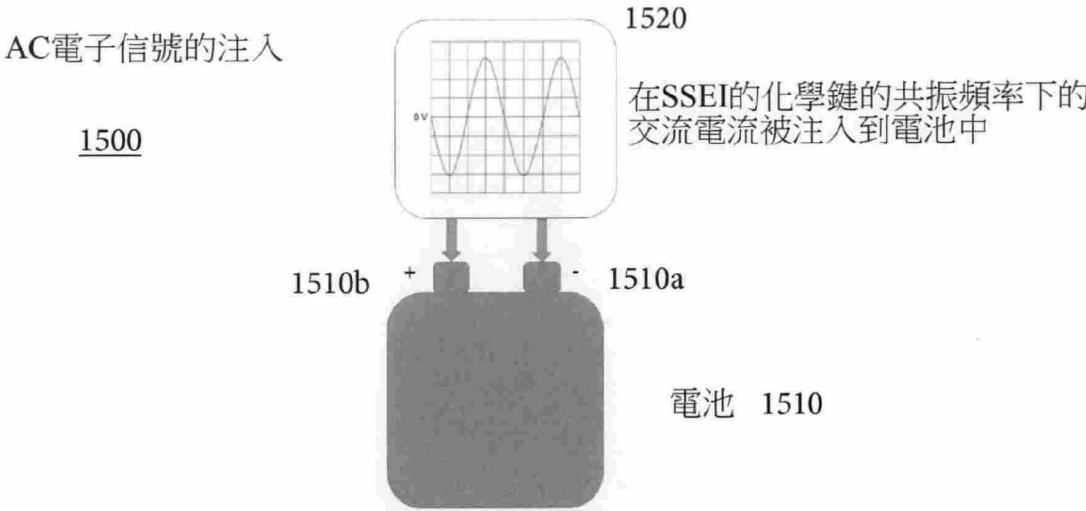


圖15

受控制的短路

1600

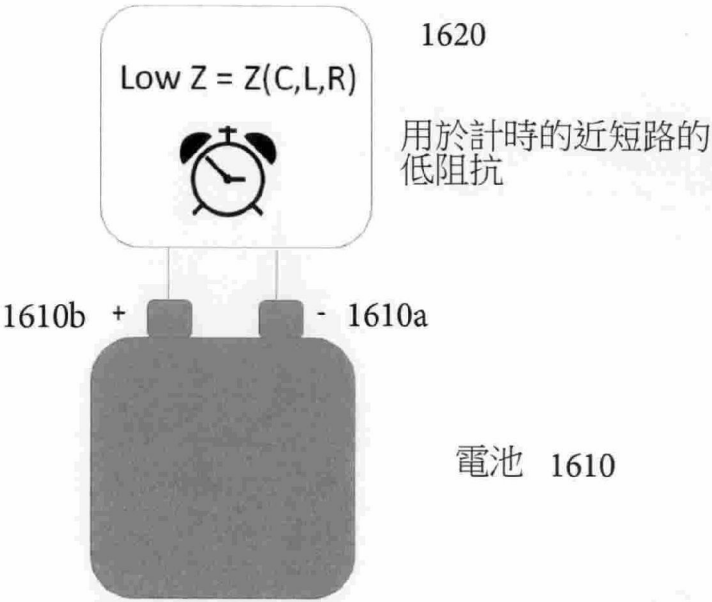


圖16

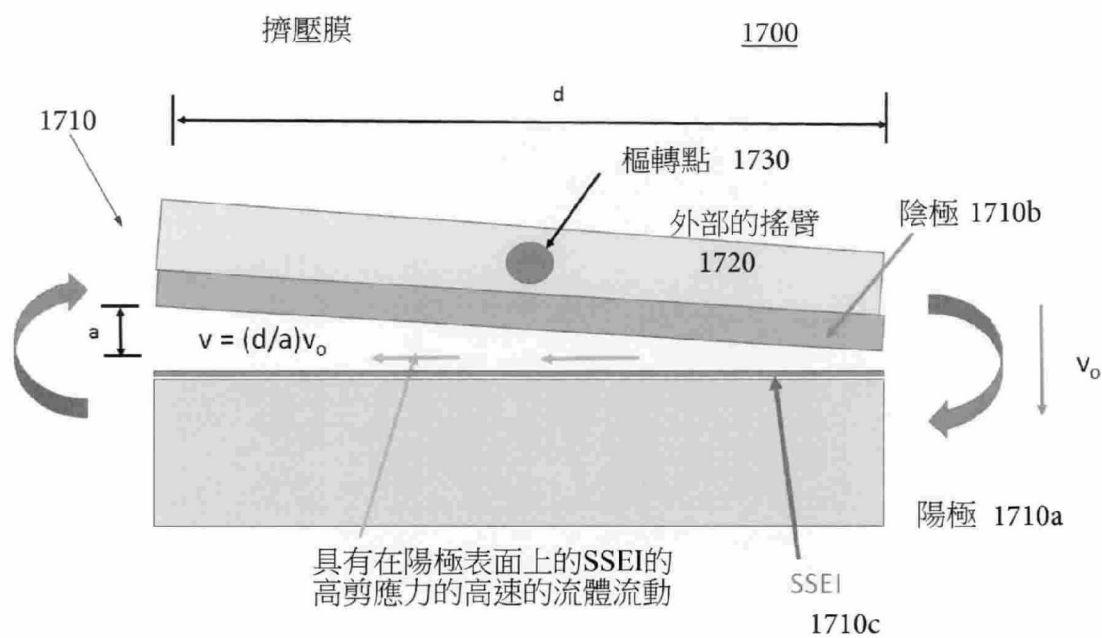


圖17

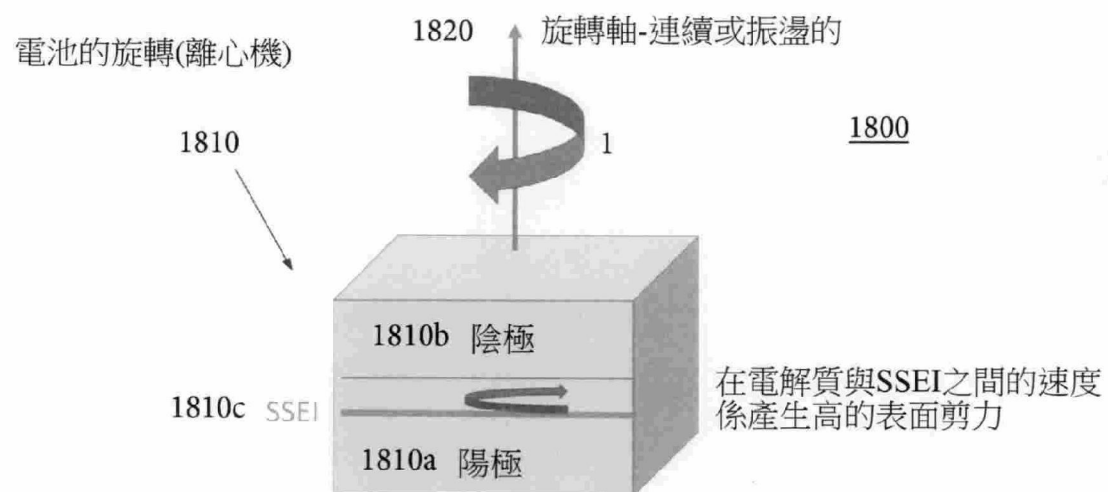


圖18

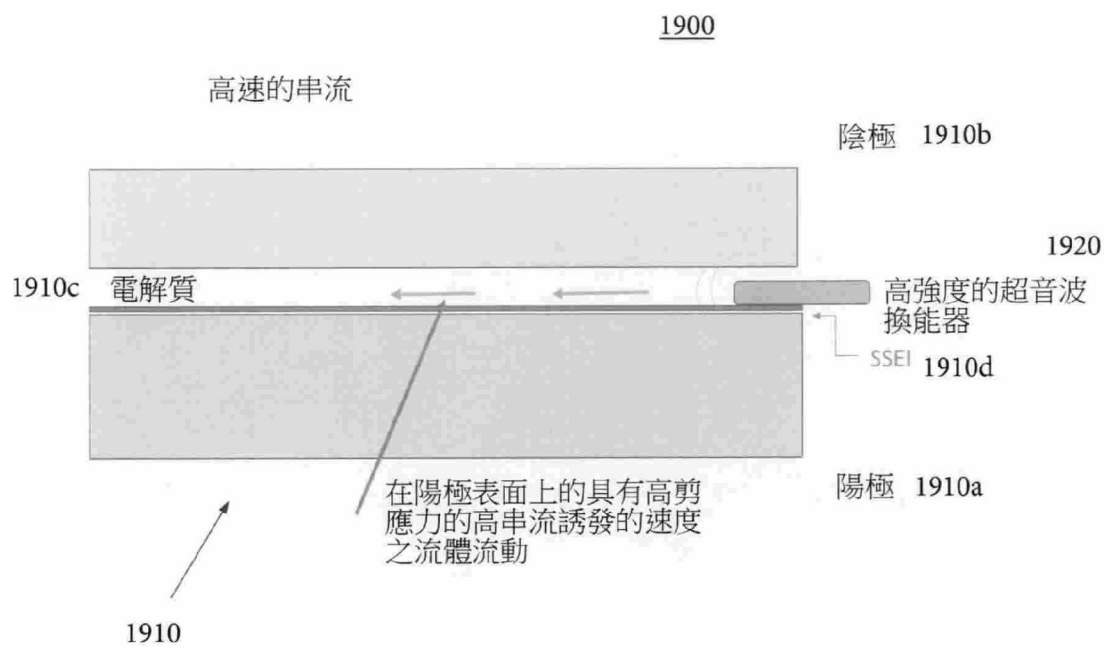


圖19

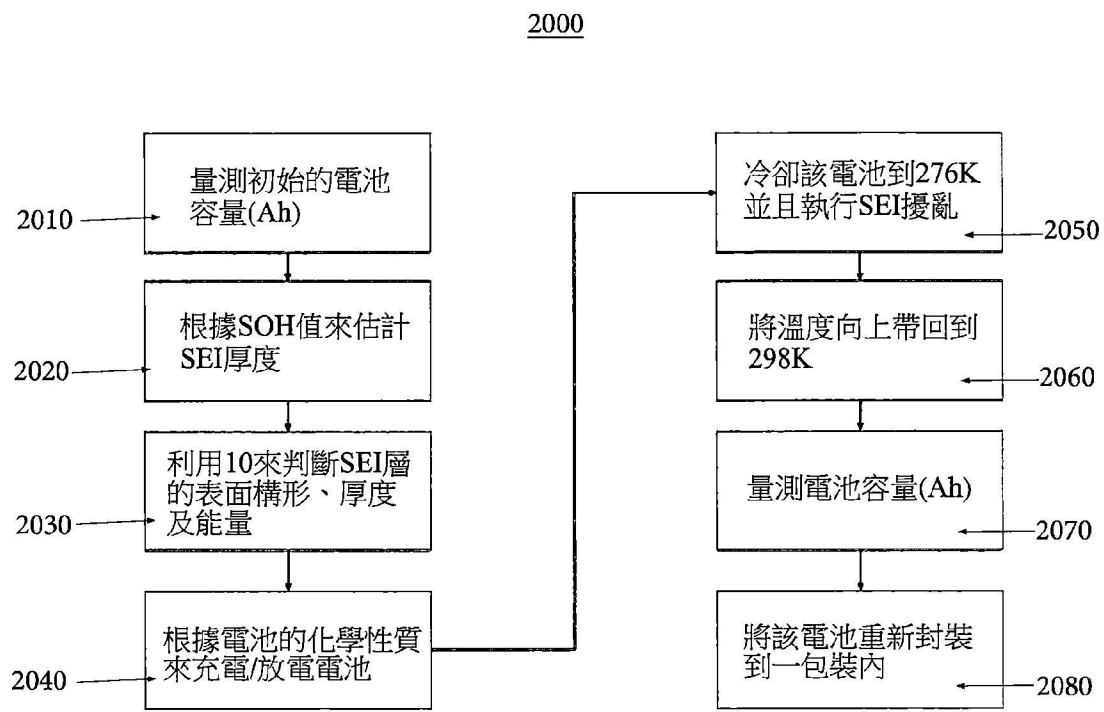


圖20

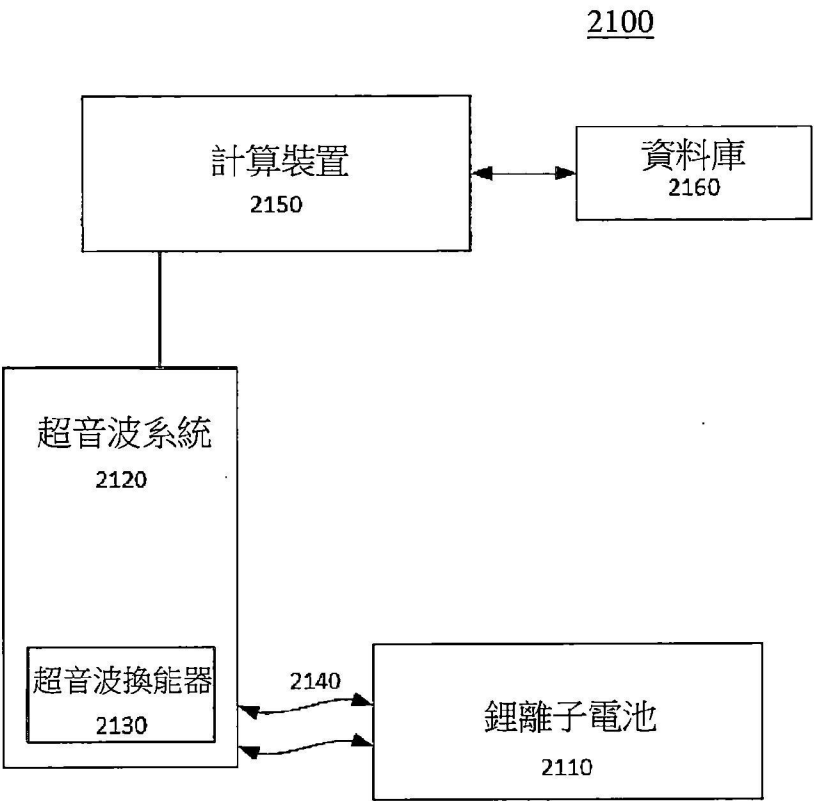


圖21

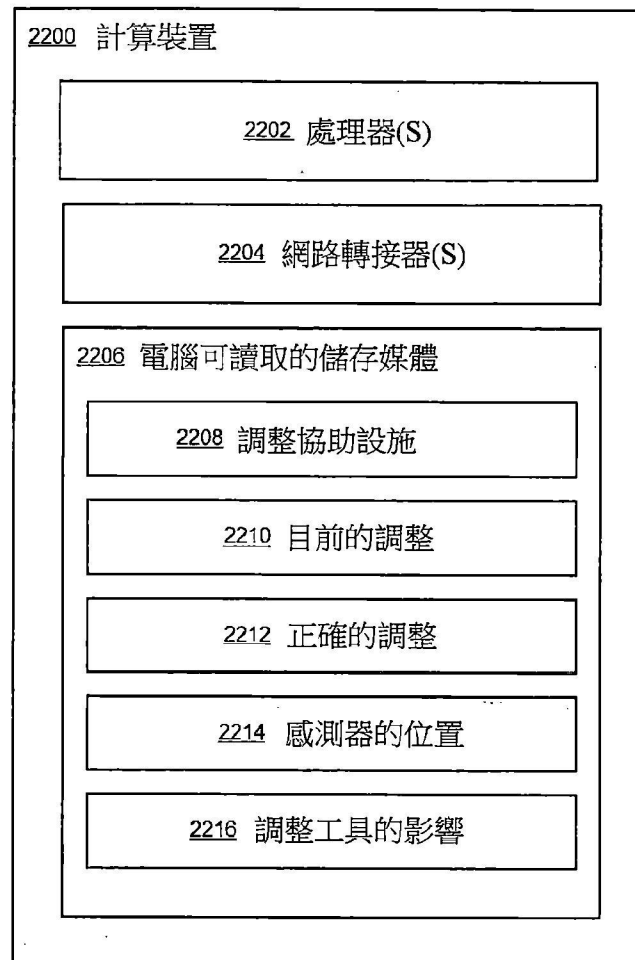


圖22