

## 第四章 結論

第一系列為小分子液晶材料(M1-M5)，中間核心為三苯基雙乙烯，並且末端為含有可進行光聚之 diacrylate 基團，由於分子的結構比較對稱，使得此系列中只有二個液晶材料具有層列型液晶相，所測得的偏極化光電性質均不佳。

第二系列為側鏈高分子液晶材料 polyacrylate(P1-P2)，將中間苯環改導入 benzothiadiazole 基團後，並不影響其液晶性質，此系列液晶材料皆為雙變型(enantiotropic)之向列型液晶。在偏極化光電性質方面，導入 benzothiadiazole 基團可改變光色，從藍光材料變成黃、橘光材料，另外也可增加材料導電性，進而提升元件性質。

第三系列為主鏈型高分子液晶材料(PF1-PF3)，主鏈的結構為共聚芴高分子(polyfluorene)的衍生物，共合成出三個液晶高分子材料，分別發藍、綠、紅光。從偏光顯微鏡可清楚看到皆有向列型液晶相的液晶紋理，並且製作出偏極化的藍、綠、紅光電激發光元件。將綠光、紅光材料摻混在藍光材料中，可提升元件性質，不論亮度、效率皆可提升數倍以上。將藍、綠、紅光液晶材料摻混在同一層中，可製作出偏極化之白光元件。

第四系列為複合型高分子液晶材料(PF4-PF10)，也就是在主鏈型高分子液晶材料的柔軟鏈上再連接液晶基團，主鏈為 polyfluorene 衍

生物，並連接兩種分別與主鏈垂直與平行的液晶基團。連接與主鏈垂直液晶基團的液晶材料(PF4-PF5)，在偏極化光電性質上，比沒接液晶基團(PF1-PF3)的材料只有些許提升。連接平行液晶基團的液晶材料(PF6-PF10)，其偏極化光電性質最佳，比沒接液晶基團(PF1-PF3)的材料提升數倍以上，其中綠光材料的光電性質最佳，最大偏極化亮度為  $1855 \text{ cd/m}^2$ ，極化值為 12.4，紅光材料的最大偏極化亮度為  $1052 \text{ cd/m}^2$ ，極化值為 10.7，此偏極化紅光亮度是目前已發表文獻中最亮的。最後用摻混的方法製作出高偏極化值之白光元件。

第五系列亦為複合型高分子液晶材料，主鏈為 poly(*p*-phenylene vinylene)衍生物，並連接與主鏈平行的液晶基團，此系列的偏極化光電性質雖不及第四系列來得佳，但在同為 poly(*p*-phenylene vinylene)衍生物中，已具有最佳的偏極化光電性質。

## 第五章 參考文獻

1. Reinitzer, F. *Monatsh. Chem.* **1888**, 9, 421.
2. Lehmann, O. *Z. Physik. Chem.* **1889**, 4, 462.
3. Gooby, J. W. *Liq. Cryst.* **1998**, 24, 25.
4. Bernanose, E.; Comte, M.; Vouaux, P. *J. Chem. Phys.* **1953**, 50, 64.
5. Bernanose, E.; Vouaux, P. *J. Chem. Phys.* **1953**, 50, 261.
6. Bernanose, E. *J. Chem. Phys.* **1955**, 52, 396.
7. Pope, M.; Kallmann, H. P.; Magnante, P. *J. Chem. Phys.* **1963**, 38, 2042.
8. Helfrich, W.; Schneider, W. G. *J. Chem. Phys.* **1966**, 44, 2902.
9. Tang, C. W.; VanSlyke, S. A. *Appl. Phys. Lett.* **1987**, 51, 913.
10. Patridge, R. H. *Polymer* **1983**, 24, 733.
11. Burroughes, J. H.; Bradley, D. D. C.; Brown, A. R.; Mackay, R. N.; Friend, R. H.; Burns, P. L.; Homes, A. B. *Nature* **1990**, 347, 539.
12. Braun, D.; Heeger, A. J. *Appl. Phys. Lett.* **1991**, 58, 1982.
13. Chen, C. H.; Shi, J.; Tang, C. W. *Macromol. Symp.* **1997**, 125, 1.
14. Dresner, J. *RCA Rev.* **1969**, 30, 332.
15. Brutting, W.; Buchwald, E.; Rgerer, G.; Meier, M.; Zuleeg, K.; Schwoerer, M. *Synth. Met.* **1997**, 84, 677.
16. Cao, G. Y.; Treacy G. M.; Klavetter, F.; Colaneri, N.; Heeger, A. J. *Nature*, **1993**, 357, 111.
17. Kraft, A.; Grimsdale, A. C.; Holmes, A. B. *Angew. Chem. Int. Ed.* **1998**, 37, 402.
18. Hwang, D. H.; Kim, S. T.; Li, X. C.; Chuah, B. S.; DeMello, J. C.;

- Friend, R. H.; Moratti, S. C.; Holmes, A. B. *Abstr. Pap. Am. Chem. S.* **1997**, *213*, 319.
19. Koch, F.; Heitz, W. *Macromol. Chem. Phys.* **1997**, *198*, 1531.
20. Pfeiffer, S.; Horhold, H. H. *Macromol. Chem. Phys.* **1997**, *200*, 1870.
21. Sarnecki, G. J.; Brun, P. L.; Kraft, A.; Reind, R. H.; Holmes, A. B. *Synth. Met.* **1993**, *55*, 91.
22. Hoger, F. W. S.; Zhang, C.; Pakbz, K.; Heeger, A. J. *Polym. Prepr.* **1993**, *34*, 197.
23. Gurge, R. M.; Sarker, A.; Lathti, P. M.; Hu, B.; Karasz, F. E. *Macromolecules* **1996**, *29*, 4287.
24. Gowri, R.; Mandal, D.; Shivkumar, B.; RamaKrishnan, S. *Macromolecules* **1998**, *31*, 1819.
25. Leclerc, M.; Diaz, F. M.; Wegner, G. *Macromol. Chem. Phys.* **1989**, *190*, 3105.
26. Mao, H.; Holdcroft, S. *Macromolecules* **1992**, *25*, 554.
27. Gill, R. E.; Malliaras, G. G.; Wildeman, J.; Hadziioannou, G. *Adv. Mater.* **1994**, *6*, 132.
28. Berggren, M.; Inganas, O.; Gustafsson, G.; Rasmusson, J.; Andwersson, M. R.; Hjertberg, T.; Wennerstorm, O. *Nature* **1994**, *372*, 444.
29. Andwersson, M. R.; Berggren, M.; Inganas, O.; Gustafsson, G.; Gustafsson-Carlberg, J. C.; Selse, D.; Hjerberg, T.; Wennerstorm, O. *Macromolecules* **1995**, *28*, 7525.
30. Miyazki, Y.; Yamamoto, T. *Chem. Lett.* **1994**, *41*, 145.
31. Berggren, M.; Gustafsson, G.; Inganas, O.; Andwersson, M. R.; Hjerberg, T.; Wennerstorm, O. *J. Appl. Phys.* **1994**, *76*, 7530.

32. Yangf, Y.; Pei, Q.; Heeger, A. J. *J. Appl. Phys.* **1996**, *79*, 934.
33. Uchida, M.; Ohmori, Y.; orishima, C. M.; Yoshino, K. *Synth. Met.* **1993**, *57*, 4168.
34. Pei, Q.; Yang, Y. *J. Am. Chem. Soc.* **1996**, *118*, 7416.
35. Grell, M.; Bradley, D.D.C.; Inbasekaran, M.; Woo, E. P. *Adv. Mater.* **1997**, *9*, 798.
36. Yang, Z.; Hu, B.; Karssz, F. E. *Macromolecules* **1995**, *28*, 6151.
37. Brun, P. L.; Holmes, A. B.; Kraft, A.; Bradley, D. D. C.; Brown, A. R.; Friend, R. H.; Gymer, R. W. *Nature* **1992**, *356*, 47.
38. Moratti, S. C.; Cervini, R.; Holmes, A. B.; Baigent, D. R.; Friend, R. H.; Greenham, N. C.; Gruner, J.; Hamer, P. J. *Synth. Met.* **1995**, *71*, 2117.
39. Pang, Y.; Li, J.; Hu, B.; Karasz, F. *Macromolecules* **1999**, *32*, 3946.
40. Greenham, N. C.; Moratti, S.C.; Brsdley, D. D.C.; Friend, R. H.;  
Holmers, A. B.; *Nature* **1993**, *365*, 628.
41. Moratti, S. C.; Cervini, R.; Holmers, A. B.; Baigent, D. R.; Friend, R. H.; Greenham, N. C.; J.; Gruner, P. J. Hamer, *Synth. Met.* **1995**, *71*, 2117.
42. Dyeklev, P.; Berggren, M.; Inganas, O.; Adersson, M. R.; Wennerstrom, O.; Hjertberg, T. *Adv. Mater.* **1995**, *7*, 43.
43. Contoret, A. E. E. A.; Farrar, S. R.; Jackson, P. O.; Khan, S. M.; May, L.; O'Neill, M.; Nicholls, J. E.; Jelly, S. M.; Rechards, G. J. *Adv. Mater.* **2000**, *12*, 971.
44. Bradley, D. D. C.; Friend, R. H.; Lindenberger, H.; Roth, S. *Polymer* **1986**, *27*, 1709.
45. Lemmer, U.; Vacar, D.; Moses, D.; Heeger, A. J.; Ohnish, T.; Noguchi, T. *Appl. Phys. Lett.* **1996**, *68*, 3007.

46. Aerle, N. A. J. M.; Barmantlo, M.; Hollering, R. W. J. *J. Appl. Phys.* **1993**, *74*, 3111.
47. Hamaguchi, M.; Yoshino, K. *Jpn. J. Appl. Phys. Part 2* **1995**, *34*, 712.
48. Oguma, J.; Akagi, K.; Shirakawa, H. *Synth. Met.* **1999**, *101*, 86.
49. Akagi, K.; Oguma, J.; Shibata, S.; Toyoshima, R.; Osaka, I.; Shirakawa, H. *Synth. Met.* **1999**, *102*, 1287.
50. Strohriegl, P.; Jandke, M.; Gmeiner, J.; Brutting, W.; Schwoerer, M. *Adv. Mater.* **1999**, *11*, 1518.
51. Hamaguchi, M.; Yoshino, K. *Appl. Phys. Lett.* **1995**, *67*, 3381.
52. Li, A. K.; Yang, S. S.; Jean, W. Y.; Hsu, C. S. *Chem. Mater.* **2000**, *12*, 2741.
53. Dyreklev, P.; Inganas, O. *J. Appl. Phys.* **1994**, *76*, 7915.
54. Cimrova, V.; Remmers, M.; Neher, D.; Wegner, G. *Adv. Mater.* **1996**, *8*, 146.
55. Neher, D. *Adv. Mater.* **1995**, *7*, 691.
56. Yu, L.; Bao, Z. *Adv. Mater.* **1994**, *6*, 156.
57. Lussem, G.; Festage, R.; Greine, A.; Wendorff, J. H.; Hopmeier, M. Feldmann, H. *Adv. Mater.* **1995**, *7*, 923.
58. Christ, T.; Glusen, B.; Greiner, A.; Kettner, A.; Sander, R.; Stumpflen, V.; Tsukruk, V.; Wendorff, J. H. *Adv. Mater.* **1997**, *9*, 48.
59. Tokuhisa, H.; Era, M.; Tsutsui, T. *Appl. Phys. Lett.* **1998**, *72*, 2369.
60. Grell, M.; Bradley, D. D. C.; Inbasekaran, M.; Woo, E. P. *Adv. Mater.* **1997**, *9*, 798.
61. Oberski, J.; Festay, R.; Schmidt, C.; Lussem, G.; Wendorff, J. H.; Greiner, A. *Macromolecules* **1995**, *28*, 8676.
62. Lussem, G.; Festage, R.; Greine, A.; Wendorff, J. H.; Hopmeier, M.

- Feldmann, H.; J. *Adv. Mater.* **1995**, *7*, 923.
63. Grell, M.; Bradley, D. D. C. *Adv. Mater.* **1999**, *11*, 895.
64. Sariciftci, N. S.; Lemmer, U.; Vacar, D.; Heeger, A. J.; Jassen, A. J. *Adv. Mater.* **1996**, *8*, 651.
65. Bradley, D. D. C.; Bacher, A.; Bentley, P. G.; Douglas, L. K.; Glarvey, P. A.; Grell, M.; Whitehead, K. S.; Turner, M. L. *J. Mater. Chem.* **1999**, *9*, 2985.
66. Clauswitz, K. U. W.; Geffarth, F.; Greiner, A.; Lussem, G.; Wendorff, J. H. *Synth. Met.* **2000**, *111-112*, 169.
67. Gill, R. E.; Hadziioannou, G. *Adv. Mater.* **1997**, *9*, 331.
68. Grell, M.; Knoll, W.; Lupo, D.; Meisel, A.; Miteva, T.; Neher, D.; Nothofer, H. G.; Scherf, U.; Yasuda, A. *Adv. Mater.* **1999**, *11*, 671.
69. Oberski, J.; Festag, R.; Schmidt, C.; Lussem, G.; Wendorff, J. H.; Greiner, A. *Macromolecules* **1995**, *28*, 8676.
70. Lussem, G.; Festag, R.; Greiner, A.; Schmidt, C.; Unterlechner, C.; Heitz, W.; Wendorff, J. H.; Hopmier, M.; Feldmann, J. *Adv. Mater.* **1995**, *7*, 923.
71. Davey, A. P.; Howard, R. G.; Blan, W. J. *J. Mater. Chem.* **1997**, *7*, 417.
72. Ozaki, M.; Fujisawa, T.; Fuji, A.; Tong, L.; Yoshino, K.; Kijima, M.; Kinoshita, I.; Shirakawa, H. *Adv. Mater.* **2000**, *12*, 587.
73. Miteva, T.; Meisel, A.; Knoll, W.; Nothofer, H. G.; Scherf, U.; Muller, D. C.; Meerholz, K.; Yasuda, A.; Neher, D. *Adv. Mater.* **2001**, *13*, 565.
74. Meisel, A.; Miteva, T.; Glaser, D.; Scheumann, V.; Neher, D. *Polymer* **2002**, *43*, 5235.
75. Goto, H.; Akagi, K. *Macromolecules* **2002**, *35*, 2545.

76. Chen, L. X.; Bao, Z.; Sapjeta, B. J.; Lovinger, A. J.; Crone, B. *Adv. Mater.* **2000**, *12*, 344.
77. Jandke, M.; Strohhriegl, P.; Gmeiner, J.; Brutting, W.; Schworer, M. *Adv. Mater.* **1999**, *11*, 1518.
78. Grell, M.; Bradley, D. D. C.; Woo, E. P.; Inbasekaran, M. *Adv. Mater.* **1997**, *9*, 798.
79. Neher, D. *Macromol. Rapid. Commun.* **2001**, *22*, 1365.
80. Misaki, M.; Ueda, Y.; Nagamatsu, S.; Yoshida, Y.; Tanigaji, N.; Yase, K. *Macromolecules* **2004**, *37*, 6926.
81. Chang, S. W.; Hsu, C. S. *Jpn. J. Appl. Phys.* **2002**, *41*, 1374.
82. Sung, H. H.; Lin, H. C. *J. Polym. Sci. Pol. Chem.* **2005**, *43*, 2700.
83. Yao, Y. H.; Kung, L. R.; Hsu, C. S. *Jpn. J. Appl. Phys.* **2005**, *44*, 7648.
84. Contoret, A. E. A.; Farrar, S. R.; Jackson, P. O.; Khan, S. M.; May, L.; O'Neil, M.; Nicholls, J. E.; Kelly, S. M.; Richards, G. J. *Adv. Mater.* **2000**, *12*, 971.
85. Woon, K. L.; O'Neil, M.; Richard, G. J.; Aldred, M. P.; Kelly, S. M.; Fox, A. M. *Adv. Mater.* **2003**, *15*, 1555.
86. O'Neil, M.; Kelly, S. M. *Adv. Mater.* **2003**, *15*, 1135.
87. Aldred, M. P.; Contoret, A. E. A.; Farrar, S. R.; Kelly, S. M.; Mathieson, D.; O'Neil, M.; Tsoi, W. C.; Vlachos, P. *Adv. Mater.* **2005**, *17*, 1368.
88. Mochizuki, H.; Hasui, T.; Kawamoto, M.; Ikeda, T.; Adachi, C.; Taniguchi, Y.; Shirota, Y. *Macromolecules* **2003**, *36*, 3457.
89. Kawamoto, M.; Mochizuki, H.; Shishido, A.; Tsutsumi, O.; Ikeda, T.; Lee, B.; Shirota, Y. *J. Phys. Chem. B* **2003**, *107*, 4887.



90. Geng, Y.; Culligan, S. W.; Trajkovska, A.; Wallace, J. U.; Chen, S. H. *Chem. Mater.* **2003**, *15*, 4352.
91. Geng, Y.; Chen, A. C. A.; Ou, J. J.; Chen, S. H.; Klubek, K.; Vaeth, K. M.; Tang, C. W. *Chem. Mater.* **2003**, *15*, 542.
92. Culligan, S. W.; Geng, Y.; Chen, S. H.; Klubek, K.; Vaeth, K. M.; Tang, C. W. *Adv. Mater.* **2003**, *15*, 1176.
93. Chen, A. C. A.; Culligan, S. W.; Geng, Y.; Chen, S. H.; Klubek, K.; Vaeth, K. M.; Tang, C. W. *Adv. Mater.* **2004**, *16*, 783.
94. Miyaura, N.; Suzuki, A. *Chem. Rev.* **1995**, *95*, 2457.
95. Ranger, M.; Rondeau, D.; Leclerc, M. *Macromolecules* **1997**, *30*, 7686.
96. Herguth, P.; Jiang, X.; Liu, M. S.; Jen, A. K. Y. *Macromolecules* **2002**, *35*, 6094.
97. Hou, Q.; Zhou, Q.; Zhang, Y.; Yang, W.; Yang, R.; Cao, Y. *Macromolecules* **2004**, *37*, 6299.
98. Neef, C. J.; Ferraris, J. P. *Macromolecules* **2000**, *33*, 2311.
99. Gong, X.; Moses, D.; Heeger, A. J.; Xiao, S. *J. Phys. Chem. B* **2004**, *108*, 8601.
100. Chen, S. H.; Su, A. C.; Huang, Y. F.; Su, C. H.; Peng, G. Y.; Chen, S. A. *Macromolecules* **2002**, *35*, 4229.
101. Chen, S. H.; Su, A. C.; Chou, H. L.; Peng, K. Y.; Chen, S. A. *Macromolecules* **2004**, *37*, 167.
102. Chen, S. H.; Su, A. C.; Su, C. H.; Chen, S. A. *Macromolecules* **2005**, *38*, 379.

## 學術著作表

### 一、期刊論文

1. Yung-Hsin Yao, Liang-Rern Kung and Chain-Shu Hsu\*  
“Polarized White Emission from Fluorene-Based Polymer Blends”  
*Japanese Journal of Applied Physics* 2005, 44, 7648.
2. Yung-Hsin Yao, Liang-Rern Kung, Shu-Wen Chang and Chain-Shu Hsu\*  
“Synthesis of UV-curable liquid crystalline diacrylates for the application of polarized electroluminescence”  
*Liquid Crystals* 2006, 33, 33.
3. Yung-Hsin Yao, Liang-Rern Kung and Chain-Shu Hsu\*  
“Synthesis of Benzothiadiazole-Based Liquid Crystalline Polyacrylates for Polarized Light Emitting Diodes”  
*Journal of Polymer Research* 2006, 13, 277.
4. Yung-Hsin Yao, Sheng-Hsiung Yang and Chain-Shu Hsu\*  
“Synthesis of Laterally Attached Side-Chain Liquid Crystalline Poly(*p*-phenylene vinylene) and Polyfluorene Derivatives for the Application of Polarized Electroluminescence”  
*Polymer* 2006, accepted in press.

### 二、研討會論文

1. Yung-Hsin Yao, Chih-Wen Lee and Chain-Shu Hsu\*  
“Polarized White Emission from Fluorene-Based Polymer Blends”  
The Third International OLED and PLED Workshop on Advanced Functional Materials, 2004
2. Yung-Hsin Yao, Chain-Shu Hsu\*  
“Synthesis of Polyfluorenes Used in Polarized White Light Electroluminescence”  
高分子研討會, 2005