Si フォトニック結晶変調器における鋸歯形 p/n 接合

Sawtooth p/n Junction in Si Photonic Crystal Modulator

○寺田 陽祐、建部 知紀、馬場 俊彦（横国大院工）

○Yosuke Terada, Tomoki Tatebe, Toshihiko Baba (Yokohama Nat'l Univ.)

E-mail: yterada@ynu.ac.jp

Si マッハツェンダー (MZ) 変調器は CMOS 互換プロセスで製作可能だが、サイズが数 mm と大きい。我々は格子シフト型フォトニック結晶導波路 (LSPCW) を位相器に導入し、広帯域スローライトを利用することで小型化を図ってきた。これまでに櫛形 p-n 接合と高濃度ドーピングを導入して位相変化量Δϕを向上させ、変調損失を低減した [1]。ただし櫛形接合は大きな接合容量をもつため、遮断周波数 f_{3dB} が不足し、Δϕと f_{3dB} の向上が両立しない課題が明らかになった [2]。前回は電極間の距離を縮めることで、RC 時定数以外の要素により f_{3dB} を向上させ、Δϕが小さく変調損失は大きいものの、明瞭な 32 Gbps 動作を確認した [3]。今回、この f_{3dB} を維持しつつΔϕを向上させる接合として、スローライトモードと重なりが大きい鋸歯形接合を検討した [3]。

図 1(a)にモデルを示す。鋸歯型接合の周期はこれまで採用してきた LSPCW の格子定数 400 nm と一致させた。鋸歯の幅は 100 nm と 300 nm の非対称形状とした。鋸歯の位置 w_{sx} はスローライトモードと整合させる必要が考えられたが、計算の結果、大きな依存性は見られなかったため、w_{sx} = −150 nm とした。ドーピング濃度は一例として $N_A = N_D = 4.8\times10^{17}$ cm^{-3}とした。図 1(b), (c)にそれぞれ逆バイアスを印加したときの屈折率変化量 Δn の分布、伝搬定数で平均化したスローライトモードを示す。Δn と円孔付近のモードの強い領域がよく重なった。位相器長 200 μm、V_{DC} = −1.8 V, V_{pp} = 3.5 V と固定したとき、25 Gbps 変調において RC 時定数により制限されるΔϕ (RFΔϕ) を鋸歯の深さ w_y に対して計算した。その結果を図 2 に示す。比較として、以前に実験で採用した周期 600 nm の櫛形接合と線形接合の RF Δϕも計算した。w_y が浅い領域ではむしろ櫛形の方で大きな RFΔϕが得られたが、w_y の深い領域では鋸歯形の方で RFΔϕが大きくなり w_y = 1000 nm で最大値 RFΔϕ = 0.24πを得た。これは線形接合の 1.9 倍、櫛形接合の 1.1–1.2 倍に相当しており、プッシュプル駆動で変調損失 ~0 dB での消光比 3 dB を可能にする。本計算は $N_A = N_D = 4.8\times10^{17}$ cm^{-3} で行ったが、鋸歯形接合では高濃度ドーピングの導入によりさらに向上する [4]。またデバイスも製作中であり、当日、測定結果を報告予定である。

本研究は NEDO「光エレ実装プロジェクト」の支援を得て行われた。

参考文献

1) Y. Terada et al. *Front. Phys.* **2**, 61 (2014). 2) 寺田ら, 応物春季, 12a-A16-7 (2015). 3) 寺田ら, 応物秋季, 13p-2S-6 (2015). 4) 建部ら, 本大会.

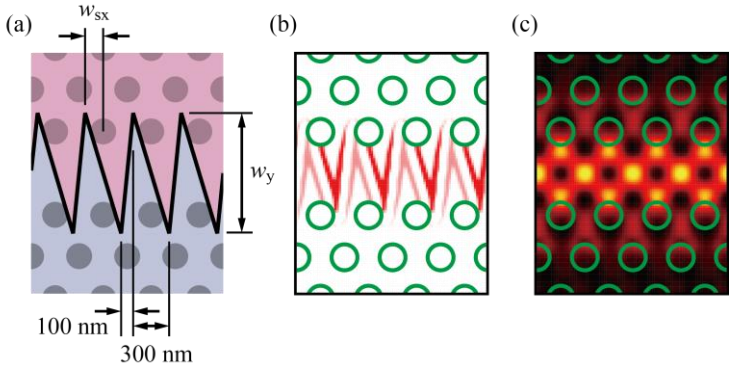

図 1 (a) 鋸歯形接合の構造とパラメータ。(b) 逆バイアスを印加したときの屈折率変化量の分布。(c) スローライトモード。

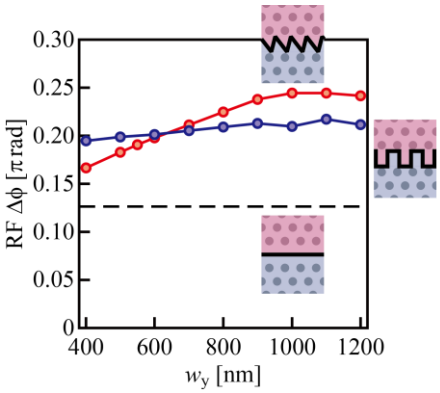

図 2 各 w_y をもつ鋸歯形接合と櫛形接合、および線形接合での RFΔϕ。

© 2016年 応用物理学会