

平成 26 年度卒業論文要旨

電気光学ポリマの電気光学係数増強

システム工学群電子工学専攻 中村 英弘

担当教員 教授 榎波 康文

1. はじめに

光変調器は、既存の高速光通信だけでなく電子集積回路と光回路の融合に重要な役割を果たすデバイスであり、シリコンフォトニクスによる On-Chip 光集積回路によるデータセンターサーバの低消費電力化が期待されている。しかしながら、実用化には光変調器の駆動電圧の低減及び集積化が必要である。電気光学 (EO) ポリマを用いた全ポリマ型光変調器は既に従来の LiNbO_3 光変調器の変調帯域幅の 2 倍以上である 110GHz を達成した。さらに、EO ポリマとゾルゲルシリカ導波路を組み合わせたハイブリッド型光変調器[1-3]は、光変調帯域幅を損なうことなく光損失及び半波長電圧低減を可能とした。ハイブリッド型ポリマ光変調器は LiNbO_3 光変調器の EO 係数の約 5 倍以上の 170pm/V 及び半波長電圧 0.65V を達成した[2,3]。 TiO_2 多層薄膜スロット導波路型ポリマ光変調器は EO ポリマへの光閉じ込め効率を増加させ、光変調器の電極間隔を減少可能であるため集積型ポリマ光変調器の適した光導波路であり、本研究室で独自に研究を進めてきた[4-6]。本研究では、EO ポリマ/ TiO_2 多層薄膜スロット導波路変調器と同様の構造を有する EO デバイス[7,8]のポーリングの際の電気的特性を解析し、ポーリング効率を最適化するとともに更なる EO 係数増強を行う。

2. 研究内容

Au/EO ポリマ(SEO100)/ TiO_2 /ゾルゲルシリカ/ITO で構成された多層薄膜 EO デバイスの電気的特性を評価解析後、ポーリング処理を最適化し EO 係数を増強する。 TiO_2 及びゾルゲルシリカ層に加え伝導性界面層として PEDOT:PSS を用い ITO 表面を PEDOT:PSS 薄膜で覆うことにより ITO 表面を平滑化するとともに、ITO とゾルゲルシリカ間に生じるトラッピングチャージを減少し絶縁破壊を回避することによりポーリング効率を向上する。ITO とゾルゲルシリカ間の仕事関数の差を PEDOT:PSS を挟むことで緩和させ、電子の流れを均一にすることにより EO 係数増強を行う。

3. 結果

PEDOT:PSS は波長 1.31 μm と 1.55 μm において ITO とほぼ同じ透過率を持っており、C. C. Teng 及び H. T. Man による EO 係数測定に影響を与えないことを確認した[7]。図 1 に示す EO デバイスから EO ポリマを取り除いた薄膜構造に PEDOT:PSS 薄膜層を付加した場合のサンプルの導電率は約 4 倍向上し (図 1(a)参照)、ポーリング処理中の電流密度を増加した。PEDOT:PSS 薄膜層の付加によりポーリング効率向上及び EO 係数増強への寄与を考察した。EO ポリマ薄膜へ TiO_2 及びゾルゲルシリカ層のみを付加した多層薄膜に対するポーリング効率向上のための解析及び実験により従来より高い EO 係数 215pm/V を得た。更に PEDOT:PSS 薄膜層を付加した EO デバイス # 1(表 1 参照)に対するポーリング後の EO 係数は 263pm/V[8] (波長 1.31 μm) であり、PEDOT:PSS 薄膜層を付加

しない EO デバイス#2 の約 1.2 倍、 LiNbO_3 光変調器の約 8.8 倍であった。

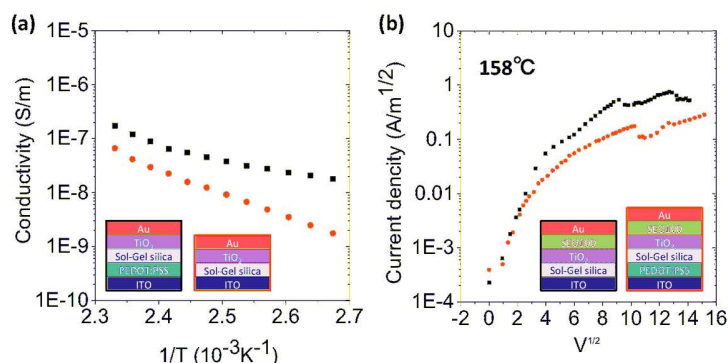


図 1 : (a)EO ポリマを除いた多層薄膜構造における導電率の温度依存性 (b)EO ポリマを有する多層薄膜構造に対する電流密度とポーリング電圧の関係

表 1 : PEDOT:PSS 薄膜を付加した EO デバイスと付加していない EO デバイスにおけるデバイスパラメータ及び EO 係数測定結果[8]

Device	I_m (mV)	V_m (V)	r_{33} (pm/V) @1310nm
#1 Au / SEO100 / TiO_2 / sol-gel silica / PEDOT:PSS / ITO	0.8	20	263 [8]
#2 Au / SEO100 / TiO_2 / sol-gel silica / ITO	0.7	20	215

4. まとめ

EO ポリマ薄膜へ TiO_2 及びゾルゲルシリカ薄膜を付加した多層薄膜構造に対する解析及びポーリング効率改善により EO 係数 215pm/V (波長 1.31 μm) を得た。更に PEDOT:PSS 薄膜付加することにより EO デバイスの EO 係数を約 1.2 倍高くすることに成功した。 TiO_2 薄膜より高い導電率を有する PEDOT:PSS 薄膜は、EO ポリマへのホール注入を減少させ、ポーリング処理時の空間電荷の蓄積を制限することに貢献した。EO ポリマへの印加電界分布改善により EO 係数 263pm/V (波長 1.31 μm) を達成した。また、PEDOT:PSS による ITO 表面の平滑化は、高電圧ポーリングから EO デバイスの早期絶縁破壊を防止する。これら結果により、電極に PEDOT:PSS 薄膜を用いた EO ポリマ/ TiO_2 多層薄膜スロット導波路光変調器における EO 係数増強及び半波長電圧低減を可能とした。

参考文献

- [1] Y. Enami et al. *Applied Physics Letters*, 89, 143506 (2006).
- [2] Y. Enami, et al. *Nature Photonics*, 1, 180 (2007).
- [3] Y. Enami et al. *Applied Physics Letters*, 91, 093505 (2007).
- [4] Y. Enami, et al. *Applied Physics Letters*, 101, 123509 (2012)
- [5] Y. Enami et al. *Optics Express*, 22, 16418 (2014).
- [6] Y. Enami et al. *Optics Express*, 22, 30191 (2014).
- [7] Y. Jouane et al. and Y. Enami, *Optics Express*, 22, 27725 (2014).
- [8] Y. Enami, H. Nakamura, J. Luo, and A. K-Y. Jen, *Optics Communications*, 362, 77 (2016).