

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

一、發明名稱：

鋰電池及其製造方法 / LITHIUM BATTERY AND
METHOD FOR FABRICATING THE SAME

二、中文發明摘要：

一種鋰電池及其製造方法，鋰電池包括陽極、陰極、隔離膜以及電解質溶液。陰極位於陽極的對向。隔離膜位於陽極與陰極之間，其中陽極、陰極與隔離膜共同定義容置區域。電解質溶液位於容置區域中，其中電解質溶液包括有機溶劑、鋰鹽以及添加劑。添加劑包括馬來醯亞胺系化合物以及含羥基物種，其中含羥基物種的分子量小於1000，且含羥基物種在電解質溶液中的含量為0.05 wt%至5 wt%。本發明之鋰電池及其製造方法可以解決水於電池中之問題，並且不需要在高乾燥度低水含量環境下進行製程步驟，因而可有助於降低製作成本與提升電池性能。

三、英文發明摘要：

A lithium battery and a method for fabricating the same are provided. The lithium battery includes an anode, a cathode, a separator and electrolyte solution. The cathode is located opposite to the anode. The separator is located between the anode and the cathode, wherein a containing

region is defined by the anode, the cathode and the separator jointly. The electrolyte solution is located in the containing region, and includes organic solvent, lithium salt and additive. The additive includes maleimide-based compound and hydroxy-containing species. The molecular weight of the hydroxy-containing species is less than 1000, and the content of the hydroxy-containing species in the electrolyte solution ranges between 0.05 wt% and 5 wt%. The lithium battery and the method for fabricating the same of the invention can solve problems of water contained in the battery, and an environment with high dryness and low moisture content is not necessary for fabrication, thereby reducing the production cost and enhancing the battery performance.

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 1

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明

100：鋰電池	106：隔離膜
102：陽極	108：電解質溶液
102a：鋰合金	110：容置區域
102b：碳化物	112：封裝結構
104：陰極	A：部分

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係與一種鋰電池有關，且特別是與一種鋰電池的電解質溶液有關。

【先前技術】

由於一次電池不符環保需求，因此近年來可充電的二次電池系統逐漸受到重視。現今可攜式電子產品如數位相機、手機、筆電皆需要輕量化的電池，且隨著可攜式電子產品之快速發展和普遍化，這種可重複充電放電的鋰電池因兼具重量輕、高電壓值與高能量密度等特點，而使得其之市場需求量與日遽增。相較於傳統的鉛蓄電池、鎳氫電池、鎳鎘電池、鎳鋅電池，鋰電池具有工作電壓高、能量密度大、重量輕、壽命長及環保性佳等優點，也是未來應用在可撓式電池的最佳選擇。因此，現今對鋰電池諸如輕質耐用、高電壓、高能量密度與高安全性等性能的要求也越來越高，鋰電池尤其在輕型電動車、電動車、大型儲電產業上的應用及拓展潛力極高。

然而，在目前所習知的技術中，鋰電池的製程必須於高乾燥度低水含量環境下才能進行，其之主因在於水會於電池電化學反應中電解成為氧氣與氫氣，而容易造成電池膨脹與性能衰退。另外，電池中的高水含量也會與鋰鹽進行副反應而形成氫氟酸，此產物亦將會造成電極材料的過鍍金屬離子溶出與集電層之腐蝕等等問題，而非常容易使

電池發生危險。由於鋰電池必須在高乾燥度低水含量環境(如相對溼度<5%)下才能進行製程，絕大部分廠商皆需建造乾燥室與乾燥廠房來進行生產及組裝以因應製程需求，因此造成鋰電池製造商在電力付出的高昂成本。另一方面，也有利用氣室(air chamber)方式進行二次封裝加工程序來改善電池中高水含量的問題。上述二次封裝是指使電池中的高含量水，在第一次電化學反應中電解生成氣體，且電池會先預留空間使氣體可以流至氣室，然後再將氣室移除並進行二次封裝，因此製程步驟繁多複雜且耗費時間較長。然而，不管是進行上述何種方式的製程，皆是極不便利並且會額外增加製造成本。

【發明內容】

有鑑於此，本發明提供一種鋰電池，其具有更為提升之電池性能。

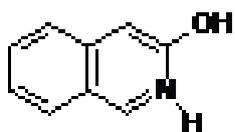
本發明另外提供一種鋰電池的製造方法，其能夠在低乾燥度或一般乾燥度大氣環境下進行製程。

本發明提出一種鋰電池，其包括陽極、陰極、隔離膜以及電解質溶液。陰極係位於陽極的對向。隔離膜係位於陽極與陰極之間，其中陽極、陰極與隔離膜會共同定義容置區域。電解質溶液係位於容置區域中，其中電解質溶液包括有機溶劑、鋰鹽以及添加劑。添加劑包括馬來醯亞胺系化合物以及含羥基物種，其中含羥基物種的分子量係小於 1000，且含羥基物種在電解質溶液中的含量為 0.05 wt%

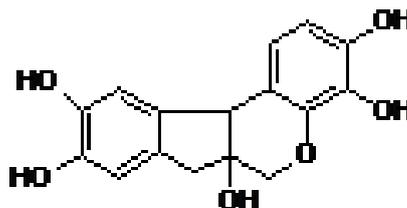
至 5 wt%。

依照本發明實施例所述之鋰電池，上述之含羥基物種係為芳香族物種。

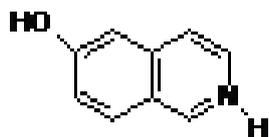
依照本發明實施例所述之鋰電池，上述之含羥基物種為選自下式(2-1)至式(2-4)所示之任一化合物：



式(2-1)

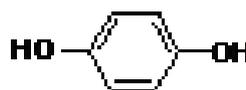


式(2-2)



式(2-4)

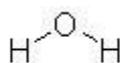
式(2-3)



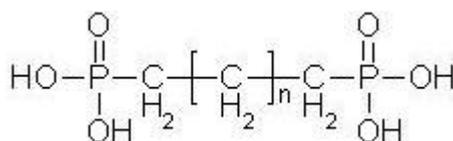
。

依照本發明實施例所述之鋰電池，上述之含羥基物種係為非芳香族物種。

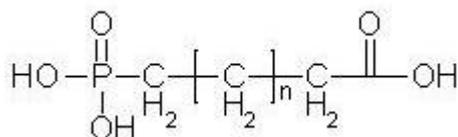
依照本發明實施例所述之鋰電池，上述之含羥基物種為選自下式(3-1)至式(3-4)所示之任一化合物：



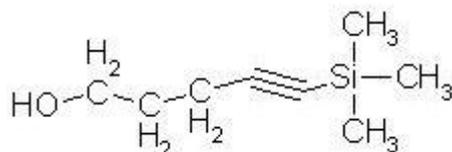
式(3-1)



式(3-2)



式(3-3)



式(3-4)

其中，式(3-2)及式(3-3)中的 n 分別為 0~30。

依照本發明實施例所述之鋰電池，上述之馬來醯亞胺系化合物可以例如是馬來醯亞胺、雙馬來醯亞胺、聚馬來醯亞胺、聚雙馬來醯亞胺、雙馬來醯亞胺與馬來醯亞胺之共聚物、或上述之混合物。

依照本發明實施例所述之鋰電池，上述之添加劑更包括碳酸亞乙烯酯。

依照本發明實施例所述之鋰電池，其更包括封裝結構，其係包覆陽極、陰極、隔離膜以及電解質溶液。

本發明另外提出一種鋰電池的製造方法，其包括下列步驟。於露點介於 -5°C 至 15°C 之環境下，以隔離膜將陽極與陰極隔開並製作電池芯極捲，其中陽極、陰極與隔離膜會共同定義容置區域。於容置區域中加入電解質溶液，其中電解質溶液包括有機溶劑、鋰鹽以及添加劑，且添加劑中包括馬來醯亞胺系化合物。

依照本發明實施例所述之鋰電池的製造方法，上述於

容置區域中加入電解質溶液的步驟，是直接在製作電池芯極捲之後進行。

依照本發明實施例所述之鋰電池的製造方法，上述之添加劑更包括含羥基物種，其之分子量係小於 1000。

依照本發明實施例所述之鋰電池的製造方法，上述之添加劑更包括碳酸亞乙烯酯。

依照本發明實施例所述之鋰電池的製造方法，其更包括以封裝結構來包覆陽極、陰極、隔離膜以及電解質溶液。

基於上述內容，本發明之鋰電池係藉由在電解質溶液中的混合添加劑內所含有之馬來醯亞胺系化合物以及含羥基物種，使得混合添加劑中會產生電化學反應，而於電極表面形成特殊物質，以減緩電解質溶液在電極表面上的分解。因此，可以減少鋰電池在充放電循環時的電容量損失，並有效提升電容量及改善電池特性。

此外，本發明之鋰電池的製造方法可以解決習知於鋰電池中之高水含量的問題，並且不需要在高乾燥度低水含量環境下進行製程步驟。如此一來，可以有效降低製作成本與提升電池性能。

為讓本發明之上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

【實施方式】

圖 1 是依照本發明之一實施例之鋰電池的剖面示意圖。請參照圖 1，鋰電池 100 包括陽極 102、陰極 104、隔

離膜 106 以及電解質溶液 108。陰極 104 係位於陽極 102 的對向，且隔離膜 106 係位於陽極 102 與陰極 104 之間。陽極 102、陰極 104 與隔離膜 106 共同定義容置區域 110。電解質溶液 108 則位於容置區域 110 中。此外，鋰電池 100 更包括外封裝結構 112，此封裝結構 112 為一般已習知的鋁箔封裝袋，其係用以包覆陽極 102、陰極 104、隔離膜 106 以及電解質溶液 108。

陽極 102 包括銅箔 102a 及陽極活性物質 102b，陽極活性物質 102b 是塗佈或是濺鍍於銅箔 102a 上。陽極活性物質 102b 可為 LiAl、LiZn、Li₃Bi、Li₃Cd、Li₃Sb、Li₄Si、Li_{4.4}Pb、Li_{4.4}Sn、LiC₆、Li₃FeN₂、Li_{2.6}Co_{0.4}N、Li_{2.6}Cu_{0.4}N、或上述之組合。同時，陽極活性物質 102b 亦可為碳粉體、石墨、碳纖維、奈米碳管、或上述之混合物。在一實施例中，陽極活性物質 102b 為碳粉體，其之粒徑約介於 5 μm 至 30 μm 之間。除了上述物質，陽極活性物質 102b 可進一步包含金屬氧化物如 SnO、SnO₂、GeO、GeO₂、In₂O、In₂O₃、PbO、PbO₂、Pb₂O₃、Pb₃O₄、Ag₂O、AgO、Ag₂O₃、Sb₂O₃、Sb₂O₄、Sb₂O₅、SiO、ZnO、CoO、NiO、FeO、或上述之組合。

上述之陰極 104 的材質可以例如是鋰金屬混合氧化物 (lithium mixed metal oxide)，其可為 LiMnO₂、LiMn₂O₄、LiCoO₂、Li₂Cr₂O₇、Li₂CrO₄、LiNiO₂、LiFeO₂、LiNixCo_{1-x}O₂、LiFePO₄、LiMn_xNi_yO₂、LiMn_xCo_yNi_zO₂、LiMc_{0.5}Mn_{1.5}O₄、或上述之組合，其中 0<x<1、0<y<1、0<z<1，x+y+z 總合

為 1，且 Mc 為二價金屬。

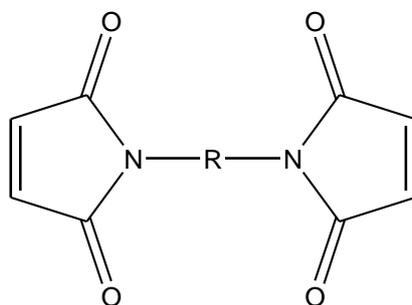
此外，在一實施例中，上述之陽極 102 及/或陰極 104 可進一步具有高分子黏著劑(polymer binder)，其係用以增加電極之機械性質。合適之高分子黏著劑可為聚二氟乙烯(polyvinylidene fluoride，簡稱 PVDF)、苯乙烯丁二烯橡膠(styrene-butadiene rubber，簡稱 SBR)、聚醯胺(polyamide)、三聚氰胺樹脂(melamine resin)、或上述之組合物。

隔離膜 106 可以包括絕緣材料，其可以例如是聚乙烯(polyethylene，PE)、聚丙烯(polypropylene，PP)或上述材料的多層複合結構如 PE/PP/PE。

電解質溶液 108 之主要成份為有機溶劑、鋰鹽以及添加劑，其中有機溶劑的添加量係占電解質溶液 108 的 60~50 wt%，鋰鹽的添加量占電解質溶液 108 的 35~50 wt%，添加劑的添加量則占電解質溶液 108 的 0.05~5 wt%。有機溶劑可為 γ -丁基內酯(γ -butyrolactone，GBL)、碳酸乙烯酯(ethylene carbonate，EC)、碳酸丙烯酯(propylene carbonate，PC)、碳酸二乙酯(diethyl carbonate，DEC)、乙酸丙酯(propyl acetate，PA)、碳酸二甲酯(dimethyl carbonate，DMC)、碳酸甲乙酯(ethylmethyl carbonate，EMC)、或上述之組合。鋰鹽可為 LiPF_6 、 LiBF_4 、 LiAsF_6 、 LiSbF_6 、 LiClO_4 、 LiAlCl_4 、 LiGaCl_4 、 LiNO_3 、 $\text{LiC}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3$ 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ 、 LiSCN 、 $\text{LiO}_3\text{SCF}_2\text{CF}_3$ 、 $\text{LiC}_6\text{F}_5\text{SO}_3$ 、 LiO_2CCF_3 、 LiSO_3F 、 $\text{LiB}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$ 、 LiCF_3SO_3 、或上述之組合。

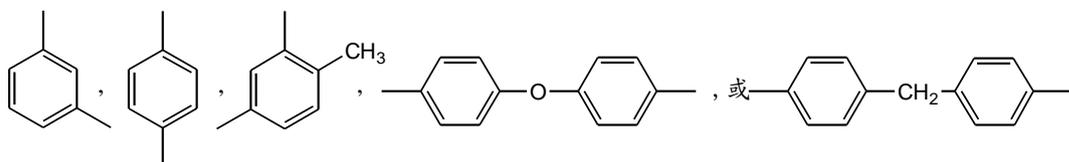
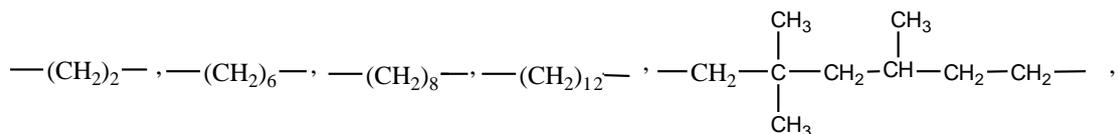
電解質溶液 108 中的添加劑包括馬來醯亞胺 (maleimide) 系化合物、含羥基 (hydroxy group) 物種以及碳酸亞乙烯酯，其中含羥基物種的分子量係小於 1000。馬來醯亞胺系化合物在電解質溶液 108 中的含量可以例如是約為 0.05 wt% 至 5 wt%。含羥基物種在電解質溶液 108 中的含量可以例如是約為 0.05 wt% 至 5 wt%。碳酸亞乙烯酯在電解質溶液 108 中的含量可以例如是約為 0 wt% 至 2 wt%。

添加劑中的馬來醯亞胺系化合物可以例如是馬來醯亞胺、雙馬來醯亞胺、聚馬來醯亞胺、聚雙馬來醯亞胺、雙馬來醯亞胺與馬來醯亞胺之共聚物、或上述之混合物。馬來醯亞胺可以例如是 N-苯基馬來醯亞胺、N-(鄰甲基苯基)-馬來醯亞胺、N-(間甲基苯基)-馬來醯亞胺、N-(對甲基苯基)-馬來醯亞胺、N-環己烷基馬來醯亞胺、馬來醯亞胺基酚、馬來醯亞胺基苯并環丁烯、含磷馬來醯亞胺、磷酸基馬來醯亞胺、氧矽烷基馬來醯亞胺、N-(四氫吡喃基-氧基苯基)馬來醯亞胺、或 2,6-二甲苯基馬來醯亞胺。雙馬來醯亞胺之結構式係如下式(1-1)所示：

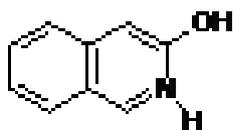


式(1-1)

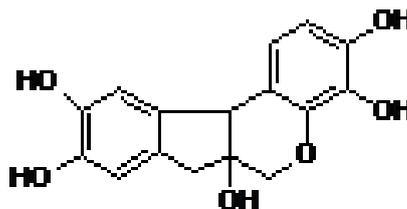
，上述式(1-1)中之 R 可以是



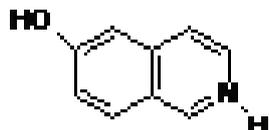
承上所述，添加劑中分子量小於 1000 的含羥基物種可以是芳香族物種或非芳香族物種。具體而言，當含羥基物種為芳香族物種時，含羥基物種可以是選自下式(2-1)至式(2-4)所示之任一化合物：



式(2-1)



式(2-2)

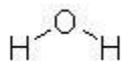


式(2-3)

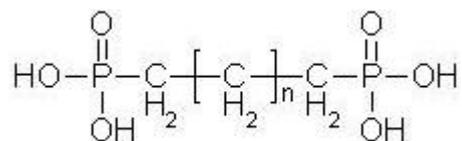
式(2-4)



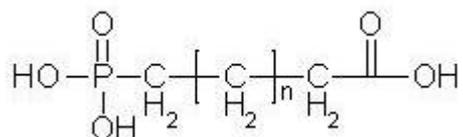
當含羥基物種為非芳香族物種時，含羥基物種可以是選自下式(3-1)至式(3-4)所示之任一化合物：



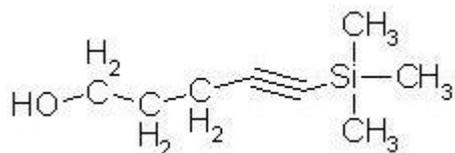
式(3-1)



式(3-2)



式(3-3)



式(3-4)

其中，式(3-2)及式(3-3)中的 n 分別為 0~30。

要特別說明的是，本發明實施例係利用馬來醯亞胺系的化合物，搭配特定含量之含羥基物種(如水或其他具有可吸水官能基之分子)，以作為電解質溶液 108 之混合添加劑，因此可有助於改善鋰電池之電容量以及循環壽命。詳言之，在電解質溶液 108 的添加劑中，馬來醯亞胺系化合物、含羥基物種與碳酸亞乙烯酯彼此之間，會進行偶合電化學反應，而於陽極表面形成特殊物質，亦即固態電解質介面(solid electrolyte interface, SEI)。

圖 2 是圖 1 之部分 A 的局部放大示意圖。舉例而言，如圖 2 所示，由於電解質溶液 108 中之添加劑的馬來醯亞胺系化合物、含羥基物種與碳酸亞乙烯酯會進行電化學反

應，因此會在與電解質溶液 108 接觸的陽極 102 表面上(即碳化物 102b 上)形成固態電解質介面 202。如此一來，可以利用固態電解質介面 202 來減緩電解質溶液 108 在陽極 102 的表面上進一步分解，進而提升陽極 102 的充放電效率，並減少鋰電池充放電循環時的不可逆電容量損失。

此外，雖然上述實施例是以式(2-1)至式(2-4)所示之芳香族化合物以及式(3-1)至式(3-4)所示之非芳香族化合物為例來進行說明，但本發明並不限於此。於此技術領域具有通常知識者可依照產品需求及製程條件，自行調整電解質溶液 108 中添加劑的含羥基物種的種類及含量，只要使含羥基物種的分子量小於 1000 且在電解質溶液中的含量約為 0.05 wt% 至 5 wt%，均為本發明所保護的範圍。

接下來將說明鋰電池的製造方法。須注意的是，以下所述之流程主要是為了詳細說明本發明之鋰電池的製造方法，可以在低乾燥度或一般乾燥度的大氣環境下進行，以使熟習此項技術者能夠據以實施，但並非用以限定本發明之範圍。至於鋰電池的其他構件之材料、組成物、形成方式及順序，均可依所屬技術領域中具有通常知識者所知的技術製作，或依前述實施例來實現，而不限於下述實施例所述。圖 3 是依照本發明之一實施例之鋰電池的製造步驟流程圖。

請參照圖 3，進行步驟 S302，於露點介於 -5°C 至 15°C 之環境下，以隔離膜將陽極與陰極隔開並製作電池芯極捲，其中陽極、陰極與隔離膜會共同定義容置區域。此外，

在進行步驟 S302 之前，可以先進行陽極與陰極的製備。之後，即可於露點介於 -5°C 至 15°C 之低乾燥度或一般乾燥度大氣環境下，使用 PP 作為隔離膜，並經由捲繞的方式將陽極及陰極隔開後而製作成電池芯極捲。上述之低乾燥度或一般乾燥度大氣環境的相對溼度可以例如是約為 15% 至 50%。在一實施例中，此電池芯極捲不需長期放置在大氣環境下，即可直接進行後續製程。在另一實施例中，電池芯極捲也可以先放置在大氣環境下一段期間之後，才進行後續製程。

進行步驟 S304，於容置區域中加入電解質溶液，其中電解質溶液包括有機溶劑、鋰鹽以及添加劑，且添加劑包括馬來醯亞胺系化合物以及碳酸亞乙烯酯。電解質溶液的製備可以例如有機溶劑、鋰鹽以及添加劑混合，其中有機溶劑的添加量係占電解質溶液的 60~50 wt%，鋰鹽的添加量係占電解質溶液的 35~50 wt%，添加劑的添加量則占電解質溶液的 0.05~5 wt%。此外，在一實施例中，灌入容置區域中的電解質溶液之添加劑更包括含羥基物種，且含羥基物種的分子量係小於 1000。在此說明的是，含羥基物種的種類、含量等可以依據前述實施例進行調整、變化及應用，故於此不再贅述。

進行步驟 S306，以封裝結構包覆陽極、陰極、隔離膜以及電解質溶液，進而完成鋰電池結構的製作。

特別說明的是，藉由在特定的濕度條件下進行鋰電池的製作，可以利用環境中的水(溼氣)與電解質溶液中的添

加劑進行結合型電化學反應，並在電極表面上形成固態電解質介面，因而可以達到如上述實施例所述之加入含羥基物種作為電解質溶液之添加劑的效果。而且，一般習知的技術在封裝鋰電池之前必須在高乾燥度低水含量環境下才能進行製程，但本發明之鋰電池的製造方法，可以在露點介於 -5°C 至 15°C 之低乾燥度或一般乾燥度大氣環境下進行製程步驟，而不需要高乾燥度低水含量環境下進行，也不用進行嚴苛的乾燥處理，因此在有效提升鋰電池電容量及電池性能的同時，還可進一步降低製作成本。

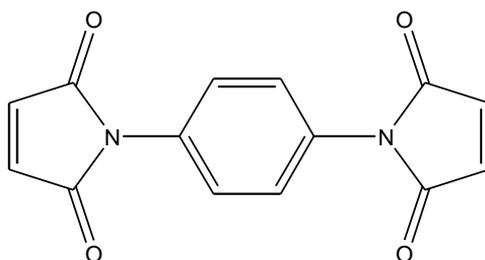
為證實用於本發明實施例之鋰電池及其製造方法確實具有提升電池性能之功效，接下來將以實驗例來說明其之特性。以下實驗例之數據結果僅是用來說明本發明實施例所製作出的鋰電池的電池容量、電池效率及交流阻抗等特性，而並非是用以限定本發明之範圍。

實驗例

將 90 重量份之 LiCoO_2 、5 重量份之聚偏二氟乙烯 (polyvinylidene difluoride, PVDF) 及 5 重量份之乙炔黑 (導電粉) 分散於 N-甲基吡咯酮 (N-methyl-2-pyrrolidinone, NMP) 中，將此漿體塗佈於鋁箔後進行乾燥、壓縮並加以剪裁以形成陰極。另外，將 95 重量份之石墨及 5 重量份之 PVDF 分散於 NMP 中，將此漿體塗佈於鋁箔後加以乾燥，壓縮並進行剪裁以形成陽極。接著，於露點介於 -5°C 至 15°C 之低乾燥度或一般乾燥度大氣環境下，使用 PP 作為隔離膜以經由捲繞方式將陽極及陰極隔開後，製作成電池芯

極捲，並放置在一般濕度或高濕度(如相對溼度>95%)之大氣環境下六個月。

之後，混合 2 體積份之碳酸丙烯酯(propylene carbonate, PC)、3 體積份之碳酸乙烯酯(ethylene carbonate, EC)及 5 體積份之碳酸二乙酯(diethyl carbonate, DEC)為電解質溶液之有機溶劑。電解質溶液之鋰鹽為 LiPF_6 ，濃度為 1M。電解質溶液之添加劑為雙馬來醯亞胺以及碳酸亞乙烯酯，其中雙馬來醯亞胺之結構係如式(1-2)所示，且雙馬來醯亞胺之添加量係占電解質溶液之 0.1 wt%，碳酸亞乙烯酯之添加量則占電解質溶液之 2 wt%。隨之，於陽極及陰極之間的容置區域加入上述之電解質溶液。最後以封裝結構封住上述結構，進而完成鋰電池的製造，並在一般室溫下進行電池充放電測試。



式(1-2)

比較例

將 90 重量份之 LiCoO_2 、5 重量份之 PVDF 及 5 重量份之乙炔黑(導電粉)分散於 N-甲基吡咯酮(NMP)中，將此漿體塗佈於鋁箔後進行乾燥，壓縮並加以剪裁以形成陰極。另外，將 95 重量份之石墨及 5 重量份之 PVDF 分散

於 NMP 中，將此漿體塗佈於鋁箔後進行乾燥，壓縮並加以剪裁以形成陽極。接著，於露點介於 -25°C 至 -40°C 之高乾燥度大氣環境下，以 PP 作為隔離膜，並經由捲繞方式將陽極及陰極隔開後製作成電池芯極捲，並放置在高乾燥度(如相對溼度 $<5\%$)之大氣環境下六個月。之後，以與上述實驗例相同之製程來完成鋰電池的製作，並在一般室溫下進行電池充放電測試。

換言之，在比較例中，除了在高乾燥度(如相對溼度 $<5\%$)之大氣環境下製作電池芯極捲，並放置在高乾燥度之大氣環境下六個月之外，其餘電池之製作方式、電解質溶液之有機溶劑、鋰鹽、添加劑之種類及比例均係以與上述實驗例相同的方式來製造鋰電池。

電性量測

A. 電池容量：

將實驗例及比較例之鋰電池以固定電流/電壓進行充電放電。首先，以 0.2 mA/cm^2 之固定電流將電池充電至 4.2 V ，直到電流小於或等於 0.1 mA 。接著，再將電池以固定電流 0.2 mA/cm^2 將電池放電至截止電壓(2.75 V)。實驗例及比較例之電池容量(milliamp hours, mAh)及電池效率(efficiency)如下表 1 所示。

B. 充電放電循環測試：

將實驗例及比較例之鋰電池以固定電流/電壓進行充電放電。首先，以 260 mA 之固定電流將電池充電至 4.2 V，直到電流小於或等於 2.6 mA。接著，再將電池以固定電流 1 mA/cm² 將電池放電至截止電壓(2.75 V)，並重複上述過程 7 次。實驗例及比較例之電池容量(milliamp hours, mAh)如表 1 所示。此外，圖 4 繪示本發明之實驗例及比較例之鋰電池的充電放電循環次數及電池容量的關係曲線圖。

C. 交流阻抗試驗：

將實驗例及比較例之鋰電池以固定電流進行完全放電後，利用振幅為 5 mV 的交流電波，進行頻率區間為 100K~0.01 Hz 的二極式交流阻抗掃描。

圖 5 繪示本發明之實驗例及比較例之鋰電池進行充電過程中的交流阻抗(AC impedance)圖譜。

表 1

	第一輪之電池放電電容量(mAh)	第一輪充放電效率(%)	第二輪之電池放電電容量(mAh)	第二輪充放電效率(%)	第七輪之電池放電電容量(mAh)	第七輪充放電效率(%)
實驗例	1068	93.7	1214	98.6	1239	99.5
比較例	1194	93.6	1180	97.5	1176	99.4

由表 1 可知，本發明之實驗例在與比較例相比較下，於循環 7 次以後，實驗例之電池容量增加約 5%~10%。另外，如圖 4 之結果所示，未進行乾燥處理的實驗例在高濕

度(如相對溼度 $>95\%$)的一般外界環境中放置超過6個月的循環壽命，將會高於經嚴苛乾燥處理且長期置放在高乾燥度(如相對溼度 $<5\%$)環境下之比較例的循環壽命。雖然相較於比較例，實驗例之鋰電池在第一輪充放電的電性較差且電池反應性的不可逆性較大，其主要是因為實驗例在第一輪充放電時，電解質溶液中的添加劑與水會進行電化學反應，而在電極表面上形成固態電解質介面(如圖2所示)。然而，在第二輪充放電循環之後，實驗例之電池容量係明顯高於比較例之電池容量。由此可知，本發明實驗例之鋰電池可藉由置於具有一定濕度下的環境中，其之整體電池電容量經計算約可以提升 $5\% \sim 10\%$ 。

另外，如圖5所示，未充電前實驗例與比較例電池之交流阻抗相近，但隨著鋰電池充電過程中，比較例的鋰電池在類似電位下之阻抗都比較大。實驗例之鋰電池的交流阻抗的上升幅度係遠小於比較例之鋰電池，且實驗例之鋰電池的整體電池交流阻抗也低於比較例之鋰電池，因此對實驗例的鋰電池之循環壽命有增益的效果。

由上述數據可知，藉由本發明之鋰電池及其製造方法，即使未經過乾燥處理，仍可有效提升鋰電池的鋰電池電容量。如此一來，在不需要改變任何電池設計與電極材料的情形下，即可藉由電解質溶液的添加劑所進行的電化學反應，來達到改善電池容量及效率之功效。

綜上所述，本發明之鋰電池及其製造方法至少具有下列優點：

1. 上述實施例之鋰電池中，利用馬來醯亞胺系化合物配合含羥基物種作為電解質溶液之混合式添加劑，可有效改良電池容量及效率。

2. 上述實施例之鋰電池的製造方法，可藉由在特定的濕度條件下進行鋰電池的製作，因而使得環境中的水能夠與添加劑產生電化學反應，進而可有助於提升鋰電池的電容量。

3. 上述實施例之鋰電池及其製造方法能夠與現有的製程相整合，其製程、配方簡單甚至不需要高精密之乾燥廠房，即可有效改善電池性能，因此可以顯著降低電池製作成本並提升產業競爭性。

雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，故本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 是依照本發明之一實施例之鋰電池的剖面示意圖。

圖 2 是圖 1 之部分 A 的局部放大示意圖。

圖 3 是依照本發明之一實施例之鋰電池的製造步驟流程圖。

圖 4 繪示本發明之實驗例及比較例之鋰電池的充電放電循環次數及電池容量的關係曲線圖。

圖 5 繪示本發明之實驗例及比較例之鋰電池進行充電過程中的交流阻抗(AC impedance)圖譜。

【主要元件符號說明】

100：鋰電池	108：電解質溶液
102：陽極	110：容置區域
102a：銅箔	112：封裝結構
102b：陽極活性物質	202：固態電解質介面
104：陰極	S302、S304、S306：步驟
106：隔離膜	A：部分

七、申請專利範圍：

1. 一種鋰電池，其包括：

一陽極；

一陰極，其係位於該陽極的對向；

一隔離膜，其係位於該陽極與該陰極之間，其中該陽極、該陰極與該隔離膜會共同定義一容置區域；以及

一電解質溶液，其係位於該容置區域中，其中該電解質溶液包括一有機溶劑、一鋰鹽以及一添加劑，且該添加劑包括：

一馬來醯亞胺系化合物；以及

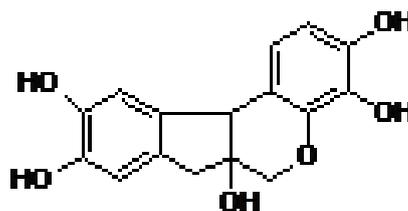
一含羥基物種，其之分子量係小於 1000，且該含羥基物種在該電解質溶液中的含量為 0.05 wt% 至 5 wt%。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之鋰電池，其中該含羥基物種為芳香族物種。

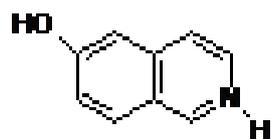
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之鋰電池，其中該含羥基物種係為選自下式(2-1)至式(2-4)所示之任一化合物：



式(2-1)



式(2-2)



式(2-4)

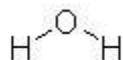
式(2-3)



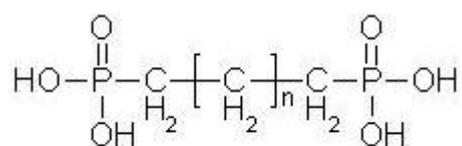
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之鋰電池，其中該含

羥基物種為非芳香族物種。

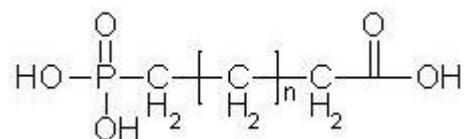
5. 如申請專利範圍第 4 項所述之鋰電池，其中該含羥基物種係為選自下式(3-1)至式(3-4)所示之任一化合物：



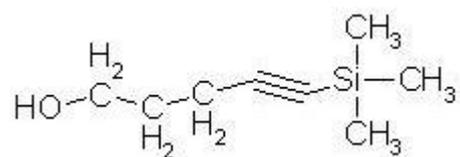
式(3-1)



式(3-2)



式(3-3)



式(3-4)

其中，式(3-2)及式(3-3)中的 n 分別為 0~30。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之鋰電池，其中該馬來醯亞胺系化合物包括馬來醯亞胺、雙馬來醯亞胺、聚馬來醯亞胺、聚雙馬來醯亞胺、雙馬來醯亞胺與馬來醯亞胺之共聚物、或上述之混合物。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之鋰電池，更包括一封裝結構，其係包覆該陽極、該陰極、該隔離膜以及該電解質溶液。

8. 一種鋰電池的製造方法，包括：

於露點介於 -5°C 至 15°C 之環境下，以一隔離膜將一陽極與一陰極隔開而製作一電池芯極捲，其中該陽極、該陰極與該隔離膜共同定義一容置區域；以及

於該容置區域中加入一電解質溶液，其中該電解質溶液包括一有機溶劑、一鋰鹽以及一添加劑，且該添加劑包括一馬來醯亞胺系化合物。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之鋰電池的製造方法，其中於該容置區域中加入該電解質溶液的步驟是直接

在製作該電池芯極捲之後進行。

10. 如申請專利範圍第 8 項所述之鋰電池的製造方法，其中該添加劑更包括一含羥基物種，其分子量小於 1000。

11. 如申請專利範圍第 8 項所述之鋰電池的製造方法，更包括以一封裝結構包覆該陽極、該陰極、該隔離膜以及該電解質溶液。

八、圖式：

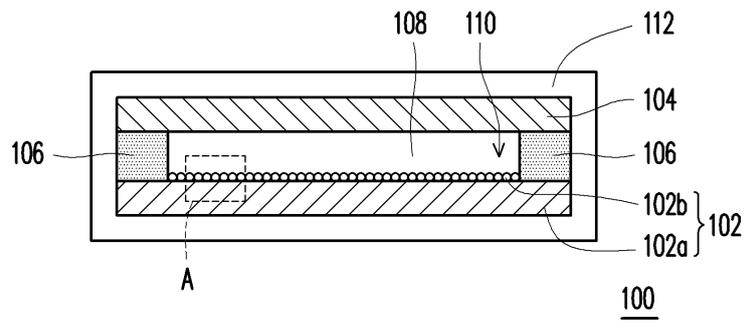


圖 1

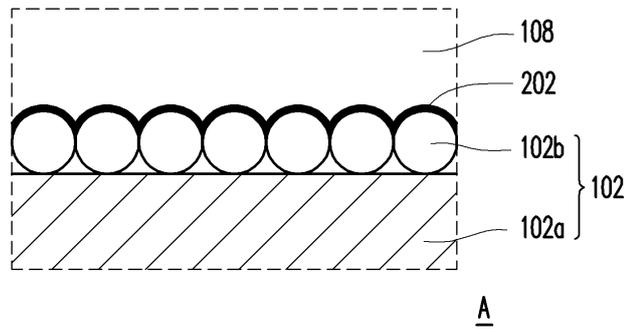


圖 2

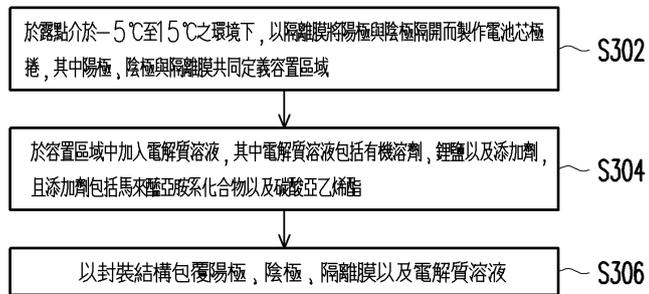


圖 3

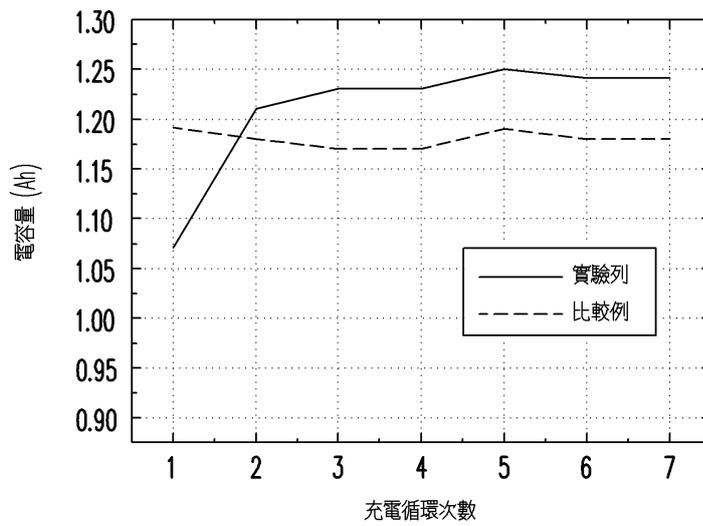


圖 4

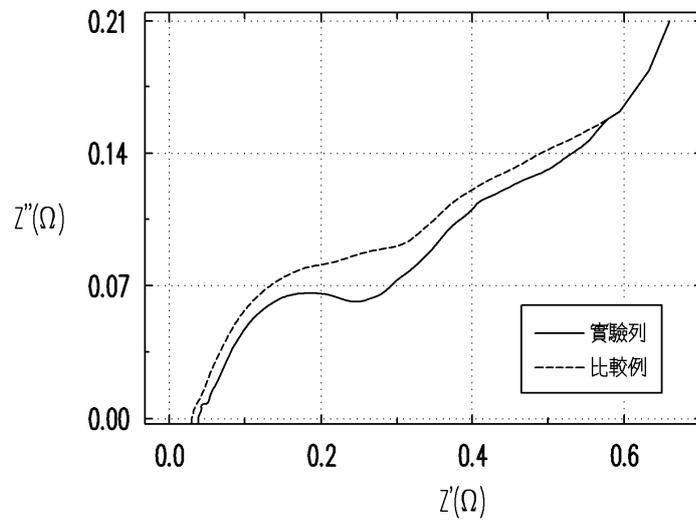


圖 5