

Subject：電解拋光技術

半導體氣體供應零組件要求高潔淨性、表面平滑性、抗蝕性、低洩漏率等，目前適用於半導體元件的表面處理方法有：機械拋光法+化學鈍化法、化學拋光法(chemical polishing, CP)、光輝熱處理(bright annealing, BA)與電解拋光法(electro-polishing, EP)等。由於電解拋光法具有以下幾種特性，衍然已成為半導體製程中重要閥件與零組件處理流道表面的主要方法。

- 鈍化層：不銹鋼材料在進行 EP 處理後的表面，會在表面生成鈍化層，鈍化層生成原因是因為 EP 在處理時，鐵鎳移去的速率比鉻快，造成表面富鉻化效應，同時在表面生成氧化鉻層，可有效提昇表面抗腐蝕能力，此為其他種拋光無法達到的特色。
- 光澤化：拋光能力優越，較機械拋光更佳，可以達到鏡面級的光澤，商品化的管件可以用 EP 達到 $Ra=0.01\mu m$ 的層次。
- 高潔淨度：EP 製程將工程表面移去一層，因此表面之髒汙層、氧化層、雜質層、碳化層、應力層等，都會被 EP 所移去，同時表面平坦化，無藏污納垢的凹陷，因此可使工件表面達到高潔淨層度。
- 特殊形狀加工：EP 過程中，接觸工件的僅有電解液，工件在處理過程中，不受任何應力，可處理薄型工件，且可除去因機械加工產生的表面應力層。同時，EP 可處理特殊形狀工件，對於特殊形狀表面可均勻拋光，對於小型工件的外部 EP 處理可大批量一次進行，可減少加工時間。

由於 EP 處理具有以上幾項優點，因此在半導體設備的氣體供應元件中被大量使用，也因為僅有 EP 可以達到表面超高潔淨度之要求，且對於氣體流道的鈍化效果可提供優越的抗腐蝕能力，能確保管件不受多種特別強腐蝕性氣體腐蝕，在對於線幅越來越小的半導體製程中，潔淨度的要求越來越高之條件下，未來對 EP 處理之產品的要求勢必越來越重要。

電解拋光技術在歐美早已成熟 30 年以上，直到近年來半導體工業的發展，才使得這項技術在國內有發展之契機。EP 技術可分為外表面與內孔表面兩種，數年前國內業者始引進外表面 EP 技術，然而內孔表面 EP 技術因涉及電極夾治具的設計障礙，致使國內業者仍缺乏這方面之技能。本部門從事半導體設備與閥件之研發，深深瞭解 EP 關鍵技術在各項零組件流到表面處理的重要性，因此致力於研究與開發內孔表面 EP 技術，以提昇本部門在關鍵零組件之研發與製造之能力。

電解拋光原理

電解拋光原理乃將工件接於陽極，以某種金屬接於陰極，置於電解液中通以直流電，以電解作用將工件表面金屬移除，亦即反電鍍作用，如圖 2-3 所示。在適當的電解液和操作條件下，使工件表面發生材料之消蝕，具有清除毛稜之作用，使工件表面光澤化與平坦化。以不銹鋼而言，所含之元素如鐵、鉻、鎳都同時參與此反電鍍反應，在工件表面發生材料之消蝕，並發生表面平順化作用，造成拋光效果。在此同時也會生成一些副產物，這些副產物必須小心地予以控制以得到最高的拋光品質；例如不銹鋼所含之不同金屬成分有所差異，元素的溶解移除速率也就不盡相同，鐵原子會先被移除掉，因此留下的表面鎳與鉻含量會變高，使得表面出現“富鉻化”的效果，產生 EP 工件重要的鈍化層，此乃有助於提昇工件表面的抗蝕能力。

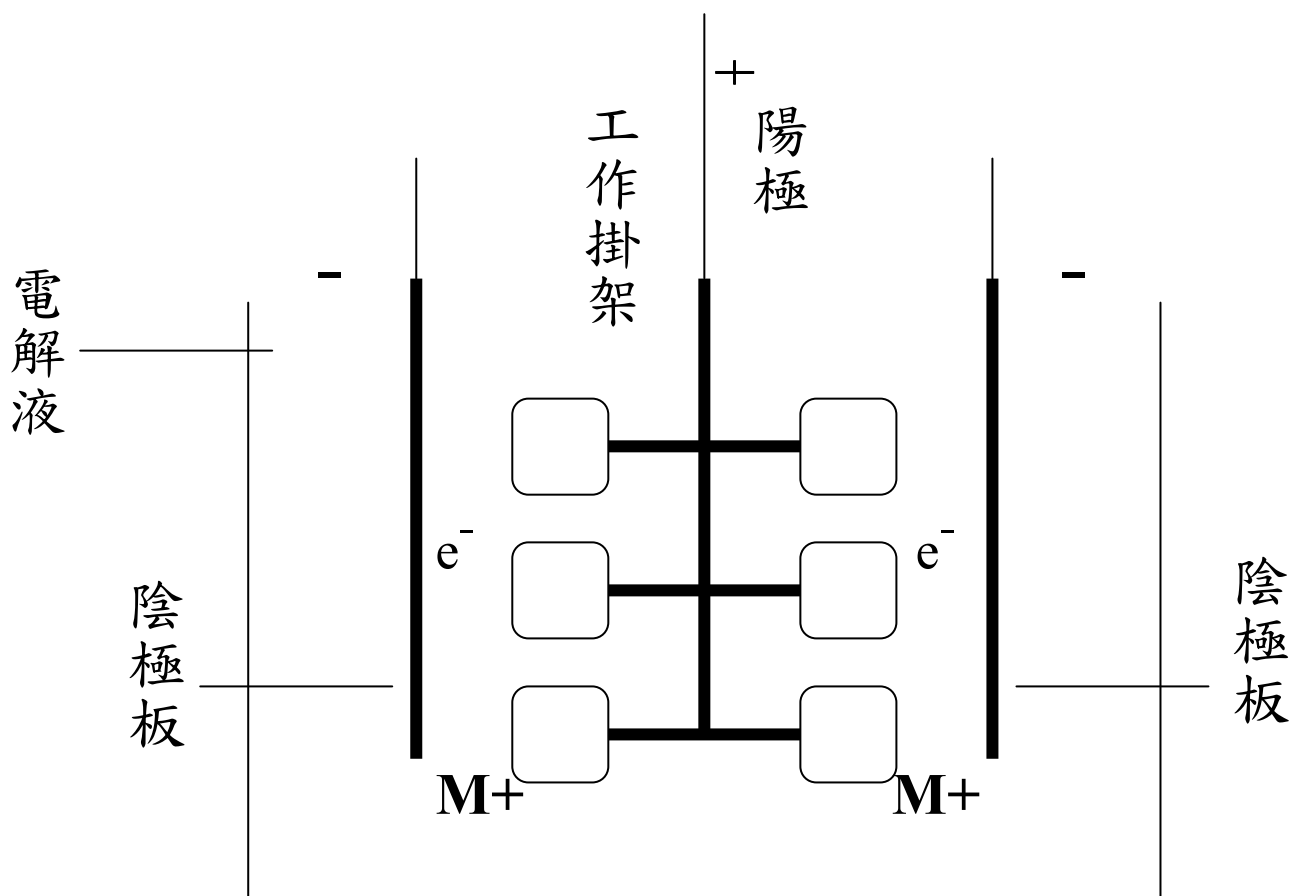


圖 2-3

電解拋光之所以有拋光效果，主要有以下幾種效應：

(一) 電場集中效應：亦稱之為避雷針效應，此為最主要之拋光效應。將工件表面放大而視之，可發現表面凹凸不平，尖突處如同避雷針，可吸附較大電場，造成局部的電流密度增加，因此尖端處的金屬迅速的被侵蝕；而凹陷處之電流密度較低，金屬被侵蝕較少，因此有拋光平坦化之效果。

(二) 陽極膜飽和效應(黏度效應)：電解拋光過程中，將產生厚約 0.1mm 的陽極膜(anode film)，陽極膜呈黏膜狀，具高電阻，金屬帶正電離子不易擴散出與陰極離子結合，因此電流不易通過。由於表面凹陷處電解液流動較慢，易形成飽和陽極膜，電流密度因而降低；而尖突處電解液流動較快，不易生成飽和陽極膜，電流密度較高，因而具有拋效果。

(三) 氣體擾動效應：電解拋光過程中，陽極會產生氧氣氣泡，而尖突處電流大，所以產生氣泡較多，因此也較易打破陽極膜，形成拋光之效果。

電解拋光發展現況與趨勢

電解拋光技術在歐美早已成熟 30 年以上，目前主要專注於特殊金屬如鈦鈹等金屬的拋光技術，以及特殊電解液的添加濟配方等方向發展。另方面，對於自動化設備及節省成本的新製程，如各種大小管件、彎曲管件、細長無縫鋼管、大小筒槽、大量散裝件之製程及專用機自動化設備等，都是發展之重點。以日本而言，早已完成 30m 無縫 EP 鋼管製程，並已於市場銷售，目前正研發 300m 無縫鋼管 EP 鋼管製程。就整體 EP 技術而言，美國優於歐日；以無縫 EP 鋼管技術來說，日本技術最為領先。

早些年在台灣의民間業者已自行引入外表面 EP 技術，主要應用於欄杆、不銹鋼門窗光澤美化等。幾年前，中科院為研製飛機零組件，也引進外表面 EP 技術；工研院化工所、清大機械所及雲林技術學院機械系也曾就外表面 EP 技術進行研究。

至少內孔 EP 技術，主要關鍵在於夾治具的設計，其次才是電解液之配方。夾治具視待 EP 工件形狀與數量而定，一般而言，夾治具必須包括電極連接端子與連接線與電源供應器相連接，外部 EP 夾治具一般為掛架，懸掛工件置於電解槽內或是吊籃滾筒類以安置小型工件，內孔 EP 夾治具則為提供電解液流動通道並電解液流出入內孔。夾治具材料因需抗電解液腐蝕，需通電的通常用鎢或鈦，不通電則選用 PTFE 或 PP 類材質。

以 EP 製程本身而言，夾治具設計受到工件不同而具有相當大的歧異性，由於國外廠商將夾治具的設計列為機密，以致國內對此技術完全闕如。再則，夾治具設計需要多方面的分析模擬以及實驗的驗證，再加以經驗之累積使成，因此在國內少有業者願意投資研發，致使此項技術延宕至今，另一項需要經驗累積的則是 EP 參數的調整，此方面技術也需進行長時間的試驗及累積足夠的資料庫後，始可達到良好的控制。同時，對於 EP 處理後的品質檢驗程序技術，國內的能力與經驗也略嫌不足，這方面仍有待投入更多的時間與人力持續從事研發工作。有鑑於此，本部門於開發質流控制器的同時，也深切體會到 EP 技術的重要性，因此積極開發此項關鍵技術，以期提升產品品質，並落實本土化技術。