

波形 p-n 接合を導入した Si フォトニック結晶スローライト変調器

Si Photonic Crystal Slow Light Modulator with Waved p-n Junction

横国大院工 ○寺田 陽祐, 建部 知紀, 馬場 俊彦

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

E-mail: yterada@ynu.ac.jp

キャリアプラズマ効果を用いる Si マッハツェンダ変調器はサイズが数 mm と大きい。我々は移相器にフォトニック結晶スローライト導波路 (PCW) と楕円形 p-n 接合を導入し、小型化を図ってきた¹⁾。ただし楕円形 p-n 接合は、位相変化量 $\Delta\phi$ を増やす一方、大きな接合容量のために遮断周波数 f_{3dB} が低下する²⁾。そこで前回、スローライトモードとの重なりが大きなノコギリ形接合を検討し、大きな $\Delta\phi$ と f_{3dB} の両立を予想したが³⁾、高い製作精度が必要と考えられた。今回はまず p 領域のみをエッチングした試料を用意して接合形状を観察した。ここで現状のプロセスではノコギリ形接合が製作できないとわかったので、製作がより簡単で $\Delta\phi$ と f_{3dB} を両立する p-n 接合として、PCW の 2 倍周期をもつ波形接合を検討し、これを組み込んだデバイスで 25 Gbps 変調を試した。

各 p-n 接合の設計と製作した試料を図 1 に示す。周期の比較的大きな楕円形接合とジグザグ接合は、角が丸まったものの、ほぼ設計通り製作された。一方、ノコギリ形接合は設計より大幅に接合が浅くなったため、予測した $\Delta\phi$ の向上は望めない。ジグザグ接合は実際には波形接合となったので、 $\Delta\phi$, f_{3dB} の理論値を楕円形接合と比較した。図 2 に示すように、 $\Delta\phi$ は 0.8 倍に減るものの、 f_{3dB} は 1.7 倍と大幅に増える。位相シフト長 L をわずかに長くすることで、楕円形接合よりも $\Delta\phi$ と f_{3dB} の両方を向上させられる。今回は L を長くする代わりに、格子シフトがない PCW で $n_g = 30$ の波長を用いて変調を行った。各駆動電圧 V_{pp} で得られた消光比 ER とアイパターンの例を図 3 に示す。ここでは位相動作点を固定したが、これは変調損失 $ML = 0.4 \sim 1.0$ dB に相当する。 $V_{pp} = 2.0$ V (PPG の設定値) で $ER = 5.7$ dB のアイ開口が得られた。 $V_{pp} = 1.4$ V でも、 n_g の揺らぎを考慮した ER の要求値 4 dB⁴⁾ が達成できた。

本研究は NEDO「光エレクトロニクスプロジェクト」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, 応物春季, 21p-S611-1 (2016). 4) Y. Hinakura et al. *Photonics* **3**, 17 (2016).

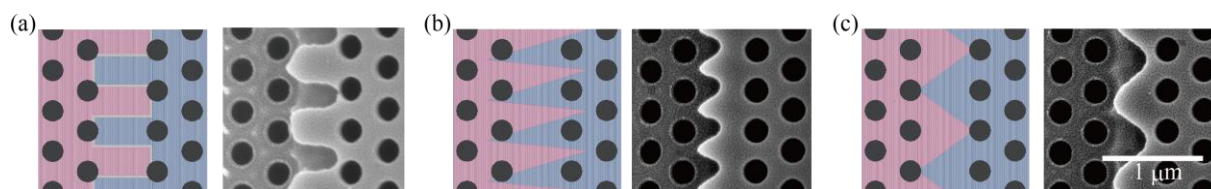


図 1 各 p-n 接合の CAD 設計 (左) と SEM 写真 (右). (a) 楕円形接合 (周期 600 nm), (b) ノコギリ形接合 (周期 400 nm), (c) ジグザグ形接合 (周期 800 nm).

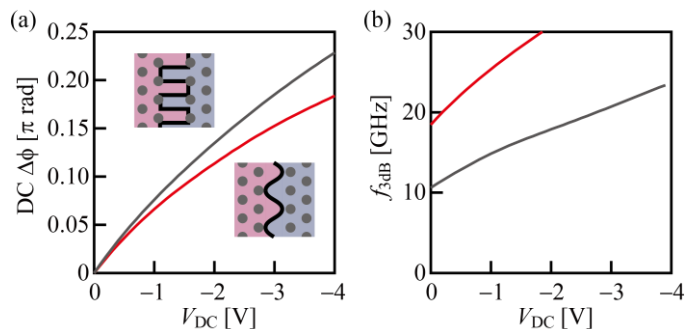


図 2 楕円形接合と波形接合の性能の比較. $n_g = 20$ の格子シフト型 PCW に対して計算した. (a) DC $\Delta\phi$. (b) f_{3dB} .

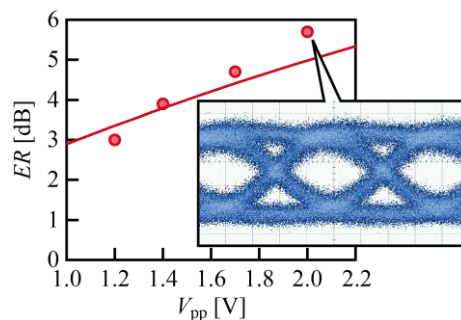


図 3 各駆動電圧で 25 Gbps 変調したときの ER とアイパターンの例.