

## 第四章 結論

在本研究中，首先我們使用了含多氮的化合物 $C_3N_3Cl_3$ 為前驅物，與氫化鈉熱裂解後產生的鈉金屬顆粒在低溫下(623 K)反應，可得到兩種型態的奈米結構，一種為類似海膽狀的孔洞性結構，另一種為直徑 0.5~1  $\mu m$ 的空心球形結構，經由EDX的鑑定之後，得知這兩種不同外觀的產物之主要組成元素為碳、氮及些許的氧。並經由 $^{13}C$ 固態核磁共振光譜儀的鑑定得知其結構至少有碳氮單環(triazine) 網狀結構、碳氮三環(heptazine) 網狀結構及沒有氮連接的碳氮單環網狀結構所組成。

另外，我們成功地發展出一種新的方法，在低溫下(623K)以 $C_3N_3Cl_3$ 為前驅物與孔道壁上具有一層鈉金屬且孔徑均一、孔洞具週期性的陽極處理氧化鋁模板反應，在去除模板後，可得到排列整齊束狀的氮化碳奈米管，其直徑大小約為 200~300 nm，長度在數十 $\mu m$ ，與陽極處理氧化鋁模板厚度相符，且在奈米氮化碳管的管壁上會有一些大小不等的方形或橢圓形孔洞出現，經分析後確為反應過程中產生的副產物氫化鈉所造成，並經由EDX鑑定奈米管組成元素為碳、氮及些許的氧，另外，再利用元素分析儀分析其含氮量，較近年來所報導的奈米氮化碳材料高，大約是 50%，相等於用化學計量表示為 $C_1N_1$ 。隨著高含氮量之氮化碳奈米管的成功合成，為奈米氮化碳材料的應用性開創一番嶄新的視野。

## 參考文獻

1. Kroto, H. W.; Heath, J. R.; O'Brien, S. C.; Crul, R. F.; Smalley, R. E. *Nature (London)* **1985**, *318*, 162
2. Iijima, S. *Nature* **1991**, *354*, 56
3. Ebbesen, T. W.; Ajayan, P. M. *Nature* **1992**, *358*, 220
4. Terrones, M.; Grobert, N.; Olivares, J.; Zhang, J. P.; Terrones, H.; Kordatos, K.; Hsu, W. K.; Hare, J. P.; Townsend, P. D.; Prassides, K. A.; Cheetham, K.; Kroto, H. W.; Walton, D. R. M. *Nature* **1997**, *388*, 52
5. Li, Z. W.; Xie, S. S.; Qian, L. X.; Chang, B. H.; Zou, B. S.; Zhou, W. Y.; Zhao, R. A.; Wang, G. *Science* **1999**, *283*, 512
6. Wang, C.; Waje, M.; Wang, X.; Tang, J. M.; Haddon, R. C.; Yan, Y. S. *Nano. Lett* **2004**, *4*, 345
7. Liu, C.; Fan, Y. Y.; Liu, M.; Cong, H. T.; Cheng, H. M.; Dresselhaus, M.S. *Science* **1999**, *286*, 1127
8. Wang, C.; Waje, M.; Wang, X.; Tang, J. M.; Haddon, R. C.; Yan, Y. S. *Nano. Lett* **2004**, *4*, 345
9. Tans S. J.; Verschueren A. R. M.; Dekker, C. *Nature* **1998**, *393*, 49
10. Suda, H.; Haraya, K. *J. Phys. Chem. B* **1997**, *101*, 3988
11. Rodriguez, N. M.; Kim, M. S.; Baker, R. T. K. *J. Phys. Chem. B* **1994**, *98*, 13108
12. Hamada, N.; Sawada, S.; Oshiyama, A. *Phys. Rev. Lett* **1992**, *68*, 1579
13. Saito, K.; Fujita, M.; Dresselhaus, G.; Dresselhaus, M. S. *Appl. Phys. Lett* **1992**, *60*, 2204

14. Odom, T. W.; Huang, J. L.; Kim, P.; Lieber, C. M. *J. Phys. Chem. B* **2000**, *104*, 2794
15. Suenaga, K.; Colliex, C.; Demoncey, N.; Loiseau, A.; Pascard, H.; Willaime, F. *Science* **1997**, *278*, 653
16. Terrones, M.; Redlich, P.; Grobert, N.; Trasobares, S.; Hsu, W. -K.; Terrones, H.; Zhu, Y. -Q.; Hare, J. P.; Reeves, C. L.; Cheetham, A. K.; Ruhle, M.; Kroto, H. W.; Walton, D. R. M. *Adv. Mater* **1999**, *11*, 655
17. Sen, R.; Satishkumar, B. C.; Govindaraj, A.; Harikumar, K. R.; Raina, G.; Zhang, J.-P.; Cheetham, A. K.; C. N. R. *Chem. Phys. Lett* **1998**, *287*, 671
18. Liu, A. Y.; Cohen, M. L. *Science* **1989**, *245*, 4920
19. Matsumoto, S.; Xie, E.-Q.; Izumi, F. *Diamond and Related Materials* **1999**, *8*, 1175
20. Montigaud, H.; Tanguy, B.; Demazeau, G.; Alves, I.; Birot, M.; Dunogues, J. *Diamond and Related Materials* **1999**, *8*, 1707
21. Nath, M.; Satishkumar, B. C.; Govindaraj, A.; Vinod, C. P.; Rao, C. N. R. *Chem. Phys. Lett* **2000**, *322*, 333
22. Masuda, H.; Sotoh, M. *Jpn. J. Appl. Phy* **1996**, *35*, L126
23. Li, J.; Moskovits, M.; Haslett, T. L. *Chem. Mater* **1998**, *10*, 1963
24. Li, J.; Papadopoulos, C.; Xu, J. M.; Moskovits, M. *Appl. Phys. Lett* **1999**, *75*, 367
25. Wang, L. S.; Lee, C. Y.; Chiu, H. T. *Chem. Comm* **2003**, *15*, 1964
26. Jian, K. Q.; Shim, H. S.; Schwartzman, A.; Crawford, G. P.; Hurt, R. H. *Adv. Mater* **2003**, *2*, 164
27. Kim, M. J.; Choi, J. H.; Park, J. B.; Kim, S. K.; Yoo, J. B.; Park, C.Y. *Thin Solid Film* **2003**, *435*, 312

28. Jeong, S. H.; Hwang, H. Y.; Lee, K. H.; Jeong, Y. S. *Appl. Phys. Lett* **2001**, 78, 2052
29. Lee, J. S.; Suh, J. S. *J. Appl. Phys* **2002**, 92, 7519
30. Nicewarner-Pena, S. R.; Freeman, R. G.; Reiss, B. D.; He, L.; Pena, D. J.; Walton, I. D.; Cromer, R.; Keating, C. D.; Natan, M. J. *Science* **2001**, 294, 137
31. Klein, J. D.; Herrick, R. D.; Palmer, D.; Sailor, M. J. *Chem. Mater* **1993**, 5, 902
32. Martin, C. R. *Chem. Mater* **1996**, 8, 1739
33. Steinhart, M.; Wendorff, J. H.; Greiner, A.; Wehrspohn, R. B.; Nielsch, K.; Schilling, J.; Choi, J.; Gösele, U. *Science* **2002**, 296, 1997
34. Douglas, B.; McDaniel, D.; Alexander, J. *Concepts and Models of Inorganic Chemistry*, 3<sup>rd</sup> Edition, New York, WILEY, 1994, Chapter 13, p.636
35. Lee, C. Y.; Chiu, H. T.; Peng, C. W.; Yen, M. Y.; Chang, Y. H.; Liu, C. S. *Adv. Mater* **2001**, 13, 1105
36. Khabashesku, V. N.; Zimmerman, J. L.; Margrave, J. L. *Chem. Mater* **2000**, 12, 3264
37. Barbara, J.; Elisabeth, I.; Senker, J.; Kroll, P.; Helen, M.; Wolfgang, S.; *J. Am. Chem. Soc* **2003**, 125, 10288
38. Breitmaier, E.; Voelter, W. *Carbon-13 NMR Spectroscopy*, New York, 1986
39. Irving, M. K.; Themis, A. *J. Am. Chem. Soc* **1947**, 69, 801
40. Qixun, G.; Yi, X.; Xinjun, W.; Shichang, L.; Tao, H.; Xianming, L. *Chemical Physics Letters* **2003**, 380, 84

41. Miller, D. R.; Swenson, D. C.; Gillen, E. G. *J. Am. Chem. Soc* **2004**, *126*, 5372
42. Kumar, S.; Tansley, T. L.; Wielunski, L. S. *J. Phys. D: Appl. Phys* **1995**, *28*, 2335
43. Suenaga, K.; Yudasaka, M.; Colliex, C.; Iijima, S. *Chem. Phys. Lett* **2000**, *316*, 365
44. 陳盈薰， “以新穎的方法合成奈米碳管及奈米氮化碳管”，國立交通大學，碩士論文，民國92年6月。
45. Guo, Q.; Xie, Y.; Wang, X.; Zhang, S.; Hou, T.; Lv, S. *Chem. Commun* **2004**, *1*, 26

