

## THIẾT KẾ BỘ GHÉP/PHÂN KÊNH PHÂN CHIA THEO MODE SỬ DỤNG CẤU TRÚC CHỮ Y BẤT ĐỐI XỨNG ỨNG DỤNG TRONG HỆ THỐNG MDM

Đào Duy Từ, Nguyễn Chánh Tín, Hồ Đức Tâm Linh\*

Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

\*Email: hdtlinh@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/5/2019; ngày hoàn thành phần biên: 30/5/2019; ngày duyệt đăng: 02/7/2019

### TÓM TẮT

Chúng tôi đề xuất một chip quang học dựa trên vật liệu Silic có khả năng ghép kênh/phân kênh phân chia theo mode bằng cách ghép tầng các ống dẫn sóng Y – Junctions bất đối xứng. Tín hiệu đầu vào là các mode cơ bản phân cực điện TE<sub>0</sub> được ghép kênh và chuyển đổi thành các mode bậc cao hơn TE<sub>0</sub>, TE<sub>1</sub>, TE<sub>2</sub>, TE<sub>3</sub> và TE<sub>4</sub> ở cổng đầu ra. Thiết bị được thiết kế và tối ưu dựa trên phần mềm mô phỏng số truyền chùm tia 3 chiều (BPM-3D – Beam Propagation Method) kết hợp với phương pháp chỉ số hiệu dụng (EIM - Effective Index Method). Thiết bị thực hiện thành công việc ghép kênh 5 mode trên một dải băng rộng từ 1.05  $\mu\text{m}$  đến 1.6  $\mu\text{m}$  với suy hao chèn luôn nhỏ hơn 0.1 dB và nhiễu xuyên kênh luôn dưới -10 dB. Với các đặc điểm nổi trội nêu trên, chúng tôi hy vọng, thiết bị sẽ được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống ghép kênh phân chia theo mode tốc độ cao cũng như trong các mạch tích hợp quang tử trên chip.

**Từ khóa:** Bộ ghép/phân kênh theo mode, BPM, EIM, Silic, Y - Junctions.

### 1. GIỚI THIỆU

Lưu lượng dữ liệu trong các mạng thông tin đang tăng lên nhanh chóng do sự phát triển không ngừng của các ứng dụng băng rộng như video chất lượng cao hay điện toán đám mây (cloud computing) trong các trung tâm dữ liệu (datacenter). Xu hướng này đặt ra một yêu cầu cấp thiết về dung lượng dữ liệu trên khắp cơ sở hạ tầng mạng mà các mạng này đang phụ thuộc chủ yếu vào công nghệ truyền dẫn sợi quang. Trong các hệ thống thông tin quang ngày nay, kỹ thuật ghép kênh phân chia bước sóng WDM (Wavelength-Division Multiplexing) đang được dùng để truyền tải dữ liệu trên các bước sóng khác nhau nhằm tăng dung lượng truyền dẫn [1]. Tuy nhiên, do băng thông hữu hạn của sợi quang, các hệ thống thông tin quang ngày nay ngày càng cạn kiệt nguồn bước sóng, gây ra tình trạng nghẽn mạch mạng thông tin. Điều này đặt ra một nhu cầu cấp thiết cần phải phát triển một kỹ thuật ghép kênh mới bên cạnh kỹ

thuật WDM để tăng một cách đáng kể dung lượng truyền dẫn cho các hệ thống thông tin quang thế hệ mới.

Ghép kênh phân chia theo mode quang MDM (Mode Division Multiplexing) là công nghệ ghép kênh quang rất hứa hẹn để gia tăng dung lượng hệ thống thông tin quang, công nghệ này đang được nghiên cứu trong những năm gần đây [2]–[5]. Trong MDM, thông tin được điều chế trên các mode quang trực giao với nhau, giúp truyền thông tin trên các mode khác nhau có cùng một bước sóng mà không bị nhiễu xuyên kênh. Vậy, nếu sử dụng kỹ thuật MDM với  $M$  mode quang trên một bước sóng kết hợp với kỹ thuật WDM với  $N$  bước sóng, tổng số kênh truyền của hệ thống sẽ là  $M \times N$ , tăng  $M$  lần so với các hệ thống WDM thông thường.

Trước đây, một số bộ ghép kênh phân chia mode đã được đề xuất sử dụng các cấu trúc ống dẫn sóng khác nhau như bộ tách ghép chữ Y (Y –Junctions), giao thoa đa mode – MMI (Multimode Interference), bộ ghép nối định hướng không đối xứng – ADCs (Asymmetrical Directional Couplers), bộ ghép nối định hướng được hỗ trợ cách tử - GACCs (Grating Assisted Contra - Directional Couplers). Bộ ghép kênh phân chia mode dựa trên bộ chia Y và MMI chỉ dừng lại với việc xử lý hai mode quang có cùng độ phân cực [6]. Ngoài ra, bộ ghép kênh phân chia mode dựa trên ADCs thì yêu cầu sự chính xác giữa độ dài và độ rộng của các khớp nối [7], và bộ ghép dựa trên GACC có nhược điểm là băng thông hạn chế [8]. Riêng đối với cấu trúc ống dẫn sóng hình dạng chữ Y thì được ứng dụng khá rộng rãi trong các ứng dụng. Cụ thể chúng được sử dụng làm bộ chia công suất băng thông rộng [9], bộ ghép kênh bước sóng [10] hoặc bộ chia công suất biến đổi [11]. Chúng đôi khi được sử dụng làm bộ tách phân cực, bộ sắp xếp mode và bộ ghép kênh phân chia mode không gian (MDM) của sợi quang [12]–[18]. Các mối nối Y không đối xứng cũng được đề xuất cho việc ghép kênh không gian của sợi quang duy trì phân cực để truyền dữ liệu dung lượng cực cao [19].

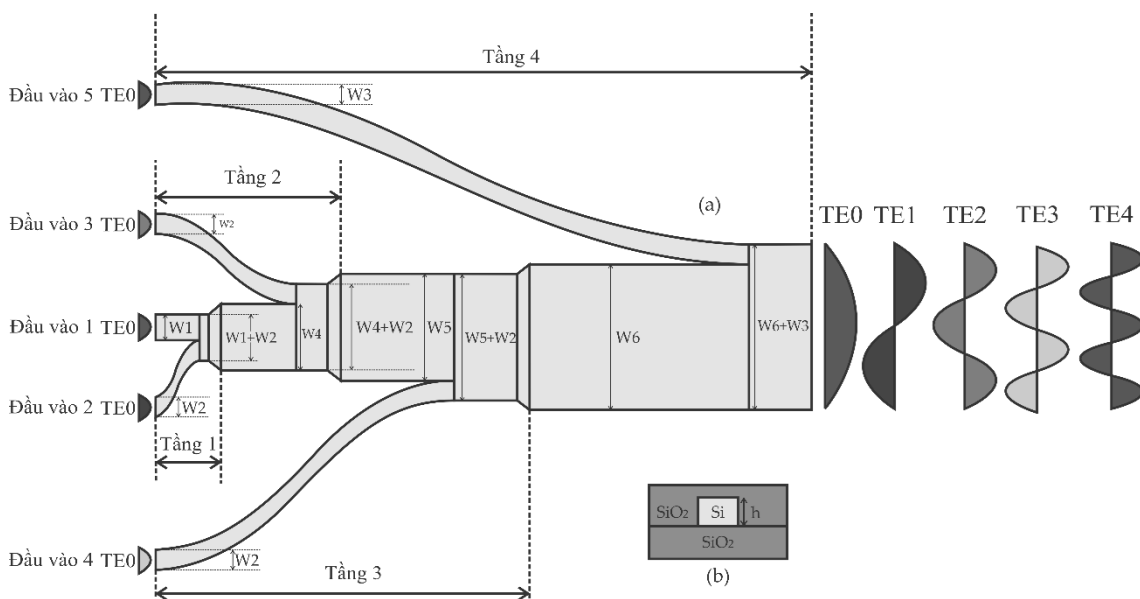
Tận dụng ưu điểm băng thông rộng của cấu trúc ống dẫn sóng chữ Y, chúng tôi đề xuất một bộ ghép kênh phân chia mode với khả năng ghép 5 luồng tín hiệu mode cơ bản TE<sub>0</sub> và chuyển đổi thành 1 luồng tín hiệu với 5 mode trực giao từ TE<sub>0</sub> đến TE<sub>4</sub>. Quá trình tối ưu hóa và mô phỏng hoạt động được thực hiện bằng phương pháp tính toán số truyền chùm tia 3D (BPM -3D) và phương pháp chỉ số hiệu dụng (EIM). Qua quá trình mô phỏng và khảo sát, bộ ghép kênh phân chia mode này đạt được kết quả với hiệu suất ở các cổng đầu ra lên đến 98% trong một dải băng rộng từ 1.05  $\mu\text{m}$  đến 1.6  $\mu\text{m}$ , đồng thời nhiễu xuyên kênh luôn thấp hơn -10 dB trong toàn bộ băng được xét.

## 2. THIẾT KẾ THIẾT BỊ

### 2.1. Tổng quan thiết bị

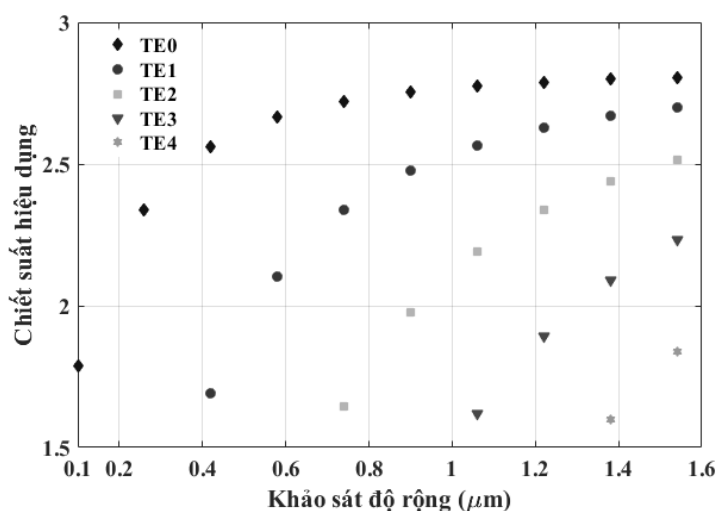
Cấu trúc của bộ ghép/phân kênh phân chia 5 mode được ghép từ 4 tầng của cấu Y – Junction bất đối xứng. Các tầng thứ  $i$  ( $i = 1,2,3,4$ ) được hình thành bằng cách ghép thêm một ống dẫn sóng truy cập đầu vào hẹp để kích thích các mode bậc cao trong ống dẫn sóng trung tâm. Liên kết giữa các tầng là các ống dẫn sóng hình búp măng, mục đích của việc thêm các ống dẫn sóng búp măng này để tăng cường hiệu suất ghép quang giữa các tầng. Để thiết kế bộ ghép/phân kênh phân chia mode thì các ống dẫn sóng truy cập đủ nhỏ để đảm bảo rằng các mode khi truyền trên đường đi qua thiết bị không bị ảnh hưởng bởi các ống dẫn sóng khác. Mỗi ống dẫn sóng truy cập chỉ hỗ trợ mode cơ bản (mode TE<sub>0</sub>) và ống dẫn sóng trung tâm có kích thước lớn có thể hỗ trợ đa mode. Khi phát mode cơ bản vào một trong những ống dẫn sóng truy cập, tín hiệu sẽ lan truyền giao thoa tới ống dẫn sóng trung tâm làm xuất hiện các mode bậc cao hơn.

Bộ ghép/phân kênh phân chia mode với cấu trúc ống dẫn sóng dạng kênh được hiển thị như hình 1, với độ cao thiết bị là  $h = 0.22 \mu\text{m}$ . Vật liệu của lớp vỏ và lớp phủ là SiO<sub>2</sub> có chiết suất là 1.44. Trong khi đó, vật liệu của lớp lõi được làm bằng Si với chiết suất là 3.47.



Hình 1. (a) Sơ đồ của bộ ghép/phân kênh phân chia theo mode, (b) Mặt cắt ngang của thiết bị.

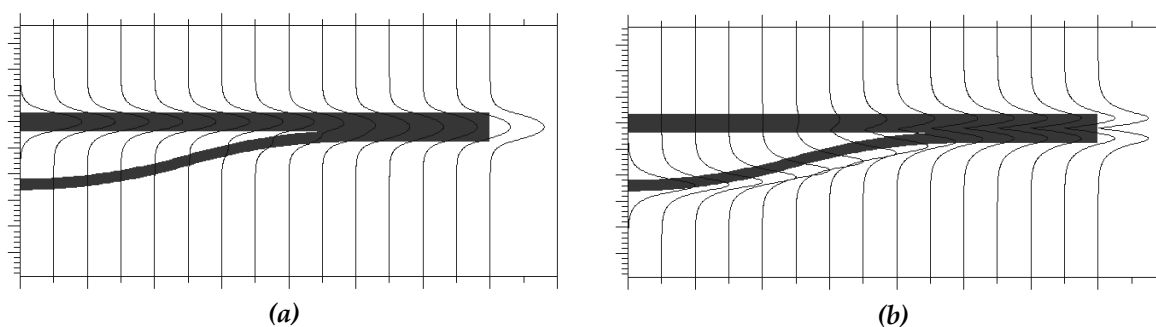
## 2.2. Mô tả và phân tích cấu trúc thiết bị



Hình 2. Khảo sát độ rộng ống dẫn sóng theo chiết suất hiệu dụng.

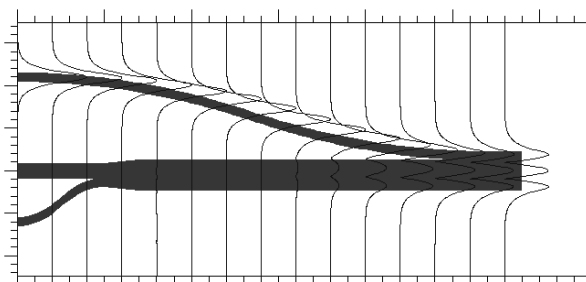
Hình 2 mô tả sự hỗ trợ các mode theo độ rộng ống dẫn sóng của thiết bị, ống dẫn sóng đầu vào với độ rộng được lựa chọn là  $0.2 \mu\text{m}$  để hỗ trợ mode cơ bản TE0 và độ rộng ống dẫn sóng bằng  $1.6 \mu\text{m}$  sẽ hỗ trợ tối đa được 5 mode TE0, TE1, TE2, TE3 và TE4.

Đối với tầng 1, để tránh sự xuất hiện của các mode bậc cao không mong muốn trong ống dẫn sóng, chúng tôi tiến hành khảo sát độ rộng của ống dẫn sóng truy cập đầu vào bao gồm một ống dẫn sóng rộng ở trung tâm với độ rộng là  $W1$  và một ống dẫn sóng uốn cong hẹp với độ rộng là  $W2$ . Độ rộng này được chọn thích hợp sao cho chỉ hỗ trợ mode cơ bản (mode TE0). Để tạo ra các mode mong muốn thì hiện tượng ghép ánh sáng giữa các ống dẫn sóng sẽ được thực hiện. Độ rộng đầu ra là  $W1 + W2$ , nó chính là tổng độ rộng của hai ống dẫn sóng truy cập đầu vào và chỉ hỗ trợ tối đa hai mode TE0 và TE1. Dựa vào sự khảo sát chiết suất hiệu dụng của thiết bị, chúng tôi chọn chiều rộng của ống dẫn sóng trung tâm là  $W1 = 0.35 \mu\text{m}$  sao cho khi phát mode TE0 vào đầu vào này, tại đầu ra thì cũng thu được mode TE0. Tương tự, độ rộng của ống dẫn sóng truy cập của đầu vào 2 là  $W2 = 0.2 \mu\text{m}$ , tức là khi phát mode TE0 vào ống dẫn sóng hẹp thì một phần năng lượng của mode TE0 này sẽ ghép qua ống dẫn sóng trung tâm và tạo ra mode TE1 (hình 3). Đây là hiện tượng ghép ánh sáng của các ống dẫn sóng khi chúng được đặt cạnh nhau tại một khoảng cách thích hợp. Dựa vào hiện tượng này, chúng tôi sẽ tiến hành ghép tầng để tạo ra các mode bậc cao hơn.



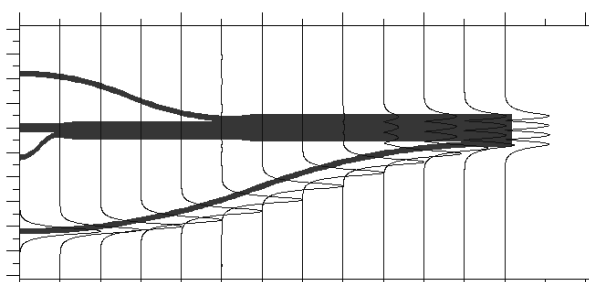
**Hình 3.** Sự hình thành mode TE0 (a) và TE1 (b) khi phát các mode TE0 ở đầu vào 1 và 2, tương ứng.

Cũng như tầng 1, tầng 2 cũng có hai ống dẫn sóng đầu vào với một ống dẫn sóng rộng đặt ở vị trí trung tâm có độ rộng là  $W_4$  và một ống dẫn sóng uốn cong hẹp có độ rộng là  $W_2$ . Độ rộng đầu ra của tầng này là  $W_2 + W_4$ , nó cũng chính là tổng độ rộng của hai ống dẫn sóng đầu vào hỗ trợ tối đa ba mode TE0, TE1, TE2. Dựa vào hình 2, chiều rộng  $W_4$  được chọn là  $0.7 \mu\text{m}$  để dẫn hai mode TE0 và TE1 của tầng 1 (hình 4). Độ rộng của ống dẫn sóng hẹp của tầng 2 cũng được chọn là  $W_2 = 0.2 \mu\text{m}$  sao cho khi phát mode TE0 vào đầu vào này, một phần năng lượng của mode TE0 sẽ ghép với ống dẫn sóng rộng trung tâm và kích thích tạo ra mode TE2.



**Hình 4.** Sự hình thành mode TE2 khi phát mode TE0 ở đầu vào 3 tương ứng.

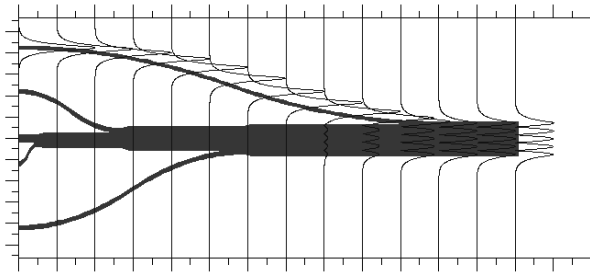
Tương tự với hai tầng ở trên, tầng 3 được hình thành bởi một ống dẫn sóng rộng có độ rộng là  $W_5$  nằm chính giữa trung tâm và một ống dẫn sóng hẹp uốn cong có độ rộng  $W_2$ . Tổng độ rộng của hai ống dẫn sóng này hỗ trợ tối đa bốn mode TE0, TE1, TE2 và TE3. Chúng tôi chọn độ rộng  $W_5 = 1.1 \mu\text{m}$  đảm bảo dẫn đồng thời ba mode TE0, TE1 và TE2 của tầng 2. Khi phát mode TE0 vào ống dẫn sóng hẹp uốn cong có độ rộng  $W_2 = 0.2 \mu\text{m}$  này, thì một phần năng lượng của mode TE0 sẽ ghép nối lại với ống dẫn sóng trung tâm và phát triển tạo ra mode TE3 (hình 5).



**Hình 5.** Sự hình thành mode TE3 khi phát mode TE0 ở đầu vào 3 tương ứng.

Thiết kế bộ ghép/phân kênh phân chia theo mode sử dụng cấu trúc chữ Y bất đối xứng ...

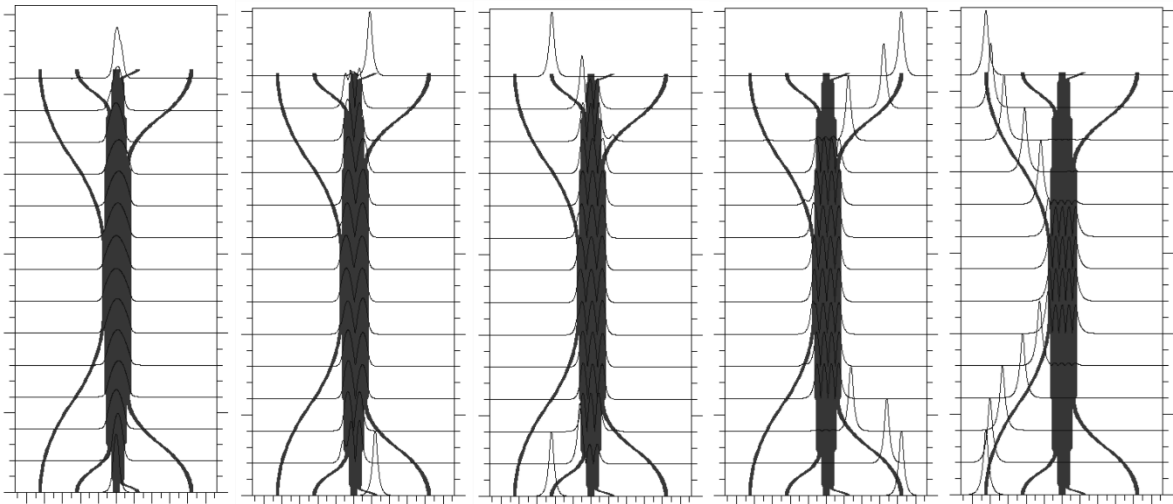
Tầng 4 là tầng cuối cùng của thiết bị, gồm một ống dẫn sóng uốn cong hẹp với độ rộng là  $W3$  và một ống dẫn sóng rộng đặt tại vị trí trung tâm với độ rộng là  $W6$ . Tổng độ rộng đầu ra  $W6 + W3$  của tầng 4 chỉ hỗ trợ tối đa năm mode là  $TE_0, TE_1, TE_2, TE_3$  và  $TE_4$ . Theo khảo sát, chúng tôi chọn độ rộng ống dẫn sóng  $W6 = 1.45 \mu\text{m}$  để có thể dẫn bốn mode  $TE_0, TE_1, TE_2$  và  $TE_3$  của tầng 3 cùng một lúc. Độ rộng của ống dẫn sóng truy cập đầu vào  $W3 = 0.15 \mu\text{m}$  sao cho khi phát mode  $TE_0$  vào ống dẫn sóng uốn cong hẹp này, một phần năng lượng của mode  $TE_0$  này ghép qua ống dẫn sóng trung tâm tạo ra mode  $TE_4$  (hình 6).



Hình 6. Sự hình thành mode  $TE_4$  khi phát mode  $TE_0$  ở đầu vào 3 tương ứng.

### 3. MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

Phương pháp mô phỏng truyền chùm tia BPM – 3D và phương pháp EIM được sử dụng để đánh giá công suất chuyển đổi quang của thiết bị ghép/phân kênh phân chia mode. Chúng tôi thực hiện khảo sát các mode  $TE_0$  khi chúng được truyền vào bộ ghép kênh và giải ghép kênh tại đầu ra.

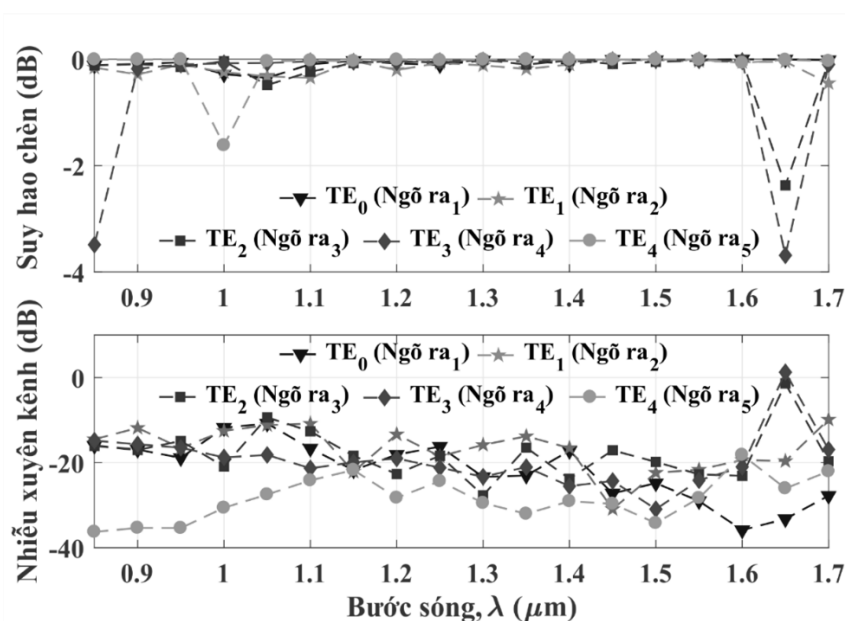


Hình 7. Phân bố trường của thiết bị khi phát mode  $TE_0$  ở đầu vào và nhận được mode  $TE_0$  ở đầu ra.

Để đánh giá hiệu năng của thiết bị chúng tôi sử dụng hai thông số Suy hao chèn (IL) và Nhiễu xuyên kênh (CT), nó được định nghĩa như sau:

$$IL = 10 \log \left( \frac{P_{ra \text{ mong muốn}}}{P_{vào}} \right) \quad (1)$$

$$CT = 10 \log \left( \frac{P_{ra \text{ không mong muốn}}}{P_{ra \text{ mong muốn}}} \right) \quad (2)$$



Hình 8. Suy hao chèn và nhiều xuyên kênh như một hàm của bước sóng.

Trong đó  $P_{vào}$  là công suất phát ở ngõ vào,  $P_{ra \text{ mong muốn}}$  là công suất đo được tại ngõ ra mong muốn nhận tín hiệu và  $P_{ra \text{ không mong muốn}}$  là công suất ảnh hưởng lên các ngõ ra không mong muốn. Hình 8 thể hiện sự suy hao chèn và nhiều xuyên kênh của bộ ghép kênh mode khi phát lần lượt các mode TE<sub>0</sub> vào các ống dẫn sóng đầu vào tương ứng. Trong toàn bộ dải tần số 550 nm (từ 1.05  $\mu\text{m}$  đến 1.6  $\mu\text{m}$ ) suy hao chèn luôn nhỏ hơn 0.1 dB và nhiều xuyên kênh luôn nhỏ hơn -10 dB, đặc biệt tại hai bước sóng 1.15  $\mu\text{m}$  và 1.55  $\mu\text{m}$  thì suy hao chèn và nhiều xuyên kênh của cả 5 mode có hiệu suất chuyển đổi quang và nhiều lên các kênh là nhỏ nhất. Tuy nhiên, tại bước sóng 1.65  $\mu\text{m}$  thì suy hao đạt giá trị lớn nhất, suy hao chèn gần bằng -3.8 dB và nhiều xuyên kênh quá lớn, thậm chí có với ngõ ra 4 thì giá trị còn đạt giá trị dương, điều này có nghĩa là tín hiệu nhận được ở cổng không mong muốn còn cao hơn công suất ở công mong muốn nhận.

#### 4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã thiết kế và đề xuất một bộ ghép/phân kênh phân chia mode với tổn thất suy hao chèn thấp và băng thông hoạt động lên đến 550

nm, đồng thời nhiễu xuyên kênh cho bộ ghép/phân kênh phân chia mode nằm trong khoảng -10 dB đến -38 dB trong dải tần được xét ở trên. Chúng tôi cũng mô tả quá trình chuyển đổi các mode cơ bản đầu vào thành các mode bậc cao ở đầu ra của bộ ghép kênh 5 mode từ TE<sub>0</sub> đến TE<sub>4</sub>. Với các kết quả đạt được về băng thông, suy hao chèn, nhiễu xuyên kênh, kích thước nhỏ gọn, chúng tôi hy vọng thiết bị sẽ là một ứng cử viên đầy hứa hẹn cho hệ thống WDM – MDM tốc độ cao cũng như các mạch tích hợp quang tử trên chip.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. N. S. Bergano and C. R. Davidson (1996), "Wavelength Division Multiplexing in Long-Haul Transmission Systems," *J. Light. Technol.*, vol. 14, no. 6, pp. 1299–1308.
- [2]. R. Ryf et al. (2012), "Mode-division multiplexing over 96 km of few-mode fiber using coherent 6×6 MIMO processing," *J. Light. Technol.*, vol. 30, no. 4, pp. 521–531.
- [3]. S. Randel et al. (2011), "6×56-Gb/s mode-division multiplexed transmission over 33-km few-mode fiber enabled by 6×6 MIMO equalization," *Opt. Express*, vol. 19, no. 17, pp. 16697–16707.
- [4]. M. Salsi et al. (2012), "Mode-division multiplexing of 2 × 100 Gb/s channels using an LCOS-based spatial modulator," *J. Light. Technol.*, vol. 30, no. 4, pp. 618–623.
- [5]. N. Bai et al. (2012), "Mode-Division Multiplexed Transmission with Inline Few-Mode Fiber Amplifier," *Opt. Express*, vol. 20, no. 3, pp. 2668.
- [6]. T. Uematsu, Y. Ishizaka, Y. Kawaguchi, and K. Saitoh (2012), "Design of a Compact Two-Mode Multi / Demultiplexer Consisting of Multimode Interference Waveguides and a Wavelength-Insensitive Phase Shifter for Mode-Division Multiplexing Transmission," *J. Light. Technol.*, vol. 30, no. 15, pp. 2421–2426.
- [7]. J. B. Driscoll, R. R. Grote, B. Souhan, J. I. Dadap, M. Lu, and R. M. Osgood (2013), "Asymmetric Y junctions in silicon waveguides for on-chip mode-division multiplexing," *Opt. Lett.*, vol. 38, no. 11, pp. 1854.
- [8]. D. Dai (2012), "Silicon mode-( de )multiplexer for a hybrid multiplexing system to achieve ultrahigh capacity photonic networks-on-chip with a single-wavelength-carrier light," *ACP Tech. Dig.*, pp. 7–9.
- [9]. H. Qiu et al. (2013), "Silicon mode multi / demultiplexer based on multimode grating-assisted couplers," *Opt. Express*, vol. 21, no. 15, pp. 6–8.
- [10]. M. Izutsu, Y. Nakai, and T. Sueta (1982), "Operation mechanism of the single-mode optical-waveguide Y junction," *Opt. Lett.*, vol. 7, no. 3, pp. 136–138.
- [11]. J. . L. and A. Ankiewicz (2003), "Purely geometrical coarse wavelength multiplexer/demultiplexer," *Electron. Lett.*, vol. 39, no. 19, pp. 898–899.
- [12]. K. Shirafuji and S. Kurazono (1991), "Transmission Characteristics of Optical Asymmetric Y Junction with a Gap Region," *J. Light. Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 40–40.



- [13]. N. Riesen and J. D. Love (2012), "Design of mode-sorting asymmetric Y-junctions," *Appl. Opt.*, vol. 51, no. 15, pp. 2778.
- [14]. T. Diffusion (1991), "A Polarization Splitter on L i m o 3 Using Only Titanium Diffusion," *J. Light. Technol.*, vol. 9, no. 7, pp. 879–886.
- [15]. W. Chen, P. Wang, and J. Yang (2013), "Mode multi/demultiplexer based on cascaded asymmetric Y-junctions," *Opt. Express*, vol. 21, no. 21, pp. 25113.
- [16]. W. M. Henry and J. D. Love (1997), "Asymmetric multimode Y-junction splitters," *Opt. Quantum Electron.*, vol. 29, no. 3, pp. 379–392.
- [17]. J. M. Castro, D. F. Geraghty, B. R. West, and S. Honkanen (2004), "Fabrication and comprehensive modeling of ion-exchanged Bragg optical add – drop multiplexers," *Appl. Opt.*, vol. 43, no. 33.
- [18]. J. M. Castro, D. F. Geraghty, S. Honkanen, C. M. Greiner, D. Iazikov, and T. W. Mossberg (2006), "Optical add – drop multiplexers based on the antisymmetric waveguide Bragg grating," *Appl. Opt.*, vol. 45, no. 6.
- [19]. N. Riesen, J. D. Love, and J. W. Arkwright (2012), "Few-mode elliptical-core fiber data transmission," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol. 24, no. 5, pp. 344–346.

## FIVE-MODE MULTIPLEXER AND DEMULTIPLEXER UTILIZING ASYMMETRIC Y - JUNCTION COUPLERS IN MDM SYSTEMS

Dao Duy Tu, Nguyen Chanh Tin, Ho Duc Tam Linh\*

Faculty of Electronics and Telecommunications, University of Sciences, Hue University

\*Email: hdtlinh@hueuni.edu.vn

### ABSTRACT

We propose an optical chip based on silicon material that is capable of multiplexing/demultiplexing five mode by cascading asymmetric Y - Junction couplers. The input signal is the fundamental modes of transverse electric (TE) polarization which is multiplexed and converted into higher order modes from TE<sub>0</sub> to TE<sub>4</sub> at the output ports. The device is designed, optimized and based on 3-dimensional beam propagation method (BPM - 3D) combined with effective indexing method (EIM). The device successfully performs five-mode multiplexing on a wide band between 1.05 $\mu\text{m}$  and 1.6 $\mu\text{m}$  with insertion loss always less than 0.1dB and crosstalk below -10dB. With the above outstanding features, we hope the device will be widely used in high-speed mode division multiplexing (MDM) systems as well as in photonic integrated circuits on the chip.

**Keywords:** BPM, EIM, Mode (de)multiplexer, Silicon, Y – Junctions.

Thiết kế bộ ghép/phân kênh phân chia theo mode sử dụng cấu trúc chữ Y bất đối xứng ...



**Đào Duy Từ** sinh ngày 04/09/1996 tại Lâm Đồng. Năm 2019, ông tốt nghiệp kỹ sư ngành Công nghệ kỹ thuật điện tử - viễn thông tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* mạng máy tính và mạch tích hợp quang tử.



**Nguyễn Chánh Tín** sinh ngày 21/06/1996 tại Huế. Năm 2019, ông tốt nghiệp kỹ sư ngành Công nghệ kỹ thuật điện tử - viễn thông tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* mạng máy tính và mạch tích hợp quang tử.



**Hồ Đức Tâm Linh** sinh ngày 03/02/1986 tại Huế. Năm 2009, ông tốt nghiệp kỹ sư ngành Công nghệ kỹ thuật điện tử - viễn thông tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Năm 2014, ông tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Kỹ thuật điện tử tại trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội. Từ năm 2014 đến nay, ông là giảng viên tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* xử lý tín hiệu toàn quang, mạch tích hợp quang tử.