

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

電磁式微鏡面致動器之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89-2218-E-009-046
執行期間： 89年08月01日至 90年07月31日

計畫主持人：黃宇中
共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：
赴國外出差或研習心得報告一份
赴大陸地區出差或研習心得報告一份
出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學電子研究所

中 華 民 國 90 年 07 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

電磁式微鏡面致動器之研究

計畫編號：NSC 89-2218-E-009-046

執行期限：89年08月10日至90年07月31日

主持人：黃宇中 國立交通大學電子所教授
計畫參與人員：陳志鴻：林稔杰

一、中文摘要

此計畫乃對二維電磁式微振鏡致動元件之設計、模擬與製作，提出分析與討論。其結構採用塊狀微細加工技術，將微震鏡元件結構製作在基材上，基材必須在適當的位置被蝕刻穿透。所以製成基材的結構隨後將會面臨曝光顯影問題與清洗晶片時可能損壞結構的困擾。本研究為改善微震鏡與半導體製程的相容性，步驟上選擇先行製作電性系統，後製作基材上的微震鏡元件的結構。在此提出一適當的低溫製程，在完成產生電磁力所需的導線後，改由 TMAH 蝕刻液蝕刻，不吃鋁線的配方下，用單面蝕刻的方式得到結構。而元件設計方面之考量，為兩層導線結構。可提高積集度與降低消耗功率、且獲得高偏轉角度。

關鍵詞：二維微振鏡、塊狀微加工、電磁式微振鏡

Abstract

This research demonstrate a 2-D electromagnetic micromirror which is fabricated by bulk micromachining technology. For CMOS process compatibility we choose pre-CMOS process, use aluminum as the metal lines and TMAH etchant to etch silicon. Bulk micromachining is using etchant to etch substrate to form micro-structure. Any process following this step will destroy the microstructure. We fabricate the microstructures after all process.

We intensely recommend this process we have performed. The devices has were completed and to tested and verified the theory.

Keywords: Bulk micromachining, 2-D electromagnetic micromirror

二、緣由與目的

微系統之源起可以追溯到 1959 年 Feynman 的觀察。對於資訊的儲存和大量的傳輸需求，有必要將儲存資料的單元和系統微小化，既然資料的傳輸無法超越光速，那麼所小系統的尺寸，讓資訊傳輸距離縮短，便可以加速資料的傳輸了，也可以減低雜訊干擾。訊號可在系統中先行做數位與類比的處理，再傳送到別的模組中，減低中央處理器的負擔和外部的連線距離。這些優點導出了目前為系統和 SOC 的熱潮。

近年來，微機電系統在製程技術上及經濟上已造成相當大的影響，而被廣泛的運作在消費性電子、自動化系統、生物科技。其廣泛的運用，漸漸取代了傳統市場的產品。雖然微系統技術尚在發展，但是微系統元件提供了相當大的彈性來結合各個領域的技術。可見微系統對未來科技的影響力。

微系統現已成為致動器與感測器與電子電路整合而成的系統代稱。而本計畫製作的微振鏡屬於致動器的一環。其結構主要為一鏡面和支撐鏡面的懸臂樑。當光

束射向鏡面時，可以控制鏡面旋轉特定角度，將光束反射致預定的位置。此行微振鏡可以製作顯示器、光纖通訊元件、光學量測元件，若控制鏡面以一定頻率震動，可將光束掃描某一特定面積，可應用於投影機、顯示器、掃描器上。因此，言鏡精密的的微振鏡元件乃成為微機電領域的重要一環，其一驅動方式的不同有以下幾類：靜電式微振鏡、電磁力微振鏡、壓電式微振鏡、熱膨脹式微振鏡、壓阻式微振鏡等。

目前對於微振鏡的研究多朝向二維微振鏡發展，以其微振鏡在光纖領域有所應用。這裡我們選擇電磁式來設計一個二維微振鏡，不論是在後續電路或是製程上都是較佳的選擇。製作出之微振鏡將於光學平台上測試動態與靜態特性，良測品質因子、共振頻率和電流與鏡面偏轉角度的關係，以驗證我們設計的模型。

三、研究成果

對於設計微振鏡的參數之最佳化，以其元件成品表現的優越性。從原理可以導引我們設計的方向，最後依我們所堆導出來的運動方程式，使用 MATLAB 描述各參數之特性進而提供元件設計準則。

(1) 元件設計與模擬：

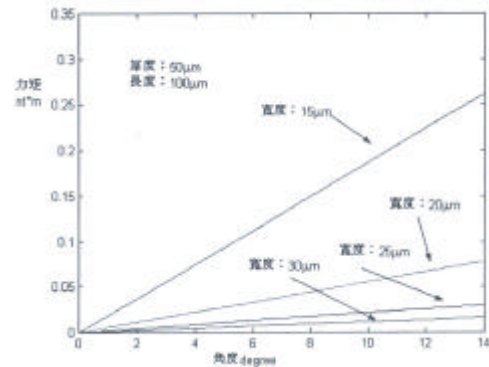
所謂電磁驅動乃利用代墊例子再磁場中運動時將感受到一與運動方向垂直的力。此力即為 Lorentz 力：

$$F_m = qn \times B \text{ 和 } F_m = I \times B$$

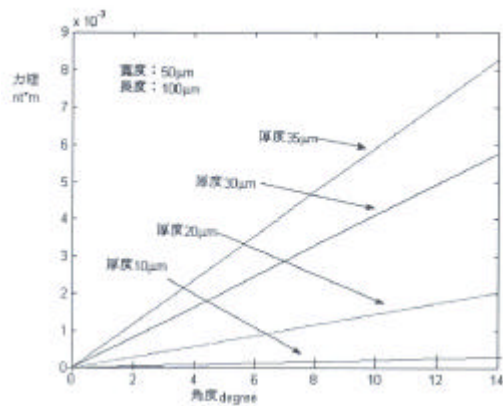
因此若要得到更大的羅倫斯力，可以增加通過的磁場或者是導線長度以及電流大小。在結構上我們藉由增加線圈數來增加通過的磁場的電流，來增加羅倫斯力。當我們施加電壓即可驅動鏡偏轉，此偏轉力會與懸臂樑的扭力平衡，使鏡面成一個傾斜角。若切換電壓，既可使的鏡面左右偏轉，而將光束反射再依特定的區域內。五偏轉角度與振幅，取決於振鏡懸臂樑的彈性係數。當我們施加的交變電壓頻率跟懸臂樑的共振頻率相等時，鏡面的偏轉角度會達到最大值，施加的頻率越遠離共振頻

率，則鏡面的偏轉角度越小。

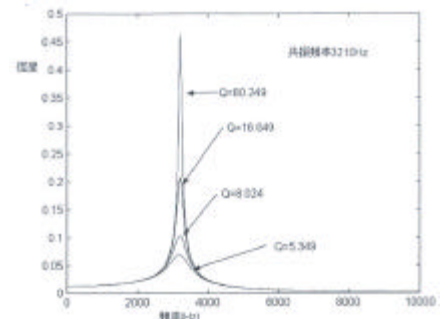
圖一為力矩與偏轉角度的關係圖：



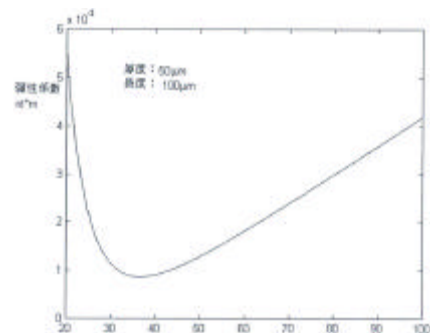
圖二為懸臂樑厚度與偏轉角度關係：



圖三為品質因子與振幅的關係：

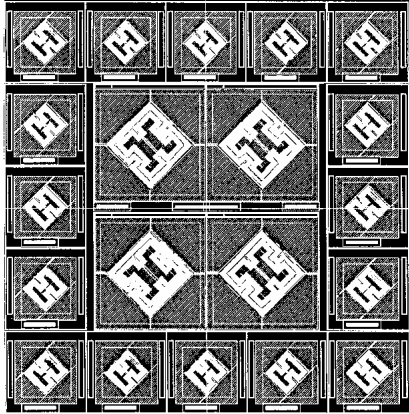


圖四為懸臂樑之彈性係數與懸臂樑之寬度關係：



(2) 元件設計與製程：

為使微振鏡有更大的偏轉角度和符合超大型積體電路整批製造，製程上選擇塊狀微加工技術以及非等向性濕式蝕刻。為整合微機電元件與電子電路技術在同一晶片上。其二維微振鏡的結構如下圖：



電磁力微振鏡元件的製造設計上，我們假設電子電路已製作在基材上來安排製程：

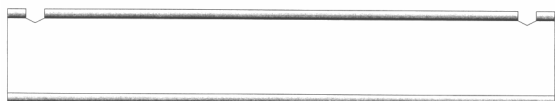
- (1) 先製作微結構再製作導線
- (2) 先製作導線再製作微結構

若先至做微結構會有光阻懸塗問題，結構在後續製程損毀，雖然光阻懸塗問題已被解決，但結構損毀卻無法避免。此法對後續的製程彈性較大，可以進行高溫製程。如 reflow 跟 silicidation 等。

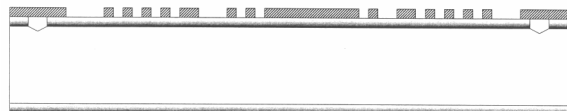
若先製作導線在蝕刻結構上，則不可再有高溫製程，因鋁線的熔點為攝氏 660 度，所以接續的薄膜接必須使用電將化學氣相沉積，而最後微結構的製作，必須選擇對金屬導線有選擇性的蝕刻溶液或再金屬導線上沉積一層保護層以抵抗蝕刻液的侵蝕。

本計畫的電磁式微振鏡製程如下步驟：

1. 在 clean 過的晶圓上沉長 LPCVD Si₃N₄，經由 KOH pre-etch 蝕刻出特殊的圖案，以此圖形我們即可以定義出晶格方向。



2. 利用 thermal coater 鍍上一層金屬層，厚度約為 1μm，再利用蝕刻液蝕刻出導線。



3. 利用 PECVD 沉積氧化矽為隔絕第二層金屬的介電層，使用 RIE 開 contact hole，利用 thermal coater 鍍上第二層金屬並蝕刻出導線。



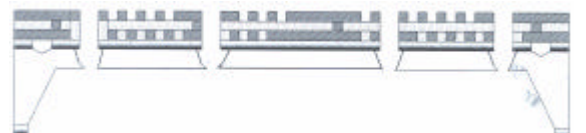
4. 使用 RIE 把氧化矽和氮化矽蝕刻掉，使矽基質顯現出來。



5. 使用 TMAH 蝕刻矽基質，決定元件厚度，此步驟對矽基材蝕刻的深度即是元件的厚度。



6. 利用雙面對準，開晶圓背面的窗口，使用單面蝕刻，將晶圓吃薄，直到與另一面所蝕刻的深度相接，即吃穿，此時即可停止蝕刻，元件完成。



四、結論與展望

參考以測得參數設計適當的電路，將其整合入元件之製程中。尋找新的方式，或新的材料來提升品質因子，增加元件的工作效率。元件的縮小以及良率的提升。開發雷射影像系統，振鏡的積極度和電路整合技術再提升。開發光纖切換鏡，將電磁力微振鏡應用於光纖通訊中。

五、參考文獻

- [1] R. J. Roar, W. C. Young, Formulas for stress and strain, McGraw-Hill, New York.
- [2] James M. Bustillo et al. Surface Micromachining for Microelectromechanical System, "Proceedings of The IEEE, Vol. 86, No. 8, Aug. 1998.
- [3] Lj. Ristic, CMOS Technology : A Base for Micromachining," Microelectronics

J., Vol. 20,1989, p.153.

- [4] D.B.Lee, "Anisotropic Etching of silicon,"J,. Appl. Phys., Vol. 40, 1969, p.4569.
- [5] Irena Barycka, Irena Zubel, Silicon anisotropic etching in KOH isopropanol etchant, "Sensors and Actuators A, 48 p. 229-238, 1995.