

極紫外光微影技術實驗設施

Extreme UV Lithography Beamline for Nano Devices

研究領域：極紫外光微影相關研究

主要實驗技術：EUV 光學檢測與釋氣分析

| 概要 |

根據 ITRS 2012 的報告，極紫外光微影 (Extreme UV Lithography, EUVL) 是 16 nm 結點以下之次世代微影技術中的主流。半導體為我國重要的產業之一，因此中心積極與國內多所大學與研究單位合作，透過執行兩期國家奈米計畫 (2008 年 8 月 - 2014 年 7 月)，發展此一次世代半導體微影技術。

藉由第一期國家奈米計畫的執行，搭配本中心同步加速器光源，已在中心建立多項關鍵設備與技術，主要包括 (1) 設計建造 EUV 反射儀，以量測薄膜光學性質 (nkt)；(2) 建立配備四極質譜儀的光阻釋氣分析系統^[1]；(3) 建構 EUV 干涉系統，並達成干涉微影效果^[2]。該計畫的研究均與產業界有密切互動，並執行多項產業 (tsmc、ASML、Nissan Chemical) 委託計畫，成功啟動台灣學術界與產業界對於 EUVL 技術研發的第一步。

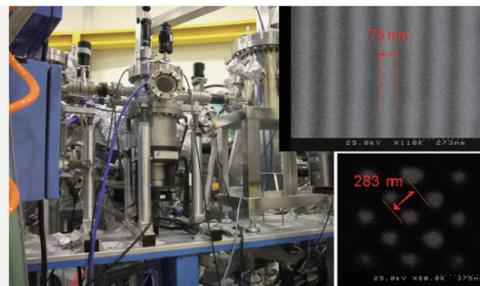
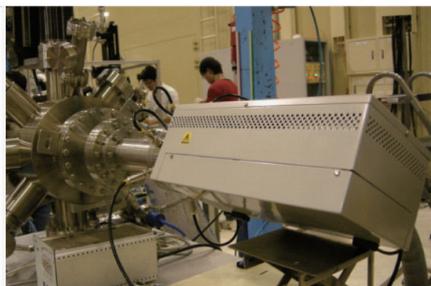
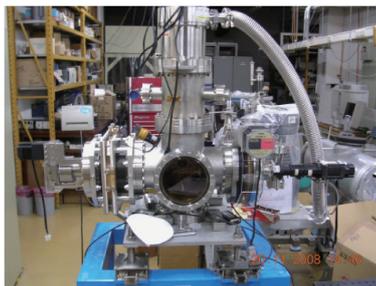
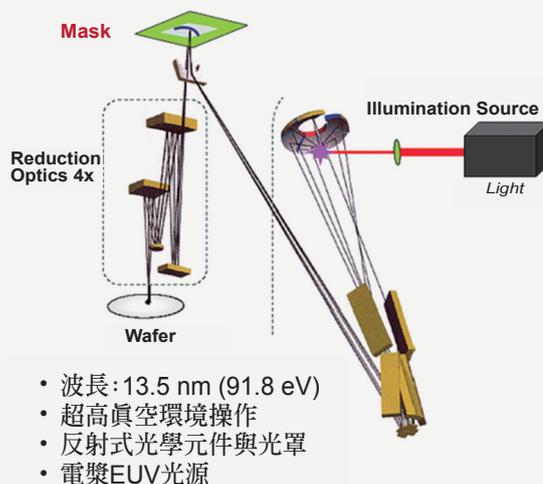
第二期計畫的重點工作除了建構 EUV 檢測系統技術外，主要是建造一座專屬的 EUV 光束線，以供相關產學研究使用。基於生產率的考量，雖然商用 EUVL 量產設備仍採用大功率的電漿光源，然而歐美日韓同時使用同步輻射光源 (SR EUV) 進行研究，主要原因包括：(1) SR EUV 頻寬遠小於電漿光源，適合進行研究分析與光學性質 (nkt) 量測。(2) 相對於電漿光源產生多量的碎屑，SR EUV 是潔淨的光源，能提供可靠穩定的分析結果。(3) SR EUV 提供同調性較好的光源，適合進行

干涉微影應用與研究。此新建 EUV 光束線由交通大學國家奈米計畫與本中心合資興建，未來也將由雙方協議分配光束線使用時段。

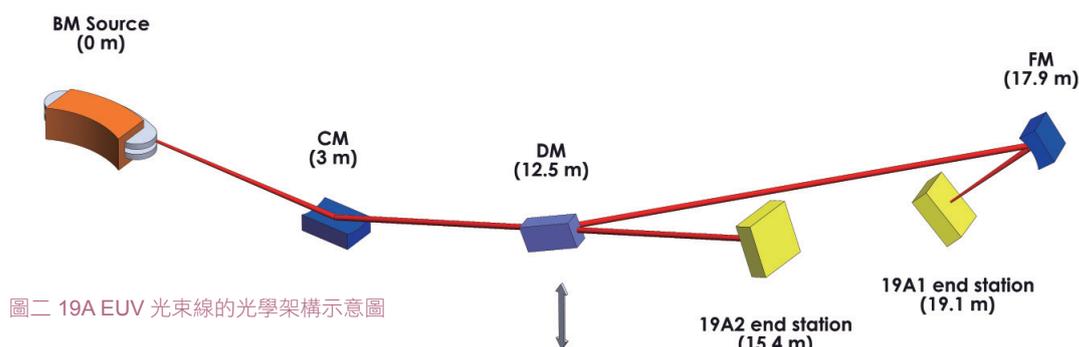
| 光束線設計概念 |

目前本中心 BL08A1、BL21B2 和 BL04B1 實驗站均可提供不同的光源特性進行 EUV 相關研究，但因 EUV 光學檢測與光釋氣研究均需要較強的光源，因此此光束線的設計重點為建造一座高通量的 EUV 光束線。此外，新建光束線除提供 EUV 光源外，也可藉由光學鏡的變更提供 BEUV (Beyond EUV, @6.7nm) 的可能性，以滿足未來半導體微影技術發展之多元需求。

EUV微影速覽



圖一 交通大學國家奈米計畫在本中心建造的 EUVL 研究實驗站，上圖分別為反射儀 (左)、光釋氣分析系統 (中) 和干涉微影實驗站 (右)。



圖二 19A EUV 光束線的光學架構示意圖

此光束線的光學結構與其他實驗設施相較之下設計相對簡單，如圖二所示，光源由轉彎磁鐵的 19A 出光口引出，經準直鏡 (Collimating Mirror, CM) 進入偏折鏡 (Deflecting Mirror, DM)。偏折鏡的功用是將同步光源偏轉到兩個不同的實驗站，分別進行光釋氣分析 (實驗站編號為 BL19A1) 或是 EUV 光學檢測 (實驗站編號為 BL19A2)，此時的光源仍是白光，最後的濾光則是藉由實驗站內的 Mo/Si 多層膜鏡片完成。經多層膜濾光鏡的光源頻寬設計值為 2%，主要是符合商用電漿光源的規格，以模擬實際量產時的光釋氣狀態，以及多層膜光罩的反射效率。經光束循跡模擬程式 (ray tracing) 進行光學模擬，並根據上述的光學架構，在 BL19A1 光釋氣實驗站的聚焦光點大小約為 $0.32 \times 0.25 \text{ mm}$ ，光通量約為 $3 \times 10^{13} \text{ photons/s}$ ，與實際電漿光源接近。於此座光束線建造完成後，中心將可提供不同特性的 EUV 光源予研究人員進行研究，如下表一所示。

表一 中心可提供 EUV 研究之光束線特性與相關研究題目

光束線	特性	研究題目
BL04B2 SEYA	深紫外光	雜光 (out-of-band) 對微影品質影響
BL08A1 LSGM	高解析	光學性質量測
BL19A1 EUV	高通量	光釋氣、光罩檢測、輻射損傷
BL21B2 Gas Phase	同調性佳	光干涉微影

實驗站設計概念

目前光束線搭配的兩個實驗站由交通大學國家奈米計畫成員積極設計建造中，概況簡述如下：

光釋氣分析系統 (BL19A1)

該系統由高雄大學化學系鄭秀英教授負責設計建造，搭配雙離子腔與四極質譜儀，有別於傳統的分析方法，除了可以臨場 (in-situ) 檢測光阻在 EUV 照射下釋出的離子態產物外，更能深入的探討光化學反應動力行為。

EUV 光罩檢測系統 (BL19A2)

該系統由台灣大學工科系李佳翰教授負責硬體設計

建造，電機系蔡坤諭教授負責分析演算法研發。EUV 微影技術對於多層膜光罩的品質要求極高。該系統透過 SR EUV 經多層膜光罩的散射圖像，經過特別開發的逆向演算方法，快速檢測 EUV 光罩存在的缺陷，以提高微影的良率。

產業應用

半導體是台灣的兩兆產業之一，而台積電在全球微影技術發展也扮演舉足輕重的角色，該公司也於 2009 年正式投入 EUV 微影技術發展。在計畫初期，台積電即與國家奈米計畫成員以及本中心有密切的互動，包括光阻釋氣分析，利用反射儀進行光阻 nkt 量測，參與 EUV 干涉微影技術研發，亦提供奈米元件進行 EUV 輻射損傷研究等等。2013 年該公司亦委託中心計畫進行 EUV 光罩光學性質分析，並與中心簽訂「同步光源虛擬實驗室計畫」，擴大並深化一般性的分析研究內容，也強化同步先進光源對我國關鍵產業的直接影響。

結語

相較於歐美日韓，台灣的 EUVL 技術發展雖然起步較晚，但台灣相關技術的群聚效應，靈活的組織與高素質的研發人力，因此在全球 EUVL 技術發展中仍將扮演關鍵的角色。藉由本中心與國內重點大學合作發展的儀器設備與技術，可讓我國的半導體產業免於遠渡重洋，在國內即可使用同步光源進行 EUV 研發，大幅增進研發時效，極有利於延續台灣半導體產業的榮景。

參考資料：

1. Grace H. Ho, et.al, "Photochemistry of photoresists and underlayer materials upon irradiation at 13.5nm", J. Photochem. Photobiol. A: Chem **211**, 78 (2010).
2. C.H. Lin et.al., "EUV interferometric lithography and structural characterization of a diffraction grating with nondestructive spectroscopic ellipsometry", Microelectron. Eng. **88**, 2639 (2011).

BL19A1 光束線發言人：

許博淵博士 (yuan@nsrrc.org.tw)