

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

微振鏡驅動與迴授控制電路之設計、測試與 IC 製作研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC 89-2218-E-009-007

執行期間：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

計畫主持人：黃宇中

中華民國 八十九 年 九 月 一 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 微振鏡驅動與迴授控制電路之設計、測試與 IC 製作研究

### Driving circuits design for the micromirror

計畫編號：NSC 89-2218-E-009-007

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：黃宇中 國立交通大學電子研究所

#### 一、中文摘要

本研究提出一種電磁式微鏡面致動器元件之設計、模擬與製作方法，並對元件之量測結果加以分析。本研究以鋁金屬作為導線材料，並克服了在矽微結構形成後繼續金屬化製程時，旋塗光阻與清洗晶片對矽微結構破壞的困難。元件的接觸窗口與元件之結構形狀在同一道光罩一次完成，故只需使用四道光罩即可完成元件之製作製程，大幅簡化了製程步驟，使得良率與產率獲得提升。元件結構之設計朝向低功率消耗、高偏轉角度的方向進行，量測結果顯示，當元件發生共振時，鏡面可偏轉極大的角度( $\sim 20^\circ$ )，消耗功率則在 1mW 左右。

關鍵詞：電磁式，微鏡面致動器，體型微細加工法

#### Abstract

The design, fabrication, characterization and modeling of a micromirror actuator driven electromagnetically is described. In order to increase the possibility of intergration, we use aluminum as the material of metal lines. We overcome the difficulty that silicon structure might be destroyed when photoresist coating or wafer cleaning is applied. The pattern of contact holes and device structure are defined by the same mask. As a result, it only needs fours masks to realize the manufacture of the devices. Besides, the throughput and yield are also increased. The measurement shows the characterization of high optical angular

deflection ( $\sim 20^\circ$ ) and low power consumption(1mW) at resonant frequency.

Keyword：Micromirror actuator; Electro-magnetically; Bulk micromachining

#### 二、緣由與目的

在資訊流通日趨多元化的今天，顯示器在資訊的汲取上扮演著相當重要的角色。在二十一世紀無線通訊的快速發展，人們可透過個人隨身之通訊器材，隨時隨地吸收資訊、交換資訊以及處理資訊。基於這樣的潮流，個人通訊設備的設計將朝著輕、薄、短、小的方向發展，以提高使用者攜帶之便利性。然而，這樣的發展趨勢將限制了顯示螢幕的尺寸大小，造成使用者讀取螢幕所顯示的資訊時的困難度增加，也增加人機介面操作上的不方便。可行的解決辦法，就是利用投射的方式將畫面顯示在任何可反射光線的地方，或者利用投射方式將畫面映照在鏡片上，做成像眼鏡般攜帶方便的頭戴式顯示器。其投射的原理乃利用兩面尺寸約  $1\text{mm}^2$  且振動方向互相垂直的反射鏡，將入射光束作二維的掃瞄使畫面顯示出來[1]-[4]。所使用的反射鏡必須有極高的振動頻率與寬廣的偏轉角度，並且必須滿足體積小、重量輕的需求。另外，反射鏡面必須非常平整，且結構必須相當耐用，而以微細加工法製作的單晶矽微鏡面致動器正可滿足上述所有要求。此外，微振鏡元件具有高於液晶顯示器的光學效率，再加上其於互補式金屬氧化半導體製程匹配的能力，可以大量生產及降低價格。在元件之工作特性方面，電磁式微鏡面致動器具以下四項特點：(1)不

需高電壓驅動、(2)較佳之線性化、(3)振動角度範圍大、(4)較高的品質因子。因此，基於電磁式微鏡面致動器元件在顯示系統上的發展潛力，我們有必要對其工作原理與製造技術作深入且有系統的研究與探討，以作為開發相關的應用產品時重要的參考依據。本研究的目的就是以體型微細加工法製作出大角度偏轉、高品質因子且低功率消耗的電磁式微鏡面致動器元件。

### 三、結果與討論

本研究之製程採用體型微細加工法，使用氫氧化鉀水溶液作為單晶矽材之非等向性蝕刻液，對單晶矽蝕刻出所需要的結構形狀。圖一與圖二分別為元件之製作流程與設計佈局圖。由於鋁金屬在氫氧化鉀水溶液中會瞬間被蝕刻掉，因此若欲以鋁金屬作為導線及鏡面之材料，則必須在 KOH 蝕刻出矽結構的程序完成後，再進行金屬化製程。但是矽微結構頗為脆弱，後續製程中，矽微結構易被破壞（光阻塗佈機，矽微結構承受不了高速旋塗時產生之氣流擾動而被破壞），如圖一之(c)所示，本研究以 LPCVD 氮化矽膜做為元件結構之支撐，如此可使結構得以承受光阻塗佈時氣流之擾動，在接觸窗口處，此氮化矽膜則作為使兩層金屬導通之犧牲層，如此一來，連接上下兩層金屬導線的接觸窗口與元件結構即可用同一道光罩完成，即第二層金屬導線是鍍在振鏡之反面。這樣做的好處是可節省一道光罩，使得製程簡化，而且使得元件在矽微結構形成後只需再一道光罩製程即可完成元件之製作，可減少旋塗光阻時對結構之破壞，提高元件之製造良率，圖三與圖四為元件製作成品之照片。

元件之動態響應之量測結果如圖五所示。圖五代表元件在弦波電壓峰值 1.44 伏特下偏轉角度與操作頻率之關係圖，量得共振頻率 3863Hz，品質因子為 161。圖六則為此元件在共振頻率下操作偏轉角度與施加之弦波電壓峰值之關係圖。在可靠度方面之測試，元件之振動次數已超過一百億週期，且尚未出現任何特性上明顯之變

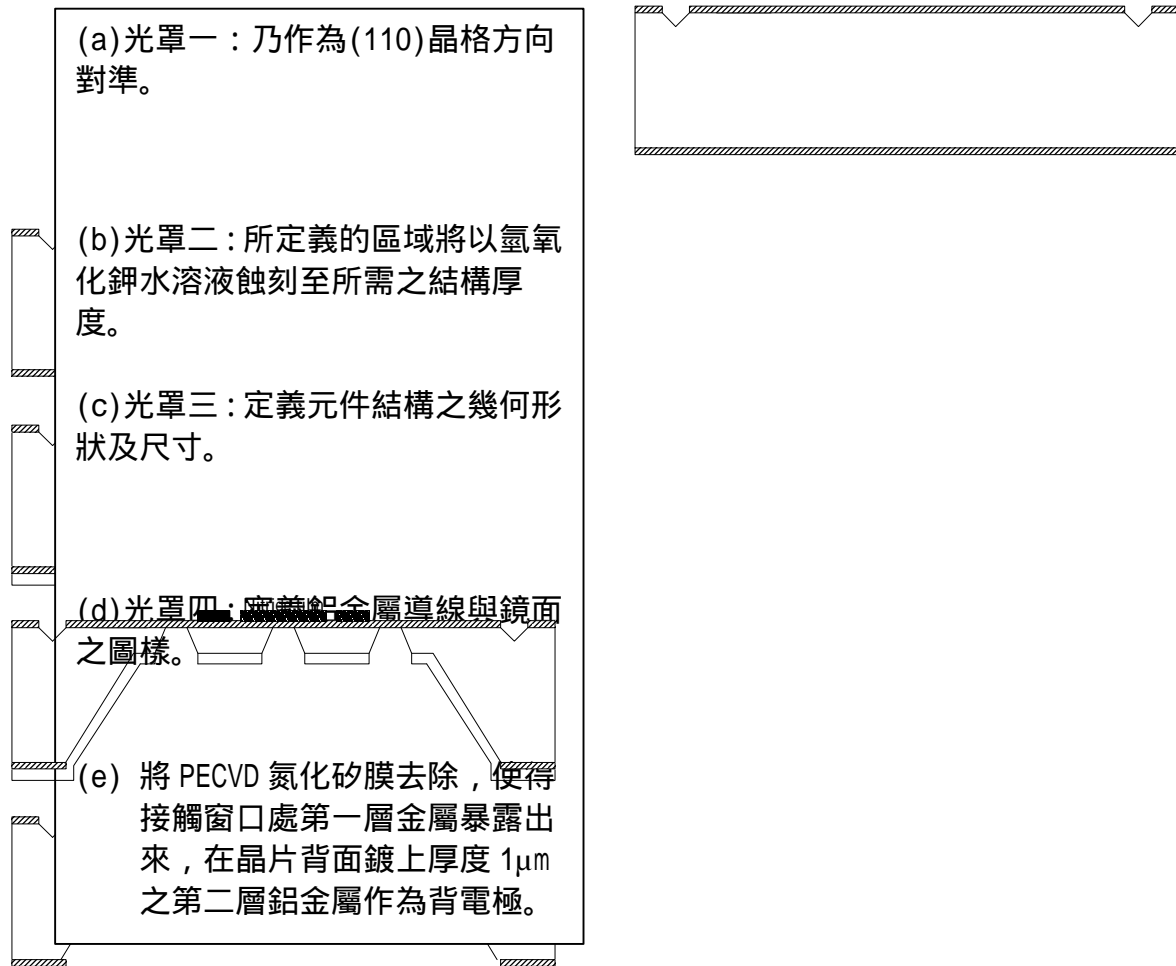
化。

### 四、計畫成果自評

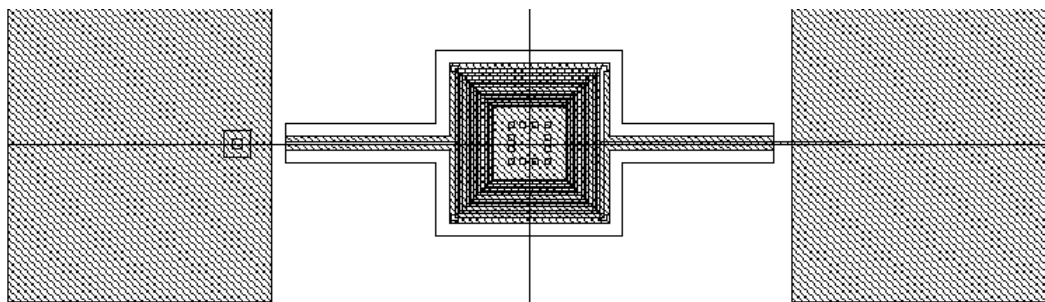
本計畫所執行之研究已成功地製作出可靠性佳的電磁式微鏡面致動器元件，然而使用氫氧化鉀蝕刻液將限制了致動器元件與半導體製程匹配之能力。未來將朝向以 TMAH 取代氫氧化鉀的方向進行，以提升元件與驅動電路整合於同一晶片的可能性。

### 五、參考文獻

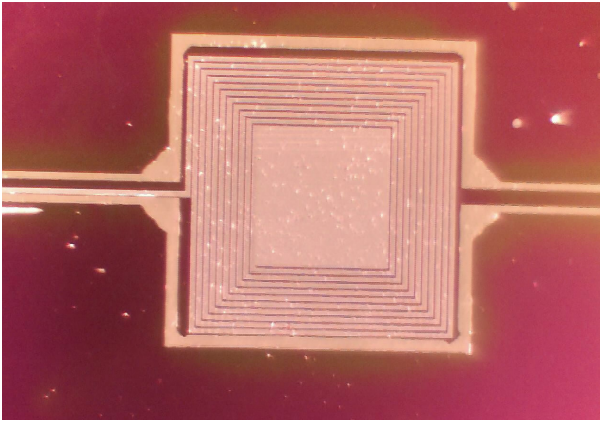
- [1]R.J. Gove, "DMD Display Systems: The Impact of an All-Digital Display", Society for Information Display International Symposium (June 1994).
- [2]Hirouki Fujita, Hiroshi Toshiyoshi, Micro actuators and their applications, Microelectronics Journal 29(1998) 637-640.
- [3]Meng-Hsiung Kiang, Olav Solgard, Richard S. Muller, Polysilicon optical microscanners for laser scanning displays, Sensors and Actuators A 70(1998) 76-82.
- [4]L.O.S Ferreira and S. Moehlecke, A silicon micromechanical galvanometric scanner, Sensors and Actuators 73 (1999) 252-260.



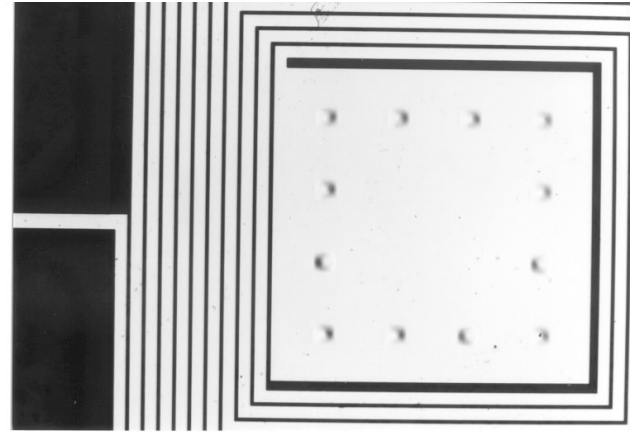
圖一：元件製作流程圖。



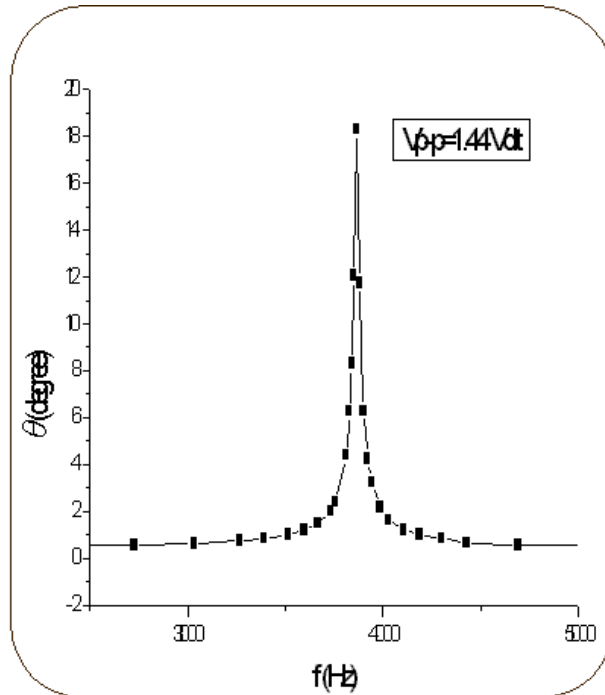
圖二：元件設計佈局圖



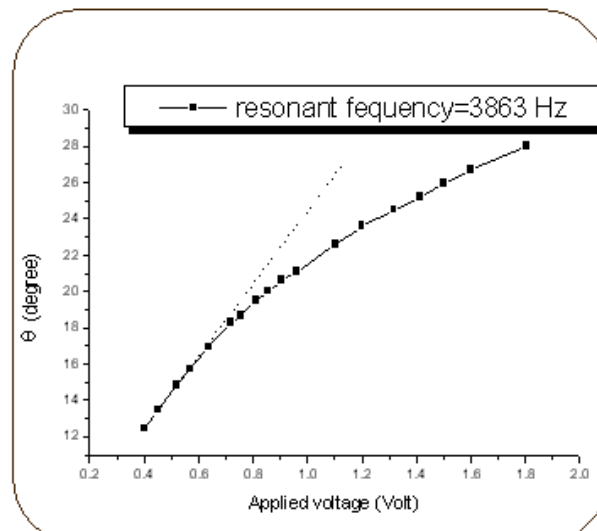
圖三：元件製作成品照片



圖四：元件鏡面、導線以及懸臂樑之特寫。



圖五：元件在弦波電壓峰值 1.44 伏特下偏轉角度與操作頻率之關係圖。



圖六：元件在共振頻率下操作偏轉角度與施加之弦波電壓峰值之關係圖。