



國立臺北科技大學

專題發表

題目：利用脈衝雷射沉積法製備氧化鋅薄膜及特性研究

指導教授：洪魏寬

專題生：許致維

一.研究動機與方法

1.1 研究動機

自 1996 年，首次報導了 ZnO 薄膜的室溫光泵 (light pump) 紫外發光至今，在這幾年之間，關於 ZnO 的研究頗多且廣，範疇包括其各種奈米結構的生長方式和各類光、電、磁上之特性研究及應用，最主要的原因是 ZnO 具有許多它種材料所沒有的優良特性，再加上寬帶隙半導體物理的發展及奈米科學技術帶來材料性能的奇特變化，使人們對 ZnO 的研究興趣更加濃厚。

1.2 研究方法

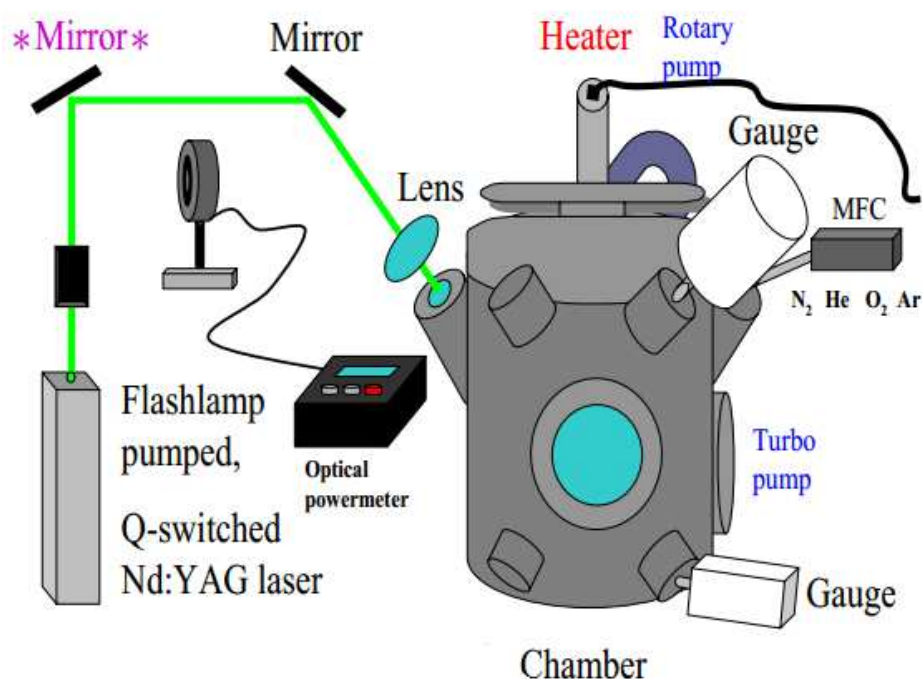
在看過多篇相關論文後，我們利用相同概念設計出一新的架構，本研究以脈衝雷射沉積法於 c 面藍寶石基板上成長氧化鋅(ZnO)薄膜，有系統地探討生長參數對薄膜表面形貌、粗糙度、結晶度、及光學特性的影響。所使用的光源為 Nd : YAG Q-switched 雷射，其波長為 266 nm、脈衝寬度小於 10 ns、重覆頻率 10 Hz；使用的靶材為純度 99.9%的氧化鋅。我們發現雷射的能量密度及聚焦在靶上的雷射光點面積大小，對於 ZnO 膜的厚度和磊晶有很大的影響。樣品的結構與光學性質與基板溫度、氣體壓力、生長時間、和靶材與基板間的距離皆有很強的相關性。電子顯微鏡及原子力顯微鏡測量顯示，在基板溫度約 650°C、氧壓約 0.01 Torr、靶-基板距離 4.5 cm 時所成長的 ZnO 薄膜，其表面粗糙度僅約為 0.8 nm。此樣品的光激發光譜亦顯示較強的紫外光峰與較弱的綠光帶，表示其氧空缺陷相關的缺陷較少。

二. 系統架構與設計

脈衝雷射沉積 (Pulsed Laser Deposition; PLD) 系統有許多的優點，例如：具有高鍍膜速率、異質多成份化學計量 (stoichiometry) 組成易控制、所製鍍之薄膜的成分比例幾乎與原靶材相同 (特別適用於多元複合材料或摻雜材料之鍍膜)、脈衝雷射的發數可準確的控制薄膜厚度、為脈衝式故只有膜材料表面會熱，且能保持薄膜材料之原子或分子成分，故可蒸鍍化合物而不破壞其組織成分、所製備之薄膜具有極佳的磊晶性質及鍍膜系統易於調變等特點。缺點上而言，脈衝雷射蒸鍍系統的薄膜較難做大面積，且薄膜表面之均勻性較差，故尚未被工業界採用。

2.1 脈衝雷射沉積 (Pulsed Laser Deposition;PLD)

整個脈衝式雷射沉積系統如圖 (2.1) 所示，主要的系統設備裝置可分為：(1) 雷射光源、(2) 雷射光束導引元件—光學鏡片組 (3) 真空腔體系統。而利用脈衝雷射沉積法來製備薄膜時，雷射與靶材 (target) 間的交互作用是決定成品優劣的關鍵，而影響其交互作用的因素相當多，包括：光源、沉積溫度、雷射之功率密度、氣體種類、氣體流量及靶材材質等，各種製程、材料選擇上的變因，都會對成品的各項光、電、磁等特性表現有著深遠的影響。但在理論上，只要雷射具有足夠的功率密度，都能夠拿來作為脈衝雷射沉積系統的光源。



2.2 脈衝雷射沉積機制

關於雷射與物質之間的交互作用，其理論一直都被研究及探索著，過程十分複雜，但我們可概略地歸納出其機制：

A. 雷射光束與物質作用的過程 當具有高功率密度的雷射脈衝入射於物質時，物質較內層的部分不會受到影響，但在物質的表面會因吸收光子而產生膨脹、分解、蒸發而產生輝光電漿團 (Plume)，此電漿團會以物質表面的法向量噴出，參見圖 (2.2)、(2.3)。

B. 電漿形成與等溫擴散過程 被蒸發的靶材繼續吸收光子的能量而形成高溫的電漿 (Plasma)，電漿中包含：離子、原子、分子以及電子等。我們把它看作是高溫高壓的氣體，可在真空中擴散，並且在物質與雷射脈衝作用的期間，電漿會不斷地在物質表面生成，而形成等溫擴散的過程。

C. 絕熱擴散過程和薄膜形成

當脈衝雷射作用結束前，電漿的擴散是處於絕熱的狀態，溫度很快地呈指數遞減，此為絕熱擴散的過程。帶有粒子的電漿呈絕熱擴散出去，當粒子撞擊到基板

表面會失去動能而吸附於基板表面，最後重新堆疊鍵結形成薄膜。

雖然敘述過程將脈衝雷射沉積法分為三個機制，但實際而言，各個機制彼此間都會有所重疊，也就是說整個過程是連續的。

三.結果

我們利用脈衝雷射沉積系統來製備 ZnO 薄膜，首先改變照射至靶材面上的雷射光能量密度，由 X 光繞射分析圖上清楚地發現：無論在有無通氧氣的情況下，當透鏡與靶材相距 34cm 時，基板上都有原子平面 (002) 及 (004) 的氧化鋅存在，將這一系列的樣品做綜合比較後，可發現當雷射之閃光燈能量為 31 J，且透鏡至靶材間的距離固定為 34 cm 時，此時靶材面上的雷射光能量密度為 1.878 J/cm²，有最窄的半高寬值 (FWHM：0.347°)，代表在這個沉積條件下氧化鋅薄膜的品質較佳。

四.參考文獻

- 1.<http://ir.ntut.edu.tw/retrieve/56518/ntut-95-93658008-1.pdf>
- 2.<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%8B%85>
- 3.<https://www.itri.org.tw/chi/lib/DownloadFile.aspx?AttNBR=5560>
- 4.[file:///D:/%E6%88%91%E7%9A%84%E6%96%87%E4%BB%B6/Downloads/92226038%20\(1\).pdf](file:///D:/%E6%88%91%E7%9A%84%E6%96%87%E4%BB%B6/Downloads/92226038%20(1).pdf)