小奈米大高樓 – 傳統製程篇

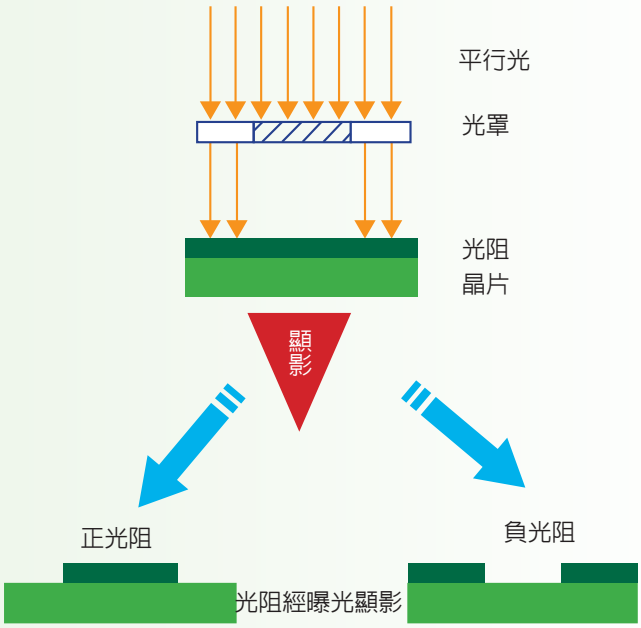
近來，奈米產業跟下一波主要之明星產業，無論是光電、生醫、微機電、材料等各方面，均與奈米製程有關聯。其實不論半導體製程或是奈米製程，均面臨微結構量化量測及製造極限之挑戰。其中光微影(Photolithography)製程，亦簡稱微影技術，可說是整個奈米半導體製程中，最舉足輕重的製程。

近來有關微影技術對突破微小建構極限之話題，大都圍繞於曝光源波長之建構，如G-line(436nm)、I-line(365nm)，到現在的深紫外光(248nm)等現今使用之光源，以及眞空紫外光(157nm)、極紫外光(EULV, 13nm)等未來主流光源。越來越多花費於製造出更小波長光源，均是爲了製造出小於90nm以下之製程所做之研發。了解曝光光源與基本微影製程間之關係，及製程之基本技術建構改良研發，將是主導其奈米結構建立最主要之因素。

微影製程–如何建構奈米高樓圖騰

所謂微影，即爲將光罩(Photo Mark)上之圖騰(Pattem）轉移至光阻(Photoresist)上面之過程。因光阻材料之正負性質不同，經顯影(Develop)後，光阻上之圖騰將和光罩圖騰呈現完全相同或呈互補等不同圖騰，因此圖騰(Pattern)及雜質(Dopants)的區域，都是由微影這個步驟來決定的。所以微影製程能力(指所能處理的最小線寬)，將是影響高樓建構尺度之最大因素。

雖然微影製程技術相當複雜，但基本步驟還是簡單，如圖一所示。首先是在晶片的表面上覆上一層感光材(Photo- Sensitive Material)。來自光源(Light Source)的平行光，經過以玻璃爲主體的光罩後，投射入感光材料上。因光罩上面有圖騰，這些圖騰將使入射光反射，使透過光罩的光束也具備與光罩相同的圖形，並進一步使得晶片表面的感光材料得以選擇性的(Selective)感光。如此，光罩上圖騰便完整的轉印(Transfer)到晶片表面的感光材料上了，此步驟稱爲曝光(Exposure)。進行曝光的感光材料主要有兩種：一種稱爲正光阻(Positive Resist)；一種稱爲負光阻(Negative Resist)。假如曝光之後，經過顯影(Development)(宛如洗相片一般)，感光材料所獲得的圖騰與光罩上的相同，這種圖騰轉移(Pattern Transfer)的方式便稱爲正光阻；反之，如果彼此剛好呈互補(Complementary)，如同照相的相片與底片的關係時，則稱爲負光阻。因此覆蓋在晶片表面上的感光材料則統稱



圖一　正光阻與負光阻經曝光顯影後之圖騰

光阻(Photoresist)。換句話說，微影製程所需具備的器材除了有光源、光罩及光阻之外，還需要有用來顯影的顯影液(Developer)。爲加強圖騰傳遞的精確性與可靠性（即是所謂解析度），整個微影製程還包括去水烘烤(Dehydration Bake)、塗底(Priming)、軟烤(Soft Bake)，和硬烤(Hard Bake)等步驟，使整個製程的複雜性跟著增加。

光學微影製程中最主要兩個關係式爲：

$$\text{RES（解析度）} = \frac{k_1 \lambda}{NA} \qquad (1)$$

$$\text{DOF（聚焦深度）} = \frac{k_2 \lambda}{(NA)^2} \qquad (2)$$

其中λ爲曝光光長，NA爲曝光系統之數值孔徑，λ越短NA越大，可製造出越高解析度，但相對而言，DOF亦變小，因此在兩者之間找到最佳解才能製造出高寬深比之微結構。

由上述可知，影響微影奈米技術建構最大的問題在於如何建立RES與DOF之最佳解。因此，尋求更小波長之光源及相對應可曝光解析之光阻材料，將是奈米結構由90nm發展至50nm以下世代之主要因素。

（工研院材料所研究員　鄭岳世）