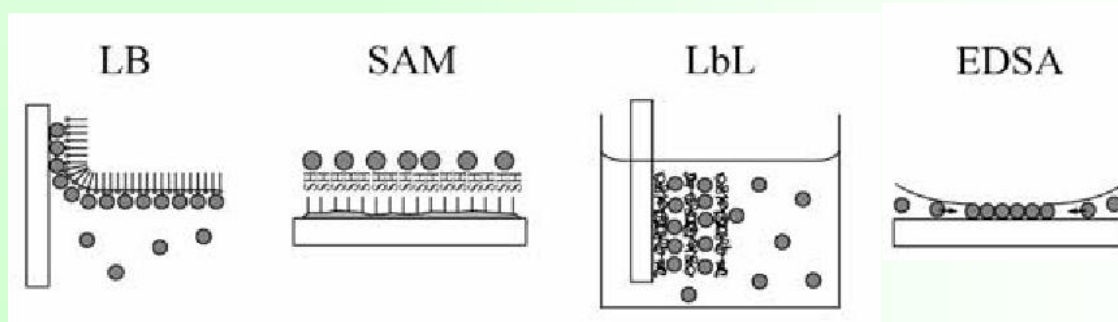



## 3D 奈米結構金屬氧化物薄膜

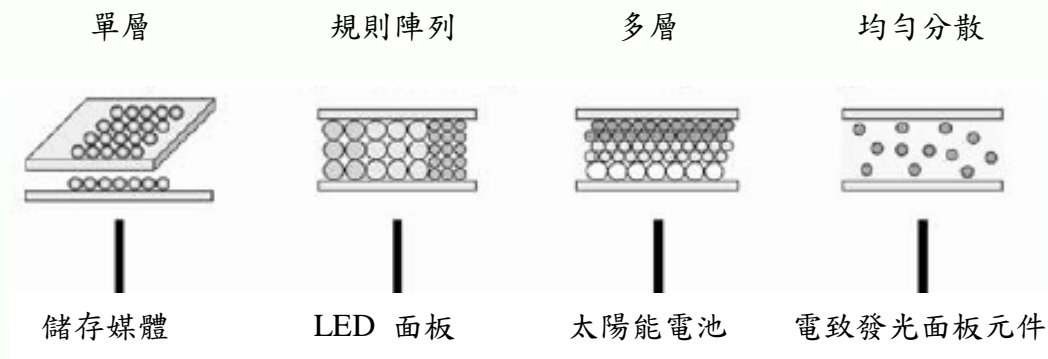
90 年代初期，對奈米尺度結構量子現象的理論初探，一系列金屬、半導體、介電、磁性...等奈米尺寸粉體材料間介觀視界(Mesoscopic View)物理參數交互作用範圍的特徵長度與時間被提出，諸如電子、光子、聲子自身與彼此之交互作用長度、磁交互作用長度...等，可說是目前奈科技應用時調控性質之最重要依據。

若以奈科技之介觀效應(或交互尺寸)來定義電子波長對應薄膜尺寸大小，電子波長約為 20 奈米，再加上對上與對下層異質薄膜結構所可能影響之正負 20 奈米大小，薄膜厚度此處可定為 60 奈米，但以可見光波長對應電磁場之交互作用考量(如散射)下一般為 100nm 以下，因此一般認定光學或光電應用之薄膜以 100nm 為上限。不過在奈尺度介觀考量下，除薄膜厚度因素外，被稱為 3D 奈米結構金屬氧化物薄膜，尚應具有產生介觀效應之週期性規則排列奈米金屬或氧化物粉體所形成的超晶格(Super-lattice)結構，而這些粉體可定為殼層、核/殼多層、介孔性...等各種不同組成、結構與形貌之建構單元。

製備有介觀特性粉體排列結構之薄膜，幾乎皆由 Bottom-up 乾式與濕式方法製造，少由 Top-down 方式製備，Bottom-up 乾式方法，多以昂貴超高真空鍍膜設備；如真空磊晶技術(MBE)；在薄膜晶格應力下生成，至於 Bottom-up 濕式方法製備機制，最常見則為自組裝(Self-assembly 或 Self-organization)，另還有 L-B Film、LbL 及近年較熱門之 EDSA 幾種方法，這些製造方法的示意圖可見圖一。L-B Film 為



圖一、依左至右為Langmuir-Blodgett、Self-assembly Monolayer、Layer-by-Layer、Evaporation driven self-assembly四種方法示意圖；●為奈米粉體之建構單元，/ 為具有界面特性分子，為與建構單元有化學鍵結之分子



圖二、不同奈米粉體 2-D 或 3-D 薄膜之陣列型態與其應用

利用壓縮氣液表面，在界面張力下使液面粉體凝聚排列形成薄膜，一般可添加界面活性劑調整界面張力；Self-assembly Monolayer 則利用單分子層表面物理或化學鍵結吸引，組裝一層層所須 2-D 或 3-D 奈米結構薄膜，LbL 則利用高分子聚電解質與建構單元間相反電荷吸引力一層一層交互組裝而成為高分子複合材料薄膜，但此法中建構單元排列之規則性卻最不易控制，至於 EDSA 在不考慮化學反應下，係利用溶液揮發速率與建構單元彼此間因界面張力所形成聚集現象，此機制甚至簡單之旋轉塗佈機就有機會達到規則排列結構之薄膜製備，近年如利用 CdSe 奈米棒混在 Poly3-hexylthiophene 半導體導電性高分子下，製大面積軟性模板太陽能電池即為有名應用實例。

不論乾式或濕式方法，若因應粉體材料本身特性，可以外加其他力場輔助，製備具規則陣列排列之薄膜，圖二則是不同奈米粉體陣列大致上可資應用之光電材料應用分類。其中電泳塗佈(Electrophoretic Deposition ;EPD)係利用電場控制粉體表面電位吸引相反電位粉體沉降成膜，也有以磁場控制磁性粒子沿磁力線方向排列（見專利 WO0015545）...等，造成特定規則排列形貌之薄膜。當然直接利用前段製造機制亦可直接製備特定形貌排列之薄膜，如應用界面張力或化學鍵結的 Micro-contact Printing 就屬於自組裝中極重要之應用。另外以 Block Copolymer 之相分離技術，Ink Jet Printing 都可以製備出各種具規則排列形貌之 2D-或 3D-奈米粉體陣列薄膜，只是考量成本、接著力、均勻性與介觀特性之調控，如何製備出具光、電、磁、機械、觸媒...等不同應用特性產品，才是科學家們應用目前這些薄膜製備方法在產品設計上之最大挑戰。