

中空コア非対称ビームコンバイナの設計

Design of Hollow-core Asymmetric Beam Combiner

富山大工

(B)山川 涼, 大嶋 佑介, 片桐 崇史

Faculty of Engineering, University of Toyama,
Ryo Yamakawa, Yusuke Oshima, Takashi Katagiri

E-mail: katagiri@eng.u-toyama.ac.jp

1. はじめに

ハワイのハレアカラ山に MILAHI (MILAHI: Mid-Infrared LAsEr Heterodyne Instrument) と呼ばれる天体観測装置が設置されている。これは望遠鏡を介して集光した惑星からの光と、中赤外レーザの参照光を干渉させ、ヘテロダイン検波により超高波長分解能を得る分光装置である^[1]。現行機では、複数のミラーとビームスプリッタから成る空間光学系による構成であるが、将来の飛翔体への搭載を目指した、小型・堅牢化が必須であった。

我々の研究グループでは、中赤外光を低損失に伝送可能な中空光ファイバを基礎とした光ファイバカップラを開発し、全ファイバ系からなる光ヘテロダイン分光の基盤技術を提供している^[2]。本研究では高効率な光混合に特化した設計指針について検討する。

2. 原理と構造

Fig. 1 に提案するデバイスの構造と結合部の断面図を示す。一定曲率で湾曲させた 2 本の中空光ファイバの一部側面を研磨し、貼り合わせることにより作製する。Fig. 2 に本デバイスの原理を説明するための幾何学的モデルを示す。結合部の構造は、コア径 d 、曲率半径 R 、曲げ角 θ 、および研磨深さ Δp により規定される。Input port に入射した光は入射時のポインティングベクトルの方向を維持したまま概ね直線的に曲げの外側に向かう。このことから、本デバイスの分岐比は入射光の入射位置と入射角度に強く依存し、曲げ角 θ 及び R によって厳密に制御可能である。

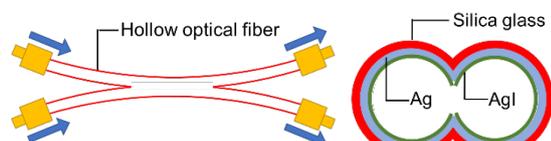


Fig. 1 Structure of fiber coupler.

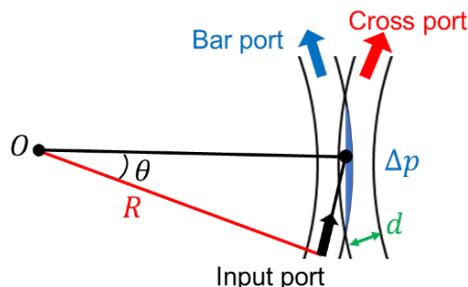


Fig. 2 Principle of coupling.

3. シミュレーション

シミュレーションソフト (Rsoft, BeamPROP) を用いて伝送効率が最大となるカップラ構造の検討を行った。Fig. 3 に示すように、Fiber1, Fiber2 の曲げ半径をそれぞれ R_1, R_2 とし、Input1 と Input2 から同強度の光を入射した際の入射光強度の合計と出射光強度の比から伝送効率を算出した。

Fig. 4 に伝送効率のシミュレーション結果を示す。 $R_1 > R_2$ の条件において、高い伝送効率を実現されることが分かる。これは、曲げ半径が大きいほど、光は bar port 側を伝送し、曲げ半径が小さいと cross port 側に結合されるためである。実機では、小型化と製作上の容易さを考慮し、 $R_1 = 6$ m, $R_2 = 0.8$ m を採用する。このとき、伝送効率は 70% を超える見込みが得られた。

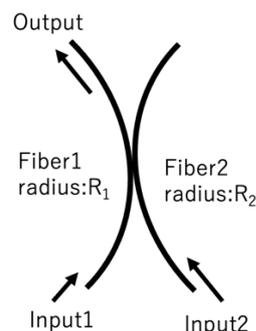


Fig. 3 Simulation method.

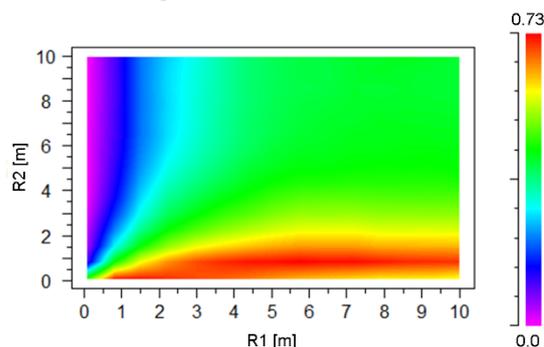


Fig. 4 Transmission efficiency.

参考文献

- [1] H. Nakagawa, et. al., Planet. Space Sci. 126, pp. 34-48 (2016).
- [2] 加藤仁教 他, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, 8a-Z16-10 (2020).