

# 局部電化學沈積法之一維結構製程及機械性質量測

楊仁泓、李春穎，林招松

E-mail: 9314535@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

一般而言，電化學沈積常用來在金屬表面沈積金屬（電鍍）或翻製經光罩微影蝕刻製作的微模型（電鑄）。然而，藉由局部感應電場的方法來沈積金屬的話，即可省略光罩或是微模仁的製作，進而可減少整體的製作成本及光罩或微模仁製作時所產生的誤差。再者，利用局部電化學沈積的方法可以輕易的製作出具有微米等級尺寸且具有高細長比之結構物。在微製程下所製作出之微結構，其微結構的機械特性很容易受到製程的影響，而且與大尺寸結構物會具有不同的機械特性。本研究即是利用局部電化學沈積法來製作出微米尺寸等級之銅金屬懸臂樑結構物，並探討在不同製程條件下時，對結構物沈積行為之影響。找出最適合之沈積條件以製作出微柱結構，再量測微柱之動態共振頻率，來探討沈積微柱之楊氏係數。由於實驗中採取步進的沈積方式，沈積之微柱會產生節狀沈積的現象，因此，本研究並設計一個壓電致動器配合彈性鉸鍊的放大機構，若是可以有效的找出控制迴路，應可沈積出更為均勻的微結構。

關鍵詞：局部電化學沈積，懸臂樑，楊氏係數，壓電致動器，彈性鉸鍊。

## 目錄

簽名頁 授權書 iii 中文摘要 v 英文摘要 vi 誌謝 viii 目錄 ix 圖目錄 xii 表目錄 xvi 符號說明 xvii 第一章 緒論 1 1.1 前言 1 1.2 研究動機 2 1.3 本論文架構 3 第二章 文獻探討 5 2.1 局部電化學沈積基本原理 5 2.2 局部電化學沈積的方法 6 2.3 微尺寸結構物的機械性質量測 7 2.4 彈性鉸鍊放大平台之設計 7 第三章 實驗方法與進行步驟 10 3.1 實驗設備 11 3.1.1 利用X-Z 手動平台架設之實驗裝置 11 3.1.2 利用壓電致動器架設之實驗裝置 12 3.1.3 利用微步進馬達定位平台架設之實驗裝置 13 3.2 彈性鉸鍊機構之設計 14 3.3 實驗製程之前處理 16 3.3.1 尖端電極之製作方式 16 3.3.2 陰極底材之製作方式 18 3.3.3 鍍液調配 19 3.4 金相顯微試片之製作 20 3.5 ANSYS 電場模擬 21 3.6 電流訊號之量測 22 3.7 微柱結構動態特性量測 22 第四章 結果與討論 26 4.1 局部電化學沈積反應 26 4.1.1 電位差的影響 29 4.1.2 銅離子濃度的影響 31 4.1.3 尖端電極與銅沈積結構頂點之間距的影響 32 4.1.4 利用壓電致動器來沈積出均勻沈積微結構 35 4.1.5 利用微步進馬達定位平台來沈積微結構 38 4.2 ANSYS 電場模擬分析 43 4.3 金相顯微試片之觀察 51 4.4 彈性鉸鍊放大機構之設計模擬 53 4.5 微柱結構機械性質 60 4.5.1 沈積微柱節狀結構與沈積間距之影響 62 4.5.2 沈積微柱根部山丘狀結構之影響 64 4.5.3 沈積微柱密度之影響 66 第五章 結論與未來展望 71 5.1 結論 71 5.2 未來展望與研究方向 73 參考文獻 74

## 參考文獻

- [1] J. D. Madden, S. R. Lafontaine, and I. W. Hunter, " Fabrication by -Electrodeposition: Building 3D Structures and Polymer -Actuators, " Sixth International Symposium on Micro Machine -and Human Science, (1995). IEEE, pp. 77-81.
- [2] J. D. Madden, and I. W. Hunter, " Three-Dimensional -Microfabrication by Localized Electrochemical Deposition, " -Journal of Microelectromechanical System, Vol. 5, No. 1, March -(1996), pp.24-32.
- [3] E. M. El-Giar, U Cairo, and D. J. Thomson, " Localized -Electrochemical Plating of Interconnectors for -Microelectronics, " Proceedings of 1997 Conference on -Communications, Power and Computing; Winnipeg, MB; May -22-23, (1997), pp.327-332.
- [4] L. T. Romankiw, " A Path: From Electroplating Through -Lithographic Masks in Electronics to LIGA in MEMS, " -Electrochimica Acta. 41, (1997), 2985-3005.
- [5] E. M. El-Giar, R. A. Said, G. E. Bridges, and D. J. Thomson, - " Localized Electrochemical Deposition of Copper -Microstructures, " Journal of the Electrochemical Society, 147 (2) -(2000), pp. 586-591.
- [6] A. J. Bard, F. Fan, J. Kwak, and O. Lev, " In Situ Scanning -Tunneling Microscopic Study of the Corrosion of Type 304L -Stainless Steel in Aqueous Chloride Media , " Journal of the -Electrochemical Society, (1989), 61(2), pp. 132-138.
- [7] D. Muller, F. Muller, and M. Hietschold, " Localized -Electrochemical Deposition of Metals Using Micropipettes, " Thin -Solid Films, 366(2000) 32-36.
- [8] S. H. Yeo and J. H. Choo, " Effects of rotor electrode in the -fabrication of high aspect ratio microstructures by localized -electrochemical deposition, " Journal of Micromechanics and -Microengineering. 11, (2001) 435-442.
- [9] S. H. Yeo, J. H. Choo and K. H. Sim, " On the effects of ultrasonic -vibrations on localized electrochemical deposition, " Journal of -Micromechanics and Microengineering. 12, (2002) 271-279.

- [10] Y. Li, Y. Zheng, G. Yang, and L. Peng, "Localized -electrochemical micromachining with gap control, " Sensors and -Actuators A 108(2003), pp. 144-148.
- [11] B. Cappella, and G. Dietler, " Force-distance curve by atomic -force microscopy, " Elsevier Science, Surface Science Reports, 34 -(1999) 1-104.
- [12] K. R. Virwani, A. P. Malshe, W. F. Schmidt and D. K. Sood, - " Young ' s modulus measurements of silicon nanostructures using -a scanning probe system: a non-destructive evaluation approach, " -Smart Materials and Structures. 12 (2003) 1028-1032.
- [13] X. Li, B. Bhushan and P. B. McGinnis, " Nanoscale mechanical -characterization of glass fibers, " Materials Letters. 29 (1996), -215-220.
- [14] Hsin-Chang Tsai, Weileun Fang, " Determining the Poisson's ratio -of thin materials using resonant method " , Sensors and Actuators -A 103(2003), pp.377-383.
- [15] J. W. Dini, Electrodeposition, 1st ed., Noyes Publications, New -Jersey, (1993), pp.195-216.
- [16] F. E. Scrie, and E. C. Teague, " Pizeodriven 50-  $\mu$  m range stage -with subnanometer resolution, " Rev. Sci. Instrum, Vo1.49, (1978). -pp. 1735-1740.
- [17] T. King, M. Pozzi, and A. Manara, " Piezoactuators for - ' real-world ' applications, " Power Engineering Journal, (2000), -pp105-110, June.
- [18] W. Vu, and T. King, " Flexure hinges for piezoactuator -displacement amplifiers: flexibility, accuracy, and stress -considerations, " Precision Engineering, Vol.19, (1996), pp.4-10.
- [19] Xu and Qu, " Some Analytical Problems of High Performance -Flexure Hinge and Micro-motion Stage Design, " Proceedings of -the IEEE International Conference on Industrial Technology, (1996), pp.771-775.
- [20] 許錫鑫, " 奈微米載具平台動態性能分析 " , 碩士論文, 國立 彰化師範大學機電工程學系, (2003)。
- [21] 朱志良、范盛豪, " 奈米定位平台之研製 " , 中華民國第二十七屆全國力學會議。
- [22] W. T. Thomson, Theory of Vibration with Applications, 2nd ed., -Santa Barbara, California, (1981), pp. 218-220.