



# 光量子晶片應用於積體化多通道量子隨機亂數產生器

計畫總主持人

李明昌 教授 國立清華大學光電工程研究所

共同主持人

徐韶徽 研究員 財團法人國家實驗研究院台灣半導體研究中心

劉怡君 教授 國立清華大學電子工程研究所

黃柏鈞 教授 國立清華大學電子工程研究所

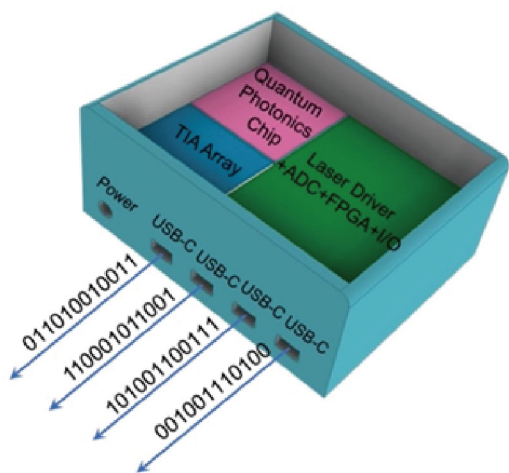
李瑞光 教授 國立清華大學光電工程研究所

黃元豪 教授 國立清華大學光電工程研究所

鄭皓中 教授 國立臺灣大學電信工程學研究所

## 計畫簡介

量子隨機數產生器 (QRNG) 對於科學模擬、量子通信和密碼學至關重要。在這個計畫中，我們藉由檢測室溫下真空態或壓縮態的量子相位變異來開發高速、多通道積體化 QRNG。這項研究工作有幾個顯著特點。首先，我們提出一種新的積體光學平台，能於室溫下在單一晶片上產生、操作和檢測連續可變量子態。該量子態將通過我們設計的低噪聲、高速積體化零差檢測電路，轉換為具有高頻寬的原始信號，後續經由可程式化邏輯閘陣列 (FPGA) 結合演算法及時產生隨機亂數。我們將使用這些隨機亂數於量子密鑰分發、數字簽名和認證、蒙特卡羅方法和深度機器學習。



高速、多通道積體化量子隨機亂數產生器，主要由三個關鍵零件所組成，包含光量子晶片、高速低雜訊零差檢測電路及可程式化邏輯閘陣列

## 產業應用

利用量子物理所產生的隨機亂數被視為真隨機亂數，結合隨機亂數及密碼演算法可以產生無法被破解的加密訊息，本計畫所開發的積體化高速光量子隨機亂數產生器可結合手機等可攜式訊息傳輸工具，可應用於加密式物聯網場域。

# 多功能量子通訊網路

## 計畫總主持人

褚志崧 教授 國立清華大學物理學系 (所)

## 共同主持人

余怡德 教授 國立清華大學物理學系 (所)

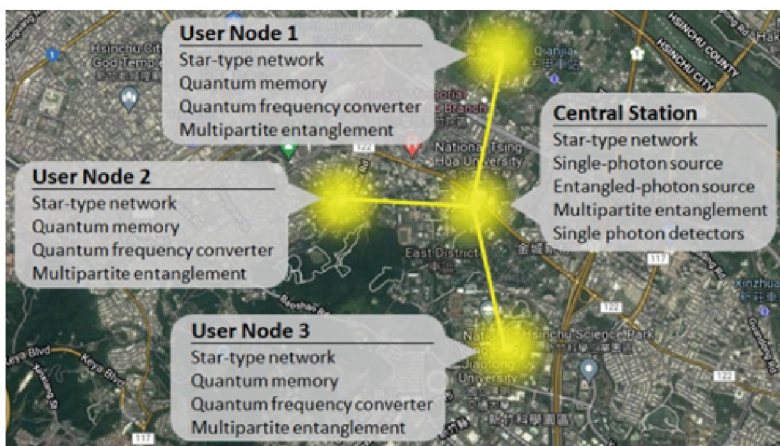
陳泳帆 教授 國立成功大學物理學系 (所)

王祥宇 研究員 中央研究院天文及天文物理研究所

李哲明 教授 國立成功大學工程科學系 (所)

## 計畫簡介

本計畫將開發適合都會區的量子安全通訊，並同時發展高效率單光子光源、糾纏光子光源、量子頻率轉換器、量子記憶體、單光子偵測器、多光子糾纏等有效提升量子通訊性能的技術。我們預期以單光子光源取代量子密鑰分發常用的雷射光源，系統可忍受更高的傳遞損耗和量子位元錯誤率。而使用糾纏光子和量子記憶體執行量子密鑰分發，或使用高效率超導奈米線單光子偵測器測量光子，則能大幅提升量子通訊的距離。



都會區內的量子通訊網路

## 產業應用

本計畫所開發的量子通訊技術，有助於實現都會區的絕對安全加密通訊或是長距離的密鑰派送，也可以連結各地區的量子電腦，實現傳統網路無法達成的分散式量子計算或更精準的天文觀測。

# 非高斯連續變量積體光電晶片 量子計算

## 計畫總主持人

陳彥宏 教授 國立中央大學光電科學與工程學系

## 共同主持人

李瑞光 教授 國立清華大學光電工程研究所

吳俊毅 教授 財團法人淡江大學物理學系

吳欣澤 教授 國立中正大學物理學系

李依珊 教授 國立中央大學電機工程學系

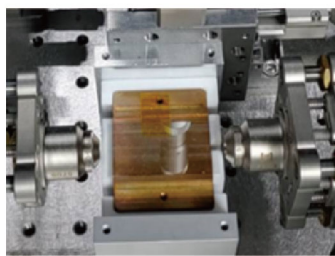
## 協同主持人

李明昌 教授 國立清華大學光電工程研究所

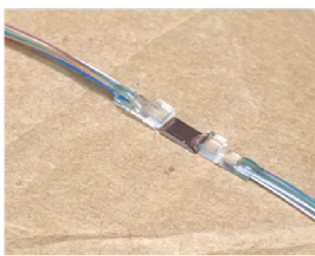
## 計畫簡介

光量子是目前最可能在室溫下且晶片化運作的量子計算技術。本計畫以矽基量子光電晶片為平台，積體整合量子光源晶片、量子光學與量測技術、矽光子、錯誤碼糾正、多體光量子態驗證與光子數解析偵測器等關鍵核心技術，再基於本團隊過去在矽基光量子晶片上完成光量子位元(qubit)邏輯閘之技術，進一步朝向“非高斯連續變量具除錯積體光電晶片量子計算”此一前沿光量子電腦技術邁進。

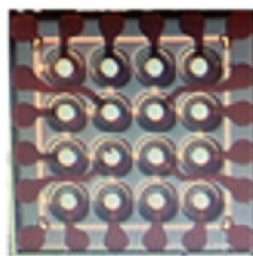
非高斯連續變量GKP量子態在光量子的運算上具更高的事件發生與成功機率優勢。在實施上，針對量子光電晶片設計、製造、驗證與應用，協助以矽材為基礎的產學研聚落進入量子世代。



光子量子位元源



矽基光量子計算晶片



單光子偵測器

國科會「非高斯連續變量積體光電晶片量子計算」計畫所研發的光量子電腦三大關鍵技術

## 產業應用

本計畫研發的光量子電腦技術上，光子量子位元源、線性光路及單光子偵測器為三大硬體構成組件，皆能以先進的積體光路技術來完成整合，該技術不僅可應用在量子電腦、量子通訊及量子感測上，也可廣泛應用於新世代的光通訊、醫療、國防、太空等產業上。相較於其他量子技術方案，晶片化是光量子技術的一大賣點。矽基量子光路之摩爾定律也已發表，全球積體光路市場規模於2021年已達\$76 億，市場預測2030年更將達\$410 億。