

InP スロット導波路を用いた有機 EO ポリマー光変調器の検討 Investigation of organic EO polymer optical modulator with InP slot waveguide

○関根 尚希¹, 高木 信一¹, 竹中 充¹ (1. 東大工)

°Naoki Sekine¹, Shinichi Takagi¹, Mitsuru Takenaka¹ (1. U. Tokyo)

E-mail: sekine@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】近年 Si フォトニクスにおいて、EO ポリマーを用いた広帯域かつ低消費電力なハイブリッド変調器が注目を集めている[1]。Si スロット導波路中に埋め込んだ EO ポリマー中のポッケルス効果を用いることで純粋な位相変調が可能である。一方、変調帯域は主にスロット部の容量とスラブと呼ばれる接続部の抵抗で決まる。Si スラブ部の抵抗はドーピング濃度を上げることで減らすことが可能だが、同時に光損失も増大してしまう欠点があり、広帯域化の妨げとなっている。広帯域化と低損失化を両立する手法として、n 型 III-V 族半導体を導波路に用いることが有効であると考えられる[2]。今回 Si-on-insulator (SOI) 基板と同様の InP-on-insulator (InP-OI) 基板上に作製可能な InP スロット導波路を用いた有機 EO ポリマー光変調器の検討を行った。変調帯域や光損失について数値解析を行ったので報告する。

【素子構造】今回検討した変調器の構造を Fig. 1 に示す。SiO₂ BOX 層上に総膜厚 220 nm の InP 層が貼り合わされた InP-OI 構造上に、スロット幅 W_{mesa} 240 nm、ギャップ W_{gap} 120 nm の InP スロット導波路を想定した。スロットの中心部に EO ポリマーを埋め込んだ構造となっている。またスラブ部の幅 W_{slab} は 1 μm 、高さ H_{slab} は 70 nm とした。

【計算手法】Lumerical 社の FEM、FDTD ソルバーを用いて、電界分布、キャリア分布、及び光電界分布を求め、EO ポリマーとキャリアによる屈折率、吸収率変化及び、所定のドーピング濃度での変調器の総抵抗、総容量を求めた。EO ポリマーの屈折率を 1.8、電気光学係数を $r_{33} = 180 \text{ pm/V}$ と仮定した。

【計算結果】導波路材料として InP または Si を仮定し、それぞれの材料のドーピング濃度を一様に $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ から $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ まで変化させた。このとき電極はオーミックコンタクト電極を仮定して計算を行った。この結果、InP スロット導波路を用いることで、Si スロット導波路と比較したとき、変調効率と同程度であるが、同じドーピング濃度のときの損失は約 2.5 倍小さく、帯域の目安となる RC 時定数は 10 倍以上小さくなることが示された。

このことから、InP スロット導波路を用いることで、変調帯域と損失のトレードオフ関係を大幅に改善できることが分かった。また位相変調器長を 830 μm とした MZI 変調器の動特性を解析した。このとき同程度の RC 時定数をもつようドーピング濃度を調整した。Fig. 2 に 100 Gbps NRZ 信号で変調したアイパターンを示す。InP スロット導波路を用いることで OMA が 10 dBm 程度改善することから、100 Gbps においても明瞭なアイ開口が得られることが分かった。

【謝辞】本研究の一部は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託により実施した。

【参考文献】

[1] S. Wolf, et al., Scientific Reports, 8, 2598 (2018).

[2] S. Andreou, et al., Proceedings of the 20th Annual Symposium of the IEEE Photonics Benelux chapter, 23-26(2015).

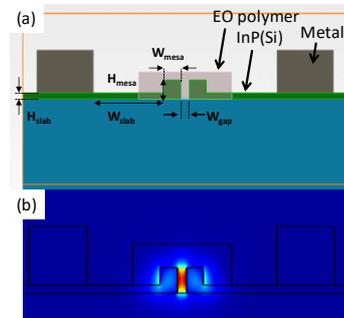


Fig. 1 (a) Cross-sectional schematic of organic EO polymer optical modulator with InP slot waveguide, and (b) electrical

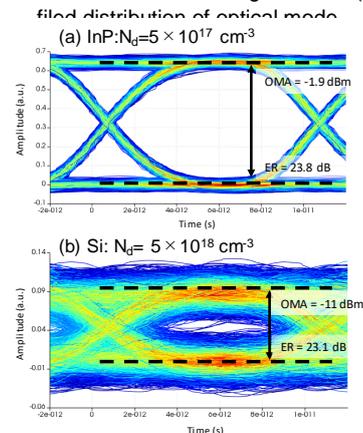


Fig. 2 Eye pattern of EO polymer modulator with (a) InP slot waveguide and (b) Si slot waveguide modulated with 100 Gbps NRZ signal.