

# 複合壓電陶纖指叉電極元件分析設計與製作

張秉鈞、鄭江河

E-mail: 9419570@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本論文目的為設計製作出合適的指叉電極並使用此電極對於複合壓電元件做極化，並將以往積層式型的複合壓電元件改以陶瓷纖維化的複合壓電元件，製作高效率33 d 型複合壓電元件。傳統壓電陶瓷應用時有易碎之缺點，開發新型態兼具高性能之感測、致動壓電特性與自適型柔性結構之壓電元件對於市場有相當大的潛力。為提升壓電元件之感測與致動能力，需利用表面指叉電極極化技術，製作高效率33 d 型複合壓電元件。利用有限元素分析軟體-ANSYS 對於電極的設計與纖維化壓電胚片做最佳化的分析。分析在高電壓作用下指叉電極間的電場大小以及分佈狀況，以用於判斷極化電場是否合適，並配合不同胚片厚度、極化間距……等，所分析之結果，畫出相對趨勢圖，搭配製程考量設計出一合適的作用電場以及電極的間距。利用分析得到之最佳化結果，將其應用在陶瓷纖維複合壓電元件上做表面指叉型極化，並使用儀器量測其特性，再與ANSYS 模擬分析結果兩者做一比較。經由分析與實驗的反覆驗證修改下，建立一標準製程製作智慧型壓電複合元件。而未來可以試著朝向不同形狀的表面指叉極化去分析製作，配合市場上的需求，做不同的應用。

關鍵詞：壓電複合材料，指叉電極，極化，陶纖

## 目錄

第一章 緒論.....	1	1.1 前言.....	1	1.2 研究背景與動機.....	5
1.3 文獻回顧.....	5	1.3-1 國內目前研究現況.....	5	1.3-2 國外目前研究現況.....	6
第二章 壓電理論.....	10	2.1 壓電現象及種類.....	13	2.2 壓電性質.....	13
2.3 壓電理論.....	16	2.4 鐵電性.....	19	2.5 壓電元件種類.....	20
第三章 複合壓電陶纖指叉電極元件之設計分析.....	23	3.1 整體結構介紹.....	23	3.2 壓電粉末的選擇.....	24
3.3 改變陶纖指叉電極元件之參數，進行電場分析.....	25	3.3-1 黏結膠介電係數對極化過程的影響.....	26	3.3-2 黏結膠厚度對極化過程的影響.....	27
3.3-3 極化間距對極化過程的影響.....	29	3.3-4 極化電壓對極化過程的影響.....	29	3.4 位移量的探討.....	30
3.4-1 陶纖狀壓電元件之位移量的差異.....	30	3.4-2 黏結膠介電係數對位移量的影響.....	34	3.4-3 黏結膠厚度對位移量的影響.....	39
3.4-4 極化間距對位移量的影響.....	43	3.4-5 作用區的多寡對位移量的影響.....	43	3.4-6 驅動電壓對位移量的影響.....	46
第四章 複合壓電陶纖指叉電極元件製程方法.....	48	4.1 壓電生胚薄片製作.....	49	4.1-1 壓電粉料混合.....	49
4.1-2 壓電粉末鍛燒.....	50	4.1-3 粉末粉碎.....	50	4.1-4 結合劑混合.....	51
4.1-5 刮刀成型.....	51	4.2 陶纖元件製作.....	52	4.2-1 積層堆疊.....	52
4.2-2 熱水均壓.....	53	4.2-3 燒結致密.....	54	4.2-4 壓電元件精密切割.....	55
4.2-4 壓電元件精密切割.....	55	4.3 指叉銅箔軟板製作.....	60	4.3-1 光罩設計.....	60
4.3-2 銅箔軟板.....	60	4.3-3 不銹鋼基板清潔燒結致密.....	61	4.3-4 旋塗光阻、曝光顯影.....	61
4.3-5 蝕刻.....	62	4.4 陶纖指叉電極元件製作.....	65	4.5 陶纖指叉電極元件量測極化範圍.....	66
4.6 壓電致動器極化製程.....	67	第五章 實驗方法與量測.....	71	5.1 實驗設備.....	71
5.2 壓電陶纖指叉電極元件特性量測.....	72	5.3 極化間距對特性的影響.....	75	5.4 PZT 切割寬度對特性的影響.....	77
5.5 極化電壓對特性的影響.....	80	第六章 結論.....	84	6.1 結論.....	84
6.1-1 陶纖壓電指叉元件結構設計分析方面.....	84	6.1-2 陶纖壓電指叉元件製作方面.....	85	參考文獻.....	86

參考文獻

- [1] 鄭占申、曲遠方、馬衛兵,陶瓷/聚合物複合材料的電性能及應用, 複合材料學報, 第15卷, 第四期,1998 [2] P. Tan, L. Tong, D. Sun, "Dynamic characteristics of a beamsystem with active piezoelectric fiber reinforced composite layers," School of Aerospace, Mechanical and MechatronicEngineering, 2 January 2002, Composites [3] 馬瑞平、黃嘉彥、洪梓彬, 智能結構在航空結構上的應用, [http://itisdom.itri.org.tw/\\_p95a4ikoikiuh59i0\\_/infoshare.nsf/0/c b8daccfe0f9b254482567ba](http://itisdom.itri.org.tw/_p95a4ikoikiuh59i0_/infoshare.nsf/0/c b8daccfe0f9b254482567ba) [4] W. Keats Wilkie, Robert G. Bryant, James W. High, Robert L.Fox, Bruce D. Little, "Macro-Fiber Composite Actuator (LaRC-MFC)", NASA-Langley Research Center [5] Carlos E. S. Cesnik, "Wing Shape Deformation for High-Performance Aerial Aerial Vehicles," ICASE Morphing Seminar Series NASA LaRC— 26 June 2002 [6] Jaco P., Marius H., and Ronald S., "A Comparison of Packaged Piezoactuators for Industrial Applications", Mide Technology Corporation, 200 Boston Ave, Medford, MA, 02155, USA [7] Aaron A. Bent, "Active Fiber Composite Material System for Structural Control Applications", DARPA Smart Structures Technology Interchange Meeting Baltimore, 2000.
- [8] D. Lawrence, "Active Fiber Composites Integrated With Water Skis", February 21, 2001- dhl@engin.umich.edu [9] Jeffrey S. Bevan, "Piezoceramic Actuator Placement for Acoustic control of Panels, NASA/CR-2001-211265, December 2001 [10] 邱仁彰,"光纖光柵感測器之類神經網路結構控制研究(II)立 臺灣大學/土木工程學研究所/91/碩士 [11] 陳舜陽,"光纖型法布里-珀羅干涉儀之複合材料應變量系統", 國立彰化師範大學/工業教育學系/85/碩士 [12] 白榮修,"磁縮致動含感測元件研製",逢甲大學/機械工程學 所/91/碩士 [13] 林金直,"壓電材料之壓電熱彈耦合效應探討",逢甲大學/機 械工程學所/91/碩士 [14] 朱祖孝,"內埋光纖複合層板之結構強度有限元素分析",國立 中央大學/機械工程研究所/90/碩士 [15] 尹慶中,"主動式缺陷偵測之智能結構的初步探討 - 面外波傳",國立交通大學/機械工程系/87/碩士 [16] 馬瑞平/黃嘉彥/洪梓彬,"智能結構在航空結構上的應用",航空研究所航材組/化工所產資組 [17] "智能結構在航空結構上的應用",航空國際動態與研究 [18] W. Wilkie, J. High, J. Bockman, "Reliability Testing of NASA Piezocomposite Actuators" U.S. Army Research Laboratory and NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia, USA [19] Wieland B., Wolfgang S. Kreher "Modelling piezoelectric modules with interdigitated electrode structures" Technische at Dresden, Institut Werksto.wissenschaft, Hallwachsstr. 3,D-01062 Dresden, Germany [20] R. Brett Williams<sup>1</sup>, Marc R. Schultz, Michael W. Hyer, Daniel J. Inman and W. Keats Wilkie, "Nonlinear Tensile and Shear Behavior of Macro Fiber Composite Actuators" Corresponding Author Graduate Research Assistant,Department of Mechanical Engineering [21] Williams, R. B., Grimsley, B. W., Inman, D. J. and Wilkie, "Manufacturing and Mechanics-BasedCharacterization of Macro Fiber CompositeActuators," in proceedings of 2002 ASME InternationalAdaptive Structures and Materials Systems Symposium, New Orleans, LA, November 17-22, 2002. [22] Hyer, M.W., "Stress Analysis of Fiber-Reinforced Composite Materials, WCB/McGraw Hill, New York,1998. [23] Rodgers, J. P., "Development of an Integral Twist-Actuated Rotor Blade for Individual Blade Control", Ph.D. Thesis, Department of Mechanical Engineering, Duck University,1998. [24] Rodgers, J. P. and Hagood, N.W., "Hover Testing of a 1/6th Mach-Scale CH-47D Blade with Integral Twist Actuation", presented at the 9th International Conference on Adaptive Structures and Technologies, Cambridge, 1998. [25] Rodgers, J. P. and Hagood, N.W., "Preliminary Mach-Scale Hover Testing of an Integral Twist-Actuated Rotor Blade", Proceedings of the SPIE Symposium on Smart Materials and Structures, San Diego, 1998. [26] Derham, R., Weems, D., Bobby, M. and Richard, B., "The Design Evolution of an Active Materials Rotor", Proceedings of the AHS 57th Annual Forum, 2001. [27] Hiroshi, A., Osamu, H. and Jun-ichiro, O., "Proposal of an Active Composite with Embedded Sensor", Science and Technology of Advanced Materials, Vol.3, pp209-216, 2002. [28] Robert W. Moses, Carol D. Wiesemana, Aaron A. Bentb, and Alessandro E. Pizzocherob, "Evaluation of New Actuators in a Buffet Loads Environment" NASA Langley Research Center, Continuum Control Corporation