HfO2系強誘電体を用いた光位相変調の検証

Investigation of optical phase modulation using HfO2 based ferroelectric

°高城和馬、関根尚希、トープラサートポン カシディット¹、高木信ー¹、

竹中充1(東大院工1)

°Kazuma Taki, Naoki Sekine, Kasidit Toprasertpong¹,

Shinichi Takagi¹, and Mitsuru Takenaka¹ (The University of Tokyo¹)

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

【はじめに】インターネットやデータセンター内での通信量の指数関数的増加に対応するため、 光ファイバー通信の大容量・省電力化が強く求められている。このため、Si フォトニクスを用い た大規模光集積回路の重要性が増し、その中でも Si 光変調器の高効率化・高速化が最も重要な 研究課題と言える。現在実用化されている自由キャリア効果を用いた Si 光変調器では 100 GHz を超える高速化は困難で、この解決策としてニオブ酸リチウム(LiNbO3)やチタン酸バリウム (BaTiO₃) などポッケルス効果を示す強誘電体薄膜を Si プラットフォーム上に集積した光変調 器が報告されている[1-3]。しかし、いずれも CMOS プロセスと不整合な点が課題である。 一方、 2011 年に CMOS 互換である HfO2 系ゲート絶縁膜で強誘電性が発現することが発見され[4]、メ モリなどの電子デバイス応用の研究が盛んだが、ポッケルス効果などの電気光学効果は報告され ていない。本研究では、Si 光導波路上に HfO2系強誘電体膜である Hf₀₅Zr₀₅O2(HZO) [5]を堆積 した光変調器を作製し、電圧印加による光位相変調について実験的に評価したので報告する。 【素子作製】作製した変調器の位相変調部断面構造を Fig.1 に示す。SOI ウエハ上に作製した Si ストリップ導波路に ALD で Al₂O₃ 1 nm と HZO 10 nm を交互に堆積させ、総膜厚 30 nm の HZO 膜を形成した。強誘電性の発現のため、HZO 膜上に TiN を蒸着し、アニール(400 度、1 分)を 施した。TiN をウェットエッチングし、SiO2 クラッドを PECVD で堆積後、AI 電極を蒸着した。 【実験結果】非対称マッハ・ツェンダー干渉計(AMZI)の透過スペクトラムを Fig.2 に示す。AMZI の一方のアームの電極 a に 0.0 V、電極 b に 0.3 V の電圧を印加すると、干渉波長ピークの左側 へのシフトが観測された。一方、同じアームの電極 a に 0.3 V、電極 b に 0.0 V を印加して、印加 電界の向きを180度反転させると、干渉波長ピークが右側にシフトした。屈折率の変調原理とし て自由キャリア効果など様々な物理現象が考えられるが、屈折率変化の符号が印加電界の向きに 依存することから、HZO 中のポッケルス効果により光の位相が変調された可能性が示唆された。 【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 委託事業(JPNP14004)および JST、CREST、JPMJCR2004 の支援を受けて実施した。また文部 科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業(課題番号 : JPMXP09F20UT0021)の支援を 受けて、東京大学武田先端知スーパークリーンルーム微細加工拠点において実施された。

【参考文献】[1] C. Wang et al., Nature 562, 101–104 (2018). [2] M. He et al., Nat. Photonics 13, 359–364 (2019). [3] S. Abel et al., Nat. Mater. 18, (2019). [4] T. S. Böscke et al., Appl. Phys. Lett. 99, (2011). [5] J. Müller et al., Nano Lett. 12, 4318–4323 (2012).





Fig. 1 Cross-sectional schematic of optical modulator.

Fig. 2 Transmission spectra of AMZI.