

低損失・広波長帯域多モード干渉(MMI)導波路による コヒーレントレーバ用 90°ハイブリッド集積受光素子の高感度化 High-Responsivity of InP-Based Photodetector Monolithically Integrated with 90° hybrid by Low Excess Loss MMI Design over Wide Wavelength Range

住友電気工業(株) ○菊地 健彦, 八木 英樹, 井上 尚子, 増山 竜二,

勝山 智和, 上坂 勝己, 米田 昌博, 小路 元

Transmission Devices R & D Laboratories, Sumitomo Electric Industries, LTD.

○Takehiko Kikuchi, Hideki Yagi, Naoko Inoue, Ryuji Masuyama,

Tomokazu Katsuyama, Katsumi Uesaka, Yoshihiro Yoneda, Hajime Shoji

E-mail: kikuchi-takehiko@sei.co.jp

【はじめに】

コヒーレントレーバの小型化には、InP 系 90° ハイブリッドが有利であり、我々は 90° ハイブリッドの 4 つの出力導波路端にフォトダイオード(PD)をモノリシック集積した受光素子を実現している^[1]。このような 90° ハイブリッド集積受光素子では、構造上 90° ハイブリッドの透過特性が後段に集積されている PD の受光感度に大きな影響を与える。そのため、広い受信波長および動作温度範囲においてコヒーレントレーバの高感度特性を実現するには、90° ハイブリッドが有する過剰損失の透過波長依存性を抑える必要がある。本報告では 90° ハイブリッドを構成する多モード干渉(MMI)導波路の低損失化ならびに広波長帯域化により、90° ハイブリッド集積受光素子の高感度化を実現したので、報告する。

【低損失・広波長帯域 90° ハイブリッドの設計】

Fig. 1 に InP 系 90° ハイブリッド集積受光素子の模式図を示す。チップサイズは 1.6 mm × 4.1 mm である。90° ハイブリッドは In-phase 信号に対応する 2×4 多モード干渉導波路(2×4-MMI)と、Quadrature 信号に対応する 2×2-MMI から構成されている^[2]。この構成では、Quadrature 出力チャンネル(Ch3 と Ch4)同士が隣接しているため、導波路交差による過剰損失発生が回避されている。2×2-MMI の過剰損失は、C バンド(1530~1570 nm)において 0.3 dB 以下と十分に低い。一方で 2×4-MMI の過剰損失は、MMI 長(L_{24})に大きく依存する。このため、作製プロセスにおける導波路幅の制御性を考慮し、C バンドにおいて 0.5 dB 以下となるように L_{24} を 400 μm 以下とした。Fig. 2 に 90° ハイブリッド集積受光素子と同じウェハ上に作製した 90° ハイブリッドの過剰損失を示す。4 つの全出力チャンネルで C バンドにおいて波長依存性 0.5dB 以内の平坦なスペクトルが得られており、過剰損失は 0.7 dB 以下に抑えられている。

【90° ハイブリッド集積受光素子の特性評価結果】

Fig. 3 に上記設計の 90° ハイブリッドとその 4 つの出力導波路端にモノリシック集積された PD の受光感度を示す。受光感度には前段の 90° ハイブリッド導波路の伝搬損失 0.7 dB、2×4-MMI の分岐損失 6 dB、先球ファイバ(MFD: 3.3 μm)との結合損失 1.5 dB を含む。Fig. 2 に示した 90° ハイブリッドの過剰損失の低損失ならびに広波長帯域設計を反映し、C バンドにおいて受光感度の波長依存性は 0.7 dB 以内が得られ、0.12 A/W 以上の高感度特性を達成した。

【まとめ】

低損失・広波長帯域 MMI 導波路により、C バンドにおいて 0.12 A/W 以上の 90° ハイブリッド集積受光素子の高感度化を実現した。

Reference

[1] H. Yagi, et al., OFC 2013, paper OW3J.5, 2013.

[2] S.-H. Jeong and K. Morito, ECOC 2009, paper 2.2.3, 2009.

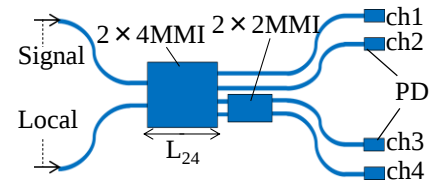


Fig. 1 Schematic diagram of the InP-based 90° hybrid consisting of MMIs integrated with photodiodes.

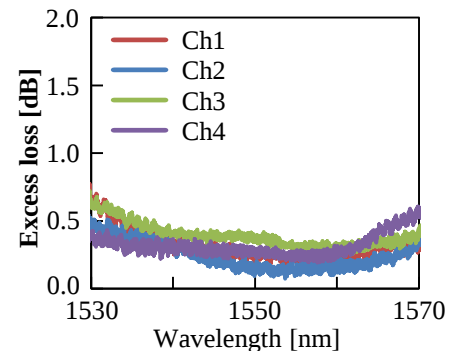


Fig. 2 Excess loss of fabricated discrete 90° hybrid consisting of MMIs.

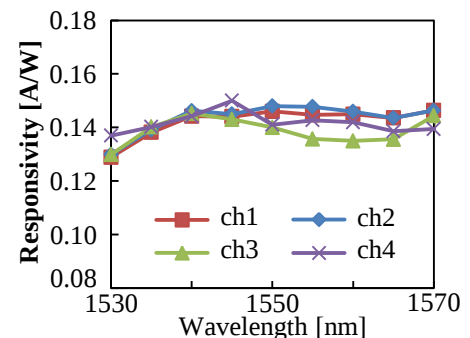


Fig. 3 Wavelength dependence of responsivity of the 90° hybrid integrated with photodiodes at 25 °C.