

電容式半導體加速度計技術之整合研究(三)-子計劃四

半導體加速度計之製程及設備技術研究

計畫編號: NSC88-2218-E-002-018

執行期限: 87/08/01-88/07/31

主持人: 呂學士 國立台灣大學電機工程系教授

一、中文摘要:(關鍵字: 積體電路, 微機械, 活性離子蝕刻, 磷矽玻璃)

本計畫探討電容式感測器的設計和製造、多晶矽沈積、摻雜和活性離子蝕刻的圖樣, 以及金屬結構試作。我們用支撐多晶矽橋的磷矽玻璃犧牲層來釋放多晶矽薄膜懸離表面, 以超臨界點乾燥法來解決虹吸力的問題。此外, 嘗試以高分子材料作為犧牲層, 以電漿去光阻方式釋放金屬微結構。完成之感測器可與標準製程製作之感測電路相結合。

Abstract:(keyword: IC, RIE, Surface micromachining, PSG)

In this project, capacitive accelerometer sensor is designed and fabricated. The polysilicon film was deposited, doped, and patterned by reactive ion etching(RIE). The polysilicon film is offset from the surface using a sacrificial layer of phosphosilicate glass(PSG) that provided support of the polysilicon bridge throughout the fabrication sequence. We use the supercritical carbon dioxide to prevent the stiction, then the sensing element releases successfully. In addition, we use polymer as sacrificial layer, with the aid of plasma asher, dry-release the metal structure is practicable. Finally, the fabricated sensor could integrate with

IC for signal conditioning.

二、計畫緣由與目的

表面微機械近年來已漸成為微細加工的主流, 又由於電容式加速度計可整合於傳統半導體製程, 用以製作回授控制之高性能感測器, 具有價格低廉與高性能等優點, 本計畫之目的係建立表面微細加工所需設備, 發展有關製程技術, 設計製造閉迴路電容式加速度計。

三、研究方法

3.1 多晶矽加工製作微加速度計

利用表面微細加工技術製作矽微速度計, 採用雙層多晶矽製程, 結構層厚度為 $2\mu\text{m}$, 結構之最細線寬亦為 $2\mu\text{m}$, 圖(一)所示為所需製程步驟。

1. 首先清洗乾淨 4 吋矽晶片, 然後於其上生長緻密的乾氧化層 3000\AA , 再利用低壓化學沈積 2000\AA 氮化矽, 當作絕緣層。由於氮化矽所展現的外張壓力, 而乾氧化薄膜層所展現內縮應力, 兩者有有補償作用, 使得這兩層所產生的殘留應力值會較小, 避免晶片表面發生扭曲變形。
2. 然後再利用低壓化學沈積法於氮化矽上沈積多晶矽 3000\AA , 如圖(一)(2)所示。再以 POCl_3 用高溫($900-1000^\circ\text{C}$)將磷原子驅入多晶矽, 使多晶矽成為良導體。之後利用第一道光罩蝕刻多晶矽導線層, 如圖(二)所示。

3. 利用常壓化學氣相沈積法沈積 $2\mu\text{m}$ 的磷矽玻璃，使用第二道光罩對犧牲層蝕刻出淺溝槽，如圖(三)所示，使得爾後在結構層上形成突起，用以避免表面機械整片貼在晶片基板上，有效減小虹吸力。再利用第三道光罩在磷矽玻璃上開洞，如圖(四)所示，以利稍後填充多晶矽來作懸梁柱並連接下導電層。
4. 利用低壓化學沈積法沈積結構層多晶矽 $2\mu\text{m}$ 。再來用 POCl_3 摻雜多晶矽，使多晶矽成為導體。由於多晶矽係感測機構主體，懸梁結構側邊務須陡直，因此採用反應離子蝕刻，利用第四道光罩定義結構外型，以 3000 \AA 鉻金屬當作稍後之乾蝕刻罩幕，如圖(六)所示，然後用反應性離子蝕刻技術，蝕刻出 $2\mu\text{m}$ 深的多晶矽結構。
5. 利用緩衝氫氟酸把當作犧牲層的磷矽玻璃蝕刻乾淨，以去離子水沖洗，勿吹乾，否則會因虹吸力，梳狀結構會和基材黏住。將晶片置於結構釋放機的甲醇中，以液態二氧化碳將甲醇完全帶走，並升高溫度達超臨界狀態，如圖(六)所示，以此法釋放可使虹吸力達到極小的值，順利產生懸浮之梳狀結構。

3.2 單一光罩製作微加速度計

簡化製程設計，直接成長犧牲層與結構層，光罩設計以蝕刻孔分布作為結構懸空與否的根據，僅用微影步驟定義結構層，以反應離子蝕刻加工多晶矽，再以緩衝氫氟酸蝕刻磷矽玻璃，以蝕刻時間控制犧牲層的蝕刻面積，讓活動結構因蝕刻完全而懸浮，而固定結構因犧牲層未完全淘空而附著於基材上，完成加速度規如圖(七)。其優點是製程步驟簡單，僅需一道光

罩之微影製程，成本低並可縮短製作時程，與選擇性蝕刻犧牲層相比，此法需避免犧牲層蝕刻過久之狀況，而且結構層自身兼做導電層，為單一平面佈局，在設計上有其限制。

3.3 多層金屬表面細微加工實驗

由於沉積多晶矽與磷矽玻璃所需溫度達 600 度以上，將不適用於作為標準 CMOS 晶片之後製程，故嘗試以 polyimide 與光阻等高分子材料作為犧牲層，沉積金屬作為內連線與結構層，如圖(八)所示，最後採用電漿去光阻機除去犧牲層，在不涉及高溫製程的狀況下製作表面微細加工微結構，如圖(九)所示為雙層金屬翹曲微致動器，具有低驅動電壓之特性。

在製程上所遭遇之挑戰是在高分子材料本身溶劑含量不同所造成的性質變化，作為犧牲層之 polymer 不若磷矽玻璃等無機材料穩定，故需確實掌握高分子材料在製程中其溶劑含量之變化情形，避免溶劑揮發造成氣泡產生，或是 polymer 應考過度造成去除不易之情形。本製程之優點係不涉及高溫製程，並可避免因濕蝕刻所造成的虹吸現象，且不會有蝕刻液破壞結構之問題，可用於極細微結構之釋放。非常適合作為 CMOS 後製程加工。

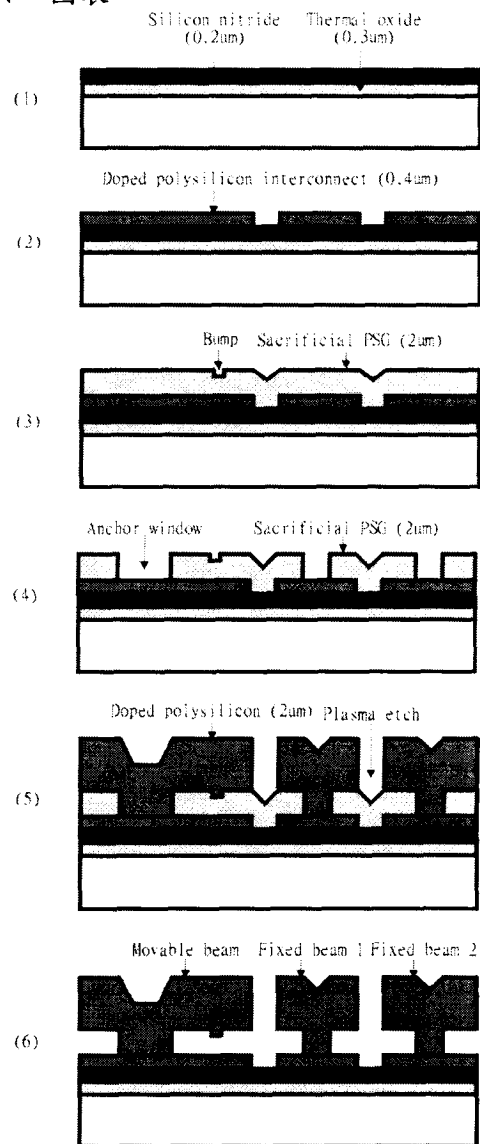
四、結果與討論

建立表面細微加工多晶矽製程基本技術與經驗，完成電容式矽微加速度計製作，建立超臨界點乾燥機、電漿去光阻機與化學氣相沉積設備，圖(十)為完成之加速度計本體，本計劃期望能藉由這個半導體感測器的製作，奠定台灣微機電領域之製程基礎，為我國高科技產業開創一新局面。

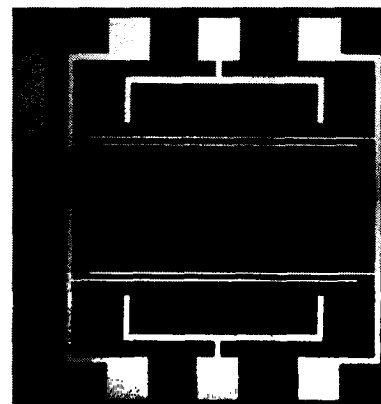
五、參考文獻

- [1] Theresa A. Core, W.K. Tsang, teven. Sherman, **Fabrication Technology for an Integrated Surface-Micromachined Sensor**, Analog Devices Inc., Wilmington, Massachusetts, Solid State Technology
- [2] C.W. Dyck, J.H. Smith, S.L. Miller, E.M. RUSSICK, C.L.J. Adkins, **Supercritical carbon dioxide solvent extraction from surface-micromachined micromechanical structures**, SPIE Vol. 2879/225
- [3] A Stoffel, A Kovacs, W Kronast and B Muller, **LPCVD against PECVD for micromechanical applications**, J. Micromech. Microeng. 6, 1996.
- [4] Henri Jansen, Han Gardeniers, Meint de Boer, Miko Elwenspoek and Jan Fluitman, **A survey on the reactive ion etching of silicon in microtechnology**, J. Micromech. Microeng. 6, 1996.
- [5] Christopher W. Storment, David A. Borkholder, Victor Westerlind, John W. Suh, Nadim I. Maluf, and Gregory T. A. Kovacs, **Flexible, dry-released process for aluminum electrostatic actuators**, Journal of microelectromechanical systems, Vol. 3, No. 3, September 1994.

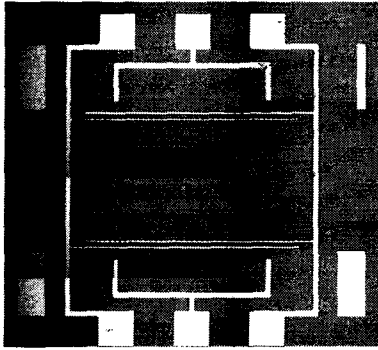
六、圖表



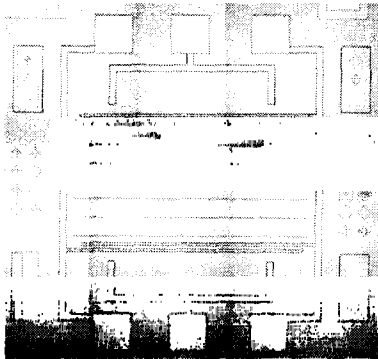
圖(一)



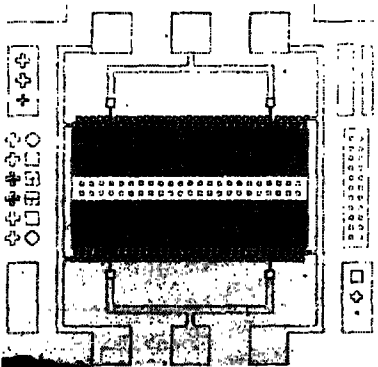
圖(二)



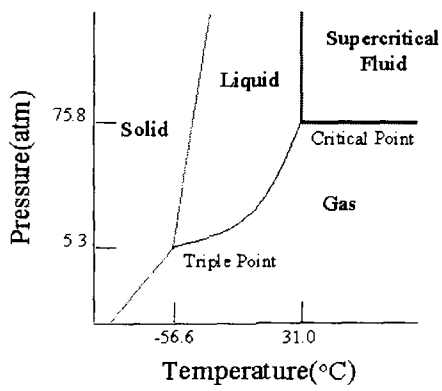
圖(三)



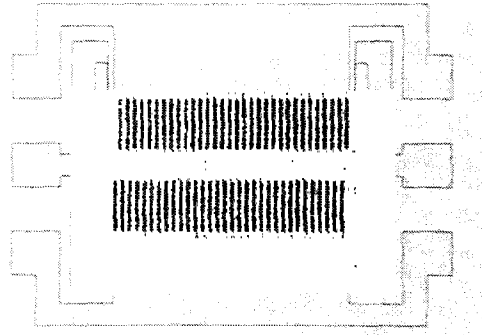
圖(四)



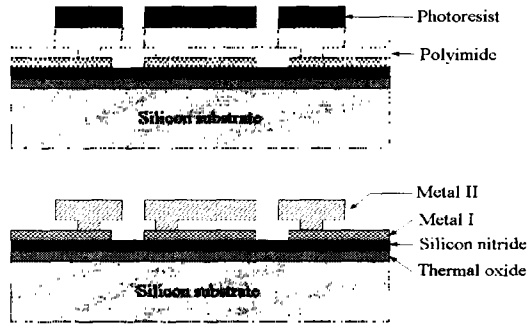
圖(五)



圖(六)



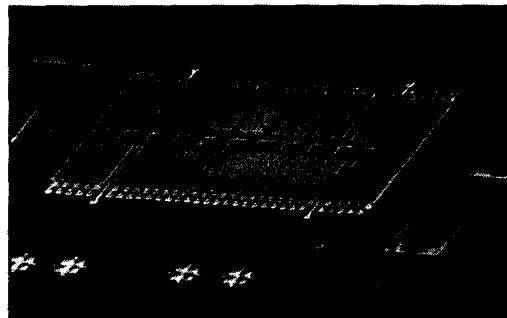
圖(七)



圖(八)



圖(九)



圖(十)