

偏光子集積フォトディテクタによる垂直入射型ホモダイン受信器の提案

Proposal of normal-incident homodyne receiver with polarizer-integrated photodetectors

○相馬 豪, 宮崎 俊輝, 小野寺 文太, 中野 義昭, 種村 拓夫 (東大院・工)

○Go Soma, Toshiki Miyazaki, Bunta Onodera, Yoshiaki Nakano, Takuo Tanemura (The Univ. of Tokyo)

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

1. 背景

光の強度だけでなく位相の情報も検出するコヒーレント受信器は、大容量コヒーレント光通信システムに広く用いられている[1]のに加え、光干渉断層計(OCT)[2], LiDAR[3], コヒーレントOTDR[4], 光コンピューティング[5]など、幅広い応用が期待される。これらの用途では、並列化に優れる垂直入射型素子の実現が望まれるが、一般にコヒーレント受信器は構成が複雑であるため、導波路型と比べて実現例が乏しい。特に、高速化と高感度化の観点において理想的なホモダイン検波型バランスド受信器を実現するには、90°光ハイブリッド干渉計が必要となり、空間光学系で実装する上で大きな課題になっている[6]。

本報告では、偏光子集積フォトディテクタ(PD)を用いることで干渉計を大幅に簡易化した垂直入射型ホモダイン受信器を提案し、デバイスの設計結果を述べる。

2. 動作原理

図1に提案受信器の構成図を示す。信号光、局所光は、それぞれ逆回りの円偏波状態にして受信器に入射する。受信器は、偏光子付きPDをアレイ状に4つ並べた構成になっており、偏光子の角度を0°, 45°, 90°, 135°とする。偏光子を通過後の信号光と局所光の位相差は偏光子の角度の2倍となるため、90°光ハイブリッドとして機能し、0°と90°, 45°と135°で差分をとることで信号光の複素電界 E_{sig} の実数部と虚数部がそれぞれ検出される。

3. 偏光子の最適化

本研究では、InP系PDの直上に金属格子を集積することで偏光子を実現する。スリット幅を半波長以下にすることで、格子に対して平行な直線偏波成分は、エバネッセント波となり透過できないが、直交した直線偏波成分は、MIM (Metal-Insulator-Metal) モードとして金属間を伝搬することができる。今回は、光損失が小さなAuを用い、InPとの密着性を考慮して、Au

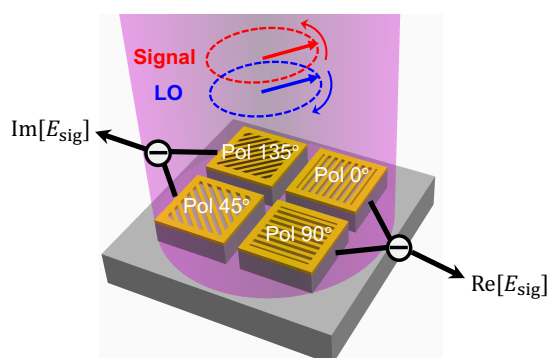


図1. 提案するコヒーレント受信器の概略図。

とInPの間に10nmのTi層を挿入する。透過率の計算には、有限差分時間領域法(FDTD法)を用いた。

提案した受信器構成において、差分光電流信号は、二つの偏波成分の透過率の差 $\Delta T = T_{\perp} - T_{\parallel}$ に比例する。そこで、1.5μm~1.6μm波長域での透過率差の平均値 $\langle \Delta T \rangle$ を性能指数として、格子の膜厚 t と周期 a に対して計算した結果を図2(a)に示す。各点において格子幅 w は最適化している。最適点 ($h = 270$ nm, $a = 1050$ nm, $w = 680$ nm) における波長依存性を図2(b)に示すが、0.85以上の透過率差が広帯域に得られることがわかる。このときの作製誤差耐性を図2(c), (d)に示す。 $|\Delta t| < 40$ nm, $|\Delta w| < 100$ nmの誤差範囲において $\Delta T > 0.8$ が得られることがわかる。

4. まとめ

偏光子を集積することで信号光と局所光の干渉計を簡易化した垂直入射型のホモダイン受信器を提案した。偏光子の最適化設計を行い、広帯域かつ高い作製誤差耐性で動作することを確認した。

参考文献

- [1] K. Kikuchi, J. Light. Technol. **34**(1), 157 (2016).
- [2] Z. Wang, et al., Biomed. Opt. Express **6**(7), 2562 (2015).
- [3] A. Martin, et al., J. Light. Technol. **36**(19), 4640 (2018).
- [4] Y. Wakisaka, et al., ECOC 2019, W1E.3.
- [5] R. Hamerly, et al., Phys. Rev. X **9**(2), 021032 (2019).
- [6] T. Kawashima, et al., OFC 2019, M1C.6.

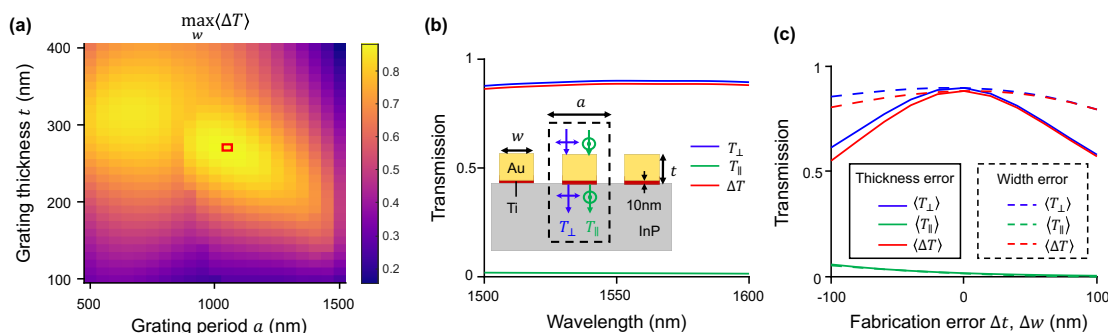


図2. (a) 透過率の差 $\langle \Delta T \rangle$ の最適化. (b) 最適パラメータにおける透過率の波長依存性. (c) 作製誤差耐性.