

# 利用微機電技術製造之微型氣象站

王禹翔、蔡耀文, 李佳言

E-mail: 360550@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本研究提出一微機電系統與無線感測網路技術為基礎並之無線氣候監測系統，其中分別針對環境之溫度、濕度、氣壓、風速與風向進行感測。其對應環境變化之感測器物理量經轉換電路調變放大為電壓訊號後，再經無線節點進行類比訊號轉換為數位訊號，並由Octopus II?A以無線封包發送與接收。實驗結果顯示白金溫度薄膜感測器之電阻值隨著環境溫度上升而增加，其平均電阻溫係數為 $8.2 \times 10^{-4} (\text{?C}^{-1})$ 。而壓力感測器之電阻訊號則隨著環境氣壓增加而線性上升，其平均靈敏度為 $4.7 \times 10^{-3} (\text{? /mmHg})$ 。電容式濕度感測器因其介電係數受到環境溫度之增加而上升，其置於環境溫度 $27\text{?C}$ ， $30\text{?C}$ ， $40\text{?C}$ 與 $50\text{?C}$ 時，感測器靈敏度分別為 1.11，1.12，1.27與 2.01 (nF/%RH)。氣流風速則透過所設置於感測器八方位之感測器電阻值之總合，其靈敏度於加熱功率0.2、0.3與0.5瓦時分別為 $4.2 \times 10^{-2}$ ， $9.2 \times 10^{-2}$  與 $9.7 \times 10^{-2} (\text{? /ms}^{-1})$ 。而氣流方位之判別則透過設置於八方位之感測器受氣流通過感測器表面時所產生之溫度變化而產生其間之相對變化狀態進行判別。

關鍵詞：微機電系統、無線傳輸技術、微型氣象站

## 目錄

封面內頁 簽名頁 中文摘要.....	iii	英文摘要.....	iv	誌謝.....	v
目錄.....	v	圖目錄.....	vi	表目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1	第一節 微機電系統.....	1	第二節 無線感測網路.....	3
第二章 整合型溫濕度與氣壓感測器.....	7	第一節 簡介.....	7	第二節 原理與設計.....	10
第三章 風速風向計.....	21	第一節 簡介.....	21	第二節 設計.....	23
第四章 整合無線感測技術之微型氣象站.....	41	第一節 簡介.....	41	第二節 系統架構.....	48
第五章 整合無線感測技術之微型氣象站.....	62	第一節 論文總結.....	62	第二節 未來發展.....	63
圖目錄	1	圖1. 機電系統架構簡易示意圖.....	1	圖2. 2010 ~ 2016年BCC research微感測器市場預測圖[1].....	3
圖3. 溫度計尺寸示意圖.....	11	圖4. 氣體壓力感測器之白金壓阻設計圖[17].....	14	圖5. 氣體壓力感測器之白金壓阻設計圖.....	15
圖6. 電容式濕度感測器指叉電極尺寸示意圖.....	15	圖7. 整合型溫濕度與氣壓感測器製程示意圖.....	16	圖8. 整合型溫濕度與氣壓感測器晶片實體外觀.....	17
圖9. 溫度量測特性曲線.....	18	圖10. 氣壓量測特性曲線.....	19	圖11. 濕度量測特性曲線.....	20
圖12. 懸臂尺寸示意圖(a) Type I 與(b) Type II.....	25	圖13. 懸臂參數示意圖(a) Type I 與(b) Type II.....	26	圖14. 懸臂式風速計電極配置示意圖.....	29
圖15. 熱膜式風速感測器原理圖.....	30	圖16. 風速風向計之尺寸示意圖.....	31	圖17. 懸臂式風速計製程示意圖.....	32
圖18. 熱膜式風速風向計製程示意圖.....	33	圖19. 熱膜式風速風向計實體圖.....	33	圖20. 白金溫度計之溫度對電阻變化率曲線圖.....	35
圖21. 懸臂式風速計於不同環境溫度下之風速量測特性圖.....	36	圖22. 懸臂式風速計量測放大電路.....	37	圖23. 懸臂式風速計於不同環境溫度下之風速量測特性圖.....	37
圖24. 風速風向計之風速量測特性圖.....	39	圖25. 氣流方向示意圖.....	39	圖26. 風速風向計之風向量測特性圖.....	40
圖27. 風速風向計之風向判別流程圖.....	40	圖28. 訊號流程方塊示意圖.....	49	圖29. 白金薄膜溫度計量測電路.....	51
圖30. 白金薄膜溫度計溫度對電壓特性圖.....	51	圖31. 基本電容橋電路圖.....	52	圖32. 電容式濕度計量測電路.....	53
圖33. 電容式濕度計電壓對濕度特性圖.....	53	圖34. 氣壓計量測電路.....	54	圖35. 氣壓計之氣壓對電壓特性圖.....	54
圖36. 風速風向計量測電路.....	55	圖37. 風速風向計電壓對風速特性圖.....	55	圖38. LabVIEW程式工作流程圖.....	57
圖39. LabVIEW VISA configure Serial Port圖.....	57	圖40. LabVIEW 封包數值型態轉換程式圖.....	58	圖41. LabVIEW數值換算程式圖.....	59
圖42. LabVIEW 封包數值處理程式圖.....	60	圖43. LabVIEW 人機介面設置圖.....	61	表目錄	
表1. 應變計常用金屬材料特性[36].....	24	表2. 已知懸臂參數表.....	27	表3. 懸臂式風速計電阻溫度特性表.....	35
表4. TinyOS/nec5 主要概					

## 參考文獻

- [1]IAS027B - MEMS: Biosensors and Nanosensors ( <http://www.bccresearch.com/report/mems-biosensors-nanosensors-ias027b.htm>) [2]MIT House\_n Project ( [http://architecture.mit.edu/house\\_n/](http://architecture.mit.edu/house_n/)) [3]甘堯江, 林雪淳, 應用於環境監測之無線感測網路閘道器設計, 水保技術, vol. 4, no. 3, pp.173-179, 2009.
- [4]Y. C. Tseng, C. H. Wu, F. J. Wu, C. F. Huang, C. T. King, C. Y. Lin, J. P. Sheu, C. Y. Chen, C. Y. Lo, C. W. Yang and C. W. Deng, A Wireless Human Motion Capturing System for Home Rehabilitation, Mobile Data Management, pp. 359 – 360, Taipei, 2009 [5]王兆慶, 以Wireless Sensor Network作定位之實作, 碩士論文, 國立中正大學電機工程研究所, 嘉義, 台灣, 2006.
- [6]蕭正賢, 個人化具生物反饋能力之智慧無線生理感測器, 碩士論文, 慈濟大學醫學資訊研究所, 花蓮, 台灣, 2008.
- [7]李匯宗, 設計與實作一輛具無線傳輸能力之多功能自走車, 碩士論文, 國立中央大學資訊工程研究所, 2008.
- [8]蘇慧貞、江哲銘, 室內空氣品質檢測方法之研究, 行政院環保署環境檢驗所, 2002.
- [9]A. Bakker, "CMOS Smart Temperature Sensor—an Overview", Proceedings of IEEE Sensors, pp. 1423 – 1427, 2002.
- [10]C. Y. Lee and G. B. Lee, "Micromachine-Based Humidity Sensors with Integrated Temperature Sensors for Signal Drift Compensation", Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 13, pp. 620 – 627, 2003.
- [11]K. E. Peterson, "Silicon as a Mechanical Material", Proceeding of the IEEE, vol. 70, pp. 420, 1982.
- [12]H. Guckel and D. Burns, "Planar Processed Polysilicon Sealed Cavitiesfor Pressure Transducers Array", International Electron Devices Meeting, pp. 223-225, 1984.
- [13]G. S. Chung, S. Kawahito, M. Ishida, and T. Nakamura, " Novel Pressure Sensors with Multilayer SOI Structure", Electronics Letters, vol. 26, pp. 775-777, 1990.
- [14]S. Susumu, K. Shimaoka, "Surface Micromachined Micro-Diaphragm Pressure Sensors", Solid – State Sensors and Actuators, pp. 188-191, 1991.
- [15]J. Fukang, Y. C. Tai, W. Walsh, T. Tom, G. B. Lee, and C. M. Ho, "A Flexible MEMS Technology and Its First Application to Shear Stress Sensor Skin", IEEE, MEMS-97, pp. 465-470, 1997.
- [16]E. Kalvesten, "The First Surface Micromachined Pressure Sensor for Cardiovascular Pressure Measurements," IEEE, MEMS-98, pp. 574-579, 1998.
- [17]黃春偉、蔡耀文、李佳言, 微型壓力感測器設計與製作, 機械工程學會第二十五屆全國學術研討會, 彰化, 大葉大學, Nov. 2008.
- [18]Z. M. Rittersma, "Recent Achievements in Miniaturized Humidity Sensors - a Review of Transduction Techniques", Sensors and Actuators A: Physical, vol. 96, pp. 196-210, 2002.
- [19]C. Y. Lee and G. B. Lee, "Humidity Sensors: A Review", Sensor Letters, vol.3, pp. 1-15, 2005.
- [20]M. Matsuguch, T. Kuroiwa, T. Miyagishi, S. Suzuki, T. Ogura and Y. Sakai, "Stability and Reliability of Capacitive-Type Relative Humidity Sensors Using Crosslinked Polyimide Films", Sensors and Actuators B, vol. 52, pp. 53 – 57, 1998.
- [21]T. Kuroiwa, T. Hayashi, A. Ito, M. Matsuguchi, Y. Sadaoka and Y. Sakai, "A Thin-Film Polyimide Based Capacitive Type Relative-Humidity Sensor", Sensors and Actuators B, vol. 13, pp. 89 – 91, 1993.
- [22]T. Boltshauser, L. Chandran, H. Baltes, F. Bose and D. Steiner, "Humidity Sensing Properties and Electrical Permittivity of New Photosensitive Polyimides", Sensors and Actuators B, vol. 5, pp. 161 – 164, 1991.
- [23]P.J. Schubert and J.H. Nevin, "A Polyimide-Based Capacitive Humidity Sensor", IEEE Transactions on Electron Devices. vol. 32, pp. 1220 – 1223, 1985.
- [24]C. H. Chen, C. Y. Lee, S. M. Kuo and C. H. Lin, "High Performance Humidity Sensor Based on Deliquescent Salt Diffused Pi Film", IEEE Sensors, Oct. 22-25, Daegu, Korea, 2006.
- [25]C. H. Chen and C. H. Lin, "A Novel Method to Fabricate Ion-Doped Microporous Polyimide Structures for Ultra-High Sensitive Humidity Sensing", Sensors and Actuators B, vol. 135, pp. 276-282, 2008.
- [26]N. Svedin, E. Stemme and G. Stemme, "A static turbine flow meter with a micromachined silicon torque sensor", Journal of Microelectro-Mechanical Systems, vol. 12, no. 6, pp. 937-946, 2003.
- [27]Y. Su, A. G. R. Evans, A. Brunnschweile and G. Ensell, "Characterization of a highly sensitive ultra-thin piezoresistive silicon cantilever probe and its application in gas flow velocity sensing", Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 12, pp. 780-785, 2002.
- [28]R. H. Ma, M. C. Ho, C. Y. Lee, Y. H. Wang and L. M. Fu, "Micromachined Silicon Cantilever Paddle for High-Flow-Rate Sensing", Sensors and Materials, vol. 18, no. 8, pp. 405-417, 2006.
- [29]Y. H. Wang, T. H. Hsueh, R. H. Ma, C. Y. Lee, L. M. Fu, "A Microcantilever-based Gas Flow Sensor for Flow Rate and Direction Detection", The Symposium on Design, Test, Integration and Package of MEMS/MOEMS 2008 (DTIP 2008), Riviera, French, April 09-11, 2008.
- [30]L. Qiu, S. Hein, E. Obermeier, A. Schubert, "Micro gas-flow sensor with integrated heat sink and flow guide", Sensors and Actuators A, vol.

54, pp. 547-551, 1996.

[31] T. Neda, K. Nakamura and T. Takumi, "A polysilicon flow sensor for gas flow meters", *Sensors and Actuators A*, vol. 54, pp. 626-631, 1996.

[32] K. A. A. Makinwa and J. H. Huijsing, "A wind-sensor interface using thermal sigma delta modulation techniques", *Sensors and Actuators A*, vol. 92, pp. 280-285, 2001.

[33] F. Mailly, A. Giani, R. Bonnot, P. Temple-Boyer, F. Pascal-Delannoy, A. Foucaran, A. Boyer, "Anemometer with hot platinum thin film", *Sensors and Actuators A*, vol. 94, pp. 32-38, 2001.

[34] S. Kim, T. Nam, S. Park, "Measurement of flow direction and velocity using a micromachined flow sensor", *Sensors and Actuators A*, vol. 114, pp. 312-318, 2004.

[35] D. Nachrodt, U. Paschen, A. ten Have, and H. Vogt, "Ti/Ni(80%)Cr(20%) Thin-Film Resistor with a Nearly Zero Temperature Coefficient of Resistance for Integration in a Standard CMOS Process," *IEEE Electron Device Letters*, vol. 29, no. 3, March 2008.

[36] 陶寶棋, 王妮, 電阻應變式感測器, 國防工業出版社, 1993。

[37] 甘堯江, 林雪淳, 應用於環境監測之無線感測網路閘道器設計, *水保技術*, vol. 4, no. 3, pp.173-179, 2009。

[38] Y. C. Tseng, C. H. Wu, F. J. Wu, C. F. Huang, C. T. King, C. Y. Lin, J. P. Sheu, C. Y. Chen, C. Y. Lo, C. W. Yang and C. W. Deng, *A Wireless Human Motion Capturing System for Home Rehabilitation, Mobile Data Management*, pp. 359 – 360, Taipei, 2009.

[39] 王兆慶, 以Wireless Sensor Network作定位之實作, 碩士論文, 國立中正大學電機工程研究所, 嘉義, 台灣, 2006。

[40] 蕭正賢, 個人化具生物反饋能力之智慧無線生理感測器, 碩士論文, 慈濟大學醫學資訊研究所, 花蓮, 台灣, 2008。

[41] 李匯宗, 設計與實作一輛具無線傳輸能力之多功能自走車, 碩士論文, 國立中央大學資訊工程研究所, 2008。

[42] 孫殿宜與蔡孟伸, 架構於無線感測網路資料收集系統之設計與實現, *臺北科技大學學報*, vol. 40, no. 1, pp.1-16, 2006。