

# GI 型光ファイバを用いた拡散変調 QPSK モード分割多重伝送の特性

1150152 森住 祐紀

高知工科大学 システム工学群光エレクトロニクス専攻 岩下・小林研究室

## 1. はじめに

年々急増しているインターネットトラフィックに対応するため更なる通信の大容量化が必要である。そこで我々は新たな伝送方式としてマルチモード光ファイバ (MMF) の複数のモードを通信路とするモード分割多重伝送(MDM)の検討をしている。本研究では LAN への適用を目指して GI ファイバの伝送容量を向上するため QPSK 変調を用いて MDM 実験を行ったのでその結果を報告する。

## 2. 伝送方式の原理

マルチモード光ファイバ内では異なるモードが結合し干渉した状態で受信する。またそれらの信号はフォトダイオードが自乗検波であるため分離できない。そのため拡散変調を行うことで異なる信号同士により発生する干渉を拡散することで MIMO 処理を適用することが可能になる。

しかし、この方式では各信号の分配状況により特性が変化する。すなわち、送信チャンネルがそれぞれ異なる比率で受信信号に分配されると問題なく受信できる。しかし、伝送路やファイバへの結合状況により、分配状況は変化する。そこでチャンネル数を増やすことで伝送容量を増やすのではなく、チャンネル数を少なくし、変復調の多値化を増やすことにより伝送容量を増やすことを検討した。今回は従来 BPSK 方式で 4 チャンネル伝送をしたが QPSK 方式により同様の容量を実現することを検討した。

## 3. 実験構成

図 1 に実験構成を示す。1GHz の副搬送波を 100Mpsps で QPSK 変調した。変調後の光信号の片側の側波帯を抑圧するため 90° 位相が異なる電気信号に分け、この信号をデュアル駆動 LiNbO<sub>3</sub> 変調器に印加し、搬送波と片側側波帯を有する光に変換した。さらに PM(位相変調器)にて 10Gbps の拡散変調を行い光アンプを用いて増幅した。4 チャンネルの信号を模似的に作るため遅延を与え 4 チャンネルの信号としファイバフェーズ型の MMF カップラ(GI-OC)で合波した。伝送路には 1km の GI ファイバを用い伝送後、4 チャンネルに GI-OC で分けた。これをフォトダイオードにて電気信号に変換した。それら 4 つを MIMO 処理にて送受信で既知のトレーニングパターンを用いチャンネル行列  $H$  を求め、受信信号  $Y=HX$  より送信信号  $X=H^{-1}Y$  を再生した。

## 4. 実験結果

QPSK 搬送波変調、4×4 伝送による PD にて受信したそれぞれのチャンネルのアイパターンとコンスタレーション(a)並びに MIMO 処理後(b)のアイパターンとコンスタレーションを図 2 に示す。PD1、PD2、PD3、PD4 には複数のチャンネルの信号が混ざっていることがわかる。これを図 2(b)に示すように MIMO 処理により受信信号の分離ができていたことが確認できた。これらの信号には符号誤りがないことを確認した。しかし、Condition Number と EVM をみると完全に復調は出来ていない。また、MCP を用いた 2×3 伝送(0m、50m に MCP)における特性調査実験を行ったので図 3 に示す。

2 チャンネルの光パワー差(50m の光パワーを-18dB に固定し 0m の光パワーを-0.5dB づつ上げる)による信号の分離の度合いを Condition Number 及び受信信号の MIMO 処理後の EVM にて表している。図 3(a)、(b)の比較を行うと(b)の方が Condition Number 及び EVM の値が非常に良い事が確認できた。これにより MCP1 本は信号の分離に高い再現度を持つ特性があるため是非使うべきだと考えた。

## 5. まとめ

モード分割多重において QPSK 搬送波変調における 4 チャンネルの干渉・分離を行った。これによりモード分割多重伝送実現の可能性を示した。今後は伝送チャンネル数を増やすとともに安定的にファイバ内で信号の分配を行う方法について検討を進める。

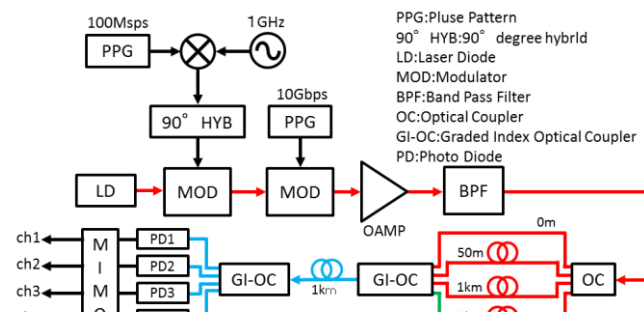


図 1. 実験構成 (赤 : SMF、青 : GI、緑 : MCP)

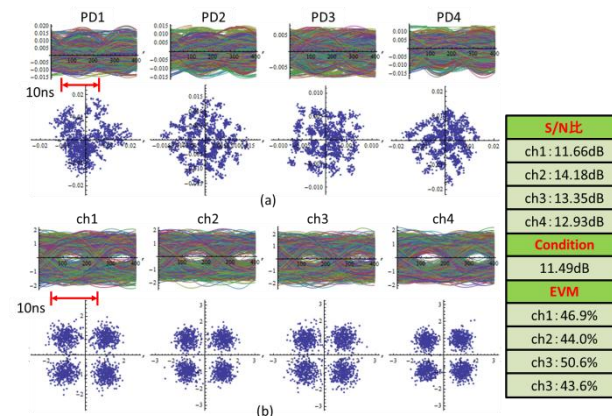


図 2. QPSK 方式 (4×4) の MIMO 処理前後(a)と(b)のアイパターン及びコンスタレーション

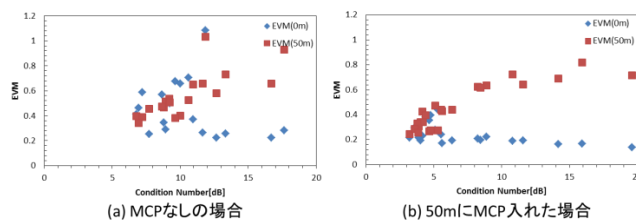


図 3. Condition Number と EVM の関係