

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

微機械在微流量量測之應用

Applications of MEMS in micro-volumetric flowmeter

計畫編號：NSC 87-2212-E-002-059

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：陳炳輝 執行單位：台大機械系

E-mail: phchen@ccms.ntu.edu.tw

一、中英文摘要

本計畫目的在研究壓電薄膜的製作與性質研究，並利用此為基礎設計壓力感測器、信號產生器及接收器，在利用這些元件對微流量量測技術作一初步研究。

隨著高科技產業的進步，利用微機電技術製作的元件在尺寸上大幅縮小且因採用IC批量生產製程，單一元件成本可有效降低，具有強大的市場潛力。但因尺寸縮小，故驅動方式也必須改變，其中壓電材料因具備有機電能互換的能力，而相當受到重視。本計畫便希望能提出一較好的壓電薄膜製作程序，並以此為基礎設計出能夠實際應用於微流量量測之壓力感測器。

關鍵詞：微機電技術，壓電薄膜，微流量計

Abstract

The present study aims to investigate the manufacturing process and physical properties of piezoelectric thin film. After obtaining such knowledge, the present study will further extend the use of piezoelectric thin film for designing and producing the micro-electro-mechanical systems (MEMS) of pressure sensors, signal generators, and signal receivers. In the final stage of the present study, these micro-devices will be integrated with the flow channel in which the volumetric flow rate is then determined from the measured pressure difference or the signals, obtained from these micro-devices.

Keywords: MEMS, piezoelectric thin film, mass flow controller

二、計畫緣由與目的

以 IC 製程為基礎所發展之微機械系統，近年來隨著科技逐漸要求輕薄短小的趨勢下而受到更多的注目，現已應用於生醫、航太、汽車、環工、消費性電子產品等方面[1-3]，由於這方面的科技仍再起步階段，因此國內外的研究單位皆積極的從事此一方面的研究。由於在尺寸上大幅縮小、且在製程、組裝、操作上皆與傳統的方式不同，因此其驅動方式、感測原理及在封裝上皆需要再進一步的研究。在本研究中則將針對壓電材料的製程[4-7]、性質及應用[8-10]作一研究。

目前壓電材料的種類可分為天然的與人工合成的兩種，其中天然的壓電材料以石英為主，人工的則可分為壓電陶瓷(例如 PZT)、壓電聚合物(例如 PVF、PVF₂ 等)。對於壓電薄膜之製作過程大致上可分為氣相與液相的堆積法兩種，其中氣相堆積法，如電子槍蒸鍍及 RF 濺鍍；液相堆積法，則包括溶凝膠法及有機金屬堆積法兩種，本研究即是針對有機金屬堆積法製作之壓電薄膜進行研究。

在製作出壓電薄膜後，則利用其壓電特性製作出訊號產生器及接收器，最終希望能將其利用作為流量量測的超音波產生器與接收器。

三、結果與討論

在製作薄膜之製程上所採取的方法是利用有機金屬旋鍍的方式製作出壓電薄膜，在利用加熱退火並使其產生壓電特性。主要的製作過程可分為三段步驟：

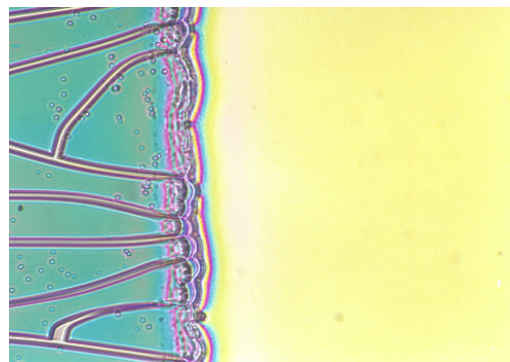
1. 配置預備溶液：將 zirconium acetate 與 titanium butoxide 溶於 2-methoxyethanol 溶劑中，再加入 lead acetate 混合攪拌，最後再加入 formamide 製成預備溶液。

2. 鍍著薄膜：利用旋鍍法在基板上鍍著預備溶液，再烘烤基板去除多餘的溶劑。

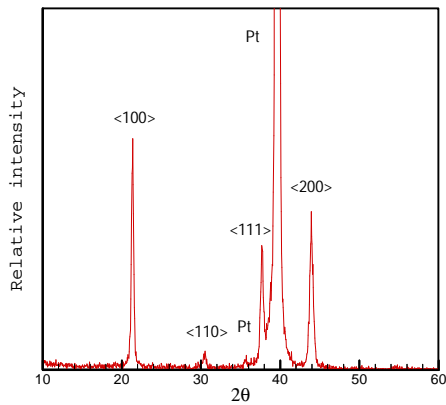
3. 熱處理：先以熱分解去除混合物薄膜中的有機成分，再經退火處理以生成 PZT 晶體。

為了能夠瞭解所製作的壓電薄膜之材料性質與組織結構，將對所製作之壓電薄膜進行下列項目的實驗測試：

薄膜表面結構觀察：利用利用光學顯微鏡觀察薄膜的表面結構與顏色分佈，便可瞭解所製作之壓電薄膜表面的均勻程度，並觀察在多層旋鍍後的薄膜，在經退火處理後，表面是否有產生微小裂縫，由製作之成品可發現薄膜會因厚度不同而有顏色上的差異，經退火處理後，可觀察到藍綠色、紫色及鵝黃色等不同顏色。此外經由光學顯微鏡觀察，在旋鍍五層後，並不會產生裂縫 圖一所示金黃色為 PZT 壓電薄膜，綠色有裂紋產生處則是因為基底不同所造成的結果。



圖一：PZT 壓電薄膜



圖二：XRD 繞射結果

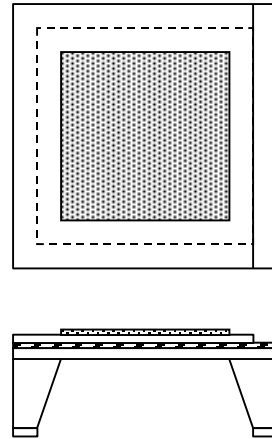
薄膜晶相結構觀察：利用 X 光繞射儀觀察薄膜之晶相結構，判斷其是否為具有壓電性之鈣鈦礦結晶，圖二為分析結果，Pt 為基底層。

薄膜厚度量測：表一為不同配方在旋鍍五層後量測壓電薄膜厚度的結果。由量測結果可知，約在 3000 rpm，鉛過量 5% 之下，可以得到較厚的壓電薄膜。

表一：薄膜測厚儀所量得之結果

	5% 鉛過量	10% 鉛過量	20% 鉛過量
2000 rpm	0.29 μm	0.26 μm	0.30 μm
3000 rpm	0.30 μm	0.27 μm	-
4000 rpm	0.20 μm	0.21 μm	0.21 μm

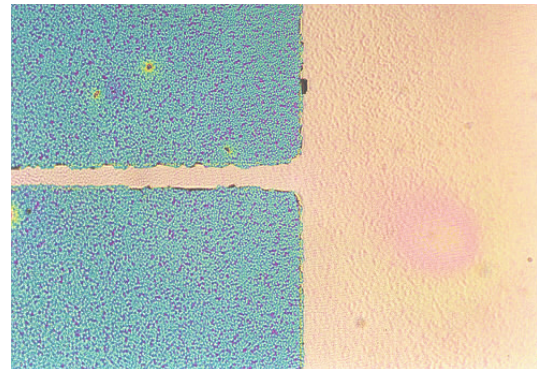
製作出良好的壓電薄膜後，則會將其應用於感測器與制動器的研究上，如圖三所示，在矽晶元上經氧化成長二氧化矽層，再依次鍍著 Pt 與 Ti 層，以作為 PZT 的基底並且當作底層電極，其次利用有機金屬旋鍍法製作壓電薄膜，再利用金屬剝離法製作出上層電極，最後以 KOH 蝕刻背面矽基底，產生較薄之隔膜結構。



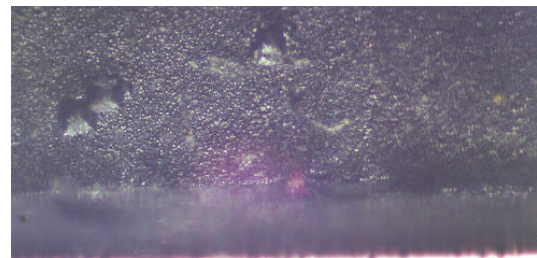
Schematic Diagram
(SiO₂/Si/SiO₂/Pt/Ti/PZT/Au)

圖三：感測器結構示意圖

圖四及圖五是利用光學顯微鏡所拍攝之結果，圖四為上層電極利用金屬剝離法所製作出之成果，圖五是利用 KOH 蝕刻矽基底之結果。



圖四：上層電極製作情形



圖五：KOH 蝕刻背面矽基底情形

在整個製程中所遇到的最主要困難是 KOH 會將之前所製作的壓電薄膜結構破壞，因此造成製作上的困難，故在未來的研究重點一方面會針對不

同的蝕刻溶液進行測試，希望能夠找出不會傷害壓電薄膜的蝕刻液，另一方面則將改善製程的設計，希望能夠做出良好的應用元件。

四、計畫成果自評

在本研究中對 PZT 壓電薄膜的製程已做了初步的研究，並且嘗試將其應用於感測器之製作上，但由於在製程上遇到了各種不同材料間蝕刻溶液的選擇性問題，因此未能將感測器之雛形做出，但由目前之經驗將有助於在未來繼續發展此一微機電製程。

五、參考文獻

1. J. Bryzek, "Impact of MEMS technology on society," *Sensors and Actuators*, A, 56, 1996, pp. 1-9.
2. W. H. Ko, "The future of sensor and actuator systems," *Sensors and Actuators*, A, 56, 1996, pp. 193-197.
3. J. W. Garden, *Microsensors*, John Wiley & Sons, 1994.
4. Jun Fukushima, Kohei Kodaira and Toru Matsushita, "Preparation of ferroelectric PZT films by thermal decomposition of organometallic compounds," *Journal of Material Science*, Vol. 19, pp. 595-598, 1984.
5. Teowee, J. M. Boulton, M. N. Orr, C. D. Baertlein, R. K. Wade, D. P. Birnie III and D. R. Uhlmann, "Effect of Zr/Ti ratio on the fatigue and retention behavior of sol-gel derived PZT films," *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol. 310, pp. 423, 1993.
6. Rainer Bruchhaus, Dana Oitzer, Oliver Eibl, Uwe Scheithauer and Wolfgang Hoesler, "Investigation of Pt bottom electrodes for "In-Situ" deposited Pb(Zr,Ti)O₃(PZT) thin films," *Mat. Res. Soc. Smp. Proc.*, Vol. 243, pp. 123-128, 1992.
7. Russell A. Lipeles and Dianne J. Coleman, "Effect of drying and annealing on metallo-organic solution deposition of PZT films," *Ultrastructure Processing of Advanced Ceramics*, J. D. Mackenzie and D. R. Ulrich, Eds. New York, Wiley-Interscience, pp. 919-924, 1988.
8. G. Caliano, N. Lamberti, A. Iula and M. Pappalardo, "A piezoelectric bimorph static pressure sensor," *Sensors and Actuators A*. 46-47, pp. 176-178, 1995.
9. P. Muralt, M. Kohli, T. Maeder, A. Kholkin, K. Brooks, N. Setter and R. Luthier, "Fabrication and characterization of PZT thin-film vibrations for micromotors," *Sensors and Actuators A*. 48, pp. 157-165, 1995.
10. P. Muralt, A. Kholkin, M. Kohli and T. Maeder, "Piezoelectric actuation of PZT thin-film diaphragms at static and resonant conditions," *Sensors and Actuators A.53*, pp. 398-404, 1996.