Si フォトニック結晶光変調器の周波数特性(II)

Measurement of frequency response in Si photonic crystal modulator (II)

○寺田陽祐、雛倉陽介、馬場俊彦（横国大院工）
°Yosuke Terada, Yosuke Hinakura and Toshihiko Baba (Yokohama Nat'l Univ.)
E-mail: yterada@ynu.ac.jp

Si マッハツェンダ (MZ) 変調器は CMOS 互換プロセスで製作可能だが，位相シフタが数 mm と長い．我々は格子シフト型フォトニック結晶導波路 (PCW) による広帯域スローライトを用いることで，動作波長幅を確保したまま小型化を図ってきた．これまでに L = 200 μm での 25 Gbps 動作を実証し [1]，櫛形 p/n 接合と高濃度ドーピングを導入して効率を改善，変調損失を低減した [2]．前回は L = 90 μm のデバイスの E/O 周波数特性を測定し，櫛形接合においても f_{3dB} = 20 GHz が得られることを示した [3]．しかし L = 200 μm では f_{3dB} が低下し，しかも RC 時定数から予想される値より低かった．寄生容量が原因と考察したが，伝送線路での損失により電圧の平均値が低下した可能性もある．変調器の等価回路を図 1 に示す．損失は R によるものなので，この寄与を減らせばよい．まずコンタクトホール間の距離 w_{ch} を短くすると，p^+, n^+領域が短くなり R が低減される．電極間距離 w_{el} を短くすると C' は増大するが，R の寄与を相対的に低減できる．両者とも伝送線路の損失を減らし，周波数特性を改善できる．ただし C' の極端な増加は特性インピーダンス Z_0 を 50 Ωより小さくし，また位相変化量を減少させる．本変調器は Z_0 が 50 Ωより高い傾向にあるので，w_{ch} = w_{el} + 2 μm とし，これらを同時に低減することで周波数特性の向上を図った．

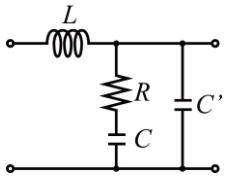

図 1 変調器の等価回路．

製作した変調器とその断面構造を図 2 に示す．変調器は Si MZ 回路，p/n 接合付き LSPCW 位相シフタ，熱光学位相チューナで構成され，終端抵抗はない．p/n 接合には線形と櫛形の 2 種類を用意した．V_{DC} = −2 V としたときの E/O 周波数特性を図 3 に示す．線形接合では w_{el} = 16 μm のとき f_{3dB} = 17 GHz だったのに対し，w_{el} = 7 μm のとき f_{3dB} = 19 GHz と高くなり，低周波領域での周波数特性も含めて改善した．櫛形では w_{el} = 7 μm のとき f_{3dB} = 12 GHz と前回とほぼ同等であったが，こちらは伝送路以上に接合の RC 時定数の影響が大きいと考えられる．駆動電圧 V_{pp} = 1.9 V (PPG 表示値) としたとき，線形接合，w_{el} = 7 μm での 20 Gbps と 32 Gbps のアイパターンを図 4 に示す．位相変化量Δϕが小さいため，変調損失は 6.1 – 6.5 dB と大きいが，周波数特性が良いため，32 Gbps でも明瞭なアイ開口が得られた．前回，スローライトと櫛形接合を整合させた構造 [4]を提案したが，これを導入すれば f_{3dB} を低下させずにΔϕを増大させられる見通しである．

本研究は NEDO 光エレ実装プロジェクトの援助を得て行われた．

参考文献 1) 寺田ら，応物春季，19a-F8-12 (2014). 2) Y. Terada et al. *Front. Phys.* **2**, 61 (2014). 3) 寺田ら，応物春季，12a-A16-7 (2015). 4) 竹内ら，応物春季，12a-A16-6 (2015).

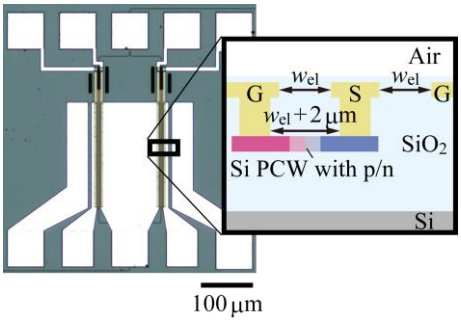

図 2 製作した変調器と断面の構造．

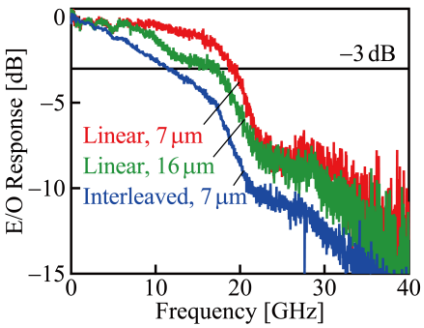

図 3 各接合と w_{el} をもつ変調器の E/O 周波数特性．

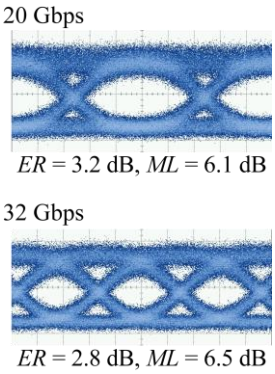

図 4 線形接合，w_{el} = 7 μm でのアイパターン．

© 2015年 応用物理学会