

### OFC/NFOEC 2010 ショート速報[光ファイバ関連]

松尾 昌一郎 ((株)フジクラ)

会議名 : The 2010 Optical Fiber Communication Conference and Exposition and the National Fiber Optic Engineers Conference

開催期間 : 2010年3月21日-25日

開催場所 : San Diego Convention Center(San Diego, CA, USA)

\*\*\*\*\*要約\*\*\*\*\*

OFC/NFOEC2010 の概要のうち、光ファイバ関連のトピックスを紹介する。伝送用ファイバとして  $A_{eff}$  拡大型 PCF がポストデッドラインに採択されるとともに、将来ファイバの一つの姿としてマルチコアファイバの報告がなされた。一方、微細構造ファイバや増幅用ファイバにおいては、製造方法に言及した報告が多くなされ、今後の技術の広がりを期待させるものであった。

\*\*\*\*\*

#### 1. はじめに

OFC/NFOEC 2010 は、2010年3月21日~25日に米国サンディエゴにて開催された。OFC/NFOEC は、秋に欧州で開催される ECOC とならび、光通信の分野では最大規模の会議である。

今年の OFC は、Charles K. Kao 博士のノーベル賞受賞を記念し、”Dedicated to Charles K.Kao, 2009 Nobel Prize Winner in Physics” と冠されたことが話題となった。24日の夜にはノーベル賞受賞を記念したシンポジウム、レセプションが開催され、Kao 博士も参加された。数百人の参加者を集めた本シンポジウムでは、光ファイバの実用化に大きな貢献を果たした Schultz 氏 (元 Corning)、MacChesney 氏 (元 Bell 研)、Miyashita 氏 (元 NTT) から開発初期のエピソードが披露された。

本稿では、報告された研究発表の中から、光ファイバに関するトピックスについて報告する。

#### 2. 光ファイバセッションの概要

光ファイバ関連の報告は、OFC の Category A(Fibers and Optical Propagation Effects)、Category B(Fiber and waveguide Based Devices:Amplifiers, Lasers, Sensors, and Performance Monitors)および NFOEC の Category 2.Network Technology においてなされた。

ポストデッドライン、招待、ポスターを含めて、光ファイバ関連報告は、83件であった。筆者の主観による分類では、昨年の ECOC 同様、高非線形ファイバ関連の発表が最も多く、22%であった。プラスチック光ファイバを含めた伝送用ファイバの19%、増幅用ファイバ関連13%が続いた。微細構造ファイバは9%をしめた。昨年の ECOC に比べると、伝送用ファイバの比率が増えている印象を受けた。

##### 2. 1 伝送用光ファイバ

大容量伝送のポストデッドラインペーパーでは、非線形効果抑圧のために  $A_{eff}$  を  $110 \mu m^2$  から  $150 \mu m^2$  まで拡大した  $A_{eff}$  拡大型のファイバがもちいた報告が多数なされた。いずれもコヒーレント伝送を用いたシス

テムである。このようなコヒーレント伝送向けの光ファイバのあるべき姿についての Nortel の招待講演 (OTuI1) が行われた。コヒーレント伝送システムでは、 $A_{\text{eff}}$ 、伝送損失の影響が支配的であり、波長分散の影響はそれほど大きくないと報告された。また、100 Gb/s システムまでは現状の光ファイバが利用可能であるが、さらに高速なシステムになると新規のファイバが必要となる可能性があるというコメントがあった。 $A_{\text{eff}}$  拡大型のファイバの最適  $A_{\text{eff}}$  の考え方について、住友電工より報告がなされた (OTuI2)。接続損失を含めてシステムの OSNR 特性を考えると、 $A_{\text{eff}}$  は  $135 \mu\text{m}^2$  程度が最適であると結論づけている。また、ポストデッドラインにおいては、NTT から  $A_{\text{eff}}$  を  $200 \mu\text{m}^2$  以上まで拡大したフォトニッククリスタルファイバについての発表があった。クラッドの空孔径を内周部と外周部で変え、等価的に W 型の屈折率分布とすることにより  $200 \mu\text{m}^2$  を超える  $A_{\text{eff}}$  が得られることをシミュレーション、試作の両面から示した。

一方で、その次を見据えた伝送用ファイバについての動きも出てきている。Kao 博士のシンポジウムでは、Alcatel-Lucent の A. R. Chraplyvy 氏から、現行のシングルモード光ファイバの伝送容量限界について言及があった。このような指摘は昨年の OECC や ECOC でもなされおり、空間多重やモード多重といった技術が解決策として提案されている。今回の OFC では、空間多重向けのマルチコアファイバの講演が 2 件あった。古河電工からは、 $A_{\text{eff}}$   $100 \mu\text{m}^2$  のコアを 7 つ詰め込んだマルチコアファイバが報告された。クラッド径を通常の  $125 \mu\text{m}$  から  $215 \mu\text{m}$  まで拡大することで、マイクロバンドの影響を避けることが出来るとしている。また、フジクラからは、Quasi-homogeneous と称する構造のマルチコアファイバについて報告がなされた。1 % 程度のきわめて小さなコア径の揺らぎによりコア間のクロストークが大幅に低減できること、クロストークの条長依存性がパワー結合方程式にそった挙動をすることが報告されている。

## 2. 2 微細構造ファイバ

今回の OFC では、微細構造ファイバの損失低減に関する報告が 2 件なされた。Bath 大からは、空孔型ファイバの母材の作製から紡糸にいたる時間と損失の関係について報告がなされた (OWK1)。微細構造ファイバの損失低減には、ハロゲンガスをもちいた表面処理のプロセスを用いることが多い。本発表では、母材が大气に触れる時間を短縮することにより  $1383 \text{ nm}$  の OH 起因の損失や  $630 \text{ nm}$ ,  $1000 \text{ nm}$  付近の損失を大幅に低減可能であることが示された。また、YOFC からは  $1550 \text{ nm}$  における伝送損失を  $0.41 \text{ dB/km}$  まで低下させた Solid Photonic Band Gap Fiber について報告がなされた (OWK2)。本報告では、超音波や酸による洗浄後に完全に乾燥させることにより不純物の吸収を無くした事が記されており、製造プロセスの改善により更なる低損失化が可能であるとしている。

構造設計面では、parma 大学からは、同一円周上 2 種類の径の空孔を配置した Octagonal と称する構造を用いることにより、シングルモードと低曲げ損失が実現可能な leakage channel fiber が報告された。また、NKT の招待講演では、コアに希土類を添加した Solid Photonic Band Gap fiber についての報告が行われた。Yb を添加した Band Gap Fiber において、 $167 \text{ W}$  を超える発振と 61% のスロープ効率が確認されている。また、異径の高屈折率ロッドを一直線上に並べた構造の Band Gap Fiber では、急峻な band gap や曲げる方向によっては曲げ損失が発生しないといった特性が得られることが報告された。

## 2. 3 増幅用光ファイバ、高非線形ファイバ

増幅用ファイバについても、製造方法に言及した報告が 2 件なされた。Southampton 大学からは、Powder-in-tube (PIT) と称する方法を用いた Bismuth Doped Silica Glass Fiber についての報告があった

(OMG2)。PIT 法により製造した Bismuth Dope Fiber の 808nm 励起時の蛍光波長は 1250 nm であり、一般的な製法で作られたファイバよりも 150 nm 程度長波長側にシフトし、半値幅が 1.35 倍となることが報告された。広帯域な光源としての応用が期待できるとしている。また、National Taiwan 大.の報告 (OMG5) は、Cr ドープファイバに関する報告であった。Modified Rod In Tube と呼ばれる方法を用いることで、1208 nm から 1600 nm にわたる蛍光を示すファイバを実現している。1300 nm から 1600 nm にわたる広帯域増幅器や OCT(Optical Coherence tomography)の光源としての応用が期待される。

また、北海道大学からは曲げを印加したトリプルクラッド構造を用いた高次モード抑圧ファイバの理論検討 (JWA1)、試作結果 (OTuI6) についての報告があった。比較的単純な構造のファイバを曲げて使うことにより高次モードをクラッドモードに結合させ、高次モードを抑圧することが可能になる。ファイバレーザ用に必要となる大コア径シングルモードファイバを実現する事が可能になる。

高非線形ファイバでは、C バンド内の任意の波長で波長変換が可能な高非線形ファイバの考え方が提示された (OTuA2)。ある波長域で効率のよい波長変換を行うためには分散スロープの小さなファイバをもちいて、波長分散がゼロに近くなる領域を広く取る手法が一般的である。しかしながら、このような分散スロープの小さなファイバは、非線形の効果が小さくなると共に製造性が非常に厳しくなるといった課題があった。今回の手法は、 $+0.02 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$  の分散スロープを有する高非線形ファイバの零分散波長を 1547.3 nm に設定することにより、C バンド全域にわたり安定した波長変換が可能になると結論づけている。California San Diego 大は、ファイバをリールに巻き付ける張力により高非線形ファイバの零分散波長を制御する手法を提案した (OTuA5)。本手法により長手方向にわたりほぼ均一な零分散波長を実現したファイバを用いることにより、パラメトリック増幅器の帯域を約 2 倍に拡大した結果が報告されている。

## 2. 4 その他

ファイバレーザ用途のみならず、光通信においても光ファイバに入射する光のパワーは増大しており、光ファイバの耐パワー性が注目されている。NTT からは Hole Assisted Fiber におけるファイバフューズ現象についての報告があった (OMO5)。空孔の位置と入射パワーの組み合わせによっては、通常のファイバよりも非常に長い周期でフューズが発生し、フューズが発生した後に残る溶融痕の直径もこの周期で変動していることが明らかにされた。ファイバフューズの発生メカニズム、抑圧手段の糸口になることが期待される。また、偏波に関しても興味深い報告がなされた。Padova 大からは、ねじりが加えられた光ファイバに曲げやひねりが印加された場合の複屈折の変化を P-OFDR により観察する手法が提示された (OWS2)。この手法により測定された複屈折と曲げの依存性は理論と良い一致を示し、複屈折の挙動解析に有効であるとされている。OFS からは、分散補償ファイバモジュールにダンパーを設けることにより外力の印加による偏波状態の変化を 1/20 に出来るとの報告があった。

## 3. まとめ

OFC/NFOEC2010 における光ファイバ、および光ファイバを用いた応用技術に関するトピックスについて紹介した。OFC/NFOEC2011 は、会場を米国 Los Angeles に移し 2011 年 3 月 6 日から 10 日に開催される予定である。