

## 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，將指叉狀電極製作在石英基板上，以 SU-8 和 AZ 6112 作為波導層所製作出新型拉福波元件，製程上簡單方便、省時，而且兩者皆為低成本及低密度的高分子材料。在製作完成拉福波元件後，將其應用於生物感測，達到生物微機電的應用目的。根據實驗結果，將本研究重要結論歸納如下：

1. 舉離法製作指叉狀電極適用於任何可沉積的金屬薄膜，而溼蝕刻法取決於指叉狀電極金屬與光阻蝕刻選擇比，兩種方法本研究皆曾試過，各有其優缺點，以蝕刻法製作指叉狀電極，不但製作快速、簡單，而且可提高指叉狀電極的製作良率，減少舉離法良率不佳的情形。
2. 本研究採最高點作為中心頻率偏移的參考點，其該點的相位若落在相位響應圖的正值與負值的交界處，其相位會由正值變負值，導致其相位偏移大，若能避開此區域，改採其他線性區域來進行相位偏移，可增加量測的準確性。
3. 指叉狀電極與感測區上必須有波導層的存在，若拉福波元件的感測區上無波導層的存在，會造成拉福波的峰值消失。
4. 本研究以 AZ 6112 與 SU-8 作為波導層，已成功地應用於水與生物感測。AZ 6112(厚度 2.130  $\mu\text{m}$ )作為波導層，其頻率和相位的偏移量皆比 SU-8(厚度 1.775  $\mu\text{m}$ )大，所以 AZ 6112 作為波導層比 SU-8 更適合應用於感測領域。
5. 本研究已成功應用拉福波元件得出不同的老鼠細胞(3T3)濃度與頻率偏移之相對關係圖，隨著老鼠細胞(3T3)濃度增加，其頻率偏移量愈大，

當滴下相同體積(5  $\mu\text{l}$ )且濃度為 6000 個數/ $\mu\text{l}$  的老鼠細胞(3T3)時, 以 SU-8 作為波導層, 其頻率偏移量為 18.16 kHz, 而 AZ 6112 作為波導層, 其頻率偏移量 237.523 kHz, 後者的頻率偏移量為前者的 13 倍之多。

## 5.2 未來展望

本論文之表面聲波元件仍有一些值得研究與發展的方向, 如下所述:

1. 不同的材料, 則最佳的波導層厚度不盡相同, 所以必須探討頻率偏移量和波導層厚度的關係圖, 即  $f$  與  $h/\lambda$  的關係圖。
2. 尋找比文獻中更佳的材料(低聲波吸收、低密度及低剪向速度)作為波導層, 可使拉福波元件的頻率或相位偏移量更大。
3. 將拉福元件應用於各式各樣的感測器之研製, 如氣體、黏度 等生化應用, 除此之外, 亦可作為拉福波濾波器, 應用於訊號處理領域。
4. 目前尚有很多種類的表面聲波感測元件, 如聲波平板式、表面橫向波及拉福波感測元件等, 大多以壓電塊材製作為主, 少有結合壓電薄膜和積體電路, 將其積體化(integration)整合在單一晶片上, 使其降低表面聲波感測元件的製造成本及減少訊號干擾, 並達到最佳的相容性, 所以若能在壓電薄膜上尋找是否具有其傳遞波的形式存在, 相信對於將聲波平板式、表面橫向波及拉福波元件整合在單一晶片上, 將不再是夢想。
5. 除了在表面飛掠塊體波元件上覆蓋波導層之外, 亦可在易漏表面聲波元件上覆蓋波導層, 文獻中有學者探討過  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  與  $\text{SiO}_2$ , 未來可以不同的材料作為波導層, 並且將元件應用於訊號處理或生化感測領域。