

InP光導波路に結合した金属クラッド共振器型光変調器の設計

Design of Metallic-Cavity Optical Modulator Integrated on InP Waveguide

○千枝 航、張 柏富、沖本 拓也、種村 拓夫、中野 義昭(東大院工)

°Koh Chieda, Baifu Zhang, Takuya Okimoto, Takuo Tanemura, Yoshiaki Nakano

Graduate School of Eng., Univ. of Tokyo

E-mail: chieda@hotaka.t.u-tokyo.ac.jp

1. 背景

オンチップ光インターコネクト、光スイッチ、光ビーム整形への応用に向けて、集積光変調器の小型化が求められている[1]。一方、金属を用いた微小光共振器は、レーザ、光変調器、受光素子の微小化・省電力化を実現する手段として注目されている[2-4]。特に、半導体光導波路に結合した金属共振器型光変調器は、波長程度の大きさで集積することができ、低消費電力かつ高密度な光集積回路への応用が期待される[4]。今回、著者らはInPハイメサ光導波路と結合した金属クラッド共振器構造による微小光変調器を提案し、有限差分時間領域(FDTD: finite-difference time-domain)法による数値解析を行ったので報告する。

2. 構造と解析手法

提案する構造をFig.1に示す。InGaAsP/InPハイメサ導波路の上部に、InGaAsPコア層を銀で覆った微小共振器を配置している。共振器内コア層の屈折率と吸収率を変調し、共振波長のシフトと吸収率変化を併せて用いることで変調を行う。

今回は、まず共振波長変化による変調効果に注目し、共振器コアの屈折率(n_{core})を変調した際の光透過特性の変化を調べた。計算ではハイメサ構造によって x 方向には完全に閉じ込められていると仮定し、 y - z 平面において2次元FDTD計算を行った。1次元スラブ構造から計算される基本導波モードを入射し、出力光強度を求めた。

3. 数値計算結果

一例として、 $n_{\text{core}}=3.60$, $L=2\text{ }\mu\text{m}$ の場合の透過特性をFig. 2の実線で示す。波長1512 nmにおいて約400のQ値を持つ共振ピークが得られた。このとき、波長1512 nmと1567 nmにおける光電界分布をFig.3に示す。共振波長(1512 nm)においては、入力光が共振器に結合して光が閉じこまるのに対し、非共振波長(1567 nm)では光が透過していることが分かる。この状態で、電流注入により $n_{\text{core}}=3.59$ に変化させた場合の透過特性をFig. 2の破線で示す。波長1512 nmにおいて、1.8 dBの挿入損と4.3 dBの消光比が得られた。 x 方向の共振器幅を1 μm 、キャリア密度変化量を 10^{18} cm^{-3} と仮定すると、変調に必要な電流量は10~20 μA と算出される[5,6]。

4. まとめと展望

InP光導波路に結合した金属共振器型光変調器を提案し、変調特性を計算した。長さ僅か2 μm の共振器を用いて、挿入損失1.8 dB、消光比4.3 dBの強度変調が可能であることを示した。今回は、屈折率の変調のみを考慮したが、吸収率の変化も利用することで、更なる高効率が期待される。さらに、量子井戸構造を導入し、逆バイアス電界による量子閉じ込めシュタルク効果を用いることで、10 Gb/s以上の高速変調の可能性も期待される。

参考文献: [1] Sun, J. et al Nature 493,195(2013). [2] K. Ding, et al., Phys. Rev. B 85, 041301 (2012). [3] M. K. Kim, et al., Opt. Express 19, 23504 (2011). [4] M. K. Kim, et al., Opt. Express 21, 25796 (2013). [5] B. R. Bennett, et. al., J. Quantum Electron., 26, 113 (1990). [6] J. Piprek, *Semiconductor Optoelectronic Devices*, Academic Press (2003).

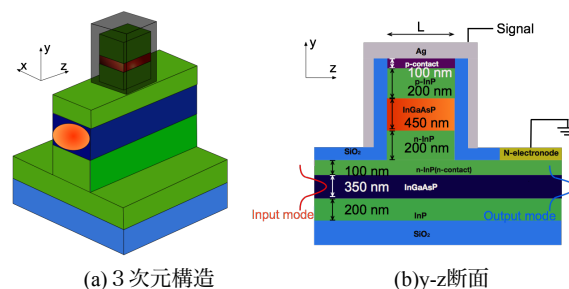


Fig.1 導波路結合金属共振器構造

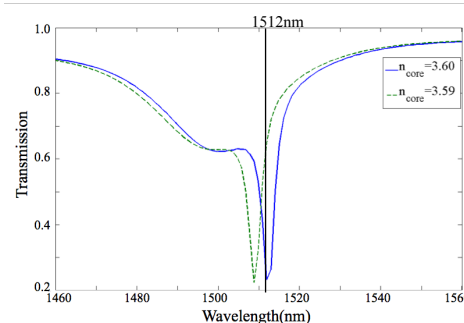


Fig.2 $n_{\text{core}}=3.60, 3.59$ の時の透過特性

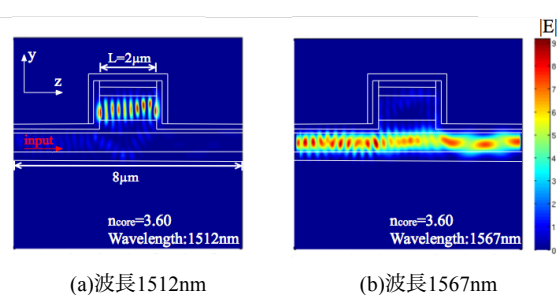


Fig.3 光電界強度分布