

# 以分子束磊晶系統成長於矽基板上硒化鋅奈米線光檢測器

張守進

國立成功大學電機資訊學院微電子工程研究所教授

changsj@mail.ncku.edu.tw

電化學科學期刊

近年來，光電元件應用方面以II-VI族，硒化鋅寬直接能隙半導體為主要材料之代表。如藍光、綠光、橘光以及白光光譜之硒化鋅化合物半導體發光二極體(LEDs)最受矚目[1-4]。此外；室溫下並擁有超過400小時生命週期的硒化鋅系列半導體雷射二極體已成功功並研製[5]。由於硒化鋅為寬能隙直接半導體材料，因此可以廣泛應用於藍光/紫外光光檢測器[6]。眾所周知，紫外光光檢測器是一個很重要的元件，可用於空間通信，臭氧層監測和火焰偵測。

一維(One-Dimension, 1D)結構之奈米線，由於被廣泛應用在奈米電子(nano-electronics)與奈米光電(nano-optoelectronics)上，近年來引起相當大的重視。在本篇文章中，我們描述利用分子束磊晶系統成長硒化鋅奈米線於矽基板之二氧化矽上，並且製作硒化鋅奈米線光檢測器。在物理、電性及光學特性上，並作詳細之討論。

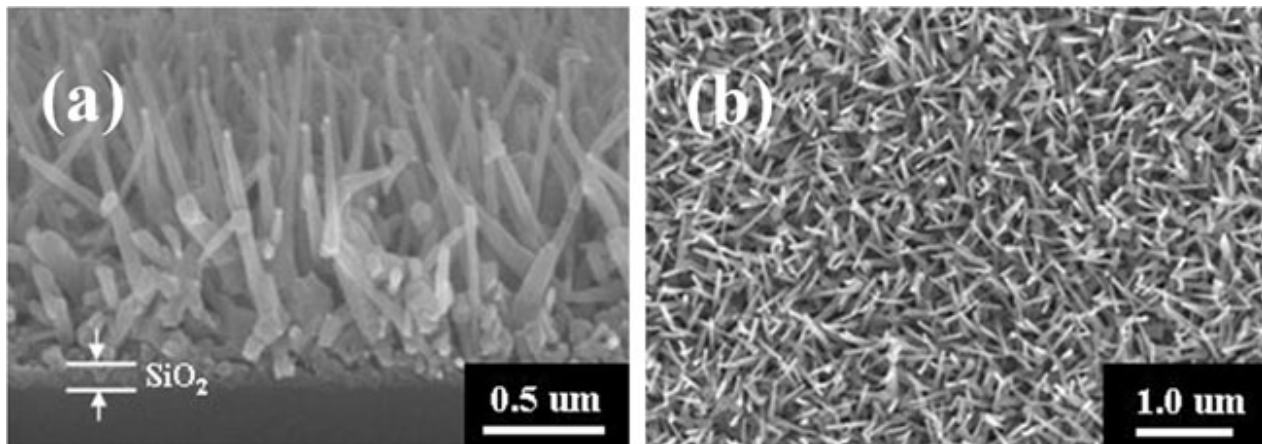


圖1 硒化鋅奈米線之FESEM側視及上視圖

圖1(a)、(b)為硒化鋅奈米線成長於矽基板之二氧化矽上FESEM側視及上視圖。圖1(a)可清楚的看出高密度硒化鋅奈米線成長於絕緣熱氧化層約150nm二氧化矽上。圖(b)並且分別可以看出平均長度、直徑及密度約1.2  $\mu\text{m}$ 、48 nm及 $1.04 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 。類似的成長方法也報導於Colli et al. [7, 8]。因此，我們設計一個交指式電極於硒化鋅奈米線上，鍍上一層約100nm厚金薄膜作為電極之用，製作面積寬400  $\mu\text{m}$ 、長為600  $\mu\text{m}$ 以及間距分別為30  $\mu\text{m}$ 。這將導致兩電極區域足以導通。因此我們可以供給一跨於兩電極之電壓，測量其導通光暗電流值。

圖2為硒化鋅奈米線隨溫度變化之光激發螢光頻譜圖。在溫度20K量測下，可看出PL最強發光波長峰值位於467 nm光譜位置，並且擁有半高寬約為29 nm。當我們將PL溫度由30K增加至50K時，可發現發光波長峰值分別由468 nm轉移至473 nm，半高寬也從29.8增加至30.5 nm。當我們增加PL量測溫度時，由於電子-電洞對的結

合並未產生光子，結合的能量因熱轉變成聲子，進而產生非發光載子復合機制，光強度因此被抑制，而導致強度減弱原因。

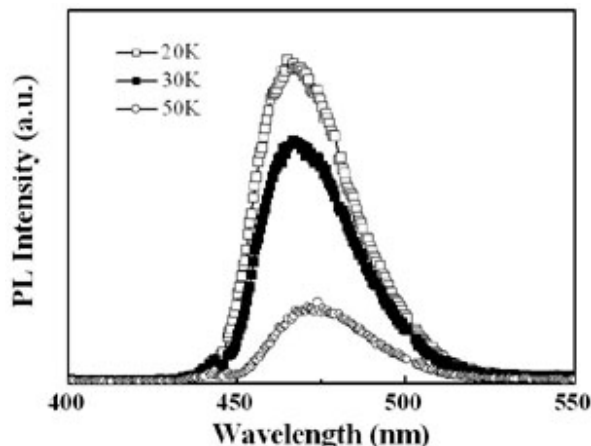


圖2 硒化鋅奈米線隨溫度變化之光激發螢光頻譜圖

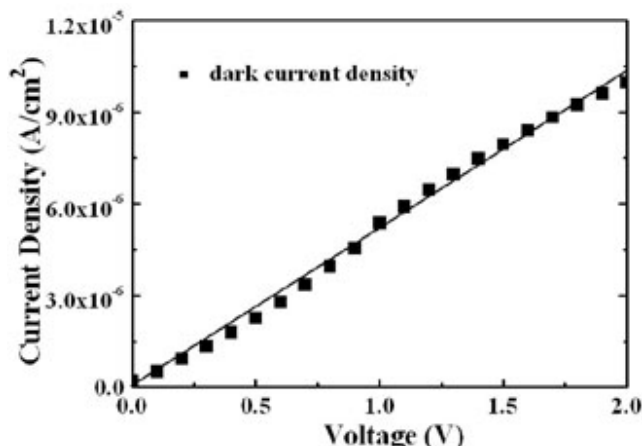


圖3 光檢測器電流-電壓特性曲線圖

圖3為光檢測器之電流-電壓特性曲線分析。由圖我們可以發現電流呈現線性方式增加。當以電壓1V量測時，並且可以發現元件的暗電流密度僅僅只有 $5.4 \times 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup>。

圖4顯示出我們利用UV燈瞬間開關方式，量測出時間對光-暗電流響應圖。當元件電壓加於0.1 V無任何照射UV光線下，可發現擁有較小的暗電流為 $2.9 \times 10^{-8}$  A。當照射UV光線下，發現光電流增加至 $2.7 \times 10^{-6}$  A與暗電流相差兩個數量級。由響應圖我們可以得到較大的光-暗電流比為90，相較於著名期刊氧化鋅奈米線光檢測器光-暗電流比為67.5 [9]，由此可發現利用分子束磊晶系統，成長硒化鋅奈米線擁有較好光感測特性。

總結來說，我們報導了利用分子束磊晶系統，成長硒化鋅奈米線於矽基板上。並且渡上一層金薄膜，製作交指式電極於硒化鋅奈米線上，並製作成UV光檢測器。我們可以發現由硒化鋅奈米線製作而成的光檢測器，擁有較大的光-暗電流比，並且也發現擁有較快速的響應回復。

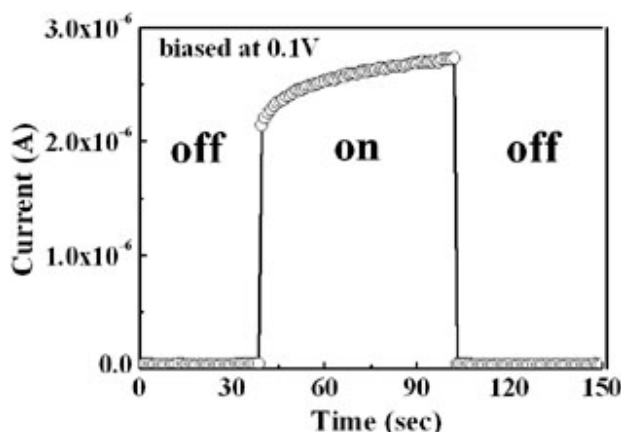


圖4 光檢測器光-暗電流響應圖

## References

1. Lee H C, Abe T, Kaneko N, Adachi M, Watanabe M, Fujita Y, Kasada H and Ando K 2002 *Jpn. J. Appl. Phys.* **41** 1359
2. Ito S, Nakano K and Ishibashi A 2000 *J. Crystal Growth* **214** 1029
3. Chen W R, Chang S J, Su Y K, Chen J F, Lan W H, Lin W J, Cheng Y T, Liu C H and Liaw U H 2002 *IEEE Photon. Technol. Lett.* **14** 1061
4. Katayama K, Matsubara H, Nakanishi F, Nakamura T, Doi H, Saegusa A, Mitsui T, Matsuoka T, Irikusa M, Takebe T, Nishine S and Shirakawa T 2000 *J. Crystal Growth* **214** 1064
5. Okuyama H 2000 *IEICE Trans. Electron.* **E83C** 536
6. Chang S J, Su Y K, Chen W R, Lan W H, Lin W J, Cheng Y T, Liu C H and Liaw U H 2002 *IEEE Photon Technol. Lett.* **14** 180
7. Colli A, Hofmann S, Ferrari A C, Ducati C, Martelli F, Rubini S, Cabrini S, Franciosi A, Robertson J 2005 *Appl. Phys. Lett.* **86** 153103

8. Colli A, Hofmann S, Ferrari A C, Martelli F, Rubini S, Ducati C, Franciosi A, Robertson J 2005 *Nanotechnology* **16** S139
9. Hsu C L, Chang S J, Lin Y R, Li P C, Lin T S, Tsai S Y, Lu T H and Chen I C 2005 *Chem. Phys. Lett.* **416** 75

*Copyright 2010 National Cheng Kung University*