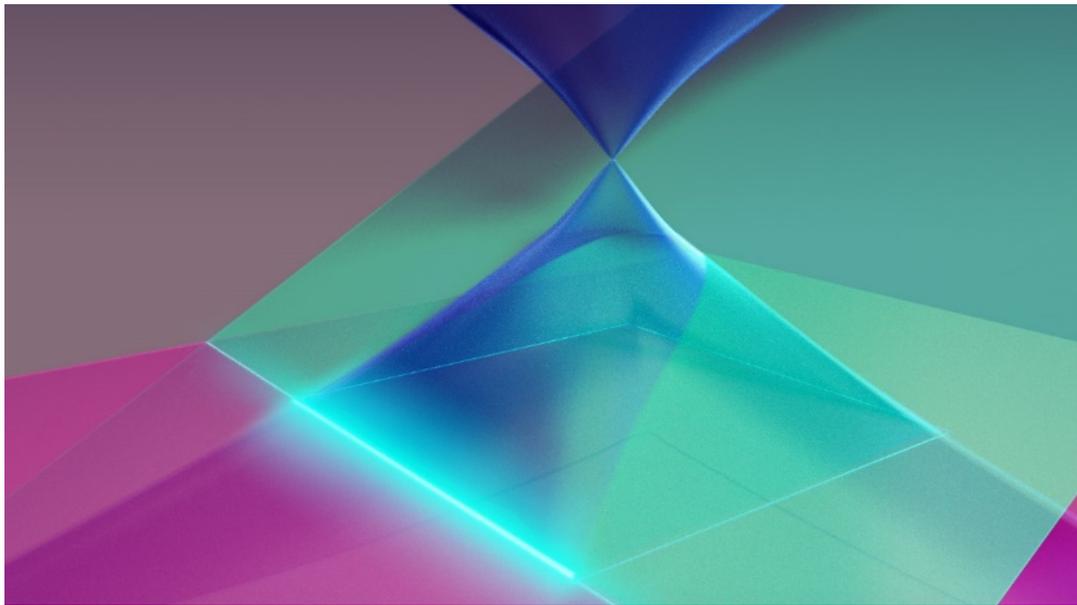


新聞稿

即時發放

物理學家開發平坦能帶新技術增強自由電子與光子兼容性
有望開發新型光源及創建量子計算與通信系統

2023 年 1 月 5 日



圖一、港大夥國際研究團隊合作開發平坦能帶新技術增強自由電子與光子兼容性，研究結果刊於《自然》。圖中為藝術描繪下的自由電子與光子晶體平板平坦能帶的相互作用。（圖片鳴謝：陳磊）

電子與的光子相互作用是許多現代技術的關鍵部分，從激光到太陽能電池板再到 LED（發光二極體）上亦然。但尺度上的不兼容削弱了它們之間相互作用的強度：可見光的波長大約為電子尺度的一千倍，兩者差距甚大，其相互影響的方式因而受到這種差異所限制。

近日，來自香港大學（港大）和麻省理工學院的研究人員以及他們的合作夥伴提出了一種創新方法，可以使光子和電子之間的相互作用加強。在這個研究過程中，一種名為「史密斯-珀塞爾輻射」（Smith-Purcell radiation）的光發射過程增強了達百倍之多。此發現有望對基礎研究和潛在應用產生影響，儘管後者需要更多研究才有機會實用化。

該研究結果剛刊於權威學術期刊《自然》（*Nature*）上，論文作者包括港大理學院物理學系助理教授（前麻省理工學院博士後）楊易博士、麻省理工學院博士後研究員 Charles ROQUES-CARMES、Marin SOLJAČIĆ 教授和 John JOANNOPOULOS 教授、麻省理工其他成員 Steven KOOI 和 Justin BEROZ、哈佛大學的 Haoning TANG 和 Eric MAZUR，及以色列理工學院的 Ido KAMINER。

結合計算機模擬和實驗，研究小組發現，通過將電子束與特殊設計的光子晶體（絕緣體上刻有納米級孔陣列的矽片）結合使用，「史密斯-珀塞爾輻射」可以在理論上實現較傳統過程高達幾個量級的強度；他們的原理驗證實驗則記錄約兩個數量級的輻射增強。

與其他產生光源或電磁輻射的方法不同，研究中基於自由電子的方法是完全可以調控的——只要調整光子結構的大小和電子的速度，便可以產生任何波長的射線。在電磁波譜中，一些射線（包括太赫茲波、紫外線和 X 射線）因缺少輻射源技術而難以放射，該發現有望為這些區域提供基於自由電子的光源方案。

在原理驗證實驗中，團隊利用電子顯微鏡測量平台觀測到約兩個量級的輻射增強。在未來的輻射器件中，同樣的基本原理可能實現更大的增強效應。該原理基於平坦能帶（Flatbands）的物理概念。平坦能帶是近年來在凝聚態物理和光子學中的研究熱點，但尚未應用於光子和自由電子的相互作用。該作用過程涉及動量在電子與光子之間的匹配，傳統的光-自由電子相互作用依賴於單一橫模的光，而基於平帶的光子晶體調諧方式使其能夠同時以相同的頻率產生一系列橫向模式。

同樣的原理也可以用於時間反演的物理過程，即是用共振光波在芯片上構建微型粒子加速器的方式來推動電子。此功能或許最終能夠替代巨型地下隧道（例如瑞士 30 公里寬的大型強子對撞機）的部分功能。「基於集成芯片的電子加速器有望產生高速的電子用於放射治療等應用，因此把加速器微型化有着非凡的意義。」麻省理工學院 Soljačić 教授說。

研究團隊表示，該系統有望用於產生多種糾纏光子，用於創建基於量子的計算和通信系統。港大物理學系楊易博士表示：「自由電子可以將許多光量子耦合在一起，這在純光學方案中有着相當大的實現難度。因此這一電子-光子復合方案是令人興奮的未來研究方向之一。」

Roques-Carnes 補充道：「這是一種截然不同的方式，雖然大多數用於產生光的技術都僅限於特定的波長範圍，並通常較難改變發射頻率，但在此研究中它是完全可以調控的 — 只須改變電子的速度，就可以改變發射頻率，這讓我們對這些新型光源的潛力抱有期望。」

為了實用化這一方案，一系列挑戰仍須克服，例如開發光學和電子元件之間的必要接口（尤其是在芯片上）和開發與合適連續波前耦合的電子源。團隊預計兩年到五年內，該方案有望在某些輻射波段產生競爭力。

詳情請見研究論文：<https://www.nature.com/articles/s41586-022-05387-5>

新聞稿原文擷取自麻省理工學院通訊事務處。

傳媒如有查詢，請聯絡理學院外務主任杜之樺（電話：3917 4948；電郵：caseyto@hku.hk / 助理傳訊總監陳詩迪（電話：3917 5286；電郵：cindycst@hku.hk）。

相片下載及說明：<https://www.scifac.hku.hk/press>