

フォトニック結晶光ディテクタと変調器の連結による波長変換回路の構成 Configuring a wavelength converter by a combination of photonic-crystal-based photodetector and modulator

NTT ナノフォトニクスセンタ¹, NTT 物性基礎研², NTT 先端集積デバイス研³

○野崎謙悟^{1,2}, 松尾慎治^{1,3}, 納富雅也^{1,2}

NTT Nanophotonics Center¹, NTT Basic Research Labs.², NTT Device Technology Labs.³

○K. Nozaki^{1,2}, S. Matsuo^{1,3}, and M. Notomi^{1,2}

E-mail: nozaki.kengo@lab.ntt.co.jp

波長分割多重(WDM)を含む様々な光ルーティング回路を構成するには、光信号に対する波長変換や光増幅などの機能が不可欠であるが、通常、ミリメートル長の半導体光導波路など大面積素子が必要なため、チップサイズの大規模光回路を構成することは難しい。一方、我々はこれまでに、InP フォトニック結晶(PhC)に InGaAs 層(または InGaAsP 層)を埋め込む構造により、超小型の PD¹⁾(または光変調器²⁾)を作製しており、両者の連結系により微小面積の波長変換回路を構成することを検討したので今回報告する。

従来より、PD と光変調器の集積によって光入出力可能なスイッチ回路や波長変換が報告されている^{3), 4), 5)}。同様の機能を低消費電力・小面積で実現するため、低容量の PhC 型素子は有力な候補であり、Fig. 1 のような PD と変調器の連結回路を検討した。PD へ入力された光信号は電流となり、負荷抵抗へ流れて信号電圧に変換されるが、この信号電圧が変調器を駆動すれば、別途入力された CW 光が変調光として出力される。変調器の動作波長は設計により可変であるため、元の光信号入力に対する波長変換が実現できる。高い負荷抵抗により、微弱な光信号でも高電圧出力により変調器を駆動できるため、非線形光学効果の増強回路ともいえるが、そのため、全光スイッチ等では難しい高効率な波長変換が期待できる。

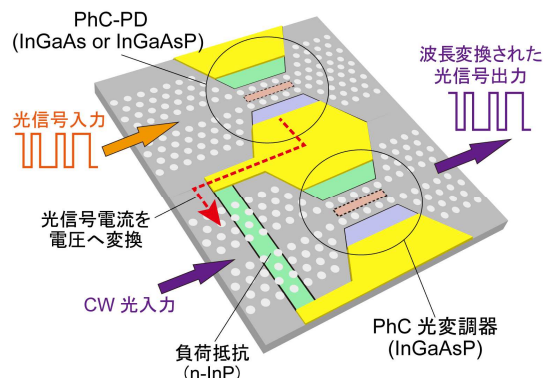


Fig. 1 Schematic of PD-modulator configuration.

Fig. 2(a)と(b)にこの系の等価回路と PD から変調器へのトランスインピーダンス(V/A)の計算値を示す。負荷抵抗 R_{load} と変調器容量 C_{mod} による RC 時定数が動作速度を制限するため、Gb/s オーダで動作させるためには 1 fF 程度の低容量が必要である。すなわち、我々の PhC 型 PD および変調器のような微小素子のみがこの回路を実現可能といえる。Fig. 3(c)は時間応答の計算例であるが、低容量化により 10 Gb/s 光信号に対して信号電圧のアイ開口が得られることを示している。

本回路は、数十 μm 角の微小面積で構成でき、電圧増幅器を用いないため低消費電力が期待される。また、導波路型の変調器が利用できれば任意波長へ変換が可能であるため、WDM 光ルーティング回路の構成に有用と考えられる。

参考文献 1) K. Nozaki, et al., Opt. Exp. 21, 19022, (2013), 2) 野崎ほか, 本応物(2015), 3) S. Matsuo, et al., Photon. Tech. Lett. 3, 330, (1991), 4) Lentine, et al., J. Quantum Electron. 29, 655, (1993), 5) S. Kodama, et al., Electron. Lett. 39, 1269, (2003)

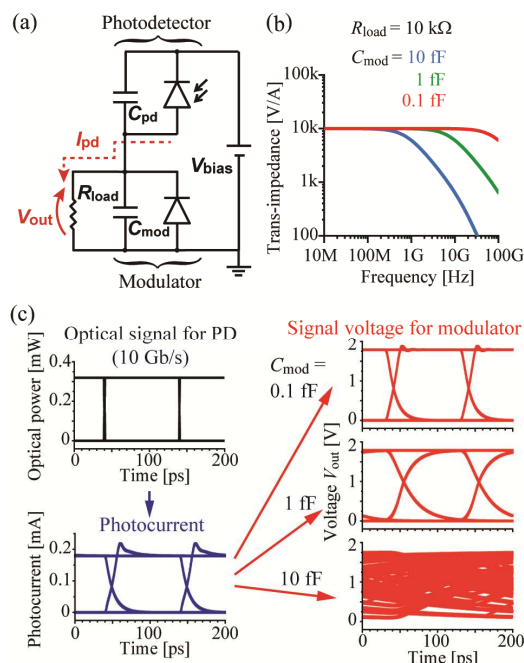


Fig. 2 Simulated results. (a) Equivalent circuit model. (b) Frequency response of trans-impedance from I_{pd} to V_{out} . (c) Simulated eye patterns (10 Gb/s) for different C_{mod} .