

# 物理人生

陳宏基 / 東吳物理 69 級

科盛科技公司技術顧問



在我們的生活與工作中，總是與物理息息相關。從東吳大學物理系畢業到今年正好滿四十年，以前所學過的光學、電磁學、電路與電子學、量子力學與固態物理等等，經常會被應用到。以下列舉幾個對我感觸與影響蠻深的幾個案例，提供參考。

1980 年念碩士時，論文做電腦製作全相片 (hologram)，開始學習 Fortran 程式設計，花了不少時間才搞懂一個 Byte (有 8 個 Bit，可以表達從 0 到  $2^8-1$ ，也就是從 0 到 255 的整數) 在 Fortran 是用 LOGICAL\*1 表達，用 C/C++ 的資料型態是 unsigned char，可以用來表達從 0 到 255 的灰階 (gray level)。有了程式語言的概念之後，這四十年來，不斷的學會 Fortran, Basic, C/C++, C#, Java, PHP 與 Python 等程式語言，從模擬分析、自動化機械控制、生產管理、網際網路設計，以及雲端運算等，一輩子都可以充分應用，享用不盡，受益無窮。當然，至少需要對其中一個程式語言要有夠深入的了解與使用，其他都可以觸類旁通。程式語言也不斷在精進，要勇於嘗試新的功能，多用就會。程式設計跟物理有甚麼關係？物理裡面一堆的數學公式推導，物理現象或實驗起始條件與邊界條件的設定，實驗步驟的設計與執行，能分辨主要和次要因素，知道輕重緩急，讓你不知不覺就培養出好的邏輯思考能力，程式設計就需要這些能力。

我們在光學裡學到用兩個凸透鏡可以架設一個成像系統，透鏡就相當於是 2D 的 Fourier transform。有了處理灰階的技術之後，就可以設法將 2D (二維) 的圖案，用 2D 的 FFT (fast Fourier transform) 做轉換，亦即從 space domain 轉換到 spatial frequency domain。將每一個原始像點 (pixel) 經過 Fourier transform 計算，在 spatial frequency domain 所得到的結果，對應一個 spatial frequency 的小黑色正方形；所計算出來的結果含有強度與相位，就在黑色正方形上依據強度決定開孔的大小，且依相位決定相對位置，用這類特殊的圖形編碼方式，產生出新的 2D 圖案，再用前面處理灰階的方式記錄在 2D 的底片上。早期數位底片製作技術沒那麼精密，製作出來的 pixel size 較大；數位底片做好以後，還需要再做光學縮影，藉以提高解析度，產生新的數位影像。將這個數位影像，放在兩個透鏡之間的焦平面上，經過平行的雷射光照射之後，在第二個透鏡的另一個焦平面上就可以得到重建 (reconstruct) 的原始圖案。因為經過數位化處理與 Fourier transform，有多重 higher order 的影像出現，是結合了幾何光學與物理光學的應用。圖形編碼方式，具有濾波的作用，會影響重建的影像品質，可以強化或弱化

某些特徵。編碼的方式不同就產生不同的記錄方式。引申到人的生活與行為，因著被記錄下來的方式，就會影響我們對人的認知；記錄善事，就會有好的印象。所以，不要有荒唐的行為，好好的生活，就能留下美好的回憶。

因為懂一點程式設計，1982年就進入工研院電子所的 CAD (computer aided design) 部門，研究 3D 幾何模型。學習如何將 3D 幾何模型用電腦圖學的方式呈現，計算光源與物體表面的角度關係，呈現物體的明暗變化。利用紅、綠、藍三種色光的調控組合，呈現五彩繽紛的立體虛擬世界。一直到現在，也還在使用 3D 的電腦圖學，去呈現各種塑膠射出成形模流分析的模擬結果。技術不斷的更新，但原理都相通。以前簡易幾何圖形的隱藏線和隱藏面處理，用 PC-AT 要幾十分鐘才能計算出一個 640 x 480 的黑白畫面；現在的 PC 技術進步了，處理上千萬個有限元素 (finite element) 分析結果都能動態彩色顯示。每件事情，好好的學，認真的做，隔一段時間，不經意都會有回饋。

1987~1989 年間，研究光學機讀取頭的相關技術，應用全相光學元件 HOE (holographic optical element) 技術用以簡化傳統幾何光學元件。HOE 是依據光波波長與聚焦控制規格所設計可聚焦的光柵 (optical grating) 元件，是應用物理光學的繞射效應所做成的一種光學元件。後來又去大阪大學半年，學習用積體光學製作光學機讀取頭的技術。要寫程式模擬光學材料對雷射光的折射率與厚度關係，計算出平面波導的厚度，計算用線性光柵的角度做分光器 (beam splitter) 功能，還要計算有曲率的聚焦光柵 (focusing grating)，將在波導傳送的雷射光，耦合到空氣中聚焦，以期投射在光碟片上，讀取光碟片上的數據資料；然後再反射回來，經過原來的聚焦光柵，將光耦合回波導，回傳到內建的光感知器上，進行循軌 (tracking)、聚焦與訊號處理控制。先用濺鍍方式將玻璃材料鍍在矽晶片上產生平面波導，再鍍上 PMMA，用改裝的 SEM (scanning electron microscope) 直接將聚焦光柵的圖形寫在 PMMA 上。這些光柵是利用物理光學的原理設計與製作而成。理論、模擬、設計、製作與測試，環環相扣。很多事情都有前因後果關係，有時候是因為對於影響因子不夠了解，造成出乎意料之外的結果；需要耐心的去理解與分析，才能找出原因，產出較理想的結果。

1990 年在工研院電子所做半導體薄膜沉積的時候，發現鍍 silicon-oxynitride 薄膜用不同的成份與薄膜的厚薄，會使得矽晶圓 (wafer) 表面呈現膨漲或縮收現象，也就是整片晶圓會呈現凸或凹的狀態。這種特性，可以用來調控或補償鍍 oxide 或 silicon nitride 所產生的形變。晶圓的平坦化的技術是非常的重要，積體電路在將光罩上的圖案，利用曝光工程轉移到晶圓上，當光波波長越短，其 depth of focus 就越短；晶圓表面要夠平坦，圖案轉移才會好，積體電路的良率才會高。人生處事要行中庸之道，可長可久。當工作職位越來越高，或是責任越來越重時，要考慮更多面向的效應，做事就要更虛心謹慎，因為所做的決定影響層面越來越大，不可不慎。

曾經在黃光室負責維護與調教 In-Line SEM，做深次微米製程的微影製程檢

驗。SEM 是利用磁場與電場控制，調控電子束的運動方向，也是一種成像系統。SEM 每使用一段時間，內部真空腔都必須打開去除汙染物。清完裝回去之後，利用光學與電磁學的背景知識，知道在調整系統的那些特性，就能夠很快校正成像系統，保持良好的檢測功能。凡事要設法了解運作原理，就能得心應手。

過去研究計畫做過 LF (125~134 KHz)、HF (13.56 MHz) 和 UHF (902~928 MHz，還有 2.4 GHz) 頻段的無線辨識晶片與系統。在 1996 年前後開發動物晶片，是 LF 頻段的無線辨識晶片，應用電感的特性去設計和繞製雙組的 Solenoid 做為天線，需使用 AWG 54 (線徑 0.016 mm) 的漆包線。線圈的圈數會影響電感的大小，圈數太少感應的距離不夠，圈數太多會飽和，甚至於變成電容性。處理無線電的零組件，必須考慮適用的頻率範圍。到了 2005 年前後，開發的是 HF 和 UHF 無線辨識標籤與系統，HF 使用單組線圈當天線，UHF 基本上使用 dipole 天線之類的設計。LF 的標籤天線採用漆包線，與晶片接合的地方用較大面積的 gold bump，才能用超聲波將漆包線的絕緣漆磨掉，並瞬間產生高溫讓銅與金熔接在一起。HF 的標籤天線依據應用情境與成本考量，可以用漆包線、印刷電路 (較厚的硬板) 或印刷天線 (較薄的軟板)，天線與晶片連結的介面大多用 solder bump。UHF 的標籤天線則用印刷電路或印刷天線，天線與晶片連結的介面大多用 solder bump。動物晶片用生化玻璃做封裝，植入在動物的表皮下，感應距離約 5~10 公分。UHF 標籤感應距離可以遠到數公尺，但是對環境非常敏感，用在紙箱、玻璃、水瓶、以及金屬上都必須依據相對應的材料調整頻率響應範圍，或設計成對背景材質不敏感但只能單面使用的特殊標籤，像這一類特殊設計與製造的標籤成本就非常高了。各種標籤都有他們最適合的應用情境，妥善的使用，都各有千秋。每個人都有自己的擅長領域，一枝草一點露，只要各司其職，各安其所，都能找到可以發揮的舞台。

通常積體電路的線徑越細，製造成本越高，所設計與製作出來的晶片會越小，一片晶圓可以做出更多晶片，通常晶片越多越好。但是，電子標籤上的無線辨識晶片，具備無線電訊號調變/解調變、數位編碼/解碼、含非揮發性記憶體、可以加上計時器與溫度或其他偵測器電路，而且需要大面積的電容儲備電能，一片晶片的面積可以小於  $1 \text{ mm}^2$ 。晶片與晶片之間都會預留切割道 (scribe line)，在 2005 年時大部分用  $100 \text{ }\mu\text{m}$ ；當所有晶片製程都完成後，利用鑽石刀或雷射將晶片與晶片切割開來。一般晶片的面積較大時，切割道面積通常可以忽略不計；但是當晶片面積接近或小於  $1 \text{ mm}^2$  時，切割道的面積所佔整體的比例就很可觀了。線徑變細可以縮小數位電路部分，但是 RF 與電容等類比電路可縮小的比例有限，加上製程費用以及後段組裝成本的考慮，還要考慮到市場可接受的價位，從多方面的評估去選擇較妥當的組合。

每個人都有自己的天職，毋需太在意與他人的比較，找到自己的定位，好好貢獻所能就是最好的抉擇。工作中有很多很多的事情，需要不斷的學習新的知識與技術。尤其是科技的進步，大趨勢是停不下來的。活到老，學到老，期共勉之。