

|        |                              |
|--------|------------------------------|
| 記錄編號   | 6275                         |
| 狀態     | NC094FJU00065029             |
| 助教查核   |                              |
| 索書號    |                              |
| 學校名稱   | 輔仁大學                         |
| 系所名稱   | 化學系                          |
| 舊系所名稱  |                              |
| 學號     | 493336288                    |
| 研究生(中) | 李季霖                          |
| 研究生(英) | LI,CHI-LIN                   |
| 論文名    | 奈米金氣體感測材料之線性溶合能量關係模式與圖形辨識之研究 |

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 稱<br>(中<br>)                         |  |
| 論<br>文<br>名<br>稱<br>(英<br>)          | Linear Solvation Energy Relationship model and pattern recognition studies for gold nanoparticle vapor sensor array. |
| 其<br>他<br>題<br>名                     |  |
| 指<br>導<br>教<br>授<br>(中<br>)          | 呂家榮  |
| 指<br>導<br>教<br>授<br>(英<br>)          | LU,CHIA-JUNG   |
| 校<br>內<br>全<br>文<br>開<br>放<br>日<br>期 | 不公開  |
| 校<br>外<br>全<br>文<br>開<br>放<br>日<br>期 | 不公開  |
| 全                                    |  |

|           |            |
|-----------|------------|
| 文不開放理由    |            |
| 電子全文送交國圖. | 同意         |
| 國圖全文開放日期. | 2007.07.01 |
| 檔案說明      | 電子全文       |
| 電子全文      | 01         |
| 學位類別      | 碩士         |
| 畢業學年度     | 94         |
| 出版年       |            |

|        |  |
|--------|--|
| 語文別    | 中文   |
| 關鍵字(中) | 單層分子膜；奈米金簇；氣體感測；線性溶合能量關係模式   |
| 關鍵字(英) | Monolayer；Gold nanoclusters；Vapors Sensing；LSER model  |
| 摘要(中)  | <p>本研究利用兩相合成法分別以四種不同之硫醇(thiol)結構來包覆奈米金簇。經由穿透式電子顯微鏡(TEM)量測後得知，其粒徑分布約在 2~6 nm 之間。在 MPC 氣體感測特性方面，我們以石英微量天平(QCM)及微小指叉狀電極(micro-interdigit electrode)來研究；經實驗證實，MPC 材料可藉由包覆之官能基來決定，以產生不同之選擇性。當 MPC 吸附氣體時，QCM 呈現的訊號是受到質量改變所影響，我們可經由 QCM 量測並計算，以得知氣體吸附平衡常數，K(partition coefficient)，進而建立每一種 MPC 材料之線性溶合能量關係式(LSER model)。溶劑參數(solvation parameters)即代表 MPC 材料與氣體之間的化學作用，我們發現：偶極-偶極力(s)及氫鍵酸(a)對於 MOP-Au 材料有顯著的影響；在四種 MPC 材料中，僅有 MBT-Au 會受到氫鍵鹼(b)的影響；雖四種 MPC 材料皆受到凡得瓦力(l)作用，但此作用力則以 C8SH-Au 有最大之影響力。此外，我們以四個相同 MPC 材料進行測試發現：阻抗式化學陣列所呈現之反應與 QCM 陣列有所差異，主要是 MPC 吸附氣體時，阻抗的訊號是受到核與核距離改變所影響。另外，我們以馬氏距離(Mahalanobis distance)與費雪法(Fisher method)進行兩種感測陣列之鑑別，就整體鑑別率而言：QCM(75.9%)較阻抗式化學感測陣列(60.7%)來的好；最後，若將兩種陣列合併為一種，此時即有 8 組感測陣列訊號，鑑別率將提升至 86.7%。</p>   |
| 摘要(英)  | <p>Gold nanoclusters capped with four different functional thiolate were synthesized via two phase approach. The diameter of nanoclusters determined by TEM are ranging from 2 to 6 nm. The sensing properties of monolayer protected gold nanoclusters (MPCs) were probed on both QCM and micro-interdigital electrodes. Vapor sensing selectivity which is dominated by the shell ligand structure of MPC was demonstrated. QCM represents the mass change during the sorption of organic vapor into MPCs. The partition coefficient, K, can be estimated by this approach. We have taken further calculations to establish the linear solvation energy relationship model (LSER) for MPCs. The solvation parameters reveal the chemical force behind the selective vapor sorption behavior of MPC: MOP-Au process significant dipole-dipole attraction (s) as well as H-bond acidity (a). Among four MPCs materials, only MBT-Au shows effective H-bond basicity (b). All MPCs rely on Van der Waals force (l),</p> |

|                            |   |
|----------------------------|---|
|                            | <p>but C8SH-Au has the largest Van der Waals force than other three MPCs. Furthermore, we found that the vapor response patterns of MPC coated QCM array are somehow different than that of same MPC coated chemiresistor. It is because the effectiveness of transferring the sorbed mass into the core-to-core distance change are different from one MPC to another. In addition, we perform statistical analysis using Mahalanobis distance and Fisher's method to determine the recognition of these sensor arrays. We found that QCM array has better recognition rate (75.9%) than that of chemiresistor (60.7%). Finally, if two arrays were joined as one array of eight sensors, the recognition rate increase to 86.7% which is still using four sensing materials only.</p>   |
| <p>論<br/>文<br/>目<br/>次</p> | <p>目錄 第一章 緒<br/>論.....<br/>     ...1 1-1 研究背<br/>景.....1 1-<br/>     2 研究目<br/>的.....2 1-<br/>     3 奈米材料的介<br/>紹.....3 1-3-1 奈<br/>米材料的起源.....3 1-3-2 奈米的<br/>定義.....3 1-3-3 奈米材料的<br/>定義與特性.....4 1-3-4 奈米元件的製<br/>造.....9 1-3-5 兩相合成法<br/>的.....9 1-4 自組性單層薄膜之<br/>定義與特性.....12 1-4-1 自組性單<br/>層薄膜的種類.....14 1-4-2 自組性單層薄膜<br/>之應用.....15 1-4-3 評估自組性單層薄膜的<br/>方法.....15 1-5 化學感測<br/>器.....16 1-5-1<br/>化學感測器之簡介.....16 1-5-2 化學感<br/>測器陣列.....17 1-5-2-1 石英微量天<br/>平.....17 1-5-2-1-1 石英振盪器之壓<br/>電性.....17 1-5-2-1-2 石英振盪器之介紹與應<br/>用.....19 1-5-2-1-3 QCM 偵測之理論模式介<br/>紹.....21 1-5-2-1-4 QCM 應用於感測之研<br/>究.....23 1-5-2-1-5 QCM 在線性溶合能量關係理論之應<br/>用.....24 1-5-2-2 阻抗式化學感測<br/>器.....25 1-5-2-2-1 氣體吸附理<br/>論.....25 1-5-2-2-2 阻抗式化學感測器之氣<br/>體感測原理.....30 1-5-2-2-3 MPC 應用於化學感測器之研<br/>究.....32 1-6 模式辨識技<br/>術.....33 1-7 迴<br/>歸分<br/>析.....40 第<br/>二章 實驗器材及方</p> |

|                                  |    |       |                        |
|----------------------------------|----|-------|------------------------|
| 法                                | 48 | 2-1   | 實                      |
| 驗藥品及儀器設                          |    |       |                        |
| 備                                | 48 | 2-1-1 | 實驗藥                    |
| 品                                | 48 | 2-1-2 | 儀器                     |
| 設備                               | 49 | 2-2   | 儀器                     |
| 分析方法                             | 52 |       |                        |
| 2-2-1 氣體生成系                      |    |       |                        |
| 統                                | 52 | 2-2-2 | QCM 振                  |
| 盪頻率之量測—計數器法                      | 54 | 2-2-3 | 系                      |
| 統控制                              | 56 | 2-3   | 實                      |
| 驗流                               |    |       |                        |
| 程                                | 57 | 2-4   |                        |
| MPC 材料之合成步                       |    |       |                        |
| 驟                                | 58 | 2-5   | 石英晶片表                  |
| 面處理                              | 59 | 2-6   | 微小                     |
| 交叉指狀電極表面矽烷化                      | 59 |       |                        |
| 2-7 表面塗佈液配置及鍍膜控                  |    |       |                        |
| 制                                | 60 | 2-7-1 | 表面塗佈液配                 |
| 製                                | 60 | 2-7-2 | 鍍膜控                    |
| 制                                | 60 | 2-8   | 資料處                    |
| 理                                | 61 |       |                        |
| 第三章 結果與討                         |    |       |                        |
| 論                                | 63 |       |                        |
| 3-1 奈米金粒子之光譜鑑定與 TEM 量測結          | 63 |       |                        |
| 果                                |    | 3-2   | 氣體生成系統之性能評             |
| 估                                | 65 | 3-3   | 有機氣體感                  |
| 測                                | 69 | 3-3-1 | 石                      |
| 英微量天平與阻抗式化學感測器反應訊號圖之比較—以甲苯氣體為    |    |       |                        |
| 例                                | 69 | 3-3-  |                        |
| 2 四種 MPC 材料對各類有機氣體感測之靈敏度辨識       | 71 |       |                        |
| 3-3-3 四種 MPC 材料對各類有機氣體感測之探       |    |       |                        |
| 討                                | 75 | 3-3-4 | 線性溶合能量關係(LSER model)式之 |
| 建立                               | 78 | 3-3-5 | 四種 MPC 材料對各類有機氣體之偵     |
| 測極限                              | 82 | 3-3-6 | 群聚分析(Cluster           |
| analysis)                        | 84 | 3-3-7 | 區別分析(Discrimant        |
| analysis)                        | 87 |       | 第四章 結                  |
| 論                                |    |       |                        |
| .....97 參考文                      |    |       |                        |
| 獻                                |    |       |                        |
| .....98 圖目錄 圖 1-1 四種不同硫醇結構包覆奈米金粒 |    |       |                        |
| 子                                | 2  | 圖 1-2 | 材料的維度                  |
| (dimension)                      | 5  | 圖 1-3 |                        |
| 化學氣相沉積                           |    |       |                        |
| 法                                | 10 | 圖 1-4 |                        |

|  |    |                                |
|--|----|--------------------------------|
| 溶膠-凝膠(sol-gel)法                          | 10 | 圖 1-5 奈米金                      |
| 粒子以硫醇保護之結構圖                              | 11 |                                |
| 圖 1-6 自組性單層薄膜示意圖                         | 13 | 圖 1-7 化學感測器感測流程示意圖             |
| 圖 1-8 典型的各種壓電裝置及其分子運動(particle motion)模式 | 18 | 圖 1-9 石英晶體之單體結構                |
| 圖 1-10 石英晶體之各種切割方向及角度                    | 19 | 圖 1-11 簡單之 QCM 振盪模式            |
| 圖 1-12 五種不同的物理吸附形式                       | 28 | 圖 1-13 位能與原子間距離之關係圖            |
| 圖 1-14 電子在量子點中的穿隧效應示意圖                   | 30 | 圖 1-15 MPC 在阻抗式化學感測器反應機構示意圖    |
| 圖 2-1 微小交叉指狀電極設計圖                        | 50 | 圖 2-2 微小交叉指狀電極嵌在 IC 底座上的之實體照片  |
| 圖 2-3 黃金石英晶片                             | 51 | 圖 2-4 動態標準有機氣體生成系統             |
| 圖 2-5 頻率取樣方法                             | 54 | 圖 2-6 感測器—QCM 之系統連接示意圖         |
| 圖 2-7 QCM 之振盪電路圖                         | 55 | 圖 2-8 Labview 之系統程式圖           |
| 圖 2-9 實驗流程圖                              | 57 | 圖 2-10 石英晶片示意圖                 |
| 圖 2-11 矽烷化之反應機構                          | 59 | 圖 2-12 鍍膜控制與基本量測示意圖            |
| 圖 2-13 商業統計軟體 spss 12.0 之操作介面            | 61 | 圖 3-1 合成之奈米金粒子於 UV-Vis 光譜的吸收波長 |
| 圖 3-2 奈米金粒子於 TEM 下之粒徑分佈圖                 | 63 | 圖 3-3 甲苯標準液體配製及氣體生成之檢量線比較      |
| 圖 3-4 四種 MPC 材料於石英微量天平上對甲苯氣體之反應訊號        | 67 |                                |

|     |     |  |     |
|-----|-----|--|-----|
| 圖   | 69  | 圖 3-4 四種 MPC 材料於阻抗式化學感測器上對<br>甲苯氣體之反應訊號圖                 | 70  |
| 圖   | 70  | 圖 3-5 C8SH-Au 作為 MPC 外層<br>膜感測有機氣體示意圖                    | 71  |
| 圖   | 71  | 圖 3-6 石英微<br>量天平—四種 MPC 材料對 18 種有機氣體相對斜率之雷達辨識<br>圖       | 73  |
| 圖   | 73  | 圖 3-7 阻抗式化學感測陣列—四種 MPC 材料對 18 種有機<br>氣體之相對斜率辨識圖          | 74  |
| 圖   | 74  | 圖 3-8 MOP-Au 作為 MPC 外層膜感測極<br>性氣體之反應機構                   | 76  |
| 圖   | 76  | 圖 3-9 MBT-Au 作為<br>MPC 外層膜感測極性氣體之反應機構                    | 77  |
| 圖   | 77  | 圖 3-<br>10 依據已知 18 種溶劑參數以華德法進行集群分析之結<br>果                | 84  |
| 圖   | 84  | 圖 3-11 QCM 對於 18 種溶劑之斜率值(已標準<br>化)以華德法進行集群分析之結果          | 86  |
| 圖   | 86  | 圖 3-12 阻抗式化學感測陣列對<br>於 18 種溶劑之斜率值(已標準化)以華德法進行集群分析之結<br>果 | 86  |
| 附圖  | 86  | 附圖<br>1  | 109 |
| 附圖  | 109 | 附圖<br>2  | 110 |
| 附圖  | 110 | 附圖<br>3  | 111 |
| 表目錄 | 111 | 表 1-1 材料尺度的分<br>類  | 3   |
| 表   | 3   | 表 1-2<br>奈米晶粒的尺寸大小與表面原子數目及所占比<br>例                       | 8   |
| 表   | 8   | 表 1-3 單層自組裝法之基材、配位體與<br>鍵結後之結構                           | 14  |
| 表   | 14  | 表 1-4 石英微量天平的各<br>種化學塗佈物對特定氣體的感測能力                       | 20  |
| 表   | 20  | 表 1-5 物理<br>吸附與化學吸附之比<br>較                               | 25  |
| 表   | 25  | 表 1-6 近期的氣體<br>感測器常用的訊號前處理方式                             | 33  |
| 表   | 33  | 表 1-7<br>ANOVA(變異數分析)                                    | 42  |
| 表   | 42  | 表 2-1 校正實<br>驗中 GC 所設定之最佳化條件                             | 53  |
| 表   | 53  | 表 3-1 液體檢量線之配製—以甲苯溶劑為<br>例                               | 64  |
| 表   | 64  | 表 3-2 生成氣體甲苯之蒸氣<br>壓濃度計算與流量調整                            | 65  |
| 表   | 65  | 表 3-3 氣體檢<br>量線之配製—以甲苯溶劑為例                               | 67  |
| 表   | 67  | 表 3-4 18 種有機氣體生成之誤差計<br>算                                | 68  |
| 表   | 68  | 表 3-5 石英微量天平<br>—四種 MPC 材料對 18 種有機氣體感測之斜率值               | 72  |
| 表   | 72  | 表 3-6 阻抗式化學感測器—四種 MPC 材料對 18 種有機氣體感測之斜率<br>值             | 72  |
| 表   | 72  | 表 3-7 溶劑參數   | 78  |
| 表   | 78  | 表 3-8 經 QCM 測試後所求得之 $K/\rho s$<br>值                      | 79  |
| 表   | 79  | 表 3-9 四種 MPC 材料<br>之 LSER model 係數                       | 80  |
| 表   | 80  | 表 3-10   |     |

|                            |  |
|----------------------------|--|
|                            | <p>四種 MPC 材料—線性溶合能量關係式 (LSER model).....81 表 3-11 石英微量天平—四種 MPC 材料對 18 種有機氣體之偵測極限.....82 表 3-12 阻抗式化學感測器陣列—四種 MPC 材料對 18 種有機氣體之偵測極限.....83 表 3-13 QCM—以 SPSS 進行區別分析的輸出結果.....90 表 3-14 阻抗式化學感測陣列—以 SPSS 進行區別分析的輸出結果.....93 表 3-15 將兩種感測陣列合併後以 SPSS 進行區別分析之分類結果.....96 附表</p> <p>1.....102 附表</p> <p>2.....103 附表</p> <p>3.....106</p>  |
| <p>參<br/>考<br/>文<br/>獻</p> | <p>[1] Brust, M.; Walker, M.; Bethell, D.; Schiffrin, D. and Whyman, R. J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1994, 801-802. [2] Zhang, P.; Sham, T. K. Appl. Phys. Lett. 2002, 81, 736. [3] Zamborini, F. K. Hicks, J. F. and Murray, R. W. J. Am. Chem. Soc. 2000, 122, 4514. [4] Saunders, A. E., Sigman, M. B. and Korgel, B. A. J. Phys. Chem. B. 2004, 108, 193. [5] Grate, J. W.; Kaganove, S. N. and Bhethanabotla, V. R. Faraday Discuss. 1997, 107, 259-283 [6] Grate, J. W.; Nelso, D. A. and Skaggs, R. Anal. Chem. 2003, 75, 1868-1879 [7] Hierlemann, A.; Zellers, E. T. and Ricco, A. J. Anal. Chem. 2001, 73, 3458-3466. [8] Abraham, M. H. Chem. Soc. Rev. 1993, 22, 73-78. [9] 馬遠榮, 奈米科技, 商周出版社, 2002. [10] Pollack, H. W. Materials science and metallurgy, 4th Edition, Englewood Cliffs N. J. Prentice-Hall, 1988. [11] Asahi, R.; Morikawa, T.; Ohwaki, T.; Aoki, K. and Taga, Y. Science. 2001, 293, 269-271. [12] 川合知二, 圖解奈米科技, 工業技術研究院, 2002. [13] 范光照; 黃漢邦; 陳炳輝; 張所鎡; 顏家鈺, 奈米工程概論 普林斯頓國際出版, 2003. [14] Bellino, M. G.; Calvo, E.; Gordillo, G. Phys. Chem. 2004, 6, 424-428. [15] Finklea, H. O.; Avery, S.; Lynch, M. Langmuir. 1987, 3, 409-413, [16] Nuzzo, R. G.; Fusco, F. A.; Allara, D. L. J. Am. Chem. Soc. 1987, 109, 2358-2368. [17] Diao, P.; Guo, M.; Tong, R. J. Electroanal. Chem. 2001, 495, 98-105. [18] Dubois, L. H.; Zegarski, B. R.; Nuzzo, R. G. J. Am. Chem. Soc. 1990, 112, 558-569. [19] Dubois, L. H.; Zegarski, B. R.; Nuzzo, R. G. J. Am. Chem. Soc. 1990, 112, 570-579. [20] Kim, Y.; Kim, K. S.; Park, M. and Jeong, J. Thin Solid Films, 1999, 341, 91-93. [21] Ruan, C.; Yang, L. and Li, Y. Anal. Chem. 2002, 74, 4814-4820. [22] Sellers, H.; Ulman, A.; Shnidman, Y.; Eilers, J. E. J. Am. Chem. Soc. 1993, 115, 9389-9401. [23] 化工技術, ?米材?與運用專輯, 第三卷, 第 120 期, 2003。 [24] Stetter, J. R.; Penrose, W. R. and Sheng, Y. J. Electroanal. Chem. Soc. 2003, 150(2), S11-S16. [25] Albert, K. J.; Lewis, N. S., Schauer, C. L.; Sotzing, G. A.; Stitzel, E. S.; Vaid, T. P. and Walt, D. R. Chem. Rev. 2000, 100, 2595-2626. [26] Curie, P.; J. Curie, C. R. Acad. Sci. 1880, 91, 294. [27] Ward, M. D.; Buttry, D. A. Science. 1990, 249, 1000-1007. [28] Mandelis and Christofides, Physics, Chemistry and Technology of Solid State Gas Sensor Devices, John Wiley &amp; Sons., New York,</p> |

1993. [29]Shinar, R.; Liu, G.; and Porter, M. D. *Anal. Chem.* 2000, 72, 5 5981-5987

[30]Liang, C.; Yuan, C.Y.; Warmack, R. J.; Barnes, C. E.; and Dai, S. *Anal. Chem.* 2002 [31]Jarrett, M. R.; Finklea, H. O. *Anal. Chem.* 1999, 71, 353-357.

[32]Sauerbrey, G. Z. *Phys.* 1959, 155, 206. [33]趙雲秋, 國立台灣師範大學化學系, 碩士論文, 1995. [34]Lu, C.; Czanderna, A. W. *Applications of Piezoelectric Quartz Crystal Microbalances*, Elsevier Science, New York, 1984. [35]Auge, J.; Hauptmann, P.; Hartmann, J.; Rosler, S. and Lucklum, R. *Sens. Actuators B.* 1995, 26-27, 181-186. [36]Zhou, X. C.; Zhou, L.; Zhou, S. F. Y.; Li, S. C.; Ng, H. S.; and Chan, O. *Sens. Actuators B.* 1997, 42, 59-65. [37]D' Amico, A.; Natale, C. D.; Paollesse, R.; and Macagnano, A. *Sens. Actuators B.* 2000, 65, 209-215. [38]Nanto, H.; Dougami, N.; Mukai, T.; Habara, M.; Kusano, E.; Kinbara, A.; Ogawa, T. and Oybau, T. *Sens. Actuators B.* 2000, 66, 16-18. [39]Ciureanu, P. "Thin Film Resistive Sensors", Institute of Physics Publishing, New York. 1992, 451-452.

[40]Liu, D. M.; Hernandez, J. A.; Kamloth, K. P. and Liess, H. D. *Sens. Actuators B.* 1997, 41, 203. [41]Lennard-Jones, J.E. ; *Trans. Faraday Soc.* 1932, 28, 333.

[42]Gentry, S. J.; Jones, T.A. *Sens. Actuators.* 1986, 10, 141. [43]Neugebauer, C. A.; Webb, M. B. *J. App. Phys.* 1962, 33, 74. [44]Vossmeyer, T.; Guse, B.; Besnard, I.; Bauer, R. E.; Muellen, K.; Yasuda, A. *Adv. Mater.* 2002, 14, 238. [45]Evans, S. D.; Johnson, S. R.; Cheng, Y. L.; Shen, T. J. *Mater. Chem.* 2000, 10, 183-188.

[46]Krasteva, N.; Guse, B.; Besnard, I.; Yasuda, A.; Vossmeyer, T. *Sens. Actuators B.* 2003, 92, 137-143. [47]Wohltjen, H.; Snow, A. W. *Anal. Chem.* 1998, 70, 2856-2859. [48]Joseph, Y.; Besnard, I.; Rosenberger, M.; Guse, B.; Nothofer, H. G.; Wessels, J. M.; Wild, U.; Axel, K. G.; Su, D.; Schlogl, R.; Yasuda, A. and Tobias, V. *J. Phys. Chem. B.* 2003, 107, 7406-7413. [49]Ahn, H.; Chandekar, A.; Kang, B.; Sung, C. and Whitten, J. E. *Chem. Mater.* 2004, 16, 3274-3278. [50]Severin, E. J.; Lewis, N. S. *Anal. Chem.* 2000, 72, 2008. [51]Sotzing, G. A.; Briglin, S. M.; Grubbs, R. H.; Lewis, N. S. *Anal. Chem.* 2000, 72, 3181. [52]Hierlemann, A., Schweizer-Berberich, M., Weimar, U., Kraus, G., Pfau, A., Gopel, W., Baltes, H., Gopel, W. and Hesse, J (eds.). *Sensors Update* .1996, 2, 119-180. [53]呂志誠, 人工嗅覺與電子鼻技術, 科儀新知, 2001, 22(6), 86-96. [54]Person. *Philosophy Magazine.* 1901, 6, 559-572. [55]Hotelling, H., *J. Educ. Psychol.* 1933, 24, 417-441. [56]林清山, 多變量分析統計法, 東華書局, 1995. [57]陳耀茂, 多變解析方法與應用, 五南圖書, 1999. [58]陳順宇, 多變量分析, 華泰書局, 2004. [59]陳順宇; 鄭碧娥, 統計學, 華泰書局, 1994. [60]蘇哲民, 國立成功大學測?工程系, 碩士?文, 2003. [61]?真真; 鄒幼涵, 迴歸分析, 華泰書局, 1993. [62]?真真, 實用統計學, 華泰書局, 2002. [63]袁帝文; 黃柏鈞, 數位邏輯設計與分析, 全欣科技圖書, 1992. [64]Bruckenstein, S; Shay, M. *Electrochim. Acta.* 1985, 30, 1295. [65]John, F.; Kiely, C. J.; Bethell, D. and Schiffrin, D. J. *Chem. Master.* 1998, 10, 922-926.

|         |  |
|---------|--|
| 附註      |  |
| 全文點閱次數  |  |
| 資料建置時間  |  |
| 轉檔日期    |  |
| 全文檔存取記錄 |  |
| 異動記錄    | M admin Y2008.M7.D3 23:18 61.59.161.35 |