低損失の圧力式PCF/SMF接続

中国の重慶大学と香港城市大学の研究者らは、フォトニック結晶ファイバ（PCF）を従来の光シングルモードファイバ（SMF）に接続するための非常に損失の低い方法を実証した[1]。この手法は、固体コアと中空コアの両方のPCFに適用可能で、（1550nmの波長における）接続損失は、固体コアPCFをSMFに接続する場合で0.40 dB、中空コアPCFをSMFに接続する場合で1.05dBである。このような接続は、最先端のPCFベースの通信およびセンサーシステムにおいて有用となることが期待される。

接続は、古河電気工業が製造した従来型の融着接続機を使用して行われた。このような低損失の接続を実現するために、研究者らは、融着時に窒素（N_2）ガスをPCFの空孔に注入することによって、PCFの特性に応じて圧力を正確に調整している。

2種類のPCF

研究者らは実験用として、デンマークのNKTフォトニクス社が提供する2種類のPCFを選択した。中空コアPCFは、バンドギャップ効果によって光を伝送するのに対し、固体コアPCFは、空気をコアのクラッドとするシングルモード方式で光を伝送する。

どちらの種類のPCFも、モードフィールド径（MFD）が従来のSMFとは異なり、そのために通常は、接続損失が高くなる。しかし、PCFの空孔を部分的にコラプスすれば、2つの異なる種類のファイバのMFDを一致させることができる。研究者らが行った計算により、例えば、SMFの10μmのMFDに一致させるには、固体コアPCFのコラプス率を0.5～0.6の間にする必要があることが明らかになった。

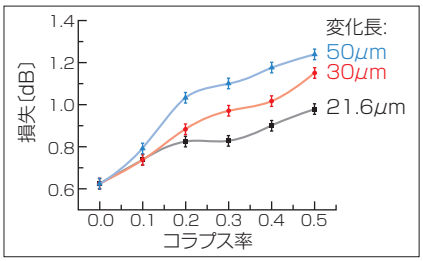

図1 フルベクトル・ビーム伝播モデリング・ソフトウェアを使用したシミュレーションにより、中空コアPCFを従来のSMFに接続する場合、最も高い性能が得られるのはコラプス率がゼロの場合であることが明らかになった。中空コアPCFにおけるフォトニックバンドギャップ効果が、コラプスによって容易に失われてしまうことがその原因である。

ただし、適切に接続するには、PCFのモードフィールドサイズを滑らかに変化させる必要がある。そのためには、融着アーク放電後のファイバ温度をファイバに沿って滑らかに変化させることによって、ファイバの放電から遠い部分ほど、距離の関数としてコラプス率が小さくなるようにしなければならない。

今回の新しい手法における興味深い点は、PCF全体の直径を縮小させるこれまでの空孔コラプス手法とは異なり、窒素ガスに十分な圧力を加えてPCFの外径が変化しないようにしつつ、SMFのMFDに一致するように内部構造のサイズを縮小することができるという点である。

カナダのオプティウェーブ社が提供するフルベクトル・ビーム伝播モデリング・ソフトウェアを使用したシミュレーションによって、固体コアPCFをSMFに接続する場合の損失は、変化長が20μmの場合に最も低いことが示された。これは、コラプス率を0.457～0.592の間にした場合に達成され、研究者らの計算結果と一致している。さらなるモデリングからは、スペクトル損失が接続に依存し、接続長とコラプス率を慎重に調整することによってこの損失を最小化できることが明らかになった。

一方、ファイバのフォトニックバンドギャップのみによって光を閉じ込める中空コアPCFの場合は、接続時に空孔をコラプスすることはできない。コラプスするとバンドギャップ効果が失われてしまうためである。このことは、ビーム伝播モデルによって確認されており、空孔をまったくコラプスしない場合に接続性能が最大になるという結果が得られている（**図1**）。

実験

実験では、2種類のPCFに対してそれぞれ16回の接続を行った。最適な窒素の圧力は、固体コアPCFの場合で約1.3bar（これで部分的コラプスが可能）で、中空コアPCFの場合で約1.7 bar（コラプスはまったく行われない）である。ちなみに、圧力をまったく適用しない場合は、どちらの種類のPCFもほぼ完全にコラプスされる。

固体コアPCFの場合で0.40dB、中空コアPCFの場合で1.05dBという接続損失は、ともにPCFからSMFへと光が伝送する場合に得られた値である。変化の方向としては、この方向の方が難しい。逆方向（SMFからPCFへと光が伝送する場合）の接続損失はさらに低く、固体コアPCFの場合で約0.1 dB、中空コアPCFの場合で0.3dBであった。（John Wallace）

参考文献
(1) T. Zhu et al., Opt. Exp., 20, 22, 24465 (Oct. 22, 2012).

LFWJ