

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

成果報告 期中進度報告

國家奈米元件實驗室 南區辦公室
支援南部學界微機電系統研發

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 91-2745-E-009-001-

執行期間：91年10月01日至92年03月31日

計畫主持人：施敏 教授

共同主持人：戴寶通 博士 林鴻志 博士

計畫參與人員：丁志華

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學 國家奈米元件實驗室

中 華 民 國 九 十 二 年 三 月 二 十 一 日

摘要

國家奈米元件實驗室於民國 90 年 5 月開始籌畫南區辦公室，在國科會支持下，於 91 年 7 月完成整體的建置，並於 91 年 9 月 19 日舉行開幕典禮，基於微機電系統及先進封裝的發展潛力，射頻微機電、生物微機電、及先進封裝技術將是南區辦公室研發的重點之一，亦為南部多所大學發展的重點，而厚膜光阻微影系統，為上述研發與半導體專業人才之培訓的基礎與關鍵製程設備，且南部學界需求非常殷切，故本實驗室優先規劃建置此系統。厚膜光阻微影系統由德商休斯微技術股份有限公司於 91 年 12 月 6 日得標，已於南區辦公室之潔淨室裝機、驗收完成，並已開放學員之訓練、使用，規劃的厚膜光阻有水溶性的 AZ5214-E (負型)、AZP4620 (正型)，厚度範圍分別為 2-5 μm 、5-10 μm ，及有機溶劑型的負型光阻 SU 8-25、SU 8-50，厚度範圍分別為 10-40 μm 、40-100 μm ；厚膜光阻微影系統包含光罩對準曝光系統與光阻塗佈顯影系統，光罩對準曝光系統負責厚膜光阻的曝光，光阻塗佈顯影系統在沉積、製備光阻，並執行曝光完的後續處理，兩部設備優異性能的結合，充分展現了厚膜光阻圖案定義的正確性 (pattern fidelity)、疊層對準的精確性 (overlay accuracy)、及實驗的再現性 (repeatability)，配合寬廣的光阻厚度範圍 (約 2-100 μm)，必能加速相關人才之培育與關鍵製程技術及產品的研發。

關鍵字：厚膜光阻微影系統，光罩對準曝光系統，光阻塗佈顯影系統。

Abstract

The design of South Region Office (SRO) of National Nano Device Laboratories (NDL) began in May 2001. The whole construction was completed in July of 2002 and the grand opening of South Region Office was held on the nineteenth of last September under the support of National Science Council. Based on the market potential of microelectromechanical systems (MEMS) and packaging, RFMEMS, BioMEMS, and advanced packaging are parts of research efforts of SRO. They are also in the core development of many southern universities. Among the MEMS research and corresponding training of professionals, thick-photosist (PR) lithography system plays a fundamental and indispensable role. Accordingly, NDL planed this system in top priority. Suss MicroTec, Taiwan provided most advanced equipment under the limited budget. The installation and acceptance of the system in the cleanroom of SRO were accomplished. It has been open to public for training and operation. Four types of PRs are adopted: aqueous-based AZ5214-E and AZP4620, solvent-based SU 8-25 and SU 8-50. Their thickness ranges are 2-5 μm , 5-10 μm , 10-40 μm , and 40-100 μm , respectively. AZ5214-E is negative tone and the others are positive tone. Thick-PR lithography system consists of mask aligner and PR coating and developing system (Track). They are in charge of exposure and handling of thick PR, separately. Experimental results demonstrate excellent pattern fidelity, overlay accuracy, and repeatability with combination of the high performance of two tools. Integrating with the wide range of PR thickness (about 2-100 μm), training of professionals and development of new technologies can be accelerated.

Keywords: thick-photosist lithography system, mask aligner, PR coating and developing system

一、前言

高科技產業為台灣的明星產業，政府鑑於新竹科學園區成功的經驗，同時配合國家振興經濟方案，以帶動南部地區高科技產業與均衡區域發展，特選定台南縣新市基地為「台南科學工業園區」。在競爭激烈的半導體產業中，人力資源是非常重要的競爭關鍵，基於未來南部半導體產業大量高級人力的需求，國家奈米元件實驗室於民國90年5月開始籌畫南區辦公室，在國科會支持下，於91年7月完成整體的建置，並已於91年9月19日舉行開幕典禮，規劃有潔淨室120餘坪、廠務區、訓練教室、成果展示區、行政辦公區、合作計劃教授研究室、研討室等，期望以國家奈米元件實驗室培訓人才的成功經驗及具前瞻性基礎研發技術，運用現有的人力及知能，進行半導體專業人才之培訓及相關技術服務工作。更期望與南部學術界相輔相成，共同為南台灣高科技產業的發展而努力。

微機電系統 (microelectromechanical system, MEMS) 是本世紀非常具有潛力的高科技產業之一，應用產品涵蓋廣大的範圍，例如微光機電 (micro-optical electromechanical system, MOEMS)、高頻與積體電路、顯示器、微流體/生物技術、資料儲存、慣性感測器、壓力感測器等，依據半導體雜誌最近的報導，未來三年的平均年複合成長率 (ACGR) 將達25% [1]，而提供一個符合成本的製造技術仍為微機電系統市場的關鍵驅動力，雖然微機電系統與傳統的半導體積體電路製程有相似之處，但仍存在許多差異及實際的不同，尤其是微系統 (microsystems) 中會運動的物件 (moving parts)，因而封裝 (package) 必須提供從這些結構到外界的供給裝置 (feedthrough) [2]，保護但不阻礙元件的運動，封裝也因而佔了微系統技術40%~80%的製造成本，圖一所示為安全氣囊加速度計 (Airbag Accelerometer) 的製造成本分佈 [3]，封裝約佔了50%的總成本，故封裝為微機電系統技術的重大瓶頸之一；因此，射頻微機電、生物微機電、及先進封裝技術將是南區辦公室研發的重點之一，亦為南部多所大學發展的重點，例如成功大學、嘉義大學、雲林科技大學、中山大學、遠東技術學院等，而厚膜光阻微影系統，更是上述研發的基礎與關鍵製程設備，且因南部學界需求非常殷切，遂向國科會申請經費21,000千元，以購置厚膜光阻微影系統。

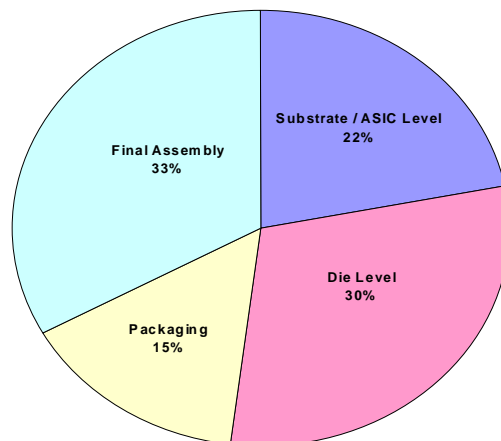


Figure 1 Cost breakdown of airbag accelerometer [3]

二、設備購置與規劃

微機電元件/系統的結構常需要較強的機械強度，尤其是微致動器的致動面（actuating plane）與鉸鍊（hinge），因而需要較厚的薄膜，例如 10 μm 厚度的多晶矽，而生物晶片的應用，微通道（micro channel）的深度需要大於 60 μm ，以便利用溶液傳輸生物分子（如 DNA、蛋白質），這些結構的產生，皆需利用厚膜光阻微影系統將圖案定義於所需厚度的光阻（2~200 μm ）上，直接形成所需的結構（如微通道）或應用蝕刻製程將圖案從厚膜光阻轉移到較厚的基板薄膜；另一方面，小腳距（fine pitch）的先進封裝技術需要製作凸塊圖案（bump patterning）與內連線（interconnect wiring），尤其是在覆晶（flip chip）及晶圓級封裝（wafer-level packaging）技術，厚膜光阻微影也是不可或缺的要素[4]。傳統（前段）晶圓製造與微機電系統、（後段）晶圓封裝之微影主要的區別為使用的光阻，後兩者之關鍵尺寸和高度通常需要在 5~100 μm 的等級，產生的特徵為真正的三維結構，為了產生足夠的高度，例如 80 μm 微通道結構的犧牲層、電鍍 10~100 μm 的高度，光阻的高度必須更大。光阻需有紫外光透明度（UV transparency）使足夠的劑量（dose）到達光阻的最底層，所有傳統的 IC 光阻遭遇此要求時，多少都失效，為了完全打開光阻層的底部，頂層自動地會過度曝光（overexposed），導致不良的側壁品質，所幸兼具高透光性與優良定義能力（high definition capability）的厚膜光阻（thick photoresist）已被發展出來，厚膜光阻因而是基於新微影技術之微系統及封裝技術成功應用的首要因素，本計劃規劃的厚膜光阻有水溶性的 AZ5214-E（負型）、AZP4620（正型），厚度範圍分別為 2~5 μm 、5~10 μm ，及有機溶劑型的負型光阻 SU 8-25、SU 8-50，厚度範圍分別為 10~40 μm 、40~100 μm ，期望以寬廣的光阻厚度範圍（約 2~100 μm ），擴大研發的範疇及技術服務的領域。

厚膜光阻微影系統（thick-photoresist lithography system）包含光罩對準曝光系統（Mask Aligner）與光阻塗佈顯影系統（photoresist coating and developing system, Track），兩部設備優異性能的結合，才能保證厚膜光阻圖案定義的正確性（pattern fidelity）、疊層對準的精確性（overlay accuracy）、及實驗的再現性（repeatability），故需以最有利標、一次招標同時採購（但兩部設備不需要為同一家原廠所製造），經 91 年 12 月 6 日的公開評審，由德商休斯微技術股份有限公司（Suss MicroTec, Taiwan）得標，兩部設備於 92 年 1 月 10 日運抵本實驗室南區辦公室之潔淨室，隨即展開裝機、測試，驗收完成後，已開放學員之訓練及使用。光罩對準曝光系統與光阻塗佈顯影系統分別示於圖二、三，皆為全自動化之設備，即卡匣式（Cassette）基材進出（loading and unloading），適合 4"~6" 晶圓之光阻圖案製作。

光罩對準曝光系統負責厚膜光阻的曝光，包含燈源功率 1000 Watts 之曝光單元[曝光波長：寬頻(broad band, 350-450nm, i.e. g, h, i-line)]、全自動化修正基材對準前位置（Pre-aligned）、手動雙面對準曝光系統與正面（top side）自動對準系統、真空吸盤（chuck）、光罩架、系統軟體等子系統，有四種曝光模式：近接式（Proximity）、軟式接觸（Soft Contact）、硬式接觸（Hard Contact）、真空接觸（Vacuum Contact），其曝光解析度（Printing Resolution）（光阻厚度以 1 μm 為主）分別為 3 μm 、2.5 μm 、2 μm 、1 μm ，且邊緣斜率（Edge Slope）皆可達 70° 以上；而其雙面對準（double-side alignment）之功能，可在基板之兩面進行微加工，產生微機電元件/系統與外在環境的適當介面（interface），使許多微機電產品的設



Figure 2 Mask Aligner SUSS MA 150CC



Figure 3 Photoresist coating and developing system (Track)

計簡易許多，如壓力/溫度感測器、生物晶片，更加增進微機電領域研發的完整性，亦是封裝製程不可或缺的工具。光阻塗佈顯影系統在沉積、製備光阻，並執行曝光完的後續處理，包含材料處理單元 (Material Handling Module, MHU) 及四個模組，四個模組分別為溫度模組 (HCV)、光阻塗佈模組、光阻顯影模組、光阻塗佈與顯影模組，溫度模組執行軟烤 (soft bake)、曝光後烘烤 (post exposure bake, PEB)、與硬烤 (hard bake)，第二、三模組分別負責水溶性光阻 AZ5214-E (負型)、AZP4620 (正型) 之塗佈與顯影，而有機溶劑型 (solvent-based) 負型光阻 SU 8-25、SU 8-50 之塗佈顯影在同一模組 (第四模組) 下進行，此乃刻意與水溶性光阻隔離，避免潛在危險性，上述光阻之性質示於表一。調整光阻處理的參數，例如光阻塗佈轉速與加速度、一階段/二階段之軟烤 (soft bake) 溫度與時間、曝光後烘烤 (post exposure bake, PEB) 溫度與時間、顯影方式-浸泡式或噴灑式、一階段/二階段之硬烤 (hard bake) 溫度與時間，配合光罩對準曝光系統優越的性能，將可定義各種微機電元件/系統、封裝所需的正確圖案，如圖四所示。

Table 1 Properties of thick photoresists

PR	AZ P4620	AZ 5214E	NANO™ SU-8 25	NANO™ SU-8 50
Property	Positive-tone	Negative-tone	Negative-tone	Negative-tone
Exposure	g-line	i-line	Near UV (350-400 nm)	Near UV (350-400 nm)
Thickness _{Min.}	5.1 μm / 6000 rpm	1.01 μm / 7000 rpm	15 μm / 3000 rpm	40 μm / 3000 rpm
Thickness _{Max.}	9.8 μm / 1500 rpm	1.63 μm / 3000 rpm	40 μm / 1000 rpm	100 μm / 1000 rpm

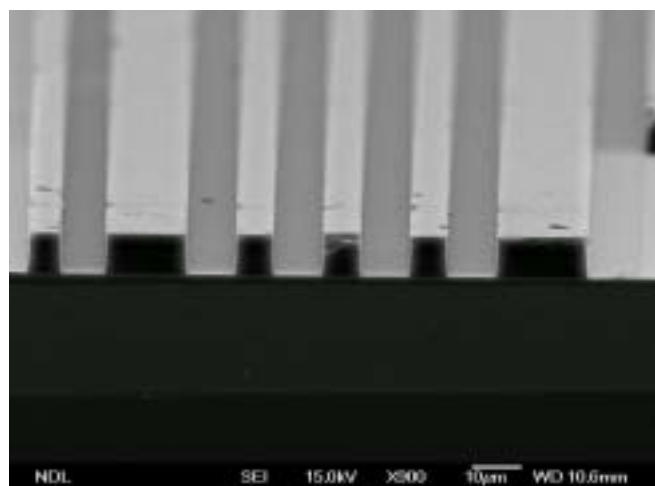


Figure 4 PR thickness 9μm (hard contact)

三、結論

厚膜光阻微影系統已於國家奈米元件實驗室南區辦公室之潔淨室裝機、驗收完成，並已開放學員之訓練、使用，規劃的厚膜光阻有水溶性的 AZ5214-E（負型）、AZP4620（正型），厚度範圍分別為 2–5 μm 、5–10 μm ，及有機溶劑型的負型光阻 SU 8-25、SU 8-50，厚度範圍分別為 10–40 μm 、40–100 μm ；厚膜光阻微影系統包含光罩對準曝光系統與光阻塗佈顯影系統，光罩對準曝光系統負責厚膜光阻的曝光，光阻塗佈顯影系統在沉積、製備光阻，並執行曝光完的後續處理，兩部設備優異性能的結合，充分展現了厚膜光阻圖案定義的正確性（pattern fidelity）、疊層對準的精確性（overlay accuracy）、及實驗的再現性（repeatability），而本實驗室工程師也將在短時間內建立各種光阻的標準製程，配合寬廣的光阻厚度範圍（約 2–100 μm ），必能加速相關人才之培育與關鍵製程技術及產品的研發，達成與產學界合作研究、進行跨領域之整合研究、或技術支援之目標。

參考文獻

- [1] Debra Vogler, “MEMS: a fast growing niche”, Solid State Technology, Vol.45, No.1, January 2002, pp. 26-29.
- [2] Doron Teomim, Avner Badihi, and Gil Zilber, “An innovative approach to wafer-level MEMS packaging”, Solid State Technology, Vol.45, No.1, January 2002, pp. 57-62.
- [3] MEMS Workshop 2002, Hsinchu, Taiwan, October 17, 2002.
- [4] Elmar Cullmann, “Lithography for advanced packaging applications”, TAP Technology, 2002, pp. 101-103.