

利用多模波導全像術製作可變分光率之多模干涉耦合器

曾碩彥^{1,2,*}, Seungkeun Choi², and Bernard Kippelen²

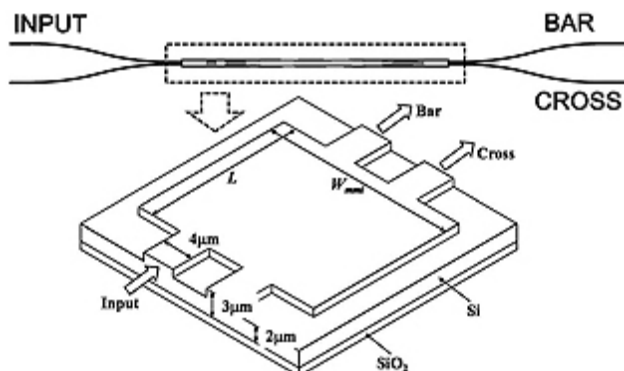
¹ 國立成功大學電機資訊學院光電工程學系

² 美國喬治亞理工學院有機光電中心

tsengsy@mail.ncku.edu.tw

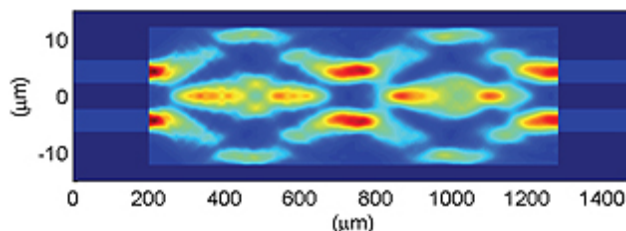
OPTICS LETTERS 34, 512-514 (Published 15 February 2009)

近年來，由於微奈米製程技術的快速發展，我們已經能夠在平面光波電路上製作複雜的圖形。如把先進的製程技術與日新月異的電腦科技相結合，我們將能在波導上設計並製作複雜的折射率分佈，以達到全像術的功能。我們利用多模波導全像術(MWH)實現了一種全新的積體光學元件：可變分光率的二對二多模干涉耦合器。傳統上，我們必須改變元件的尺寸以達成不同的分光率；而這種新的元件，是在固定大小的元件上（圖一），利用表面蝕刻的全像圖形來產生任意的分光率。這將使得此類元件與其他積體光學元件的結合更加容易。這種電腦計算出的全像圖形將多模結構中的模態混合並轉換以產生各種輸出。此技術將為新一代的積體光學元件設計提供一個全新的設計平台，並且能夠拓展跨領域的系統整合以應用在光通信、光互連波導、光信號處理、與感測等領域上。

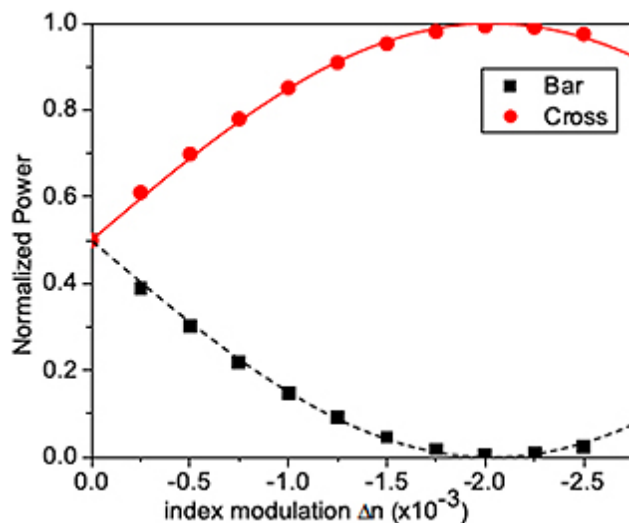


圖一、多模波導全像術在固定大小二對二多模干涉耦合器上應用之示意圖。

首先，我們使用廣角光束行進法 wide-angle beam propagation method (WA-BPM) 進行數值模擬來驗證理論的計算（圖二），此一數值模擬結果證實了我們的矩陣理論（圖三）。我們並證實了這些新穎元件保有傳統多模干涉耦合器在製程上有較大容忍度跟大頻寬等優點。而在元件的應用上，這些耦合器可用來準確調整波導與微光學共振腔之間的耦合度。傳統上，與微光學共振腔的耦合需要非常高的製程精確度，利用這些元件，我們將可減少對製程設備的依賴；另外，我們可將這些元件輕易的與非線性光學材料做結合，利用具有Kerr非線性的材料來製作主動調變的分光器，並實現全光學開閉器。



圖二、使用廣角光束行進法 (WA-BPM) 所演算出之多模波導全像圖形。

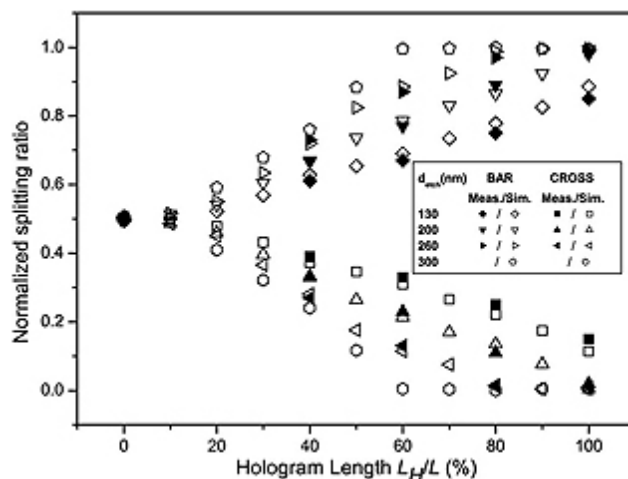


圖三、數值模擬結果（點）與矩陣理論（線）計算出的分光率。

在實驗上，我們在 silicon-on-insulator (SOI) 平台上，首次製作出固定大小且可變分光率的分光器。因為 SOI 平台與目前相當成熟的矽互補式金屬-氧化層-半導體 CMOS 科技有相當高的整合性，我們因此選擇此平台來製作元件。此元件之製程需要數次的微影步驟來製作並對準多模光波導與多模波導全像圖形。首先，我們利用電子束微影 (e-beam lithography) 與反應性離子蝕刻 (reactive ion etching) 在晶片上做出定位圖形，然後用電子束微影將多模波導全像圖形對準並微影在晶片上，再以反應性離子蝕刻將其蝕刻出來，最後，利用光罩定位機將多模光波導微影於晶片，並以同樣的反應性離子蝕刻完成製作。

我們製作出不同蝕刻深度與長度的全像圖形於元件上，並用一可調波長雷射光源來量測元件。我們使用光強度檢測器來測量元件的輸出，並利用光纖來把雷射光導入和導出元件。量測的結果發現沒有全像圖形的元件，依照原先的設計，有 50:50 分光器的功能；如圖四所示，我們可利用全像圖形的深度與長度來改變固定大小多模干涉耦合器的分光率，此結果與我們的數值模擬與理論計算相符。我們並模擬了實際元件上的折射率分佈與實際量測結果相比較，亦得到非常好的吻合。

在這個研究中，我們首次做出了一種全新的積體光學元件，利用多模波導全像術來改變固定大小的 SOI 二對二多模干涉耦合器的分光率。這些元件使我們能在不改變元件大小狀況下，自由的選擇所需的分光率。



圖四、元件量測結果（實心）證實矩陣理論與數值模擬（空心）的結果。