

利用課題番号 : F-13-KT-0077
利用形態 : 技術補助
利用課題名 (日本語) : 超低電圧駆動ポリマ光変調器
Program Title (English) : Ultra-low voltage driven optical polymer modulators
利用者名 (日本語) : 榎波康文¹⁾, 袁冰之²⁾
Username (English) : Yasufumi Enami¹⁾, Bing-zhi Yuan²⁾
所属名 (日本語) : 1) 高知工科大学工学研究科システム工学群, 2) 広島大学工学研究科
半導体集積科学専攻
Affiliation (English) : 1) School of Systems Engineering, Graduate School of Engineering, Kochi University of
Technology, 2) Semiconductor Electronics & Integration Science Group, Graduate School of
Engineering, Hiroshima University

1. 概要 (Summary) :

既存のシリコン光変調器や LN 光変調器の帯域幅は 40 GHz 以下で有るのに対しポリマ光変調器は 110 GHz 帯域幅を実証している。利用者は既存の光変調器の 1/10 以下 (消費電力 1/100) の半波長電圧 0.65 V を報告してきた。近年はポリマ光変調器の集積化と超低電圧駆動に重点を置いて研究を行っており、シリコンを使用することなく全誘電体多層薄膜スロット導波路を用いたポリマ光変調器による半波長電圧低減を行う。

2. 実験 (Experimental) :

本研究においては、光の波長以下の領域に光を閉じ込めることを可能とする多層薄膜スロット光導波路型ポリマ光変調器を作製した。レーザ直接描画装置を使用してフォトマスクを作製した後、このフォトマスクをマスクアライナにセットし、シリコン基板上のレジストに UV 照射し、その後エッチング・現像することで電極構造を形成した。そのサンプルに電子線蒸着装置を使用して電極 (Au/Ti) を蒸着し、リフトオフによる電極作製を行った。その電極構造上にゾルゲルシリカガラスによる光導波路作製を行った。多層薄膜スロット導波路構造を作製するため、ゾルゲルシリカ光導波路上にスパッタ装置により 100 nm 膜厚の TiO₂ 薄膜を積層した。TiO₂ 上に電気光学 (EO) ポリマ薄膜をコーティング及びポーリング処理した後、再度 TiO₂ 薄膜をスパッタリング装置により積層し、スロット導波路を作製した。最後に上部バッファ層をコーティングし、その上に上部電極を積層することにより光変調器を作製した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion) :

垂直閉込型スロット内部に配置した EO ポリマへ高密度の光閉じ込めを行い光挿入損失低減と半波長電圧低減を行った。光導波路内部で高い EO 係数を得るため、EO ポリマ材料選定及び膜厚調整を行い、EO ポリマのポーリング効率改善を行った。スロット内部 EO ポリマに対し高い EO 係数を得た後、高い光閉じ込め効果が光変調器の半波長電圧に反映されることを実証した。

半波長電圧低減のため、Fig. 1 に示すデュアル駆動可能な光変調器作製を行った。デバイスの改良を行い半波長電圧は 10 mm の電極長に対し 2.6 V、 $V\pi$ と電極長 L の積は 2.6 Vcm である。EO ポリマ (SEO125) を用いたデバイス内部での EO 係数を 75 pm/V まで増加させた。

実際の光変調器と同様の構造を用いて新規 EO ポリマ (SEO100) を用いたポーリングと EO 係数測定を行ってきた。その結果、現在多層薄膜 (EO ポリマ/TiO₂/ゾルゲルシリカ/ITO) 環境下において最も高い EO 係数 192 pm/V を波長 1550 nm において実証した (論文投稿中)。現在 SEO100 (EO 係数 192 pm/V) を用いて本光変調器の半波長電圧を 0.3 V 以下とする実験を行っている。

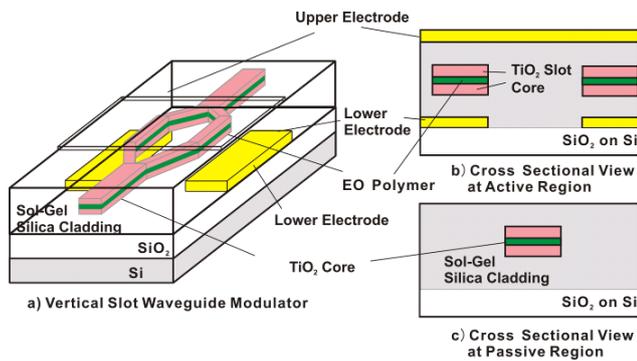


Fig. 1. Schematic cross section of the EO polymer/TiO₂ multilayer slot waveguide modulator. (a) Bird's eye view. (b) Cross-sectional view of the active region. (c) Cross-sectional view of the passive region.

(Y. Enami et al. *Applied Physics Letters*, 101, 123509, 2012)

4. その他・特記事項 (Others) :

今後はスロット導波路に用いる高屈折率材料を更に高屈折率の材料に換えて実験を行い、高いEO係数を有する新規EOポリマSEO100(EO係数192 pm/V)を採用可能として半波長電圧の低減を実施予定である。

謝辞：本研究は次の競争的資金により研究を進めた。
2012～2014 年度文科省科学研究費補助金 基盤研究
(A)「高速ポリマ光変調器の超低消費電力化」榎波康文

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

- (1) **Y. Enami** and S. Suye, “Sol-gel silica planar waveguide doped with a green fluorescent protein for biophotonic sensor network”, *Optics in Life Sciences*, Bio-optics: Design and Application, JT2A.9, Kona, Hawaii, USA, 17th of April, 2013.
- (2) **Y. Enami**, J. Luo, and A. Jen, “High Confinement and Efficient Poling in TiO₂/Electro-Optic Polymer/TiO₂ Multilayer Slot Waveguide Modulators”, *Collaborative conference on 3D & Materials Research (3DMR)*, Jeju Korea, pp. 303 (2013) (24th to 28th of Jun, 2013). (招聘講演)
- (3) **Y. Enami** and A. Jen, “Electro-Optic Polymer Modulators Based on Hybrid and Multilayer Slot Waveguides”, *Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) Pacific Rim*, ThL2-1[Invited] Kyoto,

(7.4. 2013). (招聘講演)

(4) **Y. Enami**, J. Luo, and A. Jen, “Electro-Optic Polymer/TiO₂ Multilayer Slot Waveguide Modulators for Optical Interconnections”, *Optical Society of America Annual Meeting, Frontier in Optics 2013*, FTu4E.5. (2013), Orlando, Florida, USA, 6-10, Oct, 2013.

(5) **Y. Enami**, J. Luo, and A. Jen, “Efficient poling in TiO₂/electro-optic polymer/TiO₂ multilayer slot waveguide modulators”, *SPIE(The International Society for Optical Engineering) Photonics West, San Francisco, CA, USA*, 8986-43 (2014), 1-6th of Feb, 2014.

6. 関連特許 (Patent) :

なし。