

OFC/IGWO 参加報告

河内 正夫・岡本 勝就

NTT 電気通信研究所 〒319-11 茨城県那珂郡東海村白方白根

1. はじめに

毎年開催の OFC (Conference on Optical Fiber Communication) と隔年開催の IGWO (Topical Meeting on Integrated and Guided-Wave Optics) の共催による本会議は、小説『風とともに去りぬ』の舞台としても有名な米国ジョージア州アトランタにおいて、2月24～28日まで5日間開かれた。会場は、50数階屋上まで吹き抜け構造を採用した超近代的な Morriott Marquis Hotel であり、まさに国際会議のために用意されたホテルという印象を受けた。参加者は、4,000名を越える盛況ぶりであった。

会議に並行して、2月25～27日の3日間、Technical Exhibition が開催され、ATT や Corning 社、日本からは住友電工、安立等、総数100社を越えるメーカーの展示コーナーが設けられ、光通信産業の現状レベルを知る絶好の機会を与えてくれた。

会議は最大3会場を使ってパラレルセッションで行なわれた。筆者らの聴講は一部のセッションに限られ、すべてをカバーすることはできないが、以下、私見を加えて、いくつかの話題をひろってみたい。

2. OFC

OFC の発表総数は145件 (招待講演28, 一般口頭講演78, ポスター発表30, ポストデッドライン12) である。日本からの発表は42件 (招待5, ポストデッドライン2) であった。

表1に論文の内訳を示す。今回の会議で最も印象が強いのは、コヒーレント光通信に関する論文が増えたことである。コヒーレント光伝送実験や狭スペクトルレーザーに関して三つのセッション (招待講演三つを含む) と一つのチュートリアルが開かれており、今後もこの傾向が続くものと考えられる。以下、数多くの発表のなかでとくに興味をもった論文について紹介したい。

東芝の伊藤らは、5波長で発振しおのおの発振波長が 50\AA ずつ離れた集積化 InGaAsP レーザーアレイを

表1 OFC '86 の論文件数

1. ファイバおよびケーブル	
伝播特性	17 (invite 1, PD 3)
ファイバ作製技術	17 (invite 4, PD 3)
ファイバ応用	12 (invite 1, PD 2)
強度, 欠陥	9 (invite 2)
コネクタ	7 (invite 1, PD 2)
測定技術	6
偏波ファイバ	3
接続	3
ファイバおよびケーブル材料	2 (invite 1)
2. 能動および受動素子	
光源	28 (invite 3)
受光素子	8 (invite 1)
スイッチ	3
変調器	2 (invite 1)
3. システム	
コヒーレント光伝送	15 (invite 3)
高速変調, 海底方式	12 (invite 1, PD 1)
加入者系	6 (invite 2)
LAN	5 (invite 2, PD 1)
ファイバセンサー	3 (invite 1)

光源とし、Ti 拡散 LiNbO₃ 導波路形合波器 および Si 基板 SiO₂ 導波路上に作製したジオデシクレンズと回折格子による導波路形分波器を用いた波長多重伝送実験を報告した。導波路形分波器は、ゴリメート用の二つのジオデシクレンズと $1\mu\text{m}$ ピッチの回折格子とから成る。 50\AA ずつ離れた発振スペクトルをもつ DFB レーザーアレイの各波長の光は、回折格子によって分波され、 $50\mu\text{m}$ 間隔で配置された InGaAs PIN フォトダイオードアレイで検出される。符号誤り率は、伝送速度 32 Mbit/s のとき受光パワー -35 dBm で 10^{-9} である。

加入者系や LAN においてコストを低減するために単一のレーザーを用いて双方向通信を行なうシステムが英国プレッシーの P. Duthie らによって報告された。

565 Mbit/s で変調されたレーザー光は、他端で方向

性結合器により一部は PIN-FET 受光器で検出され、残りは LiNbO₃ 導波形変調器で 34 Mbit/s で変調されミラーにより送信端に送り返される。本方式では両方向で異なるビットレートをを用いることが必要であるが、適当な符号方式を使用することにより両方向で同じ変調周波数を用いることも可能である。一つの光源で相方向伝送を行なう実験は、Bell 研の T. H. Wood からもポストデッドラインで報告した。この実験においては、GaAs の MQW を受光素子と同時に変調器として用いている。MQW 変調器は偏波状態に無関係であるので上述の方式においては必要な偏波コントローラが不要であるという特徴を有している。

高ビットレートの伝送実験に関しては、Bell 研の A. H. Gnauck らが 1.53 μm の InGaAsP レーザーと Ti: LiNbO₃ 変調器を用いて 8 Gbit/s の信号を 68.3 km にわたって伝送した結果を報告した。用いたファイバの分散は、1.53 μm で 19 ps/km \cdot nm であり分散リミットに近い伝送速度を達成している。

光ファイバの高品質化に関しては、住友の横田らが純粋石英コア単一モードファイバで 0.154 dB/km ($\lambda=1.55 \mu\text{m}$) の低損失ファイバの報告を行なった。古河の小粥らは、1.55 μm に零分散波長をシフトしたファイバで 0.2 dB/km ($\lambda=1.55 \mu\text{m}$) の低損失値を報告した。また、コーニングの A. J. Antos らは LAN 用の高 NA 多モードファイバとして比屈折率差 $\Delta=2\%$ のグレーデッド型ファイバを作製し、波長 1.3 μm で損失 0.58 dB/km 伝送帯域幅 2.6 GHz \cdot km の値を報告した。

フッ化物ファイバに関しては、Naval Research Lab. の D. C. Tran が招待講演のなかで ZrF₄-BaF₂-LaF₃-AlF₃-NaF コア、ZrF₄-HfF₄-BaF₂-LaF₃-AlF₃-NaF クラッドファイバによって $\lambda=2.55 \mu\text{m}$ で損失 0.9 dB/km の値を報告した。ファイバ長は 20~100 m 程度であるので測定精度の限界に近い値であるが、低損失のポイントは ZrOCl₂ による高純度化である。

半導体レーザーに関する発表では、コヒーレント光通信の狭スペクトル化や発振周波数安定化の報告のほかに、Spectra Diode Lab. の C. Chang-Hasnain 他による高出力 LD の報告があった。MQW のアレイレーザーを多モード光ファイバに直接結合させている (結合効率 88%)。動作電流 500 mA で CW 光出力は約 200 mW である。NTT 通研の吉国らは、1.5 μm DFB レーザーの電極を三分割し、二つの電極に独立の変調を加えることによりチャージングの非常に小さい AM 変調、および振幅変動のない FM 変調が可能なることを示

した。このような半導体レーザーは、超高速光伝送やコヒーレント光伝送において重要な役割を果たすと考えられる。

以上、OFC'86 の報告のなかからいくつかの興味ある論文について紹介した。会議の印象としては、石英系光ファイバが実用に供され、特性的にも理論的限界に近づいた現在、これからはコヒーレント光通信に関する研究や光導波路デバイスの研究が盛んになるとの感を強く受けた。

3. IGWO

IGWO 関係の発表総数は 81 件 (招待講演 9, 一般口頭講演 46, ポスター発表 15, ポストデッドライン 11) であった。日本からの発表は 10 件 (招待 1, 一般 7, ポスト 2) であった。表 2 に材料別の発表件数を示した。

化合物半導体関係が 37 件と最も多いが、半数以上が発光・受光素子に関するもので、半導体レーザーの高速変調 (GTE, ベル, 東工大等), 高速応答ディレクタ (NEC, ベル), レーザーアレイ (New Mexico 大, MIT, Xerox 等), 光増幅器 (BTL, ベル等) 等の発表が続いた。集積化に関するものでは、GaAs-IC と集積化容易な PIN ディテクタ構造 (Hughes) 等が注目された。導波路関係では、MQW 構造の利用を含めて光変調器関係 (ベル, KDD, Hughes, BTL) が一つのまとまりを示していた。新しい試みとして、InGaAsP/InP 材料を用いて全反射型光スイッチと DFB レーザーとをモノリシック集積化した 2 \times 2 光スイッチ (日立) が、“光集積回路らしい” ものとして注目を集めていた。

LiNbO₃ 導波路関係の発表も 26 件と、単独の導波路材料としては最も多い。集積化規模の大きいものでは、4 \times 4 光スイッチ (Dortmund 大), 8 \times 8 光スイッチ (HHI) の発表があった。新しい試みとしては、半導体レーザーと LiNbO₃ 素子を組み合わせてリングレーザーを構成する発表 (ベル) 等がなされた。また、実用化のために不可欠な単一モード光ファイバとの接続技術についても、12 本ファイバアレイとの接続、偏波保持性

表 2 IGWO 材料別発表件数

	化合物半導体	LiNbO ₃	その他
Invite	6	2	0
Oral	21	15	11
Poster	5	4	5
Post deadline	5	5	2
計	37	26	18

ファイバとの接続 (いずれもベル), Ti/Mg 二重拡散を利用した低挿入損の実現 (NEC) が発表された. 導波形デバイスとして現状で最も完成度の高い LiNbO₃ 素子が, 結晶欠陥や光損傷等の問題 (Crystal Technology 社発表) を乗り越えて, 近い将来, 実用品として続々と製品発表されることを期待したい.

他の材料系としては, シリコン, 多成分系ガラス, 石英系ガラス等がとりあげられた. ユニークな試みとしては, エピタキシャル Si 結晶層を導波路材料とする提案 (Rome Air) や, Si 基板上で, SiO₂ 層とポリシリコン層との共振反射構造を利用した単一モード光導波膜の作製 (ベル) が発表された. Si 基板上に反応性イオンエッチングにより形成した石英系光導波路にガイド構造を利用して光ファイバや受発光素子等を搭載し合分波器を構成する試み (NTT) も実用的な集積化手法として注目された. また, Si 基板上に MBE 法を利用して形成した Ge_xSi_{1-x}/Si 超格子に Si 導波路を利用して信号光を導入する 1.3 μm 帯 APD の実現 (ベル) も注目され

た. イオン拡散によるガラス光導波路についても, ガード束縛法の採用 (ベル) 等, 5件の発表がなされた. 新しい材料系として, Sr_{0.6}Ba_{0.4}Nb₂O₆ への S 拡散による導波路形成 (NRL) が発表された. 電気光学効果は LiNbO₃ 系に比べて 10 倍程度大きいものの, 導波路損失は 20 dB/cm と大きく改善の余地がある.

4. む す び

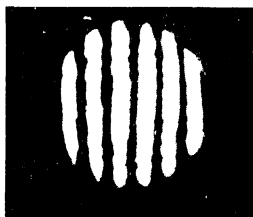
多くの参加者を得て開催された本会議を通じて, 光ファイバ通信や光集積回路への関心がますます増大しつつあることを強く感じた. 光ファイバ通信は展示コーナーの盛況に見られるように, すでに一大産業として成長している. 光集積回路分野も, 製品として展示コーナーを賑やかす日が数年のうちに到来することを期待したい.

次回の OFC は, 1987年1月19~22日, 米国 Reno (Nevada) で開かれる予定である. IGWO (2年後予定) の詳細計画は未定である.

(1986年3月20日受理)

清原光学の

Laser Beam Expander



BE-10レーザービームエキスパンダー
透過波面精度 λ/10 ザイゴ干渉計



Model BE-10 レーザビームエキスパンダー

特 長

- 清原光学のレーザー・ビームエキスパンダーは簡単にレーザー光の平行光線が得られます。
- 先端に非球面レンズ, またはマイクロレンズ等を装着することにより, レーザ光を, 数μmのスポットに集光出来ます。
- 大口径600mmφのレーザー平行光線の出るレーザー・ビームエキスパンダーも御注文により, 製作致します。

※詳細カタログご請求下さい。

非球面は清原光学へ

- レーザー用光学部品
- ミラー・レンズ及びプリズム
- 非球面鏡(放物面・楕円面・双曲面)
- 円錐ミラー
- トロイダルミラー, シリンドリカルレンズ・ミラー
- 各種光源装置
- レーザーレーダー
- 各種光源装置の設計・製作

清原光学研究所

本 社 〒160 東京都新宿区新宿 6-23-2 電話 (03)352-1919
FAX.03-352-3348 テレックス 0232-2286 KOPTIC J
光学研究室 〒106 東京都港区南麻布 4-2-27 電話 (03)444-7729