

111 年科技部

「次世代化合物半導體前瞻研發專案計畫」徵求公告

壹、前言

國際半導體技術藍圖 ITRS 明確指出，未來半導體產業發展的主要挑戰包含：(1)莫爾定律的持續延伸(More Moore)，探索其最終微縮極限；(2)應用導向的超越莫爾定律(More than Moore)技術，提升晶片效能、功能性與價值；(3)後莫爾定律時代(Beyond CMOS)，追尋能取代現行 CMOS 的下世代固態元件，而在 More than Moore 的這個方向，化合物半導體扮演非常關鍵的角色。

化合物半導體被認為極適合用於新興應用中如通訊 5G/6G、電動車及快速充電等高效率電力電子中，目前主流次世代化合物半導體以氮化鎵(GaN)及碳化矽(SiC)為主，國際上常以「寬能隙(wide bandgap)半導體」稱之，故更適合用於製作成高功率及高速操作的電子元件及系統。目前氮化鎵(GaN)及碳化矽(SiC)主要看好的市場為未來 5G/6G 與電動車的發展，本專案將聚焦於這些重點進行研發，並擴展到電源、混合動力、高頻系統等應用。

科技部預期透過此「次世代化合物半導體前瞻研發專案計畫」的執行可讓國內半導體不僅持續具備競爭力並可以擴大 6-吋或 8-吋廠的運用，擴展次世代化合物半導體領域。預期的效益包含：(1)擴大國內學界自主研發寬能隙半導體技術，為我國產業在先進寬能隙元件技術取得先機；(2)引導國內學界與產業共同投入寬能隙材料和元件研究，培育基礎材料、元件和系統應用人才，為我國產業在下世代寬能隙半導體奠定基礎；(3)於寬能隙材料和元件發展中，結合矽基元件技術和產業，持續開發自主領先技術。

貳、計畫目標

計畫全程總目標是以技術面、產業面與人才面同時進行質化提升及量化指標設定，如下：

- 一、挑戰次世代化合物半導體關鍵技術極限，協助研究團隊在國際一流研討會及期刊發表重要研究成果。結合產官學界的研發能量，共同將成果技轉落地且鼓勵成立新創公司。
- 二、積極培育次世代化合物半導體技術專長、國際視野之人才，以提升我國化合物半導體自主研發能量，強化台灣在 2030 年次世代化合物半導體實力。
- 三、發揮化合物半導體材料的優勢，突破關鍵高頻磊晶及製程技術，達成可用於 B5G/6G 之 sub-THz/THz 頻段操作半導體元件 ($f_{max} > 600$ GHz)，超越目前商用元件的輸出功率密度及操作頻率。
- 四、發揮化合物半導體材料的優勢，突破關鍵高壓磊晶及製程技術，達成高崩潰電壓 (> 3.3 kV) 之寬能隙半導體元件，用於下世代電動車及功率轉換系統。

參、規劃研究項目及應用項目

本專案目標為因應在電源、混合動力與電動車、B5G/6G 高頻元件/系統等應用，將以國內矽基半導體和光電產業為基礎，擴展次世代化合物半導體領域，本專案計畫的研究項目分成兩個分項，分項內容如下：(1) B5G/6G 高頻通訊關鍵半導體技術：專注於氮化鎵(GaN)、磷化銦(InP)於超高速的元件技術開發；(2)下世代寬能隙高壓功率半導體技術：專注於氮化鎵(GaN)、碳化矽(SiC)、氧化鎵(Ga₂O₃)及鑽石(Diamond)等寬能隙材料。

一、B5G/6G 高頻通訊關鍵半導體技術

在 B5G/6G 的時代，由於操作頻率持續的上升，未來甚至預期將到達太赫茲頻段，在無線通訊系統中，扮演關鍵角色的功率放大器實作變成一大挑戰。由於氮化鎵可以達到很高的功率密度，且可操作於很高的頻率，使得微波電路及系統設計的複雜度可以大幅降低，因此受到很大的矚目，是目前在太赫茲頻段的功率應用最有潛力的半導體材料。另一個值得注意的是磷化銦(InP)的元件，雖然其崩潰電壓無法達到氮化鎵(GaN)元件的範圍，但因其材料的特性，可以操作在更高的頻率，磷化銦(InP)

的技術有機會可以達到 > 1 THz 的操作頻率，這也是在未來 B5G/6G 時代非常受到矚目的一個方向。

本分項的目標是利用氮化鎵(GaN)及磷化銦 (InP) 等化合物半導體材料的優勢，達成比目前主要商用元件更高輸出功率密度及更高操作頻率，因此，計畫書的規劃應於 sub-THz/THz 頻段，滿足未來 B5G/6G 通訊系統需求。

以氮化鎵(GaN)高頻元件為例，技術年度指標如下所示：

| | 第一年 民國 111 年 | 第二年 民國 112 年 | 第三年 民國 113 年 | 第四年 民國 114 年 |
|------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| f_{\max} | $> 200\text{GHz}$ | $> 300\text{GHz}$ | $> 400\text{GHz}$ | $> 600\text{GHz}$ |
| f_T | $> 100\text{GHz}$ | $> 150\text{GHz}$ | $> 220\text{GHz}$ | $> 350\text{GHz}$ |
| 功率密度 | $> 2.5\text{W/mm}$ @50GHz | $> 2\text{W/mm}$ @100GHz | $> 1.5\text{W/mm}$ @150GHz | $> 1\text{W/mm}$ @200GHz |

以磷化銦 (InP) 來說，目標應設定為達到 $f_T > 600$ GHz, $f_{\max} > 1.2$ THz 的元件性能。

因應元件在高頻性能、可靠度及特性模型等議題，關鍵製程的開發如 T 型閘極、小於 50 nm 通道、場平板設計製作、低電阻歐姆接觸及高頻元件模型的建立等也將為此分項目標。同時，開發高頻化合物半導體大尺寸基板磊晶技術及封裝、建立高頻元件設計與模型能力亦為相當重要的項目，這也將包含在計畫的研究課題中。

計畫所開發的高頻元件關鍵技術，最終的目標皆為電路及系統的應用，實際的場域驗證相當重要，例如高頻元件用於功率放大器的應用。因此，研究團隊應提出如何以實際電路及系統來驗證所開發的元件，此將納入計畫評比的重點之一。

二、寬能隙高壓功率半導體技術

本分項的目標是開發氮化鎵(GaN)及碳化矽(SiC)等寬能隙元件，達成高操作電壓及低導通電阻，以取代矽基功率元件，在中低電壓(200 ~ 650 V)和高壓(1.2 ~ 1.7 kV)的電源、車用電子和電動車等領域應用，或在 1.2 kV 以上的應用，如高速火車和高壓傳輸系統等。而氮化鎵(GaN)的水平元件結構，則可以進一步跟驅動電路整合。而高壓高電流應用，安規及可靠度相對嚴格，元件關鍵製程及可靠度也跟現有的矽基功率元件不同。

計畫先期以氮化鎵(GaN)元件達成操作元件電壓>1.2 kV 及碳化矽(SiC)元件達成操作元件電壓>1.7 kV 之應用為目標，最終挑戰目標則為達成氮化鎵(GaN)元件>1.7 kV，碳化矽(SiC)元件> 3.3 kV 之應用，技術年度指標如下所示。

高壓功率氮化鎵(GaN)元件

| | 第一年 民國 111 年 | 第二年 民國 112 年 | 第三年 民國 113 年 | 第四年 民國 114 年 |
|------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 崩潰電壓 | > 1.2 kV | > 1.2 kV | > 1.7 kV | > 1.7 kV |
| 導通電阻 | < 2mΩ·cm ² | < 1.6mΩ·cm ² | < 3mΩ·cm ² | < 2.4mΩ·cm ² |

高壓功率碳化矽(SiC)元件

| | 第一年 民國 111 年 | 第二年 民國 112 年 | 第三年 民國 113 年 | 第四年 民國 114 年 |
|------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| 崩潰電壓 | > 1.7 kV | > 1.7 kV | > 3.3 kV | > 3.3 kV |
| 導通電阻 | < 8mΩ·cm ² | < 6mΩ·cm ² | < 16mΩ·cm ² | < 12mΩ·cm ² |

本分項亦鼓勵開發新興材料，具耐高壓特性的氧化鎵(Ga₂O₃)及鑽石功率元件之崩潰電壓，在合理的導通電阻範圍內，可以朝向 > 6 kV 來挑戰。

在此分項，因應元件在高壓系統使用，因為材料特性不同，元件設計及製程上也會不盡相同。故計畫目標亦包含：(1)關鍵製程開發，例如高溫離子佈值、寬能隙材料蝕刻、低電阻歐姆接觸等、(2)創新場平板、super junction 及 edge termination 的設計製作達到優化電場分布、(3)開發高壓化合物半導體大尺寸基板及磊晶技術、元件封裝及熱效應優化、培養相關元件設計與模型建立能力、(4)可靠度評估分析及元件特性模型化。

本計畫所開發的高功率元件關鍵技術，最終的目標亦為電路及系統的應用，因此實際的場域驗證相當重要。例如高壓元件於功率轉換器的應用。因此，研究團隊應提出如何以實際電路及系統來驗證所開發的元件，此將納入計畫評比的重點之一。

肆、計畫申請注意事項

- 一、總計畫與子計畫之主持人與共同主持人資格必須符合本部補助專題研究計畫作業要點之規定。
- 二、研究計畫申請規定與作業時程：
 - (一)以單一整合型計畫為限，每一整合型計畫之總計畫及所有子計畫全部書寫於一份計畫書，子計畫應為三個(含)以上，最多以不超過六個為原則。總計畫主持人須同時主持 1 項子計畫，各主持人應實質參與研究，計畫書應詳實註明各主持人負責之研究主題，整合之計畫需有整體明確的目標，並由總計畫主持人之服務機關提出申請。未依規定申請者，恕不予受理審查。
 - (二)計畫每年度申請總額度以不超過 2,200 萬元為原則。
 - (三)申請書表格採用本部一般專題研究計畫之計畫書格式，其中表 CM03 研究計畫內容頁數以不超過 60 頁為限。
 - (四)本計畫申請人應規劃四年(111 年 5 月 1 日至 115 年 4 月 30 日止)，業經審查通過，核定補助二年(111 年 5 月 1 日至 113 年 4 月 30 日止)，採分年核定多年期計畫；計畫執行第二年期時，將進行成果審查，

各執行團隊參考審查意見，以修訂計畫內容，再重新提送第三、四年之計畫書；本部可視情況調整作業時程。

- (五)計畫申請作業，自即日起接受申請，請主持人依本部補助專題研究計畫作業要點，研提計畫申請書(採線上申請)，主持人之任職機構須於111年1月26日(星期三)前函送本部(請彙整造冊後專案函送)，逾期恕不受理。
- (六)線上申請時，請於「專題類-隨到隨審計畫」，計畫類別點選「一般策略專案計畫」；研究型別請點選「整合型」；計畫歸屬請勾選「工程司」；學門代碼請勾選「E9870-次世代化合物半導體前瞻研發計畫」。
- (七)本專案之總計畫及子計畫主持人，本部得核給研究主持費最高每個月新台幣 30,000 元，以鼓勵總計畫及子計畫主持人能專注投入執行。總計畫及子計畫主持人於計畫執行期間僅得支領 1 份研究主持費，同一執行期限若同時執行 2 件以上，以最高額度計算，並得於不同計畫內採差額方式核給。
- (八)本計畫列入科技部專題研究計畫件數計算額度，經核定補助後，列入總計畫主持人執行計畫件數，子計畫主持人則不列入計算。

三、計畫書撰寫內容注意事項：

- (一)計畫書須陳述四年計畫規劃藍圖(roadmap)及執行內容，並具體說明每年度的預期質化及量化成果。本專案計畫亦鼓勵於計畫書內陳述與企業及法人單位實質合作之規劃項目與內容，作為計畫評分的參考。
- (二)申請本專案計畫，需於計畫書中針對所選定擬研發技術與國外技術競爭力的比較，並依年度設定各主要工作項目及核心技術的量化目標。
- (三)計畫書中須針對擬完成的技術指標，規劃可凸顯技術突破的應用，提出如何以實際電路或系統來驗證所開發的元件。
- (四)本計畫為科技部重點國合計畫之一，因此國際合作的規劃為計畫評選的重要項目。計畫申請須具體提出與國際化合物半導體團隊的合作規劃，及提升團隊在國際影響力的目標與策略方法，並說明積極參與國

際相關活動之規劃。申請人於線上申請時，請於「基本資料填寫」頁面將「國際合作研究(需填寫 IM01、IM02、IM03)」的選項勾選，並請填寫國際合作研究計畫資料表(申請書表 IM01-IM03)，國際合作所需經費應分列在各項經費表格中，並於說明欄或備註欄註記「國合計畫」，請參考編列範例如附件 1。

伍、計畫審查、查核與退場機制

一、計畫之審查重點：

- (一) 計畫提案之企圖心與本計畫欲突破技術規格項目之切合度。
- (二) 技術可行性：需提出具體各年技術規劃藍圖(roadmap)。
- (三) 計畫所提技術之學理基礎及新穎性分析。
- (四) 計畫主持人之執行力。
- (五) 團隊成員之互補性與跨領域、跨單位資源整合能力。
- (六) 國際合作之規劃。
- (七) 未來產業應用之可行性。
- (八) 關鍵專利之佈局規劃。

二、計畫之查核：

- (一) 審查作業包括線上初審及會議複審，如有必要時將安排計畫主持人簡報計畫內容。
- (二) 本計畫屬專案計畫，審查未獲通過者，恕不接受申覆。
- (三) 本部對執行計畫每半年進行審查，執行團隊必須定期呈報計畫執行進度與成果，並出席各項審查會議，各執行團隊須能展示該計畫所預期開發之技術或系統成果。
- (四) 年度計畫結束前 2 個月交期中報告，依規定進行書面審查、會議審查或實地訪查。
- (五) 計畫規劃之主要工作項目、核心技術的量化目標，並與國外競爭力比較、年度成果與後續產業化成效。

(六)計畫全程(四年)結束，應繳交結案報告及實體展示，另須有關鍵技術銜接於產業驗證應用。

(七)執行團隊須配合本部進行計畫執行成果發表、推廣應用及交流等工作推動。

三、計畫退場機制:

(一)計畫技術審查委員會每年舉行審查會及成果發表會，需要時並作實地訪視。

(二)計畫須評估訂定技術里程碑、查核點、評量指標，以為查核之依據。

(三)年度審查時，計畫執行績效未達預期目標或次年度計畫未符合專案計畫規劃構想，將動態調整次年度計畫經費或終止計畫。

陸、其他注意事項

一、本計畫之簽約、撥款、延期與變更、經費報銷及報告繳交等應依本部補助專題研究計畫作業要點、專題研究計畫經費處理原則、專題研究計畫補助合約書與執行同意書及其他有關規定辦理。

二、各年度所需經費如未獲立法院審議通過或經部分刪減，本部得依審議結果調減補助經費，並按預算法第五十四條規定辦理。

三、其餘未盡事宜，請依本部頒定之補助專題研究計畫作業要點及其他相關規定辦理。

柒、專案推動工作小組

召集人：國立清華大學電子工程研究所 徐碩鴻教授

Tel：(03) 5731278

E-mail：shhsu@ee.nthu.edu.tw

執行長：國立陽明交通大學國際半導體產業學院 吳添立助理教授

Tel：(03) 5712121 #59442

E-mail：tlwu@nycu.edu.tw

聯絡人：科技部工程司 黃士育副研究員

Tel：(02) 2737-7374

E-mail：syuhuang@most.gov.tw

有關計畫申請系統操作問題，請洽科技部資訊處系統服務專線：

Tel：(02)2737-7590、7591、7592