

平成 21 年 6 月 8 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19760228

研究課題名 (和文) フェーズアレイ型 1×N 半導体光スイッチの研究

研究課題名 (英文) Research on Phased Array 1xN Semiconductor Optical Switch

研究代表者

種村 拓夫 (TANEMURA TAKUO)

東京大学・先端科学技術研究センター・講師

研究者番号：90447425

研究成果の概要：

将来の光通信ネットワークにおいて必要となる大規模光スイッチの実現に向けて、「フェーズアレイ型半導体光スイッチ」を新たに考案し、1×5 光スイッチの設計、試作、および原理検証に初めて成功した。また、デバイス設計とプロセス技術を最適化することにより、1×8 光スイッチへの拡張に成功し、低偏波依存性、広帯域性、高速応答性を実証した。さらに、320Gbps 広帯域光パケットスイッチ実験を行い、光ルータへの適用性を明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,800,000	0	1,800,000
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
総計	3,200,000	420,000	3,620,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス・電子機器

キーワード：光デバイス・集積化

1. 研究開始当初の背景

昨今のインターネットの普及に伴い、情報トラフィックは年率 2 倍という驚異的な比率で上昇の一途を辿っている。現在の光通信システムでは、ネットワークの各ノードにおいて光信号をいったん電気信号に変換し、電気ルータによりパケット毎に経路を切り替えた後、再び光信号に変換してノードから送り出しているが、この光-電気-光(O/E/O)変換に必要なデバイスコストや消費電力の高騰が、ビットレートの更なる高速化を妨げる最大の要因になっている。将来のフォトニックネットワークでは、光スイッチを用いて光信号の経路を直接切り替える、いわゆる「光ルータ」を用いることで、この問題を打破することが求められている。そのためには、ナノ

秒オーダーで経路切り替えが可能な超高速 N×N 光スイッチが不可欠となる。特に、大規模なメッシュ・ネットワークで用いるには、2×2 のクロススイッチでは不十分であり、8×8, 16×16, 32×32 といった大規模な光スイッチが求められる。

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえて、本研究では、次世代光通信システムの鍵となる光ルータの実現に向け、入出力ポート数の拡張に対してスケーラブルな新型の半導体光スイッチを実現することを目的とした。

本研究で提案した「フェーズアレイ型 1×N 光スイッチ」は、アレイ状に並べられた光位相制御器を用いて光の干渉位置を制御す

るものであり、従来手法に比べて優れたスケーラビリティを持つ。本研究では、このような新規デバイスの設計・原理検証を行い、大規模化に向けた検討を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

- (1) 位相変調アレイの最適設計を行うために、位相変調器単体を試作し、変調特性の構造依存性を調査した。その結果、最適な導波路構造を求めた。
- (2) スラブ導波路の最適設計を行うために、ビーム伝搬法による数値計算を行った。その結果をもとに、最適なスラブ長やアレイ構造などのパラメータを導出した。
- (3) 以上の結果をもとに、 1×5 光スイッチを設計し、試作を行った。デバイス作製には、有機金属気相成長装置による結晶成長と、ウェットプロセスによる導波路構造の作製を行った。
- (4) 試作したデバイスの基本スイッチング特製を評価した。
- (5) 試作デバイスの評価結果をもとに、 1×8 光スイッチの設計・作製を行った。
- (6) 1×5 光スイッチを用いて光パケットスイッチ実験を行い、光ルータへの適用性を検証した。

4. 研究成果

- (1) 試作した 1×5 光スイッチの写真とスイッチング特性を図 1 に示す。8 本の電極に最適化された電流注入を行うことにより、5 つの出力ポートにスイッチングされるのが確認された。

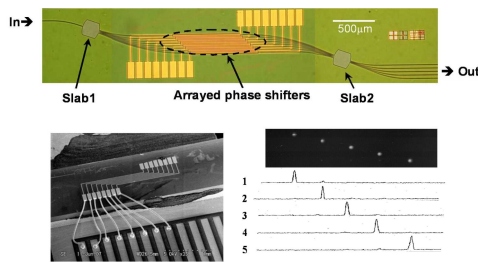


図 1 . 試作した 1×5 光スイッチの写真と実験結果 .

- (2) 1×8 光スイッチの写真と基本特性の測定結果を図 2 に示す。構造を最適化することにより、偏波依存性と波長依存性の少ない良好な光スイッチが実現できた。
- (3) 1×5 光スイッチを用いた光パケットスイッチ実験の結果を図 3 に示す。 320Gbps の広帯域光パケット信号の一括スイッチングに成功し、大容量光ルータへの適用可能性を明らかにした。

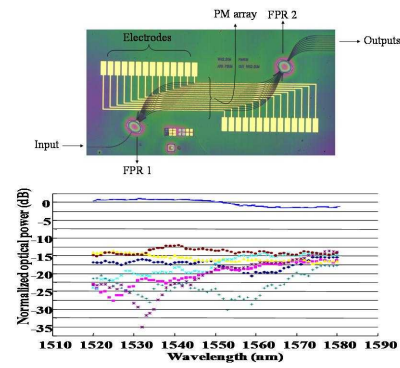


図 2 . 1×8 光スイッチの写真と波長依存性の測定結果 .

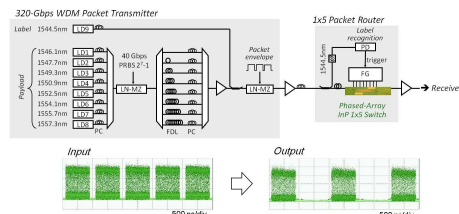


図 3 . 光パケットスイッチ実験結果 .

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9 件)

T. Amemiya, T. Tanemura, and Y. Nakano, "Nonreciprocal polarization converter consisting of asymmetric waveguide with magneto-optic cladding: Theory and simulation," IEEE J. Quantum Electron., vol. 45, no. 7, pp. 769-776, Jul. 2009.

K. Huybrechts, T. Tanemura, Y. Nakano, R. Baets, and G. Morthier, "40 Gb/s all-optical packet switching with a distributed feedback laser as all-optical flip-flop," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 21, no. 11, pp. 703-705, Jun. 2009.

T. Tanemura, K. Takeda, and Y. Nakano, "Wavelength-multiplexed optical packet switching using InP phased-array switch," Opt. Express, vol. 17, no. 11, pp. 9454-9459, May 2009.

T. Tanemura, A. Al Amin, and Y. Nakano, "Multihop field trial of optical burst switching testbed with PLZT optical matrix switch," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 21, no. 1, pp. 42-44, Jan. 2009.

K. Takeda, Y. Kanema, M. Takenaka, T.

Tanemura, and Y. Nakano, "Polarization insensitive all-optical flip-flop using tensile-strained multiple quantum wells," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 20, no. 22, pp. 1851-1853, Nov. 2008.

T. Tanemura and Y. Nakano, "Design and scalability analysis of optical phased-array 1xN switch on planar lightwave circuit," IEICE Electron. Express, vol. 5, no. 16, pp. 603-609, Aug. 2008.

T. Tanemura, M. Takenaka, A. Al Amin, K. Takeda, T. Shioda, M. Sugiyama, and Y. Nakano, "InP/InGaAsP integrated 1x5 optical switch using arrayed phase shifters," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 20, no. 12, pp. 1063-1065, June 2008.

A. Al Amin, M. Takenaka, T. Tanemura, et al., "Demonstration of deflection routing with Layer-2 evaluation at 40 Gb/s in a three-node optical burst switching testbed," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 20, no. 3, pp. 178-180, Feb. 2008.

A. Al Amin, K. Shimizu, M. Takenaka, T. Tanemura, et al., "Optical burst switching router with 40/10Gbps bit-rate transparent contention resolution," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 19, no. 10, pp. 726-728, May 2007.

以上、全て査読あり。

[学会発表](計19件)

T. Tanemura, K. Takeda, and Y. Nakano, "320 Gbps wavelength-multiplexed 1x5 optical packet switching using broadband InP phased-array switch," Optical Fiber Communication Conference (OFC'09), OMU3, San Diego, Mar. 2009.

K. Huybrechts, T. Tanemura, Y. Nakano, R. Baets, and G. Morthier, "Fast 40 Gb/s optical packet switching using an all-optical flip-flop based on a single distributed feedback laser," Optical Fiber Communication Conference (OFC'09), OMU4, San Diego, Mar. 2009.

I. M. Soganci, T. Tanemura, and Y. Nakano, "Polarization-independent broadband 1x8 optical phased-array switch monolithically integrated on

InP," Optical Fiber Communication Conference (OFC'09), OWV1, San Diego, Mar. 2009.

M. Takagi, H. Li, K. Watabe, H. Imaizumi, T. Tanemura, Y. Nakano, and H. Morikawa, "400Gb/s hybrid optical switching demonstration combining multi-wavelength OPS and OCS with dynamic resource allocation," Optical Fiber Communication Conference (OFC'09), OTuA6, San Diego, Mar. 2009.

T. Fujimura, T. Tanemura, and Y. Nakano, "Numerical and experimental study on beam-deflecting planar optical switch on InP," 21st Annual Meeting of the IEEE Lasers and Electro-Optics Society (LEOS'08), WF3, Newport Beach, USA, Nov. 2008.

K. Takeda, M. Takenaka, T. Tanemura, and Y. Nakano, "Wavelength tunability of all-optical flip-flop using distributed Bragg reflectors," 21st Annual Meeting of the IEEE Lasers and Electro-Optics Society (LEOS'08), TuF5, Newport Beach, USA, Nov. 2008.

A. Al Amin, T. Tanemura, and Y. Nakano, "Field trial of an optical burst switching node prototype with Layer-2 characterization at 40 Gbps," European Conference on Optical Communication (ECOC'08), Tu.1.C.5, Brussels, Belgium, Sept. 2008.

K. Takeda, Y. Kanema, M. Takenaka, T. Tanemura, and Y. Nakano, "Dynamic operation of polarization insensitive all-optical flip-flop based on multimode-interference bistable laser diode," European Conference on Optical Communication (ECOC'08), We.2.C.2, Brussels, Belgium, Sept. 2008.

T. Amemiya, T. Tanemura, and Y. Nakano, "Nonreciprocal polarization converter consisting of asymmetric waveguide with ferrimagnetic Ce:YIG," International Conference on Numerical Simulation of Optoelectronic Devices (NUSOD '08), TuB1, University of Nottingham, United Kingdom, Sept. 2008.

T. Tanemura and Y. Nakano, "Scalability of photonic 1 N switch based on arrayed phase shifters," International Conference on Photonics in Switching 2008 (PS'08), D-06-3, Sapporo, August 2008.

T. Tanemura, A. Al Amin, and Y. Nakano,

"Demonstration of optical burst switch prototype equipped with pre-emptive scheduler for absolute QoS guarantees," International Conference on Photonics in Switching 2008 (PS'08), S-07-5, Sapporo, August 2008.

R. Hasegawa, Y. Sawai, T. Amemiya, T. Arakawa, T. Tanemura, H. Simizu, K. Tada, and Y. Nakano, "Phase modulator with InGaAs/InAlAs FACQW grown by MOVPE," OptoElectronics and Communication Conference (OECC'08), TuH-5, Sydney, July 2008.

T. Tanemura, K. Takeda, and Y. Nakano, "Characterization of 1x5 InP/InGaAsP waveguide switch based on optical phased array," 20th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials (IPRM'08), ThA1.6, Versailles, France, May 2008.

K. Takeda, Y. Kanema, M. Takenaka, T. Tanemura, and Y. Nakano, "Polarization insensitive operation of multimode interference bistable laser all-optical flip-flop," 20th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials (IPRM'08), WP49, Versailles, France, May 2008.

A. Al Amin, K. Shimizu, M. Takenaka, T. Tanemura, et al., "Bit rate transparent optical burst switching with contention resolving wavelength conversion," Optical Fiber Communication Conference (OFC'08), OTuL5, San Diego, Feb. 2008.

K. Watabe, M. Takagi, K. Machida, T. Tanemura, H. Imaizumi, Y. Nakano, and H. Morikawa, "320Gb/s Multi-wavelength optical packet switching with contention resolution mechanism using PLZT switches," Optical Fiber Communication Conference (OFC'08), OThA5, San Diego, Feb. 2008.

T. Tanemura, M. Takenaka, A. Abdullah, K. Takeda, T. Shioda, M. Sugiyama, and Y. Nakano, "Design and fabrication of integrated 1x5 optical phased array switch on InP," 20th Annual Meeting of the IEEE Lasers and Electro-Optics Society (LEOS 2007), ThM2, Florida, Oct. 2007.

A. Al Amin, M. Takenaka, T. Tanemura, K. Shimizu, Y. Nakano, R. Inohara, K. Nishimura, M. Usami, Y. Takita, Y. Kai,

H. Onaka, and H. Uetsuka, "Experimental validation of deflection routing in a 3-node optical burst core network with 40Gb/s edge nodes," European Conference on Optical Communication (ECOC'07), 1.6.2, Berlin, Germany, Sept. 2007.

K. Watabe, T. Saito, N. Matsumoto, T. Tanemura, H. Imaizumi, A. Al Amin, M. Takenaka, Y. Nakano, and H. Morikawa, "80Gb/s multi-wavelength optical packet switching using PLZT switch," in proceedings of the 11th International Conference on Optical Network Design and Modeling (ONDM 2007), pp.11-20, Athens, Greece, May 2007.

以上、全て査読あり。

6 . 研究組織

(1)研究代表者

種村拓夫 (TANEMURA TAKUO)

東京大学・先端科学技術研究センター・講師
研究者番号 : 90447425

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし