115 年國科會工程處
「矽光子前瞻技術研發與應用計畫」徵求公告

壹、 計畫背景

矽光子技術的關鍵應用在於資料中心光連結，著眼於矽光子在寬頻寬與節能上的優勢，正逐步取代銅線，成為 AI 晶片間的高速相互光連結之技術。在國際市場方面，隨著人工智慧模型規模與應用持續擴張，資料中心互連速率正由 800G 快速邁向 1.6T，高密度、低功耗光連結需求急遽攀升。國際大廠已展示高速 CPO 交換器，顯示矽光子結合 CPO 架構在面積與功耗上，均可大幅優於傳統可插拔模組。根據 Yole 市場分析，未來五年矽光子相關晶片市場將以 43%年增率高速成長，CPO 模組產值則以 137%年增率成長，預期至 2033 年達 81 億美元。

在技術發展趨勢上，矽光子平台的應用已超越光連結的通訊與資料傳輸，並延伸至光感測、光運算等領域。例如，單晶片上整合高靈敏度干涉儀與光譜分析元件，可應用於環境監測、精密製程控制、距離姿態測量、生醫化學檢測等；在光運算方面，利用矽光子矩陣乘法單元與可調干涉網路，可實現卷積神經網路（CNN）訓練與推論，具備低延遲、低功耗特性，特別適合邊緣運算與高速影像處理等應用場景。

我國在全球半導體製造與封裝測試具備完整供應鏈，並透過國家實驗研究院台灣半導體研究中心（TSRI）推動矽光子–CPO 平台與產業聯盟，逐步建立設計、製程、封裝與測試的跨域生態。然而，現階段仍存在數項挑戰：如何發展下一代先進光連結、光感測和光運算技術；在高可靠度 III–V 光源與矽基平台的量產級異質整合方面仍具技術門檻;光纖陣列與光子晶片組裝的可靠度與良率將影響 CPO 模組取代銅線作為晶片光連結的進程；設計與製程協同優化（Design Technology Co-Optimization, DTCO）流程亦不夠完整，缺乏跨製程節點的模擬與驗證工具鏈；此外，具備光電同封裝、熱結構設計、光學人工智慧計算與自動化測試能力的人才仍明顯不足。

貳、 計畫目標與研究項目

本計畫旨在建置跨校跨域矽光子研發團隊，完善我國具國際競爭力之研發生態系，聚焦光連結、光感測、光運算等關鍵應用。核心技術涵蓋共封裝光學、異質整合、先進封裝、外掛雷射與三維光子積體電路（3D PIC）等技術發展，並建立自設計、製程、封裝至系統驗證的完整生態系。於設計與驗證面，將建構電、熱、高頻與光學多物理協同模擬，並優化矽光子元件庫(Device Library)，提升設計準確度與製程良率；在封裝與互連部分，突破光纖尾纜對接、多通道光纖陣列高精度封裝、矽光子中介層與玻璃基板整合、聚合物波導及 3D 光子積體電路光學導孔等技術瓶頸。同時，建置重點封裝與量測設備共用服務平台，推動 III－V on Si 及 Si/SiN 雙層波導等低損耗、低熱漂移平台，配合先進封裝技術，在設計工具鏈方面，需擴充製程設計套件(Process Design Kit, PDK)、封裝套件(assembly design ki, ADK)、電子/光子設計自動化(Electronic/Photonic Design Automation, EPDA)與系統級建模庫，形成可量產的設計套件與參考設計，加速從晶片到系統的落地應用。同時，本計畫將培育具備光電共封裝、多物理協同設計及系統級整合能力的博碩士研發人才，確保技術持續迭代並支撐產業長期發展。透過產學研資源整合與關鍵應用落地，鞏固台灣於全球矽光子供應鏈的領先地位，並推動技術向新興高成長市場擴展。本計畫主要目標說明如下：

一、 建構高效能矽光子與光電異質整合平台，達到國際主流水準的光損耗與耦合效率。建立涵蓋電路模擬、熱傳分析、高頻建模與光學模擬的整合平台，支援元件、封裝與系統級設計的全域優化。

二、 研發下世代先進光連結技術、以矽光子為核心的光感測，以及支援低延遲低功耗的光運算架構。

三、 建立矽光子智財與元件庫最佳化，發展涵蓋主流與先進製程節點的高精度 PDK 與元件模型庫，提升設計到製造的一致性與良率。建立涵蓋光/電/熱/機全域模擬的 PDK、ADK 與 EPDA 設計工具鏈，支援從元件到系統的快速設計迭代與量產驗證。

四、 開發中介層、玻璃基板或 PCB 聚合物波導等材料結構，縮短光 I/O 與運算核心距離，減少光連結延遲與損耗。研發支援垂直光訊號傳輸的光學導孔技術，實現三維光子積體電路架構，提升光路佈局自由度與 I/O 密度。

五、 建立跨校、跨領域矽光子研發計畫，培養設計、製程、封裝及系統整合等領域的專業人才。

本計畫係依據「晶片驅動-加速矽光子技術自主及產業鏈成型」之規劃精神，參酌國際矽光子技術發展趨勢及應用方向，結合國內半導體與光電產業鏈及學研研發能量，徵求具前瞻性與挑戰性的矽光子技術研發與應用計畫，以強化我國在高速光電晶片與關鍵光連結技術之研發能量。本計畫徵求研究項目分為四大項目，**所有申請計畫皆須包含項目一「光連結應用模組開發」**，並且亦必須包含項目二至項目四之中一項以上的研究項目。

一、光連結應用模組開發：

本項目重點在於推動下一代先進共同封裝光學(Co-Packaged Optics, CPO)光引擎(optical engine)之研發與驗證，展示高速、低功耗之光連結技術，以支援資料中心與 AI 運算等應用需求。申請團隊必須實際展示系統之封裝整合，可選擇展示矽光子晶片與積體電路晶片之整合，亦或可選擇展示矽光子晶片與光纖陣列、雷射光源、異質調變器、或異質光偵測器之封裝整合。三年目標具體訂定為：

第一年：完成 3.2Tb/s 光收發模組設計。

第二年：須完成 3.2Tb/s 光收發模組驗證，並於以下兩者擇一：完成 6.4Tb/s 關鍵核心元件設計，或完成單通道 400Gb/s 關鍵核心元件設計。

第三年：須完成 3.2Tb/s 光收發系統封裝與測試，並於以下兩者擇一：完成 6.4Tb/s 關鍵核心元件驗證，或完成單通道 400Gb/s 關鍵核心元件驗證。

二、光感測與光運算應用模組開發

在光感測方面，開發具量產能力的干涉型或光譜型感測晶片，應用於環境監測、精密製程控制、距離姿態測量、生醫化學檢測等，但不限於以上列舉之光感測應用；在光運算方面，開發以矽光子平台建立光學矩陣運算或卷積神經網路（CNN）加速器雛形，驗證其於 AI 推論任務中的低延遲與高能效優勢，或研發基於矽光子平台之量子運算晶片，或研發矽光子全光交換(all-optical switching)晶片，但不限於以上列舉之光運算應用。本研究項目需於應用場域進行實證驗證，以加速應用落地。由於光感測與光運算的應用範圍很廣，本研究項目申請團隊需自行定義三年具體目標，需等同於或優於目前市場或學術領導技術(state-of-the-art)之規格，並需自行具體定義如何於應用場域實證展示其成果。

三、模擬平台與後段製程

建立涵蓋電、熱、高頻與光學模擬的一體化協同設計平台，結合製程實測數據優化 PDK 與元件模型庫（Device Library），提升設計與製造的一致性與匹配度，支援跨製程節點的設計技術協同優化。建立矽光子異質整合的後段製程，例如覆晶黏合、晶片黏合、微轉置列印與微光學透鏡等技術；研發高可靠度 III–V 材料或非線性材料如 $LiNbO_3$與矽基平台的異質整合；開發外掛雷射與其整合技術。本研究項目申請團隊需自行定義三年具體目標，需等同於或優於目前市場或學術領導技術之規格，並需自行具體定義如何於應用場域實證展示其成果。

四、用於共同封裝光學之先進封裝技術

研發先進光纖與矽光子晶片對接技術、多通道光纖陣列高精度封裝、可拆卸式光纖連接器；實現矽光子中介層與 PCB 聚合物波導整合，延伸光 I/O 至板級系統；推進三維光子積體電路與光學導孔（Optical Via）製程，以支援跨層光路佈局。本研究項目必須達到國際主流水準的光損耗與耦合效率。本研究項目申請團隊需自行定義三年具體目標，需等同於或優於目前市場或學術界領導技術之規格，並需自行具體定義如何於應用場域

實證展示其成果。

參、 計畫撰寫說明

一、計畫書中須明確說明擬研發之目標技術、國內外發展現況及技術競爭力比較，並提出具體之產業應用規格作為開發依據。應依各年度設定主要工作項目、核心技術之量化目標及最終預期效益。

二、計畫書應提出三年整體規劃藍圖(roadmap)及執行內容，具體說明各年度成果、查核指標與後續產業化成效，並應說明與合作企業及法人單位實質合作之規劃項目與內容。

三、本計畫係針對產業需求進行前瞻性關鍵技術研發，應聚焦於具策略價值之核心技術，避免項目過於分散，並確保成果可落實於產業應用。

四、本計畫以強化產學合作、落實產業應用為目標，故需要有法人單位與產業界參與實質合作，尤其是光電晶片設計公司或光電系統應用公司，以提高產業效益。請於計畫書中具體說明合作企業或法人單位參與本專案計畫之工作內容與合作方式、技術落地與銜接至產業應用之具體措施。與產業界合作模式包括派員參與計畫執行、合作企業提供經費、耗材或研究設備供計畫使用等方式；與法人單位的合作模式(例如使用台灣半導體中心(TSRI)所提供的多專案晶片(MPW)服務、製程服務以及使用工研院的量測平台與封裝製程服務等)。為落實產學研密切結合之目標，計畫團隊須申請時檢附合作意願書(格式如附件一)，並將合作意願書附於計畫書表CM04「四、整合型研究計畫項目及重點說明」之後。

五、計畫書中須針對擬完成的系統晶片各個功能模組晶片規劃可能採用的製程平台及備用解決方案。

六、本計畫所購置單價新台幣 1,000 萬元(含)以上之設備，需透過國研院臺灣半導體研究中心(TSRI)所建置設備共享平臺及預約介面，使全台產學研團隊皆預約使用。

肆、 計畫申請、審查與考核

一、計畫申請

(一) 申請機構、總計畫與子計畫之主持人及共同主持人須符合本會補助專題研究計畫作業要點之規定。

(二) 本專案須規劃申請3年期計畫，自 **115年6月1日至118年5月31日**，且以單一整合型研究計畫為限。

(三) 單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，各子計畫主持人應實質參與研究，計畫書應詳實註明各子計畫主持人負責之研究主題，整合之計畫需有總體明確的目標，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。

(四) 國科會工程處於115年度分別推動「矽光子前瞻技術研發與應用計畫」、「高效能晶片關鍵技術與創新應用計畫」及「高效能化合物半導體前瞻技術研究計畫」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，請依填寫聲明書（格式如附件二），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(也就是說至多得申請兩項專案)：
   (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。

(五) 每一計畫每年度申請總額以不超過 2,500 萬元為原則。

(六) 申請程序：

1. 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，研提正式計畫申請書(採線上申請)；申請人之任職機構應於**115 年 2 月 5 日(星期四)**前函送本會(請彙整造冊後專案函送，逾期恕不受理)。
2. 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，請選擇「專題類-隨到隨審計畫」；計畫類別點選「一般策略專案計畫」；研究型別點選「整合型計畫」；計畫歸屬點選「工程處」；學門代碼點選「E9883-矽光子前瞻技術研發與應用計畫」。
3. 考量本專案計畫為單一整合型計畫，需整合各項子計畫內容，計畫之 CM03 內容至多 50 頁，超出部分不予審查。

二、審查與核定

(一)審查方式包括初審及複審，如有必要將安排計畫申請人簡報計畫內容。

(二)本計畫申請人須規劃申請 3 年期計畫，自 **115 年 6 月 1 日至 118 年 5 月 31 日**，業經審查通過，計畫執行期間每年進行成果考評，依審查結果核定次年度經費，本會可視情況調整作業時程。

(三)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。

(四)本計畫列入國科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。

(五)本計畫屬專案計畫，恕無申覆機制。

三、計畫執行與考評

(一)本會將對執行計畫定期進行考評,執行團隊必須配合提供計畫執行進度與成果，並出席各項審查會議，必要時得進行實地訪查。

(二)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)年度計畫結束前 2 個月交期中報告,依規定進行書面審查或會議審查或實地訪查;合作企業及法人單位參與程度、研究進度及成果的審查結果將成為下一年度是否繼續補助或調整經費的參考依據。

(四)計畫合作企業派員參與計畫執行、合作企業提供耗材或研究設備供計畫使用等實質合作相關證明文件請置於年度報告內容中。

(五)為加強跨計畫團隊間之互相觀摩，並藉由同儕間之激勵而提升研發成效，將由各計畫團隊輪流主辦成果觀摩會，各計畫團隊主要人員均須出席。

(六)計畫全程(三年)結束時除應繳交結案報告外，依規定需舉辦成果評鑑會議，必要時得進行實地訪查。

(七)如未依規定繳交報告或執行成效未如預期且計畫主持人未盡力改善時，本會得調減次年度經費或終止執行該計畫。

伍、 其他注意事項

一、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。

二、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。

三、本計畫之簽約、撥款、延期與變更、經費結報及報告繳交等應依本會補助專題研究計畫作業要點、本會補助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。

四、本公告未盡事宜,應依本會補助專題研究計畫作業要點、本會補助專題研究計畫經費處理原則及其他相關法令規定辦理。

陸、 計畫聯絡方式

召集人：國立陽明交通大學光電工程學系 劉柏村教授

電話：(03)5712121#52994

E-mail：ptliu@nycu.edu.tw

共同召集人：國立陽明交通大學光電工程學系 鄒志偉教授

電話：(03)5712121#56334

E-mail： cwchow@nycu.edu.tw

國科會工程處計畫聯絡人：黃士育副研究員

電話：(02)2737-7374

E-mail：syuhuang@nstc.gov.tw

有關計畫申請系統操作問題，請洽本會資訊系統服務專線

電話：(02) 2737-7590、7591、7592