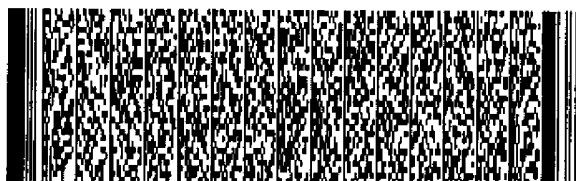


申請日期：88.12.23	案號：88122736	公告本
類別：H01M4/64		
(以上各欄由本局填註)		

發明專利說明書

445665

一、發明名稱	中文	電池用集電器
	英文	CURRENT COLLECTORS FOR BATTERY
二、發明人	姓名 (中文)	1. 山田和範 2. 渡辺利昭 3. 久保田修平 4. 菅原静郎
	姓名 (英文)	1. 2. 3. 4.
	國籍	1. 日本 2. 日本 3. 日本 4. 日本
	住、居所	1. 日本國神奈川県厚木市中依知85-1-820 2. 日本國神奈川県足柄下郡湯河原町吉浜1994-26 3. 日本國静岡県藤枝市高岡1-13-7 4. 日本國東京都港区虎ノ門2丁目10-1株式会社ジャパンエナジ-内
三、申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 東海鋁箔股份有限公司
	姓名 (名稱) (英文)	1. 東海アルミ箔株式会社
	國籍	1. 日本
	住、居所 (事務所)	1. 日本國横浜市神奈川區富家町1番地
	代表人 姓名 (中文)	1. 西島瑞毅
	代表人 姓名 (英文)	1.



本案已向

國(地區)申請專利	申請日期	案號	主張優先權
日本 JP	1998/12/25	10-368625	有
日本 JP	1999/06/01	11-154194	有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



五、發明說明 (1)

發明之背景

a) 發明之領域

本發明係關於供聚合物可再充電電池用之集電器以及其製法。更明確言之，本發明係關於對使用於可再充電電池具有優異性能之集電器以及其之製法。根據本發明之集電器有用於經由將電解槽與由聚合物及塑化劑製成之分離器組合，然後再以電解質溶液置換塑化劑而製得之聚合物電池。

b) 相關技藝之說明

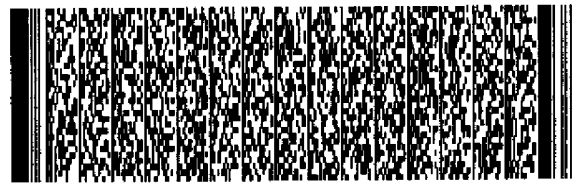
聚合物電池包括正極元件及負極元件與固定於其間作為分離器之聚合物電解質整體結合在一起，且正及負極元件各別設有集電器。

由於使用聚合物電解質替代液態電解質，因而可形成厚度降低且安全性優異之聚合物電池。因此，預期此種聚合物電池可有用作為供小型攜帶式電子設備用之電池。

可將聚合物電解質分類為分別單獨由聚合物及電解質鹽所組成者，及分別與聚合物、電解質溶液及電解質鹽結合所形成之凝膠型。前一類型的聚合物電解質在作為電池之性能上並不完全令人滿意，因此在此種情勢之下，凝膠型聚合物電池被發展供商業化。

然而，凝膠型聚合物電解質尤其伴隨有其之成膜性質低劣，且其由於鋰電解質鹽之吸濕性的問題，因而當組合電解槽時需要特殊環境的問題。

為解決前述的問題，併入本文為參考資料之美國專利



五、發明說明 (2)

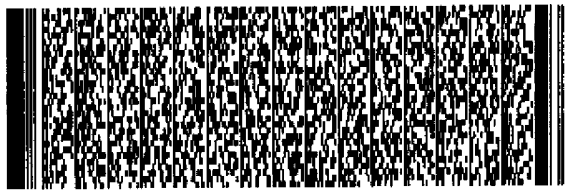
No. 5,460,904 揭示經由將包含聚合物及塑化劑之組成物形成作為分離器之薄膜，將分離器、正極及負極組合至電解槽內，然後再以電解質溶液置換聚合物中之塑化劑而製造聚合物電池。然而，可由此方法製得之電池仍不被認為具備有充足的使用性能。

關於影響前述聚合物電池性能之元件的研究被以各種方式進行著。結果發現集電器有顯著的影響。由於在此一聚合物電池中，塑化劑於電解槽組合後經電解質溶液置換，因而集電器必需為於其中界定使溶劑及電解質可移動通過之許多開口之網狀物的形態。習慣上使用作為此種集電器者為利用在金屬片中以交錯關係形成狹縫，然後再使有狹縫之金屬片伸展之方法所製得之多孔金屬。然而，經發現此等多孔金屬之強度不足，且可能不具有夠高，而可貼合或層合正或負極材料之拉伸強度。因此，其經發現不適用於生產線製造，且亦會產生性能，例如，阻抗特性、電容利用等等不足夠之電池。

發明之概述

因此，本發明之一目的在於提供一種具有優異性能之聚合物電池，該聚合物電池係經由將包含聚合物及塑化劑之組成物形成為作為分離器之薄膜，將分離器、正極及負極組合至電解槽內，然後再以電解質溶液置換聚合物中之塑化劑而製得。本發明之另一目的在於提供極度適用於此一電池之集電器。

前述目的可利用可由將電解槽與由聚合物及塑化劑製得



五、發明說明 (3)

之分離器組合，然後再以電解質溶液置換塑化劑而得之供聚合物電池用之集電器，其中該集電器係由蝕刻金屬箔基礎材料而得，且其具有許多開口；以及利用有此種集電器組合於其中之聚合物可再充電電池而達成。

集電器可於其中界定以蜂巢圖案配置之開口較佳。

利用根據本發明之集電器，該集電器係利用蝕刻製造之聚合物電池，尤其係利用具有以蜂巢圖案配置之開口之集電器之聚合物電池的阻抗特性及負載特性優異。雖然尚未完全明瞭此種優異阻抗特性及負載特性之原因，但其似乎可歸因於相當小的接觸面積，及因此，在各別集電器與其相關之正極薄膜及負極薄膜之間之相當低的結合電阻，以及在各別集電器內之降低的平均電流遷移長度。

發明及較佳具體例之詳細說明

根據本發明之聚合物可再充電電池係與固定於各別包括集電器及正和負極材料之正和負極之間之分離器形成為整體單元。分離器係經由將由聚合物及塑化劑製成之薄膜組合成電解槽，然後再以電解質溶液置換塑化劑而製得。

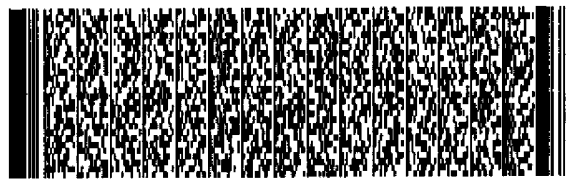
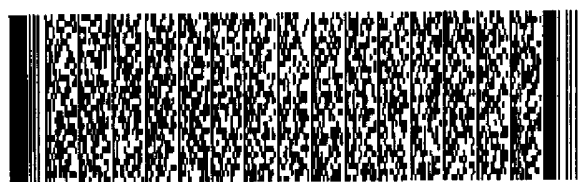
使用於分離器中之聚合物的例子可包括環氧乙烷、丙烯腈、及偏二氟乙烯之均聚物及共聚物。至於塑化劑，習慣上被使用作為塑膠之塑化劑，諸如酞酸二丁酯、酞酸二乙酯、酞酸二辛酯、磷酸三丁氧乙酯及磷酸三甲苯酚酯，皆可使用。塑化劑賦予聚合物成膜性質，及其於電解槽組合之後，經電解質溶液置換，以促進電解質溶液之吸收至聚合物中。亦可視需要，例如，用於調節黏度，而使用溶

五、發明說明 (4)

劑，諸如丙酮、甲基乙基酮或四氫呋喃。利用技藝中所知曉之方法，將聚合物、塑化劑及其他非必須成份諸如溶劑，結合成密切的混合物，隨後再形成為薄膜。舉例來說，薄膜可經由在摻混機中混合以上成份，利用刮板將所得混合物均勻地塗布於塑膠製的剝離薄膜上，將經塗布的混合物乾燥以移除溶劑，然後再將所產生之薄膜剝離而製得。

關於正極材料，可使用經由將可使用於習知之鋰離子可再充電電池中之活性材料，例如，鋰鹽諸如 LiCoO_2 、 LiNiO_2 或 LiMn_2O_4 ，與聚合物、塑化劑及若須要之溶劑等等（其皆與使用於分離器中者類似）混合，然後再將所得混合物形成為薄膜所製得者。關於負極材料，可使用經由將可使用於習知之鋰離子可再充電電池中之活性材料，例如，石墨，與聚合物、塑化劑及若須要之溶劑等等（其皆與使用於分離器中者類似）混合，然後再將所得混合物形成為薄膜所製得者。此等薄膜形成步驟可利用與對分離器所使用者類似的方法進行。由實際的觀點來看，供正極材料用之聚合物及塑化劑及供負極材料用之聚合物及塑化劑較諸可與供分離器用之聚合物及塑化劑為不同類型，最好可與供分離器用之聚合物及塑化劑為相同類型。

本發明所使用之集電器具有許多開口。將參照圖1而說明具有引線之集電器，該集電器係關於本發明之較佳具體例。在圖1，數字1係指示集電器本體，及數字2係指示引線。



五、發明說明 (5)

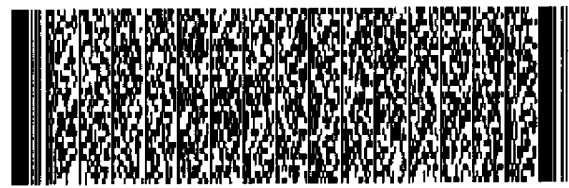
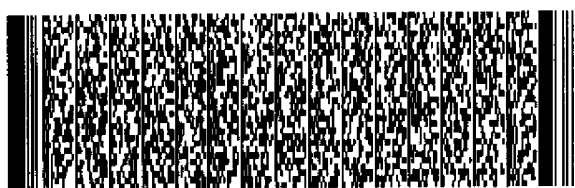
根據本發明之集電器係利用蝕刻製造。關於基礎材料，在正極之情況中一般係使用鋁箔，或在負極之情況中一般係使用銅箔。關於金屬箔基礎材料之厚度並無特殊之限制，只要其厚度可容許將金屬箔基礎材料使用作為集電器即可。然而，一般而言，厚度可自5至100微米，以自20至100微米較佳，自20至50微米更佳。

關於製造方法，可提及以下方法作為例子。

如圖2及圖3所說明，將金屬箔基礎材料11之一面的整個表面上以防蝕劑12掩蔽，及將金屬箔基礎材料11之另一面以具有引線之集電器本體的形態以防蝕劑掩蔽。於利用熱、紫外光線、電子束等等使防蝕劑12硬化後，利用蝕刻劑處理金屬箔基礎材料，以使未經掩蔽之區域的金屬溶解。然後利用去膜劑將防蝕劑除去，因而製得集電器。

關於另一種方法，如圖4所示，將金屬箔基礎材料之一面的整個表面上以防蝕劑掩蔽，及將金屬箔基礎材料之另一面之除了網狀圖案開口外之其之整個表面上以防蝕劑掩蔽。利用與以上相類似的方法進行防蝕劑之硬化、蝕刻及防蝕劑之除去。最後，將金屬箔基礎材料切割成備有引線之集電器的輪廓。

關於再另一種方法，亦可使用由金屬箔基礎材料及對蝕刻劑具有抵抗力之材料，諸如聚酯、聚乙烯或聚丙烯之薄膜或片材所形成之層壓製品替代以防蝕劑掩蔽金屬箔基礎材料之一面的整個表面。於蝕刻後，可視需要而將薄膜或片材剝除。



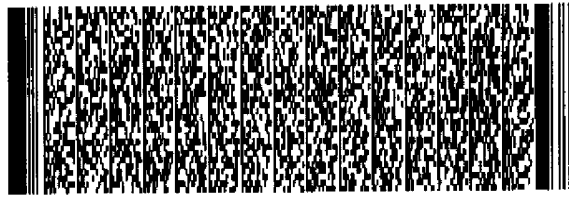
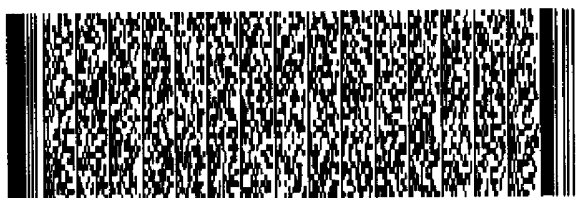
五、發明說明(6)

關於使用於本發明之防蝕劑，可使用任何防蝕劑，只要其可以期望圖案進行掩蔽，且對蝕刻劑具有抵抗力即可。典型上，可使用應用於製造印刷版之各種防蝕劑及乾膜。關於防蝕墨水，通常使用具有可熱硬化性或可紫外光硬化性之防蝕墨水。利用防蝕墨水掩蔽可以網印進行。例如，在金屬箔基礎材料之一面的整個表面上網印，及於乾燥後，將另一面以期望圖案網印。然後視墨水之性質而以熱、紫外光線等等處理防蝕墨水，因而使墨水硬化。當使用由金屬箔基礎材料與樹脂薄膜或片材所形成之層壓製品時，並不需要進行另一面之印刷。

在乾膜之情況中，使其與金屬箔基礎材料之兩面緊密接觸。使其上繪有期望圖案之掩蔽薄膜與一面緊密接觸，隨後再暴露至光諸如紫外光線。結果，在一面上之乾膜在其整個面積上硬化，而在另一面上之乾膜在圖案中硬化。然後利用弱鹼溶液或其類似物使潛像顯影，以致可將金屬箔基礎材料之一面的整個表面上掩蔽，及另一面可以期望圖案掩蔽。前述的防蝕墨水及乾膜為典型例子，毋庸贅言，本發明所使用之防蝕劑不應受其所限制。

可使用任何的蝕刻劑，只要其可溶解金屬，但不溶解防蝕劑即可。可使用的例子可包括氯化鐵及氯化銅之溶液，及酸性溶液諸如氫氯酸及硫酸。在鋁箔基礎材料之情況中，可使用鹼性溶液諸如苛性鈉之溶液，其限制條件為防蝕劑可抵抗鹼度。

於蝕刻後，利用去膜劑等等將殘留的防蝕墨水除去。其

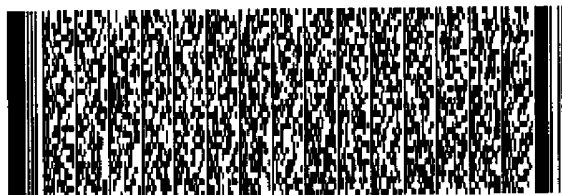
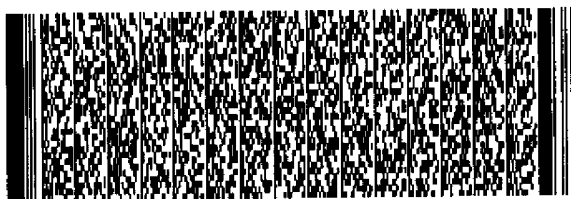


五、發明說明 (7)

之去除可經由使用適用於防蝕劑之去膜劑而完成，且通常使用鹼性溶液諸如苛性鈉之溶液。當使用由金屬箔與薄膜、片材等等所形成之層壓製品作為基礎材料時，可視需要將薄膜、片材等等剝除。根據本發明之集電器可以如前所述的方式製造。

根據本發明之集電器於其中界定許多開口。此等開口可具有實質上規則的六角形，因此其可以蜂巢圖案配置。經發現使用此種集電器可提供具有改良阻抗特性以及具有改良電容利用之電池。在此情況，以蜂巢圖案配置之通過各別集電器之開口係在集電器分別要與正極薄膜及負極薄膜保持接觸之區域形成，而在各別的引線中並未形成開口。此等開口之平均直徑可自0.1至5毫米較佳，自0.5至2毫米更佳。此處所使用之術語「開口之直徑」係指在規則六角形之相對頂點之間的距離(圖5中之a)。術語「平均直徑」係指在集電器中之許多開口的算術平均直徑。然而，應注意在以蜂巢圖案配置之開口的情況中，開口具有實質上相同的尺寸，及平均直徑實際上等於各開口之直徑。此外，當所有開口係以蜂巢圖案配置時，在相鄰開口之相鄰邊之間的寬度(圖5中之b)實質上相同，而與相鄰開口的位置無關，且其可自0.1至5毫米較佳，自0.5至2毫米更佳。此外，以如前所述之方式製造之集電器具有以在自5至100微米之範圍內較佳之厚度，以自20至50微米之範圍為更佳。

根據本發明之聚合物電池可以即將說明於下之方式製造。



五、發明說明 (8)

將皆經形成為片狀形態之前述的正及負極材料分別與正及負極集電器整合，因而形成正及負極。此整合可利用，例如，熱層合，而達成。另一種方式為可將分別包含正及負極材料之混合物分別直接塗布於集電器上，然後再將其乾燥。因此，對於整合的方式並無限制。

將分離器薄膜置於如此製得的正及負極之間，並將此等組件整合成層壓製品。此整合可利用，例如，熱層合，而進行。接著將如此製得之層壓製品浸於塑化劑之萃取溶劑中，以致將塑化劑部分或完全萃取，以完全萃取較佳。較佳的溶劑為可與塑化劑相容，且對聚合物亦為惰性之低沸點溶劑。此一溶劑之說明例為甲醇、乙醚、己烷及環己烷。於萃取後，經由使溶劑蒸發至乾而將其移除。

接下來將層壓製品浸於電解質溶液中。電解質溶液係支援電解質在高介電常數溶劑中之溶液，且可使用可用在習知之鋰離子可再充電電池中之電解質溶液。溶劑之例子可包括碳酸丙二酯、碳酸乙二酯、碳酸二甲酯、二甲亞砜、 γ -丁內酯、四氫噻吩砜、1,2-二甲氧乙烷、四氫呋喃、1,4-二氧五環、及碳酸二乙酯。此等溶劑可單獨或結合使用。電解質之例子可包括 LiCF_3SO_3 、 LiAsF_6 、 LiBF_4 、 LiClO_4 、及 LiPF_6 。此等電解質亦可單獨或結合使用。電解質之濃度一般可自0.5至5 M。層壓製品中之塑化劑係如前所述經電解質溶液部分或完全置換，以經完全置換較佳。然後將除正及負極之引線外之層壓製品密封，因而製得聚合物電池。



五、發明說明 (9)

以下將由實施例說明本發明。

實施例1

利用網印將鹼可溶的防蝕劑塗布於50微米厚鋁箔之一面的整個表面上，並在120℃下乾燥2分鐘。然後將另一面印刷如圖2所說明之相同的防蝕劑，隨後再在120℃下乾燥20分鐘。其次以蝕刻劑(氯化鐵)處理經如此印刷之鋁箔，因而在未印刷防蝕劑之區域的鋁瀝濾出。於洗滌後，以鹼性溶液處理及移除防蝕劑，而製得類似於圖1所說明之集電器。

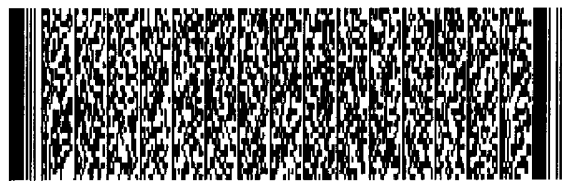
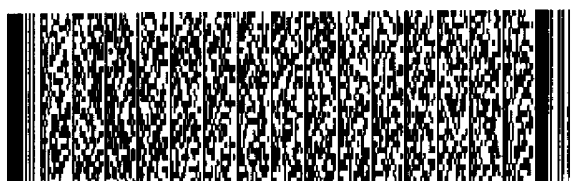
實施例2

使用40微米厚之鋁箔以與實施例1類似之方式進行蝕刻，因而製備得15毫米×200毫米之試樣，其中一個於其中界定以蜂巢圖案配置之規則的六角形開口，及另一個具有卵形開口。測試該等試樣之拉伸強度及屈服強度。對相同形狀及尺寸之60微米厚的有孔金屬進行類似的測量，以作為比較之用。

結果呈現於表1。由此表可發現於其中界定以蜂巢圖案配置之開口之根據本發明的集電器可承受有孔金屬之大約10倍多的拉伸力。

表1

	開口形狀	線寬	開口面積率	拉伸強度 (kg/mm ²)		屈服強度 (kg/mm ²)	
		(mm)	(%)	MD*	CD**	MD*	CD**
蝕刻箔	規則六角形	0.2	60	2.4	2.9	2.0	2.3



五、發明說明 (10)

	(蜂巢圖案)						
蝕刻箔	卵形	0.2	50	0.6	3.7	0.4	3.3
有孔箔	菱形	0.15	70	0.3	1.9	0.2	1.1

* MD : 縱向

** CD : 橫向

實施例3

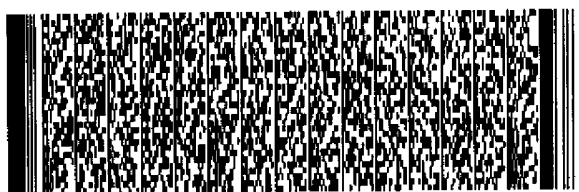
(1) 蜂巢形集電器之製造

將由20微米厚鋁箔及50微米厚聚酯薄膜所形成之層合薄膜貼合於具有防蝕劑之鋁箔的表面。然後以與實施例1類似之方式處理經如此貼合的層合薄膜，因而製得設有引線，並於其中界定以蜂巢圖案配置之規則六角形開口之鋁箔作為正極之集電器。所有的規則六角形開口皆具有1.0毫米之直徑，且相鄰規則六角形開口之相鄰邊皆彼此隔開0.3毫米之寬度。

使用由20微米厚銅箔及50微米厚聚酯薄膜所形成之另一層合薄膜，亦同樣地製得供負極用之類似形狀的集電器。

(2) 正極之製造

使110克作為溶劑之丙酮及100克由 LiCoO_2 、「Ensaco 250」(導電性碳之商品名，MMM碳(MMM Carbon)之產品)、「KYNAR2801」(偏二氟乙烯-六氟丙烯共聚物之商品名，日本艾爾富(Elf Atochem Japan)之產品)及酞酸二丁酯以70/5/8/17之重量比所組成之原料在摻混機中混合10分鐘(4,000 rpm)。利用刮板將所得混合物塗布至均勻厚度，並使丙酮蒸發至乾，因而製得厚度130微米之正極薄膜。



五、發明說明 (11)

然後使在以上製得之鋁集電器及正極薄膜一起在約120℃下熱層合成正極。

(3) 負極之製造

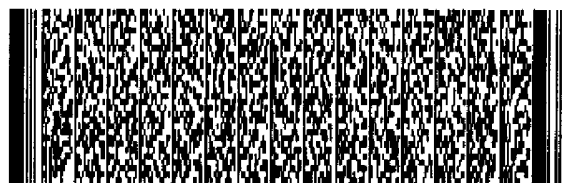
使用在鋰電池中被廣泛使用作為負極材料之介相(mesophase)碳材料(「MCMB25-28」, 商品名; 大阪氣體股份有限公司(Osaka Gas Co., Ltd.)之產品)。使200克作為溶劑之丙酮及100克由「MCMB25-28」、「Ensaco 250」(導電性碳)、「KYNAR2801」及酞酸二丁酯以69.4/2.2/8.6/19.8之重量比所組成之原料在摻混機中混合。利用刮板將所得混合物塗布至均勻厚度, 並使丙酮蒸發至乾, 因而製得厚度150微米之負極薄膜。然後使在以上製得之銅集電器及負極薄膜一起在約120℃下熱層合成負極。

(4) 分離器之製造

使225克丙酮及100克由SiO₂、「KYNAR2801」及酞酸二丁酯以22/33/44之重量比所組成之原料在摻混機中混合。利用刮板將所得混合物塗布至均勻厚度, 並使丙酮蒸發至乾, 因而製得厚度70微米之分離器。

(5) 電解槽之組合

將以上製得之三類型的薄膜在130℃下熱層合成整體單元。將如此製得之成品浸於甲醇中, 以萃取作為塑化劑之酞酸二丁酯。然後使成品吸收電解質溶液(LiPF₆溶於碳酸乙二酯及碳酸二甲酯之2:1混合溶劑中之1M溶液)。將成品置於氣密袋中, 然後使正及負引線延伸出袋外而密封,



五、發明說明 (12)

因而製得電池電解槽。

比較實施例1

以與實施例3類似之方式製造電池電解槽，除了分別使用鋁之有孔金屬及銅之有孔金屬作為正極之集電器及作為負極之集電器。

評估試驗1

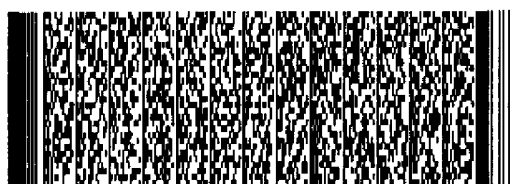
邊利用阻抗分析儀改變頻率，邊測量如前述所製得之兩類型電解槽的阻抗特性。結果示於圖6。由圖6可明瞭與比較實施例1之電池電解槽比較，實施例2之電池電解槽的阻抗較低且起始阻抗特性優良。

此外，亦利用充電及放電測試儀測量其負載特性。結果示於圖7。由圖7可明瞭與比較實施例1之電池電解槽比較，實施例2之電池電解槽在較高放電速率下之電容利用優良。

本申請案聲明1999年6月1日提出申請之日本專利申請案No. 154194/1999及1998年12月25日提出申請之日本專利申請案No. 368625/1998之優先權，將此兩篇專利併入本文為參考資料。

元件編號之說明

- | | |
|----|---------|
| 1 | 集電器本體 |
| 2 | 引線 |
| 11 | 金屬箔基礎材料 |
| 12 | 防蝕劑 |



圖式簡單說明

圖示之簡單說明

圖1係設有引線之根據本發明之一較佳具體例之集電器的平面圖；

圖2係以具有引線之集電器之圖案經防蝕劑掩蔽之金屬箔底板的平面圖；

圖3係圖2之金屬箔底板之示意圖；

圖4係金屬箔底板之平面圖，其在其之整個表面上方，除了呈網狀圖案之開口之外，經防蝕劑掩蔽；

圖5係顯示具有以蜂巢圖案配置之開口之集電器之構造的局部平面圖；

圖6係阻抗特性圖；及

圖7係負載特性圖。

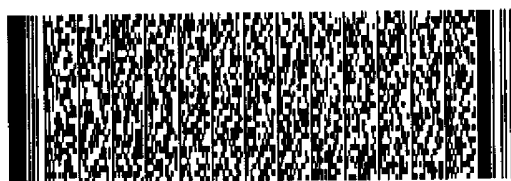


四、中文發明摘要 (發明之名稱：電池用集電器)

本發明提供一種聚合物可再充電電池，其係經由將包含聚合物及塑化劑之分離器整體固定於正及負極之間，然後再以電解質溶液置換塑化劑而製得。正及負極分別設有經由蝕刻金屬箔基礎材料而製得之集電器。本發明亦提供此種集電器。根據本發明之聚合物可再充電電池的阻抗特性、負載特性等等優異。

英文發明摘要 (發明之名稱：CURRENT COLLECTORS FOR BATTERY)

This invention provides a polymer rechargeable battery, which is obtained by integrally holding a separator, which comprises a polymer and a plasticizer, between positive and negative electrodes and then replacing the plasticizer with an electrolyte solution. The positive and negative electrodes are provided with current collectors obtained by etching metal-foil base materials, respectively. This invention also provides such current collectors. The polymer rechargeable



四、中文發明摘要 (發明之名稱：電池用集電器)

英文發明摘要 (發明之名稱：CURRENT COLLECTORS FOR BATTERY)

bat-tery according to this invention is excellent in im-pedance characteristic, load characteristic and the like.



六、申請專利範圍

1. 一種供聚合物電池用之集電器，其可由將電解槽與由聚合物及塑化劑製得之分離器組合，然後再以電解質溶液置換該塑化劑而製得，其中該集電器可由蝕刻金屬箔基礎材料而得，且其具有許多開口。

2. 如申請專利範圍第1項之集電器，其更包括引線，該集電器及該引線係與該金屬箔基礎材料形成為整體單元且具有許多開口。

3. 如申請專利範圍第1項之集電器，其中該開口係以蜂巢圖案配置。

4. 如申請專利範圍第1項之集電器，其中該金屬箔基礎材料係為鋁箔基礎材料或銅箔基礎材料。

5. 一種製造聚合物可再充電電池之方法，其包括：

將供正極用之集電器與包含第一聚合物、第一塑化劑及正極活性材料之正極材料整合成該正極，其中該集電器係經由蝕刻金屬箔基礎材料而製得，且於其中界定蜂巢圖案之開口；

將供負極用之集電器與包含第二聚合物、第二塑化劑及負極活性材料之負極材料整合成該負極，其中該集電器係經由蝕刻金屬箔基礎材料而製得，且於其中界定蜂巢圖案之開口；

將包括第三聚合物及第三塑化劑之分離器整體固定於該正極與該負極之間；及

以電解質溶液置換該第一、第二及第三塑化劑。



圖 1

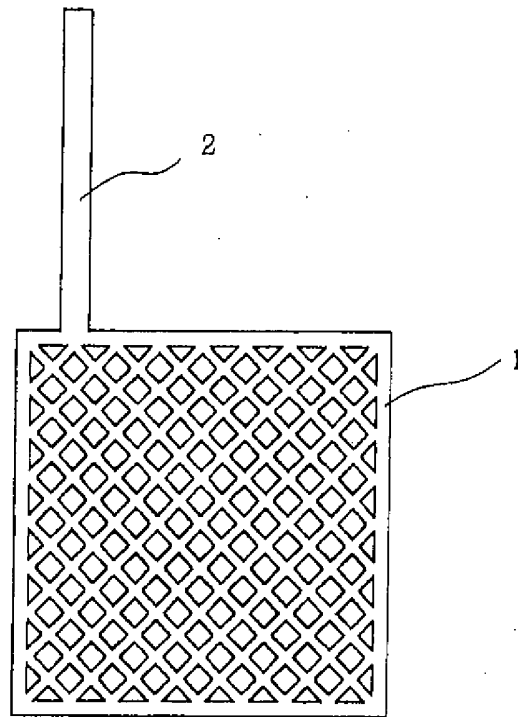
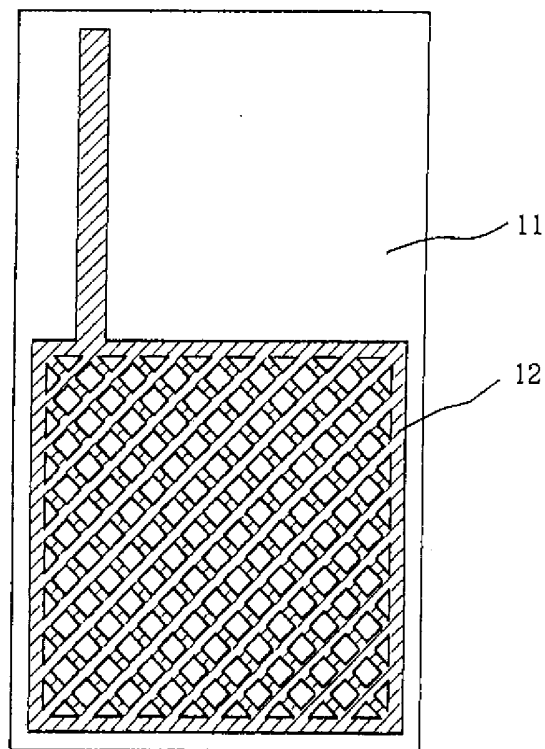


圖 2



545664

圖 3

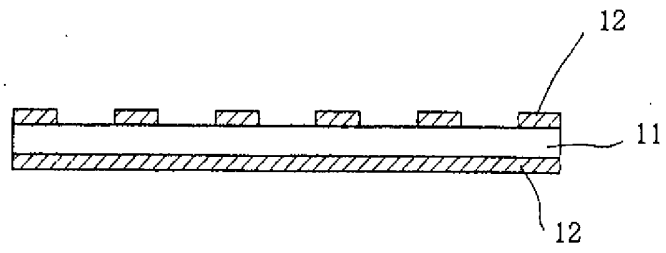


圖 4

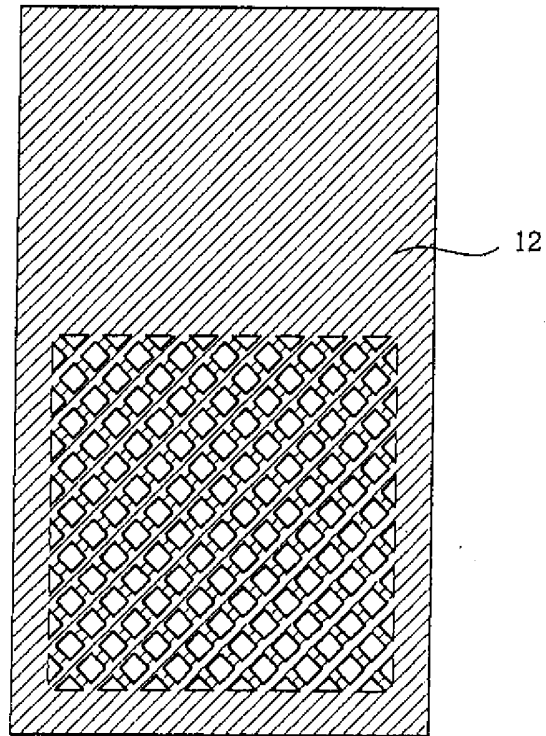


圖5

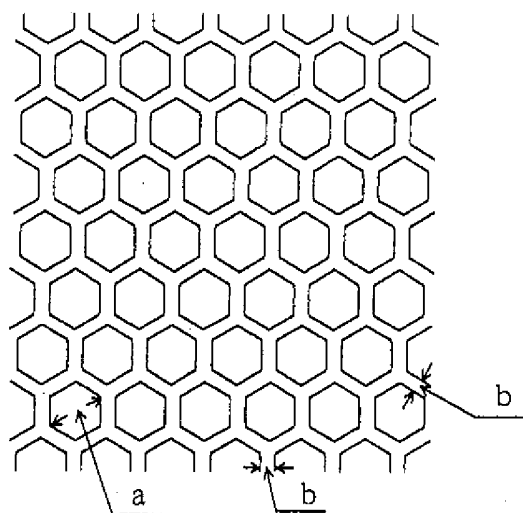


圖 6

阻抗光譜之比較

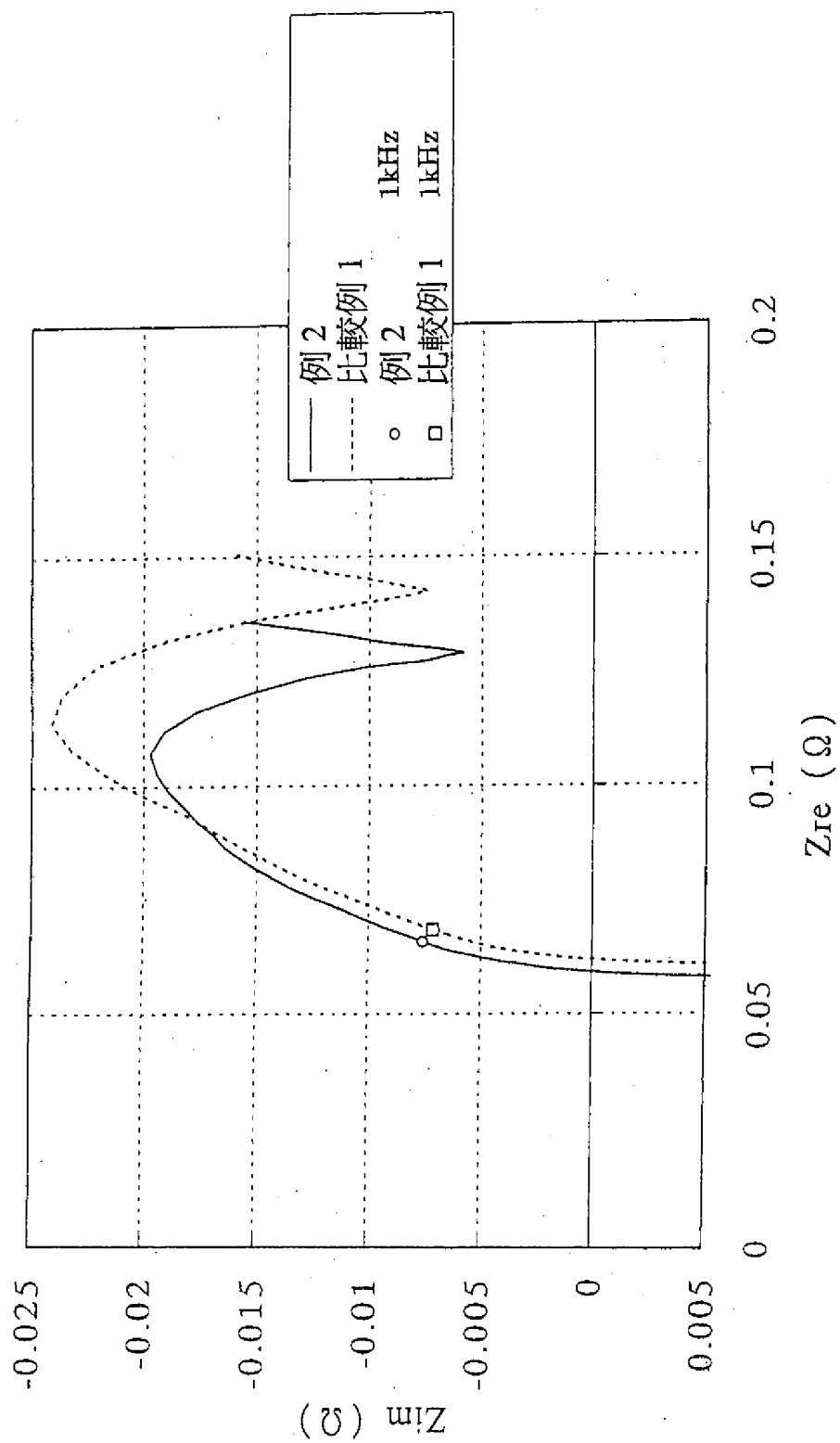
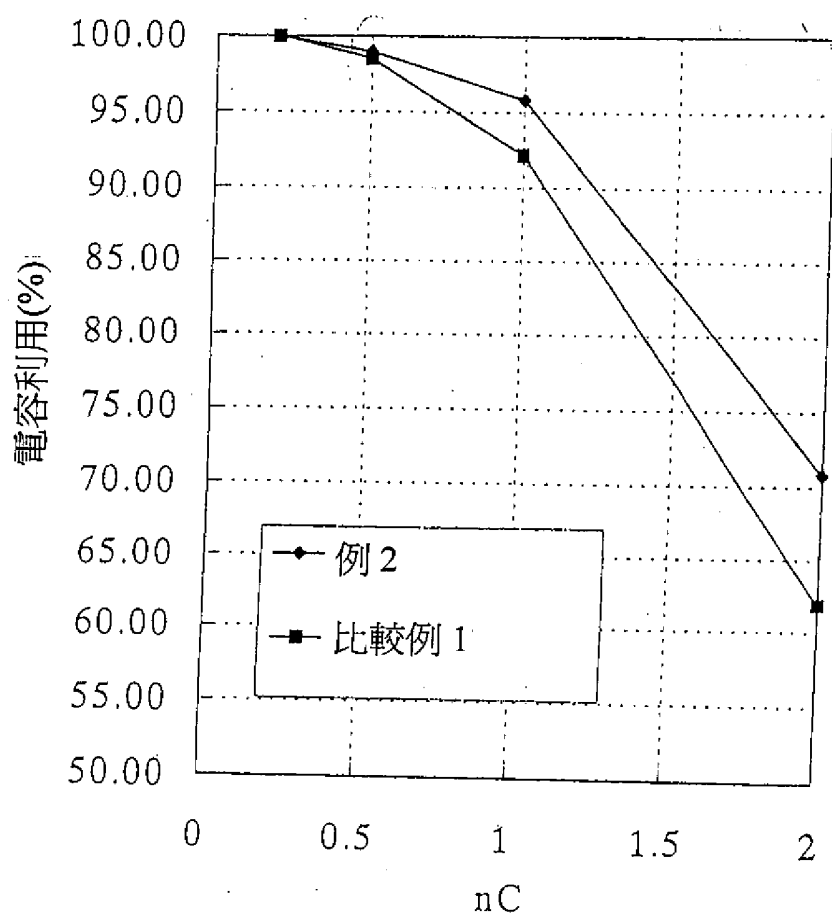


圖7



六、申請專利範圍

1. 一種供聚合物電池用之集電器，其可由將電解槽與由聚合物及塑化劑製得之分離器組合，然後再以電解質溶液置換該塑化劑而製得，其中該集電器可由蝕刻金屬箔基礎材料而得，且其具有許多開口。

2. 如申請專利範圍第1項之集電器，其更包括引線，該集電器及該引線係與該金屬箔基礎材料形成為整體單元且具有許多開口。

3. 如申請專利範圍第1項之集電器，其中該開口係以蜂巢圖案配置。

4. 如申請專利範圍第1項之集電器，其中該金屬箔基礎材料係為鋁箔基礎材料或銅箔基礎材料。

5. 一種製造聚合物可再充電電池之方法，其包括：

將供正極用之集電器與包含第一聚合物、第一塑化劑及正極活性材料之正極材料整合成該正極，其中該集電器係經由蝕刻金屬箔基礎材料而製得，且於其中界定蜂巢圖案之開口；

將供負極用之集電器與包含第二聚合物、第二塑化劑及負極活性材料之負極材料整合成該負極，其中該集電器係經由蝕刻金屬箔基礎材料而製得，且於其中界定蜂巢圖案之開口；

將包括第三聚合物及第三塑化劑之分離器整體固定於該正極與該負極之間；及

以電解質溶液置換該第一、第二及第三塑化劑。

