

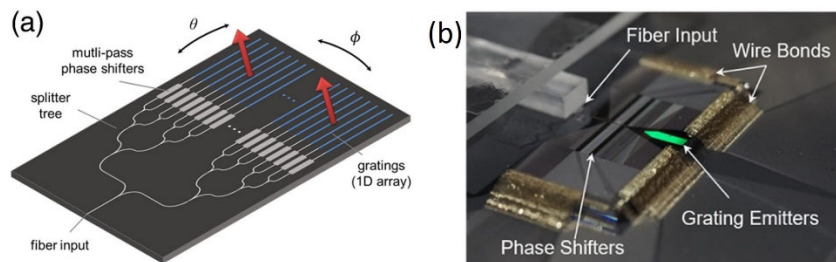
矽光子光束掃描技術簡介

Beam steering technologies based on silicon photonics

張祐嘉助理教授

光束掃描 (beam steering) 是光學雷達 (LIDAR, light detection and ranging)、雷射掃描式顯微鏡、自由空間光通訊等應用的關鍵技術。傳統上使用機械式的旋轉鏡或振鏡 (galvo mirrors) 將光導向不同的方向，但體積龐大且機械動件的可靠度不佳。近年來許多團隊投入以微型化的固態晶片達成光束掃描的研究，其中又以矽光子技術引起很大的注目。矽光子由於使用 CMOS 製程，相容於目前積體電路的製造方式，具有高良率與量產性，可望用於實現微型化的光束掃描晶片。

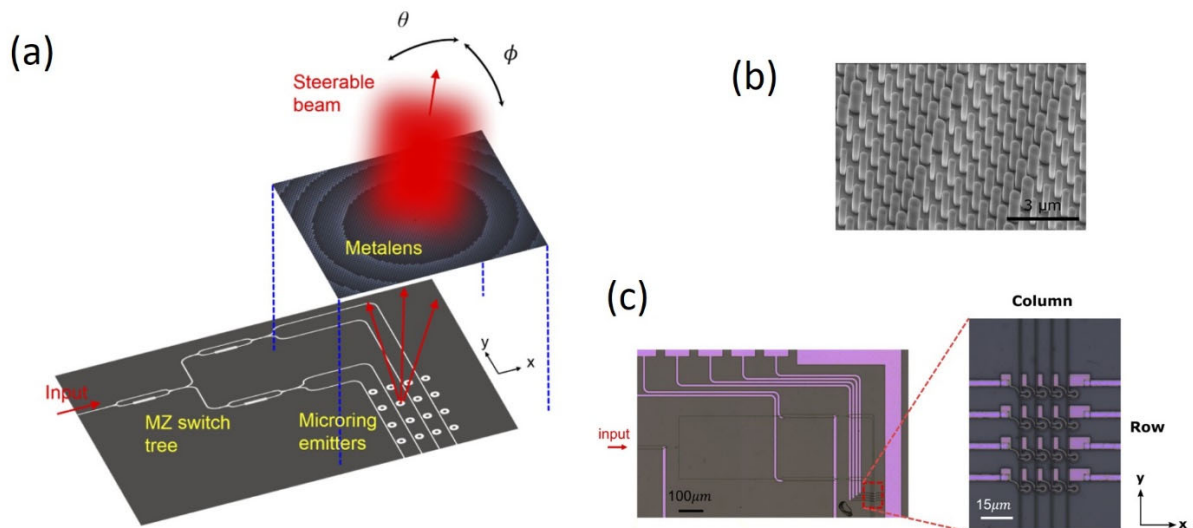
目前矽光子中採用的光束掃描架構可分為兩大方式。第一種架構為光學相位陣列，其原理如圖一所示。將入射光分光至大量的波導中，每個波導上具有獨立的相移器 (phase shifter)，再出射至自由空間中，合成為一道波前可控制的光束。此方法的優點為波前可自由操控，可形成準直光束、聚焦光束、多光束等各種變化。且十分可靠，即使有部分相移器故障，仍能維持相當的光束品質。但缺點為需要驅動大量的相移器，因此十分耗電。且此方法只能達成一維的掃描 (圖一 a 中的 ϕ 方向)，因此通常需要配合另外的光束掃描機制，例如結合光柵結構，以入射雷射波長改變光柵繞射角，來實現另一維度的掃描 (圖一 a 中的 θ 方向)。圖一為張祐嘉老師在 Columbia University 所參與開發的矽光子光學相位陣列 [1]。



圖一 (a) 矽光子光學相位陣列之結構示意圖。(b) 矽光子光學相位陣列之照片 [1]。

第二種架構如圖二所示，將光源導入矽光子晶片後，在晶片上實現一個可切換出射光點位置的光路。於矽光子晶片之上，再搭配一個透鏡。該透鏡和晶片之距離即透鏡的焦距，因此由晶片出射的光點經透鏡後可形成準直光束。

當改變不同出射光點的位置時，會使準直光束指向不同的遠場角度。此方法的優點在於不需要同時驅動所有的相移器，耗電量小。且可用於實現二維的掃描。但缺點為受限於透鏡的像差，大角度掃描時光束品質會降低。圖二為張祐嘉老師在 Columbia University 所開發的光束掃描器，其架構為超穎透鏡結合矽光子的光點切換網絡 [2]。



圖一 (a) 矽光子光束掃描器之結構示意圖。(b) 超穎透鏡之電子顯微鏡照片。(c) 矽光子的光點切換網絡之光學顯微鏡照片 [2]。

- [1] S. A. Miller, Y. C. Chang, C. T. Phare, M. C. Shin, M. Zadka, S. P. Roberts, B. Stern, X. Ji, A. Mohanty, O. A. J. Gordillo, U. D. Dave, M. Lipson*, “Large-scale optical phased array using a low-power multi-pass silicon photonic platform,” *Optica* **7**, 3 (2020).
- [2] Y. C. Chang*, M. C. Shin, C. T. Phare, S. A. Miller, E. Shim, and M. Lipson*, “2D beam steerer based on metalens on silicon photonics,” *Optics Express* **29**, 854-864 (2021).