

ECOC2009 ショート速報[光ファイバ関連]

中西 哲也 (住友電気工業株式会社)

会議名 : 35th European Conference on Optical Communication(ECOC2009)

開催期間 : 2009 年 9 月 20 日 - 24 日

開催場所 : Austria Center Vienna(Vienna、オーストリア)

*****要 約*****

ECOC2009の概要のうち、ファイバ関連のトピックスを紹介する。ファイバにフォーカスをあてたセッションとしてはMicrostructured fiber、Specialty fiber、Multimode fiber for access networkの3つが設けられた。独立したセッション以外にも高速伝送に関する報告の中で、低損失、低非線形光ファイバが用いられ、また光ファイバ形デバイスや光ファイバに特徴のある光源等が多数報告され、提案されている光ファイバの実用化や応用が進められていることを確認できる会議となった。

1. はじめに

2009年9月20日~24日にオーストリア/ウィーンにてECOC2009(35th European Conference on Optical Communication)が開催された。学会への事前登録者数は昨年1238人から1031人へと減少したが、投稿論文数は一般論文が716件(昨年781件)、ポストデッドライン論文が67件(同71件)と、世界な経済の低迷の中、昨年対比で10%以下の減少に留まり、ECOCが光通信分野において重要な学会としての地位を維持していることを窺わせる。本稿では、報告された研究発表のうち、光ファイバ、及び光ファイバを用いた応用技術分野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略

光ファイバ、及び光ファイバ応用技術の分野に関するトピックスをまとめた結果、関連報告は82件(ポストデッドライン、ポスター含む。光ファイバに特徴のある長距離、高速伝送実験、信号処理等もカウント)であった。ファイバ種別の報告数の比率として、最も多かったのは高非線形ファイバの33%であった。高非線形ファイバは独立セッションとしては設けられなかったが、同ファイバを適用した信号処理や光ファイバ形デバイスが多数報告され、応用技術開発が進められていることを印象づけた。その後、微細構造ファイバ25%、光増幅用ファイバ20%と光ファイバに新たな機能を付与する開発分野が続いた。一方、伝送用ファイバについてはアクセス用のプラスチック光ファイバを含め14%に留まった。

2. 1 高非線形ファイバ

高非線形ファイバ(HNLF)は、コアへの光閉じ込めを強くすることで、三次の非線形現象である四光波混合(FWM)、自己位相変調(SPM)、相互位相変調(XPM)等を高効率で発生することが出来る。特に波長変換により位相情報を操作できるFWMの特徴を用いた検討が盛んであり、California大学San Diego校では、全光信号処理などへの応用に向けた可変の遅延を与える手法が報告された。DCF中の群遅延を利用する方式だが、HNLFを用いて計3回の

FWMにより波長変換し、信号光の群遅延量を可変としつつ、分散スロープ補償を実現しており、信号に歪を与えずに1.56 μ sまでの可変の遅延を40Gbps信号に与えられる方式となっている(9.1.1)。また、NICTからは混在が予測される伝送方式の変換方法が提案された。DQPSKのシグナルのもつ位相情報(0、 π 、 $1/2\pi$ 、 $3/2\pi$)をFWMにより2倍とすることで、 $1/2\pi$ 、 $3/2\pi$ の位相情報のみを選択的に残し、DPSKに変換できる(9.1.4)。その他、HNLFを用いた様々な応用が報告されているが、石英系の高非線形ファイバが非線形応用に関する報告全体の70%強を占めていた。

一方、石英より高い非線形屈折率を持つ材料を用いて、更なる非線形現象の発生効率向上も検討されている。Southampton大学では市販の高屈折率ガラス(Schott SF6)と低屈折率ガラス(Schott LLF1)を多層のリング状に形成して次元のブラッグファイバとし、石英系に比べ約10倍の非線形性係数(γ)をもつ非線形ファイバを報告した(9.1.3)、Rennes大からはカルコゲナイドガラス(AsSe)を用いたホーリーファイバを作製して実効断面積 $A_{eff}=3\mu\text{m}^2$ と非常に狭い領域に光を閉じ込めることで、シリカの約1,000倍($\gamma=15,000/\text{W/km}$)の非線形性を持つ高非線形ファイバが報告された(10.1.2)。

この様に非石英系ガラスでは、高い非線形性が得られるが、零分散波長が長波長化しやすいため、近赤外の励起光源では位相整合条件が得られず、広帯域での非線形現象の発生が困難という欠点がある。微細構造を適用して零分散波長を短波長化する方法が知られているが、カルコゲナイドガラスは加工が困難であった。これに対し、豊田工業大学は、コアにカルコゲナイドガラスである As_2S_3 を用い、クラッドに比較的加工が容易なテルライトガラスを用いて空孔構造を作製し、零分散波長を近赤外へシフトする構造を提案した。計算上では1.65、2.36、4.16 μm に零分散波長を持つファイバを作製し、長さ1cmのファイバを用いて20dB帯域で800~2400nmまで広がるスーパーコンティニウム光の発生を確認している(6.1.1)。

2. 2 微細構造ファイバ

微細構造ファイバは設計の自由度の高さからハイパワー光伝送用や光源用途等、様々な応用が検討されており、光ファイバ分野の研究の中心を担うテーマとなっている。IMRA America Inc.より、フォトニック結晶ファイバ(PCF)の透過帯域を決めるフォトニックバンドギャップ(PBG)を従来の約2倍の600nmに広げた実証が行われた。PCFを構成するメッシュ構造の交点に存在する高屈折率ロッド(Node)と支柱(Strut)の面積比が大きいほどPBGが開きやすいことが知られている。同社は正方格子の空孔構造を採用し、比較的製造が容易だが最密構造となる三角格子構造よりもNode/Strut面積比を上げて、これを達成した(PD1.2)。

また、微細構造ファイバは通常の屈折率導波構造と比べ、シングルモード動作を得やすいという特徴を活かした、大口径(LMA)ファイバに関する報告が多くなされた。その中でも穴の無いAll-solid型の検討が目立った。All-solid型とすることでファイバの線引き時の穴径の制御が不要、また伝送損失の原因となる空孔内部の表面粗さの影響が排除されるため、製造が容易となる。さらに高屈折率ロッドを支える支柱がなくなるため、上記PD1.2で指摘される様にバンドギャップが開きやすいといった利点がある。IMRA America Inc.より、All-solid型PCFを用いたLMA化した高パワーファイバレーザ用ファイバに関する招待講演があり、本分野への注目の高さが窺える(2.1.3)。同報告では空孔の代わりにフッ素添加した低屈折率材料を用いた構造を持つファイバの紹介が行われた。精密に構造を作製することで、高次モードをクラッドへ漏洩させて、シングルモード動作を得つつ、基底モードの曲げ損失の増大を抑制している(2.1.3)。同様の検討が北海道大学より報告された。風車構造(Windmill)と呼ぶ、コアより離れた領域に放射状に格子欠陥を設けた構造であり、高次モードである HE_{21} とクラッドモードを結合しやすくすることで、コアの中心に電界が集中する基底モードの曲げ損失には影響を与えることなく HE_{21} を漏洩させ、シングルモード動作を実現した

(2.1.4)。

一方、孔空き型としては、古河電工は空孔が中心コアを2重のリング状に囲む構造を採用し、極めて大きい実効断面積($A_{eff}=50,000\mu\text{m}^2$)を得つつ、シングルモード動作が可能なホーリーファイバが報告された(7.1.1)。

その他、招待講演ではMichigan大よりChirally-Coupled-Core Fibers(CCC)と呼ぶ中心コアの周囲を螺旋状のコアが囲む構造が報告された。螺旋周期の調整により、任意の高次モードを外部に漏洩させることができる(7.1.5)。この様に様々な構造が提案されているLMAファイバだが、どの様な構造が決定打となるか今後注目される。

一方、微細構造ファイバ中の高次モードやクラッドモードを実験的に分析する手法についても報告された。Lille大学は、一次元のブラッグファイバにおけるマイクロバンド特性を評価する手法を検討した。マイクロバンド損失は側圧等の影響により基底モードから漏洩しやすいモードへのカップリングを経て発生する。同グループは、被測定ファイバの出射端につなぐSMFの中心軸をオフセットさせながら、受光した光の分散特性を測定することで、マイクロバンド損失が発生した際にファイバの断面方向にどの様なモードが局在しているか判別できる手法を示した(2.1.2)。またKAISTは、PCF中のクラッドモードを測定する方法として、音響トランスデューサからの音波を被測定ファイバに伝播させ、長周期グレーティングを形成する手法を用いた。これにより選択的にコアの伝播モードをクラッドモードに結合させながら出射端の光パワー分布をモニタし、数値計算と照合することで励振されたクラッドモード次数を分析した(2.1.2)。

2. 3 光増幅用ファイバ、光源用ファイバ

Bath大より近赤外から紫外にわたる多波長・狭帯域のガスレーザーがポストデッドライン講演で報告された。水素を充填した中空コアフォトニック結晶ファイバ(HC-PCF)をマイクロチップレーザー光($\lambda=532\text{nm}$ 、Nd:YAGの2倍波、25mW)で励起して水素分子のラマン散乱光を生じさせ、約20THz間隔に並んだ線幅がGHzオーダーの発振に成功した。HC-PCFは籠を連想させる断面形状(カゴメ構造)を採用し、 A_{eff} を小さくしてラマン散乱発生効率を高めた。基本構成はHC-PCFとマイクロチップレーザー、且つ消費電力も小さく、バッテリー駆動での持運びを可能としている(PD1.1)。

一方、材料物性に踏み込んだ検討についても報告された。フランスのXLIM研究所では、石英中の ZrO_2 の微結晶が希土類の発光に与える影響について報告された。ゾルゲル法にて70 SiO_2 -30 ZrO_2 に3%のYbが添加されたガラスを形成し、その発光特性を調べた結果、波長920nmのチタンサファイアレーザーで励起することにより通常現れる1030nmにピークを持つ蛍光スペクトルに加え、920nmにピークを持つ蛍光が同時に発現することを確認した。また、Erを添加した SiO_2 - ZrO_2 を波長800nmのチタンサファイアレーザーで励起すると、515nmと570nmにアップコンバージョンされた発光が現れることが分かった。これらは共に石英中の ZrO_2 微結晶の存在が Yb^{3+} 、 Er^{3+} からの発光特性を変化させた結果であることを同定した(10.1.4)。これらは既存の材料の発光特性を修正した点で興味深い。

2. 4 伝送用ファイバ

今回、掲題の名を冠したセッションは存在しなかったが、非線形現象を抑制するために A_{eff} を拡大した光ファイバを用いた長距離・大容量通信に関する報告がなされた。Alcatel-Lucentの155ch×100Gbit/sを7200kmの伝送に成功した報告では、 A_{eff} を110 μm^2 と大きくしつつ、0.168dB/kmの低損失性も両立した住友電工製のファイバが用いられた(PD2.5)。また、同じくAlcatel-Lucent及びOFS研では1chで1.2Tb/s、7200kmの伝送の伝送実験を、 $A_{eff}=120\mu\text{m}^2$ 、伝送損失=0.185dB/kmのファイバを用いて実現しており(PD2.6)、大容量伝送技術の進歩にそれぞれ貢献している。

3. まとめ

ECOC2009における光ファイバ、及び光ファイバを用いた応用技術分野に関するトピックスについて紹介した。ECOC2010は、2010年9月19日～23日に、イタリア・トリノ Lingotto Congress Centre にて開催される予定である。