

半導體產業文化初探： 誠信正直背後的結構邏輯

卓浩右*

一、引言

從晶圓到晶片是一個需要經歷近千道工序、極致複雜的過程，試想，以奈米為單位要將數百億個電晶體建構在晶片之中，這中間不僅需要無數的巧思和創意，更是一個關於「控制」的奇蹟。如何能夠在這近千道工序中維持穩定的品質本身就已經是一件難以想像的事情，而臺灣在晶片製造產業中的龍頭企業台積電更是長年以驚人高的良率創造利潤並且聞名於世；不管是什麼製程，台積電總是能夠在良率上領先對手並且成為企業利基；優異的良率幾乎可以說是從半導體產業在臺灣發展的原初時刻就已經是讓人驚豔的特長。而隨著當前地緣政治的發展，台積電積極的在全球布局之際，臺灣本地輿論中難免會擔憂隨著產線的外移同時也有技術外流之虞，這樣的話，「護國神山」就可能失去其效力。然而，有趣的是，反而是半導體產業的從業者對此老神在在，並不真的認為台積電的外移可能會造成威脅。這背後一個重要的原因即在於，良率的達成並不單純只是技術領先，背後還有其他比如說企業／工作文化等等的因素在支撐。這樣的看法，正是引起我研究興趣開展這個研究的起點。

既然要研究企業、工作文化相關的議題，自然就先從相關企業的網頁開始瀏覽起，臺灣的晶片製造產業龍頭台積電的網頁上就有著關於其企業精神的闡述；其中第一條就是「誠信正直」。在其網頁上主要強調的是企業作為一個主體該有的行為和對待客戶的基本態度。然而，如果更進一步的去耙梳台積電的高階管理者對於台積電的看法，正如同其退休董事長張忠謀先生在其自傳和多次的訪談中所提及的，「誠信正直 (Integrity)」是臺灣半導體產業重要的成功基石之一。

* 國立陽明交通大學通識中心兼任助理教授

除此之外，在筆者訪談的過程中，不論是晶片製造或者設計產業的從業者都屢次提及「誠實」是半導體產業重要的特質。即使每個人描述的內容不一，但是受訪者幾乎都同意如果沒有「誠實」這個特質的話，臺灣的半導體產業不可能這麼成功；同時，也正是「誠實」這個特質讓晶片製造的良率可以維持高檔，是臺灣半導體產業中關於人的關鍵特質。換言之，這裡出現一個聽起來有點奇怪的連結「誠信正直」是「良率」的保證。「誠信正直」是一個描述道德價值的詞彙，是關於「人」的品格形容；而「良率」卻是描述晶片製造這個整合了物理和化學領域中最博大精深卻又謹小慎微的領域中精準製造的名詞。一個抽象的道德價值，是怎樣在把矽晶變成積體電路的過程中「銘刻」在晶片上？這個乍看之下似乎有著無法跨越的鴻溝甚至也不盡相關的兩件事情是如何扣連且相互交織即是本研究想要探討的主題。

二、晶片製造作為一種行動者網絡

本文借用 Latour 的行動者網絡理論（2005, 2013）所提出的分析架構，視人與物同為參與在網絡中交互作用的行動者，在這樣的網絡中，人和物一樣都會起到作用，彼此之間是平等且會互相影響並且決定最終形塑出來的網絡形貌。借用這樣的概念來解析晶片製造、產業是怎麼在晶片製造產業中透過一系列製程 SOP、生產規範與制度設計等等將一個看似屬於道德範疇的「誠信正直」轉譯成晶片製程的「良率」。「誠信正直」不僅是一句口號、一條企業精神，而是一套精密的「結構邏輯」。在晶片製造產業中，「誠信正直」並非仰賴員工都是品格高尚的好人這種道德訴求，而是建立了一套讓不誠實的行為難以發生且無所遁形的生產過程。

雖然如今不管是成熟製程或者先進製程都是在高度自動化且非常精密的儀器中進行，而且帳面上看起來也又穩定又高的「良率」似乎也顯示著晶片製造是一系列沒有意外沒有差錯非常精準的生產過程所完成的。然而事實上，在這個生產過程中可以影響到最後製造成敗的因素非常多，同時還包含了各種人與非人的行動者。比如說晶圓不只是被動的原料，每一片晶圓的形狀和特性都會對於製程有不同的反應。而負責不同工序的製程機臺本身亦然，即便是在相同工序中的不同機臺，雖然看似都是用相同的製程進行製造，然而在過程中，機器本身會老化，會有出錯的可能性，同時化學藥劑與原料也可能會在製造過程中用罄。同時機臺本身也需要調校和維護，是在製程當中扮演著既精準但同時時時刻刻都可能出錯的非人行動者的存在。除了這些非人行動者之外，和晶圓以

及機臺一樣重要是工程師。正由於晶片製程本身其實是不停的在出錯，也幾乎時時刻刻都有可能有意外狀況發生；因此，能夠偵錯除錯，判斷問題的人類行動者也就變得一樣的重要。在這個網絡中，工程師負責偵錯除錯，判斷問題發生的原因並且解決之。

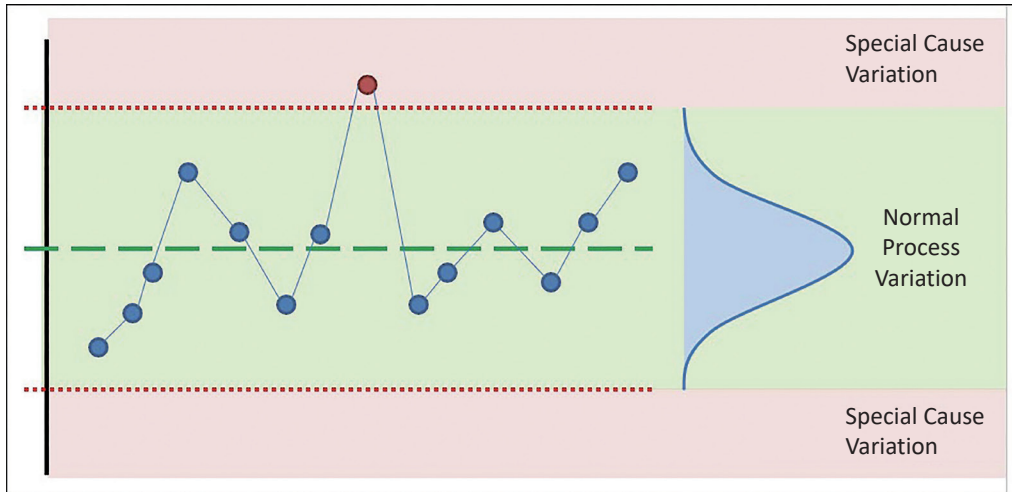
晶片就是在這樣一個由人和非人行動者共構而成的網絡中被日復一日的製造出來。然而，也正因為每一個行動者和整個網絡的每一個環節雖然都看似穩定但實則充滿了不確定性，因此，良率並不是與生俱來的，而是需要每一個環節都有嚴密檢測與監控，確保晶圓被正確的處理、機臺在合理的調校狀態下，並且由工程師隨時進行偵錯和調整下被創造出來的。然後，在這樣的過程中，「誠信正直」這種道德訴求被銘刻（inscribe）在不同的物質上，從而或動員或約束其他行動者，最終被轉譯（Callon, 1984）成為「良率」，並且進入與形塑了工程師的日常勞動過程。

三、黑箱的戰爭——工程師的開門七件事

如果用 Latour 的話（1987）來說，「良率」就是黑箱。當一切運作順利正常的時候，晶圓送進去，晶片跑出來，良率 99%，這就是一個完美的「黑箱」。沒有人需要知道在機器裡面發生了什麼事情。然而，一旦量測到異常時，這個「黑箱」就會被打開，人們需要知道在哪裡和為何發生異常。同時，根據工程師的說法，由於整個工廠是 24 小時不停、除了停機維修或待檢的機臺以外的全部機臺都在運作；因此，沒有一天當中是沒有黑箱被打開的。也就是說，工程師每天都需要處理異常狀況的發生。處理異常成為工程師的每天工作內容的主旋律，甚至可以說，正是這種打開黑箱、處理異常的過程形塑了工程師的勞動過程。如果用他們自己的話來說，就是「開門七件事」。

工程師的開門七件事雖說是七件事情，不過其實每個單位、不同職級的工程師要處理的事情有所不同，甚至有的單位也不是真的只有七件事情。然而，不管是哪一個單位、什麼職級的工程師，總是有幾件事一樣的。其中，每天一到工廠就要跟前一班的工程師交接前一班當中發生了哪些事情。這種交接除了口頭上交待之外，主要都是以 SPC 圖表的方式進行。所謂的 SPC 是統治製程管制（Statistical Process Control），這是一種廣泛被運用在品管上的圖表。藉由劃定可以接受的上下區間（UCL/LCL）來監測製造過程中是否有出現異常；以晶片製造來說，每一道工序結束之後都會進行量測，藉以判定剛結束上一道工序的晶圓是否還處在正常範圍內，是否可以順利的進入下一道工序。如果在 SPC 圖

表中出現超過可接受範圍的管制線時，就是表示製程中出了某些差錯，這就是 OOC (Out of Control)，也就是黑箱被打開的時刻，工程師必須要介入開始找出出錯的原因並且想出解決方案。因此，檢視 SPC，就成為工程師到班開門的第一件事情，而其他一整天的工作任務也可以說都是圍繞著 SPC 展開的。



圖一：SPC示意圖，圖片來源：<https://share.google/NXuBMzbU3Hz3juqe0>

一般來說，工程師每天一到工廠平均都有大約兩百張 SPC 需要檢視。這些 SPC 基本上都是有 OOC 因此需要被工程師檢視。隨著 OOC 的出現，工程師除了必須要找出問題到底出在哪裡，也需要依據找到的問題看是重新設定機器或者調整相關的數值；這同時也是開門七件事中的檢查機況、調機／補值。基本上，可以說工程師的日常就是隨著 OOC 的出現所展開了一連串修正。在這層意義上，工程師的工作內容其實就是「找到真相」；把 OOC 出現的原因找出來並且修正之，讓整個製造過程重新回到「黑箱」的狀態中，讓「良率」得以維持。

在這個狀態下，「說真話」本身對於工程師來說並不是一種選擇；一來是因為 SPC 本身所呈現即是嚴密的監控和量測後的結果。數據本身就已經誠實的回報了製程中晶圓經歷的狀況。工程師的唯一任務就是「找出 OOC 之所以出現的真相」。任何的隱藏、作秀、掩蓋在這個系統都沒有意義。即便在製造過程中有任何粉飾太平的可能性，由於晶片本身是一個極微機密的產品，任何一個工序環節出了差錯卻沒有被揪錯並且讓下一道工序可以順應著目前狀況去調整的話，都有極高的可能性導致最終的成品報廢、良率下降；如果考量到晶片製造本身就是一個需要高資本投入且製造成本極高的產業的話，任何一片晶圓的報

廢都會使得公司蒙受重大損失。因此，任何製程過程中對於錯誤的隱瞞都可能在最後以重大的資本損失作為不誠實的代價。而除了嚴密的監控量測之外，在晶片製造產業中另外還有一個制度設計也是為了確保這種損失盡可能的不發生而存在的，這就是「生產會議」。

四、生產會議——落實「誠信正直」的制度

在晶片製造產業中，雖然每間企業的開會頻率不一，但「生產會議」是滿常見的一種制度。而這樣的制度在台積電這類晶片製造產業的龍頭企業中更是行之有年。在上一節討論工程師的開門七件事中幾乎可以說是最重要的檢視 SPC 並且做出相對應的行動；這件事情其實不僅僅只是在工程師個人的層次，有的時候碰到嚴重的 OOC 時是會需要整個部門甚至跨部門的工程師協力去找出問題和解決問題的。除此之外，每一間工廠裡面通常都會有一個職司中央品管的部門。這個部門負責每天 Highlight 出 OOC 特別嚴重的幾張 SPC，並且會請相對應的部門負責人在每天的生產會議中報告。對於大部分的工程師來說，不論是否有需要親自上臺報告，這種生產會議往往都是他們工作中最大的壓力來源之一。

生產會議是一個上自廠長、副廠長，下自各部門的副理都需要參加的例行會議。所有工廠內的主管齊聚一堂，在一個類似圓形劇場的會議室中展開。每天生產會議之前，那些被 Highlight 到的團隊負責人就需要準備好上臺相關的資料。這包括了快速的說明問題發生的原因以及相對應的解決方案。依據工程師的說法，雖然 SPC 中點出的問題是歸屬於特定部門的，但由於一切的事件都發生在非常微小的世界中，需要透過機器檢測才能查知；因此，不論是製程的機器或者量測的機器其實都有可能失準的時候並且呈現成 SPC 上的 OOC。換言之，即使是看似非常精密的製造和量測過程都還是有人為解釋的空間；因此，的確也有工程師表示過去曾經碰過不同部門的人在生產會議開始前來協調，希望幫忙「吃」掉 OOC 中的部分數值，讓兩個部門平均分擔，這樣也許就可以在生產會議中平安度過。

然而，這種看似有操弄空間、可以隱瞞問題的政治性策略其實不太有機會成功。主要的原因在於在生產會議上，只要是被 Highlight 出來的單位就不僅需要解釋問題發生的原因和解決方法。如果今天是協助他人「吃」掉部分數值的部門可能根本沒有出現任何的問題，那麼在這種狀況下要提出後續的解決方法也幾乎不可能。更重要的是這種作法其實根本沒有解決 OOC，那麼下一次還是有

可能會被 Highlight 出來並且要再一次的提出解決方案。最終，甚至可能影響相關人員的考績與獎金。

這種透過協調來粉飾太平的作法雖說不是不可能，但是幾乎不可行，主要的原因就是在於所有的 SPC 本身是公開透明的，而每一個出現的 OOC 都需要立刻解決好讓生產流程能夠順利進行的時間壓力。在這種狀況下，透過協商要粉飾太平的空間是微乎其微，幾乎不可能出現的。所有的問題都需要即刻解決，一定程度這也迫使了工程師在面對問題時都需要據實以告，唯有這樣才能確保公司能夠避免因為生產失誤產生巨大的資本損失。

五、結語——制度化的誠信正直

從上面的討論中可以看到，晶片製造本身是一個非常複雜的，由人和非人行動者共構而成的生產網絡。這個系統網絡之所以強大，並不是因為它永不出錯；事實上，晶片製造的過程中錯誤百出反而是常態。在網絡中的任何一種行動者都有可能因為各種原因而出現差錯，但這個網絡體系強大之處在於它可以快速的打開黑箱找到問題之後有效的關閉黑箱。它建立了一個讓犯錯——無論是人的疏失或者機器的失調或者任何其他原因變得無所遁形，且一旦發生就會立即被辨識和校正的體系。

在這樣的網絡中，「誠信正直」不僅僅是一種道德訴求或者個人選擇，相反地，是在層層制度設計和 KPI 交叉核對，是網絡運作下的必然結果。正是透過這種方式，「誠信正直」在生產的過程中被轉譯且銘刻在晶片上，最終以「良率」的形式來表現，從而成為晶片製造過程背後的結構邏輯。

參考文獻

- Callon, M. (1984). Some elements of a sociology of translation: Domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. *The sociological review*, 32(1_suppl), 196-233.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts* (2nd ed.). Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt32bbxc>
- Latour, B. (1987). *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*. Harvard University Press.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford University Press.