

QPSK コヒーレント光変調器システムにおける偏波不完全性の補償

システム工学群 電子工学専攻 岩下・小林研究室 1160048 亀井 弘明

1. はじめに

光コヒーレント伝送で用いられているフェーズダイバーシティ検波に用いる光 90 度ハイブリッド(HYB)は入力信号光と局部発振光の位相が 90 度異なる 2 つの信号を作り出すために用いられている⁽¹⁾。これを実現するためには 90 度の位相差を与えるために波長板や遅延を用いている。これらには波長依存性があり、広帯域 WDM では広範囲の波長を用いるため補正が必要になっている。

本稿では光 90 度 HYB の位相差の補償を受信後のデジタル信号処理で行うことを検討したのでその結果を報告する。

2. 原理

光 90 度 HYB は円偏波と直線偏波を組み合わせる方法と 4x4 カップラで実現する方法が報告されている。いずれの方法も 90 度の位相差を有する I (in-phase) 信号と Q (Quadrature) 信号を作る。この 90 度 HYB に位相不完全性が生じた場合に受信後の信号の位相変化を電気信号に対しての位相変化を与えることにより実現する。位相変化はヒルベルト変換と同様に正の周波数に $e^{-j\theta}$ 、負の周波数に $e^{j\theta}$ を与える。

3. 実験構成・結果

光 QPSK 変調フェーズダイバーシティ検波の実験系を図 1 に示す。波長 1550nm の光を QPSK 変調し、偏波制御器を円偏波と直線偏波を生成し、それらを合波し、それぞれを 90 度 HYB を用いて分けることにより I 成分と Q 成分を得た。それぞれをバランス PD で受信し、同期検波を行って復調した。信号光の電力を -18dBm から 1dB ずつ減少させ、-28dBm まで変化させたときの、それぞれの BER(ビットエラーレート : Bit Error Rate)を測定した。信号光電力と BER の関係性と復調結果を図 2 に示す。図 2 のアイパターンはきれいなので、復調が来ている事がわかる。また、オフライン処理により位相補償を行った。位相補償は片方のアーム(Q 軸)の信号に対して上記の位相補償を行った。図 3 に変調しない場合の特性を示す。I+jQ の処理を行うことにより信号と局発の周波数関係により正あるいは負にスペクトルが見られる。これは偏波制御器で理想的な偏波の状態から $\lambda/4$ の角度を変化させていき、その時の正(Pp)及び負(Pn)の周波数の電力比の補償前と補償後を示している。補償により本来の電力比が得られていることがわかる。従って、本位相補償によりほぼ補償ができていくことがわかる。また、変調をかけ、理想的な偏波の状態から信号光側の $\lambda/4$ の角度を 10 度変化させた時の補償前後のアイパターンを図 4 に示す。図 4 より変調をかけている状態でも補償が来ていることがわかる。

4. まとめ

フェーズダイバーシティ検波において問題となる入力信号の位相不完全性の補償について検討した。受信後のデジタル信号処理により補償が可能であることを示した。

参考文献

(1) 小川育生 他、「100 Gbit/s 光受信 FE モジュール技

術」NTT 技術ジャーナル Vo1、No3、pp.62-66、2011

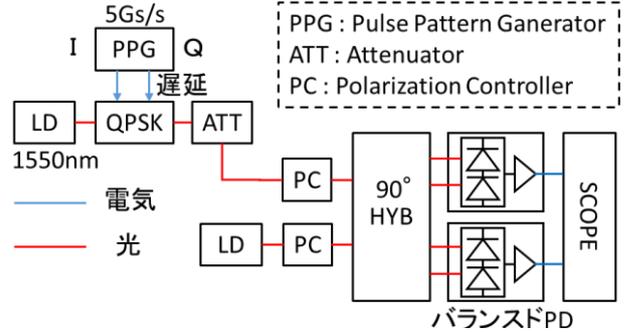


図 1 QPSK 変調位相ダイバーシティ検波の実験系

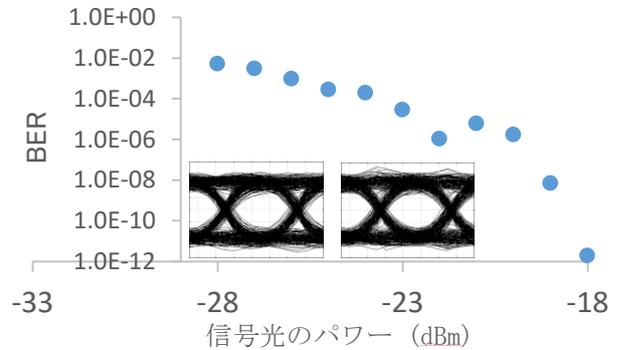


図 2 信号光電力と BER の関係性、復調結果

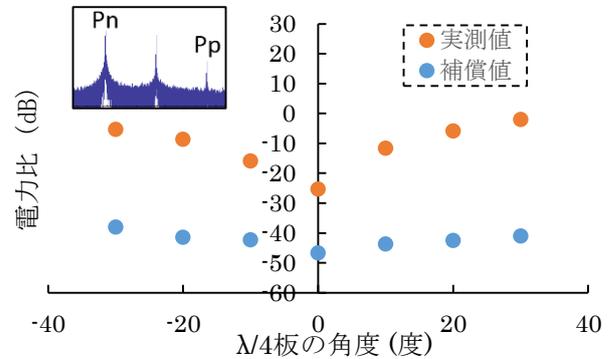


図 3 入力偏波を変えた時の正及び負の周波数成分の振幅比と補償後の振幅比

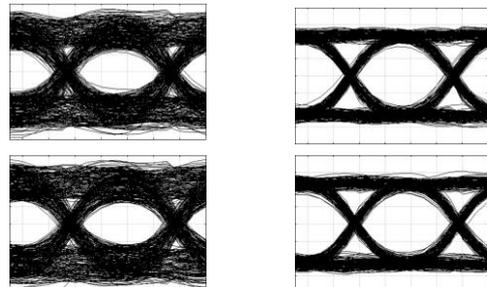


図 4 入力偏波を変えたときの補償前後のアイパターン (左 : 補償前、右 : 補償後、上 : アーム、下 : Q アーム)