

Si フォトニック結晶スローライト変調器の周波数応答の計算 Calculation of Frequency Response in Si Photonic Crystal Slow-Light Modulator

横国大院工 ° 雛倉陽介, 寺田陽祐, 新井宏之, 馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ., °Yosuke Hinakura, Yosuke Terada, Hiroyuki Arai, Toshihiko Baba

E-mail: hinakura-yosuke-zm@ynu.jp

我々はフォトニック結晶導波路 (PCW) のスローライトを利用した Si 光変調器を研究してきた^{1,2)}。高い群屈折率 n_g により変調効率は増大するが、スローライトと RF 信号の位相不整合が周波数応答を劣化させる^{2,3)}。改善のために、RF 信号の遅延線として図 1 のようなメアンダライン電極を導入した。これにより、高 n_g での周波数応答の劣化は抑制されるが、遮断周波数 f_{3dB} の大きな改善には至っていない³⁾。今回はこの原因究明のために周波数応答の理論計算を行った。

通常電極での位相不整合による変調効率の低下率 η は式(1)で与えられる。

$$\eta = \left| \frac{1}{1 + \Gamma e^{-2j\beta_{RF}L}} \left(e^{j\frac{(\beta_o - \beta_{RF})L}{2}} \sin c \frac{(\beta_o - \beta_{RF})L}{2} + \Gamma e^{j\frac{(\beta_o + \beta_{RF})L}{2}} e^{-2j\beta_{RF}L} \sin c \frac{(\beta_o + \beta_{RF})L}{2} \right) \right| \quad (1)$$

$$\beta_{RF} = \frac{2\pi f n_{RF}}{c}, \quad \beta_o = \frac{2\pi f n_g}{c} \quad (2)$$

ただし L は移相器長、 Γ は電極終端での電圧反射率、 f は RF 信号の周波数、 n_{RF} は RF 信号の屈折率、 c は光速である。なお、この式は電極始端での RF の反射と電極内での損失は考慮していない。メアンダライン電極の場合は、式(1)に長さ L_d の遅延線で生じる位相変化 ϕ_d が加わる。この解析の詳細は当日報告する。さらに、RC 時定数による制限を加えて計算した周波数応答を図 2 に示す。計算条件は、 $L = 200 \mu\text{m}$ 、 $n_g = 20$ 、 $n_{RF} = 2$ 、信号発生器抵抗 50Ω 、p-n 接合抵抗 60Ω 、接合容量 50 fF とした。通常電極では、 Γ の値に関わらずほぼ同じの周波数応答となったが、メアンダライン電極の場合は、 Γ が小さくなるほど応答が改善した。図 3 に示すように、 $n_g = 20$ 、 $\Gamma = 0$ 、 $L_d = 1 \text{ mm}$ のときに $f_{3dB} = 26.4 \text{ GHz}$ が見積もられた。つまり、電極終端での反射を抑制した小型 Si PCW 変調器による 50 Gbps の高速な変調の可能性が示された。

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業総合技術開発機構 (NEDO) の委託業務の結果得られたものです。

参考文献

- 1) Y. Terada et al., *J. Lightwave Technol.*, **35**, 1684-1692, 2017. 2) Y. Hinakura et al., *Photonics*, **3**, 17(1-11), 2016. 3) 雛倉陽介ら, 春季応物, **15p-P2-3**, 2017.

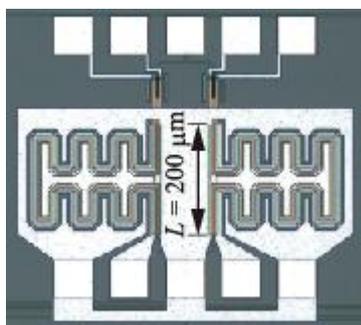


図 1 メアンダライン電極 Si PCW 変調器。 $L_d = 1186 \mu\text{m}$ 。

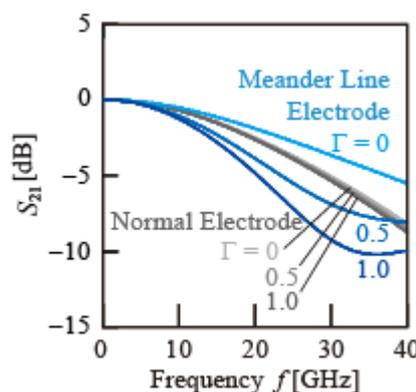


図 2 計算された周波数応答。
 $L_d = 1186 \mu\text{m}$ 。

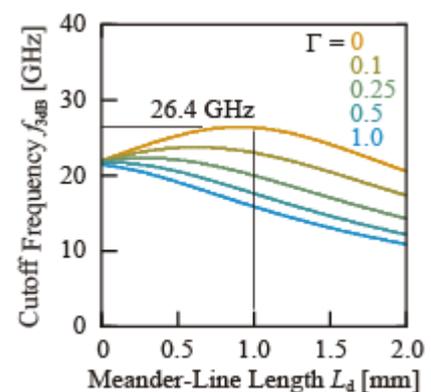


図 3 L_d に対する f_{3dB} 。