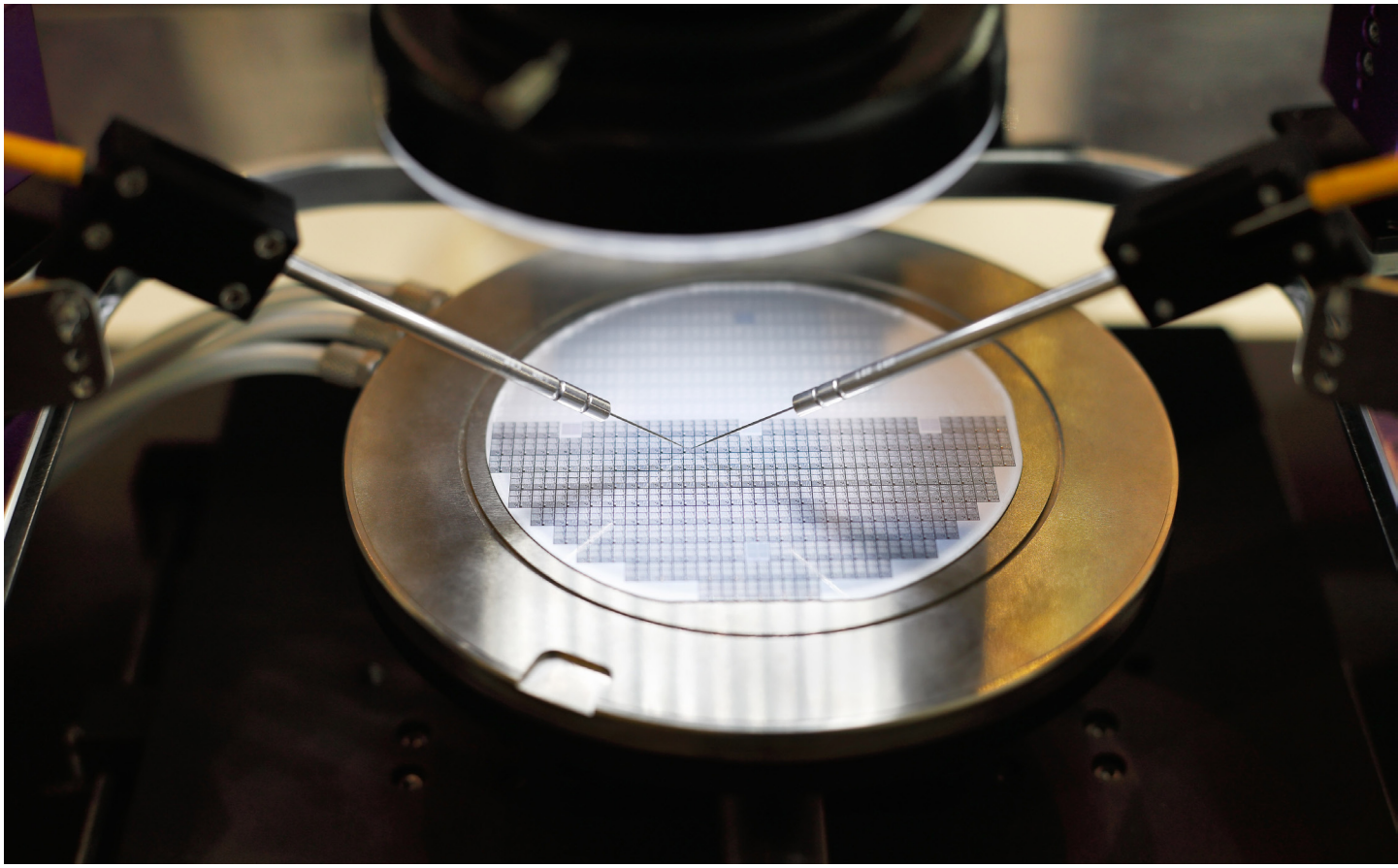
大廠搶進、政策支持

臺灣化合物半導體的贏者策略

電動車、5G、再生能源等新興應用快速普及，功率及電力元件的需求帶動化合物半導體的蓬勃發展，不僅大廠爭相投入，各國也將其視為國家戰略重點。工研院近期邀集產官學界共同討論臺灣化合物半導體產業「贏的策略」，希望延續我國在矽基半導體的既有優勢，打造高值化生態系，在全球高度競爭下勝出。



電動車、5G、再生能源等新興應用快速普及，功率及電力元件的需求帶動化合物半導體的蓬勃發展，不僅大廠爭相投入，各國也將其視為國家戰略重點。

撰文／張玉圓

半導體材料的發展，已從第一代的矽、第二代的砷化鎵（GaAs）／磷化銦（InP）、演進到第三代，以氮化鎵（GaN）及碳化矽（SiC）為主的化合物半導體。研究機構Allied Market Research指出，光是以GaN為材料的電力元件，市場規模就從幾年前僅千萬美元之譜，成長到2020年的上億美

Cree已經與美國ON Semiconductor、歐洲英飛凌（Infineon）及意法半導體（ST）等大廠簽訂SiC晶圓供應協定。（英飛凌提供）

元；2027年更將來到10億美元。以整體化合物半導體市場來看，估計2024年產值將達530億美元，年複合成長率為7.3%，高於矽基半導體的2.5%。

工研院於6月初舉辦「從全球化合物半導體未來展望，探討臺灣發展關鍵議題」線上研討會，邀集經濟部技術處，與多家半導體相關業者齊聚一堂，針對新一代化合物半導體的發展，進行討論及意見交流。

工研院產業科技國際策略發展所研究總監楊瑞臨指出，打造化合物半導體的產業競爭力，必須先從產業面及國際面來檢視，以此找出臺灣的定位。目前SiC國際大廠透過自主研發、併購、上下游結盟等方式，打造整合元件製造（Integrated Device Manufacturer；IDM）的一條龍模式；而美、歐、日、韓、中等主要國家，也將化合物半導體視為國家戰略的重點項目。

國際大廠積極投入化合物半導體

楊瑞臨分析，未來3到5年，最被看好的化合物半導體為SiC高功率元件以及氮化鎵高頻元件（GaN-on-SiC），全球SiC基板（substrate）三大龍頭業者分別為Cree、Rohm（SiCrystal）以及II-VI，策略及強項各有不同。

美國雷射光學元件設計製造商貳陸公司（II-VI）是全球率先發表8吋SiC基板的廠商，過去3年透過併購、結盟，實現了供應鏈整合，並成功擴展市場。II-VI前（2019）年收購光通訊以及iPhone臉部辨識技術供應商菲尼薩（Finisar），營收出現爆炸性成長，也串接垂直供應鏈，與日本住友電氣合作開發5G應用的6吋GaN-on-SiC晶圓、為歐盟的「展望2020」計畫（Horizon 2020）供應實驗用SiC基板、並取得美國奇異（GE）集團授權，進入SiC功率元件的製造。

楊瑞臨指出，「II-VI最值得臺灣借鏡之處，是它以碲化鎘（CdTe）以及硒化鋅（ZnSe）化合物半導體起家，成功跨足新一代化合物半導體」；臺灣產業同樣擁有不少化合物半導體的能量，參考II-VI的發展軌跡，有助於打造最佳策略。

另一大廠Rohm於2009年即收購碳化矽元件廠商SiCrystal，在高功率元件及模組技術相對領先，目前已推出第四代SiC MOSFET。SiCrystal母公司羅姆集團（Rohm）原本就擁有廣大的出海口，包括日系車廠及重工業製造商，近年更在國際上加速結盟，尋找更多終端應用商機，例如與電動車動力系統廠Vitesco Technologies合作，提供800V逆變器的SiC功率元件。

產學合作打造材料及設備優勢

美國大廠科銳（Cree）全球SiC晶圓排名第一，市占高達6成，被認為可最快達成8吋晶圓量產。楊瑞臨分析，「Cree積極推動產學合作，很值得國內參考，它在美國紐約州及北卡羅萊納州有許

多學校支持；化合物半導體材料及設備的發展，最需要產學合作的長期投入。」

Cree的策略不止是供應晶圓，也朝下游功率元件發展。該公司已經與美國ON Semiconductor、歐洲英飛凌（Infineon）及意法半導體（ST）等大廠簽訂SiC晶圓供應協定；在功率元件方面也直接與一線大廠供應商Delphi Technologies、ABB等合作。

美日韓中列為重點發展項目

觀察各國科技發展政策，也可發現化合物半導體的地位益形重要。中國在十四五計畫中提高SiC位階，列入第三代「半導體產業」。目前中國SiC全球市占率尚低，但SiC設備已有自製自研能量，由於內需龐大，未來潛力不容小覷。中國也透過政策補貼促進產業發展，該國兩家重要SiC廠商三安光電、天科合達，過去兩年接受的補貼金額即超過1,500萬人民幣，天科合達2019年稅前盈餘更有7成來自補貼。

日本政府在第六代行動通訊（6G）重要藍圖中，將化合物半導體納入重點項目，以滿足未來超低功耗的需求。楊瑞臨指出，「5G資料中心與網路，耗能都相當可觀，更何況是6G，因此日本政府積極從上游材料尋求解決方案，除了SiC之外，GaN、三氧化二鎵（Ga2O3）都是材料技術選項。」

南韓新一代半導體政策有三大發展重點：一是確保電力半導體的競爭力，在初期階段即加以培育；二是開發以SiC、GaN、Ga2O3三大寬能隙材料為基礎的新一代化合物半導體，打造從元件、模組到系統的綜合價值鏈；三是建立認證及人才培育能量，以支持供應鏈發展。

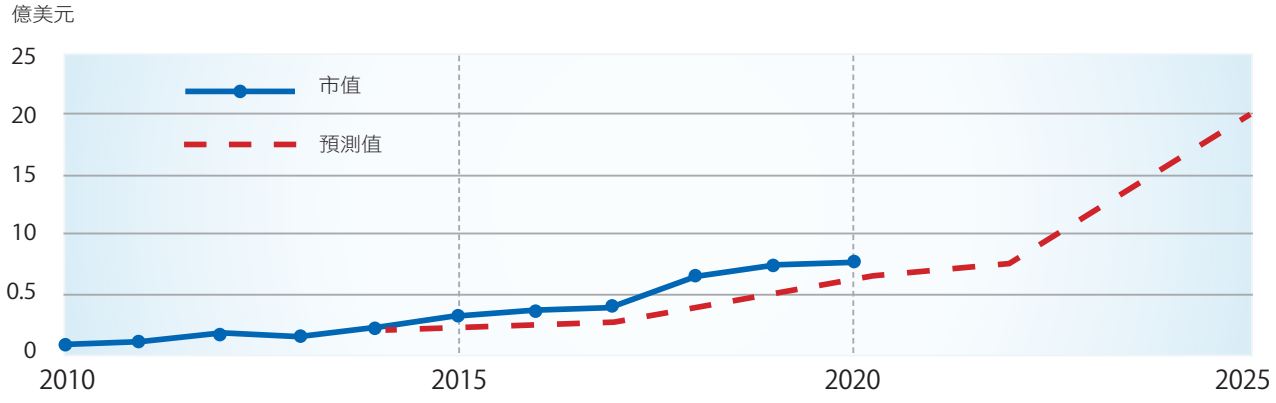
美國則在國家安全委員會報告中，直接點名GaN的重要性。此外，從美國半導體產業協會（SIA）新任理事名單，也可看出化合物半導體備受重視，包括Qorvo、Cree、Analog Device等大廠都名列其中。

儘管面對國際大廠來勢洶洶，加上各國政策支持，臺灣在化合物半導體的發展，仍有許多優勢利基。首先是政策目標明確，行政院將於2022年設置化合物半導體科專計畫，預計2025年達成兩大目標：一是8吋SiC長晶及磊晶設備自主、8吋SiC晶圓製程關鍵設備與材料源自主；二是完備在地供應鏈，除經濟部工業局、技術處與科技部均有相應計畫，工研院也將以「南方雨林計畫」，催生化合物半導體的在地能量。

工研院全方位布局化合物半導體

優勢之二：國內化合物半導體的發展，有工研院的研發能量為奧援。工研院電子與光電系統

氮化鎵（GaN）射頻元件市場預估



資料來源：Yole Développement、工研院產科國際所

研究所研發組長林建中指出，「工研院在電力電子、射頻、光電元件各領域，均投入化合物半導體的應用開發，例如在經濟部科專支持下，有化合物半導體元件的設計製造與封裝；院內跨領域合作的光達系統可應用於自駕車；工研院也成立了次兆赫波（sub-THz）實驗室進行相關研發。」

工研院雷射與積層製造科技中心執行長曹芳海表示，「化合物半導體應用仍在萌芽階段，若初期就能同步發展設備與製程，可提高競爭力。」他分析，以往臺灣的矽基半導體產業，優先發展後端，前端多仰賴國際大廠；如今培植化合物半導體產業發展，可從源頭補鏈，例如SiC長晶為最大技術門檻，另外SiC晶圓生產價格仍居高不下，透過自建設備將可帶動效益倍增。工研院現與德國雷射源廠商合作，在臺南六甲院區成立雷射打樣製程試製中心，除了可與業界合作開發高效益的SiC晶圓生產技術與設備外，也可成為國際合作及人才培育的重要平台。

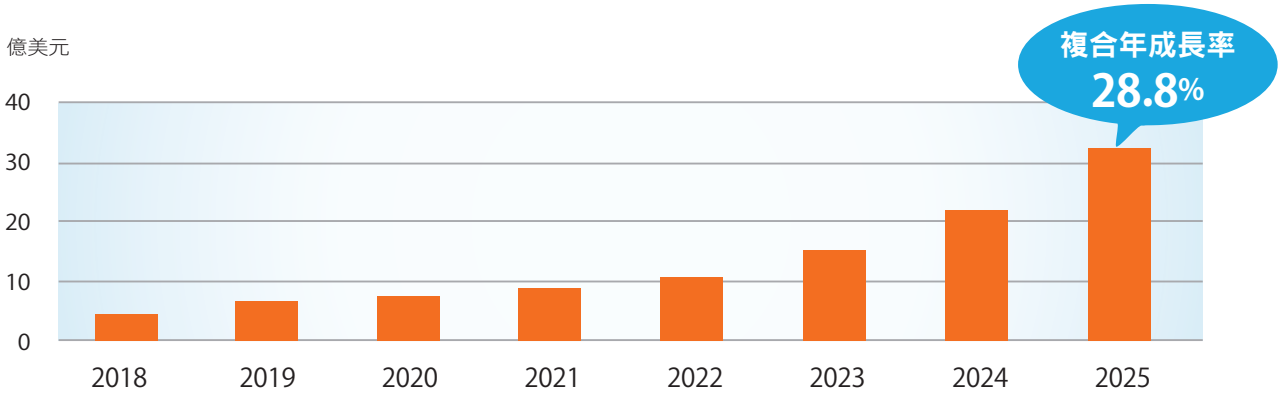
工研院量測技術發展中心副執行長陳炤彰指出，臺灣發展化合物半導體的贏者策略，是充份連結上下游。面對研發瓶頸時，不應只聚焦製程的改善，還要從量測及認證的角度來思考。「仰賴以往的破壞式檢測，將導致製程變數大且時程拖延；若能將量測整合於製程中，從前段的長晶、磊晶到後段的元件、系統，每一步驟都即時改善製程，相信臺灣可以稱霸全球。」他也強調認證的重要性，唯有建立安全認證、功能認證及符合國際法規的作法，才能搶下國際市場的入場券。

智慧製造　提升長晶微調效率

在智慧製造導入化合物半導體製程方面，工研院機械與機電系統研究所組長王裕銘表示，目前全球化合物半導體尚無標準製程，臺灣若能導入智慧製造，將是一大利基。舉例來說，長晶製程從4吋演進到6吋，不止牽涉設備擴充或參數調整，「而是多重耦合的物理模型，我們協助業者進行模擬，找出定性的長晶發展趨勢，再透過AI模型分析，在後續修正製程時，就能準確預測溫度、噴流量等細微的參數變化，讓長晶的微調製程更有效率。」

交流會中，國內化合物半導體業者包括漢磊、穩懋、嘉晶也提出各自的建議與看法。業者認為，現行化合物半導體商業模式以IDM一條龍為主，臺灣過去擅長「小型設計廠結合晶圓代工」模式，原本不容易成功，但在美中貿易戰、地緣政治、5G與新能源基礎建設帶動龐大需求等因素加持下，國內產業找到很好的切入點，若能由政府協助建立完整供應鏈，並強化出海口的發展，將可大幅提升臺灣在化合物半導體領域的未來競爭力。

碳化矽（SiC）電力市場預估



資料來源：Yole Développement、工研院產科國際所