

第五章 結論與未來展望

5.1 結論

本研究利用微機電系統製程技術，結合光學原理，達到微光機電整合。微光開關的功能是在光路中切換光的行經方向，即結合光學原理與技術將光的路徑切換至欲到達之另一光路徑，完成切換功能與目的。針對本研究所製作之微光開關，進行重要的結論歸納如下：

1. 本研究建立厚膜光阻之相關參數，如 Su-8、AZ P4620 等厚膜光阻相關參數，成功製作出全為 SU-8 之厚膜製程與 UV-LIGA 製程鍍電鍍結合 SU-8 厚膜製程之微光開關。
2. 電鍍時，將電流密度降低，雖然電鍍時間加長，由於晶粒沉積速率慢，即晶粒獲得足夠的時間沉積，成品之顆粒較小、緻密性佳。反之，電流密度提高，雖可以節省製程時間，成品之顆粒較大、緻密性差。
3. 香菇頭電鍍結構是電鍍時電鍍晶粒滿出模穴，本研究利用香菇頭電鍍結構，增加光阻與其接觸面積，進一步增加光阻之黏著性，實驗結果顯示確實有增加微反射鏡存活率。
4. 微反射鏡式光開關大都以組裝方式，將微反射鏡組立而成，造成累積誤差變大，作動不確實，本研究已成功將微反射鏡一體成型於微結構上，累積誤差少。

5. SU-8 光阻具有無色透明的性質，需進行下一道對準時，不易於本實驗室曝光機之對準顯微鏡下，清楚觀看對準標誌，本研究利用其他具有顏色之光阻，如 AZ P4620、S1813，可以清楚觀看對準標誌。利用挑染對準標誌技術，可避免光阻不必要的浪費。
6. 微反射鏡為 Su-8 材質之側壁結構，其粗糙度約為 Ra 5790 Å，經鍍膜處理後，造成反射率欠佳，原因為粗糙度、側壁沉積效率、側壁鍍膜沉積緻密性欠佳，影響光學評估。
7. 設計光罩使其具有多用途之目的，因可運用光阻特性不同(如正、負型光阻之特性)與製程差異，製作不同材質之微結構。
8. 本研究採用靜電式驅動，建立供電與觀測系統為驅動與影像儲存，而微致動器已成功驅動，證明此系統能提供靜電式驅動時所需電壓，且將影像儲存。

5.2 未來展望

從實驗結果，發現仍有幾點值得繼續改善與進行探討：

1. 本研製之微光開關，其電極板尺寸約佔整個圖形佈置之 80%，造成微光開關圖形佈置太過於龐大，浪費許多空間，生產數量減少，若將其縮小，再配合材料科學，搭配 IC 製程之打線(wire bonding)技術，可大大增加生產數量，且進行封裝。
2. SU-8 光阻經旋佈、軟烤、曝光、曝後烤、顯影等製程後，側壁垂直度於底部可以達到 90 度，而於側壁最上層因泡漲現象，造成變形，垂直度欠佳，提高側壁垂直度極佳區域與控制其面積、側壁表面粗糙度，亦是另一重要探討主題。
3. SU-8 光阻側壁垂直度極佳區域，能在經鍍金屬膜後，控制側壁沉積效率、側壁鍍膜沉積緻密性、光學反射率品質的研究，是重要課題之一。
4. 本研製微光開關之致動器為電極板與旋臂樑組合而成，旋臂樑在數次反覆作動後，材料會因此而產生彈性疲勞，疲勞試驗更顯得重要，以利於提高可靠度。
5. SU-8 光阻具有優良的機械性質與材料性質，於厚膜光阻中大受歡迎。然而，在製程中無論是軟烤、曝後烤、…等步驟，皆為耗時費工，使得製作的數量或生產的產量有限，能針對此一缺點，對

於材料進行研究探討，減少製程的時間浪費，期能達到低成本的要求。

6. 精確的控制微反射鏡定位、方向，將入射光訊號切換至正確的光路，除微機構設計改善外，就需能精密控制的電控系統，方使得通訊埠數量大為提昇。
7. 微光開關與光纖耦合而成光路，快速定位與整合一起，為重要的課題。
8. 將微光開關結構，經由電鑄製作成模具，達到批次量生產、降低製造成本、提高可靠度之目的。