

第一章 緒論

1.1 微機電系統與微夾持器

隨著電子電路不斷的微小化，各類的電子化商品也逐漸趨向輕薄短小且多功能化，其概念亦影響機械元件的設計與製造，因而衍生出符合現代產業需求之「微機電系統技術(micro-electro-mechanical system, MEMS)」，此技術是整合光、機、電、材料、控制、化學等多重科技，將微感測器(μ -sensor)、微致動器(μ -actuator)、微處理器(μ -processor)等元件模組化於單一晶片(chip)上，提高了微機電系統的應用性與附加價值，其應用領域涵蓋電子、資訊、材料、醫學、生化、通訊、航太等方面。可以預期的是以微機電製程所製作的微系統，在未來將會成為人類生活中不可或缺的產品，因此微機電系統技術已被視為重要的核心製造技術。

微機電製程技術包括矽基微細加工(silicon based micromachining)、非矽基微細加工(non-silicon based micromachining)等二大類技術，如表 1-1 所示【1】。矽基微細加工可分為兩類：(1)面型微細加工(surface micromachining)是以矽晶圓為基材，在表面進行薄膜沉積、微影、蝕刻等積體電路製程技術，配合犧牲層(sacrificial layer)蝕刻技術，可在矽基材表面製作出微懸浮結構；(2)體型微細加工(bulk micromachining)是以矽晶圓為塊材，將矽晶圓做為加工材料，進行單晶矽等向性蝕刻、非等向性蝕刻、雙面對準、蝕刻終止與蝕刻幕罩保護等製程技術。在非矽基微細加工技術之中，由於深光刻電鑄模造(LIGA)(in German: lithographie, galvanoformung, abformun; in English: lithography, electroforming, molding)相較於非矽基微細加工中其它的微加工術，其與積體電路製程技術的相容性佳，且適用於製作高深寬比(aspect ratio)的微結構，可增加結構強度及微元件的電、磁致動特性，因此特別受到重視。

隨著微機電系統的發展，微夾持器扮演不可或缺的角色，影響著資訊工業、生物醫學、航太科技及國防科技等。對於微夾持器的相關產品，也逐漸量產並應用於微奈米級組裝、醫學的顯微手術及生醫檢測的細胞操控；其相關企業有 Klocke Nanotechnik、MEMS Precision Instrument 與 Leica【2】等，皆是對於微米操控技術有所重視。為了對微夾持器能有更深入的認識與瞭解，本研究將在下章節對於微夾持器相關文獻進行探討與分析，進一步提出可應用於工業、醫學、生醫或航太科技之新型的靜電式微夾持器

表 1-1. MEMS 領域中微製造技術分類表【1】

| | | | | | | |
|---------------------|--------------|--|---|--|----------------------------------|--|
| 矽基 微細 加工 | 體型微加工 技術 | 蝕刻技術 ● 等向性蝕刻 ● 非等向性蝕刻 ● 蝕刻終止技術 | 化學蝕刻 技術 | 溼式 | 浸漬式 漬著式 | |
| | 面型微加工 技術 | 薄膜技術 | 光蝕刻技術 | 乾式 | 電漿蝕刻 反應性離子蝕刻 濺散蝕刻 離子束蝕刻 | |
| 非矽 基 微細 加工 | LIGA 技術 | X-ray 深光刻術 | 精密電鑄技術 | 微成形技術 | | |
| | LIGA-like 技術 | 紫外光厚膜光阻微影 準分子雷射微加工 感應耦合電漿離子蝕刻* 電子束光刻術 | ● 純金屬電鑄 ● 合金電鑄 ● 複合電鑄 | ● 塑膠微結構成形 熱壓成形 射出成形 輪壓成形 紫外線硬化法 ● 陶瓷微結構成形 粉末射出成形 帶板鑄造 | | |
| | 微機械加工 | 切削加工 | 微切削加工 微鑽孔加工 微銑削加工 微輪磨加工 | 微電鍍成形 微壓模成形 微射出成形 微沖壓成形 | | |
| | | 非切削加工 | 微放電加工 雷射、離子束及電子束微加工 超音波微加工 原子力顯微加工術 | | | |
| | | 特殊加工 | 微雷射光合高分子成形(Microstereolithography, μ -SL) 軟式微影技術(Soft Lithography) 微接觸印刷術(Microcontact Printing, μ -CP) Micromolding in Capillaries (MIMIC) Microtransfer Molding (μ -TM) Replica Molding (REM) | | | |
| | 高分子微加工技術 | 聚對二甲苯(Parylene) 明膠(Gelatin)蛋白質 鐵氟龍(Teflon) 矽膠(Silicone) | | | | |
| 其他低溫製程技術 與材料 | | | | | | |

* 感應耦合電漿離子蝕刻加工技術：一般應用於矽基體型微加工製程之非等向性、高深寬比蝕刻加工。

1.2 SU-8 厚膜光阻

SU-8 是一種環氧基型(epoxy type)、化學增幅式(chemical amplification)的負型光阻，具有優越的光敏感度，適用於近紫外光波段範圍(350-400 nm)，藉由單一次的旋轉塗佈，即可得到均勻的厚膜光阻層，應用標準的紫外光微影技術，證實可以達到膜厚 2.1 μm 的微結構【3】。SU-8 光阻最初由 IBM 所發展出來，而 MicroChem 公司取得 IBM 的專利授權，推出商品名稱為 NANOTM XP SU-8 的商業化產品，並根據不同的膜厚需求，分別有其相對應的代號(如 SU-8 5、25、50、100 等)，不同代號的光阻有不同的黏度，而其黏度取決於溶劑含量的多寡【4】。SU-8 光阻是由三種主要成份構成：(1)高分子：Biphenol-A novolac epoxy resin；(2)溶劑：GBL (γ -butyrolactone)；(3)感光劑：triaryl sulfonium salt (HSbF_6)。SU-8 光阻有兩個重要的特性，使其適合於厚膜光阻製程之應用。首先，它具有低分子量(分子鏈長度較短)但又可以成膜的能力，分子鏈長度較短的結構具有易被溶劑滲入並加以分解的特性，故 SU-8 高分子可均勻地分散在溶劑中，形成高固含量(濃度)的混合物(72-85 wt%)；其次，在近紫外光光譜中，SU-8 光阻具有低的光吸收性(亦即有高的光穿透性)。圖 1-1 表示不同厚度的 SU-8 光阻對紫外光的吸收光譜，在圖中顯示在波長 365 nm 時，厚度 100 μm 的 SU-8 穿透率為 46 %，這種高的光穿透性，可讓整個厚度的光阻得到均勻之曝光劑量(exposure dose)，這將有助於獲得光阻結構的垂直側壁，且易於精準控制厚度方向的尺寸【5】。

另外，由於 SU-8 光阻屬於化學增幅型光阻，所以比其它厚膜光阻具有更高的解析度及感光度。化學增幅機制【6】是在 1982 年首度被提出，它是一種提高光阻感光度的方式，這種化學反應機制主要是在標準微影製程中，增加了一道曝光後烘烤(post exposure baking)的步驟，能使微量的質子酸產生一連串的化學連鎖反應。圖 1-2 即為 SU-8 光阻的化學反應機構【7】，光阻

經由紫外光照射後，首先感光劑產生光分解反應釋放出質子酸，而 SU-8 樹脂上的環氧基在酸催化下而開環，形成帶有氫氧基的羰根陽離子(carbonium ion)中間體，此中間體會與另一個環氧基反應形成新的鍵結，也就起始了環氧基的交聯反應(crosslinking)；而新形成的羰根離子又會再向下個帶有環氧基的 SU-8 樹脂起交聯反應，如此進行連鎖反應，因此在很短的時間內，原本是小分子的 SU-8 樹脂因為照光及曝後烤的熱擴散作用，成為高度交聯不易溶解的巨大分子結構。

為了加快光阻溶劑的揮發速率，以縮短軟烤時間，在 2001 年，MicroChem 公司提出 2000 系列 SU-8 光阻，它亦是由三種主要成份所組成：(1)高分子：Biphenol-A novolac epoxy resin；(2)溶劑：CP (cyclopentanone)；(3)感光劑：triaryl sulfonium salt (HSbF₆)。2000 系列與傳統型 SU-8 光阻最大不同之處在於改變溶劑的成份，表 1-2 即為兩種溶劑之特性比較【8】。由於傳統型 SU-8 光阻所使用的溶劑 GBL 具有低揮發性，而產生光阻固化時間過長的現象，不利於量產上的應用。由此可知，改用新型溶劑的目的在於提高光阻中溶劑的揮發速率，以縮短光阻的固化時間，圖 1-3 即表示使用兩種不同溶劑的 SU-8 光阻在各種膜厚下的平均固化時間。因為 2000 系列 SU-8 光阻使用新型溶劑，亦連同改善了其它製程上的特性，如改進塗佈特性、加強光阻的附著性及更高的感光性等，圖 1-4 表示光阻於矽晶圓上的附著性【8】。

表 1-2. 兩種 SU-8 溶劑之特性比較【8】

| Solvent | Vapor pressure (mmHg) (Propylene- glycol methyl ether) | Surface tension | Molar volume (cm ³ /mol) | Resist viscosity Canon Fenske @ 25 °C | | Drying time (to constant weight) (Omnimark) | |
|---------|--|--------------------|---|--|-------------|--|--------------|
| | | | | 65 % solids | 70 % solids | min @ 95 °C | min @ 115 °C |
| GBL | 10 | 40.4 | 81 | 3634.8 | 12100 | 38 | 28 |
| CP | 0.3 | 29.5 | 88 | 2004.5 | 7000 | 27 | 13 |

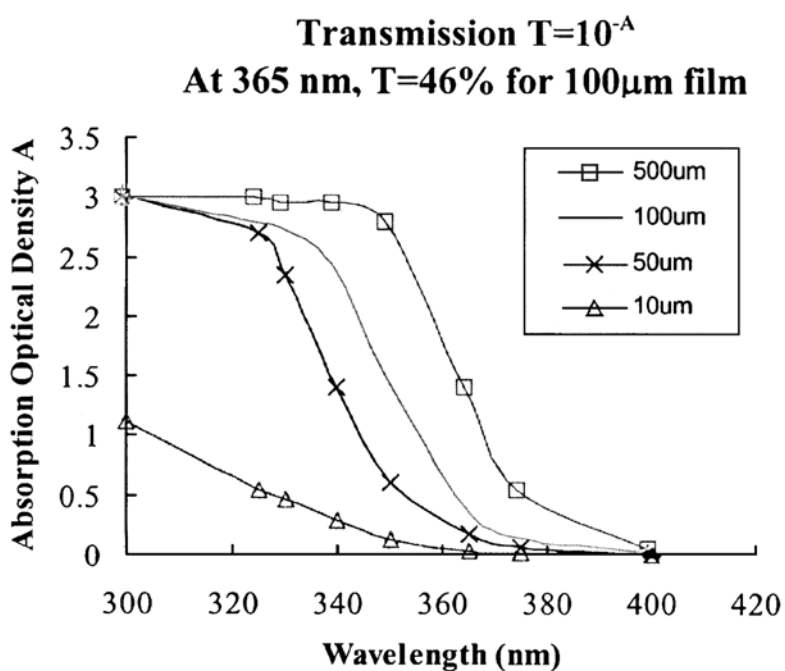


圖 1-1. SU-8 光阻對紫外光的吸收光譜【5】

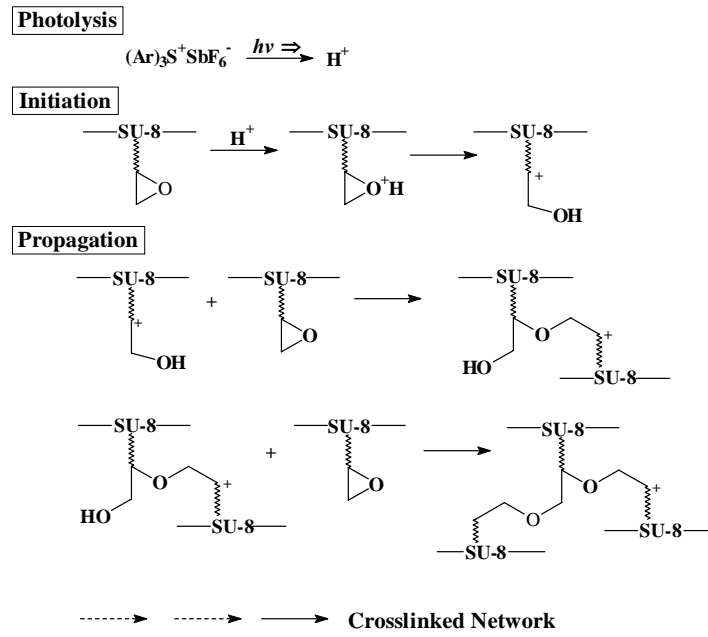


圖 1-2. SU-8 光阻的化學反應機構【7】

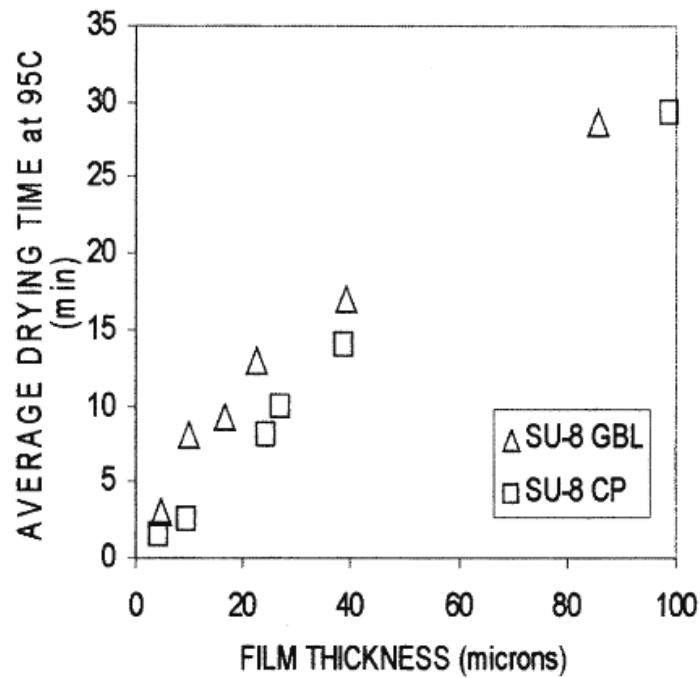
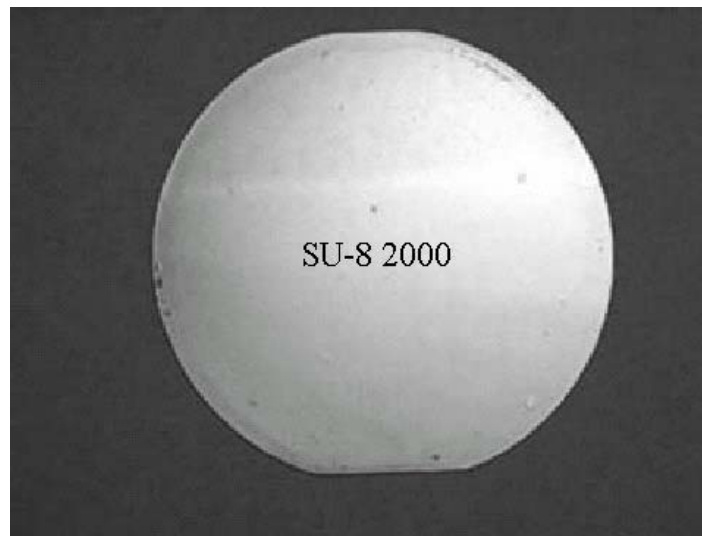


圖 1-3. 兩種 SU-8 溶劑其膜厚與固化時間的關係【8】



(a)



(b)

圖 1-4. (a) SU-8 GBL 旋塗在矽晶圓；(b) SU-8 CP 旋塗在矽晶圓【8】