18p-A18-4

ドーピングの最適化による Si フォトニック結晶導波路 光変調器の位相変化量増大

Enhancement of phase shift in Si photonic crystal waveguide modulator by optimized doping

横国大院工　○寺田陽祐，伊藤寛之、馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ.,　°Yosuke Terada, Hiroyuki Ito and Toshihiko Baba

E-mail: yterada@ynu.ac.jp

Si マッハツェンダー変調器は CMOS 互換プロセスで製作できるが，サイズが数 mm と大きい．そこで我々は，格子シフト型フォトニック結晶導波路 (Lattice-shifted photonic crystal waveguide, LSPCW) による広帯域スローライトを用いて小型化をはかってきた．これまでに位相シフター長 L = 30 – 200 μm での 10 Gbps 動作 [1]，L = 90 μm での 40 Gbps 動作 [2]を実証し，前回は L = 200 μm での 25 Gbps 低電圧変調 [3]を報告した．ただし消光比を確保するためには変調損失 ~7 dB の導入が必要であった．変調損失を 1 dB 以下に抑えるためには位相変化量の増大が不可欠であり，その手法として L の長尺化，ドーピングの最適化，高い群屈折率 n_g の導入が挙げられる．本報告ではドーピング濃度依存性，および櫛形 pn 接合 [4]の導入など，について報告する．

製作された変調器は Si 細線によるマッハツェンダー干渉計，ヒーターによる位相チューナー，pn 接合 LSPCW 位相シフターで構成される．図 1 は通常の pn 接合と櫛形 pn 接合がある導波路中央部の空乏領域を二つの逆バイアス電圧に対して計算した結果である．櫛形の方が明らかに導波路と重なる空乏領域が広く，電圧に対する変化が大きい．これより櫛形では位相変化量がおよそ 1.5 倍に増大すると予測された．二種類の pn 接合のドーピング濃度を変えたとき，L = 90 μm デバイスにおける 10 Gbps 変調時の消光比 ER の変化を図 2 に示す．どちらの pn 接合もドーピング濃度が高くになるにつれて ER が大きくなったが，その増大は櫛形の方がより顕著である．一方でプラズマ吸収損失は，従来のドーピング濃度（中央のプロット）からほとんど変化しなかった．高ドーピングの櫛形 pn 接合を導入した L = 200 μm のデバイスでは，図 3 のように変調損失 0.5 dB で消光比 4.1 dB が得られた．

なお，本研究は NEDO 未来開拓研究の支援を得て行われた．

参考文献　1) 寺田陽祐ら、応物秋季、17a-P14-3 (2013).　2) H. C. Nguyen *et al*. *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron*. **19**, 3400811 (2013). 3) 寺田陽祐ら、応物春季、19a-F8-12 (2014).　4) Z.-Y. Li, *et al*. *Opt. Express* **17**, 15947 (2009).

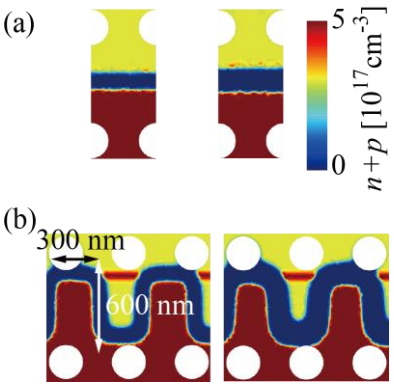

図 1　二種類の pn 接合のキャリア分布の計算結果．左は–0.625 V，右は–2.375 V．(a) 通常．(b) 櫛形．青領域が空乏層を示す．赤領域は計算エラーによるもの．

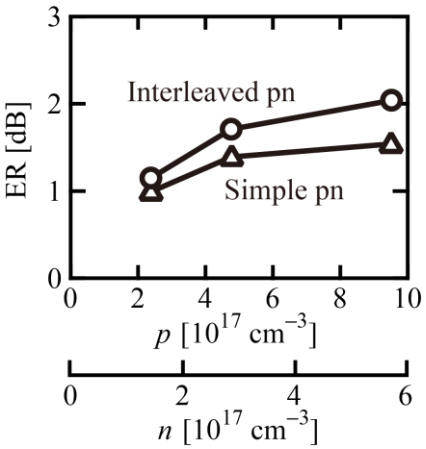

図 2　通常 pn 接合と櫛形 pn 接合の消光比のドーピング濃度依存性．V_{DC} = –0.9 V，V_{pp} = 1.75 V，変調損失 3 dB．

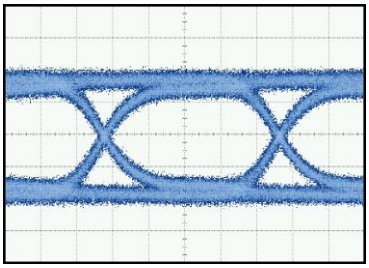

図 3 ドーピングを最適化した L = 200 μm のデバイスでの 10 Gbps アイパターン．駆動条件は図 2 と同じ．

© 2014 年　応用物理学会