

目前位置：首頁 > 創新與展示 > 技術新知快遞 > 產業技術評析

產業技術評析



半導體用光阻劑之發展概況

半導體、光阻劑、晶圓

發表日期：2020-08-26

作者：陳靖函(工研院)

摘要：

半導體產業已步入5G世代，為配合產品微型化與功能多樣化的要求，使晶片整合的需求與日俱增，製程端也不斷透過縮短曝光波長以提高解析度，達到IC電路更高密度的佈局來減小產品體積，其中光阻劑即是微影製程中最關鍵的角色之一。

全文：

半導體產業已步入5G世代，為配合產品微型化與功能多樣化的要求，使晶片整合的需求與日俱增，製程端也不斷透過縮短曝光波長以提高解析度，達到 IC 電路更高密度的佈局來減小產品體積，其中光阻劑即是微影製程中最關鍵的角色之一。光阻劑分為正型光阻及負型光阻，因感光材料特性的關係，顯影結果也會有所差異。正型光阻其未被光罩覆蓋的光阻區域，在UV照射後，可被顯影液輕易的帶離；反之，若光阻劑在UV照射後，顯影液無法帶離，則為負型光阻劑。光阻劑的技術研發因先進製程的持續演進而不斷的進化中，以下內容將詳細介紹之。

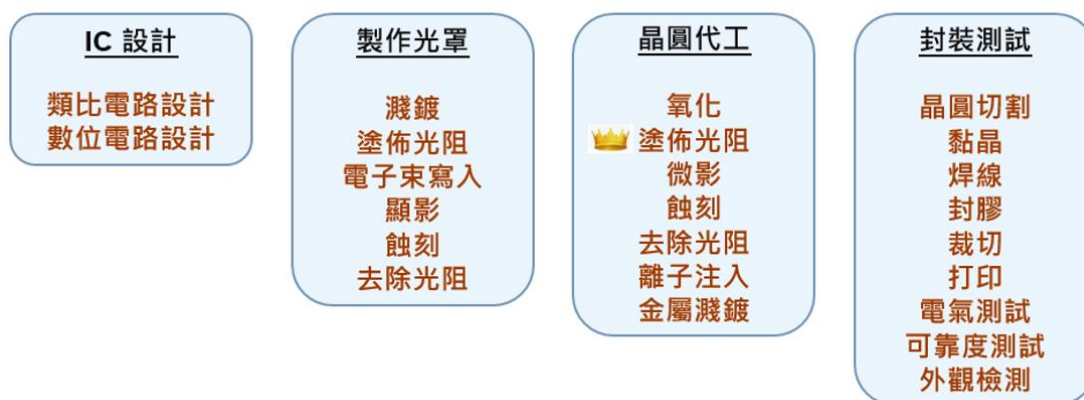
一、光阻劑材料種類

光阻劑(Photoresist)是一種光敏感材料，由樹脂、光敏感劑、溶劑和添加劑等組成，根據曝光顯影後的變化，分為正型(Positive type)光阻劑和負型(Negative type)光阻劑，正型光阻劑在經過曝光後，受到光照的部分將在顯影時溶解，顯影後留下的是未受到曝光部分的圖案，對圖案精細度要求較高的 IC 產品，通常會選用正型光阻劑來完成電路設計的圖案轉移。負型光阻劑在經過曝光後，顯影時則是沒受到光照的部分溶解，顯影後留下光照部分所形成的圖案，負型光阻劑是最早被應用在光刻製程上的光阻劑，它擁有工藝成本低、產量高等優點。

依曝光的光源不同，光源可區分為紫外線(UV)、深紫外線(Deep UV；DUV)和超紫外線(Extreme UV；EUV)三種。和紫外線搭配的為g-line(436nm)和i-line(365nm)光阻劑，和深紫外線(DUV)搭配的為KrF(248nm)與ArF(193nm)光阻劑，超紫外線(EUV)光阻劑為目前最新技術之光阻劑，全球主要供應超紫外線(EUV)光阻劑的廠商有信越化學、東京應用化學和JSR，此三家廠商皆為日商，超紫外線(EUV)光阻劑主要使用於7奈米以及更先進的製程，台灣積體電路公司之7nm製程產品即使用超紫外線(EUV)光阻劑。

於應用部分g-line和i-line光阻劑主要應用於功率半導體元件和MEMS產品；KrF光阻劑主要應用於記憶體，特別使用於比以往晶片設計之堆疊層數更多的3D-NAND；ArF光阻劑主要應用於DRAM記憶體，也用於多重圖案化(Multi-Patterning)之數位邏輯晶片；EUV光阻劑主要應用於7奈米以下之先進製程。基於各種不同特性的應用，於未來5G、AI、IoT科技發展皆佔有一席之地，各類光阻劑的用量可望都會穩定成長。

光阻劑為晶圓代工廠中，於微影製程之前，所需塗佈於晶元上之關鍵材料，如此晶圓方能進行後續電路加工製作，為更明確說明光阻劑於複雜的IC生產流程之使用時機，繪製流程圖如圖1以說明之。



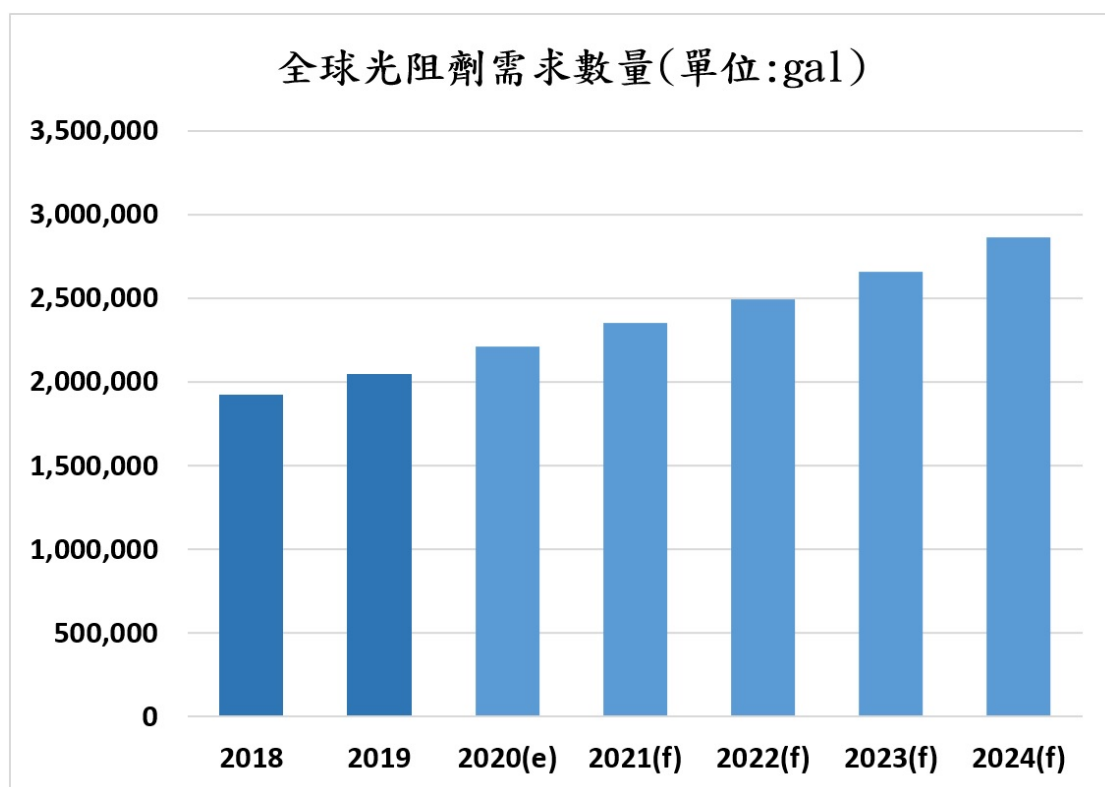
資料來源：工研院產科國際所 ITIS研究團隊整理(2020/8)

圖1 IC製作流程。

二、全球光阻劑市場分析

2019年因記憶體去庫存化效應，以及美中貿易紛爭，使矽晶圓於2019年的成長率略顯停滯，但7nm高階製程的晶片需求仍在，並於同年由台積電順利量產，使其製程所需之超紫外線(EUV)光阻劑需求提升，因此全球光阻劑材料於2019年仍呈現成長態勢；2020年則是受COVID-19疫情影響，使全球經濟發展趨緩，但防疫所帶動的遠端科技需求，如居家工作、智慧醫療、宅經濟需求卻逆勢成長，提高了網通產業、伺服器等通訊相關產品之銷售。預估

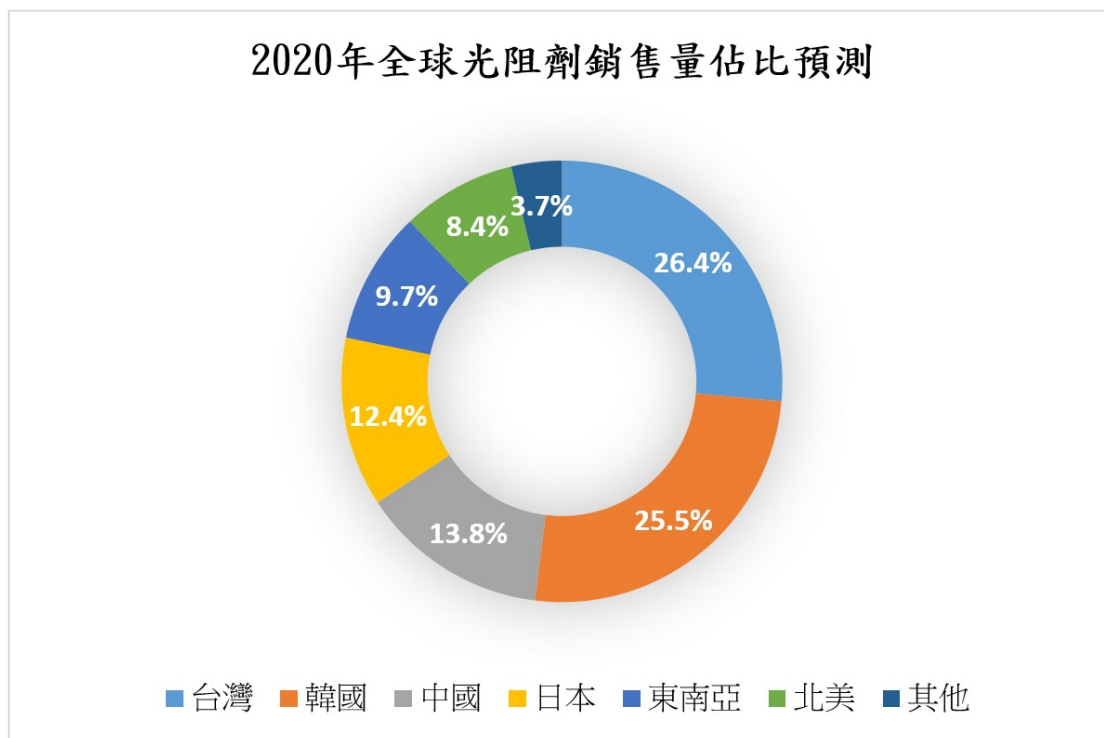
未來疫情受到控制後，仍可因5G技術的成熟，以及人們對半導體產品的需求不斷，將持續增加光阻劑之使用量。詳見圖2之全球光阻劑需求數量預估。



資料來源：富士經濟

圖2 全球光阻劑需求數量預估。

若由世界銷售趨勢來分析，臺灣因世界級IC晶圓製造商台積電與記憶體大廠美光科技生產所需，於超紫外線(EUV)光阻劑與ArF光阻劑需求很高，整體光阻劑需求量排名世界第一。韓國是IC晶片與記憶體晶片製造大國，知名大廠為三星電子、SK hynix等，對於光阻劑需求緊迫在側，排名世界第二。日本則把焦點產品放在3D-NAND、影像感測器與功率元件，對於KrF、g-line、i-line光阻劑需求量較大。中國大陸則是半導體產業日益茁壯，又美中貿易戰加速了自製率的布局，預估未來對光阻劑的需求不會減少。



資料來源：富士經濟；工研院產科國際所ITIS研究團隊整理(2020/8)

圖3 2020年全球光阻劑銷售量佔比預測。

三、國際大廠發展概況

(一)超紫外線(EUV)光阻劑開發先驅-東京應化工業

東京應化工業不僅製造436nm波長膜厚1um到7um用g-line乾膜光阻、365nm波長膜厚0.3um到7um用i-line乾膜光阻劑，並與SEMATECH和其他領導業者合作，以供應多種能夠符合不同EUV光阻所需之產品，目前超紫外線(EUV)光阻劑銷售量領先同業。除此之外，還製造能搭配光阻劑使用之顯影劑與光阻剝離劑，產品多樣化以因應先進半導體製程需求。

(二)ArF光阻劑供應大廠-JSR

JSR為全球第一大ArF光阻劑供應廠商，產品主要供應給美光科技與Intel。JSR也投入開發超紫外線(EUV)光阻劑的行列，並朝向支援3nm與更先進製程的光阻劑技術與需求邁進。JSR亦製作與販售半導體製程中的耗材，如CMP Slurry材料，供晶圓製造使用。

(三)在臺設廠於設立研發中心-信越化學工業

信越化學工業提供光阻劑給臺灣晶圓製造商，如台積電等。並規劃在臺灣成立研發中心，也規劃於臺灣建廠，以降低發生災害或事故等不可預測的情況下，公司業務仍能穩定與持續發展為目標，並稱此規劃為：制定業務持續計劃(BCP)。另外，信越化學工業除了光阻劑以外，也生產半導體用矽晶圓、空白光罩等材料。

(四)基礎聚合物起家-住友化學

住友化學為一家多元化的化學公司，並持續擴展SUMIRESIST正型光阻劑產品線，目標成為全球領先的光阻劑供應商之一，其產品涵蓋了i-line、KrF、ArF光阻劑：i-line光阻劑(如PFI / PFM / PXi / NX系列)，其中化學放大的i-line光阻劑(如PXi / NX系列)；KrF光阻劑(如PEK系列)；ArF光阻劑(如PAR系列，含dry和immersion兩種應用技術之產品)，未來將持續開發新型光阻劑以滿足日益嚴苛的微型化電路生產要求。

(五)日韓貿易戰下備受關注-DuPont

DuPont公司光阻劑產品完整，含i-line、g-line、ArF、KrF光阻劑，又因為與歐洲及南韓廠商關係良好，i-line、g-line、KrF光阻劑銷售量緊追在東京應用化學工業之後。並規劃於2021年於南韓生產超紫外線(EUV)光阻劑，供當地廠商使用。

四、結論

隨著科技發展，人們對半導體產品依賴日深，其中晶圓製造所需關鍵材料之一的光阻劑，於晶圓生產中更是重中之重。雖然先進光阻劑材料：超紫外線(EUV)光阻劑，已於2019年開始量產，下游國際大廠台積電也導入使用並成功量產7nm晶圓產品，並規劃於2020年更進一步朝5nm晶圓試產邁進，但想要再提升如此先進的超紫外線(EUV)光阻劑之性能，並非易事，主要因為若要同時滿足解析度、靈敏度與佈線本身的粗糙度相當的困難，此三種特性存在著trade-off關係，故如何突破此瓶頸，將會持續考驗著研發者的智慧。

(本文作者為工研院產科國際所執行產業技術基磐研究與知識服務計畫產業分析師)

👉 點閱數：27376