

波長 830 nm のレーザー光を用いた
ファイバー干渉計部品の特性測定

発表者：1513197 渡辺大貴 指導教員：宮本洋子

1. 序論

本研究の目的は波長 830 nm のレーザーを用いてファイバー干渉計部品の特性を明らかにすることである。対象となるファイバー干渉計は光子を 2 モードの重ね合わせ状態で検出するための干渉計である。検出対象の光子の波長が 810nm であるため、近い波長の半導体レーザーを用いる。測定対象はアテニューエーターと 2 入力 2 出力ファイバーカプラーである。

2. 原理

2.1 光子の軌道角運動量状態

光子の軌道角運動量状態とは、方位角モード指数を m として、光軸の周りの方位角 ϕ に対する複素振幅の依存性 $\exp(im\phi)$ で表されるモードに光子が 1 個存在する状態である。この複数の m に対応する状態を重ね合わせた状態が、軌道角運動量重ね合わせ状態である。

2.2 経路干渉計法

経路干渉計法を用いた方法ではホログラムを固定する。測定対象のビームをホログラムに入射する。 m_H 次のホログラムは s 次回折光に $\exp(ilim_H s)$ の位相変化を与える。入射光のモード指数が m_0 であるとする、ホログラム反射後の s 次回折光は $m_H s - m_0$ のモードに変換される。ホログラムの 0 次回折光と 1 次回折光をシングルモードファイバー(SMF)によってフィルターする。シングルモードファイバー(SMF)は $m=0$ の成分のみ通過させるので、0 次回折光側の SMF は、元のビームの $m=0$ 成分のみ通過させ、1 次回折光側の SMF は、元のビームの $m=1$ 成分のみ通過させる。その 2 つのビームをビームスプリッタ(BS)、図 1 では、2 入力 2 出力ファイバーカプラーによって重ね合わせる。ビームスプリッタ(BS)の後に検出器を設置することで、この 2 つの軌道角運動量の重ね合わせ状態を検出することができる。

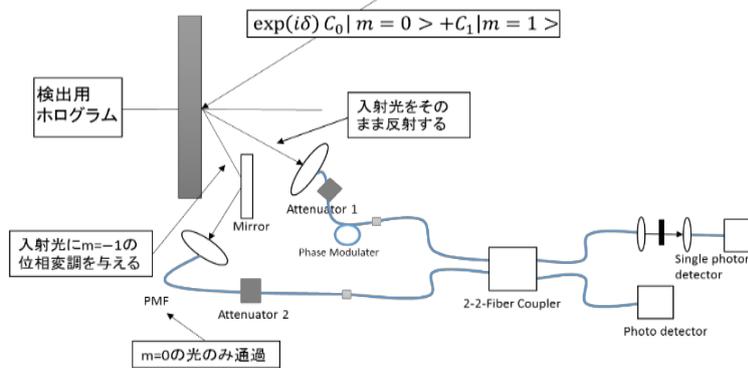


図 1: 経路干渉計法の光学系

2.3 測定対象の部品

・アテニュエーター

アテニュエーターは光減衰器と呼ばれ、自由空間または光ファイバー内を伝搬する光波のパワーを減衰させる装置である。今回使用するアテニュエーターは OZ OPTICS 社の BB-100-11-810-5/125-P-50-3U3U-3-0.5 であり、光波のパワーを調節するために用いられる。今回、二つのアテニュエーターを使用するのでそれぞれアテニュエーター 1(シリアル番号:187057-01)、アテニュエーター 2(シリアル番号:187057-02)とする。波長 810nm の光子を検出する予定なので、光ファイバーのコア径従来の4 μm より大きい5 μm のものとしている。

・2入力2出力ファイバーカプラー

ビームスプリッター(BS)の一種であり、光波を分割、合波することが可能な装置である。この装置はマイクロメーターの指示値を変えることで、出力の分岐比を調整できる。今回実験では Evanescent Optics 社の Model 905P を使用した。

3. 実験

3.1 アテニュエーター

1. 半導体レーザーをファイバーカプラーを通して、アテニュエーター付きの偏波保持ファイバーに入射した。
2. アテニュエーター付きの偏波保持ファイバーの出射側にパワーメーターをつないだ。
3. アテニュエーターの調節ねじを反時計回りに緩めていき、最大のときのパワーを測定した。
4. アテニュエーターの調節ねじを時計回りに回していき、減衰し始めた角度を0°として15°ずつ0°~540°まで出力パワーを測定した。

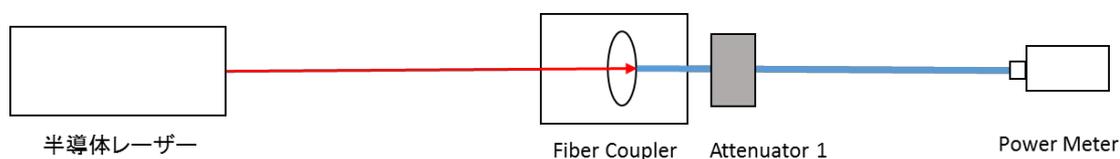


図 2 : アテニュエーターの特性測定

3.2 2入力2出力ファイバーカプラー

1. 半導体レーザーをファイバーカプラーを通して、アテニュエーター付きの偏波保持ファイバーに入射した。
2. 偏波保持ファイバーの出射側を2入力2出力ファイバーカプラーの入力側 A に接続した。このとき、入力 B 側は付属のキャップを装着した。

3. 2入力2出力ファイバーカップラーの出力 X,Y にパワーメーターを接続した。
4. 2入力2出力ファイバーカップラーのマイクロメーターのつまみを動かし出力 X,Y のパワーを測定した。
5. 偏波保持ファイバーの出力を入力 B 側に接続した場合についても同様の手順で行った。



図 3 : 2 入力 2 出力ファイバーカップラーの特性測定

4. 結果

4.1 アテニュエーター

調節ねじを緩めた状態でのアテニュエーター1 の最大出力パワーは $13.82 \mu\text{W}$ で、アテニュエーター2 の最大出力パワーは $12.92 \mu\text{W}$ であった。アテニュエーター1 の調節ねじの回転角に対する出力パワーの変化を図 4 にアテニュエーター2 の調節ねじの回転角に対する出力パワーの変化を図 5 に示す。アテニュエーター1 の最大入出力比は 1.45×10^{-7} 、アテニュエーター2 の最大入出力比は 7.45×10^{-7} と求まった。

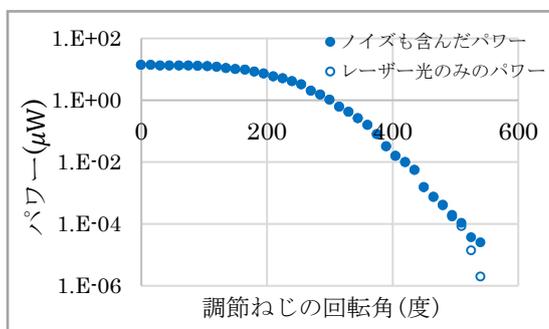


図 4 : アテニュエーター1 の特性

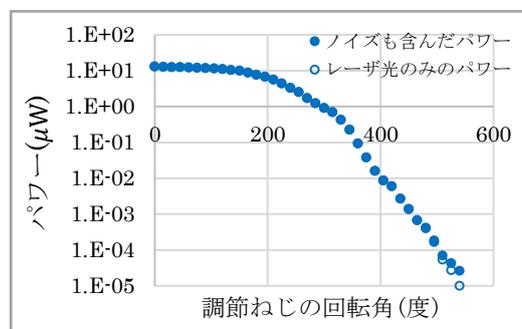


図 5 : アテニュエーター2 の特性

4.2 2入力2出力ファイバーカップラー

2入力2出力ファイバーカップラーの入力 A のみに光が入射した場合の出力 X,Y 及びその合計について、横軸をマイクロメーターの指示値、縦軸を出力パワーとして図 6 に示す。2入力2出力ファイバーカップラーの出力 X,Y の合計値のばらつきは 5%以下であった。また、マイクロメーターの指示値 1.34-1.37 の 4 点で直線近似をした(図 7)結果、出力 X,Y の分岐比が 1:1 になるマイクロメーターの指示値は 1.357 ± 0.002 と求まった。

図 6、図 7 はマイクロメーターの指示値を上げていったときのグラフである。

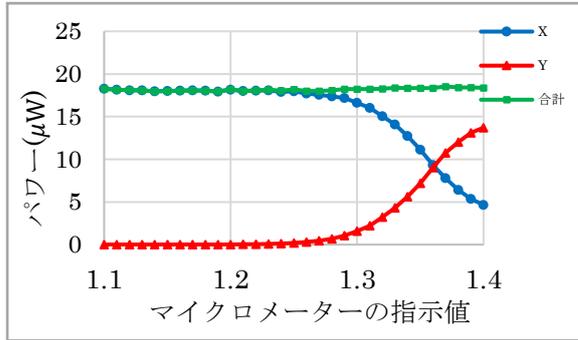


図 6: 2 入力 2 出力ファイバーカプラーの出力特性
(A 入力のみ)

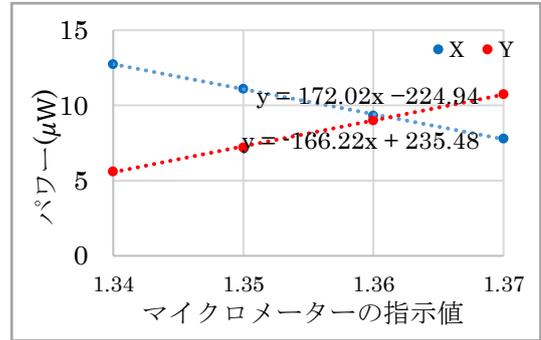


図 7: 2 入力 2 出力ファイバーカプラーのマイクロメーターの指示値 1.36 付近での出力特性

また、入力が A のみの場合の 2 入力 2 出力ファイバーカプラーのマイクロメーターの指示値を上げていったときのパワーをグラフにまとめた。また、マイクロメーターの指示値を上げていったときと下げていったときのパワーをまとめた。図中の凡例の数字は何回目の測定か、*はマイクロメーターの指示値を下げていった時を意味する。図 8 より測定値の再現性を確認することができた。また図 9 よりマイクロメーターの指示値を上げていったときと、下げていったときのパワーに違いが生じることが分かった。これは機械的なヒステリシスの影響であると考えられる。

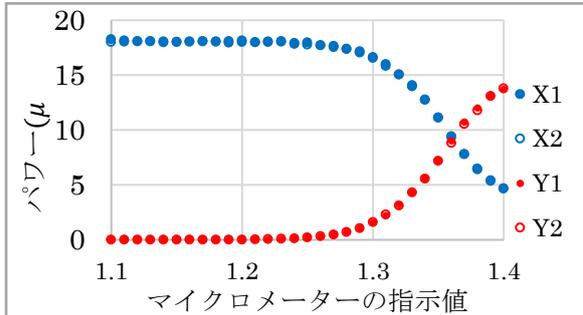


図 8: 2 入力 2 出力ファイバーカプラーの出力特性
(指示値を上げていくとき)

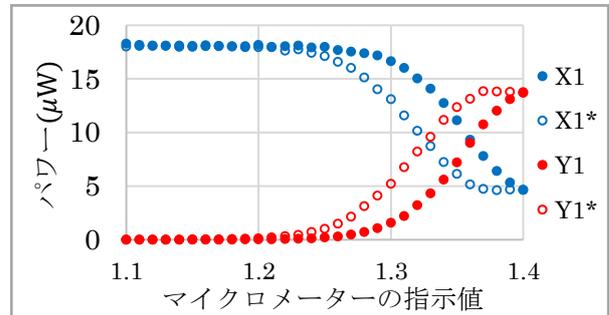


図 9: 2 入力 2 出力ファイバーカプラーの特性測定
(指示値を上げたときと下げたとき)

5. 結論

波長 830nm の半導体レーザーを用いてアテニューエーターと 2 入力 2 出力ファイバーカプラーの特性測定を行った。アテニューエーターは調節ねじの回転角と減衰比の関係を明らかにし、減衰比が -60dB 以下まで下がることを確認した。2 入力 2 出力ファイバーカプラーは、マイクロメーターの指示値と入出力パワーの特性について測定した。2 入力の合計が安定していること、またマイクロメーターを回す向きによって分岐比の振る舞いが異なることを明らかにした。

6. 参考文献

[1] 川名 優, 「ファイバー干渉計の部品の特性測定」, 電気通信大学卒業論文, (2011)