

# 以反應式射頻磁控濺鍍法沈積氮化鎵薄膜之研究=the investigation of gan thin films deposited by r.f. reactive magnetron sput

魏上欽、洪瑞華

E-mail: 8804789@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

於本論文中，我們將針對以射頻磁控濺鍍法所沈積出之氮化鎵薄膜作一探討。在沈積的過程中，除了改變濺鍍氣體（氮氣及氫氣）的比例量之外，其他的沈積參數像射頻源的輸出功率、沈積時腔體的壓力及基板的溫度等均維持在固定的設定值。我們所要討論的是不同濺鍍氣體比例量這一項沈積參數對氮化鎵薄膜所造成的影響。當薄膜是在較高氮氣量的環境下沈積時，薄膜的表面較平坦，而且其電阻率也較大。相反的，當薄膜是在較低氮氣量的環境下沈積時，薄膜的表面變得粗糙，其電阻率也減小，而且其薄膜緻密性也較差。以濺鍍法所沈積的氮化鎵薄膜中，我們發現它具有一項特殊的現象，就是殘存光導現象，此一現象是材料在受光照射時其電導會增加，但是把光源移走時，其電導並不會立刻回到原來的值，而是慢慢的回復。這一現象的衰減速度和薄膜沈積時的環境有著相當大的關係，在較低氮氣量的環境中所沈積的薄膜具有較多的缺陷，同時它亦具有很緩慢釋放電子的能力，所以使得其電導值降得很慢，而在較高氮氣量環境下所沈積的薄膜則則有較少的缺陷，所以其電導值降得較快，但是其衰減時間仍然很久。除了討論殘存光導現象外，我們並試圖以加熱的方式來消除殘存光導現象，而也發現到熱的方式的確可以消除。因此，此一特性在光記憶材料方式將可以做一應用，即以較高能量的光源（如紫外光或短波長雷射）做為寫入資料的方式，而以加熱能的方式消除所記憶的資料。在本論文中，除了觀察殘存光導現象及熱能對該現象的影響外，對於此一現象的解釋，可以經由不同溫度對電導值的變化及熱激發電流的量測來測出薄膜的活化能及可能的缺陷能階位置，而這也是本文的主要重心之一。除了量測出可能的能階位置外，我們並對這一殘存光導現象及加熱時所造成的影響有著詳細的描述，並根據這些結果提出將可能之能階狀態圖。

關鍵詞：氮化鎵；濺鍍法；殘存光導

## 目錄

page 封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	v
Abstract.....	vii	誌謝.....	viii
List of Figures.....	x	List of Tables.....	xii
1. Introduction	1	1.1 Optoelectronic devices.....	1
1.2 Material properties.....	3	1.3 Deposition technologies.....	4
2. Experiment	7	2.1 Substrates preparation.....	7
2.2 Deposition process.....	7	2.3 Measurements.....	9
3. Results & Discussions	13	3.1 Material characteristics.....	13
3.2 Thermal anneal and rapid thermal anneal (RTA) effects.....	15	3.3 Electrical properties.....	17
3.4 Persistent photoconductivity (PPC) phenomenon.....	18	3.5 Thermal effect on PPC behavior.....	21
3.6 Activation energy measurements.....	22	(a) Current-Temperature measurement.....	22
(b) Thermally stimulated current (TSC) measurement.....	23	4. Conclusion.....	26
References.....	29		

## 參考文獻

1. S. Strite and H. Morkoc, J. Vac. Sci. Technol. B, vol.10, 1237 (1992).
2. E. Lakshmi, Thin Solid Films, L137 (1981).
3. Q. Chen, M. Asif Khan, C. J. Sun and J. W. Yang, Electron. Lett., vol.31, 1781 (1995).
4. R. J. Trew, M. W. Shin and V. Gatto, Solid-State Electronics, vol.40, 1561 (1997).
5. S. D. Lester, F. A. Ponce, M. G. Craford and D. A. Steigerwald, Appl. Phys. Lett., vol.66, 1249 (1995).
6. Gerrg Mohs, Brian Fluegel, Harald Giessen, Habib Tajalli, and Nasser Peyghambarian, Appl. Phys. Lett., vol.67, 1515 (1995).
7. M. Asif Khan, Q. Chen, R. A. Skogman, and J. N. Kuznia, Appl. Phys. Lett., vol.66, 2046 (1995).
8. Shuji Nakamura, Takashi Mukai, and Masayuki Senoh, Appl. Phys. Lett., vol.64, 1687 (1994).
9. Shuji Nakamura, The Blue Laser Diode (1997).
10. 史光國, 工業材料, vol.126, 154 (1997).
11. Michele T. Hirsch, J. A. Wolk, W. Walukiewicz and E. E. Haller, Appl. Phys. Lett., vol.71, 1098 (1997).
12. G. Beadie, W. S. Rabinovich, A. E. Wichenden, D. D. Koleske, S. C. Binari, and J. A. Freitas, Jr., Appl. Phys. Lett., vol.71, 1092 (1997).
13. C. H. Qiu, and J. I. Pankove, Appl. Phys. Lett., vol.70, 1983 (1997).
14. V. A. Joshkin, J. C. Roberts, F. G. McIntosh, and S. M. Bedair, Appl. Phys. Lett., vol.71, 234 (1997).
15. Michio Sato, J. Appl. Phys., vol.78, 2123 (1995).
16. M. E. Lin, G. Xuw, G. L. Zhou, J. E. Greene and H. Morkoc, Appl. Phys. Lett., vol.63, 932 (1993).
17. T. Lei, M. Fanciulli, R. J. Molnar, and T. D. Moustakas, Appl. Phys. Lett., vol.59, 944 (1991).
18. A. Ohtani, K. S. Stevens, and R. Beresford, Appl. Phys. Lett., vol.65, 61 (1994).
19. H. Amano, K. Hiramatsu, M. Kito, N. Sawaki and I. Akasaki, J. Cryst. Growth, vol.93, 79 (1988).
20. Peter Hacke, Atsuyoshi Maekawa, Norikatsu

Koide, Kazumasa Hiramatsu and Nobuhiko Sawaki, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.33, pt. 1, 6443 (1994). 21. Toshihar Kawabata, Toshio Matsuda and Susumu Koike, *J. Appl. Phys.*, vol.56, 2367 (1984). 22. Kouichi Naniwae, Shigetoshi Itoh, Hiroshi Amano, Kenji Itoh, Kazumasa Hiramatsu and Isamu Akasaki, *J. Cryst. Growth*, vol.99, 381 (1990). 23. S. W. Choi, K. J. Bachmann and G. Lucovsky, *J. Mater. Res.*, vol.8, 847 (1993). 24. Hirotugu Sato, Toru Sasaki, Takashi Matsuoka and Akinori Katsui, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.29, 1654 (1990). 25. Kanji Yasui, Kentarou Iizuka, Tomoaki Harada and Tadashi Akahane, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.36, pt. 1, 4953 (1997). 26. Sakae Zembutsu and Toru Saasaki, *Appl. Phys. Lett.*, vol.48, 870 (1986). 27. Sung Hwan Cho, Hiroshi Sakamoto, Katsuhiko Akimoto, Yoshitaka Okada and Mitsuo Kawabe, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.34, pt. 2, L236 (1995). 28. M. Asif Hkan, J. N. Kuznia, N. T. Olson, J. M. Van Hove, and M. Blasingame, *Appl. Phys. Lett.*, vol.60, 2917 (1992). 29. Michio Sato, *Solid-State Electronics*, vol.41, 223 (1997). 30. Zhonghai Yu, S. L. Buczkowski, N. C. Giles, and T. H. Myers, *Appl. Phys. Lett.*, vol.69, 2731 (1996). 31. A. Botchkarev, A. Salvador, B. Sverdlov, J. Myoung, and H. Morkoc, *J. Appl. Phys.*, vol.77, 4455 (1995). 32. Jennifer Ross and Mike Rubin, *J. Mater. Res.*, vol.8, 2613 (1993). 33. W. Lakshmi, B. Mathur, A. B. Bhattacharya and V. P. Bhargava, *Thin Solid Films*, vol.74, 77 (1980). 34. T. L. Tansley, R. J. Egan and E. C. Horrigan, *Thin Solid Films*, vol.164, 441 (1988). 35. J. Ross and M. Rubin, *Mater. Lett.*, vol.12, 215 (1991). 36. Michele T. Hirsch, J. A. Wolk, W. Walukiewicz, and E. E. Haller, *Appl. Phys. Lett.*, vol.71, 1098 (1997). 37. Dieter K. Schroder, in *Semiconductor Material and Device Characterization*, John Wiley & Sons, Inc., Singapore, 130 (1990). 38. S. M. Sze, in *Physics of Semiconductor Devices 2nd*, John Wiley & Sons, Inc., United States of America, 284 (1985). 39. R. C. Powell, G. A. Tomasch, Y. —W. Kim, J. A. Thornton and J. E. Greene, *Mater. Res. Soc. Proc.*, vol.162, 525 (1990).