

奈米長城 (二) – Soft Lithography

根據ITRS(International Technology Roadmap for Semiconductors)對半導體製程的評估，2002年後半導體製程將進入結構為100nm以下之製程世代。因此長城結構的尺度也將進入100nm以下的奈米世代。對奈米結構之製程條件而言，以往製程設備或花費將無法繼續提供建構奈米尺度所需之條件，若將傳統微影製程做大幅度修正改良，以配合奈米結構建造，則解決問題之答案需建立在更龐大之儀器設備等成本上；因此針對傳統製程製作奈米結構尺度之光學極限與成本效益等不同層面問題，科學家們進一步研究有別於傳統微影製程之奈米製程，主要方向除朝向建構高穩定度、高解析度之奈米結構發展外，並考量降低製程設備成本、縮短製程時間等經濟問題。研究至今，已有幾種針對奈米結構製程之研究方法問世，且因其製程過程中已不需要微影製程，因此統稱為軟式微影製程(Soft Lithography)。

新微影技術—壓印微影(Nanoimprint Lithography; NIL)

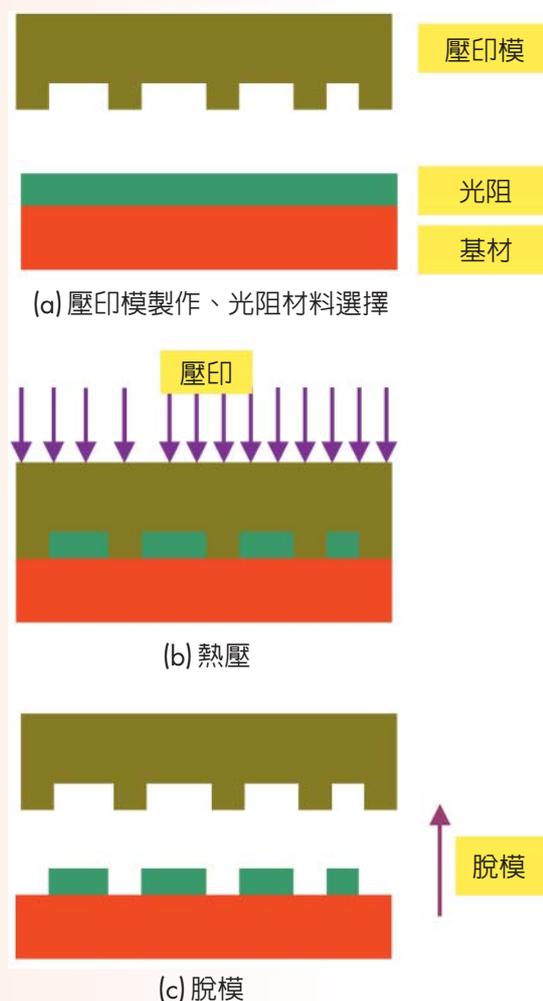
壓印微影技術為軟式微影製程中的一種，主要由Chou等人於1995年所提出之非傳統微影技術。對研究領域而言，目前壓印微影技術之研究成果，已達到10nm以下之特徵尺寸，且垂直與側邊幾乎達90°，並已在量子點、電晶體，甚至高密度CD片等取得豐碩成果。對經濟效益而言，壓印技術並不需在無塵室內操作，且速度極快，具有高產能、低成本等優良特色。

不同於其他微影製程方式，壓印微影技術基本原理較接近物理特性而非化學反應，其方式乃將具奈米圖騰之壓模壓印於含光阻之矽基後，移除壓模，便可在基材上形成奈米圖騰。

壓印技術基本製程如圖一所示，其步驟如下：(1)製作出高解析度之壓印模(Mold)；此步驟為最重要的步驟，因為壓印模材質的硬度將決定可壓印的次數與壓印後解析度之好壞；壓印模之尺度則直接決定所得到之奈米結構尺度；壓印模的表面粗糙度、表面能亦將決定壓印後脫模之難易與奈米結構側邊之解析度，因此壓印模的製造實為壓印技術成功與

否之關鍵。壓印技術之模製方式，因為需具奈米尺度之圖案，因此先經由電子束定義奈米尺度圖形後，再經電鑄方式或蝕刻方式產生壓印模。(2)壓印；壓印模製作完成後，便可直接壓印於光阻上。此步驟最主要將決定壓印成品之品質，而在此考慮條件為壓印之壓力大小與光阻特性。壓力將決定壓印之均勻度與深度，亦即是壓印品之解析度。光阻的種類眾多，本文初步介紹其中一種光阻－PMMA（聚甲基丙烯酸甲酯，一般稱為壓克力）。PMMA成型時必須經過熱處理，因此PMMA的熱膨脹係數（約 5×10^{-5} per $^{\circ}\text{C}$ ）、壓縮係數(3.8×10^{-7} per psi)將對壓印解析度與成品產生影響，而選擇不同光阻材料亦將決定不同壓力需求與產品解析度。(3)脫模；脫模為最後步驟，但製作過程中，光阻所受之熱處理、壓力等因素，及壓印模與光阻之間的黏著度，都將對脫模過程造成困難，因此先期之製作過程與材料選擇中，便應事先考慮脫模難易度，才能減少脫模過程所遇到困難與產生之損耗。經過壓印模製作、壓印、脫模等過程，便可得到複製後之奈米結構。

壓印微影技術為新微影技術的一種，主要為物理方式，且可製造出10nm以下之奈米結構物，因此對IC產業、微機電產業、生醫檢測以及基本科學研究等都將產生極大之影響；製作過程中亦可減少許多環保問題，並具有低成本與高產能等眾多經濟效益，因此發展壓印技術將對未來奈米科技產品有極大之貢獻與潛力。



圖一 壓印技術之基本步驟