

縦続接続された双方向テーパファイバによる 広帯域光発生の数値解析

Numerical analysis of wideband light generation by cascade connection of twin tapered fibers

北見工大¹, 茨城大工² ○(M1) 吉田 風亜¹, (M1) 久保田 竜二¹, (B) 木戸 翼¹, 古瀬 裕章¹,
中村 真毅², 曾根 宏靖¹

Kitami Inst. Tech.¹, Ibaraki Univ.² ○Fua Yoshida¹, Ryuji Kubota¹, Tsubasa Kido¹,
Hiroaki Furuse¹, Shinki Nakamura², Hiroyasu Sone¹

1 はじめに

高出力の短光パルスが非線形媒質を伝搬したときに起こる光スペクトルの超広帯域現象はスーパーコンティニウム (Supercontinuum: SC) として知られている。過去には、一般的な通信用ファイバのクラッド径を数 μm 程度に細くした双方向テーパファイバ (TF) を使用した SC 光発生の実験結果が報告されている [1]。以前から我々は、TF の縦続接続による広帯域光発生への影響を調べることを目的として、変形非線形シュレディンガー方程式を用いて 5 次までの波長分散特性の高次分散、自己急峻化、誘導ラマン散乱の高次非線形光学効果を考慮し、伝搬方向変化型 Split Step Fourier (SSF) 法によって TF 中の SC 光発生の数値解析を行ってきた [2]。しかし、TF 中の損失効果については考慮していなかった。

今回我々は、TF 伝搬中の波長依存損失を取り入れた現実的な数値解析をおこなった。それらの結果について報告する。

2 解析原理

TF はウエスト部分が長いほど広帯域化効果を積算するという特性を持つ。しかし、ウエスト部分の長い TF を製作することは困難である。そのため、我々は TF のウエスト部分の積算量を増大する目的で、Fig.1 のように TF を縦続接続させた解析モデルを提案し、数値解析による調査をおこなっている。

本解析では、従来までの変形非線形シュレディンガー方程式の高次分散、自己急峻化、高次非線形効果以外に、新たに伝搬中の波長依存損失の影響 [3] を追加し、伝搬方向変化型 Split Step Fourier (SSF) 法によって TF 中の SC 光発生の数値解析を行った。

また、各 TF の形状は我々が実際に作製したもの採用した (Fig.2)。TF 伝搬中の損失はウエスト径と共に変化させ、TF1 本辺りの総損失量は、実測値から得られた入射パワー比 80% で設定した。入射光のパラメータは、TF ウエスト径でゼロ分散となる波長 800 nm を中心波長とし、入射パルス幅は 500 fs、繰り返し周波数 12.5 MHz で入射平均パワーは最大 40 mW として設定した。

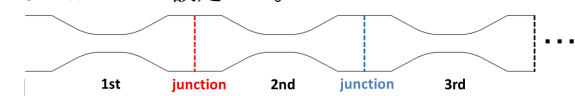


Fig. 1: An analysis model in which TFs are connected in cascade.

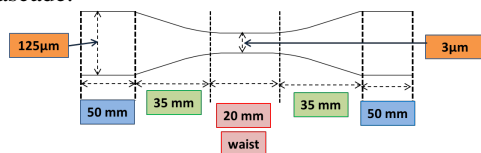


Fig. 2: Detailed shape of a TF.

3 解析結果

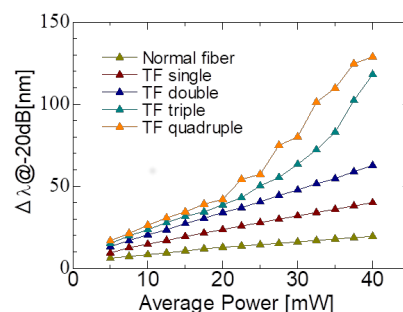


Fig. 3: Spectral width characteristics.

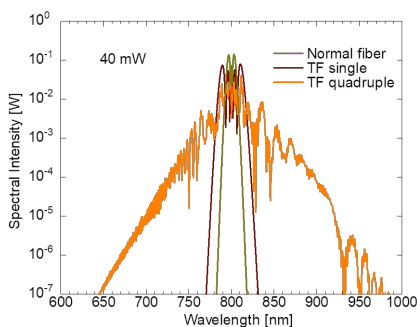


Fig. 4: Spectral shape with an average incident power of 40 mW.

Fig.3 は入射光の平均パワーを 2.5 mW 間隔で 5 mW から 40 mW の間で変化させて、-20 dB のスペクトル幅特性を各パワーで比較を行ったグラフである。これより、縦続接続の本数が増えるほど広帯域化の効果が増大することが確認された。また、入射パワーが 30 mW となったあたりから、3 本の時の広帯域化効果の増大率が 2 本以下の場合と比較してより大きくなることが分かった。

Fig.4 は入射光の平均パワーを 40 mW としたときのスペクトル波形を示したものである。このグラフより、TF を伝搬する際の損失の影響により、出力強度は減衰しているが、縦続接続本数の増加により、広帯域化していることが確認できる。

今後は、さらに広帯域化した場合の調査のために、より低損失な TF を使用した場合や、入射パワーを大きくした場合について調査していきたい。

参考文献

- [1] T. A. Birks et al, Opt. Lett., vol.25, no.19, pp.1415-1417 (2000).
- [2] 高田, 曾根, 第 56 回応物支部 第 17 回日本光学会支部 講演予稿集, Vol.1, p.23(2021).
- [3] S. R. Nagel, J. B. MacChesney and K. L. Walker: in *Optical Fiber Communications*, Vol.1, T. Li, Ed., Academic Press, Orlando, Chap.1(1985).