

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 奈米壓印系統設備開發及製程研究－ 子計畫二：奈米壓印用母模研製與元件製作量測

計畫類別： 整合型計畫

計畫編號： NSC 93-2218-E-002-018

執行期間： 93年 08月 01日至 94年 07月 31日

執行單位： 國立臺灣大學光電工程研究所

計畫主持人： 王倫

計畫參與人員：王倫

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫為提昇產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中華民國 95年 1月 21日

## 一、前言

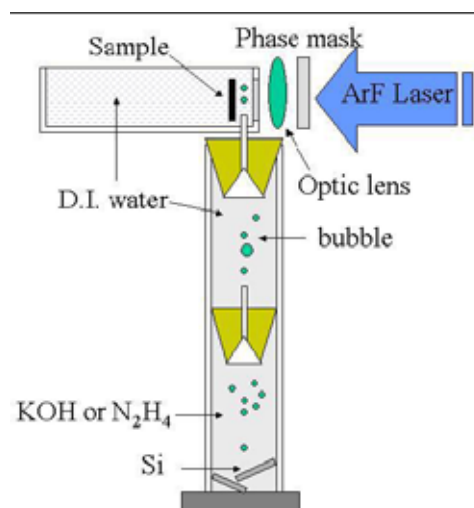
在現今半導體產業的要求下，超細微結構的製作是必然的趨勢，然而目前的光學微影技術漸漸面臨物理上的極限，在下一代微影的可能方案中奈米壓印技術可進行大面積超細微結構的壓印，因此是近年來研發的焦點之一。當結構已然確定，需將結構製做成精良的母模，再利用奈米壓印的技術將結構直接複印產生可收迅速之效。模具的製作是一大重點，我們利用雙光束干涉微影來製作等週期的光柵微結構，使用這種方法可以簡單而且迅速的產生規則的超細微光柵結構，而此光柵微結構將可充作壓印用模仁，以進行翻印子模，再以子模進行壓印的動作，最後對製作出來的成品進行各項光學性質量測分析，檢驗由奈米壓印所獲得的成品是否符合要求，以改進奈米壓印技術。

## 二、研究目的

為了製做尺寸小於目前 65 奈米世代的母模，我們利用光學干涉的方式產生週期性結構光柵；然而受限於雷射光波長與入射夾角的限制，我們改以浸溼式干涉微影術來進行製做。在獲得具有週期性結構的圖案後，接著利用 PDMS 為母模材料來複製所得的光柵圖案，再藉壓印方式在阻劑上產生相同光柵圖案，其中會利用不同的成型法與不同的阻劑進行實驗，藉以比較互相之間的差異性，尋求較佳的製作方法。最後對成品進行各項性質的量測，檢驗與分析。

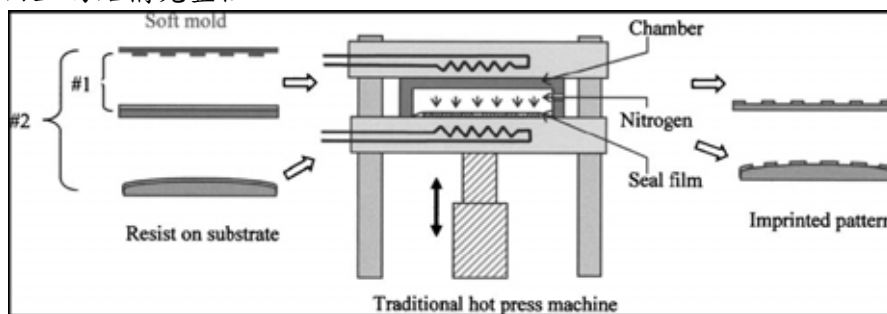
## 三、研究方法

1. 由於存在液體中肉眼不可見的氣泡會對干涉條紋造成缺陷，因此針對氣泡的大小、數量以及該氣泡與光阻之間的距離等因素進行研究分析。模擬與實驗同時進行。所使用的是 ArF 的準分子雷射波長(193nm)，並利用去離子水為浸濕式微影的液體，改變原有的雙光束干涉微影系統的架設(圖一)，以利產生氣泡與同時進行干涉曝光；另外利用 FDTD 演算法進行模擬，分析氣泡存在時因繞射對干涉成像的影響。



圖一：浸濕式干涉微影系統中氣泡的產生方式

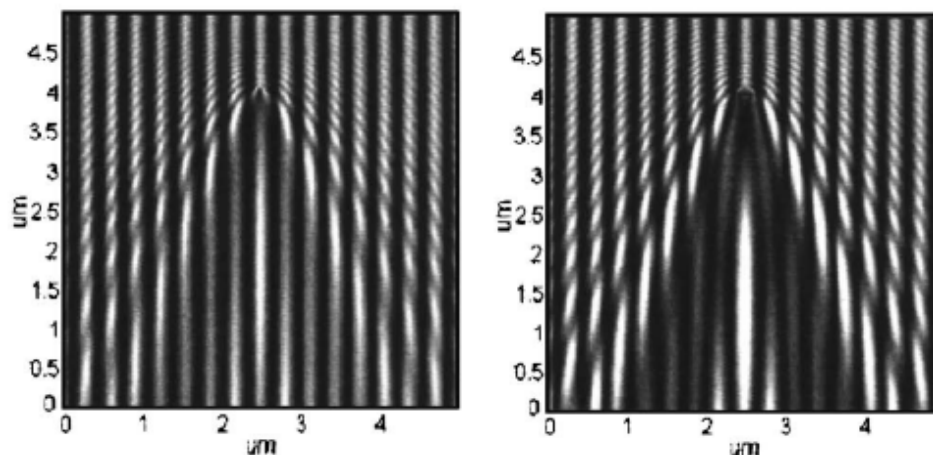
- 改良已有的熱壓印機台，製作一塊可透 UV 光的視窗，以使原始的機台同時兼具熱壓印與 UV 光固化式兩種壓印功能，可對於不同的阻劑進行壓印選擇。
- 將 PDMS 傾倒於已有的模仁上，待其固化後將 PDMS 與模仁分離開，接著在基板均勻塗佈上阻劑並且讓翻印後的 PDMS 子模具結構性的面覆蓋於阻劑上，將基板、阻劑和 PDMS 子模結合在一起後，在其上方再覆蓋一層氣密膜一同放入壓印的機台內。以熱壓印為例，讓上下載台夾合，接著充入氮氣讓腔體內的壓力上升進行施壓同時亦加熱升溫，直到阻劑固化後再降溫洩壓，等到回覆常態後再將子模與基板分離，此時即可於基板上所塗覆的阻劑獲得與模仁相同結構的複印成品。另外若是為 UV 光固化式，其過程中是使用 UV 光透過 UV 光視窗照射阻劑並固化成型。除了平坦的基板外，亦進行曲面(凸面與凹面)的壓印，並且分析在曲面上的結構完整性。



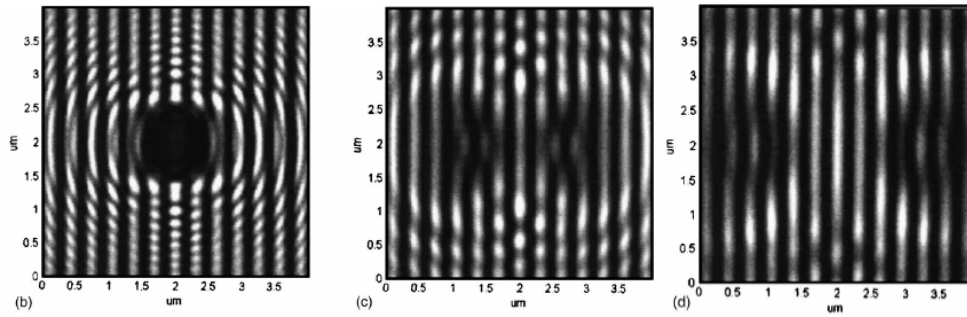
圖二：曲面熱壓印示意圖

#### 四、研究結果

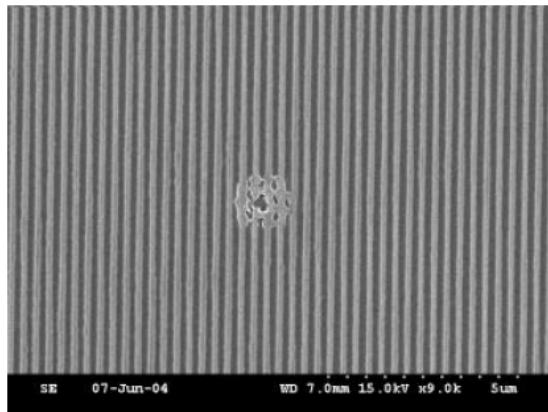
此研究中，浸濕式干涉微影的液體中若含有氣泡，將會對干涉條紋成像造成缺陷，因此針對氣泡大小與和光阻的距離做了一系列的實驗與模擬分析。由 FDTD 的數值模擬[3]可明顯看出氣泡的確會對干涉條紋產生明顯的影響，而且與氣泡大小(圖三)和氣泡距離遠近(圖四)有顯著的關係。實驗上，也可以發現確實氣泡會造成干涉微影的缺陷(圖五) [1]。



圖三：FDTD 模擬雙光束干涉當有氣泡存在時的影響，左圖氣泡為 90nm，右圖氣泡為 200nm

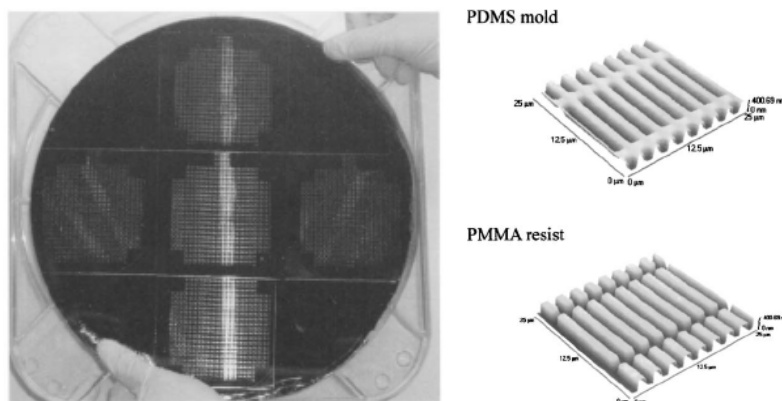


圖四：FDTD 模擬雙光束干涉當有氣泡存在時，在距離光阻面分別為(b)0 $\mu\text{m}$ 、(c)2.4 $\mu\text{m}$ 、(d)4.8 $\mu\text{m}$ 的投影剖視圖

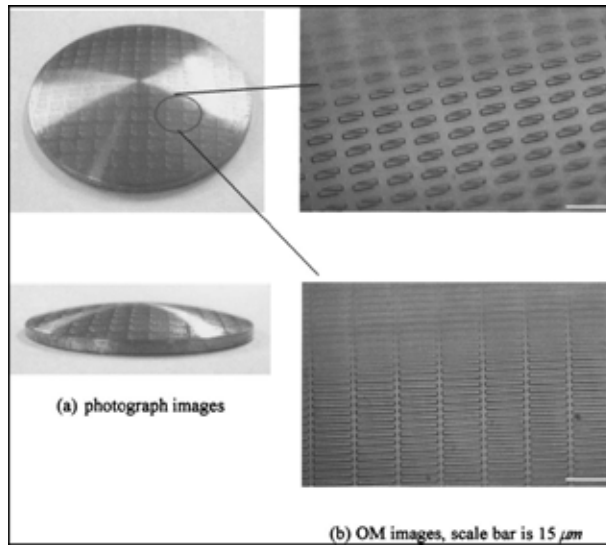


圖五：一顆直徑為 1 $\mu\text{m}$  氣泡所造成干涉條紋的缺陷

此外利用奈米壓印出模仁上的結構後，除了可在平面上分別進行熱固化式與 UV 光固化式壓印外，也針對曲面進行壓印。由圖六與圖七的實驗結果，證實可將模仁上的結構圖案翻印至塗覆阻劑的基板上，並且可以順利壓印成大面積 [2]。



圖六：壓印於 12 吋晶圓上，右圖為 AFM 影像，結構尺寸為 1.6 $\mu\text{m}$  線寬、350nm 深



圖七：壓印於曲面上，結構尺寸為  $1.6\mu\text{m}$  線寬

#### 五、計畫結果自評

利用簡易式的架設進行浸濕式雙光束干涉微影研究，成功捕捉住細微的氣泡(直徑為  $1\mu\text{m}$ )來研究干涉曝光時缺陷所造成的影響，並且利用 FDTD 理論數值模擬進行氣泡的各種參數於干涉曝光時會造成的效應。

以氣壓的方式成功壓印出大面積的微結構，並且利用 PDMS 軟模的特點進行曲面的壓印，如此可有更多的應用；另外增加 UV 光固化方式以提供更多的材料選擇。

#### 六、參考文獻

- [1] L.A. Wang, W.C. Chang, K.Y. Chi, S.K. Liu and C.D. Lee, "Study on 193nm immersion interference lithography," *Micromachining Technology for Micro-Optics and Nano-Optics III*, Proceedings of SPIE Vol. 5720, pp. 94–108, 2005.
- [2] Jer-Haur Chang, Fang-Sung Cheng, Chi-Chung Chao, Yung-Chun Weng, Sen-Yeu Yanga and Lon A. Wang, "Direct imprinting using soft mold and gas pressure for large area and curved surfaces," *J. Vac. Sci. Technol. A*, Vol.23, no.6, pp.1687-1690, 2005.
- [3] C. H. Lin and L. A. Wang, "Simulation of air bubble scattering effects in 193 nm immersion interferometric lithography," *J. Vac. Sci. Technol. B*, Vol.23, no.6, pp.2684-2693, 2005.