

ภาคผนวก ก

เทคนิคการเตรียมสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ

เนื่องจากการทดลองนี้ใช้ความเข้มข้นของไอเอทานอลในหน่วย ppm ซึ่งหมายถึง ความเข้มข้นของไอเอทานอล 1 หน่วย ต่อ อากาศ 1,000,000 หน่วย โดยที่หน่วยที่ใช้จะเป็นปริมาตร แต่เนื่องจากการเตรียมส่วนผสมของเอทานอลในสถานะก๊าซทำได้ยาก ดังนั้นจึงต้องเตรียมเอทานอลให้อยู่ในสถานะของสารละลายความเข้มข้นค่าหนึ่ง และนิยามความสามารถในการระเหยของเอทานอลจากสารละลายเป็นปริมาณเอทานอลในอากาศ เรียกว่า สัมประสิทธิ์การแปลงค่าปริมาณเอทานอลในน้ำเป็นปริมาณเอทานอลในอากาศ นิยามตามสมการ

$$k_{w/a} = \frac{1000}{0.04145 \text{EXP}(0.06583T_s)}$$

เมื่อ $k_{w/a}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าปริมาณเอทานอลในน้ำเป็นปริมาณเอทานอลในอากาศ (Water-ethanol to air-ethanol partition ratio)
 T_s คือ อุณหภูมิของน้ำหรือสารละลาย

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าปริมาณเอทานอล ในสารละลายเป็นปริมาณเอทานอลในอากาศ, $k_{w/a}$ ที่อุณหภูมิ 34 °C ซึ่งเป็น T_s เพราะเป็นค่าอุณหภูมิของสารละลายเอทานอลในเครื่อง Simulator ที่ใช้ในการทดลอง ดังนั้นจะได้

$$k_{w/a} = \frac{1000}{0.04145e^{0.06583(34)}}$$

$$k_{w/a} = 2572.935$$

จากค่า $k_{w/a}$ ที่ได้สมมุติว่าที่สารละลายเอทานอลความเข้มข้นเท่ากับ C mg/m³ จะได้ความเข้มข้นของไอเอทานอลในอากาศเป็น C/2572.935 mg/m³ เป็นต้น

เนื่องจากต้องการความเข้มข้นของไอเอทานอลในอากาศให้อยู่ในหน่วย ppm ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของเอทานอลในอากาศให้อยู่ในหน่วย mg/m^3 ซึ่งนิยามตามสมการ

$$(p) = \frac{(M)(273.15 + t)}{(12.187)(MW)}$$

เมื่อ P คือ ความเข้มข้นในหน่วย ppm (part per million)

M คือ ปริมาณเอทานอลในอากาศ หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

t คือ อุณหภูมิในหน่วย องศาเซลเซียส

MW คือ มวลโมเลกุลของเอทานอลมีค่าเท่ากับ 46.07

ดังนั้นเมื่อต้องการ ไอเอทานอลความเข้มข้น 1000 ppm จะได้ว่า

$$M = \frac{(1000 \text{ ppm})(12.187)(46.07)}{273.15 + 34}$$

$$M = 1827.950806 \text{ mg}/\text{m}^3$$

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลง ปริมาณความเข้มข้นของเอทานอล ในอากาศให้เป็นปริมาณเอทานอลในสารละลาย โดยที่ปริมาณเอทานอลในอากาศ 1 ส่วนแปลงเป็นปริมาณเอทานอลในน้ำ 2572.935 ส่วน (ที่ 34 °C) ซึ่งปริมาณเอทานอลในอากาศเป็น 1827.950806 mg/m^3 แปลงเป็นปริมาณเอทานอลในสารละลาย ได้เป็น

$$\text{ปริมาณเอทานอลในสารละลาย} = 1827.950806 \text{ mg}/\text{m}^3 \times 2572.935$$

$$= 4.7032 \times 10^6 \text{ mg}/\text{m}^3$$

$$= 4.7032 \text{ mg}/\text{cm}^3$$

ต้องการเตรียมสารละลายเอทานอล 500 ml ดังนั้นจะได้

$$\text{ปริมาณเอทานอล} = 2.3533 \text{ g}$$

นั่นคือ จะต้องใช้เอทานอล 2.3533 g ผสมกับน้ำ 500 ml จึงจะได้ไอของเอทานอลความเข้มข้น 1000 ppm

ในการทำนองเดียวกันที่ความเข้มข้น 50, 100, 200, 500 และ 2000 ppm จะใช้เอทานอลปริมาณ 0.1177, 0.2353, 0.4707, 1.1766 และ 4.7065 กรัม ตามลำดับ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

ผลงานทางวิชาการ

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสาร **Chiang Mai University Journal** เรื่อง **Zinc Oxide Nanostructures by Oxidation of Zinc Thin Films** โดย Orathai Yawong, Supab Choopun, Pongsri Mangkorntong, and Nikorn Mangkorntong **Volume 4 No. 1** หน้า 7-10 ในปี ค.ศ. 2005 มีรายละเอียดแสดงต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Zinc Oxide Nanostructure by Oxidization of Zinc Thin Films

Orathai Yawong (a), Supab Choopun (a), Pongsri Mangkorntong (a),
and Nikorn Mangkorntong (a)

(a) Department of Physics, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai
50200 Thailand

* Author for correspondence, e-mail: supab@science.cmu.ac.th

ABSTRACT

The zinc oxide nanostructures were synthesized by oxidizing zinc thin films. The zinc thin films are grown on silicon and alumina substrates by dc sputtering at various times from 30, 60 and 90 minutes. The zinc thin films were then heated at various temperatures from 600, 800 and 900 °C for 6 hr. The obtained zinc oxide nanostructures were investigated by Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM). The zinc oxide nanostructures have a potential application for nanodevices such as nano gas sensor.

Keyword : zinc oxide, nanostructures, oxidation, dc sputtering

INTRODUCTION

ZnO is an n-type wide band gap semiconductor with the band gap of 3.37 eV and have various potential applications such as optoelectronic devices, chemical sensors and gas sensors. Also, bio-safe characteristics of ZnO make them very attractive for biomedical applications. Moreover, ZnO in the form of nanostructures would enhance the gas sensing properties of gas sensors due to a huge surface area. Thus, it is a great interest to study the synthesis of ZnO nanostructures.

ZnO nanostructures can be synthesized by several methods such as sputtering technique (Choopun et al., 2005), vapor deposition (Chen et al., 2005), pulsed laser deposition (PLD) (Choopun et al., 2005), metalorganic chemical vapor deposition (MOCVD) (Xu et al., 2005) and oxidation.(Chen et al., 2004; Zhang et al., 2005; Sekar et al., 2005). The oxidation method is a simple, low-cost and most commonly use for the synthesis of ZnO nanostructures. Chen and co-workers (Chen et al., 2004) have reported that ultra-fine ZnO nanowires can be easily synthesized at 800 °C in air via oxidation of ZnO nanowires which is produced by heating ZnO+C mixture at 1100 °C under a flow of nitrogen gas. Zhang and co-workers (Zhang et al., 2005) have successfully synthesized ZnO nanostructures by oxidizing zinc foils at 700 °C in air without the presence of catalyst and carrier gas. The different morphologies of ZnO nano- and micro-structures such as porous membrane, nanowires (or nanorods), nanobelts, nanoneedles and nanotetrapods have been achieved through tuning the heating rates in a tube furnace. Sekar and co-workers (Sekar et al., 2005) have reported that ZnO nanowires were grown on Si (100) substrates by oxidation of metallic Zn powder at 600 °C. Sea-urchin-like nanostructures, consisting of straight nanowires of ZnO with blunt faceted ends have been observed.

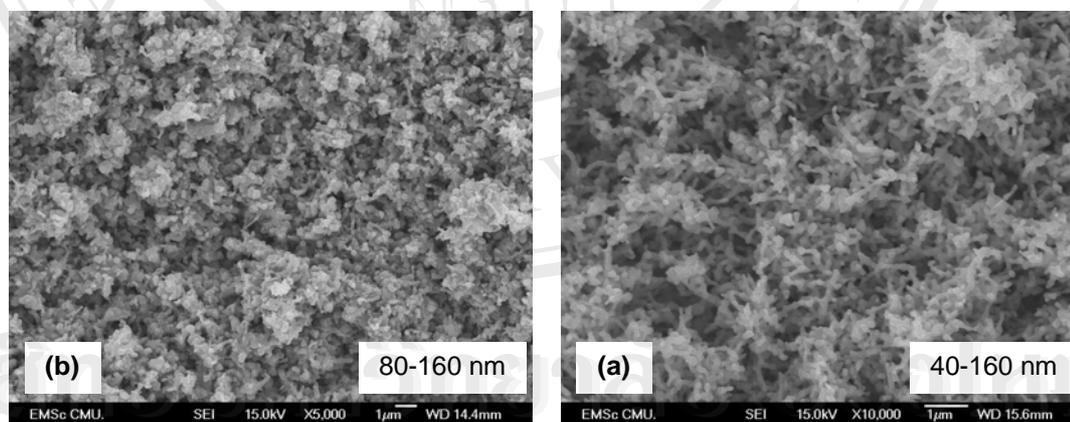
Most of the oxidation works were on the oxidation of zinc powder or zinc metallic foil or sheet. However, the work on the oxidation of zinc thin films has been rarely reported. In this work, we report on the preparation of ZnO nanostructures by oxidation of zinc thin films. The zinc thin films were prepared by dc sputtering technique.

MATERIALS AND METHODS

The thin films of zinc were prepared by DC sputtering, at argon pressure of 30 mtorr, power of 200 watts, and time duration of 30, 60 and 90 minutes on silicon and alumina substrates. The oxidation of the zinc thin films was performed by heating the thin films at various temperatures from 600, 800 and 900 °C for 6 hours to obtain ZnO nanostructures. The ZnO nanostructures were characterized by field-emission scanning electron microscopy (FE-SEM) for morphology.

RESULTS AND DISCUSSION

A typical color of zinc thin film is grey. After heating, a color of thin film turns into white color which is a typical color for ZnO nanostructures. The general morphology of the heated ZnO nanostructures is shown in Figure 1, 2 and 3. Figure 1 shows FE-SEM image of ZnO nanostructures deposited on alumina substrates at various sputtering times and then, heated at 600°C for 6 hr. The columnar-like structures have been observed. It is worth noting that wire-like structures have been typically observed in the case of oxidation zinc powder.



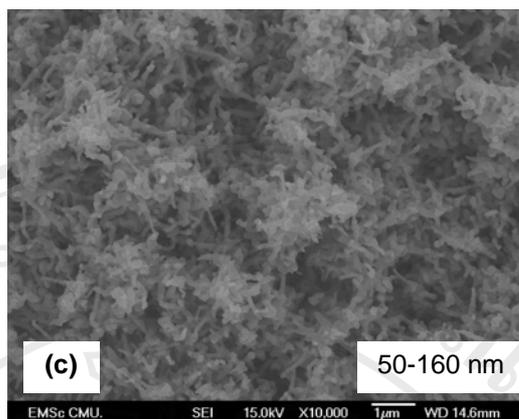


Figure 1. FE-SEM images of ZnO nanostructures deposited on alumina substrates at (a) sputtering time of 30 minutes, (b) sputtering time of 60 minutes, and (c) sputtering time of 90 minutes and then, heated at 600°C for 6 hr.

It can be observed that the size of ZnO nanostructures almost does not depend on the sputtering times. This indicated that the thickness of zinc thin films has almost no effect on the size of ZnO nanostructures. Moreover, the similar results have been observed for ZnO nanostructures deposited on silicon substrate at various sputtering times and then, heated at 600°C for 6 hr (not shown).

Figure 2 shows FE-SEM image of ZnO nanostructures deposited on silicon substrates at sputtering time of 90 minutes and heated at various temperatures for 6 hr. Clearly, the size of ZnO nanostructures depends on the heating temperature. The higher the heating temperature the larger the size of ZnO nanostructures. The same results have been observed in the case of deposition on alumina substrates as shown in Figure 3. However, the size of ZnO nanostructures in the case of deposition on alumina substrates is larger than in the case of deposition on silicon substrates. The reason for the larger size is still under investigation.

In the case of ZnO nanostructures grown on p-type silicon substrate, the structure would become p-i-n diode structure (p-Si/i-SiO₂/n-ZnO) because there is a naturally formed SiO₂ layer on silicon substrate. This p-i-n structure could be used for nanodevices such as nano gas sensor.

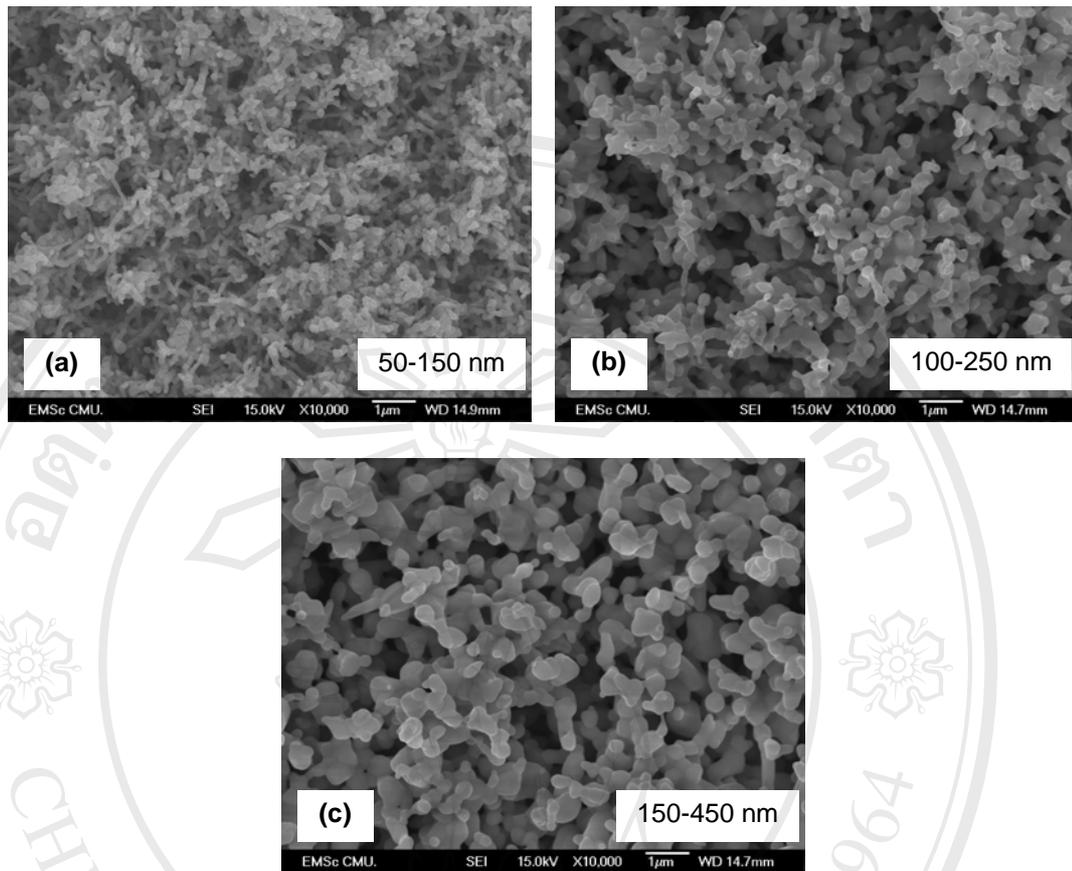
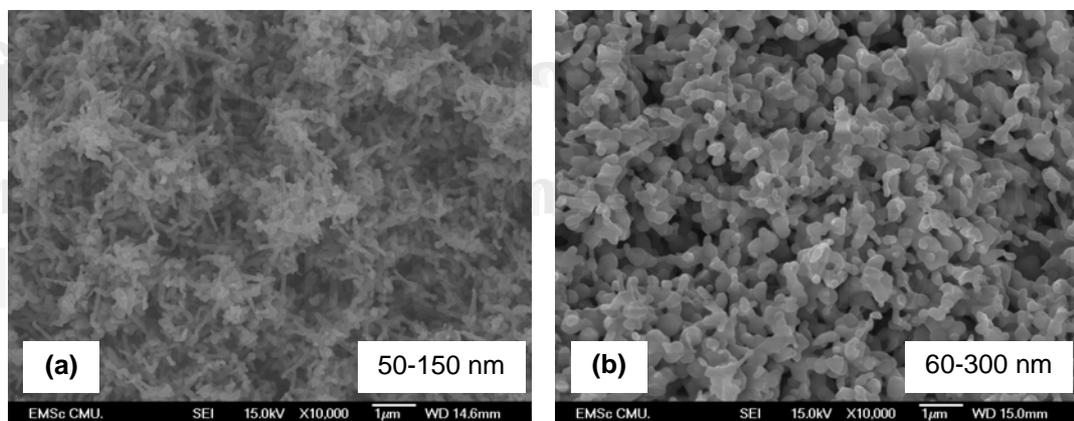


Figure 2. FE-SEM images of ZnO nanostructures deposited on silicon substrates at sputtering time of 90 minutes and heated at various temperatures (a) 600 °C, (b) 800 °C, and (c) 900 °C for 6 hr.



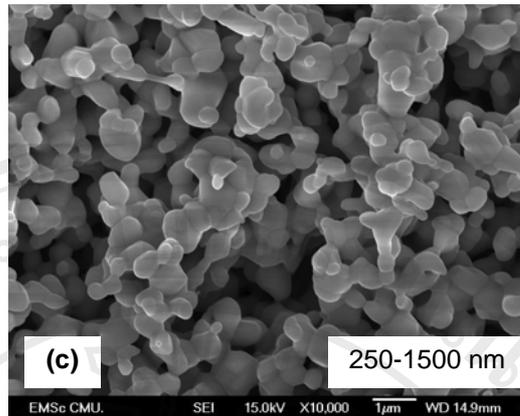


Figure 3. FE-SEM images of ZnO nanostructures deposited on alumina substrates at sputtering time of 90 minutes and heated at various temperatures (a) 600 °C, (b) 800 °C, and (c) 900 °C for 6 hr.

CONCLUSIONS

The zinc oxide nanostructures were successfully synthesized by oxidizing zinc thin films. The zinc thin films are grown on silicon and alumina substrates by dc sputtering at various times from 30, 60 and 90 minutes. The zinc thin films were then heated at various temperatures from 600, 800 and 900 °C for 6 hr. The size of ZnO nanostructures almost does not depend on sputtering time but strongly depends on heating temperatures. The zinc oxide nanostructures have a potential application for nanodevices such as nano gas sensor.

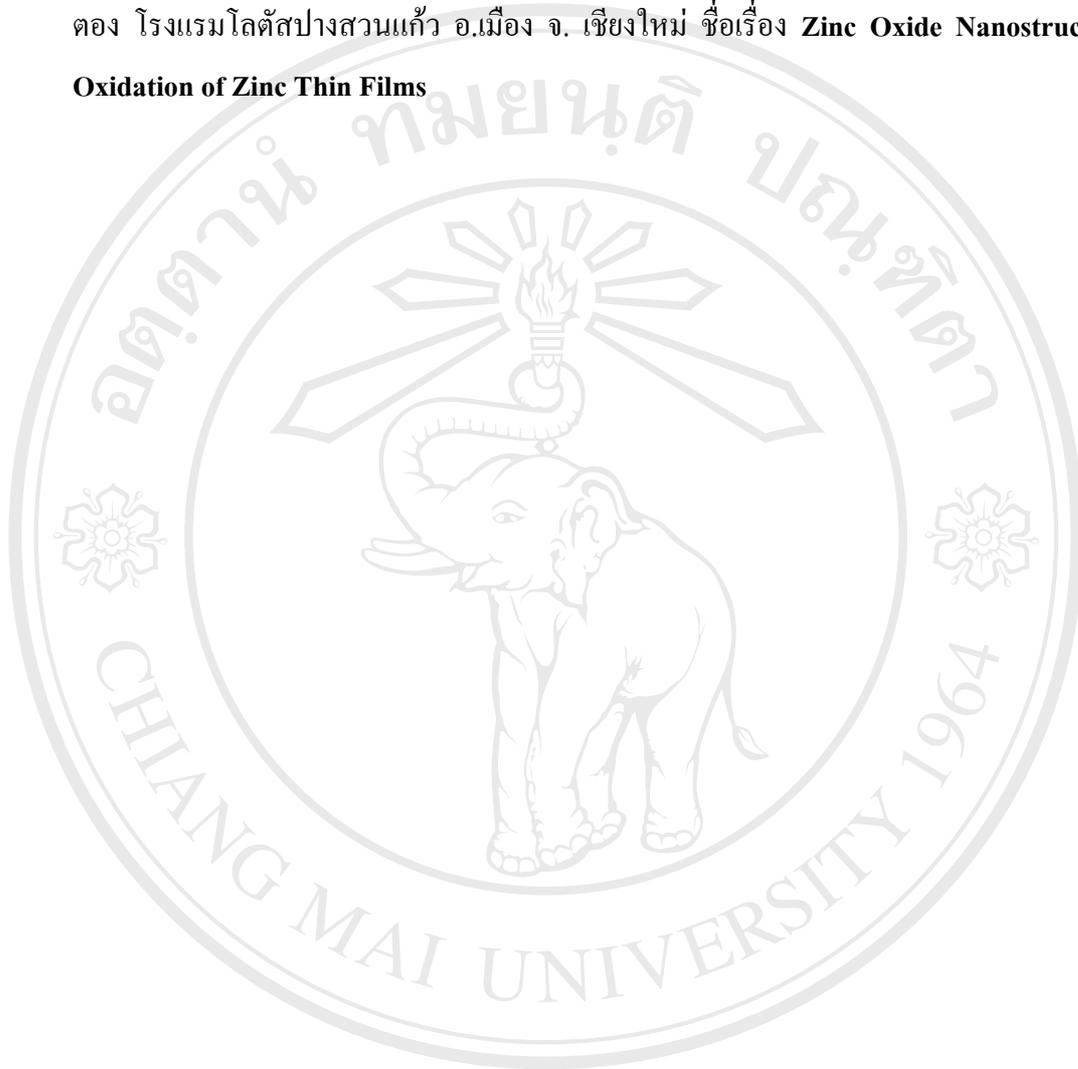
ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Thailand Research Fund (TRF).

REFERENCES

- Choopun S., N. Hongsith, S. Tanunchai, T. Chairuangri, C. Krua-in., S. Singkarat, T. Vilaithong, P. Mangkorntong, and N. Mangkorntong. 2005. Single-crystalline ZnO Nanobelts by RF Sputtering, *J.Crys.Growth*. (in press).
- Chen, Z., N. Wu, Z. Shan, M. Zhao, S. Li, C.B. Jiang, M.K. Chyu, and S.X. Mao. 2005. Effect of N_2 flow rate on morphology and structure of ZnO nanocrystals synthesized via vapor deposition. *Scripta Materialia*. 52 : 63-67.
- Choopun S., H. Tabata, and T. Kawai. 2005. Self-assembly ZnO Nanorods by Pulsed Laser Deposition under Argon Atmosphere. *J. Cryst. Growth*. 274 : 167-172.
- Xu, X., Z. Ye, L. Zhu, Y. Zeng, L. Jiang, and B. Zhao. 2005. ZnO nanostructure networks grown on silicon substrates. *J. Cryst. Growth*. 277 : 490-495.
- Chen, Z., Z. Shan, S. Li, C.B. Liang, and S.X. Mao. 2004. A novel and simple growth route towards ultra-fine ZnO nanowires. *J. Cryst. Growth*. 265 : 482-486.
- Sekar, A., S. H. Kim, A. Umar, and Y. B. Hahn. 2005. Catalyst-free synthesis of ZnO nanowires on Si by oxidation of Zn powders. *J. Cryst. Growth*. 277 : 471-478.
- Zhang, J., Y. Yang, B. Xu, F. Jiang, and J. Li. 2005. Shape-controlled synthesis of ZnO nano- and micro-structures. *J. Cryst. Growth*. 280 : 509-515.

2. นำเสนอผลงานแบบโปสเตอร์ ในงานสัมมนาเรื่อง เทคโนโลยีการผลิตวัสดุนาโน (Seminar on Nano Material Fabrication Technologies) วันที่ 28-29 กรกฎาคม 2548 ณ ห้องเสนาทอง โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว อ.เมือง จ. เชียงใหม่ ชื่อเรื่อง **Zinc Oxide Nanostructures by Oxidation of Zinc Thin Films**



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved