

應用於微流體系統之壓電致動器特性探討

周宗柏、鄭江河

E-mail: 9511419@mail.dyu.edu.tw

摘要

隨著噴印技術的蓬勃發展，液滴產生器不再只是應用於傳統噴印製程上，其可應用在更多的新興領域中，如新式燃料系統、液晶顯示器、光學通訊裝置和微機電元件製作上，在許多類型的噴印技術中，又以壓電驅動方式為一個重要的方式之一。本文中，採用驅動時會以剪切變形模式作動之壓電致動器，此致動器應用於微液滴產生器上，為確保此液滴產生器能夠運作，對此致動器特性做完整的研究是必須的。利用ANSYS有限元素分析軟體和實驗中，壓電致動器在不同厚度及形式之下，可得知積層式隨著驅動電場增加，產生較高致動力及位移，並將此積層式致動器，應用於此壓電噴墨頭，實際進行噴墨及觀測。

關鍵詞：壓電，致動器，微電鑄，積層

目錄

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	ix	表目錄	xiv	符號表	xv	第一章 緒論	1.1	前言	1	1.2 研究背景與動機	5	1.3 文獻回顧	6	1.3.1 壓電噴墨應用方面	6	1.3.2 壓電致動器方面	9	1.4 研究目標與方向	11	第二章 研究方法與實驗步驟	2.1 壓電噴墨頭結構設計	15	2.2 壓電材料簡介	18	2.2.1 鐵電性	18	2.2.2 壓電效應	19	2.2.3 剪切效應	22	2.3 壓電致動模組之分析	25	2.4 壓電致動器出力之分析	34	第三章 壓電致動器製作流程	3.1 壓電致動器製作流程簡介	37	3.2 壓電致動器製作流程	37	第四章 微結構模組製造流程	4.1 微結構製作流程	41	4.2 光罩設計	42	4.3 黃光製程	47	4.3.1 振動板製程	50	4.3.2 中間隔間層製程	52	4.3.3 噴嘴層製程	53	4.4 各層組裝	55	第五章 實驗方法與特性量測	5.1 實驗設備	58	5.2 壓電致動器特性測	60	5.3 不同厚度對PZT特性的影響	67	5.4 單層與積層振形量測	72	5.5 壓電噴墨頭之觀測	81	第六章 結論	6.1 結論	84	參考文獻	85	圖目錄	圖1.1 噴墨頭形式分類圖	3	圖1.2 彎曲型噴墨頭示意圖	3	圖1.3 推擠型噴墨頭示意圖	4	圖1.4 剪切型噴墨頭示意圖	4	圖1.5 另一種剪切型噴墨示意圖	4	圖1.6 收縮管型噴墨頭示意圖	5	圖1.7 單晶片型示意圖	9	圖1.8 雙晶片型示意圖	10	圖1.9 月型致動器示意圖	10	圖1.10 鈹型致動器示意圖	10	圖2.1 實驗研究流程圖	14	圖2.2 噴墨頭結構示意圖	16	圖2.3-A 噴墨頭整體結構上視圖	16	圖2.3-B 積層壓電噴墨頭結構A-A剖面示意圖	17	圖2.3-C 積層壓電噴墨頭結構B-B剖面示意圖	17	圖2.4 晶格內偶極矩隨外加電場的變化情形	18	圖2.5 典型滯滯曲線圖	19	圖2.6 正壓電效應	20	圖2.7 逆壓電效應	20	圖2.8 壓電陶瓷在居里溫度以上及以下的晶體結	21	圖2.9 傳統型作動方式	22	圖2.10 剪切型作動方式	23	圖2.11 不同極化方向電場分佈圖	24	圖2.12 積層堆疊式極化電場分佈圖	24	圖2.13 積層堆疊式作動方式	24	圖2.14 壓電致動模組分析示意圖	25	圖2.15 有限元素立體網格圖	28	圖2.16 壓電致動器推動薄膜收斂圖	28	圖2.17-A 壓電致動器厚度過薄挫曲變形	29	圖2.17-B 雙層壓電致動器致動變形圖	29	圖2.18-A 單層壓電推動4大氣壓之挫曲變形圖	31	圖2.18-B 積層壓電推動4大氣壓之變形圖	32	圖2.19-A 單層壓電推動4大氣壓之整體結構	32	圖2.19-B 單層壓電推動4大氣壓之剖面放大圖	33	圖2.20-A 雙層壓電推動4大氣壓之整體結構	33	圖2.20-B 雙層壓電推動4大氣壓之剖面放大圖	34	圖2.21 單層出力分析模組示意圖	35	圖2.22 積層出力分析模組示意圖	36	圖2.23 單層與積層壓電位移-出力比較圖	37	圖2.24 單層與積層壓電位移比較圖	37	圖3.1 壓電塊材製作流程圖	39	圖3.2 研磨作動示意圖	40	圖3.3 極化夾治具示意圖	40	圖3.4 極化設備流程圖	40	圖3.5 切割試片實體圖	41	圖4.1 噴墨頭結構零件製作流程	43	圖4.2 振動板第一層光罩	44	圖4.3 振動板第二層光罩	44	圖4.4 中間隔間層光罩	45	圖4.5 噴嘴片第一層光罩	46	圖4.6 噴嘴片第二層光罩	46	圖4.7 噴嘴片第三層光罩	46	圖4.8-A AZ9260塗佈轉速與光阻厚度關係圖	49	圖4.8-B AZ6112塗佈轉速與光阻厚度關係圖	49	圖4.9 振動板之電鑄製造流程	50	圖4.10-A 振動薄膜SEM圖	51	圖4.10-B 方形凸塊SEM圖	51	圖4.11 中間結構層SEM圖	52	圖4.12 噴嘴片之電鑄製造流程	53	圖4.13-A 噴嘴孔SEM實體圖	54	圖4.13-B 噴嘴孔SEM放大圖	54	圖4.14 振動片、噴嘴片與中間隔間層之組裝記號	55	圖4.15 網版印刷結構膠	56	圖4.16 微組裝平台對位系統	56	圖4.17 微組裝平台對位流程圖	57	圖4.18 微噴墨頭實體圖	57	圖5.1 Polytec 三維都卜勒雷射干涉儀(MSV300)	59	圖5.2 實驗儀器量測架設圖	61	圖5.3 測試模組實體圖	61	圖5.4 不同厚度下之電場-位移關係圖	62	圖5.5 不同厚度下之電場-關係圖	62	圖5.6 出力-位移實驗量測架構圖	64	圖5.7 力-位移量測放大示意圖	64	圖5.8 荷重計校正圖表	65	圖5.9 單層與積層位移之比較圖	66	圖5.10 單層力-位移之關係圖	68	圖5.11 單層力-位移之關係圖	68	圖5.12 單層力-位移之關係圖	69	圖5.13 積層力-位移之關係圖	69	圖5.14 相同電場下力-位移之關係圖	70	圖5.15 相同電壓下力-位移之關係圖	70	圖5.16 不同厚度下電場-力之關係圖	71	圖5.17 不同厚度下電壓-力之關係圖	71	圖5.18-A 40V作動位移圖	73	圖5.18-B 40V-3D作動位移圖	73	圖5.19-A 20V荷重計下位移變形圖	74	圖5.19-B 20V-3D作動位移圖	74	圖5.20-A 40V荷重計下位移變形圖	75	圖5.20-B 40V-3D作動位移圖	75	圖5.21-A 60V荷重計下位移變形圖	76	圖5.21-B 60V-3D作動位移圖	76	圖5.22-A 80V荷重計下位移變形圖	77	圖5.22-B 80V-3D作動位移圖	77	圖5.23-A 100V荷重計下位移變形圖	78	圖5.23-B 100V-3D作動位移圖	78	圖5.24-A 積層40V作動位移圖	79	圖5.24-B 積	
----	------	-----	-----	-----	------	----	------	---	----	----	----	-----	-----	----	-----	-----	-----	----	--------	-----	----	---	-------------	---	----------	---	----------------	---	---------------	---	-------------	----	---------------	---------------	----	------------	----	-----------	----	------------	----	------------	----	---------------	----	----------------	----	---------------	-----------------	----	---------------	----	---------------	-------------	----	----------	----	----------	----	-------------	----	---------------	----	-------------	----	----------	----	---------------	----------	----	--------------	----	-------------------	----	---------------	----	--------------	----	--------	--------	----	------	----	-----	---------------	---	----------------	---	----------------	---	----------------	---	------------------	---	-----------------	---	--------------	---	--------------	----	---------------	----	----------------	----	--------------	----	---------------	----	-------------------	----	--------------------------	----	--------------------------	----	-----------------------	----	--------------	----	------------	----	------------	----	-------------------------	----	--------------	----	---------------	----	-------------------	----	--------------------	----	-----------------	----	-------------------	----	-----------------	----	--------------------	----	-----------------------	----	----------------------	----	--------------------------	----	------------------------	----	-------------------------	----	--------------------------	----	-------------------------	----	--------------------------	----	-------------------	----	-------------------	----	-----------------------	----	--------------------	----	----------------	----	--------------	----	---------------	----	--------------	----	--------------	----	------------------	----	---------------	----	---------------	----	--------------	----	---------------	----	---------------	----	---------------	----	---------------------------	----	---------------------------	----	-----------------	----	------------------	----	------------------	----	-----------------	----	------------------	----	-------------------	----	-------------------	----	--------------------------	----	---------------	----	-----------------	----	------------------	----	---------------	----	---------------------------------	----	----------------	----	--------------	----	---------------------	----	-------------------	----	-------------------	----	------------------	----	--------------	----	------------------	----	------------------	----	------------------	----	------------------	----	------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	------------------	----	---------------------	----	----------------------	----	---------------------	----	----------------------	----	---------------------	----	----------------------	----	---------------------	----	----------------------	----	---------------------	----	-----------------------	----	----------------------	----	--------------------	----	-----------	--

層40V-3D作動位移圖 79 圖5.25-A積層40V荷重計下位移變形圖 80 圖5.25-B積層40V-3D作動位移圖 80 圖5.26 微液滴觀測系統 82 圖5.27 噴墨驅動波形之設計 83 圖5.28 微液滴噴墨之現象 83 圖5.29 微液滴無法噴出之現象 83 表目錄 表2.1 初始分析尺寸 26 表2.2 PZT-5H材料特性表 26 表2.3 基材之材料常數表 27 表2.4 作用長度於薄膜10 μ m之位移分析 31 表4.1 微結構應用之相關黃光參數 48 表4.2 各結構層相關製程參數 48 表5.1 荷重計校正參數值 65 表5.2 單層 與積層 位移-出力數據表 66 符號表 : 形變量 : 剪切型壓電特性 : 作用於壓電材料之驅動電場大小 : 壓電材料之作動長度 : 驅動電壓 : 壓電致動器厚度

參考文獻

- 參考文獻 [1] R. G. Sweet, "High frequency recording with electrostatically deflected ink-jets," *Rev. Sci. Instrum.* Vol. 36, pp. 131, 1965.
- [2] R. G. Sweet, "Signal apparatus with fluid drop recorder," U.S. Patent 3596275, 1971.
- [3] W. L. Buehner, J. D. Hill, T. H. Williams, and J. W. Woods, "Application of ink-jet technology to a word processing output printer," *IBM J. Res. Dev.* Vol. 21, 1968-1977.
- [4] H. P. Le, "Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology," *J. imaging sci. technol.*, Vol. 42, pp. 49-62, 1998.
- [5] C. W. Hansell, "Measuring Instrument of Recording Type," U.S. Patent 2512743, 1950.
- [6] Bartky, et al., "Multi-channel array pulsed droplet deposition apparatus," U.S. Patent 4992808, 1991.
- [7] Vincent Ferrer, "Operational properties of Piezoelectric Shear-Mode Actuator," Condensed Matter Physics Department of Microelectronics and Information Technology.
- [8] Yong Zhou, "Applications of Page Wide Piezo Inkjet Printing to Commercial and Industrial Market," Spectra Inc., www.spectra-inc.com [9] D. Wallace, H. J. Trost, and U. Eichenlaub, "Multi-fluid Ink-Jet Array for Manufacturing of Chip-Based Microarray Systems," MicroFab Technologies, Inc.
- [10] Kotaro Yoshimura, Mitsuru Kishimoto, Toshiro Suemune, "Inkjet Printing Technology," *OKI Technical Review* Vol. 64, August, 1998.
- [11] J. Brunahl, Alex, and M. Grishin, "Piezoelectric shear mode drop-on-demand inkjet actuator," *Sensor and Actuator A* 101, pp. 371-382, 2002.
- [12] F. C. Lee, "PZT Printing Applications Technologies, New Devices," *Ultrasonic Symposium, IEEE*, pp. 693-697, 1988.
- [13] W.R. Whel, "The Present State of the Art," *Compeuro, 89-3rd Annual European Computer Conference Hamburg, West Germany*, pp. 46-52, May, 1989.
- [14] F.C. Lee et al., "The Application of Drop-on-Demand Ink Jet Technology to Color Printing," *IBM J. Res. Develop.*, Vol. 28, No. 3, pp. 307, May, 1984.
- [15] D. J. Hayes, D.B. Wallace, M.T. Boldman and R.E. Marusak, "Picoliter solder droplet dispensing," *ISHM J. of Microcircuits & Electronic Packaging*, Vol. 16, No.3, pp. 173-180, 1993.
- [16] D.B. Wallace and D.J. Hayes, "Solder Jet Technology Update," *The International Journal of Microcircuits and Electronic Packaging*, Vol. 21, No. 1, 1998.
- [17] D.J. Hayes, D. B. Wallace and W.R. Cox, "MicroJet Printing of Solder and Polymers for Multi-Chip Modules and Chip-Scale Packages," *IMPAS '99*, 1999.
- [18] W. R. Cox, D. J. Hayes, T. Chen, D.W. Ussery, D. L. MacFarlane and E. Wilson, "Fabrication of micro-optics by microjet printing," *SPIE Proceedings*, Vol. 2383, pp. 110-115, 1995.
- [19] W. R. Cox, T. Chen, D. Ussery, D. J. Hayes, J. A. Tatum and D. L. MacFarlane, "Microjetted lenslet tipped fibers," *Optics Communication*, Vol. 123, pp. 492-496, 1996.
- [20] W. R. Cox, T. Chen, D. W. Ussery, D. J. Hayes, R. F. Hoenigman, D. L. MacFarlane and E. Rabinovich, "Microjet printing of anamorphic microlens arrays," *SPIE Pro.*, 2687, pp. 89-98, 1996.
- [21] 方昱仁, "單體單噴孔壓電致動式噴液裝置之設計與製造," 碩士論文, 國立台灣大學機械工程研究所, 2002.
- [22] 朱凱隆, "壓電式噴墨印相頭內外流場特性之量測研究," 碩士論文, 國立清華大學動力機械工程研究所, 2003.
- [23] 洪銘青, "Picojet列印頭之噴墨效能分析," 碩士論文, 私立大葉大學機械工程研究所, 2005.
- [24] 蔡煒銘, "擠壓式壓電噴頭噴墨行為之數值研究," 碩士論文, 私立大葉大學機械工程研究所, 2005.
- [25] 鄭江河, 胡榮章, 葉東昇與林烜鵬, "壓電式噴墨頭及其製作方法," 中華民國, 專利194947, 2004.
- [26] K.Uchino and S. Takahashii, "Multilayer ceramic actuators", *Current Opinion in Solid State & Materials Science*, Vol. 1, pp. 698-705, 1996.
- [27] A. Dogan, Q. C. Xu, K. Onitsuka, S. Yoshikawa, K. Uchino and R. E. Newnham, "High Displacement Ceramic-Metal Composite Actuator," *Ferroelectrics*, Vol. 156, pp. 1-6, 1994.
- [28] J. F. Fernandez, A. Dogan, J. T. Fielding, K. Uchino and R. E. Newnham, "Tailoring the Performance of Ceramic-Metal Piezocomposite Actuators Cymbals," *Sensors and actuators A65*, pp. 228-237, 1998.
- [29] W. Zhu et al., "Design and fabrication of a novel piezoelectric multilayer actuator by thick-film screen printing technology," *Sensors and*

Actuators A86, pp. 149-153, 2000.

[30] 楊實文, “壓電噴墨頭-微陣列致動器之設計與製作,” 碩士論文, 私立大葉大學機械工程研究所, 2003.

[31] 顧孝鈞, “壓電微致動器之製作與量測,” 碩士論文, 私立大葉大學機械工程研究所, 2004.

[32] 許富強, “奈米微液滴產生器之壓電致動器模組研究,” 碩士論文, 私立大葉大學機械工程研究所, 2005.

[33] Y. Xu, “Ferroelectric Materials and Their Applications,” North-Holland, New York, Vol. 10, 1991.