

表面プラズモン共鳴型シリコン光変調器の改善

Improvement of a silicon optical modulator based on surface plasmon resonance

広島大ナノデバイス・バイオ研 °田部井哲夫, 横山新

Res. Inst. for Nanodevice and Bio Syst., Hiroshima Univ., °Tetsuo Tabei, Shin Yokoyama

E-mail: tabei@hiroshima-u.ac.jp

シリコン光変調器はマッハツェンダ干渉計型や光共振器型など様々なものが提案されているが、チップ上光配線用には微細な素子サイズ、高い消光比、低消費電力等の多くの要求が課せられ、これらの要求全てを満足するものはまだ無い。我々はこれら複数の要求を同時に満足する光変調器の開発を目標として、表面プラズモン共鳴をベースとするシリコン光変調器を提案した[1, 2]。この変調器は絶縁膜上シリコン(SOI)基板を用いた金属-酸化膜-半導体(MOS)構造をもち(図 1)、電圧印加によって生じた蓄積層または反転層とゲート絶縁膜の境界面に生じた表面プラズモンによって伝播光の強度を制御する。

これまでの研究では導波路コアを p 型シリコン、ゲート絶縁膜を SiO_2 として数値解析[1, 2]及びデバイスの試作[3]を行った。数値解析の結果からデバイス長が $100\mu\text{m}$ 以下でも 10dB 以上の消光比が期待できるが、試作したデバイスではまだ十分な消光比が得られていない。また動作電圧も試作したデバイスで膜厚 5nm のゲート酸化膜に対し 3.5V と大きな値である。本研究ではより高い消光比及び小さな動作電圧を目標にしてデバイスの改善を検討する。

様々なゲート絶縁膜を用いた場合の、波長 $1.55\mu\text{m}$ の光に対する反転層の誘電率を、ドルーデモデルを用いて数値解析した結果を図 2 に示す。ゲート絶縁膜の厚さを 10 nm とし、チャンネル部のシリコンは不純物濃度 $1.5 \times 10^{15} \text{cm}^{-1}$ (抵抗率 $10 \Omega \cdot \text{cm}$) の p 型とした。表面プラズモン共鳴が起こるための条件は金属薄膜の誘電率が負になることであるが、図より十分な電圧を印加することによって反転層の誘電率を負にすることが可能であることが分かる。更に、高誘電率の絶縁膜を用いることによってより低電圧での動作が期待できる。図 3 は光変調器のコア・クラッド境界面に波長 $1.55\mu\text{m}$ の TM 偏光波を入射した際の反射率のゲート電圧依存性を、ゲート絶縁膜をシリコン酸化膜及びシリコン窒化膜として数値解析した結果である。シリコン酸化膜よりも誘電率の高いシリコン窒化膜の方が反射率が大きく低下することから、シリコン窒化膜を用いることによって高い消光比が期待できる。発表当日は伝搬損失や消

光比などの光伝搬特性についても報告する。

謝辞 本研究は、科研費・基盤研究(C)(23560399)の補助を受けて実施した。

参考文献

- [1] 田部井他, 2012 年春季第 59 回応用物理学関係連合講演会, 18a-GP4-12.
- [2] T. Tabei et al., Proc. SPIE 8431, 84311K (2012).
- [3] 田部井他, 2012 年秋季第 73 回応用物理学学会学術講演会, 12a-PA3-15.

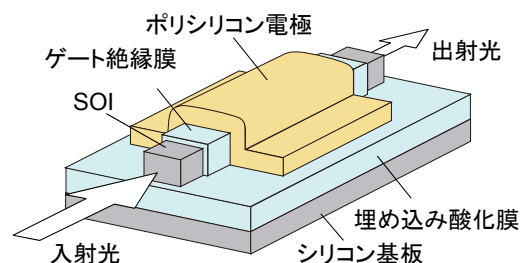


図 1 表面プラズモン共鳴型光変調器の構造

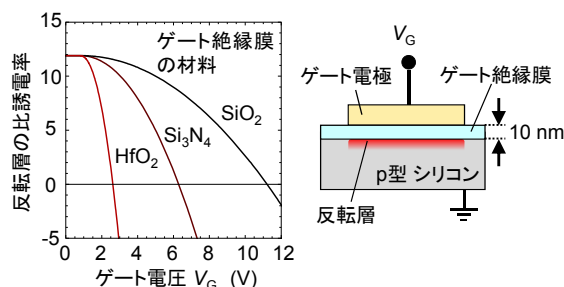


図 2 MOS 構造における反転層の誘電率のゲート電圧依存性

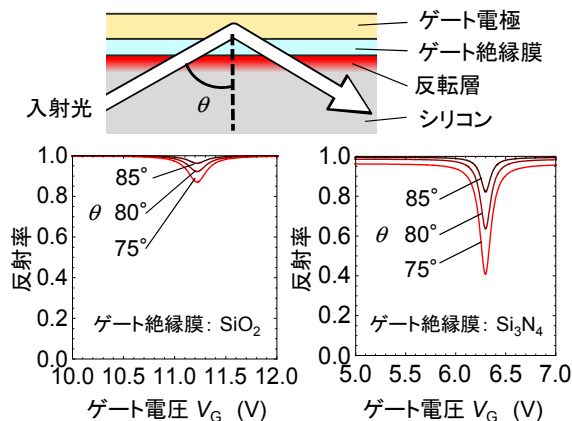


図 3 コア・クラッド境界面に入射する TM 偏光波反射率のゲート電圧依存性