

# COVID-19 疫情對半導體產業 全球價值鏈的影響

劉文獻\*

## 一、前言

半導體的發展最早可追溯至 1947 年的美國貝爾實驗室，早期主要被應用於國防用途上（如人造衛星及火箭），之後才逐漸被普遍使用於各種民生用途。1980 年代傳統的半導體大廠大多是垂直整合製造商，亦即廠商包辦晶片的設計、生產、封裝測試及銷售，自 1987 年台積電開啟晶圓代工與晶片設計的水平分工模式後，過去三十餘年來，半導體產業已發展出一套高度專業分工的全球價值鏈（global value chain）<sup>1</sup>，按照比較利益原則，歐美國家負責晶片設計，日本負責提供材料及設備，其他亞洲國家則負責晶圓代工與記憶體生產，各司其職，互蒙其利。臺灣的半導體產業早年在政府的扶植下，歷經四十年的努力，已成功地在世界舞臺嶄露頭角，晶圓代工業及封裝測試業產值高居全球第一，身為世界晶圓代工龍頭的台積電更常被譽為臺灣的護國神山，其在 2021 年第二季的半導體產值高居世界第三，僅次於韓國的三星及美國的英特爾。

2020 年初 COVID-19 新冠肺炎在中國武漢爆發後，默默地改變了世人習以為常的生活方式及全球商業運作模式。臺灣很幸運地在 2020 年平安度過疫情，然而，在 2021 年 5 月中旬，因邊境管制的防疫疏漏所造成的為期三個月的半封城警戒，讓國人的行動自由及各產業的經濟活動開始受到限縮，使身處臺灣的我們逐漸能感同身受歐美國家在全球疫情爆發初期所經歷的痛苦與不確定性。值此詭譎多變的時刻，本文擬從眾所矚目的全球車用晶片缺貨問題切入，嘗試以全球價值鏈的角度，剖析 COVID-19 疫情對半導體產業的影響，最後提出臺灣半導體業者將來可能面臨的挑戰。

---

\* 國立中正大學經濟學系暨國際經濟研究所教授

<sup>1</sup> 學術文獻中有時亦稱為全球供應鏈（global supply chain）或全球生產網絡（global production network）。

## 二、為何車用晶片會缺貨呢？

美國、日本及德國政府紛紛於 2021 年 1 月底向臺灣政府求援，希望臺灣的晶圓代工廠幫忙增加車用晶片的生產，並提供給該國汽車製造商，讓全球車用晶片短缺問題瞬間浮上檯面。受到這波車用晶片缺貨停產影響，美國的通用汽車及福特汽車預估其獲利將至少減少 \$10 億美元，2021 年全美的汽車銷售量將減少 45 萬輛，而日本的本田及日產則預估會減產 25 萬輛汽車。那麼車用晶片為何會受到 COVID-19 疫情的影響而缺貨呢？

近年來汽車產業在朝智慧化和電動化的發展趨勢下，對於各種晶片的使用量大幅上升，每輛汽車平均裝有 100 到 200 個車用晶片。這些車用晶片通常是由汽車製造商交由主要車用晶片廠進行客製化設計與生產，但是這些車用晶片廠未必有足夠的製造能力或產能，因此有時會委由晶圓代工廠進行代工。對晶圓代工廠而言，這些車用晶片客戶的訂單，相較於其他消費性電子產品而言實在太少，加上汽車產業行之有年的及時 (just-in-time, JIT) 存貨慣例 (或稱及時化生產模式)，使得這些車用晶片代工訂單通常是最晚加單的。這種 JIT 存貨慣例背後的邏輯其實很簡單，即存貨皆有其隱藏的機會成本，因此生產效率高的廠商不應有存貨，藉由盡可能減少存貨，廠商可達到降低生產成本的目標。

這次車用晶片之所以有如此嚴重的缺貨問題，主要來自疫情期間供需的失衡。自 2018 年起，全球車市逐漸疲軟，加上 2020 年受到疫情衝擊，汽車銷售量下滑，汽車製造商的車用晶片存貨明顯不足，當 2020 年第四季汽車市場復甦，車用晶片需求瞬間大增，開始向晶圓代工廠追單。然而，疫情所帶來的各國封城措施也使在家辦公及線上學習成為常態，消費者對電腦、遠距視訊及通訊設備的需求遽增形成汽車製造商與消費電子製造商爭奪晶片的情況。然而，2020 年疫情爆發曾導致中國部分晶圓廠停工，加上 2021 年冬天時三星及恩智浦在美國德州奧斯汀的晶圓廠亦受惡劣天氣影響停工，以及 2021 年 3 月瑞薩電子位於日本那珂的晶圓廠大火影響車用晶片的生產，全球車用晶片產能不足。相較於占市場六成以上營收且獲利率較佳的智慧手機、5G 通訊、個人電腦和伺服器晶片，晶圓代工廠對於下單較晚、晶片安全標準要求較高，且僅占營收一成的車用晶片的供貨優先順序自然不高，因此車用晶片的供給受到嚴重排擠，出現全球車用晶片缺貨的現象。

### 三、地緣政治 (geopolitics) 的衝突

2018 年 3 月 22 日美國前總統川普宣布因中國竊取美國廠商的智慧財產權及商業祕密，因此根據美國的《1974 年貿易法》第 301 條，對估計達 \$600 億美元從中國進口的商品課徵關稅，以迫使中國改變其不公平的貿易行為，就此點燃了近年中、美之間的科技貿易戰火。隨後在 2018 年 12 月，中國的華為副董事長兼財務長、創始人任正非的長女孟晚舟，因華為涉嫌違反美國對伊朗的制裁協議，在加拿大溫哥華機場轉機時，被應美國政府緝拿要求的加拿大警方逮捕，更讓中、美雙方衝突加劇。而 COVID-19 疫情在 2020 年 1 月於中國武漢爆發後，中、美兩國為病毒的起源是否為武漢病毒研究所實驗室相持不下，最終迎來了繼 1989 年柏林圍牆倒塌及 1991 年蘇聯解體後，最大規模新冷戰時代的來臨。之後川普政府不停地穿梭於日本、韓國、印度、澳洲及紐西蘭等亞洲盟國之間，並強化與臺灣的關係，從軍事、外交及經濟各個面向圍堵中國。

在經濟方面，川普政府積極推動美國製造業的「去中國化」，呼籲美國的廠商及供應鏈及早撤出中國，以減少對中國製造業的依賴，更對牽涉國家安全的關鍵技術進行出口設限，要求華為及海思在內的 100 多家中國廠商購買美國的零組件或技術時，須先獲得美國商務部的出口許可證。另一方面，為確保減少對中國製晶片的依賴後，美國製造業廠商仍有充足的晶片可使用，川普政府加強了與韓國及臺灣晶片供應鏈的連結，例如邀請臺灣及韓國的晶圓代工廠赴美投資設廠。2020 年 5 月台積電正式宣布將赴美國亞利桑那州，投資 \$120 億美元興建 5 奈米製程的 12 吋晶圓廠，估計月產能 20,000 片晶圓，可提供美國人 1,600 個高科技工作機會。2021 年 5 月 21 日舉行的美、韓領袖峰會中，韓國總統文在寅亦對美國總統拜登作出承諾，表示韓國的三星及海力士將繼台積電之後，分別投資 \$170 億美元及 \$10 億美元，在美國建立新晶圓廠及人工智慧與記憶體研究中心。上述臺灣及韓國晶圓代工廠相繼赴美國投資設廠的例子，可視為在地緣政治衝突下，半導體產業全球價值鏈移動的一個佐證。

### 四、科技國家主義 (techno-nationalism) 的興起

全球車用晶片短缺問題及中美科技貿易戰，使各國政府在疫情期間開始思考以國家力量扶植半導體產業，凸顯了所謂「科技國家主義」的興起。例如，美國人工智慧國家安全委員會於 2021 年 3 月提出的報告中，明確建議以半導體及量子運算的科技競爭取代傳統的軍事競爭，維持美國高階晶片製造技術至少領

先中國兩個世代，並確保美國境內有數個高階半導體製造工廠。而拜登總統上臺後的一系列新政中，亦包含了用於獎勵本土晶片製造及晶片研發的 \$370 億美元預算，希望在美國境內建立完整的晶片供應鏈。

歐洲聯盟隨後於 2021 年 5 月 6 日公布了更新版的產業策略計畫，將在原物料、電池、原料藥、氫能源、半導體以及雲端和邊緣運算技術等六個戰略領域，減少對中國及其他國家的依賴，以確保歐盟在這些領域的產業競爭力。為了減少這些領域對進口的依賴，歐盟將允許各國政府在更寬鬆的國家援助規則下挹注資金。此外，歐盟亦提出「先進晶圓製程戰略」，希望成立歐洲半導體聯盟，提升對晶圓製造的投資，同時引進海外半導體製造大廠，建立自主的晶片供應鏈。

韓國政府於 2021 年 5 月 13 日召開了「K- 半導體戰略」說明會，公布了其提升半導體產業競爭力的政策規劃，半導體業者研發投資的可扣抵稅率將提高到 40-50%，設備投資則是 10-20%，三星及海力士等 153 家韓國半導體業者也預計在十年內投入約 \$4,500 億美元於資本及研發投資，讓韓國在 2030 年成為全球最大的半導體生產基地。此外，韓國政府還計畫成立約 \$9 億美元的特別基金，以低息貸款的方式為 8 吋晶圓的設備投資提供金援，鼓勵大學成立半導體系所培育工程師，獎勵中小型的晶圓設計新創公司，讓韓國到 2030 年時，晶片設計業占全球市占率的 10%，7 奈米晶圓代工生產及 EUV 製程達到全球第一，且讓先進半導體材料能夠本土化生產，不再受限於日本。

日本經濟產業省則於 2021 年 6 月 4 日公布「半導體戰略」，宣布將和外國晶圓代工廠建立合資晶圓廠，以提升日本的晶片製造能力，並推動次世代晶片製造技術的國產化。具體作法包括對現有廠房進行大幅度更新，並強化用來支持 5G 系統及綠色創新的半導體設計與研發，以掌握 5G、人工智慧、自動駕駛、電動車、再生能源等數位與綠色投資的全球龐大商機。

## 五、逆全球化 (deglobalization) 浪潮的來襲

在全球車用晶片缺貨、地緣政治衝突和科技國家主義興起的背景下，各國政府開始思考晶片在地化生產的可能性，以提升其國內的晶片自給率，並加強對晶片供應鏈的掌控。此現象有違 1980 年代中期以來蓬勃發展的全球化 (globalization) 浪潮，故稱為「逆全球化」，或稱「去全球化」。

美國政府自中美科技貿易戰後，便以各種獎勵措施鼓勵美國半導體廠商增加在美國境內的晶片生產。例如，英特爾所提出的 IDM 2.0 計畫中，將花 \$200

億美元在美國的亞利桑那州蓋兩座新晶圓廠，2024 年開始生產 5 奈米晶片，直接挑戰台積電的代工服務。歐盟則於 2021 年 3 月 9 日宣布將集資 \$1,450 億歐元，推動「2030 數位羅盤」計畫，希望在 2030 年時將目前僅占全球 10% 的半導體產值提升至 20%，並投入 2 奈米先進製程研發，以縮小與美國及亞洲國家在晶片技術上的差距。此外，日本的經濟產業省將投入 \$2,000 億日圓，鼓勵外國半導體大廠至日本設廠，以建立完整的晶片供應鏈，希望日本在 2030 年時，在車用晶片及其他功率半導體的全球市占率能達到 40%，並藉此吸引日本的材料及設備廠商回流。韓國政府則倡議發展海外供應鏈多元化及生產基地多元化，2020 年 6 月韓國產業通商資源部發布的「全球價值鏈增進策略」，建議對半導體業者提供財務援助、補貼及租稅優惠，並放寬首爾及周圍地區建廠及擴廠法規，希望協助韓國半導體業者能在 2030 年達到代工產值全球第一，並有自主的晶片設計及材料供應鏈，不再仰賴歐美及日本。

從經濟學的角度來看，各國發展自主的晶片供應鏈（逆全球化）最大的問題在於資源重複投入所導致的福利損失，但在後疫情時代，晶片與疫苗皆被視為攸關國家安全的兩項重要戰略物資，當自主生產晶片與疫苗所帶來的國家安全外部效益高於逆全球化時資源重複投入所衍生的福利損失時，則國家整體福利水準並不會因生產成本上升而下降。相較於全球價值鏈專業分工所節省的生產成本，這些國家安全外部效益平常很容易被人們忽視。當世界承平時，這個常被忽略的國家安全外部效益似乎無關緊要，但當面臨一個虎視眈眈，不懷好意的敵國時，國家安全的外部效益就顯得相對重要。在歷經 COVID-19 疫情洗禮後，或許人們要開始學習與新冠肺炎病毒共存，而發展了近三十年，高度分工的半導體產業全球價值鏈因疫情發生結構性轉變，似乎也無可避免。

## 六、臺灣半導體產業未來面臨的挑戰

一場突如其來的 COVID-19 疫情打亂了世人原有的生活節奏及經濟運作模式，也讓半導體產業全球價值鏈開始發生結構性的轉變。當各國都將晶片視為重要的戰略物資，冀望建立自主的晶片供應鏈時，以往在價值鏈中專司晶圓代工與封裝測試的臺灣半導體業者，未來面臨的處境勢必更加嚴峻，以下列出幾個臺灣必須審慎因應的挑戰，供政府及業者參考：

### （一）人才的培育

臺灣目前在半導體製程上的優勢是過去四十多年來，許多優秀人才赴美國

留學，並將所學的最先進半導體技術帶回臺灣所累積的人力資本成果。對國際優秀人才的包容性與吸納能力上，美國及歐盟向來比臺灣強，中國及韓國近年赴美國學習先進半導體技術的留學生也比臺灣多出許多，如何鼓勵臺灣學生前往歐美國家學習最先進的半導體技術，並廣納國際人才，對臺灣未來是否能繼續保有半導體製程優勢相當重要。

## (二) 節能技術的發展

半導體產業是一個耗水又耗電的產業，而臺灣的自然資源又相對其他競爭對手貧瘠，面對未來可能面臨的劇烈氣候變遷及其他類似 COVID-19 突發性疫情所導致的缺水及缺電問題時，臺灣需加強節能技術的發展。例如，除現有廠區水資源的循環再利用外，可效法英特爾在亞利桑那州沙漠的晶圓廠的節水技術或新加坡的海水淡化技術，克服缺水問題，並設法降低各種半導體製程所需的耗電量。

## (三) 綠能減碳的重視

隨著國際對碳排放議題的重視，未來臺灣若未能達到國際要求的碳中和標準，廠商的出口商品可能會被各國課加碳邊境稅，對臺灣的半導體產業有極為負面的影響。半導體產品向來是臺灣的出口主力，為防止因此產生的巨大的貿易損失，政府除針對各產業特性，輔導業者進行減碳措施外，也可比照外國提供一些租稅優惠誘因，鼓勵業者盡早採用減碳措施。

## 參考文獻

- 自由時報 (2021)。〈車用晶片缺貨找台積電？《彭博》還原完整產業鏈〉，《自由時報》國際財經版，2021 年 1 月 24 日。
- 吳元熙 (2021)。〈台積電承諾加速供給！到底車用晶片缺貨缺什麼？調研：這 3 產線最緊缺〉，《數位時代》半導體與電子產業版，2021 年 1 月 28 日。
- Capri, A. (2021). Techno-nationalism via semiconductors: Can chip manufacturing return to America? Hinrich Foundation Report, June 2021.
- Krolkowski, P. M. and K. N. Naggert. (2021). Semiconductor shortages and vehicle production and prices. Federal Reserve Bank of Cleveland Economic Commentary No. 2021-17, July 8, 2021.