

# 微型感測器與致動器之設計與應用

陳皓楨、李佳言

E-mail: 9607365@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

微機電領域以微感測器與微致動器為兩大主流，本研究以微感測器與微致動器作一深入研究，感測器方面為一種新型式濕度感測器，此感測器整合了濕度感測器、與溫度感測器，製作模式是採用標準的MEMS製程來達到低成本及高精度之求。感測器的結構是利用殘留應力(residual stress)在微懸臂(micro-cantilever beam)上產生的翹曲懸臂結構並且用聚醯亞胺(polyimide)之高分子材料當作感測元件塗布在懸臂上，其感測原理是披覆在感測電極上方之聚醯亞胺薄膜吸附或釋放水汽，懸臂產生翹曲，藉此來改變白金電阻值的變化，來得知溼度與溫度的變化。致動器方面，本研究發展一種以金屬材料為基礎的微加工技術，此技術結合了微影、蒸鍍、和電鍍製程新型式微致動器。致動器的結構是利用聚醯亞胺(polyimide)之高分子材料做為絕緣層，在薄膜上利用電鍍的技術加工出銅材質的平面線圈，當電流進入線圈後產生磁場與聚二甲基矽氧烷(PDMS)薄膜上的磁鐵所引發的吸斥作用來驅動機構產生可控制位移，達到致動的效果。

關鍵詞：聚醯亞胺，殘留應力，微懸臂樑，微機電系統技術，微線圈，PDMS，溼度計。

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	v
誌謝.....	vi	目錄.....	vii	圖目錄.....	xii
表目錄.....	xv				
符號說明.....	xvi	第一章 緒論	1	1.1 文獻回顧.....	1
		1.1.1 微感測器發展概述.....	1	1.1.2 微致動器發展概述.....	2
		1.2 微機電系統.....	2	1.3 微機電系統之發展.....	3
		第二章 微型懸臂樑溼度感測器.....	5	2.1 研究背景.....	5
		2.2 空氣溼度.....	6	2.3 濕度感測器之要件.....	8
		2.4 濕度感測器之類型.....	9	2.4.1 高分子式溼度感測器.....	9
		2.4.2 陶瓷式溼度感測器.....	10	2.4.3 電解質溼度感測器.....	10
		2.4.4 石英晶體震盪器溼度感測器.....	11	2.5 理論基礎.....	11
		2.5.1 聚醯亞胺(Polyimide).....	12	2.5.2 電阻溫度係數(TCR).....	13
		2.5.3 殘留應力對於微懸臂之影響.....	14	2.5.4 不同白金尺寸之尺寸設計.....	14
		第三章 微型懸臂樑溼度感測器製程技術.....	15	3.1 晶圓清洗.....	15
		3.2 光阻塗佈.....	16	3.3 軟烤.....	17
		3.4 微影製程.....	17	3.5 硬烤.....	18
		3.6 薄膜製程.....	18	3.6.1 物理氣相沉積(PVD).....	19
		3.6.2 化學氣相沉積(CVD).....	20	3.6.3 化學氣相沉積低應力氮化矽薄膜製程.....	20
		3.7 蝕刻.....	21	3.7.1 濕式蝕刻.....	22
		3.7.2 乾式蝕刻.....	22	3.7.3 反應式離子蝕刻法.....	23
		3.8 製程步驟簡介.....	23	3.8.1 基材準備.....	24
		3.8.2 黃光微影製程.....	24	3.8.3 蒸鍍金屬層製程.....	25
		3.8.4 金屬剝離製程.....	27	3.8.5 晶圓背部蝕刻.....	27
		3.8.6 塗佈聚醯亞胺.....	28	3.8.7 感測器之外觀.....	29
		第四章 微型電磁式致動器.....	30	4.1 研究背景.....	30
		4.2 致動器微小化之優點.....	30	4.3 微致動器之類型.....	31
		4.3.1 電磁式致動器.....	31	4.3.2 電熱式致動器.....	32
		4.3.3 靜電式致動器.....	33	4.3.4 壓電式致動器.....	34
		第五章 微型電磁式致動器製程技術.....	35	5.1 研究背景.....	35
		5.2 電鍍/電鑄技術.....	35	5.3 電鍍銅金屬.....	36
		5.4 銅鍍液之總類.....	37	5.5 適用於電鍍的光阻.....	38
		5.6 電鍍/電鑄控制條件.....	39	5.7 電鍍/電鑄的基本配備.....	41
		5.8 薄膜材料PDMS.....	41	5.9 製程步驟簡介.....	42
		5.9.1 蒸鍍種子層.....	42	5.9.2 厚膜光阻Polyimide微影製程.....	43
		5.9.3 電鍍中間層通道.....	44	5.9.4 定義線圈圖形.....	44
		5.9.5 蒸鍍銅線圈.....	44	5.9.6 電鍍銅線圈.....	45
		5.9.7 上層板與PDMS薄膜製程.....	45	5.9.8 結合磁鐵.....	46
		5.9.9 結合.....	46	第六章 結果與討論.....	47
		6.1 微型懸臂樑溼度感測器結果與討論.....	47	6.1.1 溼度量測方法.....	47
		6.1.2 不同溫度與溼度下電阻值的改變.....	47	6.1.3 溫度對於微型溼度計翹曲變化.....	48
		6.1.4 白金溫度計.....	48	6.1.5 靈敏度.....	49
		6.1.6 溫度補償.....	49	6.1.7 反應時間.....	50
		6.1.8 磁滯曲線.....	51	6.1.9 穩定度.....	51
		6.2 微型電磁式致動器結果與討論.....	51	6.2.1 磁場強度.....	51
		6.2.2 磁場梯度.....	52	6.2.3 位移量測原	

理.....	52	6.2.4 不同尺寸線圈下的位移量.....	53	6.2.5 微型電磁式致動器運用於微幫浦原理.....	53
6.2.6 電磁式微幫浦之製作流程.....	53	6.2.7 電磁式微幫浦之性質量測.....	54	6.2.8 不同電流下的流率變化.....	55
6.2.9 不同頻率下的流率變化.....	55	第七章 結論.....	56	7.1 微型懸臂樑溼度感測器.....	56
7.2 電磁式致動器.....	56	參考文獻.....	58		

## 參考文獻

- [1] 吳朗，感測與轉換原理元件與應用，全欣科技圖書，2001 [2] 松井信行著，編譯：蕭旭烈，致動器入門，複文書局，1987 [3] 余錦漢，以高分子聚合物技術進行濕度感測元件之研究，中原大學電子工程學系，碩士學位論文，2004。
- [4] 陳鐵如、吳鐘玲，基礎氣象與農業氣象學，淑馨出版社，1992 [5] 黃興閱，感測器與實車碰撞測試之運用，車輛研製資訊，2006。
- [6] 廖德章、陳文祥、李名洋、林淑玲，高性能的工程塑膠，科學發展，356期，2-10，2002。
- [7] 王禹翔，應用於高氣體流速微懸臂流量感測器，大葉大學，碩士論文，2006。
- [8] 陽龍杰，認識微機電，滄海書局，1980。
- [9] 達人，VLSI 製造技術，高立圖書，1994。
- [10] 謝秉儒，微型甲醛氣體感測器製作，大葉大學，碩士論文2006。
- [11] 陳柏穎，矽晶圓非等向性溼式蝕刻特性研究，國立中山大學機械與機電工程研究所，碩士論文，2002。
- [12] 甘文瑞，電磁式微致動器市場，工業技術研究院，工業技術與資訊127期，3-9，2001。
- [13] 方維倫、吳名清、楊學安，微機構的元件型式與運動特性，國立清華大學動力機械工程學系，微系統暨奈米科技協會會刊第九期，2002。
- [14] 詹至剛，電熱式微致動器之分析製作與效能測試，大同大學，中國機械工程學會第二十三屆全國學術研討會論文集，2005。
- [15] 吳家鴻，新型壓電致動器及壓電平台，國立成功大學工程學系，Motor Express 202期，7-15，2006。
- [16] 謝庚元，以微電鑄方式製作微懸臂樑之研究，大葉大學，碩士論文2006。
- [17] 編譯：蘇葵陽、校正：張良謙，實用電鍍理論與實際，複文書局，2003。
- [18] 黃仕強，整合型分子模版微流體晶片應用於表面電漿共振生物感測器之檢測，國立成功大學工程科學系，碩士論文，2004。
- [19] W.Menz、J.Mohr、O.Paul原著，溫榮弘編譯，微系統技術，全華科技圖書股份有限公司，2005。
- [20] Toray，Positive Tone Photosensitive Polyimide Coating，Toray Industries，10-15，2003。
- [21] 洪健彰，以有機無機混成材料(AMPS/SiO<sub>2</sub>)製備阻抗式濕度感測器之研究，中原大學化學工程學系，碩士論文，2001。
- [22] 陳坤坐，聚苯胺薄膜之溼度與溫度感測器特性研究，國立中正大學機械工程研究所，碩士論文，2002。
- [23] Lee C.Y., Lee G.B., Micromachine-based humidity sensors with integrated temperature sensors for signal drift compensation, Journal of Micromechanics and Microengineering,626-631 ,2003.
- [24] Udai Neda, Kenichi Nakamura, Tsugihiko Takumi, " A polysilicon flow sensor for gas flow meters, " Sensors and Actuators , 1996.
- [25] E.Kalvesten, " The First Surface Micromachined Pressure Sensor for Cardiovascular Pressure Measurements, " IEEE, MEMS , 1998 [26] Jack Chen, Jonathan Engel, Max Chang, and Chang Liu. " 3D Out-of-Plane Flow Sensor Array with Integrated Circuits " , Eurosensors XVI, Rome, 2004.
- [27] Kurt E. Petersen, " Silicon as a Mechanical Material " , Proceedings of the IEEE,100-130 ,1982.