



(21) 申請案號：104115077

(22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 05 月 12 日

(51) Int. Cl. : H01G4/14 (2006.01)

(30) 優先權：2014/05/12 美國 61/991,861

(71) 申請人：柯帕瑟特科學有限責任公司 (美國) CAPACITOR SCIENCES INCORPORATED  
(US)  
美國

(72) 發明人：拉札芮夫 派弗 艾文 LAZAREV, PAVEL IVAN (US)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：27 項 圖式數：3 共 39 頁

(54) 名稱

能量儲存裝置及其製造方法

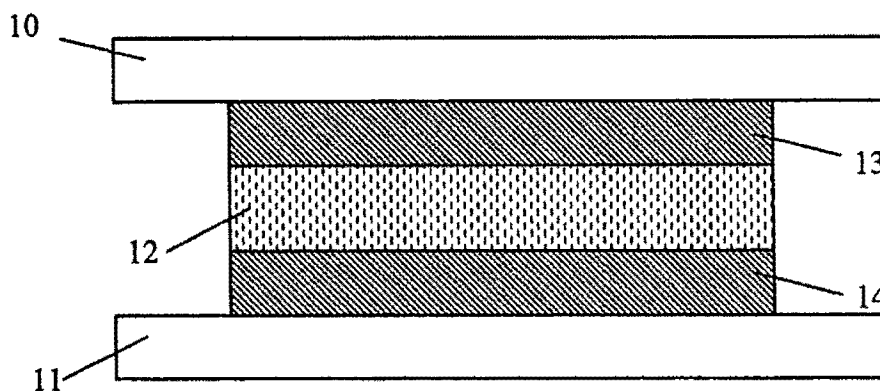
ENERGY STORAGE DEVICE AND METHOD OF PRODUCTION THEREOF

(57) 摘要

本發明大體上係關於電氣工程及電子領域。更具體言之，本發明係關於電路之被動組件，且更特定言之係關於能量儲存裝置及其製造方法。

The present invention relates generally to the fields of electrical engineering and electronics. More specifically, the present invention relates to passive components of electrical circuitry and more particularly to energy storage devices and method of production thereof.

指定代表圖：



符號簡單說明：

10 . . . 電極

11 . . . 電極

12 . . . 層

13 . . . 絕緣介電材料層

14 . . . 絕緣介電材料層

圖 2

# 發明摘要

※ 申請案號：104115099

※ 申請日：104.5.12

※IPC 分類：H01G 4/4 (2006.01)

## 【發明名稱】

能量儲存裝置及其製造方法

ENERGY STORAGE DEVICE AND METHOD OF PRODUCTION  
THEREOF

## 【中文】

本發明大體上係關於電氣工程及電子領域。更具體言之，本發明係關於電路之被動組件，且更特定言之係關於能量儲存裝置及其製造方法。

## 【英文】

The present invention relates generally to the fields of electrical engineering and electronics. More specifically, the present invention relates to passive components of electrical circuitry and more particularly to energy storage devices and method of production thereof.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（ 2 ）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

- 10 電極
- 11 電極
- 12 層
- 13 絕緣介電材料層
- 14 絕緣介電材料層

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

無

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】

能量儲存裝置及其製造方法

ENERGY STORAGE DEVICE AND METHOD OF PRODUCTION  
THEREOF

交叉參考：本申請案主張美國臨時專利申請案第61/991,861號之優先權，該案之全部內容及揭示內容併入本文中。

## 【技術領域】

本發明大體上係關於電路之被動組件，且更特定言之係關於能量儲存裝置及其製造方法。

## 【先前技術】

電容器係一種用於以靜電場形式儲存能量，且包括一對被介電層隔開之電極之被動電子組件。當兩個電極間存在電位差時，介電層中存在電場。此電場可儲存能量，且理想的電容器係以單一恆定電容值為特徵，電容係每個電極上的電荷與其間之電位差之比率。在實踐中，電極間之介電層通過少量洩漏電流。電極及導線引入等效串聯電阻，且介電層對電場強度具有極限，其導致擊穿電壓。最簡單的能量儲存裝置由兩個由電容率為 $\epsilon$ 之介電層隔開之平行電極組成，各電極具有面積 $S$ ，且彼此以距離 $d$ 放置。將電極視為在面積 $S$ 上均勻延伸，且表面電荷密度可以以下方程式表示： $\pm\rho=\pm Q/S$ 。由於電極之寬度遠大於間隔(距離) $d$ ，所以電容器靠近中心的電場將係均勻，振幅 $E=\rho/\epsilon$ 。將電壓定義為電極間電場之線性積分。理想電容器係以恆定電容 $C$ 為特徵， $C$ 係由式(1)定義

$$C=Q/V, (1)$$

其顯示電容隨著面積而增加，並隨著距離而減小。因此，由高電容率材料製成之裝置之電容最大。

特徵電場(稱為擊穿強度 $E_{bd}$ )係電容器之介電層變得導電時之電場。出現此現象時之電壓稱為該裝置之擊穿電壓，且係以介電強度與電極間之間隔之乘積給出，

$$V_{bd}=E_{bd}d (2)$$

電容器中所儲存之最大體積能量密度受到與 $\sim\epsilon \cdot E_{bd}^2$ 成比例之值之限制，其中 $\epsilon$ 為介電電容率，且 $E_{bd}$ 為擊穿強度。因此，為增加電容器之儲存能量，有必要提高介電質之介電磁導率 $\epsilon$ 及擊穿強度 $E_{bd}$ 。

就高電壓應用而言，必須使用大得多的電容器。有幾個因素可使擊穿電壓急劇下降。導電電極之幾何形狀對此等應用很重要。特定言之，尖銳邊緣或點可大幅增加局部電場強度，且可導致局部擊穿。任一點一旦發生局部擊穿，該擊穿將迅速「沿路(trace)」穿過介電層，直至其達到相對電極，並導致短路。

介電層之擊穿通常係如下發生。電場強度變得高得足以使電子擺脫介電材料之原子，並使其自一個電極向另一電極傳導電流。介電質中存在雜質或晶體結構有缺陷可導致如在半導體裝置中觀察到之雪崩擊穿。

介電材料之其他重要特性係其介電電容率。電容器使用不同類型之介電材料，且該等介電材料包括陶瓷、聚合物膜、紙及不同類型之電解電容器。最廣泛使用的聚合物膜材料係聚丙烯及聚酯。提高介電電容率可增加體積能量密度，從而使其成為重要的技術課題。

介電常數超高的聚苯胺複合物PANI-DBSA/PAA係在十二烷基苯磺酸鹽(DBSA)存在下使苯胺在聚丙烯酸(PAA)水性分散液中原位聚合而合成(參見 Chao-Hsien Hoa 等人，「High dielectric constant

polyaniline/poly(acrylic acid) composites prepared by in situ polymerization」, Synthetic Metals 158 (2008), 第630至637頁)。水溶性PAA充當聚合穩定劑, 保護PANI顆粒免於發生肉眼可見的聚集。含30重量% PANI之複合物達到約 $2.0 \times 10^5$ 之極高介電常數(在1 kHz下)。已探究PANI含量對複合物之形態、介電或電學性質之影響。已分析介電電容率、介電損耗、損耗正切及電模量在0.5 kHz至10 MHz之頻率範圍內之頻率相依性。SEM顯微照片顯示, 具有高PANI含量(亦即, 20重量%)之複合物係由許多均勻分佈在PAA基質中之奈米級PANI顆粒組成。高介電常數係歸因為小型PANI顆粒電容器之總和。此材料之缺陷係可能發生滲濾(percolation)及在電場下形成至少一條連續導電路徑, 且發生此事件之可能性隨著電場增加而增加。當電容器電極間形成至少一條穿過相鄰導電PANI顆粒之路徑(軌跡)時, 其使此電容器之擊穿電壓下降。

摻雜苯胺寡聚物之單晶係經由簡單的溶液基自組裝方法製造(參見 Yue Wang 等人, 「Morphological and Dimensional Control via Hierarchical Assembly of Doped Oligoaniline Single Crystals」, J. Am. Chem.Soc.2012, 134, 第9251至9262頁)。詳細的機理研究顯示, 形態及尺寸不同之晶體可藉由「自下而上(bottom-up)」層級組裝製造, 其中諸如一維(1-D)奈米纖維之結構可聚集成更高階架構。藉由控制晶體之成核作用及摻雜寡聚物間之非共價相互作用可得到各種各樣的結晶奈米結構, 包括1-D奈米纖維及奈米線、2-D奈米帶及奈米片、3-D奈米板、堆疊片材、奈米花、多孔網狀結構、中空球體及扭紋線圈。此等奈米級晶體相比於其塊材對應物呈現高導電率及受關注的結構-性質關係, 諸如形狀相依性結晶度。此外, 此等結構之形態及尺寸大體上可藉由經由吸收研究監測分子-溶劑相互作用來合理化及預測。使用摻雜四苯胺作為模型系統, 此文章中所呈現之結果及策略為有機

材料之形狀及尺寸控制之總體方案提供深刻見解。

有一種基於多層結構之已知能量儲存裝置。該能量儲存裝置包括第一及第二電極以及包括阻擋及介電層之多層結構。第一阻擋層係配置在該第一電極與介電層之間，且第二阻擋層係配置在該第二電極與介電層之間。該等第一及第二阻擋層之介電常數均獨立地大於該介電層之介電常數。圖1顯示一個示例性設計，其包括電極1及2以及多層結構，其包括由介電材料製成之層(3、4、5)，該等層係藉由阻擋材料之層(6、7、8、9)隔開。阻擋層6及9係相應地鄰近電極1及2配置，且係以高於介電材料之介電常數之介電常數為特徵。此裝置之缺陷在於，與電極直接接觸之具高介電電容率之阻擋層會導致能量儲存裝置破壞。基於複合材料且包含極化顆粒(諸如PANI顆粒)之高介電電容率材料會出現滲濾現象。所形成層的多晶結構在微晶間邊緣上具有多個纏結(tangling)化學鍵。當所用具有高介電電容率之材料具有多晶結構時，會沿著晶粒邊緣出現滲濾。已知裝置之另一缺陷在於昂貴製造程序，亦即真空沉積所有層。

相對於電化學能量儲存(例如電池)，電容器作為能量儲存裝置具有眾所周知之優勢。相比於電池，電容器可以極高功率密度(亦即充電/再充電速率)儲存能量，具有長存放期且極少劣化，且可充電及放電(循環)數十萬次或數百萬次。然而，電容器通常並不與電池之情形一樣以小體積或重量儲存能量或以低能量儲存成本儲存能量，其使得電容器對一些應用(例如電動汽車)而言不切實際。因此，若能提供體積及質量能量儲存密度較高且成本較低之電容器，將係能量儲存技術中的一種進步。

本發明解決進一步增加能量儲存裝置之儲存能量之體積及質量密度之問題，且同時降低材料及製造過程之成本。

### 【發明內容】

本發明提供一種能量儲存裝置，其包括第一電極、第二電極及配置在該等第一與第二電極間之固體多層結構。該等電極係平坦且平面，且彼此平行而置，且該固體多層結構包括  $m$  個均質絕緣及導電層。該等層係平行於該等電極而置，且該等層具有以下順序：A-B-(A-B-...A-B-)A，其中A為包括絕緣介電材料之絕緣層，B為導電層，且層數量  $m$  等於或大於3。

在另一態樣中，本發明提供一種製造能量儲存裝置之方法，其包括以下步驟：(a)製備充當電極之一之導電基板，(b)形成固體多層結構，及(c)在該多層結構上形成第二電極，其中形成該多層結構包括交替施加絕緣層及導電層之步驟或共擠壓層之步驟。

### 【圖式簡單說明】

圖1係顯示根據先前技術之能量儲存裝置之典型設計之示意圖。

圖2為根據本發明之一實施例之能源儲存裝置之示意圖。

圖3為根據本發明之另一實施例之能源儲存裝置之示意圖。

### 【實施方式】

已大體上描述本發明之實施例，藉由參考具體較佳實施例可獲得進一步理解，本文僅係出於說明目的而給出該等較佳實施例，且其無意限制隨附申請專利範圍之範圍。

本文揭示一種能量儲存裝置。依據不同應用，絕緣介電材料之介電電容率  $\epsilon_{ins}$  可在寬範圍內；就大多數應用而言，其將在約2與25間之範圍內。絕緣層包括以以下為特徵之材料：能帶間隙大於4 eV，且擊穿電場強度在約0.01 V/nm與大於2.5 V/nm之範圍內。由於極化率高，與絕緣介電材料之介電電容率相比，導電材料具有相對高介電電容率  $\epsilon_{cond}$ 。因此，包括導電材料之層之介電電容率  $\epsilon_{cond}$  比絕緣層材料之介電電容率  $\epsilon_{ins}$  大10至100,000倍。因此，絕緣層之電場強度  $E_{ins}$  及導電層之電場強度  $E_{cond}$  滿足以下比率： $E_{cond}=(\epsilon_{ins}/\epsilon_{cond})\cdot E_{ins}$ 。因此，電



場強度  $E_{\text{cond}}$  比電場強度  $E_{\text{ins}}$  小得多。因此，為增加能量儲存裝置之工作電壓，需要增加絕緣層之數量。

本發明能量儲存裝置之電容器係由以下表達式決定：

$$C = [d_{\text{ins}} \cdot n_{\text{ins}} / (\epsilon_0 \epsilon_{\text{ins}} S) + d_{\text{cond}} \cdot (n_{\text{ins}} - 1) / (\epsilon_0 \epsilon_{\text{cond}} \cdot S)]^{-1} = \epsilon_0 \cdot S \cdot [d_{\text{ins}} \cdot n_{\text{ins}} / \epsilon_{\text{ins}} + d_{\text{cond}} \cdot (n_{\text{ins}} - 1) / \epsilon_{\text{cond}}]^{-1}, \quad (3)$$

其中  $d_{\text{ins}}$  係絕緣層之厚度， $d_{\text{cond}}$  係導電層之厚度， $n_{\text{ins}}$  係絕緣層之數量， $\epsilon_0$  係真空介電電容率。

根據式(3)，若實施以下不等式，則能量儲存裝置之電容器值係由具有高介電電容率之層決定：

$$d_{\text{cond}} \gg (n_{\text{ins}} / (n_{\text{ins}} - 1)) \cdot (\epsilon_{\text{cond}} / \epsilon_{\text{ins}}) \cdot d_{\text{ins}} \text{ 或}$$

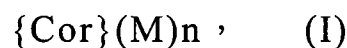
$$d_{\text{cond}} = p \cdot (n_{\text{ins}} / (n_{\text{ins}} - 1)) \cdot (\epsilon_{\text{cond}} / \epsilon_{\text{ins}}) \cdot d_{\text{ins}}, \text{ 其中 } p \geq 3, \quad (4)$$

$$\text{若 } n_{\text{ins}} \gg 1, \text{ 則 } d_{\text{cond}} = p \cdot (\epsilon_{\text{cond}} / \epsilon_{\text{ins}}) \cdot d_{\text{ins}}, \quad (5)$$

因此，絕緣層為電容器提供高擊穿電壓，且導電層為多層結構提供高介電電容率。

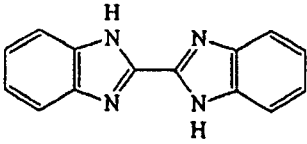
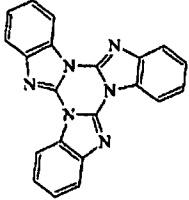
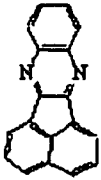
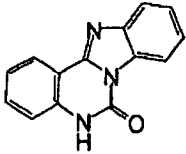
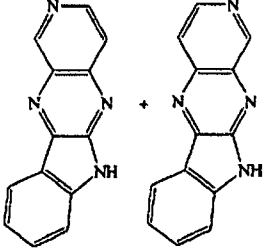
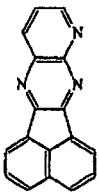
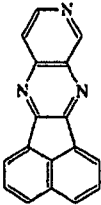
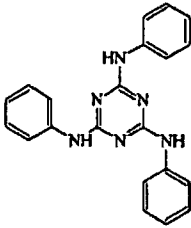
在本發明之一些實施例中，該固體絕緣介電層可具有範圍在非晶與結晶固體層之間不同結構，端視所用材料及製造程序而定。

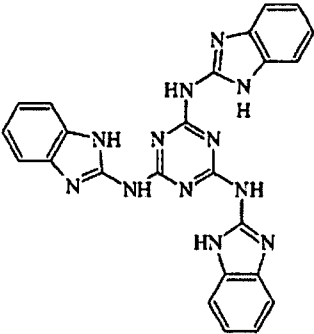
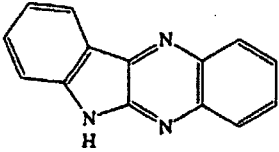
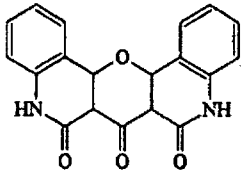
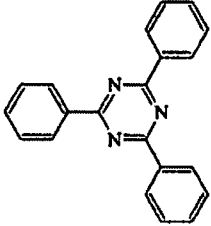
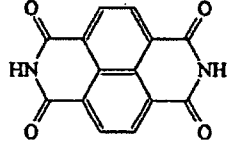
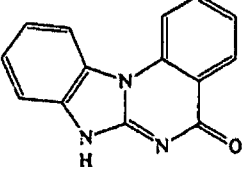
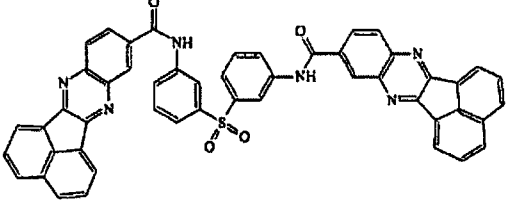
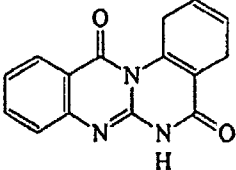
在所揭示能量儲存裝置之一實施例中，絕緣層包括一般結構式I之改質有機化合物：

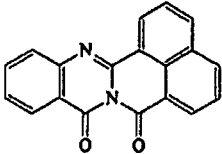
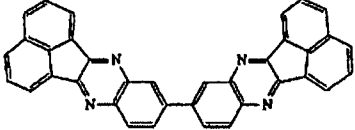
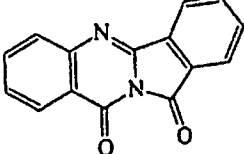
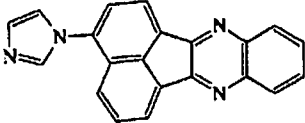
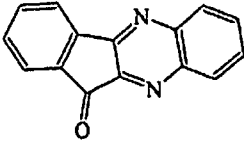
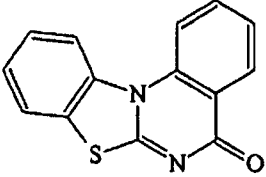
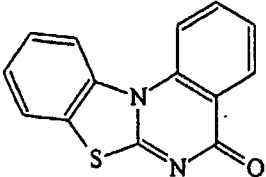
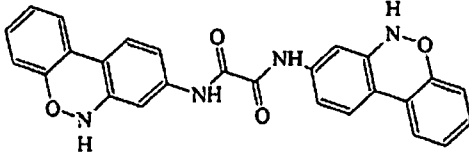
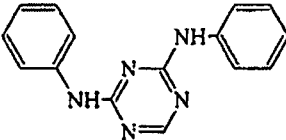
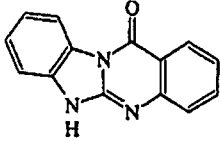


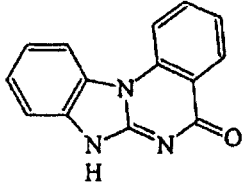
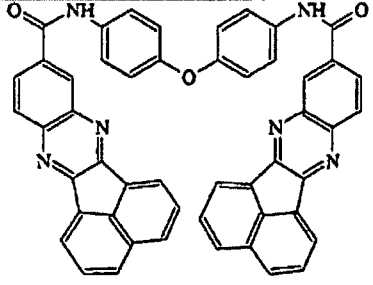
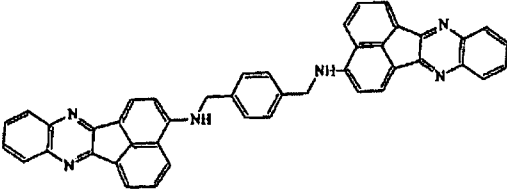
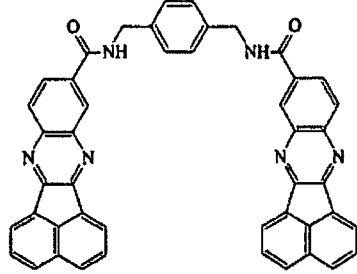
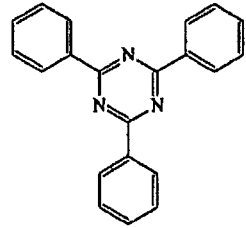
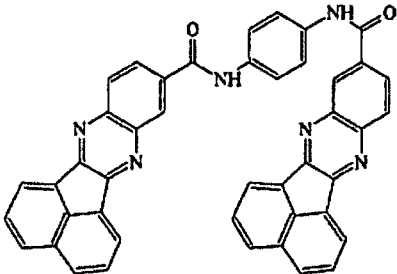
其中 Cor 係具有共軛  $\pi$ -系統之多環有機化合物，M 係改質官能團；且  $n$  係改質官能團之數量，其中  $n \geq 1$ 。在本發明之一實施例中，該多環有機化合物係選自由包含寡苯基(oligophenyl)、咪唑、吡唑、二氫萘、三嗪、陰丹酮且具有選自表1中給出之結構1至43之一般結構式之清單。

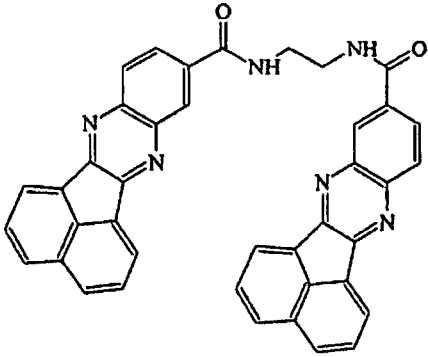
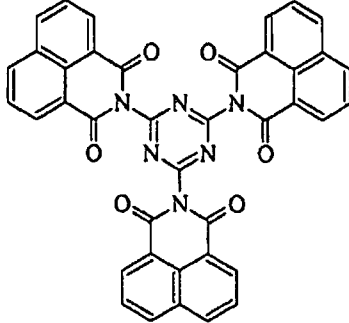
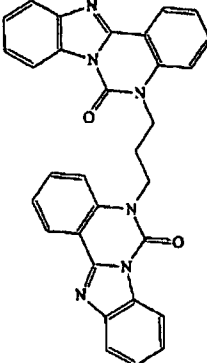
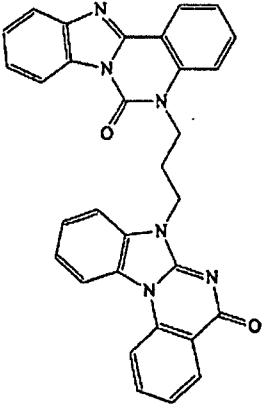
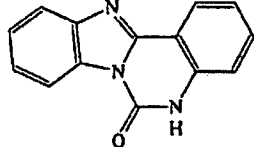
表1.用於絕緣層之多環有機化合物之實例

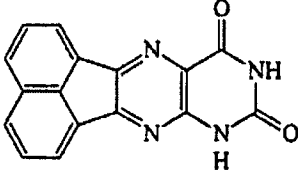
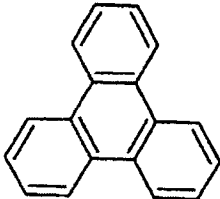
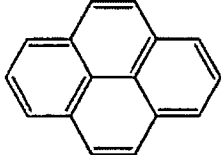
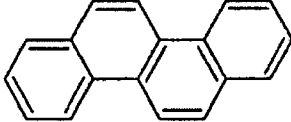
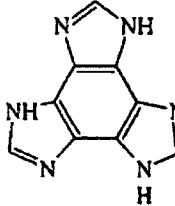
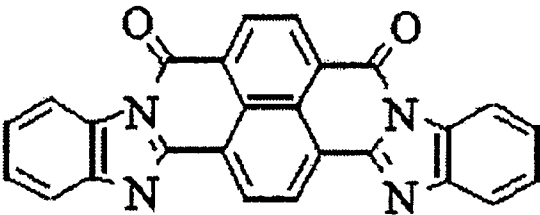
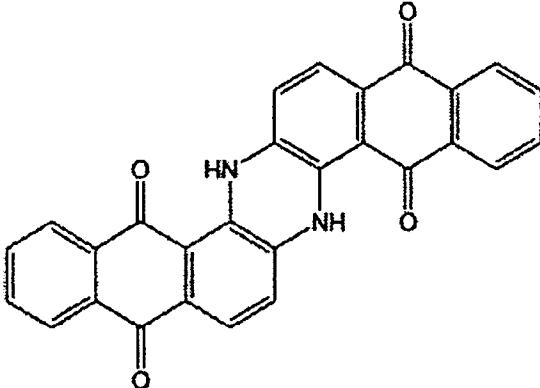
	<p>1</p>
	<p>2</p>
	<p>3</p>
	<p>4</p>
	<p>5</p>
	<p>6</p>
	<p>7</p>
	<p>8</p>

	<p>9</p>
	<p>10</p>
	<p>11</p>
	<p>12</p>
	<p>13</p>
	<p>14</p>
	<p>15</p>
	<p>16</p>

	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
	25
	26

	<p>27</p>
	<p>28</p>
	<p>29</p>
	<p>30</p>
	<p>31</p>
	<p>32</p>

	<p>33</p>
	<p>34</p>
	<p>35</p>
	<p>36</p>
	<p>37</p>

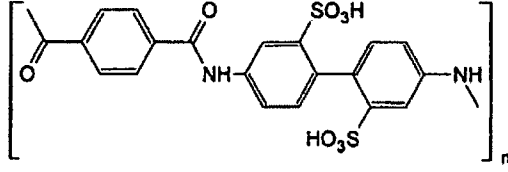
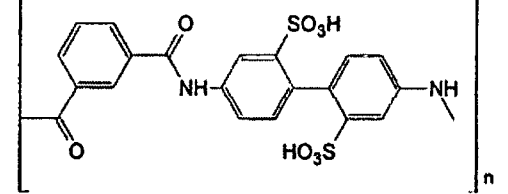
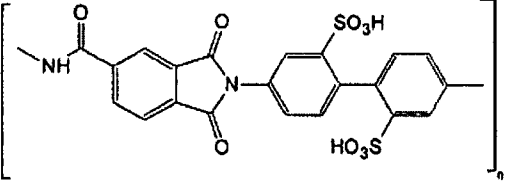
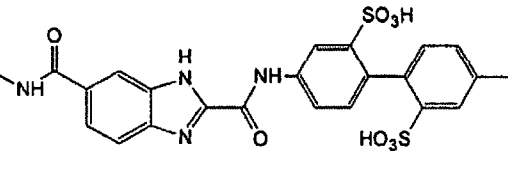
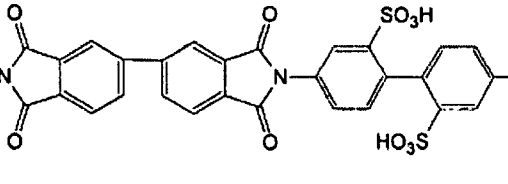
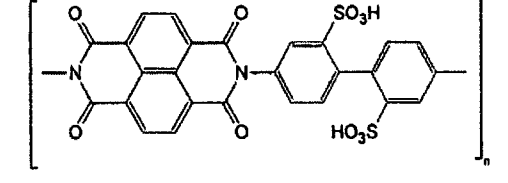
	38
	39
	40
	41
	41
	42
	43

在本發明之另一實施例中，改質官能團係選自由包含以下之清單：烷基、芳基、經取代的烷基、經取代的芳基及其任何組合。該等改質官能團為有機化合物在製造階段提供可溶性，且為電容器之固體

絕緣層提供其他絕緣性質。在本發明之另一實施例中，絕緣層包括選自由包含以下之清單之聚合材料：氟化烷基、聚乙烯、聚(偏二氟乙烯-六氟丙烯)、聚丙烯、氟化聚丙烯、聚二甲基矽氧烷。在本發明之另一實施例中，絕緣層包括基於選自表2中所給出之結構44至49之聚合物所形成的聚合材料。



表2.用於絕緣層之聚合物之實例

 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺對苯二甲醯胺)</p>	44
 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺間苯二甲醯胺)</p>	45
 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺1,3-二側氧基-異吲哚啉-5-甲醯胺)</p>	46
 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺1H-苯并咪唑-2,5-二甲醯胺)</p>	47
 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺3,3',4,4'-聯苯四甲酸二醯亞胺)</p>	48
 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺1,4,5,8-萘四甲酸二醯亞胺)</p>	49

該等列出意用於絕緣層之材料提供不小於0.1伏特/奈米之高電場

可使用眾多導電及半導體(共軛)聚合物作為本發明之導電層。此多種聚合物具有一組獨特的性質，組合金屬及半導體之電子性質以及聚合物之加工優勢及機械性質，參見 A.J.Heeger 等人，「Semiconducting and Metallic Polymers.」，Oxford Graduate Texts, Oxford Press, 2010。

就所揭示的能量儲存裝置而言，固體導電層可具有範圍在非晶與結晶固體層之間不同結構，端視所用材料及製造程序而定。

在本發明之一實施例中，該導電層係結晶。

在本發明之另一實施例中，該導電層包括具有分子導電性之材料。具有分子導電性之導電材料係指含有機分子之材料，其中電荷在外部電場作用下在此等分子之極限內運動。由於移動電荷在此分子內之移位所致，形成沿著電場定向之電偶極子(Jean-Pierre Farges, Organic Conductors, Fundamentals and applications, Marcell-Dekker Inc. NY.1994)。

在本發明之一實施例中，該導電層包括導電寡聚物。在本發明之另一實施例中，導電寡聚物之縱軸主要相對於電極表面垂直定向。在本發明之另一實施例中，導電寡聚物之縱軸主要相對於電極表面平行定向。

在本發明之另一實施例中，包括導電寡聚物之導電層主要具有橫向平移對稱性(lateral translational symmetry)。物體之平移對稱性意指在某一向量上偏移不會改變該物體。

在本發明之一實施例中，導電寡聚物係選自由包含以下之清單：以下對應表3中所給出之結構50至56中一者之結構式。

表3.用於導電層之聚合物之實例

	<p>50</p>
	<p>51</p>
	<p>52</p>
	<p>53</p>
	<p>54</p>
	<p>55</p>
	<p>56</p>

其中X=2、3、4、5、6、7、8、9、10、11及12。

在本發明能量儲存裝置之另一實施例中，導電層包括低分子量導電聚合物。在本發明之另一實施例中，該低分子量導電聚合物包含選自表3中所給出之結構50至56之單體。在所揭示能量儲存裝置之另一實施例中，導電寡聚物另外包含取代基，且係由以下一般結構式II描述：

(導電寡聚物)-- $R_q$  (II)

其中 $R_q$ 係一組取代基， $q$ 係該組 $R_q$ 中取代基 $R$ 之數量，且 $q=1、2、3、4、5、6、7、8、9$ 或 $10$ 。在本發明之另一實施例中，取代基 $R$ 係獨立地選自由包含以下之清單：烷基、芳基、經取代的烷基、經取代的芳基及其任何組合。

在本發明之另一實施例中，絕緣層之厚度( $d_{ins}$ )、導電層之厚度( $d_{cond}$ )、絕緣層之數量( $n_{ins} \geq 2$ )、絕緣介電材料之介電電容率( $\epsilon_{ins}$ )及導電層之介電電容率( $\epsilon_{cond}$ )滿足以下關係：

$$d_{cond} = p \cdot (n_{ins} / (n_{ins} - 1)) \cdot (\epsilon_{cond} / \epsilon_{ins}) \cdot d_{ins}, \text{ 其中 } p \geq 3. \quad (6)$$

所揭示能量儲存裝置之電極可由任何適宜材料製成，包括(但不限於)Pt、Cu、Al、Ag或Au。

所揭示的能量儲存裝置可藉由各種製造方法製造，其一般包括以下步驟：a)製備充當電極之一之導電基板，b)形成多層結構，及c)在該多層結構上形成第二電極。形成該多層結構包括交替施加絕緣層及導電層之步驟或共擠壓層之步驟。

在本發明之一實施例中，形成多層結構之交替步驟包括連續交替施加液體絕緣及導電層之溶液，其中各次施加後續接乾燥步驟，以形成固體絕緣及導電層。依據能量儲存裝置所需之設計，特定言之多層結構中之層數量，重複交替施加步驟，直至該多層結構之形成完成。在此實施例中，絕緣層係形成為該多層結構之第一及最後一層，

與電極直接接觸。

在本發明之一實施例中，形成多層結構之交替步驟包括連續交替施加絕緣及導電層之熔體，其中各次施加後續接冷卻步驟，以形成固體絕緣及導電層。依據能量儲存裝置所需之設計，特定言之多層結構中之層數量，重複交替施加步驟，直至該多層結構之形成完成。在此實施例中，絕緣層係形成為該多層結構之第一及最後一層，與電極直接接觸。

在本發明之另一實施例中，共擠壓層步驟包括

將連續含交替導電材料及絕緣介電材料之液體層組共擠壓至基板上之步驟，隨後乾燥形成固體多層結構。

在本發明之另一實施例中，共擠壓層之步驟包括將連續含交替導電材料及絕緣介電材料熔體之層組共擠壓至基板上之步驟，隨後乾燥形成固體多層結構。

依據能量儲存裝置之設計，特定言之多層結構中之層數量，該擠壓可係在一個步驟中完成或可重複，直至該多層結構之形成完成。絕緣層係與電極直接接觸形成。

為可更容易理解本發明，參考以下實例，該等實例意在說明本發明，而無意限制範圍。

### 實例1

實例1描述一種能量儲存裝置，其包括兩個絕緣層及一個導電層之固體多層結構。

該能量儲存裝置之設計顯示於圖2中，且包括電極10及11以及固體多層結構，其包括兩個被由導電材料製成之層(12)隔開之絕緣介電材料層(13及14)。使用聚苯胺(PANI)作為導電材料，且使用聚乙烯作為絕緣介電材料。絕緣層之厚度為 $d_{ins}=25$  nm。電極10及11係由銅製成。聚乙烯之介電電容率等於2.2 (亦即 $\epsilon_{ins}=2.2$ )。在厚度為1毫米下，

擊穿電壓係  $V_{bd}=40$  千伏 ( $0.04$  v/nm)；因此，厚度為  $25$  nm 之聚乙烯膜具有等於  $1$  伏特之擊穿電壓。因此，電容器之工作電壓不超過兩個厚度各為  $25$  nm 之絕緣層之擊穿電壓  $V_{bd}$ ，其約等於  $2$  V。導電聚合物材料(聚苯胺(PANI))具有等於  $1000$  之介電電容率  $\epsilon_{cond}$  及  $d_{cond}=50$   $\mu$ m 之厚度。

## 實例2

實例2描述一種能量儲存裝置，其包括交替絕緣層及導電層之固體多層結構。

該能量儲存裝置之設計顯示於圖3中，且包括電極15及16以及固體多層結構，其包括交替的絕緣及導電材料層，其中絕緣介電材料層(20、21、22、23)係被由導電材料製成之層(17、18、19)隔開。使用聚苯胺(PANI)作為導電材料，且使用聚乙烯作為絕緣介電材料。絕緣層之厚度為  $d_{ins}=25$  nm。電極15及16係由銅製成。聚乙烯之介電電容率等於  $2.2$  (亦即， $\epsilon_{ins}=2.2$ )，且在  $1$  毫米厚度下之擊穿電壓係  $V_{bd}=40$  千伏。因此，厚度為  $25$  nm 之聚乙烯膜具有等於  $1$  伏特之擊穿電壓。因此，電容器之工作電壓不超過擊穿電壓  $V_{bd}$ ，其約等於  $4$  V。導電聚合物材料(聚苯胺(PANI))具有等於  $1000$  之介電電容率  $\epsilon_{cond}$ 。在此實例中，將包括導電材料之層之厚度選定為  $d_{cond}=50$   $\mu$ m。

## 實例3

實例3描述依據電容器之工作電壓值計算絕緣層之數量及厚度。就製造具有  $100$  伏特工作電壓之能量儲存裝置而言，應增加厚度為  $25$  nm 之絕緣層之數量及/或層厚度需更高，以產生總厚度為約  $2500$  nm 之絕緣材料。就製造使用聚乙烯作為絕緣層(各層厚度為  $25$  nm)之能量儲存裝置之工業應用而言，所需工作電壓將需超過  $100$  層。此估計係基於在  $1$  毫米厚度下之擊穿電壓  $V_{bd}=40$  千伏。此實例中之導電材料之介電電容率等於十萬 ( $100,000$ )。各導電層之厚度約等於  $300$  微米。在

將目標工作電壓增加至1000伏特下，所需絕緣層數量及其厚度增加至  $D=N*d=25000$  nm，其中D係所有層之總厚度，N-係層數量，且d-係各層之厚度。

雖然已參考尤佳實施例詳細描述本發明，但本發明相關一般技術者將瞭解，可在不脫離隨後申請專利範圍之精神及範圍下作出各種修改及改進。

### 【符號說明】

1	電極
2	電極
3	層
4	層
5	層
6	層/阻擋層
7	層
8	層
9	層/阻擋層
10	電極
11	電極
12	層
13	絕緣介電材料層
14	絕緣介電材料層
15	電極
16	電極
17	層
18	層
19	層

20	層
21	層
22	層
23	層



## 申請專利範圍

1. 一種能量儲存裝置，其包括

第一電極，

第二電極，及

配置於該第一及第二電極間之固體多層結構，其中該等電極係平坦平面，且彼此平行而置，且其中該固體多層結構包括  $m$  個絕緣及導電層，該等層係平行於該等電極而配置，且

該等層具有以下順序：A-B-(A-B-...A-B-)A，其中

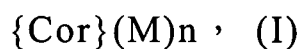
A係包括絕緣介電材料之均質絕緣層，

B係均質導電層，且

$m$ 等於3或更大。

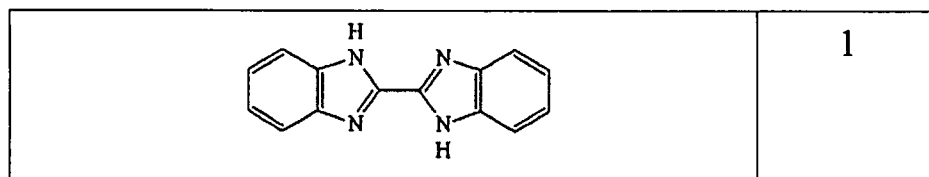
2. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等絕緣層係結晶。

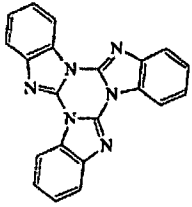
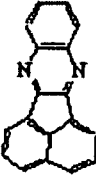
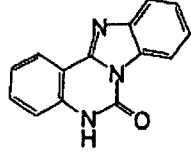
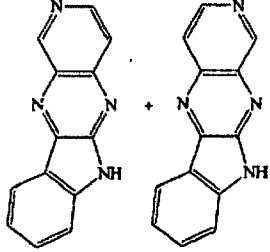
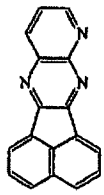
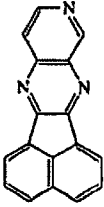
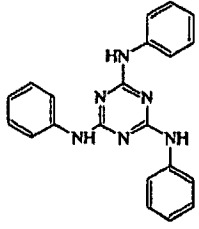
3. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等絕緣層包括一般結構式I之改質有機化合物：

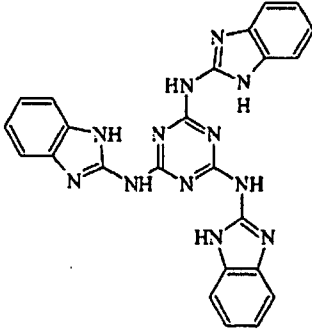
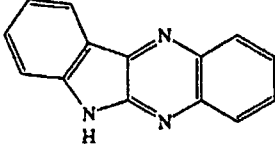
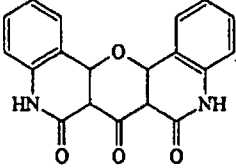
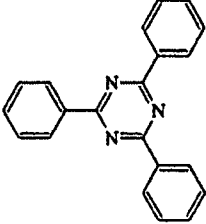
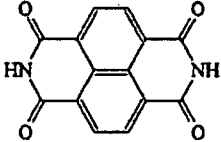
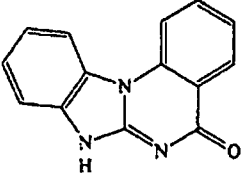
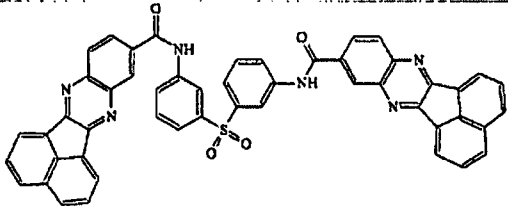
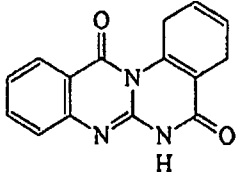


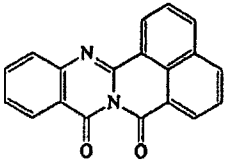
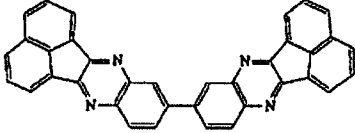
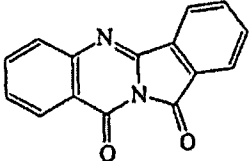
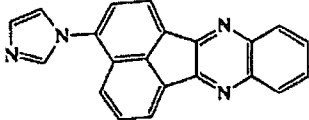
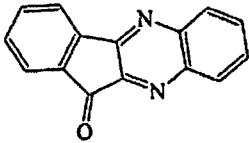
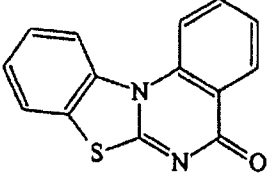
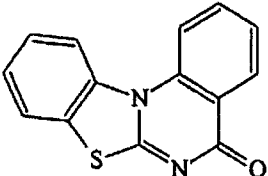
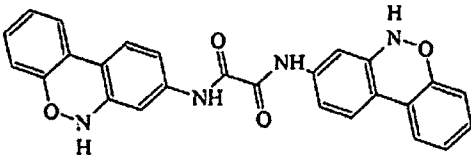
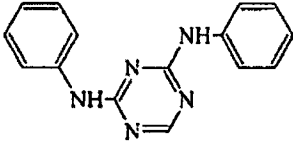
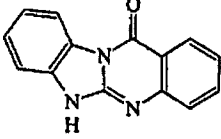
其中Cor係具有共軛 $\pi$ -系統之多環有機化合物，M係改質官能團；且 $n$ 係改質官能團之數量，其中 $n$ 等於1或更大。

4. 如請求項3之能量儲存裝置，其中該多環有機化合物係選自由下列組成之群：寡苯基(oligophenyl)、咪唑、吡唑、二氫萘蔡、三嗪及陰丹酮，且該多環有機化合物具有選自由如下結構1至43組成之群之一般結構式：

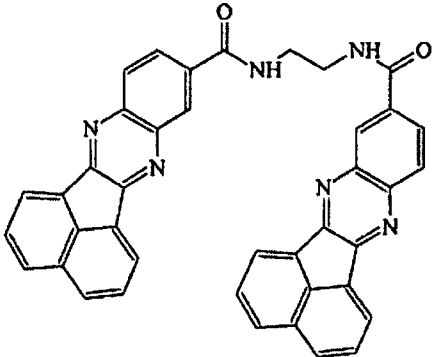
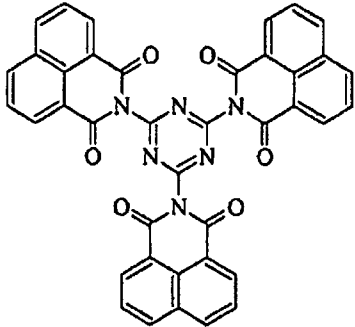
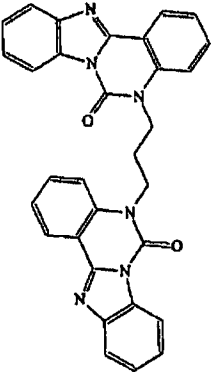
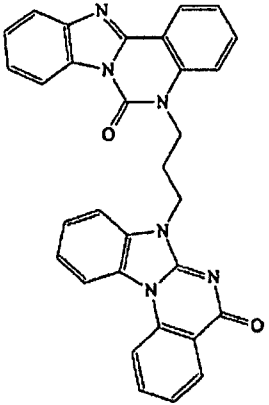
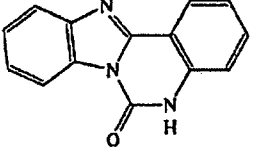


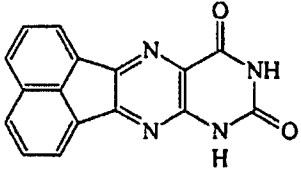
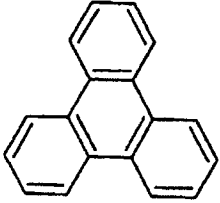
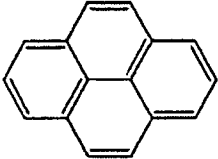
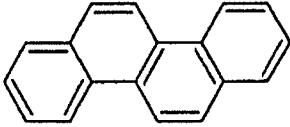
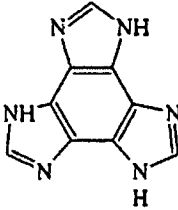
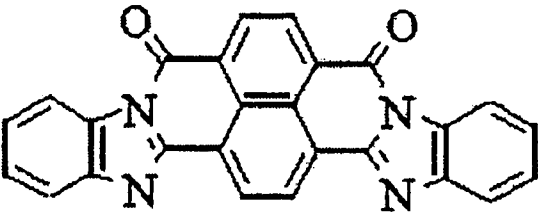
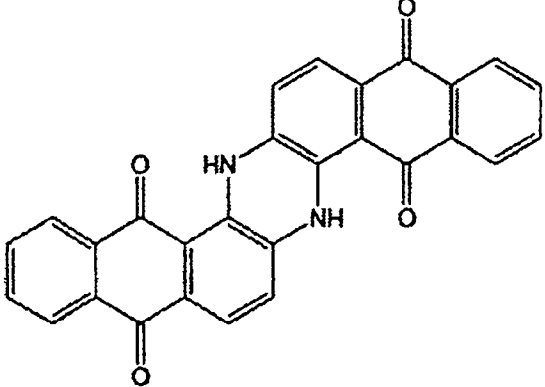
	<p>2</p>
	<p>3</p>
	<p>4</p>
	<p>5</p>
	<p>6</p>
	<p>7</p>
	<p>8</p>

	<p>9</p>
	<p>10</p>
	<p>11</p>
	<p>12</p>
	<p>13</p>
	<p>14</p>
	<p>15</p>
	<p>16</p>

	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
	25
	26

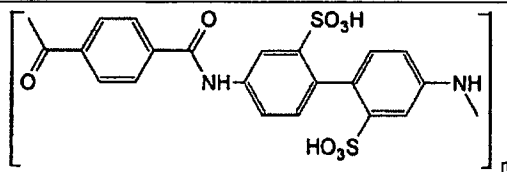
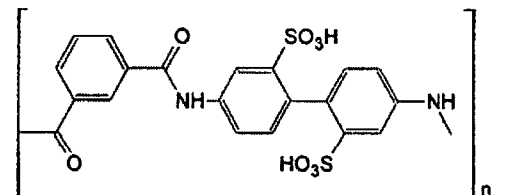
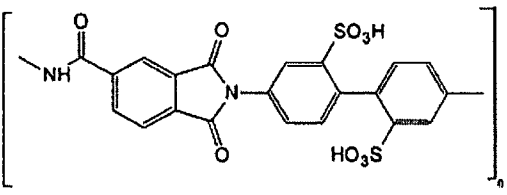
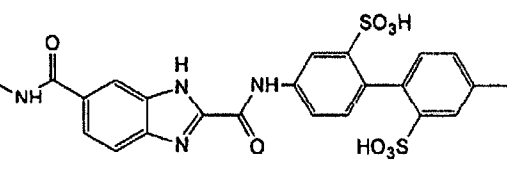
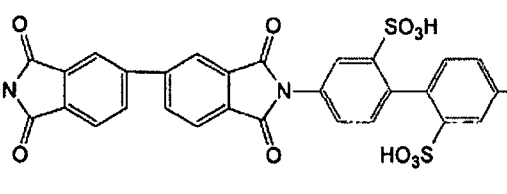
	<p>27</p>
	<p>28</p>
	<p>29</p>
	<p>30</p>
	<p>31</p>
	<p>32</p>

	<p>33</p>
	<p>34</p>
	<p>35</p>
	<p>36</p>
	<p>37</p>

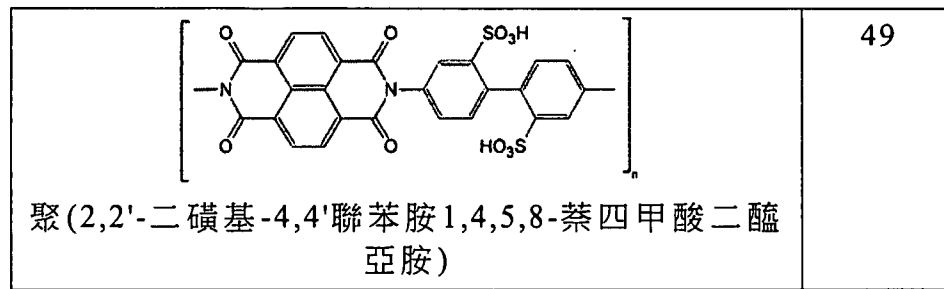
	38
	39
	40
	41
	41
	42
	43

5. 如請求項3之能量儲存裝置，其中該等改質官能團係選自由下列組成之群：烷基、芳基、經取代的烷基、經取代的芳基及其任何組合。

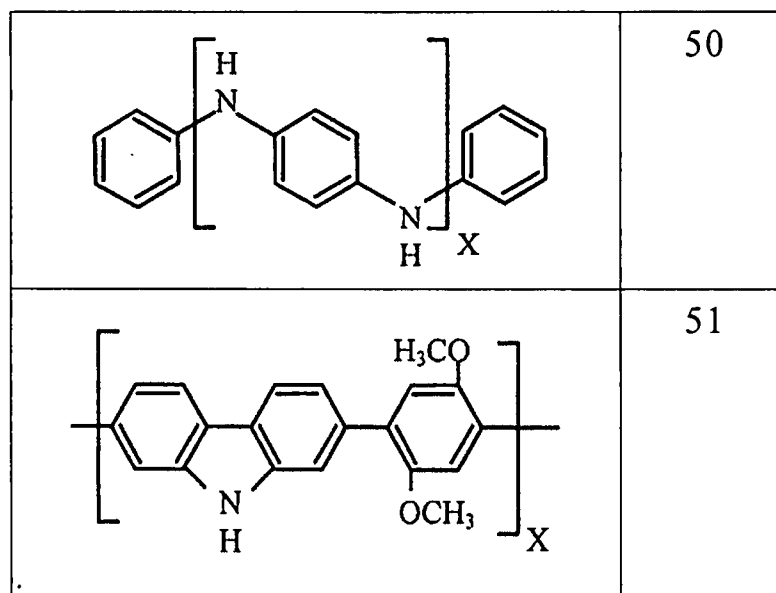
6. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等絕緣層包括選自由下列組成之群之聚合材料：氟化烷基、聚乙烯、克維拉(kevlar)、聚(偏二氟乙烯-六氟丙烯)、聚丙烯、氟化聚丙烯、聚二甲基矽氧烷。
7. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等絕緣層包括以選自如下結構44至49之單元形成之聚合材料：

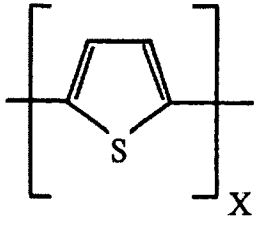
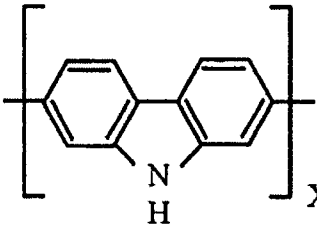
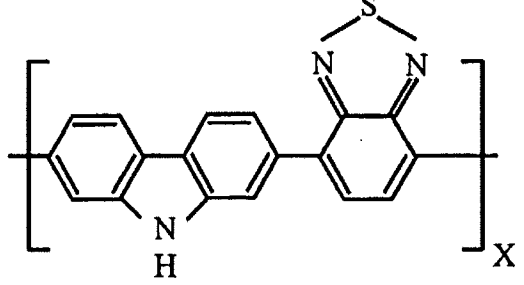
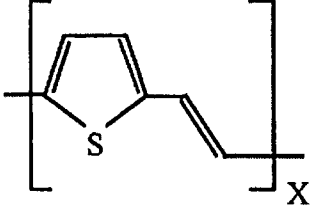
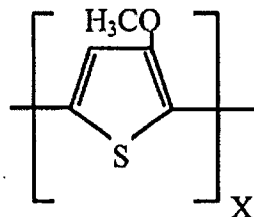
 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺對苯二甲醯胺)</p>	44
 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺間苯二甲醯胺)</p>	45
 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺1,3-二側氧基-異吡啶-5-甲醯胺)</p>	46
 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺1H-苯并咪唑-2,5-二甲醯胺)</p>	47
 <p>聚(2,2'-二磺基-4,4'-聯苯胺3,3',4,4'-聯苯四甲酸二醯亞胺)</p>	48





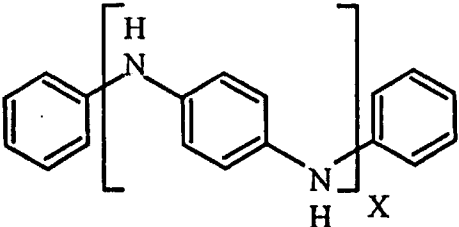
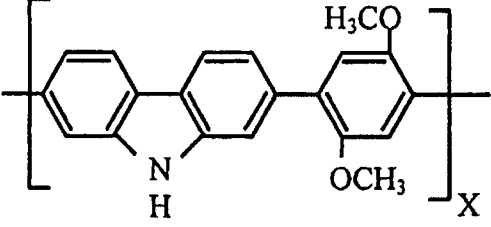
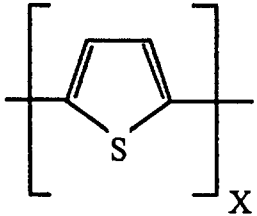
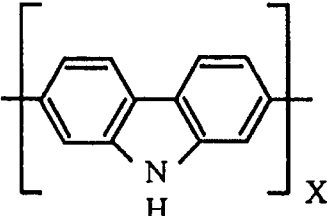
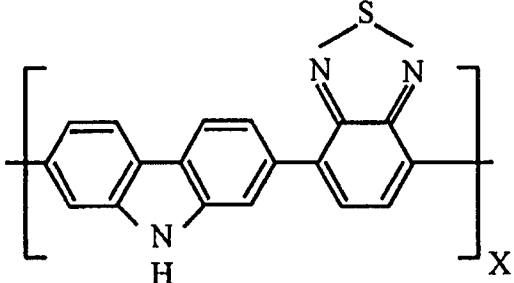
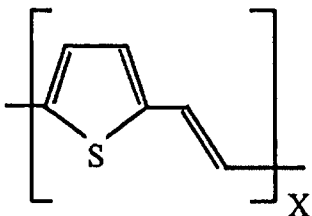
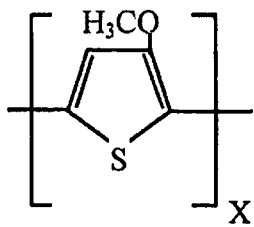
8. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等導電層係結晶。
9. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等導電層包括具有分子導電性之材料。
10. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等導電層包括導電寡聚物。
11. 如請求項10之能量儲存裝置，其中該等導電寡聚物之縱軸主要相對於該等電極垂直定向。
12. 如請求項10之能量儲存裝置，其中該等導電寡聚物之縱軸主要相對於該等電極平行定向。
13. 如請求項10之能量儲存裝置，其中該等導電寡聚物主要具有橫向平移對稱性(lateral translational symmetry)。
14. 如請求項10之能量儲存裝置，其中該等導電寡聚物係選自由如下結構50至56組成之群：



	52
	53
	54
	55
	56

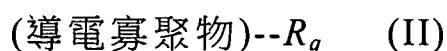
其中X=2、3、4、5、6、7、8、9、10、11及12。

15. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等導電層包括低分子量導電聚合物。
16. 如請求項15之能量儲存裝置，其中該等低分子量導電聚合物具有選自由如下結構50至56組成之群之單體：

	<p>50</p>
	<p>51</p>
	<p>52</p>
	<p>53</p>
	<p>54</p>
	<p>55</p>
	<p>56</p>

其中 $X=2、3、4、5、6、7、8、9、10、11$ 及 $12$ 。

17. 如請求項10之能量儲存裝置，其中該等導電寡聚物另外包括取代基，且係由以下一般結構式II描述：



其中 $R_q$ 係一組取代基，且 $q$ 係該組 $R_q$ 中之取代基 $R$ 之數量， $q$ 等於 $1、2、3、4、5、6、7、8、9$ 或 $10$ 。

18. 如請求項17之能量儲存裝置，其中該等取代基 $R$ 係獨立地選自由下列組成之群：烷基、芳基、經取代的烷基、經取代的芳基及其任何組合。

19. 如請求項1之能量儲存裝置，其中絕緣層厚度( $d_{\text{ins}}$ )、導電層厚度( $d_{\text{cond}}$ )、絕緣層之數量( $n_{\text{ins}} \geq 2$ )、絕緣介電材料之介電電容率( $\epsilon_{\text{ins}}$ )及導電層之介電電容率( $\epsilon_{\text{cond}}$ )滿足以下關係：

$$d_{\text{cond}} = p \cdot (n_{\text{ins}} / (n_{\text{ins}} - 1)) \cdot (\epsilon_{\text{cond}} / \epsilon_{\text{ins}}) \cdot d_{\text{ins}}, \text{ 其中 } p \geq 3。$$

20. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等電極包括Pt、Cu、Al、Ag及/或Au。

21. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等電極包括銅， $m$ 等於3，該絕緣介電材料A包括聚乙烯，該導電材料B包括聚苯胺(PANI)，絕緣層厚度為 $d_{\text{ins}}=25 \text{ nm}$ ，導電層厚度 $d_{\text{cond}}=50 \text{ }\mu\text{m}$ ，且擊穿電壓 $V_{\text{bd}}$ 為約2 V。

22. 如請求項1之能量儲存裝置，其中該等電極包括銅， $m$ 等於7，該絕緣介電材料包括聚乙烯，該導電材料包括聚苯胺(PANI)，絕緣層厚度為 $d_{\text{ins}}=25 \text{ nm}$ ，導電層厚度 $d_{\text{cond}}=50 \text{ }\mu\text{m}$ ，且擊穿電壓 $V_{\text{bd}}$ 為約4 V。

23. 一種製造能量儲存裝置之方法，其包括以下步驟

- a) 製備充當第一電極之導電基板，
- b) 在該第一電極上形成多層結構，及

c) 在該多層結構上形成第二電極，

其中形成該多層結構包括交替施加絕緣層及施加導電層之步驟或者共擠壓絕緣及導電層之步驟。

24. 如請求項23之方法，其中該形成該多層結構之步驟b)包括交替施加絕緣材料溶液及施加導電材料溶液之步驟，其中兩個施加步驟續接乾燥步驟，以形成固體絕緣層及固體導電層，重複該等交替步驟，直至該多層結構之形成完成，且該絕緣層係形成為第一層及最後一層，該第一層及該最後一層各自與電極直接接觸。
25. 如請求項23之方法，其中該形成該多層結構之步驟b)包括交替施加絕緣材料熔體及施加導電材料熔體之步驟，其中兩個施加步驟續接冷卻步驟，以形成固體絕緣層及固體導電層，重複該等交替步驟，直至該多層結構之形成完成，且該絕緣層係形成為第一層及最後一層，該第一層及該最後一層各自與電極直接接觸。
26. 如請求項23之方法，其中該形成該固體多層結構之步驟b)包括將一組交替導電材料層及絕緣介電材料層共擠壓至該基板上之步驟，然後乾燥形成該固體多層結構。
27. 如請求項23之方法，其中該形成該固體多層結構之步驟b)包括將一組交替熔融導電材料層及熔融絕緣介電材料層共擠壓至該基板上之步驟，隨後進行冷卻步驟，形成該固體多層結構。

圖式

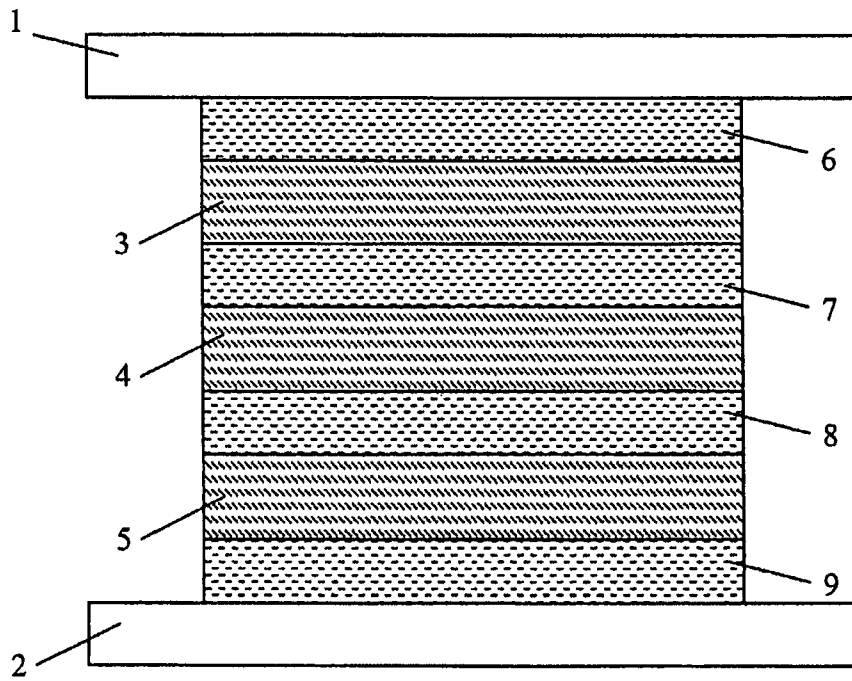


圖 1(先前技術)

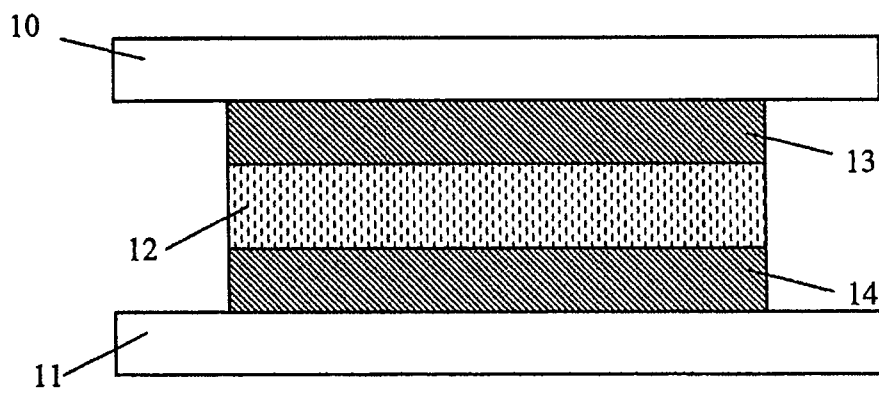


圖 2

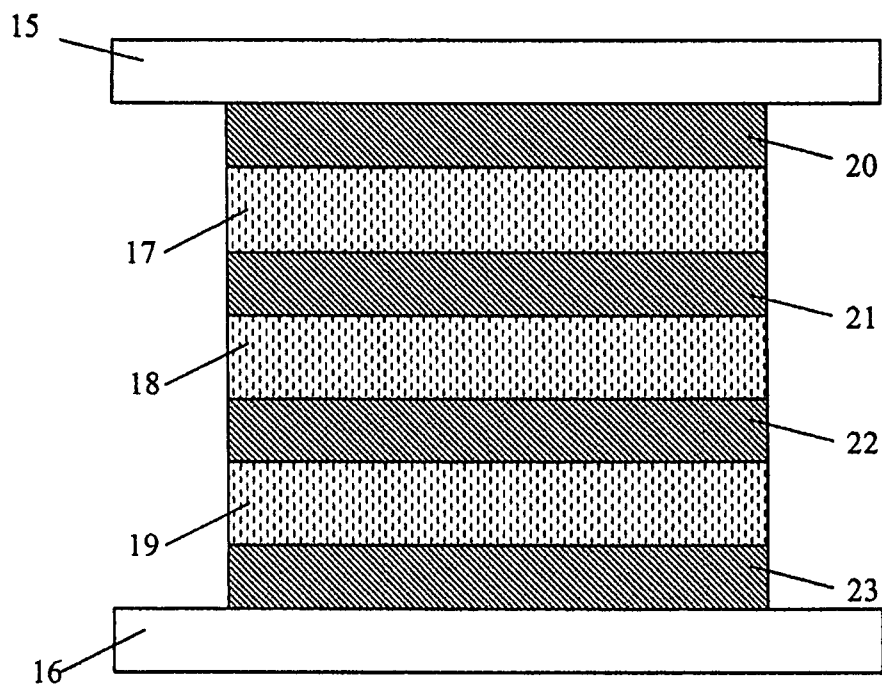


圖 3