

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

## 氧化鋅光電半導體能隙調整及磊晶成長研究(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC94-2216-E-009-024-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：國立交通大學材料科學與工程學系(所)

計畫主持人：張立

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 5 月 29 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

## 期中進度報告

計畫名稱：氧化鋅光電半導體能隙調整及磊晶成長研究(1/3)

計畫類別： 整合型計畫

計畫編號：NSC 94-2216-E-009-024

執行期間：2005/08/01 ~ 2006/07/31

計畫主持人：張立

計畫參與人員：林智偉、柯東杰、游家豪、梁美惠、何焱騰、施議森

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

執行單位：

中 華 民 國 95 年 5 月 29 日

## 中、英文摘要

本計畫重點在於用各種方法成長磊晶氧化鋅薄膜。利用有機金屬化學氣相沉積法，在氧化鈮穩定之氧化鋯單晶基材上觀察到跟溫度有關的成長模式，包括低溫之 2D 模式與高溫之 3D 島狀成長。原子層沉積法可以在 GaN 上成長高品質之 ZnO。摻雜元素 ZnO 則是以射頻濺射法與雷射蒸鍍法進行。

This project focuses on epitaxial growth of zinc oxide film using various deposition methods. We have observed the growth mode of ZnO on yttria-stabilized zirconia substrates. Also, we have accomplished the growth of high-quality ZnO on GaN by atomic layer deposition. Doped ZnO has been carried out by using radio-frequency sputtering and pulsed-laser deposition.

關鍵詞: 磊晶成長、氧化物

Keywords : epitaxial growth, oxide

## 報告內容：

前言、ZnO 具有良好之光電特性，為直接能隙之半導體，能隙為 3.3 eV，因激子之鍵結能高達 60meV，故有很好的雷射效率，近年頗受重視。ZnO 做為光電元件應用的半導體，必須具有良好品質的磊晶層與能隙調整。

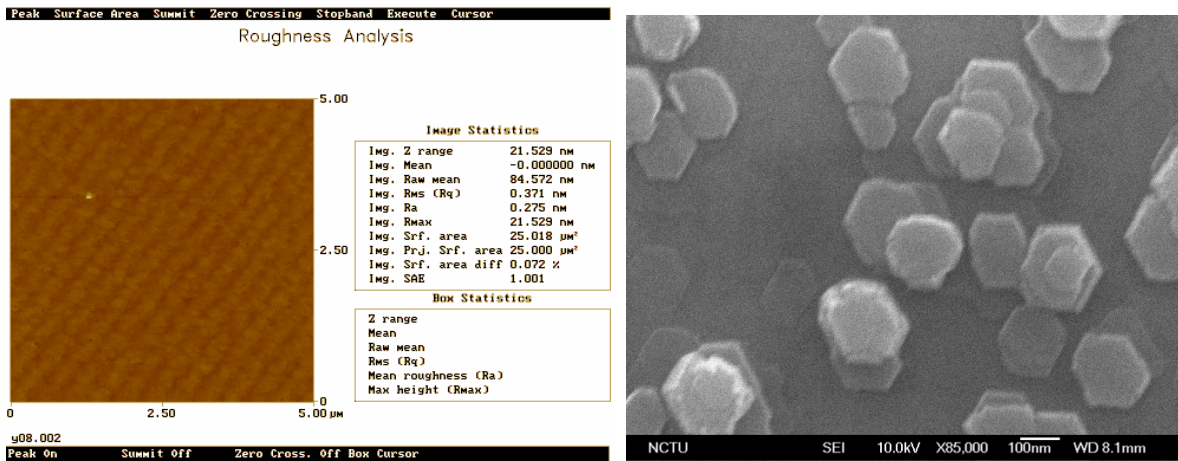
研究目的、本計畫初期先以 ZnO 磊晶成長開始，再添加其他元素，以調整能隙。

文獻探討、近年來 ZnO review paper 參考 1-3。雖然 ZnO 已經有單晶基材，但在磊晶製程仍然尚待改進，特別是有機金屬化學氣相沉積法。能隙調整則以 ZnMgO 與 ZnCdO 為主，但是範圍侷限於 2.8-3.7 V，不若 GaN 系統，可以用 InGaN-AlGaN 調變更大的範圍。另外做為光電元件，應盡量避免具有極性之薄膜，以避免壓電特性降低發光特性，故非極性 ZnO 是各國積極研究的重點。

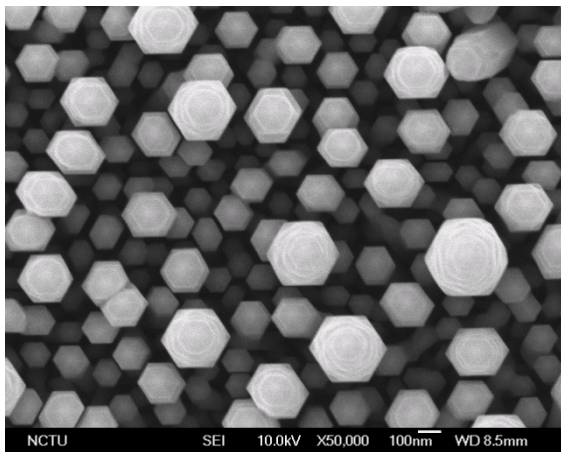
## 研究方法與結果與討論

MOCVD 製程: 在 YSZ 單晶基材上成長，YSZ 為立方晶結構，晶格參數約 0.514nm，跟 ZnO 晶格差距約 10%，表面光滑平整，熱穩定性與化性安定，故適合於研究磊晶成長之過程。實驗上改變製程條件，使用較低之揮發速率，可以使表面更為平滑，表面粗糙度下降至 0.4 nm 以下，從表面型態的觀察發現，在溫度 500 度沉積，薄膜以 layer-by-layer 方式成長，而在較高之 600 度，ZnO 以 3D 島狀方式成長，故高溫將使表面更為粗化。如下圖: AFM 為 500C 成長，具有非常平整之表面，表面粗糙度 0.34nm (RMS)；SEM 為 600C 成長，具有六

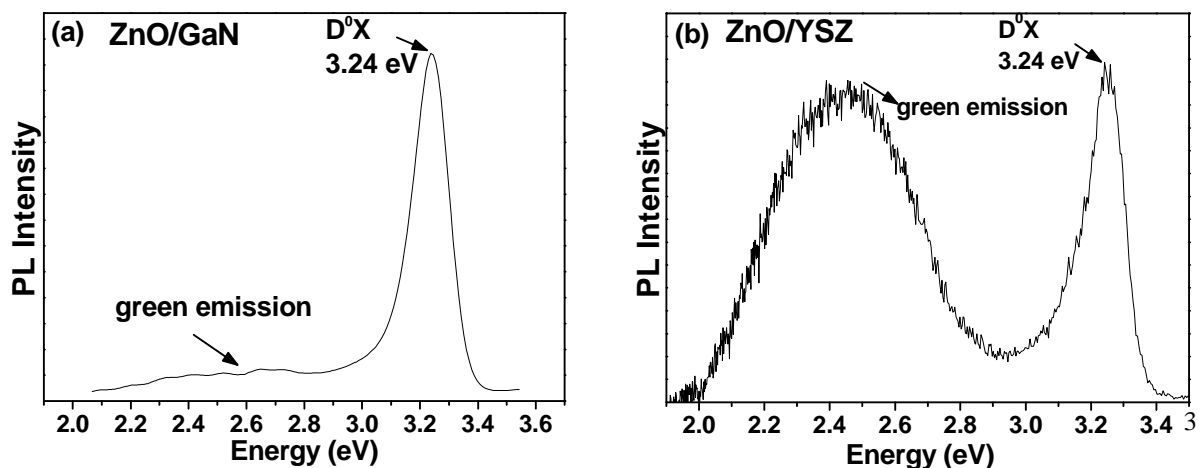
角形之島狀組織。



另外用兩階段方式成長，第一階段 500C，第二階段 600C，則有明顯之六角柱之成長，頂端成錐狀，亦是由 2D 孕核造成。



另外也用 atomic layer deposition 方式沉積 ZnO 於 YSZ 與 GaN 基材，發現在相同實驗條件下，有不同的行為，在 GaN 上有較好之品質(x-ray rocking curve FWHM ~324 arcsec)，而在 YSZ 則較差，可能跟孕核之行為有關。因此光學性質亦有極大之差異，在 GaN 上幾乎無光出現；而 YSZ 上有很強之綠光，見下圖。



摻雜與能隙調整之研究，先分別以濺射與雷射蒸鍍製程進行。濺射製程方面，添加 Ga 於 ZnO，用射頻濺鍍沉積於 400-650C 基材上，已經可以得到單純 C 軸向之薄膜於鍺晶片上，在鍺上可以降低介面氧化物之干擾，目前正進行電性與光性之測量。另外摻雜以雷射蒸鍍方式進行，目前正確立 ZnO 沉積條件，希望得到不具有極性之薄膜，已經在 r-plane sapphire 上得到 X-ray rocking curve (1-102) FWHM 約 0.3-0.4 度之薄膜，待完成更高品質之非極性 ZnO 後，將沉積更高能隙之 ZnMgO 薄膜。

#### 參考文獻

1. R. Triboulet, J. Perrière, Prog. Crystal Growth Character. Mater. 47 (2003) 65-138
2. Ü. Özgür,<sup>a</sup> Ya. I. Alivov, C. Liu, A. Teke,<sup>b</sup> M. A. Reshchikov, S. Doğan,<sup>c</sup> V. Avrutin, S.-J. Cho, and H. Morkoç, J. Appl. Phys., **98**, 041301 (2005)
3. S. J. Pearton, D. P. Norton, K. Ip, Y. W. Heo and T. Steiner, Mater. Sci. Eng. R **47**( 2004) 1-47.
4. D. P. Norton, Y. W. Heo, M. P. Ivill, K. Ip, S. J. Pearton, M. F. Chisholm and T. Steiner, Materials Today, volume 7, Issue 6, June 2004, Pages 34-40.

#### 論文發表

##### **Atomic layer deposition of epitaxial ZnO on GaN and YSZ**

Chih-Wei Lin, Dong-Jie Ke, Yen-Cheng Chao, Li Chang\*, Mei-Hui Liang<sup>1</sup>, Yen-Teng Ho<sup>2</sup>  
J. Crystal Growth, 2006 Accepted.

##### **Growth of epitaxial ZnO thin film on yttria-stabilized zirconia single crystal substrate**

Yen-Cheng Chao, Chi-Wei Lin, Dong-Jie Ke, Yue-Han Wu, Hou-Guang Chen, Li Chang\*, Yen-Teng Ho<sup>1</sup>, Mei-Hui Liang<sup>2</sup>

J. Crystal Growth, 2006 Accepted.

化學氣相沉積法氧化鋅磊晶薄膜在 Y2O3/Si(111)與 yttria-stabilized zirconia 基板上

林智偉、趙彥錚、張立

中國材料科學年會 2005 年 11 月。