

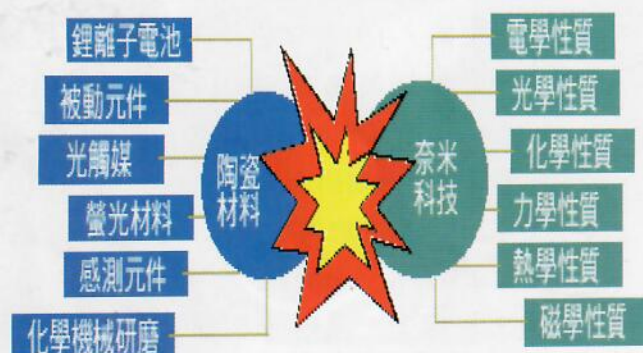


奈米陶瓷材料之發展與應用

文・圖／呂宗昕（化工系教授）

奈米陶瓷材料

材料領域浩瀚無際，一般概分為有機與無機材料。無機材料中又分為金屬與非金屬材料。陶瓷材料的廣泛定義就是「無機的非金屬材料」。經過現代科技的精煉、調製與加熱處理後，現代科



104

圖 1 陶瓷材料與奈米科技之結合與發展

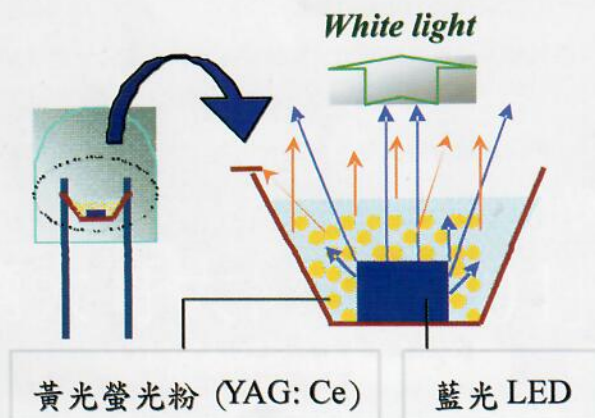


圖 2 白光發光二極體的結構圖

技已發展與傳統陶瓷截然不同的精密陶瓷，或稱先進陶瓷，其特殊電子、光電、機械、生醫特性衍生電子陶瓷、光電陶瓷、結構陶瓷及生醫陶瓷等領域，在各不同產業產生重要貢獻。

一般陶瓷材料大都以粉體為製成成品之原料，故陶瓷產業長期對粉體有深入且廣泛的應用及研究。當全世界奈米科技蔚為風潮時，陶瓷粉體的奈米化因量產成功，且奈米化的陶瓷具有獨特電、光、磁、化、機械特性，故引起學術界的廣泛研究及產業界的熱烈投入。陶瓷材料與奈米科技的結合創造嶄新機能，由於其特殊功能及奈米量產化成功，已在奈米材料領域中佔有關鍵地位。陶瓷材料與奈米科技之結合與發展如圖 1 所示。以下茲簡介數項奈米陶瓷的重要應用。

奈米螢光材料

當螢光物質受光或電子刺激，電子由高能階的激發狀態來到原有的低能階狀態時，多餘的能量以光的形式輻射出來，稱「光致發光」(photoluminescence) 或「陰極發光」(cathodoluminescence)。利用「光致發光」特性，陶瓷螢光粉體可應用於白光發光二極體上，白光發光二極體的結構圖如圖 2 所示。利用「陰極發光」特性，陶瓷螢光粉體則可應用於場發射顯示器上。過去傳統螢光材料粒徑較大，且發光效率較低。奈米化螢光粉其發光波長隨粉體粒徑變小而變短，且發光量子效率可有效提升。最近利用奈米化螢光粉以降低顯示器驅動電壓的課題，亦在積極研究中。此外量

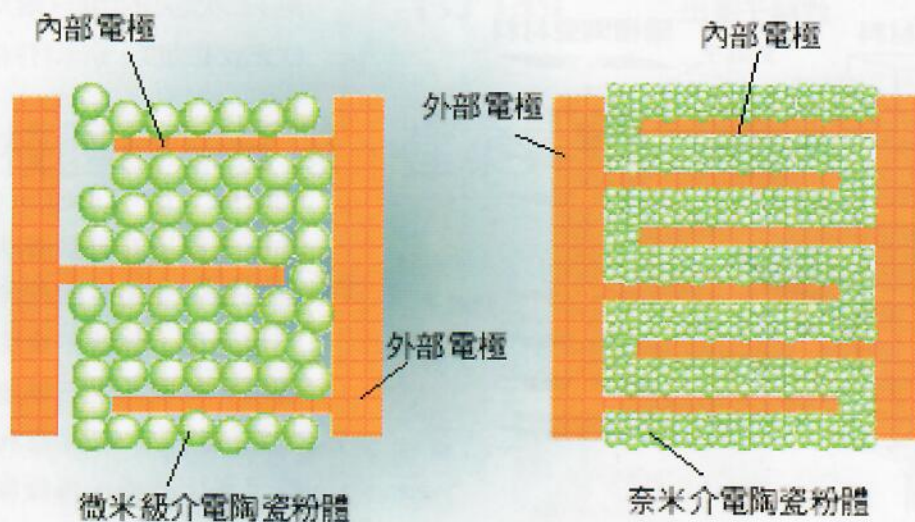


圖3 運用不同大小粒徑製備之積層陶瓷電容器

子點 (quantum dots) 螢光材料也被積極應用於生物細胞標定技術。

奈米感測元件與奈米光觸媒

奈米半導體陶瓷的高比表面積及高化學活性，對如濕度、溫度、氣體等外界環境變化十分敏感。利用奈米陶瓷所做成的感測器，具有靈敏度高、精確度高、響應速度快等優點，已被積極應用於各式警報器及偵測器，可增加居家安全的保障。另一種半導體陶瓷—奈米光觸媒二氧化鈦，因比表面積增大，與被反應物接觸機會增加，且被光激發產生的電子與電洞，亦因奈米化減低電子與電洞重合機會，因此奈米光觸媒反應活性大幅提升，在空氣清淨、淨水、防污、防霧、抗菌、醫療方面展現明顯功效，成為「光清淨革命」的夢幻材料。

奈米積層陶瓷電容器

為配合高密度及輕薄短小電子產品的設計目標，體積小及高單位體積電容量的積層陶瓷電容

器 (multilayer ceramic capacitor, MLCC) 成了重要被動元件之一。隨著電子元件輕薄短小的發展趨勢，積層陶瓷電容器的單位體積電容量須不斷提高，因此奈米強介電陶瓷粉體成為重要電子材料。

積層陶瓷電容器是由製成薄帶型的陶瓷層及內部金屬電極層 (如圖3所示)，分別堆疊積層而成。隨著堆疊層數增加，電極的總面積也會增加。內部電極與陶瓷層交錯排列。內部電極之間被高絕緣性的陶瓷層所隔離。每一陶瓷層上下都被兩個平行電極夾住，形成一個平板電容。如果可使陶瓷層做薄，則在固定厚度下，可使總層數增加，並在固定容積下，增加積層電容器的總電容量。因此如何將每一層介電陶瓷層薄形化，以增加積層陶瓷電容器容量，已成為被動元件產業研發的主要目標。使用奈米級鈦酸鋇為基材的介電陶瓷粉體，是達成介電陶瓷層薄形化的一項重要手段。這種奈米陶瓷，可使積層陶瓷電容器各積層厚度變薄，而使積層層數增加外，同時也有助於介電陶瓷層於積層後的燒結程序，可使介電陶瓷層較容易緻密化，減少介電層中的氣孔率，

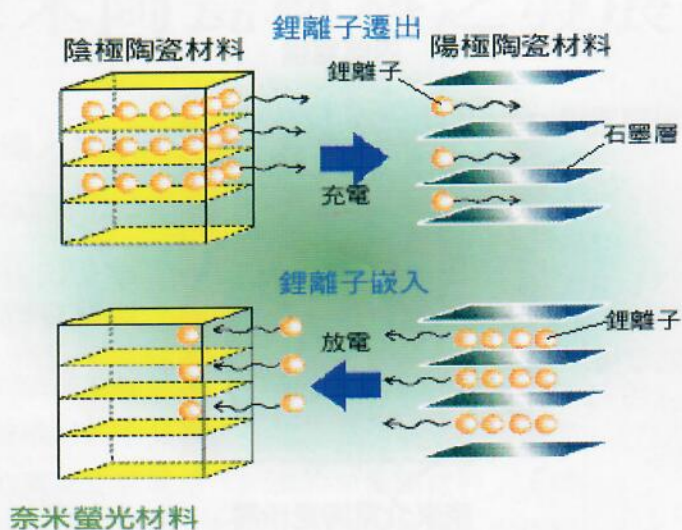


圖4 鋰離子二次電池中鋰離子嵌入及遷出的機制

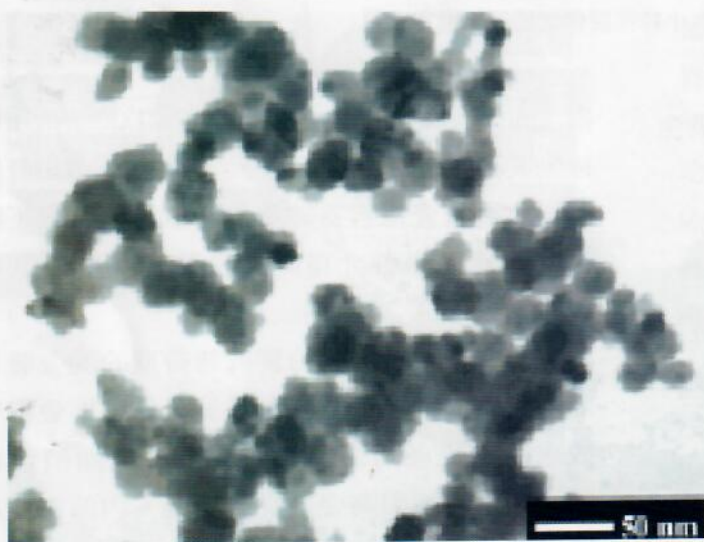


圖5 鋰離子二次電池正極鋰錳尖晶石粉體

以助其電氣特性提升。奈米級鈦酸鋁陶瓷將在被動元件產業大顯身手。

奈米鋰離子二次電池材料

因二次電池可反覆充放電使用，便利性高，已成為攜帶性電子產品的主要電源供應來源。二次電池中，鋰離子二次電池因具高工作電壓、高放電電容量、工作電壓平穩、循環壽命長、無記憶效應等優點，成為行動電話、筆記型電腦及數位

相機的重要電能供應來源。為進一步提升鋰離子二次電池的功能，增大充放電容量，加快充放電速度，奈米材料扮演了重要的角色。

鋰離子二次電池中，使用陶瓷氧化物如 LiCoO_2 、 $\text{Li}(\text{Ni}, \text{Co})\text{O}_2$ 或 LiMn_2O_4 為陰極，利用石墨具層狀結構之物質作為陽極，使用有機溶劑為電解質。在充電過程，鋰離子會由陶瓷氧化物中遷出，再嵌入至石墨層狀結構中；在放電過程中，石墨材料中已存在的鋰離子遷出石墨，再行嵌入陶瓷氧化物中。如此反覆進行，達到充放電的目的。鋰離子二次電池中鋰離子嵌入及嵌出的機制圖4所示。

鋰離子二次電池雖然已被廣泛使用，但仍存有部分問題尚待解決。鋰離子電池充電與放電有一定的速度限制，無法進行快速的充放電。鋰離子遷出或嵌入陰極材料時，都是在固體中進行擴散反應。當鋰離子離開陰極材料，進入電解液後，則是在液體中進行擴散反應。固體中的擴散係數較液體的擴散係數小得多，因此鋰離子在陰極端所發生的擴散阻力主要在陰極固體材料中。如果可以減少固體材料的粒徑，則鋰離子在固體中所需的擴散時間就會縮短，可以快速地進入電解液，再擴散至陽極端。如此就可以增快電池的充放電速度，大幅縮短充電時間。奈米化陰極材料（如圖5所示）及陽極材料將可使鋰離子在充電及放電過程迅速嵌出及嵌入，並可做大容量充放電，有效提升鋰離子二次電池之特性。[美北]