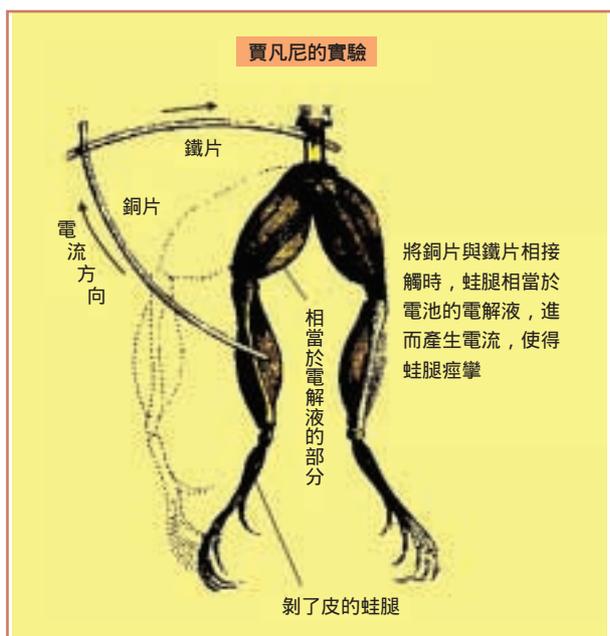


漫談電化學

電化學是一門涉及電子與化學反應相互關係的科學，而電子的各種性質與行為，在近百年來，才逐漸明瞭。使得電化學雖比其他科學古老，但發展卻較為延遲。然而在環保意識高漲的今日，電化學已成為一門「新興」且倍受期待的科學。

黃瑞雄 顏溪成



電化學的發展史

西元前七世紀，希臘的泰爾斯首先發現摩擦過的琥珀能吸引輕小物體的現象。十六世紀時，吉伯特根據希臘文中的「琥珀」而創造了「電」這個字，用以表示琥珀經摩擦後所具有的性質，並且認為摩擦過的琥珀帶有電荷。後來，人們發現有很多物質都能藉由相互摩擦而帶電，並且帶電物體之間存在著相互排斥或相互吸引的作用。一七五二年，美國物理學家富蘭克林把它們分別命名為正電荷和負電荷。

一七九一年，義大利解剖學家賈凡尼發現以金屬片接觸青蛙肌肉時，發生了收縮的現象。因此認為動物的組織會產生電流，而金屬只是傳遞電流的導體而已。一般認為這是電化學的起源。

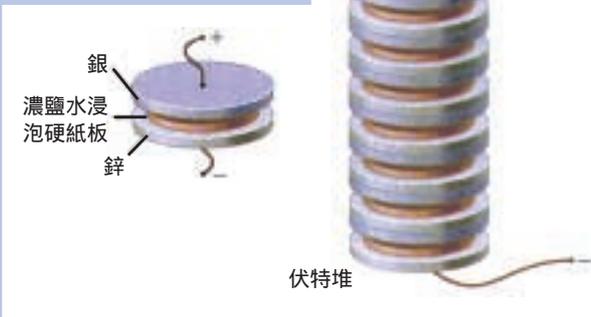
一七九九年，伏特基於賈凡尼的實驗，進一步認為電流是由兩種不同的金屬產生的，可以用任何潮濕的物質取代那隻青蛙。因而發明了用不同的金屬片夾濕紙組成的「伏特堆」，即現今所謂伏特電池。這是第一個能產生穩定電流的發明，也是化學電源的雛型。在發電機發明以前，各種化學電源是唯一能提供恆穩電流的電源。

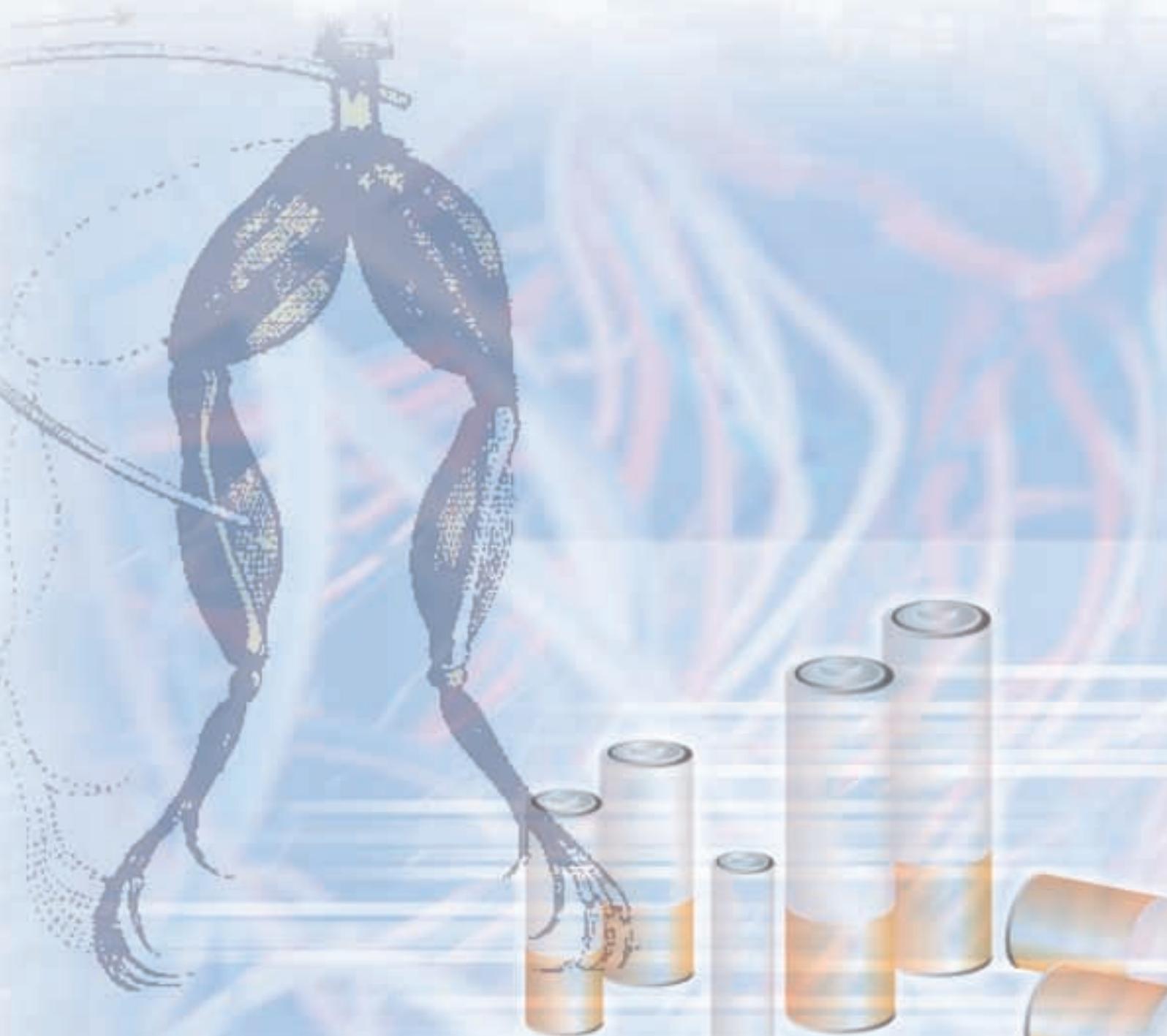
一八三三年，法拉第發表法拉第電解定律，定量地算出電能與化學能之間互換的關係，為電化學奠定了定量基礎。此後，其他科學家利用伏特電池與法拉第電解定律，又發明了電解、電鍍等技術，製造更高效率的電池，開創了電化學的時代。

電化學系統的運作原理

在電化學系統中，電子在二電極間的外部金屬導線中移動，所走的是「陸運」；而在溶液部分的傳輸

利用二片不同的金屬中間夾入濕紙（功能有如青蛙腿），就會產生電流，將此組裝置層層相疊而形成伏特電池，能夠提供穩定的電流。





電化學

則是依賴離子，所走的如同是「海運」。這種電子與離子的同步移動，構成了基本的電路迴圈。

在我們未施加任何外來電源之下，如果電路迴圈可自動導通，不斷地有電荷在移動著，則此系統稱為電化電池，簡稱電池。反之，在須施加外來電源下，電路迴圈才會自動導通，則此系統稱為電解電池，簡稱電解。

不論是電池或是電解，當電子流出時，該電極會發生氧化現象，稱為陽極；當電子流入時，該電極會發生還原現象，稱為陰極。這種在電極溶液界面有電子跨越的輸送現象，因為遵從法拉第定律，故稱為法拉第程序。在某些程序中，電極溶液界面處並無電子的跨越，如吸附、脫附等，會將造成界面電荷的累積或減少，稱為非法拉第程序。這種現象已廣泛地運用在電容器的製作上。

電化學的應用領域

因為電化學涉及電子傳遞的化學反應，所以應用領域十分廣泛。以下簡述幾種主要的應用。

電鍍

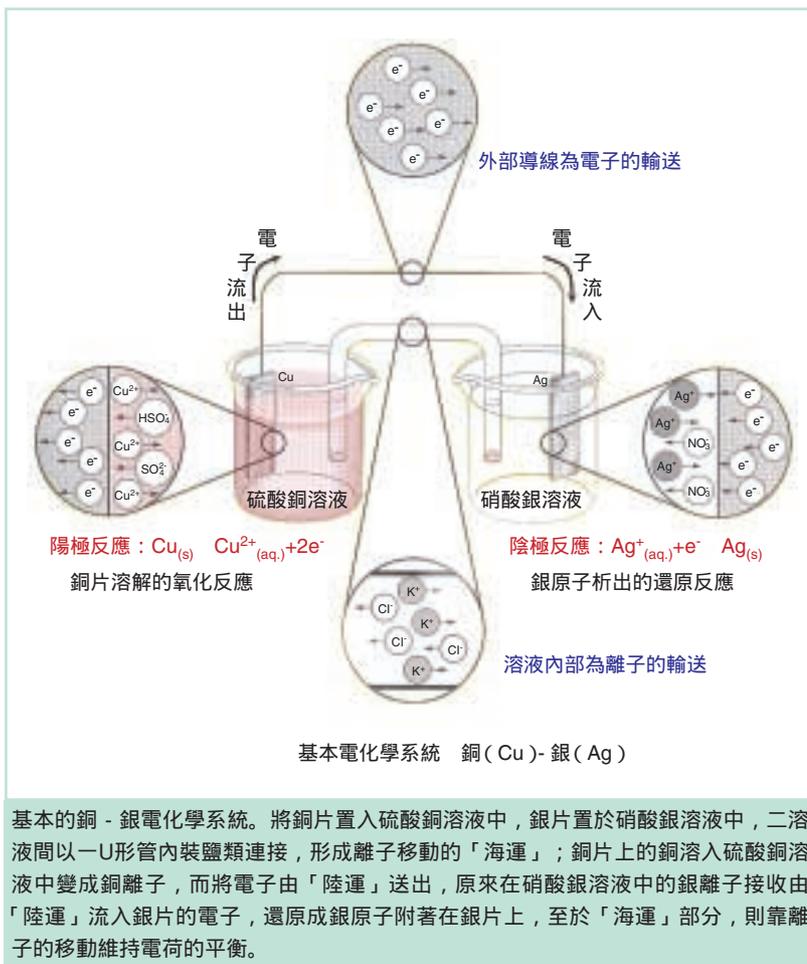
電鍍是在製品的外表上產生一層均勻金屬薄膜的技術，其原理是將鍍件當成陰極，浸於含欲鍍金屬離子的電解液中，另一端置適當陽極，而施加直流電，當鍍件表面偏壓至較負的電位時，金屬離子便會還原成金屬原子而沉積在物體表面上。

電鍍可以增加物品的光澤，達到美觀的效果兼防止蝕，如餐具、汽機車的零件等。或只用來防止蝕，如馬口鐵、鍍鋅的纜線繩索等。也可鍍硬鉻以提高表面硬度，增加耐磨耗性。

電鍍技術中，銅電沉積是近年內工業界最重要的技術之一。目前，銅沉積層用在許多領域，如印刷電路板材料電解銅箔、超大型積體電路裡銅金屬化製

程、印刷電路板穿孔電鍍與銅金屬凸塊製程等。

銅金屬薄膜有許多沉積技術，如電鍍法、物理氣相沉積、雷射退火回流法以及化學氣相沉積法等。其中，電鍍法（電沉積銅）具有低成本、高產率、高品質的銅膜、良好的孔洞填溝能力等，優點最多。



無電電鍍是沉積薄膜金屬層的另一種電化學方法。就是在無需外加電壓的情形下，把溶液中的金屬離子藉由自動催化的化學反應方式，沉積在固體表面上。這種反應程序與電鍍極為類似，不同的是反應發生時，電子傳遞並不經由外部導線，而是藉由溶液中的物質在固體表面上發生反應的同時，直接進行傳遞。

無電電鍍的基本原理，乃是利用與金屬離子與共同存在於鍍液中的還原劑，在固體表面上，藉由化學反應將金屬離子還原成固態金屬，而逐層沉積於固體表面上。由於此氧化還原反應僅在具有活性物質的固

態表面上發生，故無電電鍍的施行，並不會因為鍍件的表面形狀、大小或是否導電等因素而受到限制。因此，若想要在非導體如矽晶圓或塑膠等的表面上沉積金屬層，利用

無電電鍍是一種兼具便利與效率的方法。電池

電池是一種將化學能轉換成電能的裝置，因具有可攜帶、多種組合、高能量密度，以及無排放噪音與廢氣的優點，所以應用範圍很廣。

伏特電池可以說是今日電池的起源，其後的一個重要發展則是丹尼爾以鋅（負極）浸於稀酸電解質與銅（正極）浸於硫酸銅溶液所形成的丹尼爾電池，改善了原本電池電流遞減的缺點，增進連續放電時的性能。

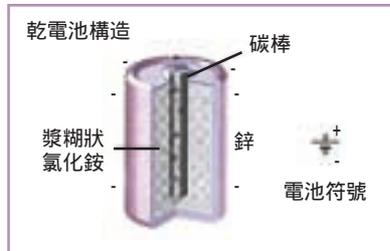
後來，電池性能不斷地改進，在一八六四年時，勒克朗舍提出了勒克朗舍電池，並幾經改良，成了現今一般乾電池工業的主軸與一次電池工業的基礎。然而一次電池受限於放電後即無法再使用的困擾，可反覆使用的二次電池因而誕生。二次電池始於一八五九年普朗特所發明的鉛酸蓄電池，因技術的開發與改進，又陸陸續續有鎳鎘、鎳氫、鋰離子電池等的出現。

今日，電池的改進與新式電池的發明仍然持續進行中，像是鋰離子電池、高分子鋰電池、燃料電池、太陽能電池等，隨時因應不同時代人們的需求。

關於電池的分類，可以透過電池本身的充放電特性與工作性質大致區分為一次電池、二次電池與燃料電池。

一次電池僅能使用一次，無法透過充電的方式再補充已被轉化掉的化學能。此類電池常見的有乾電池、水銀電池與鹼性電池等。一次電池的應用最早也最廣泛，市面上販售的不可充電電池幾乎皆屬此類。

二次電池所指的是可以重複使用的電池，透過



常見市售的一次電池，它是由碳棒與鋅片構成電池的二極，其間填入糊狀氯化銨。

充電的過程，使得電池內的活性物質再度回復到原來的狀態，因而能再度提供電力。這類電池有鉛酸電池、鎳鎘電池、鎳氫電池，以及鋰離子電池和高分子鋰電池等。

燃料電池與前述兩者有相當大的不同，又稱為連續電池。它的特色是陰、陽兩極並無活性物質，而是透過外部的系統提供，所以只要持續地提供活性物質，電池就可以持續地放電。在陽極部分，真正進行氧化反應的是空氣或氧

氣；而陰極部分則是以氫或煤氣等為主。此類電池尚在發展中，且受限於體積較大，主要用在發電機組上或作為備用能源。近來由於技術的提升，有逐漸小型化的趨勢，並運用於電動車輛等領域。

此外，若以電池中電解液的酸鹼度來區分，則電

鉛酸電池
用於車輛、不斷電系統等

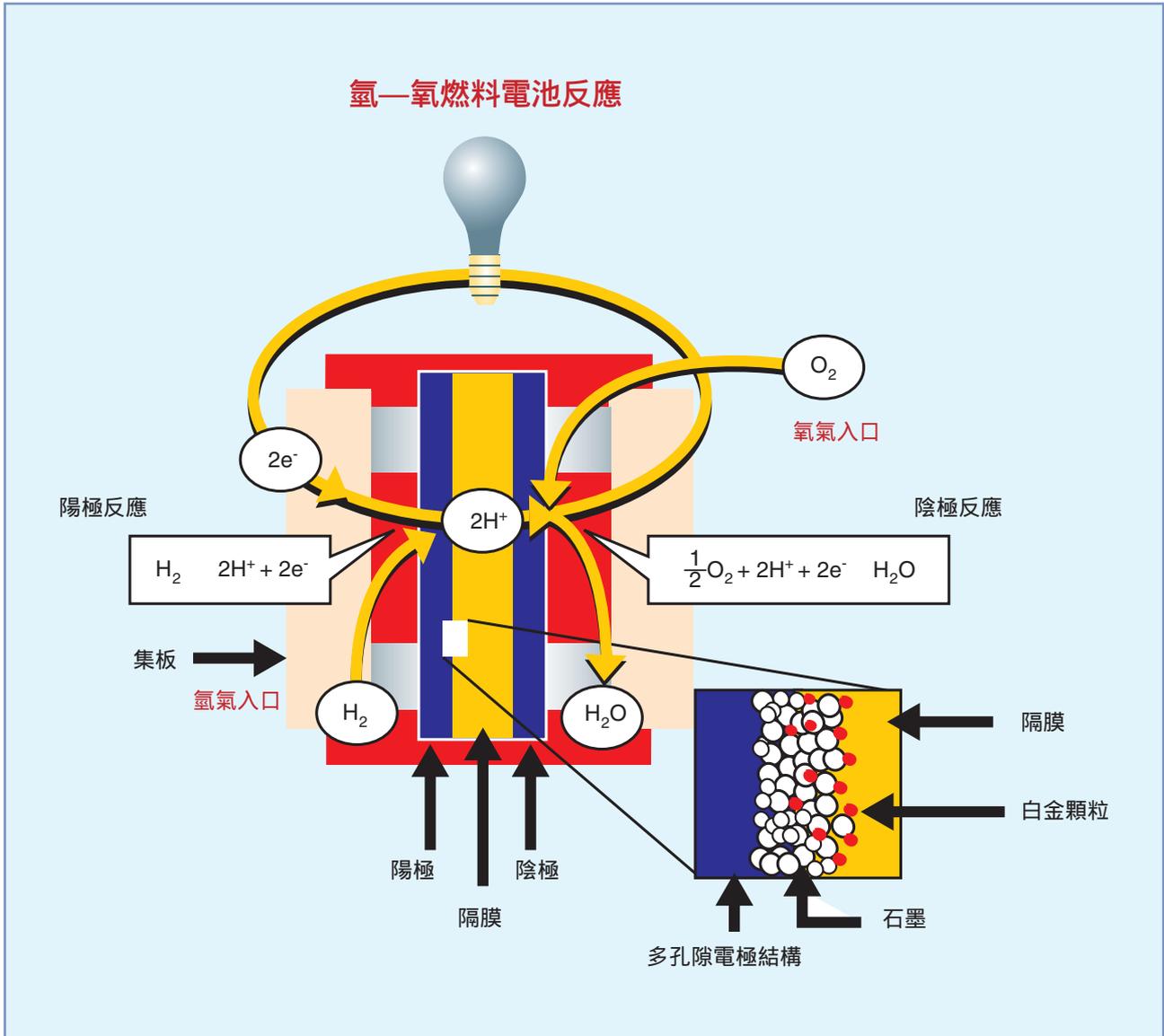
鎳鎘電池
用於無線電話機等

鎳氫電池
用於電動器具等

鋰離子電池
用於行動電話、筆記型電腦等

常見的二次電池

二次電池常見者有鉛酸、鎳鎘、鎳氫、鋰離子電池等，都可以經由再充電而重複使用。



氫 - 氧燃料電池 氫氣在陽極氧化產生電子提供電流，而在陰極通入氧氣與氫離子及電子結合後，產生還原反應而生成水。所以，只要持續不斷提供氫與氧，電池就可以一直產生電流。

池的種類又可以分為鹼性、酸性以及中性電池。上面所提及的都是將化學能轉換成電能的電池，如果我們所使用的是太陽能轉換成電能的電池，那就是太陽能電池了。

電池的發展導因於我們對生活的需求，因此，隨著各種科技產品與各式攜帶型電子產品等的開發，以及對環境保護的要求，現有電池的生態勢將產生極大的改變。

電雙層電容器

當我們在二電極施加一電壓時，在電極和電解質

二者接觸的界面極小厚度內，正負電荷會呈現相對排列，而形成雙電荷層現象，此時二電極間的系統類似於二次電池的充電過程。而當二電極所施加的電壓去除時，雙電荷層中原先所累積的電荷便會往溶液中移動，產生電荷中和，並釋放出能量，此時二電極間的系統類似於二次電池的放電過程。

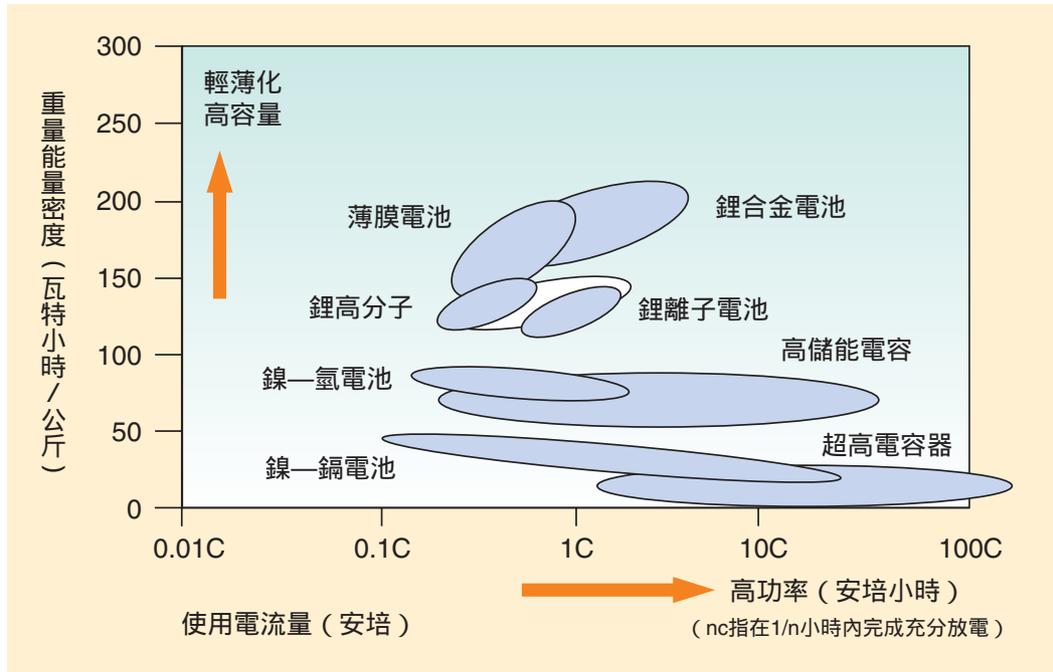
上述系統因為具有利用電雙層原理來儲存預備的能量，故稱為電雙層電容器。又因為此類電容器具高放電能力、充電時間快且比傳統電容器高出數百倍的電容量等特性，所以也稱為超高電容器。它的發展源

於一九九〇年代，是一種新型的儲能元件，具有介於電池和傳統電容器之間的特性。

這種超高電容器與二次電池相比，因為在充放電時，只是將溶液中的電荷吸附在電極表面上，並無任何伴隨的化學反

應發生，所以可以用大電流進行急速充放電。目前，電雙層電容器不僅能作為電流1安培以下的供電元件，也可以作為電流1安培以上大的供電元件。超高電容器在很寬的溫度範圍內，表現出穩定的充放電特性，並不會像電池有嚴苛的溫度限制；與電池相比，也較不容易起火，危險性很小；另外，對環境也不會產生污染。

電雙層電容器的發展，目前正逐漸使其在某些情況下，能代替電池或者是將電雙層電容器和電池組合應用，以便用於需要大功率、大電流的產品上，如家電、電腦、汽車、自動控制、航空、太空等。



各類型電池提供電流量（功率）與儲存能量（高容量）的分布圖

未來發展

過去十年來，人類所關心的三大議題為科技、能源及環保。

在科技方面，幾乎任何電子產品均朝向輕薄短小且高效能的目標邁進，對於印刷電路板的銅箔電鍍，或是積體電路裡高密度、高堆疊的導線沉積，甚至是擔任高科技電子產品心臟任務的電池等，在性能及品質上的要求勢必會更加嚴苛。因此，如何在電化學技術與光學、表面技術間做更密切的合作，尋求更快速且複雜的電子反應，跨越一道又一道電子產品的製作瓶頸，實是當前的一大課題。

在能源與環保方面，以往石化燃料太過融入我們的日常生活中，由於石油與天然氣總量有限，且地球日益溫暖化之下，如何以更有效率且更乾淨的電力來取代內燃機，這個深具挑戰性的課題也益形重要。目前，這方面的最大阻力乃在於如何製作出一個重量輕、堅固、耐久、便宜且功率高的電池。因此，電化學在未來的能源系統裡將扮演一極重要的角色。

黃瑞雄 顏溪成
台灣大學化工系