第五章、結論與未來方向

本論文的研究過程，從一開始電鍍轉印微影機制的構想、實驗機制與流程的設計、模仁與轉印基板的製程設計與製造、到後來針對微米與奈米等級的電鍍實驗結果作一系列的分析與討論。發現在奈米等級方面，模仁先後遭遇到氧化銅產生問題與電子束蝕刻條件掌握不易導致奈米線寬有所缺陷等問題，都一一的克服。但由於電鍍設備為一般直流電源供應器，非精密的電化學分析儀器，使得在奈米電鍍轉印條件上無法精確掌握，也由文獻[25]得知在有精密的電化學分析儀器下，可以精密的將電鍍銅的厚度條件控制在 150 奈米等級。

而由樣品 B 的結果可以發現在沒有將銅沉積超過奈米光阻層結構時，可以預測在線寬 380 nm 以上不會有脫模的問題。因此我們可以推論在有精密的電化學分析儀器後，只要精確的掌握住電鍍的厚度條件，應該是有機會在奈米等級方面能夠轉印成功。而目前本論文能驗證的是在電鍍儀器為一般的直流電源供應器時，能成功電鍍轉印出 3 微米以上的線寬。

而奈米電鍍轉印技術，在初期研發過程中，在模仁的製作方面花費了不少時間。因為曝光儀器與模仁製程相關因素的條件上，電子束微影蝕刻的結果，在光阻厚度為 300 奈米時，約只能曝到 300~400 奈

米的線寬。而由第四章的實驗結果可以發現，在奈米等級電鍍轉印方面，電鍍條件的掌握變得很重要，因此如果能製造深寬比高的奈米結構，在奈米電鍍轉印方面，比較容易抓到電鍍的條件，因此未來也朝向製造更小尺寸深寬比高的模仁。

對於加壓平台方面也須改善至一定的穩定度，以確保製程的穩定度；對於電鍍方面，一方面除了繼續研究電鍍轉印銅的品質與厚度條件掌握，也能研究除了銅之外還能電鍍轉印哪些金屬，且這些金屬對於半導體製程中相關材料的蝕刻選擇比，或是說抗酸抗腐蝕（譬如電鍍鎳）等。

搭配其他的製程技術[15]，可以將電鍍轉印之後的基板，銅作遮罩利用濕式或乾式蝕刻把電極層金蝕刻掉，之後將銅利用濕式蝕刻清洗到，及剩下金的奈米線，再利用聚二甲基矽氧烷(Polydimethylsiloxane， PDMS)的高分子聚合物製作平板，塗佈上有機高分子硫醇(Thiol)，再將平板以為微小力量壓印於處理過後的轉印基板，因而硫醇只會與基板上的奈米金線反應，而長成薄膜做為遮罩，或許這樣的方式可以減少軟性奈米轉印微影技術中，轉印後線寬會擴的問題。

對於電鍍轉印之後的模仁，重複使用性的實驗方面，可以考慮在轉印之後，由於光阻層依然存在，可以利用電鍍的方式再將銅補充回

去線寬內，也可以利用電鍍轉印的方式，將模仁接上負極，正極接上鍍銅基板，將銅補充回去模仁內。

最後，本實驗的最終目的，希望能透過電鍍轉印的製程，達到奈米等級線寬的轉印，並往降低製程成本、加快生產速度方面發展，希望能在奈米轉印微影術的應用裡，多一種選擇。