



# 微小光学特別セミナー

## 「光インターコネクションと微小光学」

### 参加報告

浜中賢二郎・楠田 幸久

日本板硝子(株)筑波研究所 〒300-26 つくば市東光台 5-4

本セミナーは、応用物理学会日本光学会微小光学研究グループ主催の特別セミナーである。同グループの定例研究会とは別に2年に1度の割合で開催し、特定テーマについて十分な時間を取って講演・討論を行うことを主旨とした企画であるという。第9回にあたる今回は、5月21, 22の両日、赤坂にある石垣記念ホールにて開催された。今回のテーマは「光インターコネクションと微小光学」である。光伝送システム, 光交換, 超高速 IC 実装技術, 光コンピューティングなど, 光を取り扱う多くの分野のキー技術として近年最も注目されている技術のひとつである「光インターコネクション」と, これを実現する上で, やはりキー技術である「微小光学」とを組み合わせた本テーマは, まさにタイムリーな企画であり, 経費節減の声が高い昨今, 相当額の参加費にもかかわらず, 参加者数約 110 名と極めて盛況であった。

本セミナーの特徴は, 1件あたりの講演時間が質疑討論を含めて1時間20分と十分な時間を設けていること, さらに2日間にわたり同分野の講演を11件集めていることにある。すなわち, 各講演者は与えられた時間を十分に使って, 自身の研究の説明と共に, 現状の電子デバイス技術の問題点, 光インターコネクションの特徴とその目指すべき性能, 光技術の問題点, 必要技術, 可能性などについてそれぞれの立場から触れることができ, また参加者にとっては, 各発表についての理解が深められたことだけでなく, 複数の講演に共通する技術認識や将来動向, あるいは, 同じ問題に対する立場による見方の相違などを感じ得ることができるといった点からも意義深かった。

セミナーは, 後藤氏(東海大)の開会挨拶のあと, 矢嶋氏(電総研)による, 光インターコネクションのデバイス, アーキテクチャに対する広範な技術動向のレビューに始まり, 急きょ追加された和田氏(富士通研)による国際会議報告まで, 表1に示す計12の講演があった。セミナー全般から著者が共通認識として感じたことをいくつか紹介する。

まず, コンピュータや交換機にとって「光」が“must”

表1 微小光学特別セミナー, 講演題目

- |  |
|--|
| ・光インターコネクション序論 (矢嶋氏, 電総研)                                      |
| ・集積光エレクトロニクスと光インターコネクション<br>(和田氏, 富士通研; 中村氏, 東芝)               |
| ・光インターコネクションを有する3次元 LSI<br>(小柳氏, 広島大)                          |
| ・光インターコネクション, 受動素子を<br>中心にして (武田氏, 電通大)                        |
| ・Optical interconnection, Advanced<br>technology (Crow 氏, IBM) |
| ・面発光レーザーとマイクロレンズアレイ<br>(伊賀氏, 東工大)                              |
| ・光配線用デバイス技術 (古山氏, 東芝)  |
| ・装置内光インターコネクション<br>(堀松氏, 富士通研)                                 |
| ・プロセッサ間接続のための光インター<br>コネクション技術 (河合氏, 日本電気)                     |
| ・2次元光機能デバイスとその応用<br>(黒川氏, NTT)                                 |
| ・国際会議参加報告 (和田氏, 富士通研)  |

か, といったかねてよりの問いに対しては, 今回のセミナーでは, 誰もが光インターコネクションの必要性を熱弁していた。コンピュータ間, モジュール間, ボード間, チップ間, ゲート間など様々なステージの中で, 長い距離のインターコネクションから光が着実に入っていくというのが共通した認識である。情報の伝送レートが大きくなっていった場合, ミリメートルあるいはセンチメートルオーダーの長さの配線から, 電気配線と比較して光の方が有利であるといった意見が, 中村氏(東芝)ら複数の講演者から説明されていた。しかしながら, 5年後あるいは10年後を想定したとき, モジュール間接続あたりまでに光がある程度の比率で入っていくことは誰もが予想しても, これがチップレベルにまで拡大しているかについては各講演者ごとに見方が違っていたことが興味深い。チップ内光インターコネクションの可能性については, 小柳氏(広島大)から, 3次元光結合型 LSI の研究に関して作製技術, 動作テスト結果が詳細に

解説された。

一方、2日間の最後に、成田から駆け付けた和田氏により行われた、湯気が出んばかりの国際会議報告 (Workshop on Interconnections within High-Speed Digital Systems, IEEE LEOS 主催) も違った意味で極めて興味深いものであった。Workshop の参加者 80 名がいくつかのグループに分かれて、ある性能仕様を想定した5年後、10年後のコンピュータの仮想設計図を議論・作成したところ、光の研究者の多いグループからはチップ間レベルまで (あるいは特定のチップ内まで?) 光が入れられていたのに対し、インテルの研究者が主となって構成されたグループから出された提案図の中では、やっと10年後に、ボード間あたりに光が登場したにすぎなかったと言う。報告の最後に和田氏が述べた、「光にできて電気にはできない、自信のある事例を示せ」の言葉が、現状を的確に表現しているように思えた。

光にとっての必要技術の観点からは、低消費電力、低コスト、高信頼の2次元光アクティブデバイスの必要性が強く印象付けられた。伊賀氏 (東工大) からは、自らが提案した “stacked planer optics” を中心にその要となる面発光レーザーと平板マイクロレンズについての講演が行われた。平板マイクロレンズではイオン交換の際に生ずるガラス基板表面の膨らみを利用した高 NA レンズ (NA=0.57) について説明された。また面発光レーザーについては色々な研究機関の報告例が整理されて示され、その進展の早さに驚かされた。また Bell 研の J. L. Jewell が会社を作って面発光レーザーを作ろうとしていることにも驚かされた。もうサンプルも入手可能なようだが相当に高い (?) とのことであった。

古山氏 (東芝) からは、光配線用デバイス技術について説明が行われた。半導体レーザーの APC フリー化の話が中心であったが、最近の技術では APC フリーが可能なレベルまでできているとのことであった。光による CMOS とも言うべき光コンプリメンタリー配線ロジックの提案も行われたが、コロンブスの卵のような発想だが消費電力の低減に大きく寄与する可能性が示された。また、着脱可能な光軸無調整光配線モジュールでは 200 回も着脱してもロスが発生しないという。

堀松氏 (富士通研) は主に、光多チャンネル電送の課題について報告した。個々の伝送路のばらつきとアイ幅低下との関連等について懇切な説明があった。その他、疑似 APC 方式の提案、光接続の将来技術等が報告された。

ここで、半導体レーザーの発光波長とファイバ中の伝搬モードに対する意見が微妙に違っているのが興味深

い。日本勢は 1.3, 1.5  $\mu\text{m}$  の採用を考えているのに対し、Crow 氏 (IBM) は、コストと信頼性の面から 0.78  $\mu\text{m}$  あるいは 0.85  $\mu\text{m}$  をコンピュータにおける光通信波長の第1候補にといった意見であり対照的であった。またマルチモードかシングルモードかという点でも意見が分かれた。システム間の少数チャネル長距離伝送と、モジュール内の多数チャネル短距離伝送では選択すべきデバイスが異なるといったことなのであろうか。

また、もう一つ本セミナーで多くの発表者からその重要性が指摘されたのが、光電子デバイスや光学系の集積化実装技術であった。今後「光」の応用範囲を広げていく上で、光集積化実装技術が確実にキー技術の一つになっていくとの強い印象を感じた。武田氏 (電通大) による光受動素子を中心とした部品、デバイス、実装技術の幅広いレビュー、河合氏 (日電) による、レンズアレイを用いた多段光接続、基板内自由伝搬型光バスなど自身の研究を折り混ぜた、種々光実装技術、光配線のアーキテクチャの研究動向の紹介などにより、この分野の近年の研究発表の増加と多様性が改めて印象付けられた。光インターコネクションのアーキテクチャに適したマイクロプロセッサ技術の開発が必要との矢嶋氏の意見、受動素子は、能動素子の「点」の間を結ぶ「線」の技術であり、今後システム化を進める上でよりその重要度を認識する必要があるとの武田氏の意見には筆者も賛同したい。Crow 氏の発表の中で紹介された、はんだバンプを用いた LD チップの面実装、古山氏らの、Si 基板のエッチングを用いた LD アレイと GI ファイバーアレイの光軸無調整光配線モジュール、などの事例紹介も興味深かった。

2次元的な導波型光インターコネクションと、3次元的なフリースペース光インターコネクションの比較については、前者が、コストと信頼性がもう少し改善されれば実用化もさほど遠くないといった所まで来ているのに対し、後者の実用化にはまだもう少し時間がかかるといった印象を受けた。フリースペース光インターコネクションはコンピュータ内の光配線というよりも、大規模光交換あるいは高性能画像プロセッサといったイメージであり、その実用化のために、空間集積化技術や、2次元光デバイスに対する「機能」の付与が必要との意見が、黒川氏 (NTT) らの講演の中にあつた。同氏の講演で紹介された、メモリ機能をもった光スイッチ EARS, FLC-SLM を位相共役鏡ホログラムとして用いた画像伝送実験など、光の機能といった観点から興味深かった。

最後に、なかなか「光」の場に (または、日本での研

研究会) 現れることの少ない IBM の光研究者 (単に、著者の偏見か?) を招き後援していただいたこと、その Crow 氏に対して幹事メンバーが代わる代わる同時通訳を行い喜ばれていたこと、懇親会も含めて討論が常に熱心であったことなど、微小光学研究グループのアクティ

ビティの高さとフレンドリーさを改めて印象付けられた2日間だったことを付け加える。セミナー参加報告のはずが(誤解混じりの)主観的な雑文になったことをお詫びします。

(1992年7月9日受理)

## 平成3年度日本光学会北海道講演会 参加報告

原田 康浩

北海道大学電子科学研究所電子計測制御部門  
〒060 札幌市北区北12条西6丁目

去る平成4年1月31日、通算で第6回目となる日本光学会北海道講演会が、雪まつりを間近に控えた札幌市の北海道大学工学部で、応用物理学会、電子情報通信学会、計測自動制御学会各北海道支部の協賛のもとで開催された。講演会は、61名の参加のもと午後より北海道大学応用電気研究所魚住助教授の司会で始まり、2件の講演が行われた。以下に、講演題目と講演者の方々の名前を掲げ、続いて各内容の概略を紹介する。

1. 光を使って生体を測る一時間分解診断学と光 CT  
北海道大学応用電気研究所教授 田村 守氏
2. バイオサイエンスと光技術

大阪大学工学部教授 南 茂夫氏

最初の講演では、光を利用し生体をまるごとそのままの状態での内部の情報、特に細胞内酸素濃度分布を無侵襲にかつ定量的に測定する方法、すなわち最終的には光 CT 法について、講演者の田村氏のグループでこれまでに遂行された実測例を交えて興味深く紹介された。まず講演の冒頭に、光 CT 実現の可能性を示す顕著な例として、近赤外半導体レーザーアレーと高感度 CCD カメラを使用して得られた手掌の透過光像が示された。そこには内部の血管像が、他の生体組織とは明確にコントラストを違えて現れており、分光学をもとに画像濃度分布と生体組織内部の血中酸素濃度を定量化すれば、酸素濃度の3次元分布計測すなわち光 CT が実現可能であると指摘された。

続いて、通常の分光測定では問題とならない生体組織での光多重散乱現象に起因する重要な課題について解説された。まず近赤外光源の有用性を低散乱特性および生体内酸素濃度を直接反映する色素蛋白(ミオグロビン、ヘモグロビン、チトクローム)の吸収特性とを用いて示

された。次に生体組織による多重散乱現象が与える測定吸光度変化への影響について、実験結果をもとに詳細に論じられた。この場合、吸光度は吸収物体の濃度に比例する成分と散乱によって生じた一定の減衰成分の二つから構成されており、吸収物質濃度の変化だけが吸光度変化として現れているとのことである。

その事実をもとに、近赤外レーザー光源を使用し代数計算中の被験者の脳内酸素濃度の経時変化や、運動負荷印加中あるいは解放後の上腕二頭筋内の血液酸素濃度の時間変化を脳波・心拍数等とともにモニターした結果が示された。この方法は、臨床学的には胎児や新生児の脳内酸素モニター、基礎医学では脳内での酸素代謝と脳機能との関係を探る手段、またスポーツ医学の分野においてはトレーニング効果を判定するなどの応用が考えられ、実際に研究段階に入っているとのことである。

さらに、先の散乱の吸光度に与える効果は各個体により異なるため、前述の方法では酸素濃度変化は検出できてもその絶対値は決定できないが、その解法としてピコ秒パルスレーザー光を使用した時間分解透過光強度測定法が示された。この方法によれば、照射パルス光の飛行時間から散乱体の実効光路長が決定でき、さらに共通の個体に対して吸収物体の濃度が異なる状態で測定を行えば、各時刻を透過光路長に変換でき吸光度差が決定できる。この吸光度差は、各時刻すなわち透過光路長に対して直線的に変化し、その傾きが吸収物質(ここではヘモグロビン)の濃度と吸収係数の積になる。以上のことが、ラットを用いた実験とモンテカルロ法に基づいたシミュレーションの両者の結果から示され、ヘモグロビン濃度の絶対値測定が可能であることが示された。そして、生体組織などの散乱体を分光学で定量的に取り扱う