

115 年國科會

「高效能化合物半導體前瞻技術研究計畫」徵求公告

壹、前言

國際半導體發展已進入後摩爾定律時代，技術藍圖顯示未來挑戰將同時涵蓋元件微縮極限的探索(More Moore)、以異質整合提升晶片效能與系統價值的應用導向技術(More-than-Moore)，以及尋求突破現有 CMOS 的新興元件路線(Beyond CMOS)。在這些方向中，具高擊穿電場、高電子遷移率與優異熱穩定度之化合物半導體，已成為支撐先進電子系統的重要關鍵技術。

面對全球衛星通訊、電動車、再生能源與智慧電網等新興應用的快速擴張，高頻／高壓／高功率密度的元件需求急遽提高，氮化鎵(GaN)、碳化矽(SiC)已形成主流之寬能隙材料，而氧化鎵(Ga_2O_3)及鑽石(Diamond)等超寬能隙材料亦展現強大的技術潛力。這些材料將決定下世代衛星通訊、電動載具、智慧電網與再生能源電能轉換系統之核心能力。

為因應此國際技術趨勢並強化我國自主關鍵技術，國科會推動「高效能化合物半導體前瞻技術研究計畫」，聚焦於材料、元件、電路、封裝及模組的完整研發鏈結，推動我國化合物半導體由既有矽基優勢擴展至次世代寬能隙與超寬能隙材料技術。本專案同時聚焦衛星通訊、運具電動化、智慧電網等核心應用，發展高頻與高壓兩大關鍵技術，以建立具備國家戰略價值的自主研發能量。

本專案期望藉由材料生長技術、前瞻元件架構、模擬軟體開發、先進封裝、高可靠度模組與跨領域系統整合的前瞻研發，打造可支援高頻操作、高壓驅動與高功率密度應用的化合物半導體技術平台；同時結合產業鏈、學研機構與國際合作的研發能量，促成技術落地、產業升級與人才培育，讓我國在新興應用與全球供應鏈中保持競爭優勢，並為次世代化合物半導體產業奠定長期而穩固的技術基礎。

貳、計畫目標

一、突破化合物半導體高頻與高壓關鍵技術，建立自主核心能力

本計畫聚焦於次世代化合物半導體材料之高頻與耐高壓特性，突破磊晶、生長、製程與元件結構上的關鍵瓶頸，發展可支援下世代衛星通訊之高頻元件、運具電動化及智慧電網與再生能源電能轉換系統之高壓功率元件，建立國內自主化之材料、元件與製程核心技術。

二、建構從材料、元件、模組與系統應用的完整技術鏈結，提升產業可落地性

整合學界與產業研發能量，串接基板與磊晶生長、化合物半導體製程、元件模擬、異質封裝、高功率密度電路與模組設計等關鍵環節，建立完整技術鏈，使研發成果符合業界需求，未來導入量產與系統應用，強化台灣化合物半導體製程、模組與系統應用技術相關產業競爭力。

三、支援下世代衛星通訊、運具電動化、智慧電網與再生能源電能轉換系統等國家重點應用需求

本計畫將專注於可應用於前瞻衛星通訊、運具電動化、智慧電網與再生能源電能轉換之系統整合能力，以化合物半導體技術優勢提升我國於通訊系統、運具電動化與電能轉換之技術能力。

四、推動自主磊晶、製程與驗證平台建置，提升技術能量與可靠度

建立 GaN、SiC、Ga₂O₃、Diamond 等前瞻材料之磊晶能力，並建置高頻、高壓、高可靠度之元件及模組驗證平台，包含驅動電路、封裝散熱及抗輻射之量測與測試環境，全面強化台灣在關鍵技術的自主性與穩健度。

五、深化產學合作與技術推廣，促進技術落地與產業升級

透過應用導向的產學協作模式，開發前瞻化合物半導體技術，建立與衛星通訊、車用、電力等領域企業的持續合作平台，共同開發元件與模組驗證系統，並促成技術移轉，強化我國於國際半導體供應鏈中之重要性。

六、培育具國際視野與跨域能力的化合物半導體高階人才

以材料、元件、模組與系統應用為主軸，建立跨校共同培育機制與研發平台，培育兼具技術深度與系統觀點的次世代研發人才，支撐國家在高頻與高壓化合物半導體長期發展所需之專業能量。

參、規劃研究項目及應用項目

本專案旨在因應下世代衛星通訊、運具電動化、智慧電網與再生能源電能轉換系統等先進應用的共同需求，從材料、元件、模擬軟體、模組與系統應用，以建立我國在次世代化合物半導體領域的自主技術基礎。專案將以國內的矽基半導體與光電產業鏈為根基，擴展至氮化鎵(GaN)、碳化矽(SiC)、氧化鎵(Ga_2O_3)、鑽石(Diamond)等高頻與寬能隙材料系統，打造支援高頻、高壓、高功率之化合物半導體研發能量。

一、前瞻材料開發

本分項將專注於新世代化合物半導體材料(GaN-on-X、 Ga_2O_3 、Diamond、SiC)等基板與磊晶技術強化，建立具高穩定度與高均勻度之材料生長能力，並奠定後續元件製程與模組開發所需的材料基礎。

在材料生長方面，將持續提升基板品質、界面平整度與缺陷控制技術，建立可靠的外延層厚度與組成控制能力，開發大尺寸基板(例如：8吋及12吋SiC基板，新興材料基板等)。並建構能支援高頻、高壓元件需求的材料平台。透過導入先進成長技術與結構工程，優化材料導電性、耐壓特性、熱穩定性與可靠度，以達成元件級性能的高一致性與高穩定度。

在材料整合方面，將發展跨材料系統之整合製程，並建立可支援不同元件結構之基板處理、界面工程與後段製程配套技術。透過材料-製程-元件-模組的協同設計，提升關鍵材料系統與製程的相容性，並建構次世代化合物半導體元件關鍵基礎。

最終將建立可支援高頻、高壓與高功率元件之前瞻材料平台，提供國內關鍵元件開發、製程驗證與模組整合所需之高品質材料根基，使國內在前瞻化合物半導體材料領域具備自主研發能力與長期技術競爭力。

二、前瞻高頻元件及模組

本分項將聚焦於高頻化合物半導體元件與高功率密度功率放大器及前端模組研發，製作於 GaN-on-X 及其他新興材料基板，專注於 E-band 的相關技術(71–76, 81–86 GHz)之研發，逐步提升元件操作頻率、功率密度、線性度與高頻封裝整合能力，以支援下世代衛星通訊先進應用。

在元件方面完成高頻元件之結構與製程優化，包括 T 型閘極設計、高功率密度與高線性度元件架構、以及高解析微影與 T 型閘極製程技術之建構，掌握閘極微縮、Foot-head 對準與源／閘／汲極間距控制等關鍵能力，以有效降低寄生電容與寄生電阻、提升增益與頻寬。導入再磊晶(Regrowth)源／汲極技術與 High-k/SiN 鈍化層，降低接觸電阻與閘極漏電，以提升大訊號線性度及長期可靠度，並針對高功率操作需求進行散熱設計與溫度分佈最佳化，實現具高 f_T/f_{max} 、高功率密度與高崩潰電壓之綜合性能。

於電路及模組方面將以 GaN-on-X 元件為核心主動元件技術，執行 71–76 GHz E-band 功率放大器之開發與性能驗證，完成線性度 40–43 dBm 與功率密度 2 W/mm 的技術指標；並在此基礎上突破更高頻段操作限制，最終推進至 81–86 GHz 技術，實現高度整合之高頻封裝，達成線性度 43–46 dBm 及功率密度 2.5 W/mm 之進階目標。本分項亦包含發展適用於 E-band 的低損耗封裝與模組整合技術，並探討抗輻射元件與電路設計方法，結合封裝材料、電路布局與系統架構之整合開發。最終目標以實現適用於 E-band 高頻通訊前端模電路與模組，用於下世代衛星通訊系統(SATCOM)，滿足高頻寬、長距離傳輸需求，提供低延遲、高資料傳輸速率與抗干擾能力等。透過上述技術之整合，奠定國內於 E-band 高功率元件、封裝與模組領域的自主研發能力，建立可支撐未來先進通訊系統發展的關鍵技術基礎。

三、前瞻高壓元件、模組與系統應用

本分項旨在研發高壓與高可靠度化合物半導體元件與模組技術。透過材料、元件結構、製程、封裝與驅動電路的協同優化，建構能應用於高電壓、高電流、高溫與高功率密度環境的關鍵元件與系統，以支撐未來運具電動化、智慧電網與再生能源的成長需求。

在元件開發方面，本分項將著重於高耐壓結構設計、模擬軟體開發、電場工程與界面可靠度提升，發展多重電場緩衝架構、邊緣終端工程、低電阻接觸與介電層強化等技術，藉以優化電場分佈、降低寄生效應並提升導通效率，達成如超高耐壓 10 kV 元件。透過結構設計與材料工程的整合，強化元件在高壓、高功率與高溫環境下的操作穩定性與長期可靠度。

在模組整合方面，本分項將發展高壓封裝、散熱設計與隔離驅動技術，包括低寄生電感封裝架構、高散熱導通材料、高介電強度絕緣系統與 CMTI(Common Mode Transient Immunity)大於 250 kV/ μ s 驅動設計。透過封裝、熱管理與驅動電路的共同最佳化，提升模組在快速切換、高電流脈衝、電磁干擾環境與高頻電力轉換條件下的穩健性，提升國內於電動運具、智慧電網與再生能源電能轉換系統等應用競爭力。

本分項將建立可應用於電動運具、智慧電網與再生能源電能轉換系統之高壓化合物半導體元件模組技術，強化國內在高壓功率電子與電能轉換系統之技術自主性，並為未來高功率與高可靠度電能轉換系統需求奠定長期關鍵技術基礎。

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會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)國科會工程處於 115 年度分別推動「高效能化合物半導體前瞻技術研究計畫」、「高效能晶片關鍵技術與創新應用計畫」及「矽光子前瞻技術研發與應用計畫」計畫徵求，為確保三項專案間人力與資源配置之合理性，並促進學研團隊有效投入具代表性與互補性的研究主題，相關申請規範如下，請填寫聲明書(格式如附件一)，並將此聲明書附於計畫書表 CM04「四、整合型研究計畫項目及重點說明」之後。
- 1.研究人員得以整合型計畫之總計畫主持人或子計畫主持人身分參與申請，但其參與身分不得超過下列任一組合(至多申請兩項專案)：
 - (1)擔任一整合型計畫之總計畫主持人，並同時擔任另一整合型計畫之一個子計畫主持人。
 - (2)擔任兩個不同整合型計畫之各一個子計畫主持人。
 - (3)除上述情形外，不得再同時擔任其他總計畫或子計畫主持人職務。上述限制適用於同一專案內及不同專案間，以避免重複申請或職務重疊。
 2. 若計畫團隊成員或計畫內容於同一專案內或不同專案間具有高度重疊性，此部分將納入計畫審查與評分之重要考量。
- (三)計畫每年度申請總額度以不超過新台幣 2,000 萬元為原則。
- (四)申請書表格採用本會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 50 頁為限。

- (五)本計畫申請人應規劃三年(115 年 6 月 1 日至 118 年 5 月 31 日止)，經審查通過獲補助之研究計畫，採分年核定多年期計畫，本會得視情況調整執行期程。
- (六)計畫申請作業，自即日起接受申請，請申請人依本會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**115 年 2 月 5 日(星期四)前**備函送達本會(請彙整造冊後專案函送，逾期恕不受理)。
- (七)計畫書撰寫時，請採用本會專題研究計畫申請書格式；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」；計畫歸屬請勾選「工程處」；學門代碼請勾選「E9884-高效能化合物半導體前瞻技術研究」。
- (八)本專案之總計畫及子計畫主持人，本會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。
- (九)本計畫列入本會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)計畫書須陳述三年計畫規劃藍圖(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)團隊若需使用 TSRI 的資源及研究環境，請參考附件二，提出相關規劃。
- (三)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。

- (四)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，提出如何以實際模組或系統來驗證所開發的元件。

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)產業合作成果落地可行性。
- (七)關鍵專利之佈局規劃。
- (八)國際合作之規劃。

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)本會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個月繳交期中報告，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(三年)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)執行團隊須配合本會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)如未依規定繳交報告或年度審查時，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，本會得調減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會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，本會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、計畫成果發表除須註明本會補助外，亦請註明本計畫名稱或計畫編號。
- 四、其餘未盡事宜，請依本會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

共同召集人：國立成功大學電機工程學系（所）梁從主教授

Tel：(06)2757575#62355

E-mail：tjliang@mail.ncku.edu.tw

共同召集人：國立成功大學電機工程學系（所）張簡樂仁教授

Tel：(06)2757575#62387

E-mail：leren@ee.ncku.edu.tw

共同召集人：國家實驗研究院台灣半導體研究中心 章殷誠研究員

Tel：(03)577-3693#7228

E-mail：yincheng.chang@nlar.org.tw

聯絡人：國科會工程處 李明霏助理研究員

Tel：(02)2737-7437

E-mail：mflee@nstc.gov.tw

有關計畫申請系統操作問題，請洽國科會資訊處系統服務專線：

Tel：(02)2737-7590、7591、7592