

以藍曬圖 理解半導體科技的課程設計

|| 陳怡真 國立科學工藝博物館科技教育組研究助理

前言

隨著全球科技產業的脈動，半導體產業已成為推動現代文明的核心驅動力。從日常使用的智慧型手機、筆記型電腦，到尖端的醫療儀器與衛星通訊系統，其效能表現皆與半導體製程息息相關。半導體不僅影響全球產業鏈的穩定，更深刻地改變了人類的生活樣貌與學習需求。躬逢其盛，臺灣在此領域扮演關鍵角色，根據TrendForce（2024）報告指出，台積電（TSMC）在全球晶圓代工市場中擁有過半的市占率。因此，提升國民對半導體科學的素養，已成為當代科技教育的重要一環。

然而，半導體製程涉及極度精密與抽象的技術環節，且這些製程須在極潔淨的無塵室（Cleanroom）中進行，不僅難以接觸，亦難以具體想像。相較於課堂教學，科學博物館與科普教育場域具備情境化與操作導向的優勢，透過活動化、探索式與跨領域結合的學習設計，能有效引導學生進入科學議題的核心，並在互動中建構概念理解（Falk & Dierking, 2018）。本文將分享國立科學工藝博物館的「藍曬圖」（Cyanotype）活動，說明課程設計與對應製程的體驗活動，並探討如何幫助學生理解這些流程與科學概念。透過這些活動，學生不僅能增進對半導體科技的理解，還能

激發他們對科學的興趣及參與動力。

二 課程說明

半導體晶片的製造是一項多層次的精密工程，涵蓋材料沉積、微影、蝕刻、摻雜及金屬佈線等多項製程。其中，利用光罩（Photomask）作為圖案母片，將設計好的電路圖準確地轉印至塗佈光阻劑（Photoresist）的晶圓表面，是製作品片的重要步驟。儘管這項技術屬於高科技，其核心概念——「選擇性遮蔽與光化學反應」，與傳統的「藍晒圖」技術有著高度相似性。藍晒圖是一種歷史悠久的攝影與印刷技術，其原理是將感光藥劑（檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀）塗佈於紙張或布料上。當紙張受到紫外光照射時，未受遮蔽的部分會產生化學反應，生成普魯士藍（ $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ）；受遮蔽部分因未受光照不發生反應，經水洗後便可顯現圖像。相比製作品片的複雜流程，藍晒圖在藥品或製作成本都簡化許多。本課程運用藍晒圖的操作說明與晶片製程相結合，引導學生透過操作逐步理解半導體製程的原理和步驟。

三 課程內容

本課程對應「微影」與「蝕刻」兩大核心原理，將實作分為四個階段，分別說明如下：

（一）感光液塗佈：製作感光紙

混合檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀溶液調製感光溶液後，學生將感光液均勻塗刷在紙張表面，即完成具感光性的紙張製作。過程中，筆者會介紹感光物質及光阻材料的特性，並引導他們觀察感光液塗佈狀況，透過這些觀察，學生能夠思考塗佈均勻度對顯影結果之影響，以及精密製程中品質控制的技巧。

（二）圖樣設計：遮蔽與曝光

此階段介紹光罩具備「選擇性允許光線通過」的概念，讓學生設計圖樣，並用油性筆及透明片繪製屬於自己的光罩（圖1），並以問題導向學習（Problem-Based Learning, PBL）策略，引導學生預測顯影後的成果圖樣，完成後可進行結果比對。這不僅連結光罩在電路設計上的運用，導電

圖 1 學生在透明片上繪製圖樣，模擬半導體製程中光罩的設計。



區與絕緣區的配置，更訓練學生的空間邏輯與抽象轉化能力。

（三）選擇性曝光：光化學反應

學生將自製光罩覆蓋於感光紙上，利用陽光的紫外線觸發感光反應。透過此過程，引導學生認識紫外光及不同波段光線的特性，說明其引發感光物質（光阻劑）產生光化學反應的作用機制，進而理解光源選擇對感光反應的影響，並探討光罩設計對曝光結果的影響。

（四）蝕刻操作：選擇性去除

曝光完成後，學生取下光罩，將感光紙置入清水中沖洗。過程中，他們可觀察到對應圖樣，透光區因發生化學反應而生成普魯士藍；反之，遮蔽區的感光層因未反應在沖洗時被溶出（圖 2），從而露出底層的紙材。此「顯影」過程模擬蝕刻中選擇性去除，讓學生認識溶劑與蝕刻在製程中的角色。

圖 2 洗去未曝光區感光液後圖樣顯現出來



四 課程觀察與教學省思

教學歷程中可觀察到，儘管課前已詳細說明製作流程，學生在實作時仍出現操作偏差。例如，雖已講解感光液的塗佈技巧，部分學生仍然隨興塗抹。而在圖樣設計方面，雖已說明負片設計邏輯及其與光線穿透和感光反應的關係，學生卻習慣性地採用正片繪圖形式。此外，在曝光前置的準備階段，部分學生混淆光罩與感光層的相對位置，這時需要教師即時指導

與示範。到了選擇性去除階段，學生將曝光後的感光紙置於水中沖洗，對圖樣浮現感到驚奇有趣，同時也發現成品顯色位置與預期存在著落差，或有圖案細節變形及顏色深淺不均等現象（圖3）。過程中運用問題導向學習策略，引導學生分析造成差異的原因，思考遮蔽與否對光反應的影響、光罩設計邏輯，以及在精密製程中技術細節的重要性。此次實作將抽象概念具體化，學生在過程中所經歷的「錯誤」操作，同時也創造了獨特的

圖 3 引導學生觀察呈色不均區塊，反思光阻塗佈對製程的重要性。



美感與趣味，更在嘗試與修正中加深對關鍵步驟的記憶，並將經驗轉化為理解。

五 結語

半導體製程複雜且須在特殊環境中進行，對教學與理解帶來挑戰。博物館透過簡化且具體的實作活動，將技術內容轉化為可操作的學習經驗，運用有趣的藍晒圖實驗協助學生理解光阻塗佈、遮罩設計及選擇性曝光等

過程。透過本課程，學生在實作中觀察並思考感光反應與圖樣的關聯，比較圖樣與預期的差異，體認製程細節的重要性，提升對半導體技術的理解與學習動機。✎

參考文獻

- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2000). *Learning from museums: Visitor experiences and the making of meaning*. AltaMira Press.
- TrendForce (2025 年 3 月)。TSMC 擴大對美投資至 1,650 億美元，至 2030 年台灣產能仍逾 80%。 <https://www.trendforce.com.tw/presscenter/news/20250305-12502.html>