

圖 目 錄

圖 1.1	靜電力驅動微開關結構示意圖	1
圖 1.2	電熱驅動射頻微開關結構示意圖	2
圖 1.3	氮化矽薄膜楊氏係數受成膜溫度影響	2
圖 1.4	平均電流密度為 2 mA/cm ² (左圖)及 15 mA/cm ² (右圖)的掃描式電子顯微鏡(SEM)剖面影像(厚度同為 140 μm)	2
圖 1.5	電流密度對硬度產生影響。右表為試片電鍍條件，d 為鍍層厚度，j 為平均電流	3
圖 1.6	試片 E、F 的“應力-應變圖”，右表為機械特性測試資料	3
圖 1.7	Petersen 與 Guarnieri 楊氏係數量測機制示意圖	5
圖 1.8	Zhang 以單晶矽為材料所製成的微共振器(微橋式樑)	5
圖 1.9	雷射光源為驅動力，光學系統量測微共振器的共振頻率	5
圖 1.10	不同的驅動方式：(a).熱(雷射光)、(b).音波(揚聲器)及(c).機械(壓電材料)	6
圖 1.11	以光學系統量測出微懸臂樑共振頻率	6
圖 1.12	對氮化矽薄膜鼓膜加壓後產生凸起變形	7
圖 1.13	測試設備示意圖，雷射干涉儀量測鼓膜凸起變形量	7
圖 1.14	在微橋式樑中間部份設置電容，供突衝壓電法測試使用	8
圖 1.15	突衝壓電法測試的“電壓-電容圖”	8
圖 1.16	微拉伸試驗機示意圖	9
圖 1.17	雷射干涉儀量測試片上黃金線距離的變化來求出應變	9
圖 1.18	微拉伸實驗試片上黃金線的位置	9
圖 1.19	左圖為微拉伸實驗試片掃描式電子顯微鏡(SEM)影像圖，右圖為試片尺寸圖	10
圖 1.20	多晶矽試片經微拉伸實驗得到的“應力-應變圖”	10
圖 1.21	單晶矽試片基座製作流程	11
圖 1.22	試片基座完成後，將欲量測楊氏係數的薄膜材料鍍上	11
圖 1.23	濺鍍鎢薄膜原子力顯微鏡(AFM)影像，顯示出晶粒間的孔隙，左圖為厚度 0.3 μm，右圖為厚度 0.6 μm	11
圖 1.24	利用掃描式電子顯微鏡(SEM)設備加裝探針，將探針當成微拉伸器的抓取端進行微拉伸實驗	12
圖 1.25	對探針和微懸臂樑施加電壓產生靜電力，使探針對懸臂樑自由端產生靜電吸著力，之後探針再對微懸臂樑施加拉伸應力，進行微拉伸實驗	12
圖 1.26	微壓痕器示意圖(UMIS 型)	13
圖 1.27	微壓痕測試的“負荷-壓痕深度圖”	13

圖 1.28	微懸臂樑熱膨脹係數的有限元素分析圖(a).為升溫前(b).為升溫後， θ 為轉動角	15
圖 1.29	微懸臂樑在不同溫度環境下的撓曲變形圖	15
圖 1.30	薄膜材料熱膨脹係數和微懸臂樑轉動角大小的關係圖	16
圖 1.31	光學干涉儀示意圖	16
圖 1.32	利用光學干涉儀來量測微懸臂樑撓曲變形量	16
圖 1.33	光學影像量測平臺量示意圖	17
圖 2.1	電鍍系統示意圖	18
圖 2.2	製作微懸臂樑結構供測試時使用	21
圖 2.3	使用表面微輪廓儀量測電鍍層階段差	22
圖 2.4	奈米壓痕量測系統	23
圖 2.5	負荷-壓痕深度圖	23
圖 2.6	使用微壓痕器量測電鍍層硬度和楊氏係數	23
圖 2.7	奈米壓痕量測系統所使用的 Berkovich 微壓痕頭	24
圖 2.8	熱膨脹係數量量測示意圖	24
圖 2.9	熱膨脹係數量測平臺示意圖	24
圖 3.1	實驗採用的電鍍系統	27
圖 3.2	電鍍系統的電源供應器	27
圖 3.3	鎳電鍍系統	28
圖 4.1	電流密度固定，鍍層厚度變化時，楊氏係數的變化	32
圖 4.2	鍍層厚度固定、電流密度變化時，楊氏係數的變化	32
圖 4.3	電流密度固定，鍍層厚度變化時，硬度的變化	34
圖 4.4	鍍層厚度固定，電流密度變化時，硬度的變化	34
圖 4.5	電流密度固定，鍍層厚度變化時，熱膨脹係數(0~250°C 平均值)的變化	36
圖 4.6	鍍層厚度固定，電流密度變化時，熱膨脹係數(0~250°C 平均值)的變化	36
圖 5.1	試片表面組織 AFM 影像	40