

## 知識物件上傳表

計畫名稱：112年度「淨零排放-MW 等級儲能電池健康檢測及評估技術優化」(1/2)

上傳主題：電池微形變感測器之開發

提報機構：工業技術研究院感測系統中心、綠能所

提報時間：2023 年 11 月 29 日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2. 否
國別	<input checked="" type="checkbox"/> 1.國內 <input type="checkbox"/> 2. 國外：美國
能源業務	<input type="checkbox"/> 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) <input type="checkbox"/> 2.石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能) <input checked="" type="checkbox"/> 4.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) <input type="checkbox"/> 6.其他
能源領域	<input type="checkbox"/> 1.能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.能源安全 <input type="checkbox"/> 3.能源供需 <input type="checkbox"/> 4.能源環境 <input type="checkbox"/> 5.能源價格 <input type="checkbox"/> 6.能源經濟 <input checked="" type="checkbox"/> 7.能源科技 <input type="checkbox"/> 8.能源產業 <input type="checkbox"/> 9.能源措施 <input type="checkbox"/> 10.能源推廣 <input type="checkbox"/> 11.能源統計 <input type="checkbox"/> 12.國際合作
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1.建言(策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他：
重點摘述	<p>目前全球能源需求持續擴大，且政府於 2025 年再生能源政策與 2050 淨零碳排上將逐漸擴大風力、太陽能、潮汐發電等再生能源比重，為使再生能源並網後可穩定供電，須於發電端進行儲能設備布建，然而儲能設備中，最重要的核心元件為電池，因此若要能掌握整個儲能設備，必先掌握電池之健康狀況。本研究為此提出關於電池微形變量測裝置研究。透過結果顯示，本研究之電池微形變感測器，形變力範圍：0~5kN，最大非線性度為&lt;1%，溫度補償:&lt;5%@0~100°C。</p>
詳細說明	<p><b>一、前言</b></p> <p>現今全球對能源的需求不斷增加，而再生能源在國際能源產業中的比例將逐年提高。由於戰爭和能源短缺等因素的影響，許多國家正持續提高再生能源發電的比例。根據國際能源署的研究顯示，在2022年至2027年間，再生能源將增加2400GW。此外，全球倡議綠色新能源和碳中和的聲音也在不斷增加。然而這些再生能源因其屬於間歇性、隨機性與波動性，因此需要透過儲能系統穩定再生能源的間歇性和靈活調配能源的優勢，以進行削峰填谷，確保並網之穩定性。故再生能源並網變成為一大需求，使各國對於儲能系統需求增加，而在儲能系統上，電池扮演核心的角色，若能掌握電池的狀態，將可協助推動再生能源極大化。</p> <p><b>二、儲能系統發展趨勢與感測器需求</b></p> <p>儲能系統用於大功率併網、輔助服務與能源轉移需求隨之增加。透過儲能系統發電、輸配電和穩定電網，與再生能源結合後，可以支持多種用途，如公共事業、工業、商業等領域的能源技術和服務。此外，儲能系統未來也將朝向多元化儲能系統應用，包含在電動汽車充電基礎設施，可提升充電性能；在電網和發電廠，動態適應間歇電源和負載，提高電網韌性；在工業儲能上，可進行調降、備用調配來降低電費；在家用儲能上，可結合太陽能、充電樁與備用電源，避免尖</p>

峰時刻用電。儲能系統依據功能可分為電網側、電源側與用電側，電網側是將儲能系統與設備直接並設，用於使系統穩定，如風力發電等再生能源發電場域併之儲能系統。電源側為與商用設施、產業設施併設之儲能系統，可進行穩壓、備援與調峰等工作。用電側為搭配住宅之儲能系統，可進行分散式電網、備援與需量反應等工作。縱使近年受到 Covid-19 影響，各國供應鏈限制減緩近兩三年儲能系統建置，但仍只是將需求推移，並不會消失。中國大陸、美國與歐盟等國家已推行相關政策與法案協助儲能市場之擴張，例如：歐盟 REPowerEU 計劃、中國大陸「十四五」規劃和美國通脹降低法案等將加快儲能系統的建置。如圖1所示，根據 BloombergNEF 的研究[1]顯示，全球建置量在2022年比2021年增長60%以上，年複合成長達20%以上，至2030年全球累計安裝的儲能系統將達到358GW / 1,028GWh，並預計未來仍會持續增長。

在國內能源政策方向上，行政院已於2022年3月公布「2050淨零排放路徑」，提出以去碳化、加速電氣化革新提升電力能源轉型，並提高再生能源占比至60-70%，同時搭配擴充電網設施儲能設備等實施方案，整體儲能技術研發將朝向提升效率、增加安全、降低成本、資源循環為投入重點。另因應政府2025年再生能源政策與2050淨零碳排，風力、太陽能、潮汐發電、波浪發電等再生能源將持續擴大規模，因此需要透過儲能系統與再生能源進行搭配，以穩定功率，國內再生能源及電網為其需要進行推動電網端及發電端儲能設備布建，預計2022年併聯100MW，2025年目標達1,500MW 以上，其成長幅度快速。

據統計資料[2]指出，2001至2021年近十年來，在儲能電池部分，全球共發生多起儲能電站的火災爆炸事故，如美國亞利桑那州之 McMicken 電化學儲能系爆炸、澳洲的 Victoria Big Battery 因冷卻系統內洩漏導致短路，且系統未偵測到故障，導致13Ton 鋰電池起火。從這些事件，可發現主要導致電池失控的肇因是由於大量電池組成時的熱失控、起火、爆炸等安全隱患。因此，近年來因為國際間發生多起儲能系統事故，為維持整體長期穩定運行，對於儲能系統及相關電池等運作的可靠性及效益愈加重視，儲能電池模組的健康乃至於儲能系統的相關檢測與監控等成為必要投入研究之重點。

國內 MW 等級儲能系統以鋰電池為主，尚缺乏健康檢測及評估技術，為有效監控儲能系統運轉即時狀況，需投入儲能電池健康檢測技術，掌握系統維運週期及排程，提升儲能系統可靠度與運轉效益。現有電池健康檢測技術大多建立在監控電池之電壓與電流，而從研究報告[3]指出(如圖2所示)，在電池發生冒煙之前，其殼體會明顯膨脹，且發生速度會比電壓變化快，故若僅偵測電池之電訊號變化，較難及時發現電池異常，故本研究將透過開發量測電池微形變之感測器來作為電池健康檢測技術之判斷依據。

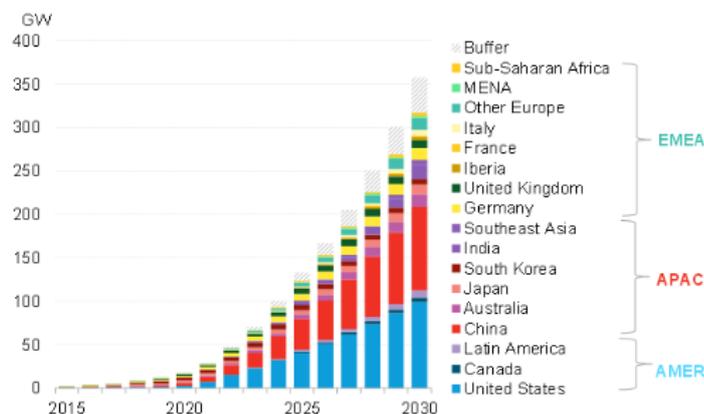


圖1. 全球儲能系統累計安裝量(2015-2030)

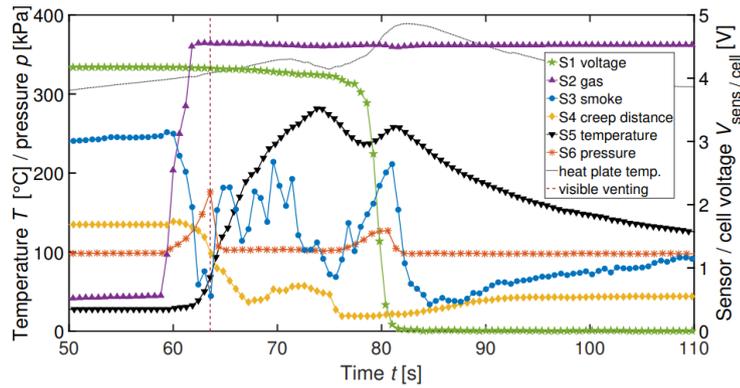


圖2. 電池損壞之各項變異量變化趨勢圖 [3]

### 三、國際發展現況

目前在電池形變即時監測上，主要是以研究階段與專利為主，並無市售相關產品，故本節將就這些專利與研究進行說明。在 Shankar Mohan 等人的研究[4]中，主要研究方向為量測鋰電池在不同充放電和溫度條件下所施加的體積力。因電池之 state of charge (SOC)狀態造成力量變化很小，故需要透過設計特殊的夾治具進行量測，以捕捉潛在的熱膨脹現象，架設方式如圖3所示，將電池以夾治具固定，並在其四角處安裝荷重元，當有熱膨脹現象時，可透過偵測反作用力與電壓資訊來建立模型，用於更準確和可靠的 SOC 估計。在 Jason B. Siegel 等人的研究[5]如圖4所示，也是利用類似手法量測電池形變量。此系統架設主要僅能針對單一電池芯且所需耗費之荷重元數量不少，要走向商業化較不容易。在 Ting Cai 等人的研究[6]中，如圖5所示，則是在電池模組(多個電池串聯)中，在電池組末端設置形變感測器，量測整體電池組形變並配合氣體感測器進行多種物理量量測，以建立電池內部短路事件檢測方法。此種方式主要是得到整體電池變形後綜合效應，無法單獨得知每顆電池狀態。另目前國際有針對電池形變偵測研究的大廠為 Apple Inc.、Tesla, Inc.與小米等。Apple Inc.專利如圖6所示，藉由膨脹檢測裝置偵測電池在充放電過程中的膨脹形變，並將檢測數值傳至後端處理單元，以修正電池之充/放電計畫。其中膨脹檢測器，為透過在電池與外殼表面布上兩個或多個導電表面，形成電容傳感器。當電池於充電過程中發生膨脹，會使電池與外殼表面上之導電表面靠近，此時兩表面形成之電容量即會產生變化。因此，透過電容的增加可等同於電池的膨脹，而電容的降低表示電池的收縮。此種做法主要為內嵌在原本電池設計內，故須由電池製造商源頭介入，初期導入較為困難。

Tesla Inc.專利如圖7所示，使用電池運動控制組件，讓電池沿著電池芯的縱軸來回移動並旋轉(線性運動和旋轉運動)，再利用千分錶量測電池外徑，以確定電池的幾何形狀的變化。此種方法不易整合在儲能系統中進行即時線上監測。小米專利如圖8所示，在電池上直接貼附壓力傳感器，並利用計數器計算膨脹循環次數，計數器根據接收到的膨脹形變量與循環次數之間對應關係，判斷電池是否異常。此種方法為最直接的量測方法，但因壓力傳感器直接接觸電池易受到溫度影響，此外此種非可拆式量測裝置，在初期模組廠導入與後期運維成本會較高。

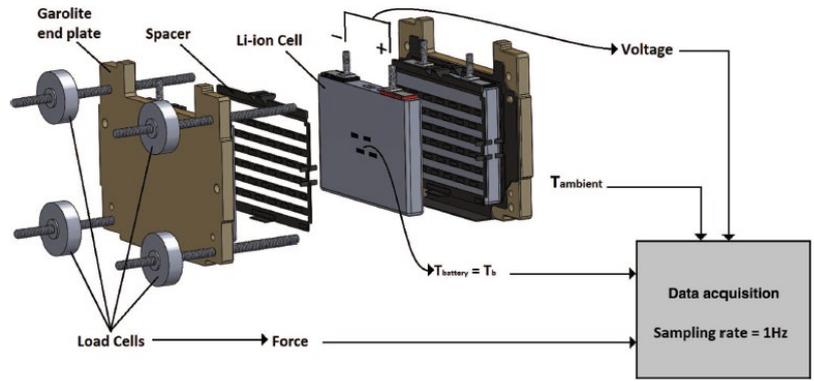


圖3. A Phenomenological Model of Bulk Force in a Li-Ion Battery Pack and Its Application to State of Charge Estimation 研究之量測系統 [4]

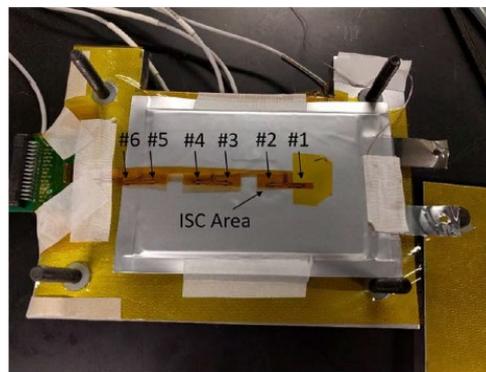


圖4. Modeling Li-Ion Battery Temperature and Expansion Force during the Early Stages of Thermal Runaway Triggered by Internal Shorts 研究之量測系統 [5]

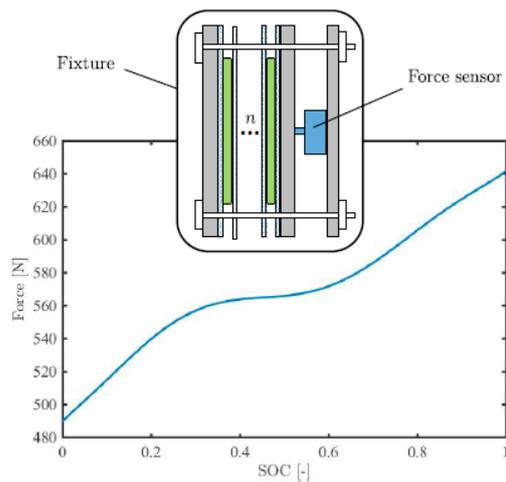


圖5. Li-ion Battery Fault Detection in Large Packs Using Force and Gas Sensors [6]

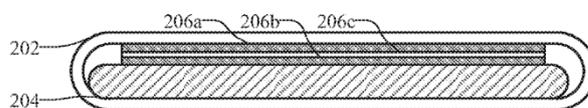


圖6. Apple Inc. 電池專利 [7]

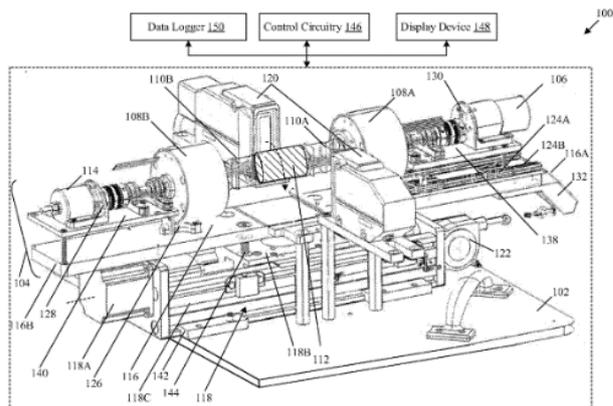


圖7. Tesla Inc.電池專利 [8]

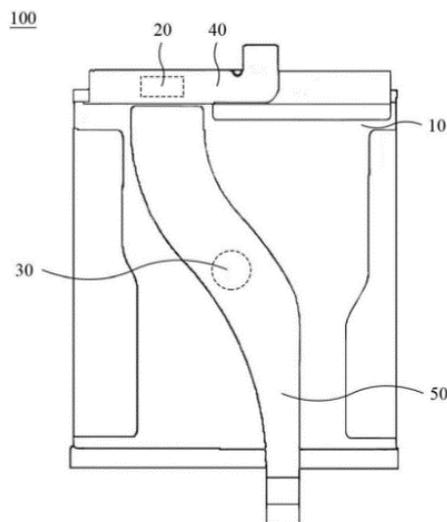


圖8. 小米電池專利 [9]

## 五、結論

針對近期因再生能源與強化電網，儲能系統需求大幅提升。其中電池模組為整個儲能系統最核心亦是最重要之關鍵組件。因此可針對此需求，設計一可量測電池溫度與形變之感測器，能夠對單體電池精準掌握狀況。

## 六、參考文獻

- [1] BloombergNEF. Note: MENA = Middle East & North Africa. Buffer represents markets and use-cases that we are unable to forecast due to lack of visibility.
- [2] LI Weiheng, HUANG Qiuhan, YANG Weiming, "Recent advancement in pseudo-random binary sequence signals based fast reconstruction of impedance spectrum and its applications in electrochemical energy sources", *Journal of Electrochemistry*, vol.26, no.3, pp370-388., 2020.
- [3] Koch, Sascha et al. "Fast Thermal Runaway Detection for Lithium-Ion Cells in Large

Scale Traction Batteries”, *Batteries*, vol.4, 2018.

[4] Mohan, S., Kim, Y., Siegel, J.B., Samad, N.A., Stefanopoulou, A.G., “A phenomenological model of bulk force in a li-ion battery pack and its application to state of charge estimation”, *J. Electrochem.*, vol. 161, A2222–A2231., 2014.

[5] Ting Cai, Anna G. Stefanopoulou, and Jason B. Siegel, “Modeling Li-Ion Battery Temperature and Expansion Force during the Early Stages of Thermal Runaway Triggered by Internal Shorts”, *Journal of The Electrochemical Society*, vol. 166, p. A2431, 2019.

[6] T. Cai, P. Mohtat, A. G. Stefanopoulou and J. B. Siegel, “Li-ion battery fault detection in large packs using force and gas sensors”, *IFAC-PapersOnLine*, vol. 53, no. 2, pp. 12491-12496, 2020.

[7] US9917335B2, Mar. 13, 2018, Daniel W. JarvisDavid M. DeMuroHongli DaiJulian MALINSKIJulien MarcilMeng Chi LeeRichard Hung Minh DinhRishabh BhargavaSteven D. SterzRichard M. MankSoundararajan ManthiriVijayasekaran Boovaragavan, H01M 10 / 05

[8] US20190267677A1, Aug. 29, 2019, Michael Kahn, H01M 10/42

[9] CN212136636U, Dec. 11, 2020, 袁聰俐, 王宗強, H01M 10/48

資料提供者／機構：葉哲愷、紀華倫、林志修、王伶文、葉建南、李宗璟、黃建中／工業技術研究院感測系統中心、綠能所

連絡電話：06-3847375

Email: vincenttlee@itri.org.tw

註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。

2.請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。

3.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。