

O F C ' 94参加報告

住友電気工業(株) 横浜研究所 通信研究部 末次 義行

1. O F C ' 94の概要

今年のO F C (Conference on Optical Fiber Communication)も昨年と同様、米国California州San Jose市のSan Jose Convention Centerに於て、2/20~25の5日間にわたって開催された。会議は、48セッション、3ポストデッドライン(P D)セッション、11チュートリアル、32ショートコース、4ワークショップ、および併設展示会からなり、参加者人数は、会議が約1,600名、併設展示会も含めると約5,700名と、昨年より約700名も多く盛況であった。国別発表件数(招待、一般、P D論文)は表1の通りである。日本からは、米国の132件について多い、全発表件数の約4分の1に当たる65件が発表された。傾向は昨年とほぼ同じであったが、ロシアからの発表件数が昨年の7件から今年は1件のみと大きく後退していたのが目立った。なお、論文採択率は一般論文が56%、ポストデッドライン論文が44%であった。

Table 1 Number of Presented papers by country

国 名	発表件数
米 国	132
日 本	65
英 国	15
ド イ ツ	11
フ ラ ンス	9
他	46
合 計	278

発表内容を大きく分類すると、表2の通り光デバイスや光システムに関するものが大半を占めていた。発表内容の傾向は次章以降で詳しく述べるとおり、幹線系の「波長多重(WDM)伝送システム」、加入者系の「低コスト伝送システム」および「ファイバグレーティング」を使ったデバイス、の3つに大別される。その他、地味ではあったが「ファイバ、Er³⁺添加ファイバ(EDF)信頼性」、「光導波路」関連にも興味深い報告があった。

次章以降では、急速に進展しつつある技術動向を捉えるため、ニューガラスとその応用だけではなく、より幅広くシステム全体にも目をむけて、今回のO F C ' 94の発表内容についてまとめることにする。

Table 2 Number of Presented papers by technical area

分 野	発表件数
光デバイス	102
光システム	91
光ファイバ、ケーブル	32
光アンプ	32
非線形	21
合 計	278

2. 「幹線系WDM伝送技術」

次世代長距離大容量伝送システムを目標にした1.5 μ m帯光伝送システム実験の発表では、話題の中心は何と言っても波長多重(WDM)伝送であり、目を瞠る報告が数多くあった。WDM伝送技術のキーポイントは、いかにして四光波混合(FWM)を回避しつつ波長分散を抑えるか、であり6件の発表のうち5件がこの点

に着目した報告であった。キーポイントを満足させる個別技術としては、光ファイバの分散アロケーションを管理して上述のキーポイントを満足させる「分散管理技術」、チャンネル間隔を不均等にしてFWMの影響を低減する「チャンネル間隔設計技術」等が報告された。

「分散管理」については、AT&T Bell Lab.からはPD論文で 160 Gbit/sec ($20\text{ Gbit/sec} \times 8\text{ ch}$) $\times 300\text{ km} = 48,000\text{ Gbit/sec} \times \text{km}$ 伝送の、日立からは 40 Gbit/sec ($10\text{ Gbit/sec} \times 4\text{ ch}$) $\times 500\text{ km} = 20,000\text{ Gbit/sec} \times \text{km}$ 伝送の報告があり、陸上幹線システムでの実用化も遠くないという印象を受けた。

「チャンネル間隔」については、AT&T Bell Lab.から2件(内1件はPD論文)の発表があり、各チャンネルの波長間隔を非等間隔にすれば信号間干渉がなくなり、伝送特性が改善されることが報告された。

その他の報告では、Alcatel からPD論文でゲイン波長平坦性が $4.5\text{ dB}/25\text{ nm}$ の Er^{3+} ドープフッ化物(ZBLAN)ファイバアンプ(EDFFA)を用いた、 40 Gbit/sec ($2.5\text{ Gbit/sec} \times 16\text{ ch}$) $\times 440\text{ km} = 17,600\text{ Gbit/sec} \times \text{km}$ 伝送の報告があり、未だフッ化物ファイバ自体の信頼性に問題はあものの、WDM用の光アンプが出たと話題になった。

以上の報告からWDM伝送技術に必要な要素技術をガラスに関してまとめると、光ファイバについては、より正確な零分散波長のチューニングが、光アンプについては、より平坦なゲインの波長依存性が要求されることになる。

なお、次世代長距離大容量伝送システムの候補としてはWDM伝送の他、ソリトン伝送があるが、今後とも実用化を目指して、両者の銜ぜりあいが続くであろう。

3. 「光加入者系低コスト伝送システム」

光加入者システムとしてはPassive Double Star型構成が米国でも主流であり、これに関連して、Bellcoreからは予備回線網の構成に関す

る報告および全体構成のReviewが1件つづあり、AT&T Bell Lab.からはコスト面から考えたPON (Passive Optical Network)に於けるTDM (時間割多重)、WDM ($1.3/1.55\text{ }\mu\text{m}$)、SCMA (Submarine Multiple Access)の多重化方式での伝送実験結果の報告があった。NTTからは通信と放送を融合したマルチメディアのパイロットモデルを紹介する報告があった。また、AT&T Bell Lab.からPD論文で、RITE-NEETと称する、ONUには送信機を置かず、下り信号の一部を無変調のままONUへ送り、ONUで変調して上り信号とする低コストシステムの報告があった。

光加入者伝送システム技術は、米国では必要最小限の投資で既存技術をいかに組み合わせるのか、という数年先の技術として捉えられているのに対し、日本ではより将来を見据えた独立した技術として開発されている点が興味深かった。

4. 「ファイバグレーティング」

ファイバグレーティングについては、事前の高圧水素処理が $\sim 10^{-3}$ オーダの屈折率変化を得る常套手段として普及しており、ファイバレーザを中心とする応用と、屈折率変化メカニズムの究明が各国で進められている。従来はAT&T Bell Lab.あるいはSouthampton大、Sydney大のGambling/Payne門下が中心であったが、今回はAT&T Bell Lab.のLemaireのグループの活躍が目立った。

屈折率変化メカニズムに関しては、AT&T Bell Lab.から、 H_2 処理+過熱ではOH基吸収が、 H_2 処理+UV照射では紫外吸収とOH基吸収が見られる点に着目した、反応メカニズムに関する仮説の報告、 H_2 処理ファイバを過熱処理またはUV処理し、ラマンスペクトルを調査した結果同様な反応メカニズムが考えられるとの報告等があった。

応用に関しては、Southampton 大から、側面研磨型のファイバカプラの片面にグレーティングを切った特定波長のタッピング素子の報告が

あった。AT&T Bell Lab.からは、 1×4 カブラの各ポートに異なる波長のグレーティングを切った波長選択素子の報告があった。

NTT/Commun. Res. Ctr.からはPD論文で、複数のチャープグレーティングを1本のファイバに書き込んだ波長多重対応型分散補償器の報告、および同じくPD論文で、 P_2O_5 - SiO_2 導波路を高圧 H_2 処理(75 atm; 室温; 11日間)後、あるいは H_2/O_2 火炎処理後に193nm光でグレーティングの形成を確認し、これを Br^{3+} ; P_2O_5 - SiO_2 導波路型光アンプに適用し、導波路レーザを作成したとの報告があった。カナダのLaval大からは、ファイバグレーティングの偏波依存性と形成時の温度依存性に関する報告と、PD論文で、グレーティングの長尺化のためファイバにコンタクトさせたPhase-mask上にfocusさせたUV光をファイバ軸方向にスキャンする方法を提案し、15mmのグレーティングを書くことができたとの報告があった。

5. 「ファイバ、EDF信頼性」

光ファイバの強度、EDFの水素誘起損失に関する報告には非常に興味深いものがあった。

光ファイバの強度に関しては、Corningからコロイド状(20~30nm)のシリカ粒子をシリカガラスファイバのポリマー被覆に添加すると、ポストニー疲労が著しく改善される上、湿気によるガラス表面のエッチングも抑えるためZero Stress Agingに対する耐性も高めるとの報告があった。

EDFの水素誘起損失に関しては、住友電工より、海底での H_2 、 γ -ray条件下での25年間の損失値を精度良く推定する方法を提案し、アルミ濃度依存性も含めて検討した結果、損失増加、ゲイン低下ともに問題ないレベルであるとの推定結果の報告があった。Alcatelからは、EDFの加速試験を行った結果、温度50℃、 H_2 分圧0.01atm、期間25年で生じる損失増加量は0.06 dB/amplifierとの推定結果が得られ、実用上問題ないとの報告があった。一方、AT&T Bell

Lab.からは、損失増加モデルに從來考えていた H_2 分圧の他に、温度依存性、時間依存性も加味した推定を行った結果、長時間経過後の H_2 損失増は無視できない量であるとの推定結果が報告され、住友電工およびAlcatelの報告との対比を見せた。

光ファイバおよびEDFの信頼性に関する分野はどちらかと言えば地味ではあるが、その重要性は高く、今後とも活発な研究がなされていくであろう。

6. 「光導波路」

石英ガラス導波路関係では、Bellcore仕様の環境試験結果がNTT(PD論文)および日立電線からそれぞれ報告された。

ポリマー導波路に関しては、DupontからUV照射による屈折率変化についての報告が、Micro Partsからは高精度モールドイングについての報告があった。当面は、 $\lambda \sim 0.8 \mu m$ での可視光域でボード内/間の光インターコネクト等の用途が中心となろうが、長波長化、信頼性向上にも積極的な姿勢が伺える。

$LiNbO_3$ 系では、NTTからあった、Ti拡散コアをリッジ状に加工する等の工夫で75GHzの変調器を作成したとの報告が目立った。

また、光加入者宅で使用する安価な変調器に関して、AT&T Bell Lab.よりPD論文で、Siを微細加工した350kHzの変調器の報告があったが、同時にAT&T Bell Lab.からPD論文で報告があった、RITE-NETと呼ばれるONUにLDを置かないPONシステム(第3章)と併せて今後の親展が注目される。

7. おわりに

OFC '94の参加報告について、急速に親展しつつある技術動向を捉えるため、ニューガラスとその応用だけではなく、より幅広くシステム全体にも目をむけてまとめた。次回のOFC '95は、来年2月にCalifornia州のSan Diegoで開催される予定である。