

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2005 ～ 2008

課題番号：17068008

研究課題名（和文） フォトニック結晶導波路による光速制御と光バッファメモリ

研究課題名（英文） Light Speed Control in Photonic Crystal Waveguide and Its Application to Optical Buffer Memory

研究代表者

馬場 俊彦 (BABA TOSHIHIKO)

横浜国立大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：50202271

研究成果の概要：

材料や構造の巨大な分散により生じるスローライトは、次世代の光ネットワークに必須な光バッファメモリ技術として期待されたが、狭帯域と高次分散のために応用されなかった。本研究では、代表者が提案したフォトニック結晶結合導波路によりこれらの問題の解決と可変性の付与による光速制御を目指した。SOI基板上に同デバイスを作製、評価し、スローライトの性能指標である遅延帯域積110, 実効的なバッファ容量80という世界最高値を記録した。また局所的な加熱によって遅延を変化させることを提案、実証した。最大可変幅は105psであり、ピコ秒クラスの短パルスの遅延を10倍の範囲で変化させることに成功した。これは光バッファメモリの初期的な動作の世界初の実証である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	18,000,000	0	18,000,000
2006年度	21,600,000	0	21,600,000
2007年度	18,000,000	0	18,000,000
2008年度	14,400,000	0	14,400,000
年度			
総計	72,000,000	0	72,000,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用光学・量子光工学

キーワード：フォトニック結晶 スローライト 光バッファ 分散制御 光制御

## 1. 研究開始当初の背景

光速を大幅に制御するのは一般に難しく、これが光信号の蓄積を困難にしている。しかし将来の光ネットワークでは、光パケットルーティングが必要になると予想される。ここでは一時的に信号を待機させる光バッファメモリが必須とされ、その開発が急務となってきた。これは近年のスローライト技術の登場で、実現される可能性が出てきた。しかし多くのスローライトは極低温で安定化さ

れた電子準位に発生する巨大な材料分散を利用するため、オンチップの光バッファメモリには不向きである。一方、スローライトは、フォトニックナノ構造の巨大な構造分散でも発生する。実際、フォトニック結晶導波路のバンド端条件では真空中より2桁小さな群速度が観測されていた。この方がオンチップ集積にはるかに有利であるが、光信号に利用できるような帯域がなく、大きな高次分散によって光信号が激しくゆがんで

しまうという問題があった。そのため、実際の応用は全く議論されていなかった。

## 2. 研究の目的

本代表者は、フォトニック結晶導波路に高次分散を補償するバンドを生じさせる方向性結合器や結合導波路を考案し、なおかつ構造パラメータを徐々に変化させるチャープ構造によって広帯域化が可能なことを理論的に証明した。そして実験での実証を行うべく、本研究を提案、採択された。

そこで本研究では、これらのデバイスを製作し、スローライトを実際に観測する。またチャープ構造を加えることで広帯域化し、ピコ秒クラスの短パルスのスローライト化を可能にする。さらに加熱やキャリア注入を利用した外部制御により、スローライトパルスの遅延を10倍程度の範囲で変化させる。これによりオンチップスローライト技術を基盤とした光バッファメモリー動作の初めでの実証を行う。

## 3. 研究の方法

これまでに既に2次元時間領域有限差分計算を用いて基本的なデバイス設計は行っていたが、実際のデバイスの動作を詳細に予測するために、本研究では3次元計算を行った。そして全ての構造パラメータを5nmの単位で決定した。

製作は、SOI基板上に電子ビーム描画でパターンを形成し、誘導結合プラズマエッチングで加工を行い、劈開によって光の入出射を行う端面を形成するという手順である。

さらにスローライトの観測については、GHzオーダーの正弦波でレーザ光を変調し、デバイスを通じた後の位相差から遅延を算出する変調位相シフト法、ならびにモードロックファイバーレーザからの短パルス光を伝搬させて波形や遅延を求める相互相関法を用いた。さらに遅延の外部制御には、局所的なレーザ加熱を利用した。

## 4. 研究成果

フォトニック結晶方向性結合器は、逆の分散特性をもつ2種類のフォトニック結晶導波路を、スローライト条件が一致するように方向性結合させ、全体として分散補償をはかるデバイスである。スローライトの性能指標として最も重要な遅延・帯域積では後述する結合導波路の2倍という大きな値が期待された。実際に製作、評価を行ったところ、波長1.53~1.565 $\mu\text{m}$ のCバンド帯の中の32nmという周波数換算で3THzを超える広帯域で、平均群屈折率40のスローライトを評価することに成功した。ただしここでの透過スペクトルや遅延スペクトルには激しい振動が見られた。これは2つの導波路でスローライト条件を一

致させる要求が厳しく、構造のわずかなゆらぎによって容易にその条件が崩れるため、それに誘発された内部反射によって生じるものと考えられた。プロセス条件の改善をはかったが、振動を十分に抑制することはできず、結果としてスローライトパルスを観測することができなかった。そこで本研究の途中で、このデバイスの開発は断念した。

フォトニック結晶結合導波路は、一見すると方向性結合器と似た構造をもつが、一方の導波路から光を入射させて他方の導波路から取り出すというのではなく、2本の導波路全体を一つの導波路と見なし、入射導波路からの光を結合させるのである。この場合、最初の結合部分では多少の損失が生じるが、いったん結合導波路のモードになれば、方向性結合器のような内部反射は生じることがなく、比較的平坦なスペクトルが期待された。実際、Cバンドの12nmの帯域で群屈折率50が観測され、半値全幅1ps以下の短パルスを伝搬させ、相互相関波形を観測することに成功した。これはスローライトパルスの初めての観測例の一つである（ほぼ同時期に英セントアンドリュース大とオランダAMOLFのグループからも類似の報告があった。）最初のデバイスは長さ250 $\mu\text{m}$ と短く、対応する遅延は42psにとどまっていた。これを1mmまで長尺化したところ、180psまでの遅延の延長が確認された。ここでの遅延帯域積は約110であり、これまでに報告されたあらゆるスローライトの中で最大の値である。ただし長尺化すると当然、わずかに残された高次分散の影響でパルスが広がり、観測が困難になる。しかしデバイスの一部を加熱したところ、導波路の構造揺らぎが部分的に抑えられたようで、パルス幅を0.8psに抑えたままで最大70psまでの遅延が得られた。これは実効的な光バッファ容量80に相当し、IBMが2005年に10Gbpsの光信号に対して記録した10という値を大幅に更新した。

このように固定の遅延については目処がついたため、次に可変の遅延を目指した。スローライトの可変化については、IBMがデバイスを全体加熱することでバンド特性を単純にシフトさせ、特定波長の群屈折率を変える手法を報告していたが、可変遅延は1psに満たず、上述のようなスローライトパルスへの適用も試みられなかった。本研究では遅延と帯域に反比例の関係があることに着目し、帯域を変えることで遅延を変える手法を考案した。具体的にはチャープの範囲を変えればよい。上のデバイスでは、全てフォトニック結晶を構成する円孔の直径を徐々に変化させる固定のチャープを利用していたが、これは可変遅延には利用できない。そこで青紫色のレーザ光をデバイスの入射近く、もしくは出射近くに照射し、熱光学効果によって傾

斜的な屈折率分布をもつチャープを発生させた。これによって円孔直径チャープと組み合わせた全体のチャープ量の調整を行い、遅延を変化させた。相互相関パルスの遅延を調べた結果、確かに目論んだとおりの変化を示し、幅 7nm のパルスに対して 105ps の遅延の変化、幅 3.4ps のパルスに対して 74ps の変化が得られた。後者については 80ps の遅延を 6ps まで減らすことに成功しており、10 倍以上の範囲で遅延を変化させるという当初の目的を達成した。

以上の研究から、Tbps 級の光信号に対する光バッファメモリー動作の初めての実証に成功し、当初期待した研究を遂行することができた。

#### 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 14 件)

1. Y. Hamachi, S. Kubo and T. Baba, “Slow light with low dispersion and nonlinear enhancement in a lattice-shifted photonic crystal waveguide,” *Opt. Lett.*, vol. 34, no. 7, pp. 1072-1074, 2009, 査読有
2. M. Burrelli, R. J. P. Engelen, A. Opheij, D. van Oosten, D. Mori, T. Baba and L. Kuipers: “Observation of polarization singularities at nanoscale,” *Phys. Rev. Lett.*, vol. 102, no. 3, pp. 033902, vol. 102, 2009, 査読有
3. R. J. P. Engelen, D. Mori, T. Baba and L. Kuipers, “Subwavelength structure of the evanescent field of an optical Bloch wave”, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 102, no. 2, pp. 023902, 2009, 査読有
4. R. J. P. Engelen, D. Mori, T. Baba and L. Kuipers, “Two regimes of slow-light losses revealed by adiabatic reduction of group velocity”, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 101, no. 10, pp. 103901, 2008, 査読有
5. T. Baba, “Slow light in photonic crystals”, *Nature Photonics*, vol. 2, no. 8, pp. 465-473, 2008, 査読有
6. T. Baba, T. Kawasaki, H. Sasaki, J. Adachi and D. Mori, “Large delay-bandwidth product and tuning of slow light pulse in photonic crystal coupled waveguide”, *Opt. Express*, vol. 16, no. 12, pp. 9245-9253, 2008, 査読有
7. S. Kubo, D. Mori and T. Baba, “Low-group-velocity and low-dispersion slow light in photonic crystal waveguides”, *Opt. Lett.*, vol. 32, no. 20, pp. 2981-2983, 2007, 査読有
8. T. Kawasaki, D. Mori and T. Baba, “Experimental observation of slow light in photonic crystal coupled waveguides”, *Opt. Express*, vol. 15, no. 16, pp. 10274-10281, 2007, 査読有
9. D. Mori, S. Kubo, H. Sasaki and T. Baba, “Experimental demonstration of wideband dispersion-compensated slow light by a chirped photonic crystal directional coupler”, *Opt. Express*, vol. 15, no. 9, pp. 5264-5270, 2007, 査読有
10. T. Baba and D. Mori, “Slowlight engineering in photonic crystals”, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, vol. 40, no. 9, pp. 2659-2665, 2007, 査読有
11. E. Mizuta, H. Watanabe and T. Baba, “All semiconductor low-D photonic crystal waveguide for semiconductor optical amplifier”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 45, no. 8A, pp. 6116-6120, 2006, 査読有
12. 馬場俊彦, 森大祐, “フォトリック結晶によるスローライト生成”, *電子情報通信学会誌*, vol. 89, no. 6, pp. 494-499, 2006, 査読有
13. K. Kiyota, T. Kise, N. Yokouchi, T. Ide and T. Baba, “Various low group velocity effects in photonic crystal line defect waveguides and their demonstration by laser oscillation”, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 88, no. 20, pp. 201904, 2006, 査読有
14. D. Mori and T. Baba, “Wideband and low dispersion slow light by chirped photonic crystal coupled waveguide”, *Opt. Express*, vol. 13, no. 23, pp. 9398-9408, 2005, 査読有

[学会発表] (計 66 件)

1. 鈴木恵治郎, 馬場俊彦, “Ag-AsSe<sub>3</sub> カルコゲナイドガラスフォトリック結晶導波路の作製”, 応用物理学会春季講演会, 茨城, no. 31p-ZN-14, 2009年3月31日
2. 濱地洋平, 山田幸史郎, 馬場俊彦, “格子シフト型フォトリック結晶導波路による分散補償/低分散複合スローライト”, 応用物理学会春季講演会, 茨城, no. 30p-ZN-16, 2009年3月30日
3. 斎藤悠二, 仲田丈晴, 川崎仁寛, 馬場俊彦, “光励起分布とキャリア効果を考慮したフォトリック結晶導波路デバイスのストップライトシミュレーション”, 応用物理学会春季講演会, 茨城, no. 30p-ZN-13, 2009年3月30日
4. 斎藤悠二, 馬場俊彦, “フォトリック結晶導波路デバイスの動的制御による複数パルスの停止”, 応用物理学会春季講演会, 茨城, no. 30p-ZN-12, 2009年3月30日
5. 佐々木弘和, 足立淳, 石倉徳洋, 馬場俊彦, “チャープ構造フォトリック結晶結合導波路の長尺化による遅延時間の増大”, 応用物理学会春季講演会, 茨城, no.

- 30p-ZN-7, 2009年3月30日
6. 足立淳, 佐々木弘和, 石倉徳洋, 馬場俊彦, “折り返しチャープによるフォトニック結晶結合導波路の遅延チューニング範囲の拡大”, 応用物理学学会春季講演会, 茨城, no. 30p-ZN-8, 2009年3月30日
  7. 馬場俊彦, “フォトニック結晶スローライト技術の進展”, 日本学術振興会第130委員会, 東京, no.3, 2009年3月9日
  8. T. Baba, H. Sasaki, J. Adachi, T. Kawasaki and D. Mori, "Dispersion-free slow light pulse and its functionalities", SPIE Photonic West, San Jose, no. 7226-3, 2009年1月25日
  9. T. Baba, “On-chip slow light in Si photonics”, JSPS Core-to-Core Program Int. Conf. Si Photonics, Tokyo, 2009年1月23日
  10. 馬場俊彦, 佐々木弘和, 足立淳, 石倉徳洋, “フォトニック結晶結合導波路による100ps級チューナブルスローライトパルス”, 文科省特定領域研究「新世代光通信のイノベーション」研究会, 東京, no. 5, 2009年1月15日
  11. T. Baba, “Recent progress on photonic crystal slow light device”, Asia Opt. Fiber Commun. & Optoelectronic Expo. & Conf., Shanghai, no. SuD1, 2008年10月31日
  12. J. Adachi, H. Sasaki, T. Kawasaki, D. Mori and T. Baba, “External tuning of unchirped photonic crystal coupled waveguide for dispersion-compensated slow light pulse”, IEEE Nanotech. Mat. Dev. Conf., no. MoC II-2, Kyoto, 2008年10月20日
  13. H. Sasaki, J. Adachi, T. Kawasaki, D. Mori and T. Baba, “Wide delay tuning of narrow slow light pulse in SOI photonic crystal coupled waveguide”, IEEE/LEOS Group IV Photon., Sorrento, no. FA2, 2008年9月19日
  14. 石倉徳洋, 佐々木弘和, 足立淳, 馬場俊彦, “局所的なSi熱酸化によるSOIフォトニック結晶デバイスのトリミング”, 応用物理学学会秋季講演会, 名古屋, no. 3p-V-11, 2008年9月3日
  15. 斎藤悠二, 馬場俊彦, “フォトニック結晶導波路スローライトデバイスへの動的制御によるストップライト生成の提案”, 応用物理学学会秋季講演会, 名古屋, no. 3p-V-3, 2008年9月3日
  16. 足立淳, 佐々木弘和, 斎藤悠二, 馬場俊彦, “折り返しチャープによるフォトニック結晶結合導波路のスローライト特性改善”, 応用物理学学会秋季講演会, 名古屋, no. 3a-V-8, 2008年9月3日
  17. 佐々木弘和, 足立淳, 馬場俊彦, “チャープ構造フォトニック結晶結合導波路によるスローライトパルスチューニング(II)--チューニング幅の拡大”, 応用物理学学会秋季講演会, 名古屋, no. 3a-V-7, 2008年9月3日
  18. 濱地洋平, 山田幸史郎, 馬場俊彦, “低群速度・低分散フォトニック結晶導波路の検証 (VI) — 非線形効果増大”, 応用物理学学会秋季講演会, 名古屋, no. 3a-V-5, 2008年9月3日
  19. T. Baba, “Control of light emission and propagation in photonic crystals”, Int. Nano-Optoelectronics Workshop (iNOW), Tokyo, Shonan, no. M1-2, 2008年8月11日
  20. Y. Hamachi and T. Baba, “Lattice-shifted photonic crystal waveguide for slow light pulse and nonlinearity enhancement”, Int. Nano-Optoelectronics Workshop (iNOW), Tokyo, Saiko, no. P4-21, 2008年8月8日
  21. H. Sasaki, J. Adachi and T. Baba, “Experimental demonstration of tunable slow light pulse in SOI photonic crystal coupled waveguide”, Int. Nano-Optoelectronics Workshop (iNOW), Tokyo, Saiko, no. P3-25, 2008年8月8日
  22. 馬場俊彦, 佐々木弘和, 足立淳, 川崎俊史, 森大祐, “フォトニック結晶結合導波路によるスローライトパルスのチューニング”, 文科省特定領域研究「新世代光通信のイノベーション」研究会, 兵庫, no. 3, 2008年6月2日
  23. 馬場俊彦, “フォトニック結晶スローライトデバイスの進展”, 電子情報通信学会集積デバイス技術研究会, 東京, 2008年5月16日
  24. Y. Hamachi, S. Kubo and T. Baba, “Low dispersion slow light and nonlinearity enhancement in lattice-shifted photonic crystal waveguide”, Quantum Electron. Laser Sci. Conf., San Jose, no. QTuC1, 2008年5月6日
  25. T. Baba, “Toward photonic crystal optical buffer”, Conf. Laser and Electro-Optics, San Jose, no. CWH1, 2008年5月5日
  26. 足立淳, 佐々木弘和, 川崎俊史, 森大祐, 馬場俊彦, “熱チャープによるフォトニック結晶結合導波路の広帯域スローライト生成”, 応用物理学学会春季講演会, 東京, no. 27p-ZX-10, 2008年3月27日
  27. 佐々木弘和, 足立淳, 川崎俊史, 森大祐, 馬場俊彦, “フォトニック結晶結合導波路のチューナブルスローライトに向けた屈折率チャープ形成”, 応用物理学学会春季講演会, 東京, no. 27p-ZX-9, 2008年3月27日
  28. 川崎俊史, 佐々木弘和, 足立淳, 森大祐, 馬場俊彦, “チャープ構造フォトニック結

- 晶結合導波路によるスローライトパルスチューニング”, 応用物理学会春季講演会, 東京, no. 27p-ZX-8, 2008年3月27日
29. 久保将策, 濱地洋平, 馬場俊彦, “低群速度・低分散フォトニック結晶導波路の検証(VI) 非線形効果増大”, 応用物理学会春季講演会, 東京, no. 27p-ZX-6, 2008年3月27日
  30. 濱地洋平, 久保将策, 馬場俊彦, “低群速度・低分散フォトニック結晶導波路の検証(V) 格子シフト構造の実証”, 応用物理学会春季講演会, 東京, no. 27p-ZX-5, 2008年3月27日
  31. T. Baba, D. Mori, T. Kawasaki, S. Kubo, and H. Sasaki, “Useful slow light in photonic crystal devices”, SPIE Photonic West, San Jose, no. 6904-27, 2008年1月23日
  32. 馬場俊彦, 森大祐, 川崎俊史, 佐々木弘和, 足立淳, “広帯域分散補償スローライトとそのチューナブル化”, 文科省特定領域研究「新世代光通信のイノベーション」シンポジウム, 東京, no. 3, 2008年1月17日
  33. 馬場俊彦, “フォトニック結晶導波路のスローライトの群速度分散の低減と広帯域化”, 文科省特定領域研究「新世代光通信のイノベーション」ミニバッファ研究会, 静岡, no. 6, 2007年12月19日
  34. T. Kawasaki, J. Adachi, D. Mori, S. Kubo and T. Baba, “Wideband slow light in photonic crystal coupled waveguides with chirped structure”, IEEE/LEOS Annual Meet., Orlando, no. TuN5, 2007年10月23日
  35. T. Baba, “Controlled slowlight and miniature devices based on Si photonics waveguides”, IEEE/LEOS Int. Conf. Group IV Photon., Tokyo, no. FA1, 2007年9月21日
  36. S. Kubo, D. Mori and T. Baba, “Demonstration of low-group-velocity and Low-dispersion photonic crystal waveguide”, IEEE/LEOS Int. Conf. Group IV Photon., Tokyo, no. WP35, 2007年9月19日
  37. T. Kawasaki, D. Mori and T. Baba, “Large group index under zero GVD condition in photonic crystal coupled waveguides”, IEEE/LEOS Int. Conf. Group IV Photon., Tokyo, no. WP34, 2007年9月19日
  38. 森大祐, 佐々木弘和, 馬場俊彦, “屈折率チャープ構造フォトニック結晶導波路によるチューナブルスローライトの実証”, 秋季応用物理学会講演会, 北海道, no. 8a-ZS-8, 2007年9月8日
  39. 佐々木弘和, 森大祐, 馬場俊彦, “局所加熱によるフォトニック結晶導波路の屈折率チャープの実現”, 秋季応用物理学会講演会, 北海道, no. 8a-ZS-7, 2007年9月8日
  40. 濱地洋平, 久保将策, 森大祐, 馬場俊彦, “低群速度・低分散フォトニック結晶導波路の検証(IV) - 格子シフト型の検討”, 秋季応用物理学会講演会, 北海道, no. 6p-P11-12, 2007年9月6日
  41. 久保将策, 濱地洋平, 森大祐, 馬場俊彦, “低群速度・低分散フォトニック結晶導波路の検証(III) - 明確な LVLD 特性と短パルス光伝搬”, 秋季応用物理学会講演会, 北海道, no. 6p-P11-11, 2007年9月6日
  42. 川崎俊史, 足立淳, 森大祐, 久保将策, 馬場俊彦, “チャープ構造導入によるフォトニック結晶結合導波路での広帯域スローライトの生成”, 秋季応用物理学会講演会, 北海道, no. 6p-P11-10, 2007年9月6日
  43. T. Baba, D. Mori, T. Kawasaki, S. Kubo and H. Sasaki, “Controlled slowlight in photonic crystals”, OSA Slow and Fast Light Top. Meet., Salt Lake City, no. SWB1, 2007年7月8日
  44. 馬場俊彦, 森大祐, 川崎俊史, 久保将策, 渡邊秀輝, 佐々木弘和, “分散補償スローライトの観測とチューナブル化の検討”, 文科省特定領域研究「新世代光通信のイノベーション」研究会, 東京, no. 3, 2007年6月5日
  45. R. J. P. Engelen, D. Mori, T. Baba and L. Kuipers, “Near-field investigation of chirped photonic crystal waveguides”, Photon. Electromag. Crystal Structures, Monterey, no. P39, 2007年4月10日
  46. 久保将策, 森大祐, 馬場俊彦, “低群速度・低分散フォトニック結晶導波路の検証(II) - 導波路脇円孔の調整によるバンドエンジニアリング”, 春季応用物理学会講演会, 神奈川, no. 29p-ZB-12, 2007年3月29日
  47. 川崎俊史, 森大祐, 馬場俊彦, “フォトニック結晶結合導波路の群遅延の測定”, 春季応用物理学会講演会, 神奈川, no. 29p-ZB-11, 2007年3月29日
  48. 佐々木弘和, 森大祐, 馬場俊彦, “チャープ構造フォトニック結晶導波路光群遅延素子の基礎特性(VII) - 遅延量の増大 -”, 春季応用物理学会講演会, 神奈川, no. 29p-ZB-9, 2007年3月29日
  49. 森大祐, 佐々木弘和, 久保将策, 川崎俊史, 馬場俊彦, “チャープ構造フォトニック結晶導波路光群遅延素子の基礎特性(VI) - 共振の影響の除去 -”, 春季応用物理学会講演会, 神奈川, no. 29p-ZB-8, 2007年3月29日
  50. 馬場俊彦, 森大祐, 川崎俊史, 久保将策, 佐々木弘和, “フォトニック結晶導波路に

- よる光速制御と光バッファメモリ”, 文科省特定領域研究「新世代光通信のイノベーション」シンポジウム, 東京, no. 3, 2007年1月18日
51. 馬場俊彦, 森大祐, 久保将策, 川崎俊史, “フォトニック結晶中のスローライト”, 電子情報通信学会超高速光エレクトロニクス研究会, 兵庫, no. 3, 2006年11月17日
  52. T. Baba, D. Mori, S. Kubo and T. Kawasaki, “Slow light engineering in photonic crystals”, OSA Annual Meet. "Frontiers in Optics", Rochester, no. FTuI-1, 2006年10月13日
  53. T. Baba and D. Mori, “Potential of slowlight in photonic crystal”, Asia-Pacific Opt. Commun., Gwangju, no. 6351-74, 2006年9月6日
  54. 川崎俊史, 森大祐, 馬場俊彦, “フォトニック結晶結合導波路光群遅延素子のスペクトル特性評価”, 応用物理学会秋季講演会, 滋賀, no. 30a-ZD-7, 2006年8月30日
  55. 森大祐, 佐々木弘和, 久保将策, 馬場俊彦, “チャープ構造フォトニック結晶導波路光群遅延素子の基礎特性(V) - 特定の平坦化 -”, 応用物理学会秋季講演会, 滋賀, no. 30a-ZD-4, 2006年8月30日
  56. 久保将策, 森大祐, 馬場俊彦, “フォトニック結晶導波路における低群速度・低分散光伝搬の観測”, 応用物理学会秋季講演会, 滋賀, no. 30a-ZD-2, 2006年8月30日
  57. 馬場俊彦, “フォトニック結晶の巨大構造分散とその応用”, 微小光学研究会, 東京, pp. 45-50, 2006年7月25日
  58. D. Mori, S. Kubo, T. Kawasaki and T. Baba, “Observation of wideband slow light in chirped photonic crystal waveguide directional coupler”, Slow and Fast Light Top. Meet., Washington D.C., no. MD7, 2006年7月24日
  59. 馬場俊彦, 森大祐, 久保将策, 川崎俊史, “フォトニック結晶零分散光遅延デバイスの試作と評価”, 文科省特定領域研究「新世代光通信のイノベーション」研究会, 東京, no. 4, 2006年6月22日
  60. 森大祐, 久保将策, 馬場俊彦, “チャープ構造フォトニック結晶導波路光群遅延素子の基礎特性(IV) - 時間領域測定 -”, 応用物理学会春季講演会, 東京, no. 23a-L-11, 2006年3月23日
  61. 久保将策, 森大祐, 馬場俊彦, “チャープ構造フォトニック結晶導波路光群遅延素子の基礎特性(III) - 光結合の最適化 -”, 応用物理学会春季講演会, 東京, no. 23a-L-10, 2006年3月23日
  62. 川崎俊史, 森大祐, 久保将策, 馬場俊彦, “フォトニック結晶結合導波路光群遅延素子の試作と光伝搬特性評価”, 応用物理学会春季講演会, 東京, no. 23a-L-8, 2006年3月23日
  63. 森大祐, 馬場俊彦, “チャープ構造フォトニック結晶導波路群遅延デバイスのチューナブル化の検討”, 応用物理学会春季講演会, 東京, no. 23a-L-6, 2006年3月23日
  64. 馬場俊彦, 森大祐, “チャープ構造フォトニック結晶導波路群遅延デバイスの遅延時間の見積もり”, 応用物理学会春季講演会, 東京, no. 23a-L-5, 2006年3月23日
  65. 馬場俊彦, “フォトニック結晶導波路による光速制御と光バッファメモリ”, 文科省特定領域研究「新世代光通信のイノベーション」シンポジウム, 東京, no. 4, 2006年1月20日
  66. 馬場俊彦, “フォトニック結晶によるスローライトの展望と現状”, 量子エレクトロニクス研究会, 軽井沢, pp. 26-27, 2006年1月12日
- 〔図書〕(計3件)
- ①馬場俊彦(金光, 深津編)、オーム社、“フォトニック結晶と光制御”, シリコンフォトニクス---先端光テクノロジーの新展開、2007年、pp. 155-200
  - ②馬場俊彦、フロンティア出版、ナノオプティクス・ナノフォトニクスのすべて、2006年、pp. 42-48
  - ③馬場俊彦、朝倉書店、電子物性・材料の事典、2006年、8
- 〔その他〕
- ホームページ等  
<http://www.dnj.ynu.ac.jp/baba-lab/index-j.html>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
 馬場 俊彦 (BABA TISHIHIKO)  
 横浜国立大学・工学研究院・教授  
 研究者番号：50202271
  - (2) 研究分担者
  - (3) 連携研究者