

第十三章 半導體供應鏈區域化？以歐洲半導體發展為例

林雅鈴*

壹、前言

自 2018 年美中貿易戰正式開打以來，隨著美中競爭擴散到科技、金融等領域，以及美國在國際上對中國展開全面科技圍堵，國際主要國家開始重新思索對於新興科技及高新產業的供應鏈布局。2020 年新冠肺炎疫情爆發後，因為中國封城引發全球供應鏈斷鏈的危機，更讓世界各國愈加重視供應鏈安全議題，供應鏈韌性（supply chain resilience）更被廣泛討論。

2023 年 5 月 11 日至 13 日七大工業國集團（G7）財長會議召開後發布聯合聲明，指出當前全球經濟面對多重衝擊，G7 預計在年底前啟動分散全球供應鏈的新機制：「供應鏈韌性和包容性強化」（Resilient and Inclusive Supply-chain Enhancement, RISE），以協助總體經濟穩定。2023 年 5 月 19 日至 21 日 G7 峰會召開後，G7 領導人聯合公報聲明，經濟韌性需要去風險（de-risking）與多元化（diversifying），G7 將透過建立具備韌性的供應鏈及關鍵基礎設施，降低在重要供應鏈上的過度依賴。¹ 儘管 G7 在聯合聲明中並未直接點名批判中國，並指出這些政策方針並非要阻擾中國發展或是與中國脫鉤（decoupling），但仍可以看出，西方國家目前正希望透過全球供應鏈重組、生產基地多元化的方式，降低中國長期以來的世界工廠地位，以減少對於中國製造的依賴度。

在這場國際競爭中，半導體作為關鍵物資已然引起世界各國高度重視其生產過程。尤其在新冠肺炎（COVID-19）疫情爆發後，2020 年下半

* 國防安全研究院國家安全研究所副研究員。

¹ “G7 Hiroshima Leaders’ Communiqué,” *The White House*, May 20, 2023, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/05/20/g7-hiroshima-leaders-communicue/>.

年全球開始掀起半導體缺貨潮，包括網通、汽車、伺服器、手機、電視等產業都受到影響，尤其車用晶片短缺導致一線車廠被迫停工或延後生產，使得汽車銷量大幅下滑。根據歐洲汽車製造商協會（European Automobile Manufacturers Association, ACEA）數據顯示，受到半導體缺貨影響，歐盟2021年新轎車登記量為970萬輛、下滑2.4%，是自1990年開始統計以來的最差表現。² 面對全球晶片荒，各國政府及國際企業紛紛想方設法確保晶片供應，甚至演變成國與國之間的搶產能大戰。

在這種情勢下，美國及歐盟也意識到，建立半導體供應鏈自主對於確保產業安全、國家安全至關重要。因此，美國在歷經近2年的討論折衝後，美國總統拜登（Joe Biden）於2022年8月9日簽署眾所矚目的《晶片與科學法案》（*CHIPS and Science Act*），提供527億美元的激勵措施，希望讓晶圓大廠落腳美國，擴大美國本土製造晶圓的產能。歐盟執委會（European Commission）亦於2022年2月8日發布報告，指出為確保半導體技術領先及晶片供給無虞，將制定《歐洲晶片法案》（*European Chips Act*），協同歐盟成員國投入430億歐元。該法案已於2023年7月經歐洲議會通過，並於2023年9月21日正式生效，目標是在2030年於全球半導體市場中搶下全球至少20%的市占率。顯見在當前美中科技激烈競爭情況下，歐美各國都已決意強化自身的半導體生產，降低對其他國家的依賴程度。因此，本文擬探討在美中科技競爭背景下，歐洲半導體產業的未來發展。以下將先檢視當前歐洲半導體發展現況，接著討論歐洲想要推動半導體在地化的優劣勢，並說明《歐洲晶片法案》通過的可能影響，最後評估歐洲半導體供應鏈本土化的可能性。

貳、歐洲半導體產業發展概況

歐洲作為半導體早期發展的重要起源地，擁有包括德國英飛凌（Infineon）、意法半導體（STMicroelectronics）、荷蘭恩智浦（NXP

² 〈疫情加晶片短缺夾擊 歐洲汽車銷售創新低〉，《經濟日報》，2022年1月18日，<https://money.udn.com/money/story/5599/6043061>。

Semiconductors) 等重要半導體廠商，具備半導體垂直整合製造 (integrated device manufacturer, IDM) 能力。根據美國半導體行業協會 (Semiconductor Industry Association, SIA) 及波士頓顧問公司 (Boston Consulting Group, BCG) 數據顯示，1990 年，歐洲半導體製造產能占全球半導體製造產能高達 44%，為全球半導體製造產能最大的區域，美國占比為 37% 排名世界第二。

然而，由於歐洲半導體廠商許多客戶均位在歐洲以外的地區，因此包括英飛凌、意法半導體、恩智浦等廠商開始將晶圓廠移至海外，並且將非核心產品委託給代工廠加工，導致歐洲半導體製造產能開始下降，到 2000 年時，歐洲半導體製造產能占全球半導體製造產能此一占比已經降至 24%，2010 年再降至 13%，預估到 2030 年歐洲半導體製造產能將僅占全球半導體製造產能的 8% (圖 13-1)。

半導體產業鏈上、中、下游分別為 IP 設計及 IC 設計、IC / 晶圓製造、IC 封裝測試三部分，其中 IC / 晶圓製造還包括相關生產製程檢測設備、光罩、化學品等產業，IC 封裝測試則包括相關生產製程檢測設備、基板、導線架等零組件、IC 模組、IC 通路等 (圖 13-2)。儘管目前歐洲半

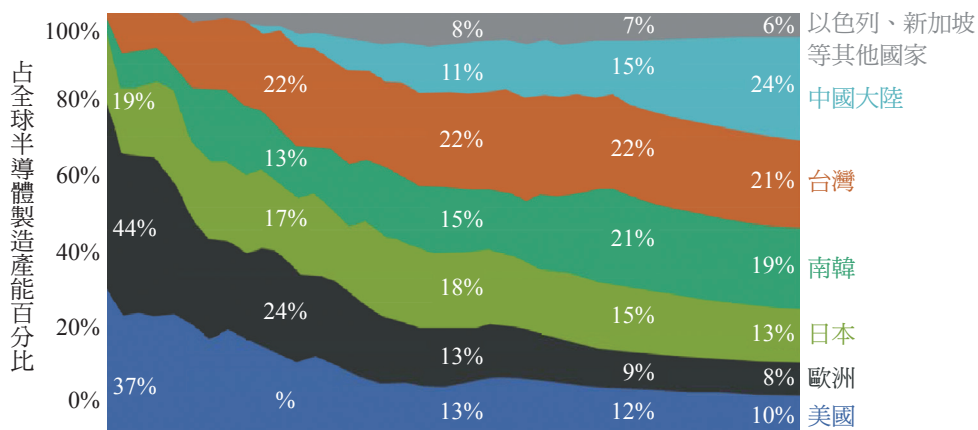


圖 13-1 全球半導體製造產能地區分布

資料來源：SIA、BCG。

導體製造產能較為薄弱，但在半導體原材料 / 矽晶圓部分仍具有優勢，例如意法半導體在 2021 年 8 月率先製造出首批 8 吋碳化矽 (SiC) 晶圓，奠定在此技術領域的領導地位；³ 總部位於荷蘭的艾司摩爾 (ASML) 更是目前全球前二大半導體設備大廠，並於高階光刻機市場市占率超過 80%，其中 EUV (極紫外光) 光刻機更以 100% 份額壟斷市場。⁴

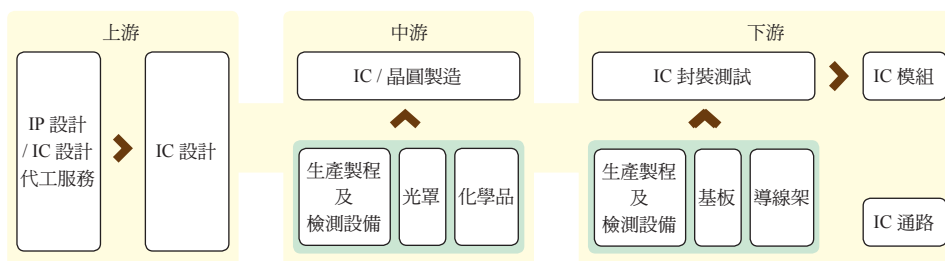


圖 13-2 半導體產業鏈

資料來源：產業價值鏈資訊平台，<https://ic.tpex.org.tw/introduce.php?ic=D000>。

再從公司營收來看，2022 年全球前二十大半導體廠商中，總部位於歐洲的意法半導體、德國英飛凌及荷蘭恩智浦分別位在 13 名至 15 名，意法半導體 2022 年營收為 161.28 億美元，比 2021 年成長 26%；英飛凌 2022 年營收為 157.76 億美元，比 2021 年成長 15%；恩智浦 2022 年營收為 129.54 億美元，比 2021 年成長 19% (表 13-1)，顯示歐洲半導體廠商在半導體行業中仍占有重要地位。

若進一步細分半導體市場，可以發現，歐洲半導體廠商主要鎖定工業半導體和汽車半導體兩大領域。例如，恩智浦主攻車載通訊和射頻晶片模組，產業應用以汽車電子占 50% 為最大宗。2015 年恩智浦收購飛思卡爾 (Freescale Semiconductor) 後，更加強化適用於汽車、網路、工業等領域

³ 〈SiC 產能再擴大，意法半導體製造首批 8 吋碳化矽晶圓〉，《科技新報》，2021 年 8 月 11 日，<https://technews.tw/2021/08/11/sic-st/>。

⁴ 〈【美股研究報告】ASML 艾司摩爾，光刻機市場壟斷者，掌握半導體行業命脈，成長前景遠超同業〉，《Money》，2021 年 10 月 6 日，<https://www.money.com.tw/invest/article/307280>。

表 13-1 2022 年全球主要半導體廠商

排名	公司名稱	類型	2021 年營收 (百萬美元)	2022 年營收 (百萬美元)	成長率 (%)
1	三星 (Samsung)	IDM	82,019	77,097	-6%
2	台積電 (TSMC)	Foundry	56,840	75,851	33%
3	英特爾 (Intel)	IDM	76,742	61,534	-20%
4	高通 (Qualcomm)	Fabless	29,333	36,722	25%
5	SK 海力士 (SK Hynix)	IDM	37,433	29,922	-7%
6	博通 (Broadcom Inc.)	Fabless	21,026	26,333	27%
7	美光 (Micron)	IDM	30,016	25,637	-15%
8	輝達 (Nvidia)	Fabless	23,168	24,503	6%
9	超微半導體 (AMD)	Fabless	16,434	23,601	44%
10	德州儀器 (TI)	IDM	17,315	18,993	10%
11	聯發科 (MediaTek)	Fabless	17,667	18,506	5%
12	蘋果 (Apple)	Fabless	14,778	17,824	21%
13	意法半導體 (ST)	IDM	12,761	16,128	26%
14	英飛凌 (Infineon)	IDM	13,685	15,776	15%
15	恩智浦 (NXP)	IDM	10,843	12,954	19%
16	亞德諾半導體 (Analog Devices)	IDM	8,560	12,388	45%
17	瑞薩 (Renesas)	IDM	8,896	11,318	27%
18	鎧俠 (Kioxia)	IDM	12,528	10,595	-15%
19	索尼 (SONY)	IDM	9,574	9,858	3%
20	聯電 (UMC)	Foundry	7,627	9,362	23%
21	安森美半導體 (ON Semi)	IDM	6,740	8,327	24%
22	格羅方德 (GlobalFoundries)	Foundry	6,585	8,108	23%
23	威騰 (Western Digital)	IDM	9,705	8,022	-17%
24	微芯科技 (Microchip)	IDM	6,314	7,883	25%
25	中芯國際 (SMIC)	Foundry	5,443	7,273	34%

資料來源：<https://www.sipo.org.tw/industry-overview/industry-ranking/semiconductor-industry-ranking.html>.

的軟硬體開發，並成為全球最大車用半導體製造商，直到 2020 年英飛凌收購賽普拉斯半導體（Cypress Semiconductor Corporation）後，才退居為全球第二大車用半導體製造商。⁵ 從數據來看，2022 年全球汽車半導體公司營收前三名分別為英飛凌、恩智浦、意法半導體，⁶ 顯見歐洲半導體廠商在汽車半導體實具備強大優勢。只是，歐洲半導體廠商由於並未重點布局手機晶片、電腦處理器、記憶體等領域，故在消費電子領域的發展並不出色，也因此錯過半導體行業在手機晶片、記憶體市場火熱發展的階段。

隨著歐盟宣布要強化本土半導體產業鏈，以及《歐洲晶片法案》的推出，各國也開始積極爭取國際大廠前往設廠。目前歐洲已有三大投資案，一是台積電與博世（Robert Bosch GmbH）、英飛凌及恩智浦合資，將在德國德勒斯登（Dresden）設立 12 吋晶圓廠；二是意法半導體與格芯（Global Foundries）將在法國克羅爾（Crolles）地區興建 1 座 12 吋晶圓廠；三是英特爾將在德國馬德堡（Magdeburg）興建 2 座晶片製造廠。其中，英特爾的投資案預計要跨國整合設計、製造、封測這三大部分，在歐洲建立完整的半導體生產系。

參、歐洲推動半導體供應鏈在地化的優劣勢

歐洲作為半導體早期發展之地，至今不管在科研或企業方面，均已具備深厚發展基礎，而歐盟長期資助推動之前沿的研究計畫與產學合作基礎，更是十分有利於鞏固歐洲在半導體研發、材料、設備的地位。2022 年 9 月 21 日，《歐洲晶片法案》正式生效，預計到 2030 年以前投入約 430 億歐元，發展歐洲的晶片前瞻科技，提高歐洲在全球晶片生產的占有率。

⁵ 〈車用半導體二哥恩智浦 為何忙跟鴻海、英業達造生態系？〉，《聯合新聞網》，2022 年 7 月 21 日，<https://udn.com/news/story/7240/6478005>。

⁶ “Automotive Lone Bright Spot,” *SC-IQ: Semiconductor Intelligence*, March 28, 2023, <https://www.semiconductorintelligence.com/automotive-lone-bright-spot/>.

一、「歐洲晶片法案」概述

「歐洲晶片法案」共有三大支柱：（一）強化歐盟產業創新能力；（二）確保半導體供應安全；（三）創設晶片風險監測與危機處理機制。在第一支柱部分，歐盟希望透過「晶片共同承諾」（chips joint undertaking）公私夥伴關係，創設歐洲晶片基礎設施聯盟（European Chips Infrastructure Consortium, ECIC），整合資源投資歐盟境內跨國創新基礎設施，在歐洲建立半導體先進大規模設計能力，達成歐盟具備開發量子晶片的先進能力，並在歐盟內創建連接各「能力中心」的網絡，為業者提供專業知識技能及穩定人才供應。此部分所需資金將來自於「展望歐洲」（Horizon Europe）計畫及數位歐洲計畫（Digital Europe Programme），預計將有 110 億歐元用於加強半導體研究、開發與創新。第二支柱將透過成立整合製造廠（integrated production facilities）及開放式晶圓代工（open EU foundries），提供歐盟半導體製造產能，確保供應鏈安全與市場韌性。第三支柱是透過歐盟執委會與各成員國合作，各成員國定期監測半導體價值鏈，掌握商品與服務的供應情形，一旦發現有潛在半導體供應、需求、短缺及危機情況，如價格異常波動、貿易壁壘、企業關閉及購併等，應立即向歐盟執委會發出預警。

從「歐洲晶片法案」的內容可以看出，歐盟除將持續加強先進半導體的開發、設計研究之外，立基於歐洲目前位於半導體價值鏈上游的優勢地位，歐盟將投資大量資金建設能由歐洲國家自己控制的半導體製造產能，涵蓋在運算能力、能源效率、環境效益和人工智慧（AI）方面帶來創新的晶片生產，推動晶圓製造本土化。換言之，「歐洲晶片法案」的第一支柱和第二支柱將建構歐洲半導體自主發展所需的知識能力與生產能力，而穩定的半導體供應將是提高歐洲戰略自主性的關鍵一步。

在《歐洲晶片法案》提出後，從預算補助規劃來看，歐盟將由「展望歐洲」計畫和數位歐洲計畫這兩項計畫中拿出 33 億歐元，以及由歐洲投資銀行（European Investment Bank）投入預計規模 20 億歐元的晶片基金（Chips Fund），這些預算均編列在《歐洲晶片法案》第一支柱中的研

發和創新項目。故整體而言，目前歐盟的補助還是注重進入市場競爭以前（pre-competitive）的準備工作，而非大規模量產。

二、歐洲半導體供應鏈發展之優劣勢

隨著科技創新政策逐漸成為各國發展與競爭優勢的重點，引領科學、科技政策、經濟創新共同輻合成國家發展綱領，促進科學與產業之間的合作、擴展科學與產業之間的溝通，已然變成各國政府發展重點。企業與學術研究機構的有效結合，更是推動創新的不二法門，對於國家產業經濟發展有直接幫助。歐洲國家長期以來致力於推動產學研合作，歐盟更是有各種旗艦計畫整合產官學研力量，將研究商業化或為不同前沿議題提供解決方案，例如量子技術旗艦計畫（Quantum Technologies Flagship）的其中一項即是有關突破半導體電子元件更為輕薄、節能、高效之研究。⁷

再者，鼓勵企業與學研單位共同開發產業前瞻技術、強化投入研發與創新活動，是歐洲國家造就有效率的國家創新體系（national innovation system）、維持產業創新與競爭力的重要基礎。歐洲目前擁有包括比利時的微電子研究中心（Interuniversity Microelectronics Centre, IMEC）、德國的弗勞恩霍夫應用研究促進協會（Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.）、法國半導體研究機構 CEA-Leti 等頂尖研究單位。以 IMEC 為例，其作為長期研究的大學以及負責短期應用的企業兩者碰撞的場域，主要研究領域包括半導體工藝、半導體設計方法學、封裝技術、新材料、物聯網技術等。IMEC 既扮演研究機構角色，亦擔任統合產學合作之平台，其一方面參與歐盟資助的研究計畫，支持科學技術研發及支援所有利用微電子與數位科技作為解決方法的部分；另一方面亦會提供設備及材料供應商開放創新的研發平台，協助企業晶片設計、開發、原型製作及製造。目前 IMEC 已是歐洲規模最大綜合性半導體研究機構，擁有台積電、三星以及英特爾等半導體大廠「金頭腦」的美譽。

⁷ Quantum Flagship, <https://qt.eu>.

然而，歐洲半導體供應鏈當前發展碰到的最大問題，應是歐洲缺乏先進製程的晶圓廠。目前歐洲絕大多數晶圓代工廠都是較成熟的製程，甚至沒有一家企業擁有 10 奈米以下先進製程，此即直接限制歐洲高階晶片的製造能力。儘管「歐洲晶片法案」的第二支柱試圖解決此一問題，在「晶片共同承諾」（chips joint undertaking）中，即是希望可以匯集歐盟本身、成員國、私部門等各方力量，但半導體晶圓廠的建置需要巨額投資，除歐盟的經費挹注外，各成員國政府能拿出多少補貼？龐大的投資經費缺口如何填補？

其次，當前各成員國的半導體發展進程亦不盡相同，並非每個國家目前都已有完整的半導體相關基礎建設與產業群聚以支持半導體生態系的建立。此外，雖然目前透過歐盟執委會出面整合歐洲各國，希望能夠進行半導體跨國投資合作，但半導體作為關鍵發展產業，歐洲各國基於自身利益與不同的政治考量，想要掌握半導體資源的德國、法國、義大利、荷蘭等國將技術、資源共享，恐怕並不容易，歐盟內部相關的談判協商過程恐將曠日費時。

第三，半導體人才荒已經成為全球半導體產業共同的問題，缺工問題也將是歐洲各國想要發展半導體產業鏈的一大阻礙。以德國為例，德國經濟研究所（German Economic Institute）的報告指出，2021 年 6 月至 2022 年 6 月，德國半導體產業缺工人數為 62,000 人，尤其是電機工程、軟體開發和機械電子等領域，而在未來 10 年至 12 年，半導體產業中 28% 的電機工程師與三分之一的工程主管將達到退休年齡，此將更進一步惡化人力問題。⁸ 隨著台積電、英特爾等大廠進駐投資，技術人力短缺問題將更形嚴重，這些都將是影響歐洲半導體供應鏈能否本土化的重要因素。

⁸ “Worker Shortages And Far Right Threaten East Germany’s Chip Ambitions,” *Financial Times*, August 7, 2023, <https://www.ft.com/content/8cb93bc0-d560-45e8-8fd3-ffd9b95cbbba0>.

肆、小結

隨著晶片成為科技、太空乃至於國防的重要零組件，晶片已經變成 21 世紀的石油，是重要的戰略物資。面對美中兩國競爭白熱化，以及新冠肺炎疫情期間全球晶片短缺、供應鏈開始轉移，喚起各國對於半導體供應鏈韌性的重視，再加上地緣政治風險、國家產業安全等因素考量，美國、歐盟、日本、韓國紛紛提出半導體產業振興相關政策，試圖扶持本土半導體製造產業以及加強與海外半導體產業合作。

換言之，在當前國際競爭及地緣政治風險影響下，各國均正致力於強化本國半導體供應鏈安全，希望能降低外部依賴以確保自身晶片供應無虞。隨著國際競爭持續，過往集中生產全球銷售的模式，正逐漸轉變為區域化布局、在地生產、在地銷售的模式。

由於歐洲國家在半導體價值鏈上游具備優勢，同時還有全球重要的半導體設備商以及世界頂尖的半導體研究中心，因此在當前美中競爭格局下，歐洲半導體供應鏈仍具有關鍵位置。再者，歐洲國家的半導體大廠主要都是 IDM 大廠，並且著重在與汽車工業相關的半導體業，目前正值發展電動車、自駕車的新時代，此對於歐洲半導體業而言是一大發展優勢。

只是，歐洲半導體供應鏈在晶圓製造相對而言較為缺乏，尤其缺少先進製程的能力，儘管歐盟已經提出「歐洲晶片法案」，希望在歐洲本土建立先進製程晶圓廠，同時也有包括台積電、英特爾等廠商前往歐洲國家投資設廠，但龐大的資金投入缺口、人力短缺問題等恐將制約此一計畫的施行。整體而言，未來在《歐洲晶片法案》的推動下，先進半導體技術的開發將為歐盟在 AI、工業自動化、5G/6G、汽車半導體等領域發展提供支持，並且強化歐盟在相關領域的既有優勢，例如對於身為歐洲汽車工業發展重鎮的德國而言，在當前美中科技競爭局勢下，將有機會趁此完善本國半導體產業鏈。但若想要改變歐洲的產業結構、推動歐洲半導體供應鏈本土化、提高晶片自主生產，恐還有很長一段路要走。