

一、前言

自十八世紀末期，電化學及電池研究的蓬勃發展，加上家電用品的相繼產生，使得電能的需求及供應變得相形重要。現今，民生及工業用之各種設備，皆廣泛地採用微小型電腦及積體電路記憶體等裝置。這些小型化的電子機械可能因為電壓突然變化或瞬間斷電而導致錯誤的動作，使得儲存於記憶體內之資料消失。只要在電子線路內搭載輔助電源，在主電源發生障礙時，能繼續供電，就能避免上述之問題。以往主要是以電池的研究為主，而電池也從一次電池發展為可充式的二次電池，隨著積體電路小型化，所消耗的電流也隨之下降，1957年Becker提出了另一項新的能量轉換機制，它有較電池功率密度大（超過10KW/Kg）及長時間可逆性（大於 10^6 循環次數）的特點，開啟了儲能領域的另一片新天地。

新的電源替代品--超高電容器(Super-capacitor or Ultra-capacitor)，除了可在廣泛的溫度範圍使用之外，還可瞬間放出大的電流，並達到高功率密度(Power Density)與高能量密度(Energy Density)之要求，使其成為新式能源設備的主要原因。表 1.1 為目前一般超高電容器的主要應用。

功能	電流	應用	設備
大電流供應	最大約 1 A	致動應用 (短時間供應大電流)	致動器 繼電器/電磁閥啟動器
		LED 顯示器、玩具之主要電源供應	玩具、顯示器、煙霧偵測器、緊急警報設備
中電流供應	最大約 50 mA	未預期壓降時電源供應	汽車音響
		馬達啟動	汽車音響
小電流供應	小於 500 μ A	CMOS Microcomputers	電話、電腦、自動量測設備
		CMOS RAMs ICs for Clocks	音響設備、消費性電子產品
		CMOS RAMs	量測設備、自動控制、通訊、汽車

表 1.1 超高電容器的主要應用

1.2 電容器的特性

一般傳統的電容器是由相向的金屬平板電極之間夾著高介電常數的物質，當施加電壓時可快速儲存符號相反的電荷，並且可很快地釋放其所儲存的電荷，是屬於一種物理性吸附的電容器。超高電容器介電質(Dielectric)材料包括陶瓷、塑膠、紙、水等；當施加低於溶液的分解電壓時，在電極與電解質溶液的介面上，電荷會在極短的距離內重新分佈排列；為了達到電性平衡，帶正電荷的正極會吸引溶液中的陰離子、負極會吸引陽離子，從而形成緊密的電雙層在電極與電解

液介面儲存電荷，但電荷不會通過介面而轉移，過程中的電流基本上是由電荷重新排列而產生的位移電流^[57]。由於兩導電體電子不均勻分佈而產生電位差，當電容器兩極的電位差等於電源的電壓時，電子不再進出電容器，其所儲存之電荷也達到了飽和狀態。電容器的電容量以法拉(Farad, F)為單位，一般傳統電容器之儲電量，在微法拉(μF)至毫法拉(mF)之間。目前超高電容器主要研究方向有：1. 電雙層電容器 (Electric Double-Layer Capacitors, EDLC)；2. 電化學電容器 (Electrochemical capacitors) 或稱為擬電容器 (Pseudo-capacitors) 之研究。



電雙層電容器 (EDLC) 是藉由電極板與電解質間電荷排列所形成的電雙層而儲存電荷。電雙層電容器的原理大致是這樣的：在施加電壓進行充電時，從正極釋放出帶負電的電子。失去電子的部分成為帶正電的空間 (空穴)，因此可以吸引電解液中的陰離子。電子通過集電極流向負極，與電解液中的陽離子相互吸引接合在一起。空穴與陰離子、電子與陽離子都持續保持著數個原子大小的距離 (電雙層)。這就是電的貯存狀態，即使停止充電也不會發生變化。當電容器連接到電氣設備上供電時，電子就從負極返回正極，離子也離開電極；電子朝著與充電時完全相反的方向移動並形成電流。由於不發生化學反應，所以可在短時間內完成充放電。如圖 1.1 所示。由於電能是儲存

於電極與電解質之界面，所以電極之比表面積越大，能累積的電荷就越多，因此目前此類電容器之電極多半為高比表面積之多孔性碳材料。使用的電解質主要可分為「有機系」及「水溶液系」兩大類，而電容器之可充電電壓範圍是由電解質之電化學分解電壓所決定。

而電化學電容器則是利用電極與電解質間，產生快速可逆之法拉第(Faradic)電荷轉移來儲存電量。目前主要之電極研究可分兩大類：1.導電高分子聚合物（如n-或p-植入之苯胺），2.金屬氧化物(如RuO₂、IrO₂、MnO_x、NiO_x等)。其中特別是鈦(Ru)，在含水電解質中會有很高的可逆電容量^[1]。其大致之反應方程式如下：



在此種儲電反應下，必須額外植入所需之金屬氧化物，並加入其他的製程。

上述之電容器和以氧化還原反應為主要充放電機構的二次電池比較時，具有下列之特性^[1]：

- 1.充放電時不會伴隨著化學反應的產生，可以急速之大電流進行充放電。
- 2.在廣泛之溫度範圍使用下，仍能保持安定之充放電性質。
- 3.即使發生短路現象也不會進成電容器之故障，也無特別之充放電限制條件。

4.可半永久性地進行充放電，電極或電解液之更換幾乎不必要。

5.不含鉛或鎘等重金屬，對環境不致造成污染。

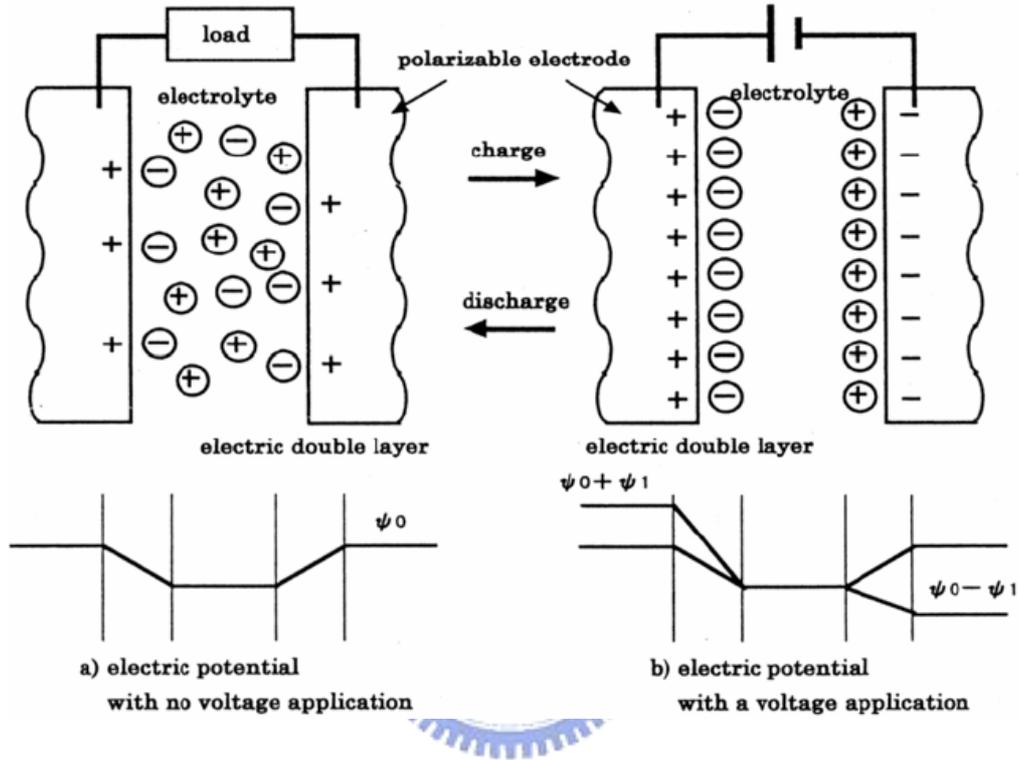


圖 1.1 電雙

層電容器工作原理^[1]