

# 改善燒結溫度及連接性對竹炭超級電容器的影響

邱振昌、葉競榮

E-mail: 341874@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本研究使用孟宗竹燒製成的竹炭來當作超級電容器的電極材料，因竹炭本身具有多孔性和極大的比表面積，使其能儲存較多電能。根據先前的研究發現，以此種竹炭作為電極已有甚好的結果，但發現其電阻係數似相對偏高；本研究嘗試提高竹炭燒結溫度以降低其電阻係數，並進一步改善竹炭與導線間的連接阻抗。結果發現，隨著炭化溫度的提高，竹炭電阻確有降低的趨勢；而改善後連接阻抗也大幅下降。凡此皆有利於超級電容器的充放電特性，由循環伏安圖可清楚看出儲存的電容量有明顯的增加，尤其當燒結溫度提高到950 時效果最好。

關鍵詞：竹炭，超級電容器，電阻係數，循環伏安

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	iii
. . . . .	iv	英文摘要 . . . . .	v
. . . . .	vi	目錄 . . . . .	vii
. . . . .	x	表目錄 . . . . .	xii
第一章 緒論 1.1研究目的 . . . . .	1	第二章 文獻回顧 2.1超級電容器 . . . . .	1
. . . . .	2	2.1.1 電化學電容器的分類 . . . . .	3
. . . . .	5	2.1.2 電化學原理 . . . . .	8
. . . . .	5	2.1.3 電化學反應系統 . . . . .	8
. . . . .	11	2.1.4 循環伏安法 . . . . .	12
2.2.1 炭化 . . . . .	13	2.2 竹炭 2.2.1 炭化 . . . . .	13
. . . . .	14	2.2.2 導電性 . . . . .	12
. . . . .	13	2.2.3 比表面積 . . . . .	13
. . . . .	14	2.2.4 竹炭其他性質 . . . . .	13
. . . . .	23	2.2.5 竹炭之用途 . . . . .	14
. . . . .	23	2.3 奈米碳管 2.3.1 奈米碳管的特性 . . . . .	18
. . . . .	26	2.3.2 奈米碳管的應用 . . . . .	23
. . . . .	28	2.3.3 奈米碳管的成長機制 . . . . .	26
. . . . .	31	2.4 電泳沈積法 2.4.1 電泳沉積的發展與優勢 . . . . .	29
. . . . .	31	2.4.2 電泳沉積之原理 . . . . .	29
. . . . .	34	2.4.3 電泳溶液裝置 . . . . .	31
. . . . .	34	2.4.4 用電泳沉積法沉積奈米碳管於電極表面 . . . . .	33
. . . . .	39	第三章 實驗方法與設備 3.1 實驗藥品 . . . . .	34
. . . . .	39	3.2 實驗儀器設備 . . . . .	36
. . . . .	40	3.3 實驗步驟 3.3.1 竹炭電極之製備 . . . . .	39
. . . . .	40	3.3.2 奈米碳管之電泳沈積 . . . . .	40
. . . . .	40	3.4 電化學電容器裝置 . . . . .	40
第四章 實驗結果與討論 4.1 導線連接性對電阻值及電容效應的影響 . . . . .	42	4.2 竹炭燒製溫度的影響 . . . . .	42
. . . . .	43	4.3 使用電泳沉積奈米碳管後的竹炭 4.3.1 化學修飾法 . . . . .	46
. . . . .	49	4.3.2 電泳前後之比較 . . . . .	49
第五章 結論 . . . . .	52	參考文獻 . . . . .	53
圖目錄 圖2-1電容、電池、超級電容器的比較圖 . . . . .	2	圖2-2 電雙層示意圖 . . . . .	3
. . . . .	6	圖2-3 三極式電化學系統 . . . . .	6
. . . . .	10	圖2-4 電流對電壓的CV圖 . . . . .	9
. . . . .	17	圖2-5 竹類四種維管束之形態 . . . . .	10
. . . . .	17	圖2-6 碳化過程中分子結構之變化 . . . . .	12
. . . . .	18	圖2-7 單壁奈米碳管 . . . . .	17
. . . . .	19	圖2-8 多壁奈米碳管 . . . . .	17
. . . . .	20	圖2-9 奈米碳管的捲曲方向示意圖 . . . . .	18
. . . . .	24	圖2-10 扶手型、鋸齒型及不對稱型奈米碳管的結構示意圖 . . . . .	19
. . . . .	27	圖2-11 不同晶格的奈米碳管導電特性 . . . . .	20
. . . . .	27	圖2-12 以奈米碳管為主的場效電晶體示意圖 . . . . .	24
. . . . .	27	圖2-13 奈米碳管成長機制示意圖，C2H2 經由金屬顆粒(M)催化分解而長成奈米碳管 . . . . .	27
. . . . .	27	圖2-14 ( SOLID-LIQUID-SOLID ) 固-液-固的單壁奈米碳管成長機制 . . . . .	27
. . . . .	28	圖2-15 碳經由催化劑表面擴散機制示意圖 . . . . .	28
. . . . .	29	圖2-16 Increasing number of publications featuring as the keyword “ electrophoretic deposition ” in the open literature (Web-of- Science R research-Jul-2007), from 1960 until 2006 . . . . .	29
. . . . .	30	圖2-17 電泳沈積法 . . . . .	30
. . . . .	32	圖2-18 三種分散阻隔效應示意圖 . . . . .	32
. . . . .	32	圖2-19 使用電泳沉積奈米碳管 . . . . .	33
. . . . .	36	圖3-1 常壓熱化學氣相沉積系統 . . . . .	36
. . . . .	37	圖3-2 流量控制器(MFC) . . . . .	37
. . . . .	37	圖3-3 恆電位分析儀 . . . . .	37
. . . . .	38	圖3-4 掃描式電子顯微鏡(SCANNING ELECTRON MICROSCOPE , SEM) . . . . .	38
. . . . .	38	圖3-5 高解析穿透式電子顯微鏡 (HIGH RESOLUTIONTRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPE) . . . . .	38
. . . . .	38	圖3-6 三極式電解槽 . . . . .	38

.....	41	圖4-1 不同連接性之循環伏安比較圖。(100mv/s) (a)未改善前, (b)連接性改善後
.....	43	圖4-2 燒結溫度與電阻係數比較圖
.....	44	圖4-3 不同溫度燒製竹炭比較。(100mv/s)
.....	45	圖4-4官能基化MWNT示意圖
.....	47	圖4-5 各種化學接枝法
.....	48	圖4-6被切斷的奈米碳管
.....	49	圖4-7 電泳前後比較圖
.....	49	圖4-8 改善竹炭連接性前後CV圖比較
.....	50	圖4-9電泳10分鐘CV圖
.....	51	表目錄 表2-1 傳統電容器與超級電容器比較表
.....	4	表2-2 原子排列結構不同的奈米碳管及其性質
.....	20	表2-3 奈米碳管與其他材料之機械性質比較表(單位為GPa)
.....	21	表3-1 奈米碳管規格
.....	35	表3-2 實驗藥品總覽

## 參考文獻

- [1] C. Niv, E. k. Sichel, R. Hoch, D Moy, H. Tennent, " High power electrochemical capacitors based on carbon nanotube electrodes, " Appl. Phys. Lett, 70 1480-1482,(1997).
- [2] Kotz.R, Carlen M " Principle and applications of electrochemical capacitors. " electrchimica Acta, 45 2483-2498,(2000).
- [3] J. S. Mattson, and Jr. H. B. Mark, " Activated Carbon: Surface Chemistry and Adsorption from Solution, " Wiley-Vch: New York,(1998).
- [4] J. P. Zheng and T. R. jow, " A New Charge Strage Mechanism for Electrochemical capacitors, " J Electrochem. Soc., 142, L6-L8 ,(1995).
- [5] A. J. Bard and L. R. Faulkner, " Electrochemical Methods, Fundamentals and Applications " , John Wiley & Sons, Singapore,(1980).
- [6] D. Pletcher, " A First Course in Electrode Processes " , The Electrochemical Consultancy, England,(1991).
- [7] D. R. Crow, " Principles and Applications of Electrochemistry " , 2nd Chapman & Hall Ltd. London,(1997).
- [8] 胡啟章, " 電化學原理與方法 " , 五南圖書出版公司,2002年 [9] A. J. Bard, and L. R. Faulkner, " Electrochemical Principles, Methods, and Applications, " Oxford University, Britain,(1996).
- [10] Bard, A. J. and Faulkner, L. R. " Electrochemical Methods, Fundamentals and Applications " , John Wiley & Sons, Canada ,(1980).
- [11] 夏滄琪、黃國雄、王瀛生、劉瓊霧, " 談竹炭性質之檢測與分析 " , 林業研究專訊, 第十卷第三期,(2003).
- [12] 謝建德, " 活性碳孔隙結構與製備條件對液相吸附的影響 " , 私立中原大學化學工程學系研究所碩士論文,(1998).
- [13] Caturfa, F., M. Molina-Sabio, and F. Rodriguez-Reinoso " Preparation of activated carbon by chemical activation with ZnCl2. " ,(1991).
- [14] 松永一彥、新村孝善、西和枝、神野好孝、國生徹郎, " ??????炭化生成物?竹酢液?物性???? " , 鹿?島縣工業技術???-研究報告13:23-29,(1999).
- [15] 陳弘彬, " 孟宗竹炭與活性碳之研製 " , 國立屏東科技大學碩士論文120 頁,(2003).
- [16] 王松永、洪崇彬、王俊凱、汪偉杰、賴華雄, " 竹材之活化製程與性能檢測 " , 工業材料雜誌 205:86~92,(2004).
- [17] 石原茂久, " 木質系炭素材料素材開??新??展開 " , 木材??誌 42 ( 8 ) :717-723,(1996).
- [18] 藤原 敏、嶋 一徹、千葉喬三, " 竹炭?基本的特性?調?能 " 木材??誌 49 ( 5 ) :333-341,( 2003).
- [19] 陳明益, " 機能性竹炭之研製 " , 國立屏東科技大學木材科學與設計研究所碩士論文,(2005).
- [20] 鄧維豐, " 孟宗竹炭及其高溫乾餾產物之分析 " , 國立屏東科技大學木材工業研究所碩士論文,(2005).
- [21] S.Iijima,Nature 354,56,(1991).
- [22] D. S. Bethune, C. H. Kiang, M. S. de Vries, G. Gorman, R. Saroy, J. Vazquez, and R. Beyers. " Cobalt-catalysed growth of carbon " .
- [23] M. S. Dresselhaus, G. Eklund, P.C. Eklund, " Fullerenes and carbon nanotubes, " Academic Press, San Diego,224,(1996).
- [24] M. M. J. treacy, T. W. Ebesen , J. M. Gibson, " Exceptionally high Young ' s modulus observed for individual carbon nanotubes, " Nature 381,678-680 ,(1996).
- [25] MR Falvo, GJ Clary, RM II Taylor, V Chi, FP Brooks, " S Washburn,RSuperfine, " Nature 389, 582,(1997).
- [26] N. Krishnankutty, C. Park, N. M. Rodriguez, R. T. K. Baker, " Mechanical and thermal properties of carbon nanotubes, " ,Carbon, 27, pp. 925-930,(1995).
- [27]J. Kong, N. R. Franklin, C. Zhou, M. G. Chapline, S. Peng, K. Cho, " Nanotube molecular wires as chemical sensors, " H. Dai, Science, 287, p. 622,(2000).
- [28] J. H. Hafner, C. L. Cheung, C. M. Lieber, " Direct Growth of Single-Walled Carbon Nanotube Scanning Probe Microscopy Tips, " Journal AmericaChemical Society, 121, p. 9750,(1999).
- [29] B. Vigolo, A. Penicaud, C. Coulon, C. Sauder, R. Pailler, C. " Macroscopic Fibers and Ribbons of Oriented Carbon Nanotubes, " Journet,P. Bernier, and P. Poulin, Science, 290, p. 1331,(2000).
- [30] Gorbunov A, Jost O, Pompe W, Graff A, " Solid-liquid-solid growth mechanism of single-wall carbon nanotubes, " Carbon 40,113,(2002).
- [31] I. Corni, M. P. Pyan, A. P. Boccaccini, " Electrophoretic deposition:forom traditional ceramics to nanotechnology, " journal of the European cerarnic society, 28,1353-1367,(2008).
- [32] A. T. Kuhn, " Industrial Plectrochemical Processes, " Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 128,(1971).
- [33] A. Formetro, L. Montanaro, M. V. Swain, " Micromechanical characterization of electrophoretic-deposited green films, " J. Am. Ceram.

Soc., 82,3521-3549,(1999).

[34] J. A. Lewis, " Colloidal processing of ceramics, " J. Am. Ceram. Soc. 82,2341-59,(2000).

[35] J. A. Siracuse, J. B. Talbot, E. Sluzky, and K. R. Hesse, " The adhesive agent in cataphoretically coated phosphor screens, " J. Electrochem. Soc. 137,346-348,(1990).

[36] B. E. Russ, and J. B. Talbot, " An analysis of the binder formation in electrophoretic deposition, " J. Electrochem. Soc. 145,1253-1256, (1998).

[37] B. Gao, G. Z. Yue, Q. Qiu, Y. Cheng, H. Shimoda, L. Fleming, and O. Zhou, " Fabrication and Electron Field Emission Properties of Carbon Nanotube Films by Electrophoretic Deposition, " 23 1770-1773, (2001).

[38] 周柏鈞, " 創新超級電容器之研製 ", 大葉大學電機工程學系碩士論文,(2009).

[39] 藍浩繁, 賴宏亮, 鄧維豐, " 孟宗竹竹炭性質之研究 ", 作物、環境與生物資訊 5:180-186 技術報告,(2008).

[40] 黃國雄、余欣怡、烏羽曙, " 土窯炭化溫度對桂竹竹炭真密度與電阻係數之影響 ", 台灣林業科學 19(3):237-45,(2004) [41] S. Niyogi, M. A. Hamon, H. Hu, B. Zhao, P. Bhowmik, R. Sen, M. E. Itkis, R. C. Haddon, Acc. Chem. Res,35,1105,(2002).

[42] J. Liu, A. G. Rinzler, H. Dai, J. H. Hafner, R. K. Bradley, P. J. Boul, A. Liu, T. Iverson, K. Shelimov, C. B. Huffman, F. Rodriguez-Macias, Y. S. Shon, T. R. Lee, D. T. Colbert, R. E. Smalley, " Fullerene Pipes ", Science 280,1253 ,(1998).