

中赤外コム分解分光に向けたテーパードフォトニック結晶ファイバー の最適化

Optimization of tapered photonic crystal fiber toward mid-IR comb resolved spectroscopy

東大物性研¹, °杉山 慶¹, 木村 祥太¹, 谷 峻太郎¹, 小林 洋平¹

ISSP, Univ. Tokyo¹, °Kei Sugiyama¹, Shota Kimura¹, Shuntaro Tani¹, Yohei Kobayashi¹

E-mail: sugiyama@issp.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】中赤外光領域は多くの分子種が分子固有の吸収線を持つことから「分子指紋領域」と呼ばれており、分子の精密・高感度・高速測定に向けた中赤外光周波数コムおよびコム分解分光法の開発が精力的に行われている。我々は呼吸に含まれる分子の精密分光により病気を同定する呼吸診断[1]の実現に向け、高分散回折素子による高繰り返し光周波数コムの空間分解と2次元アレイ検出器を組み合わせることにより、広帯域かつ高速なコム分解分光手法の開発を行なっている。過去の学会において繰り返し1 GHzのYbモード同期レーザーをベースとしたフォトニック結晶ファイバー(PCF)による超広帯域光発生と差周波発生(DFG)の組み合わせによる3.7–5.2 μm のオフセットフリー中赤外光コムを報告した[2]。現在、我々はコムモード分解に向け繰り返し周波数を2 GHzに向上させているが、高繰り返し化に伴うパルスエネルギーの低下とPCF長距離伝搬の際に生じるコム構造の崩壊が問題となっていることから[3]、テーパ加工によるPCFの特性制御を行った。テーパにより非線形性の増大するとともに分散関係が変化するため、効率良い広帯域光発生のためには必要となる特性に応じてテーパファイバーのパラメーターを最適化する必要がある[4]。本発表では繰り返し2 GHz、平均パワー3 W (1.5 nJ/pulse)という光源を対象としたテーパ形状の最適化について報告する。

【実験と結果】図1.(a)にテーパードPCFのパラメーター(テーパのウエスト径、ウエスト部およびトランジション部の長さ)を示す。PCFのテーパ加工にはフジクラ製のCO₂レーザー融着機LZM-110を用いた。図1.(b)にテーパ加工前後でのPCF断面のSEM画像を示す。加工前のクラッド径125 μm のPCF(図左)が加工後にウエスト径45 μm までテーパされており(図右)、フォトニック結晶構造は相似形を保っている。テスト用光源として自作の繰り返し周波数62 MHz、パルス幅250 fs程度のYbモード同期ファイバーレーザーを用い、テーパパラメーターの最適化を行なった。高繰り返しレーザーと同等のパルスエネルギーとなるようPCF入射前での光強度を75 mWとしてDFGにより中赤外光発生に適したテーパパラメーターを探索し、PCF全長5 cm、ウエスト外径50 μm 、ウエスト部の長さ10 mm、トランジション部4 mmを得た。図1.(c)にPCF前後でのスペクトル変化を示す。未加工のPCFでは自己位相変調によりスペクトル幅が30 nm程度にまで広がっているのみなのにに対し(青色)、最適化したテーパードPCFではメインピークのスペクトル幅が110 nm程度まで広がるとともに、780 nmを中心としたスペクトル幅60 nm程度の超広帯域白色光の発生に成功した。このピークと基本波とのDFGにより3.0–3.5 μm の領域での光周波数コムの発生が可能となる。

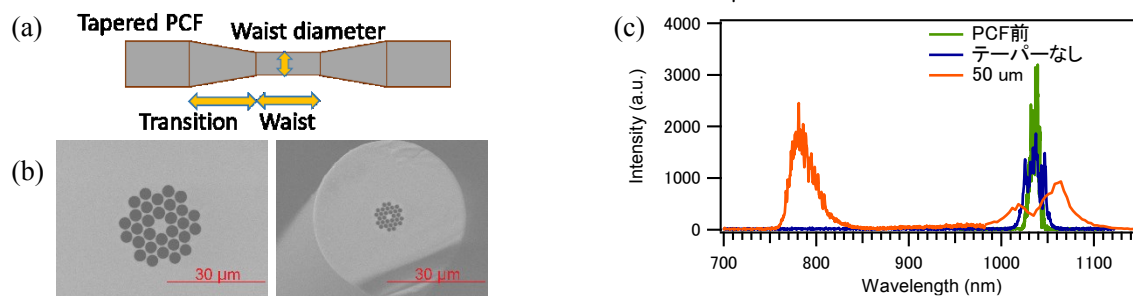


図 1. (a) Outline of tapered fiber. (b) SEM images of the cross section of untapered PCF (left) and tapered PCF (right). (c) Spectrum before and after PCF of 75 mW input power (1.2 nJ/pulse).

【参考文献】

- [1] M. J. Thorpe, D. Balslev-Clausen, M. S. Kirchner, and J. Ye, *Opt. Express* **16**, 2387-2397 (2008)
- [2] H. Okubo, T. Sukegawa, M. Endo, T. Nakamura, I. Ito, S. Tani, and Y. Kobayashi, 76th JSAP Autumn meeting, 16p-1E-2 (2015)
- [3] Y. Zhang, D. J. Kane, and F. G. Omenetto, *Opt. Lett.* **42**, 4857-4860 (2017)
- [4] T. A. Birks, W. J. Wadsworth, and P. St. J. Russell, *Opt. Lett.* **25**, 1415-1417 (2000)