

OFC/IOOC '87 報告

村田 茂・山崎俊太郎

日本電気(株)光エレクトロニクス研究所 〒213 川崎市宮前区宮崎 4-1-1

1. はじめに

OFC (Optical Fiber Communication Conference) と IOOC (International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber Communication) の共催による本会議は、米国ネバダ州リノ市で1月19～22日まで開かれた。会議には、同時に開催された展示会も含め3,000名を超える参加者があった(日本からは125名)。今年の運営上の特徴の一つは、Informal Discussion Session が設けられたことで、発表者を囲んで自由に質問や討論のできる場が、毎夕1時間ほど、アルコール類とともに提供された。Poster Session や展示会も同じ時間に開かれ、発表や聴講後の疲れをいやすにも格好の場となった。

論文総数は241件(日本からは76件)であった。内訳を表1に示す。特徴としては、コヒーレント光伝送や光加入者系に関する発表が増えたことで、これらのシス

表1 OFC/IOOC '87 の論文件数

1. ファイバ	
伝播特性, ケーブル	16 (I1, P2, T2)
作製技術, デザイン	23 (I5, T1)
偏波保存ファイバ	4 (I1)
欠陥, 信頼性	9 (I1, P1)
接続	7 (I1)
センサー, その他	19 (I2, T1)
2. 光デバイス	
発光, アンプ	36 (I6, P3, T2)
受光	10 (I2, P1)
光ガイド, スイッチ	41 (I2, P2)
集積	12 (I4, T2)
コンポーネント, その他	16 (I2, T1)
3. 光通信システム	
直接検波	12 (I1, P3, T1)
コヒーレント	21 (I2, P6, T1)
加入者系, ISDN	15 (I4, T1)
合計	241 (I34, P18, T12)

I: Invited, P: Post Deadline, T: Tutorial

テムに適用するための光デバイスの発表も多かった。以下筆者らが興味を持ったいくつかのトピックスを紹介する。内容に偏りがあること、とくにファイバ関係を割愛したことをお断りしておく。

2. 光デバイス

半導体レーザー関係では日本からの発表が目立った。まず高出力レーザーでは、沖電気の川原らが、 $1.3\mu\text{m}$ 帯で200mW、 $1.5\mu\text{m}$ 帯で110mW という従来を大きく上まわる特性を得た。また三菱の中島らは、 $1.3\mu\text{m}$ 帯レーザーで 50°C 、50mW、1万時間以上の信頼性を得ている。いずれもp形 InP 基板を用いた埋込みレーザーである。波長可変レーザーでは、NEC の村田らが報告した $1.5\mu\text{m}$ 帯波長可変 DBR レーザーが注目された。2mW 定出力で5.8nm (720GHz) の連続波長チューニングを実現している。また AT & T Bell の F. Heismann らは、 LiNbO_3 の波長可変フィルタを外部共振器として用いたハイブリッド構成のレーザーで7nm の波長チューニング(ただし不連続)を行なった。スペクトル線幅は60kHzと狭い。狭スペクトルレーザーとしては、Plessey の C. A. Park らがファイバ・グレーティングを用いて3kHzの線幅を得た例をはじめ、いくつかの外部共振器型レーザーが報告された。しかしコヒーレント光伝送の実用化を考えると、今後はこのようなハイブリッド構造よりも、モノリシック集積素子やDFBレーザーのような単体素子の高コヒーレンス化の研究が重要性を増してくると思われる。

変調器・光ガイド素子関係では、HP の二つの高速変調器が注目された。まず D. W. Dolfi らは、電極構造を最適化した LiNbO_3 のマッハ・ツェンダー型変調器で24GHz以上の変調帯域を、また S. Y. Wang らは、 GaAlAs/GaAs 系の $1.3\mu\text{m}$ 用進行波型変調器で20GHz以上の帯域を得ている。KDD の鈴木らは、DFBレーザーと Franz-Keldysh 効果を利用した吸収型変調器をモノリシック集積化した。レーザーと変調器の結合が不十分といった問題はあるが、2Gb/s 変調時にもス

ペクトル広がりが見られないことを報告している。Bell CORE の J. H. Abeles らは、量子井戸型光ガイドを FET のゲートの下に設けた新しい素子を報告した。FET のゲート電圧によって量子井戸のエキソトン吸収が変化することを利用して変調を行なう。125 μm 長の素子で 4 GHz の帯域を得ている。NEC の小松らは、Ti/Mg 二重拡散法を用いた LiNbO₃ 位相変調器で 1.1 dB という低損失と 4 GHz の帯域を実現した。

3. 光通信システム

光通信システム関係では、昨年にも増してコヒーレント光通信がブームである。このことはシステム関係の Post Deadline Paper 9 件中 6 件がこの分野であったことから伺える。コヒーレント方式で最も話題となったのは、NTT, AT & T Bell, Bell CORE, NEC による Gb/s 帯での長距離伝送実験である。NTT の岩下らは、外部共振器型レーザーの直接 FM 変調による CPFSK 方式で、2 Gb/s 伝送実験を報告した。受信感度は -34.9 dBm で 197 km の伝送を実現した。これは直接検波方式による最長距離を 56 km 上回るものである。Bell の Gnauck らは DPSK 方式で 2 Gb/s の伝送実験を報告した。光源に共振器長 7.5 cm の外部共振器型レーザーを用いて受信感度 -39 dBm, 伝送距離 170 km を実現した。Bell CORE の Gimlett らは NTT と同じく CPFSK 方式を採用し、2 Gb/s の固定パターンで -39.2 dBm の受信感度を得るとともに 101 km の伝送実験を行なった。NEC からは山崎らが、光源にモノリシック外部共振器型レーザーを用いた 1.2 Gb/s DPSK 方式を報告した。共振器長 21 cm の外部共振器型レーザーを用いた場合との比較実験により、モノリシック素子の有効性を示すとともに 150 km 以上の伝送実験を実現した。BTRL の D. W. Smith らは、光加入者系や B-ISDN への適用を考慮した FDM コヒーレント方式の検討を行なった。ここで提案された偏波スクランブル方式は、3 dB のパワーペナルティが生じるが、受信側での偏波補償を不要とするもので、とくに加入者系に FDM コヒーレント方式を適用する場合に有効であり注目される。その他、FDM コヒーレント方式については、AT & T Bell の Park らが、光源に He-Ne レーザーを用いて ASK 方式における所要チャンネル間隔を実験的に求めた。変調信号の帯域制限によってこのチャンネル間隔をより狭くできることも示された。また Bell CORE の Kazovsky は、種々の変調方式に対して所要チャンネル間隔を計算から求め、変調指数の小さい FSK 方式で最

も間隔を狭くできることを示した。Kazovsky は光ホモダイン方式のキーコンポーネントである optical 90° hybrid をファイバで構成するアイデアも提案した。横河電機の秋山らは、FDM 方式で重要な、絶対波長を 5×10^{-13} に安定したレーザーパッケージを報告している。

直接検波方式の分野では、昨年まで活発だった高速大容量伝送に関する発表が下火となり、代ってネットワーク関係を含めた応用に内容が移行してきている点が目についた。NEC の高野らは、3R 機能を有する 4 Gb/s のリピータを報告した。伝送符号に RZ を採用し、タイミング抽出回路に SAW フィルタを用いている。日立の山下らは、3チップの IC を用いた 565 Mb/s 3R リピータを発表した。IC 化には Si バイポーラ技術を用いている。LED を用いた単一モードファイバ伝送に関しては、NEC の林らが 1.3 μm 帯の端面発光型 LED を用いた 2 Gb/s の伝送実験を報告した。フロントエンドに InGaAs APD と FET を使用し、送受双方で等化を行なうことにより 9.8 km の伝送を実現した。富士通の藤本らも同様の実験を行ない、1.2 Gb/s で 10 km の伝送を実現した。超高速伝送の分野では、AT & T Bell の Linke が 16 Gb/s の NRZ 符号によるレーザーの直接変調を報告した。BTRL では Blank が、HEMT を用いた受信器を開発し 4.8 Gb/s で -23 dBm の受信感度を得ている。

4. む す び

毎年数千名という多数の参加者がある OFC は、光通信の最先端を見わたすことのできる会議として定着している。直接検波方式の通信システムの市場への浸透とともに、会議レベルでは今後コヒーレント方式や光加入者系に関する話題がますます増加するものと思われる。

なお次回の会議は、OFC/OFS '88 が 1988 年 1 月 25~28 日に米国ニューオリンズ市で、IOOC'89 が 1989 年 7 月 18~21 日に神戸市で開かれる予定である。

主な略語一覧 (ABC 順)

ASK	: amplitude shift keying
BISDN	: broadband integrated services digital network
BTRL	: British Telecom Research Laboratories
CPFSK	: continuous phase shift keying
DBR	: distributed Bragg reflection
DFB	: distributed feed-back
DPSK	: differential frequency shift keying

FDM : frequency division multiplexing
 FSK : frequency shift keying
 3R : reshaping, retiming, regenerating
 HEMT : high electron mobility transistor

ISDN : integrated services digital network
 NRZ : non return to zero

(1987年3月11日受理)

書評

レンズ設計工学

中川治平著 東海大学出版会/1986年/A 5判・213頁/3,500円

レンズの設計技術をわかりやすく解説してある実践的な本はないだろうか、というのがレンズ設計に携わるようになった人達の実感であろう。本書はレンズシステムを実践的立場から解明することにより、コンピューターを使用してだれにでも優れたレンズ設計ができるようにすることを目的として書かれたものである。レンズの構成や性能補正に関して、その手法と思考法を理論に関連づけて詳細に論じた意欲的な内容で構成されており、前記のような人達に最適である。

レンズの設計は、今では仕様を限れば、コンピューターとそのソフトの発展により、蓄えられた多くの実例を利用して比較的簡単にできるようになった。しかし、時代の新しい要請に応える展開を図っていくには、現状ではコンピューターに頼るだけでは限界があり、レンズ性能を改善する手段、手法の十分な理解と、それを新しい仕様に適応発展させられる力を培うことが大切である。本書はこの観点に立ち、非常に有用な内容で構成されている。

たとえば第4章では、単レンズからトリプレット、テッサー、エルノスター、ゾナーへのレンズシステムの歴史的發展が性能改善の手法とともに論じられている。コンピューターを有効に利用した設計ができるためには、まずこれらの発展を収差論的な系のバランスと関連づけて理解しておくことが大切である。このことは構成枚数も多く一見複雑に思えるレンズシステムの中に、これらの基本システムが多く利用されていることから理解できると思う。

第5章では前述の歴史的な発展形態を踏まえて、新し

いレンズシステムの創造のためのより高次の設計作業に必要な性能改善手法に関して論じられており、前章と合わせ読むことにより性能改善手法がうまく理解できるだろう。

第6章では非常に多くの頁を割いて、写真用の多くのレンズシステムをはじめ、ビデオカメラ用レンズ、ビデオプロジェクターレンズ、プリンター用 $f\theta$ レンズ、光ディスク用レンズ、顕微鏡レンズからステッパー用レンズに至るまで、非球面光学系を含み現在使用されているほとんどの分野のレンズシステムについて解説してある。

実例は非常に豊富で、しかも最新の例を多く利用して、各システム固有の問題や考え方をシステムの発展過程を含めて解説している。とくにズームレンズに関しては内容が豊富で新しい仕様に取り組む上で大変役立つであろう。

その他、3次収差係数によるレンズシステムの把握と係数をシステム性能改善のために利用する方法も論じている。また現在わが国で利用できる光学計算ソフトの紹介などもある。

著者はオリンパス光学に勤務された後、現在レンズデザイン研究所を開設され光学の分野で活躍されている。

本書は著者がオリンパス光学に勤務しておられた時代を含む豊富な設計経験と思考結果を盛り込み、著述しにくい内容をわかりやすく解説した意欲的な書であり、今後レンズの設計に携わる人達に大きな影響を与えるだろう。

(ミノルタカメラ(株)高槻研究所 山口民和)