

目次

【巻頭言】

- 1 エレソにおける編集出版事業について
[エレクトロニクスソサイエティ副会長編集出版担当] 松尾 慎治 (NTT 先端集積デバイス研究所)
-

【寄稿】

- 2 超高速化合物半導体集積回路の可能性
榎木 孝知 (NTT エレクトロニクス(株))
- 4 電磁界 3 次元時間領域解析手法の基礎と応用に関する研究
柏 達也 (北見工業大学)
- 6 「高出力半導体励起レーザ開発と光通信の大容量化」を振り返り
柏川 秋彦 (古河電工株式会社)
- 8 通信用光コネクタ技術の先駆的研究開発と標準化
長瀬 亮 (千葉工業大学)
- 10 本格的な光集積回路の実現を目指して
山田 博仁 (東北大学)
- 12 アレイ導波路回折格子の研究を振り返って
[和文論文誌 C 分冊編集委員会委員長] 高橋 浩 (上智大学)
-

【論文誌技術解説】

- 14 和文論文誌 C 「エレクトロニクス分野におけるシミュレーション技術の進展」特集号によせて
[ゲストエディタ] 平田 晃正 (名古屋工業大学)
- 15 英文論文誌小特集号「Special Section on Solid-State Circuit Design - Architecture, Circuit, Device
and Design Methodology」の発刊によせて
[ゲストエディタ 小特集号編集委員会] 上口 光 (信州大学)
- 16 英文論文誌 C 小特集「Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices」
発行に寄せて (2017 年 5 月号)
[ゲストエディタ] 國清 辰也 (ルネサス エレクトロニクス)
- 17 英文論文誌 C 小特集「Special Section on Analog Circuits and Their Application Technologies」の
発刊によせて
[ゲストエディタ] 榎井 昇一 (富士通研究所)
-

【報告】

- 18 平成 28 年度 (第 3 回) エレクトロニクスソサイエティ優秀学生修了表彰
[企画広報幹事] 枚田 明彦 (千葉工業大学)
- 19 エレクトロニクスシミュレーション研究専門委員会 (EST) 活動報告
[エレクトロニクスシミュレーション研究専門委員会 委員長] 木村 秀明 (日本電信電話株式会社)
- 20 レーザ・量子エレクトロニクス分野の新たな展開に向けて
[レーザ・量子エレクトロニクス研究専門委員会 委員長] 野田 進 (京都大学)
[レーザ・量子エレクトロニクス研究専門委員会 副委員長] 山本 剛之 (富士通研究所)

- 21 第7期、13年目を迎えたシリコンフォトニクス研究会の活動の目的
[シリコンフォトニクス時限研究専門委員会 副委員長] 秋山 傑 (富士通研究所)
- 22 電子デバイス研究専門委員会 (ED) 活動報告
[電子デバイス研究専門委員会 委員長] 前澤 宏一 (富山大学)
- 24 量子情報技術(QIT)時限研究専門委員会報告
[量子情報技術時限研究専門委員会 第9期委員長] 富田 章久 (北海道大学)
- 25 光エレクトロニクス分野での連携の輪の拡がりをめざして
[光エレクトロニクス研究専門委員会 委員長] 小川 憲介 (フジクラ)
-

【短信】

[研究室紹介]

- 26 新機能半導体光デバイスの創出を目指して
八坂 洋 (東北大学)
-

【お知らせ】

フェロー称号贈呈者

エレクトロニクスソサイエティ各賞受賞者

2017年フェロー候補者推薦公募開始について

シニア会員の申請について





【巻頭言】

「エレクトロニクスにおける編集出版事業について」

(エレクトロニクスソサイエティ副会長編集出版担当)

松尾 慎治 (NTT 先端集積デバイス研究所)



平成 27 年度、28 年度と 2 年間編集出版担当の副会長を務めさせていただきました。すでに、ほぼ任期を終えておりますがこれまでの皆様のご協力に深く感謝いたしております。皆様ご存じのように本会は本年創立 100 周年の節目を迎えます。次の 100 年にも安定した出版事業が継続できるように、また、投稿しやすく読みやすい論文誌になるように各誌編集委員の方々に協力をいただきながら運営してまいりました。

皆様ご承知の事とは思いますがエレクトロニクスソサイエティ(ES)では、会員の皆様方の最新の研究開発成果を発信する場として、和文論文誌(C)、英文論文誌(C)、及びオンラインジャーナルの ELEX を発刊しております。近年の本会の出版事業での大きな変化は紙媒体を廃止させていただいたことです。ご不便をおかけしている面もあるとは存じますが出版事業としてみた場合の財務体制強化に大きく貢献しております。今後とも安定した出版事業を維持していくうえでは重要な施策でした。皆様のご理解に感謝いたします。

またエレクトロニクス独自の取り組みとして、和文誌においては招待論文数を増加させ日本語で読めるというメリットを生かして専門外の分野の事でも比較的簡単に理解できるなどのメリットを生かせるようにしております。英文誌においては従来からの特集号の取り組みを継続的に行っており、質の高い特集号となるように研究専門委員会の皆様の協力をいただきながら進めております。ELEX においては、国内のみならず海外からも多くの投稿を頂いております。ありがたい悲鳴なのですが査読を行うのがかなりの負担になっている、また速報誌なので迅速な査読が必要との判断から特別編集幹事を導入し質の高い査読レベルを維持しつつ迅速な採否判断ができるような対策を行っております。

任期中に議論はしてきたもののなかなか具体策が講じられなかったものとしては、やはりインパクトファクターの向上があげられます。他ソサイエティではオープンアクセス化などの対策を始めたところもあり、エレクトロニクスでも同様の議論を行っております。海外を中心とした研究者に論文を読んでリファーしてもらうにはオープンアクセスの方

が良いのですが、その場合は執筆者に費用の負担を求めることになり、それが会員サービスにつながるのかという問題もあります。また、エレクトロニクスには ELEX が既にオープンアクセスの論文誌として 2004 年より活動を行っており、エレクトロニクスには適していないのではないかと議論がございました。さらにインパクトファクターの向上には IEEE Explore などとの連携を考えられないかなどの議論も行われております。もちろん、信学会では独自に I-Discover も運営しておりますので、それを有効活用することも合わせての議論が必要です。皆様からの意見をいただきながら今後の方向性を議論していかねばならない課題です。

論文誌は皆様からの投稿により成り立つものであり学会の中心的な役割を担うものです。優秀な論文には表彰を行う制度もありますのでぜひ会員の皆様方から積極的な投稿をお願いいたします。また、編集出版事業は、査読者の皆様、もちろん編集委員の方々のボランティア精神に支えられての活動となります。今後とも皆様方のご協力をお願いいたします。

最後に、電子情報通信学会創立 100 周年記念事業の一環として、エレクトロニクスでも、懸賞論文を募集しておりました(ちょうどこの巻頭言が公開されるころが締め切りです)。本懸賞論文の募集にあたっては、実績豊かなベテラン研究者に限らず、次世代を担う若手研究者や学生の皆様からの、新鮮な思いや夢をベースとした将来構想・提言をお願いしております。どのような論文が投稿されたかとても楽しみです。このような未来への夢を皆で議論できるような場を提供するのも学会の一つの役割ではないかと思っております。

著者略歴：

1988 年広島大学材料工学専攻修了、同年日本電信電話株式会社入社。以来化合物半導体光デバイスの研究に従事。現在、NTT 先端集積デバイス研究所上席特別研究員。2010 年～2012 年エレクトロニクス編集委員長、2013 年～2014 年レーザ・量子エレクトロニクス研究専門委員会委員長、2015 年～2017 年エレクトロニクスソサイエティ副会長。2011 年、2012 年エレクトロニクス論文賞を受賞。本会シニア会員、IEEE フェロー。



【寄稿】（新フェロー）

「超高速化合物半導体集積回路の可能性」

榎木 孝知 (NTT エレクトロニクス(株))



このたび、本学会フェローの称号を賜り、大変光栄に存じます。評価頂いたのは「光及び無線通信用化合物半導体超高速集積回路製造技術の研究開発」と大変範囲の広い表現になっており恐縮ですが、共に研究開発及び研究マネジメントに携わった NTT の諸先輩方をはじめ、同僚や研究者の皆様方に、深く感謝申し上げます。また、本学会の学会活動を通じて交流した企業・大学の研究者の方に多くのご指導と刺激を頂いて参りました。今年度の新フェロー 25 名を加えた 889 名の歴代フェローの方々とともに、100 周年を迎える本学会と情報通信業界のさらなる発展に微力ながら貢献してゆきたいと思ひます。

研究業務の出発点は、1984 年の日本電信電話公社厚木研究開発センタ（当時）で、立場は変わりましたが研究成果の実用化を目指している現在を開発業務とすると、研究開発への取り組みは、今年で 33 年目となります。入社時、「新材料研究をやりたい」との希望をもって、化合物半導体デバイス研究・開発の研究室に配属され、振り返ると、継続して通信用送受信器の高速化・高周波化に携わっていました。

シャノンの法則によれば、一定の利用可能な帯域を使って伝送できる情報量には上限があります。大容量化には、帯域拡大が必要であり、高周波化は必須且つ効果的な大容量伝送の手法です。周波数資源の開拓は、情報通信の発展に依存してきた人類にとって重要なテーマです。また、一定の帯域でも情報の符号化や SN により伝送可能な情報量が変わり、周波数利用効率の高い伝送方式が求められます。限られた通信資源の有効活用は、やはり人類の重要な責務であると言えます。研究開発を始めた頃は、実験やデバイスプロセスの面白さに魅了され、上述の本質的な課題認識を十分に理解していたとは言えず、高周波化、高機能集積化、低雑音化、高出力化のキーワードでデバイス研究開発を行ってきたのが正直なところでした。

図 1 に、論文等で発表されたトランジスタの最大発振周波数 (f_{max}) と増幅器等の集積回路の動作周波数の推移を示します。私が、研究開発を始めた 1980 年代は、GaAs 電界効果型トランジスタにより、 f_{max} として 100GHz を超える特性が報告されていたものの、素子特性のばらつきも

大きく、GHz 帯以上では、個別部品のハイブリッド実装による回路の方が、特性が良いとされていました。当時、スーパーコンピュータ用の高速低消費電力集積回路の実現を目指して開発段階だった GaAs MESFET 集積回路製造技術を元に、無線通信や光通信用のモノリシックマイクロ波集積回路 (MMIC) を開発するのが私の最初のテーマでした。当時の研究室には、材料研究者、回路研究者、プロセス研究者がいて、一体となって集積回路の研究・開発を進めており、いまから考えると大変恵まれた環境でした。そのなかで、アナログ特性を左右する最大発振周波数や雑音指数の向上を実現するデバイス構造を検討し、試作により確認するのが私の役割でした。

試作で素子性能の向上が達成できると、研究開発は一気に加速します。トランジスタの f_{max} は、論文のトップデータには及ばない 40GHz 程度でしたが、それでも、その特性の素子を集積化した分周器回路を実現することで、10GHz の分周動作を初めて達成しました。この試作はビギナーズラックの要素もあり、信学会学術奨励賞を頂いたものの、その工程の再現性を上げて回路試作を行なうのに大変苦労しました。プロジェクトメンバーの粘り強い協力なくしては前進・継続は無かったと思います。回路試作を重ねて、材料・プロセス・回路技術の完成度が上がるのを、皆で握手して喜んだことを鮮明に記憶しています。また、Si-LSI に比べれば簡素な半導体プロセス工程ですが、その工程設計の重要性を学びました。

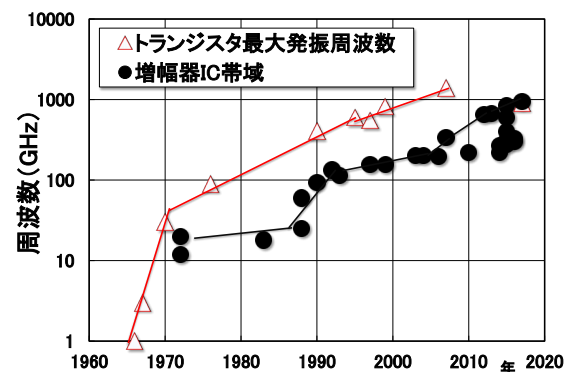


図 1 トランジスタ及び集積回路の高周波化推移

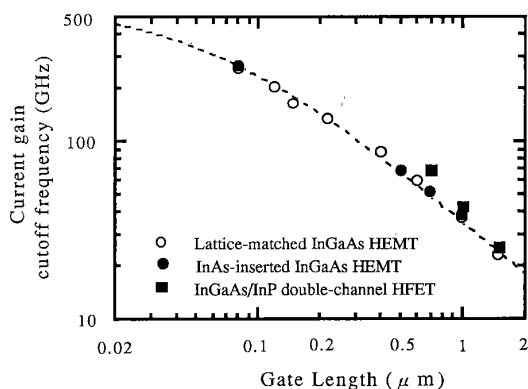


図2 電流利得遮断周波数のゲート長依存性⁽¹⁾

1990年から更なる高速化・高周波化を目指して、InP系ヘテロ構造デバイスの研究開発を担当しました。移動度や電子飽和速度の高いInGaAsをチャンネルに利用することでトランジスタの高周波特性は向上しますが、本来の材料特性を十分にトランジスタ性能と集積回路特性として引き出せているかを自問自答することにしていました。図2に試作したトランジスタの電流利得遮断周波数のゲート長依存性を示します⁽¹⁾。当時としては、各ゲート長で最高値に匹敵する遮断周波数を実現でき、その依存性からデバイス内の電子速度の議論をすることができました。

InP系ヘテロ構造トランジスタによる高速・高周波集積回路の研究では、トランジスタパラメータ、配線構造等、回路動作の限界論を回路研究者と議論しながら、120～300GHz帯MMIC、100Gbps級高速デジタル回路、OEICの動作実験に取り組みました。システム研究者により、光伝送や無線伝送での伝送方式実験に応用して回路動作を確認することができたことは、デバイス研究者としては目標達成までの距離間を認識できて大変恵まれていました。

研究マネージャとして化合物半導体デバイス研究を推進する立場では、「化合物半導体だからこそできること」を目指し、徹底した高周波アナログ性能の追求、光電子融合技術、結晶成長制御の追求等の研究計画の重点化に腐心しました。直接経験のないSiテクノロジーについては、学会研究会等を通じて多くのSi系研究者から技術の深化や手法を学んだことは、大変有意義で、結果として目標設定の見直しも必要でした。

また、NTT研究所では、世界中の大学や企業との共同研究やポスドクの受入れに対し、継続的且つ積極的なマネジメントが行なわれてきており、私自身、貴重な経験と成長の機会を頂けました。今後も、時代に即したオープンな

研究開発体制の実現を期待しています。

化合物半導体高周波集積回路の応用市場は、一定規模まで成長するとSiデバイスに置き換わり、さらに成長してきました。Si-LSIは、動作周波数の向上にデジタル制御機能を集積化して付加価値を高めます。化合物半導体ICは、動作周波数に高出力性・低雑音性・光融合等のアナログ性能を伴って付加価値を高めます。デジタル化の現エレクトロニクス時代には、そのアナログ性能の付加価値は、一定の規模に限定されていますが、伝送品質の差別化の要素であることには変わりありません。とは言え、私の研究結果の普及側面を振り返ると、まだ化合物半導体産業には貢献できていません。その時代の技術動向と需要に即して、一定の期間に化合物半導体ならではのターゲット設定を行ない、機動力をもって新分野を開拓してゆくことで、技術普及を追及してゆきたいと考えています。

以前、本NewsLetter⁽²⁾でも述べましたが、研究開発には、

- ① 「社会的課題を正しく認識」し、「高い専門知識」「適正な体制と環境」をもつこと
- ② 「適正な手段で、的確な技術課題」を「効率よく解決」すること
- ③ 「成果の普及」と「更なる可能性を示す」ことの要素が求められていると思います。常に①②を見直して軌道修正しつつ、③の実現を継続して目指したいものです。

(1) T. ENOKI et al., "Novel Channel Structures for High Frequency InP-Based HFETs," IEICE TRANS. ELECTRON., VOL., E76-C, No.9, 1993.

(2) 榎木, "研究者・技術者のためのエッセイ", NEWS LETTER Vol.158 (2014年10月).

著者略歴:

1984年東京工業大学・大学院修士課程修了し、同年、日本電信電話公社(現NTT)入社。光通信・無線通信用化合物半導体超高速集積回路技術の研究開発に従事。2012年よりNTTエレクトロニクス株式会社に移り、ブロードバンドシステム・デバイス事業本部副本部長(現職)。1986年信学会学術奨励賞。1996年博士(工学)学位取得。2003～2004年本会電子デバイス研究専門委員会委員長、2009～2010年本会東京支部役員(会計幹事)。2012～2013年エレクトロニクスソサエティ会長。



【寄稿】（新フェロー）

「電磁界 3 次元時間領域解析手法の基礎と応用に関する研究」



柏 達也（北見工業大学）

本学会よりフェローの称号を賜り大変光栄に存じます。推薦者、評価者の方々、及び、これまで様々な事でご指導ご協力頂いた全ての方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

私がフェローとして評価頂いた内容は厳めしい標題にあるように電磁界解析における時間領域 3 次元解析手法の発展とその応用という事です。今の若い方から見れば市販の CAD を買えば済むのではないかと云う話ですが、この様な時代に至るまでには長くみれば 70 年、短くみれば 50 年程時間が掛かっております。これは数限りない研究者の数限りない研究成果の結果として達成されたものです。私もその中の一人であり、以下に標題に関して紹介させていただきます。

研究者としての始まり

私は地元が札幌で近くの高校、近くの大学と何も考えず進学し、何故か物理学で習った電波に興味があったので電波の研究をしている研究室を選んで入りました。元々実験メインの研究をさせてくれるような話だったのですが、実際には電磁界の 3 次元時間領域解析という聞いた事もインパクトもなさそうな研究テーマでどうしようかと思った記憶があります。しかし、何事もやって居るうちに面白くなってきて、そのまま大学院の博士課程にまで進学してしまいました。その間に助手のポストが空いたのでそのまま助手として採用されました。今から思うと長閑な時代でした。私は丁度そのような時代に大学院生や助手をやって居たので電磁界シミュレーション技術の基礎から応用までを研究テーマとして論文を発表できた時代に居りました。

研究内容とその歴史的背景

1980 年代のその当時、マイクロ波回路を解析する時に 3 次元構造を考慮して解析する事は不可能な時代でした。数値解析手法で最もメジャーな有限要素法は機械工学では実用化されておりましたが、電磁波問題となると非物理現象の発生などにより適用が困難な時代でした。当然今ではその問題は克服されております。それに対して本研究室でメ

インに研究していた差分法の一つである時間領域 3 次元解析法ではそのような問題はなくマイクロ波回路を 3 次元で正確に解く事が可能でした。その部分においては時代の最先端を行って居た事になります。また、この時代、コンピュータが急速に発展し、理論のみならず電磁界シミュレーションが産業界で実用性を帯びようになってきました。また、電磁界シミュレーション法やその応用に関する論文が劇的に増加した時代でもありました。

電磁界の 3 次元時間領域解析は大きく分けると

- 1) 基礎的研究
- 2) 軍事的な研究
- 3) 民生目的の研究

の 3 つの時代に分けられると思います。当たり前ですが、最初の研究は純粋に概念的な物であり、その中には当時（1944 年）東北大学に在職していた岡田幸雄先生もおられます。電磁波はステルス技術を含めてレーダ探知や核爆弾による EMP（電磁パルス）による EMI（電磁干渉）問題に関係しており、特に米ソ冷戦下では軍事的に非常に重要な研究分野でした。1980 年代からマイクロストリップ基板などの民生問題に適用されるようになってきました。国際会議に行っても電磁界シミュレーションに関するセッションは非常に多く盛んでした。兎に角、やるべきことが沢山あったのです。また、計算機の性能の向上が著しく最近では GPU 技術の発達も目覚ましく、アルゴリズムが並列計算に向いている 3 次元時間領域解析法は GPU などのアーキテクチャーとの相性が非常に良い所があり、そのシミュレーション法としての威力を更に発揮しています。

ところで、企業の寿命は 30 年と言われておりますが、特定の研究分野の寿命も 30 年かと思えます。国際会議に行っても今では電磁界シミュレーションは市販 CAD を使ったものが一般的になってきております。ただ、私は市販 CAD を使わず辛い所に手が届く自作 CAD で計算しております。そして、この分野の基礎的な研究テーマは永遠に続くと思えます。

現在では、研究の主体が解析という行為から最適設計、さらには人工知能と産業として重要な分野が移ってきています。解析と人工知能技術の融合で更なる生産性の向上

が期待されます。

今後のこの国の有り方について

いつの時代にも言える事ですが、次世代に重要となる技術は最初の頃はあまり評価を受けない場合が多いように思われます。これは3次元電磁界解析の分野においても言える事かと思えます。時代が後から追いかけてくる事が多いようです。高度成長の時代は先が見えて日本経済もJapan as No.1と言われておりましたが、最近の日本の電気メーカは経営的に厳しい所が多いようです。過去や現在に囚われず、例えその時代に評価を受けることがなくてもgoing my wayと失敗を恐れないチャレンジ精神が科学技術の発展の上では重要かと思えます。最近、大学も文科省指導を含めて管理業務の増加や成果主義の導入による副作用が出てきており、また、少子化と都会への人口移動が激しく、特に地方大学は大変ですが、東京一極集中が良いかと言えばそれも如何なものかと思えます。研究には実用を目的として明確な目標を持った選択と集中も必要ですが、これとは別に今後日本という国が独創性溢れる国で

有り続けるためには自由で興味を中心とした多様性を認める事も必要かと感じるこの頃です。

最後に北大在学中ご指導頂いた故深井一郎教授(在職中ご逝去)、故吉田則信助教授に厚く御礼を申し上げます。このお二人の先見の明が無ければ今日の私の研究人生は無かったと思えます。

著者略歴：

1984年北大・工・電気卒。1986年同大大学院修士修了。1988年同博士課程中退。同年同大・工・電気・助手。1996年北見工大・電気電子・助教授。2008年同大教授。電磁界及び音響問題の数値解析、最適設計に関する研究に従事。2014～2015年本会エレクトロニクスシミュレーション研究専門委員会委員長。共著「Handbook of Microwave Technology」(Academic Press), 「Antennas and Associated Systems for Mobile Satellite」(Research Signpost), 「マイクロ波シミュレータの基礎」(コロナ社), 「計算電磁気学」(培風館)等。工博。IEEE, IEEJ各会員。



【寄稿】（新フェロー）

「高出力半導体励起レーザ開発と光通信の大容量化」を振り返り



粕川 秋彦（古河電工株式会社）

この度電子情報通学会から「高出力半導体励起レーザ開発と光通信の大容量化」における貢献に対しフェロー称号を賜り、大変光栄に存じます。推薦頂きました方々、また審査頂きました方々に心より御礼申し上げます。また、古河電工(株)で共に研究開発を行なってきた諸氏に心より感謝致します。

今回のフェローの対象となった「高出力半導体励起レーザ開発と光通信の大容量化」ですが、今思い起こせば1987年6月に遡ります。電線メーカであった当社が通信用半導体レーザの研究開発を開始してから2年、主に当時主流であった液相エピタキシャル（LPE）法で従来型の半導体レーザの研究開発を行っていましたが、今後のレーザ設計の自由度が期待できる有機金属気相成長法（Metal Organic Chemical Vapor Deposition; MOCVD）についての検討も行っていました。材料系も当時 MOCVD 法では成長すら困難であった InP 系への挑戦でありました。MOCVD 法の可能性に賭け、LPE から MOCVD による半導体レーザの研究開発に主軸を移しました。当時は MOCVD による GaInAsP 混晶の組成制御、界面制御、量子井戸といった結晶成長に関する報告が主流でありました。レーザ特性では MOCVD 法により作製した波長 1.3~1.5 μm 帯のレーザ特性が LPE のそれと同程度になったという報告はあったものの、薄膜成長が得意の MOCVD 法の特徴が活かせる量子井戸レーザの特性に関する報告は理論予想される特性には遥かに及ばないものでありました。GaAs 系の量子井戸レーザでは従来の厚膜の活性層に対して大きな特性改善が報告されていましたが、InP 系ではバンド構造の違い（InP 系では伝導帯/価電子帯での比率が GaAs 系と異なり、有効質量の軽い電子に対して量子障壁が小さくなる）、損失メカニズム（価電子帯間吸収、オージェ）等がその理由として考えられていました。このような背景の下、GaAs 系レーザの特性向上を実現してきた GRIN-SCH（Graded-Index Separate-Confinement-Heterostructure）構造（この構造は、組成の異なる（従って、屈折率の異なる）GaInAsP 層を多数積層する。量子井戸活性層を頂点として、屈折率が徐々に（ここでは階段的）減少させる）をこの材料系で作製しようと考えました。今思えば当時は単層

での組成制御や界面制御でさえ困難であった GaInAsP 系で GRIN-SCH 構造を作製しようとしたのは大きな挑戦であり、後発の会社であればこそ出来たのではないかと感じています。

研究開始当時は、装置構成上、この試みは困難を極めました。やはり無謀な試みではないかと頭を過ぎったこともありましたが。途中、装置改造やガスフローの工夫、成長条件の最適化を行い、漸く 1987 年 6 月最初に“それらしい構造”の成長が可能になるようになりました。初めて電子顕微鏡写真でその構造を見たときには欣喜雀躍の思いであったのを鮮明に記憶しています。その後さまざまな改良を重ねて理想に近いレーザ構造が実現できるようになりました（図 1；作成したウエハの断面透過電子顕微鏡（TEM）写真とその構造模式図）。

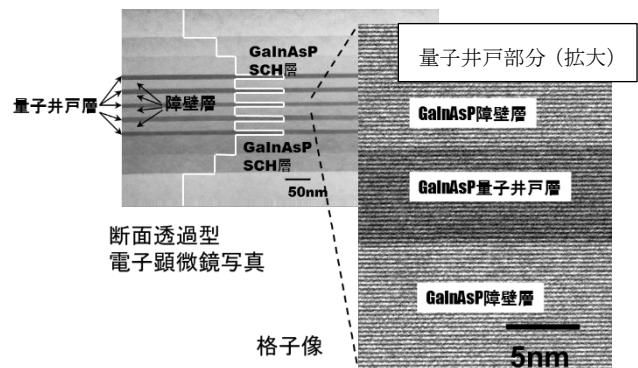


図 1. 作製した GRIN-SCH-MQW の TEM 写真

異なる組成の GaInAsP の界面も原子層レベルで平坦に積層できるまでになりました。また、CAT (composition analysis by thickness-fringe) 法（写真上部）や SIMS プロファイル（写真下部）により、組成（屈折率）制御の様子を観察し（図 2）、組成が設計通り変化しており GRIN-SCH 構造が作製できていることを確認できました。この GaInAsP/InP 系での GRIN-SCH 構造が古河電工の高出力レーザで傑出した特性を実現していく上での端緒となりました。低しきい値電流密動作が Electronics Letters へ掲載されました。当時、低しきい値電流特性が示されたものの、高効率特性についての特性実証には多少の時間が必要で

した。この構造では、光とキャリアの活性層への閉じ込めが有効に行なわれるため、この材料で問題となっていたキャリアの光閉じ込め (SCH) 層への漏れ出しが抑制され、その結果、レーザの内部損失が低減され高効率特性に結びつくということもわかりました。これを武器に、関係者一同、黎明期であった EDFA (Erbium-doped fiber amplifier) 用励起用高出力レーザの開発に目標を定め、取り組みました。

我々の発表後、当時半導体レーザの研究で世界を牽引していた米国ベル研究所、オランダ Philips、イギリス BT&D 等がこの構造を追試し、良好な結果を報告しました。

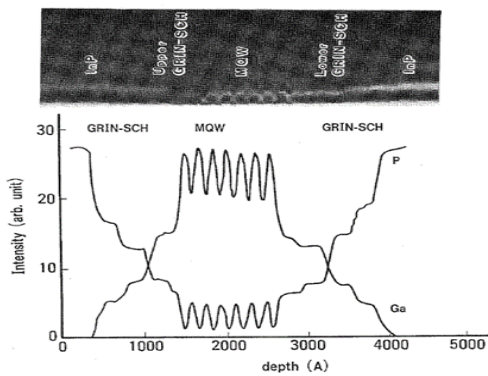


図 2. GRIN-SCH-MQW 構造の CAT 像と SIMS プロファイル

実用化のためには、この活性層周りの構造検討だけでなく、単一モード光ファイバへの高結合のための出射ビームプロファイル制御や単一横モード動作での高出力動作達成のための埋め込み技術が重要になります。これら周辺技術の開発を行なうことにより、1991 年に 360mW の光出力を、EDFA 励起用波長の 1480nm 帯で達成することができました (図 3)。これは当時の世界最高出力でありました。会社全体での取り組みの甲斐があり、WDM 通信方式にとって不可欠である EDFA 励起用レーザ製品、そして EDFA 製品として米国を中心に大きなシェアを持つようになりました。

入社して、自身が中心的に研究開発を行なった製品が広く社会で使われるようになったこと、当時インターネットを中心とする ICT 社会の実現に大きな貢献ができたこと、会社業績に貢献できたことで大きな満足感がありました。また、当時、この業界では全くの門外漢であった古河電工が半導体レーザのメーカーとして広く認識されるようになったことに大きな喜びを感じました。この後は、この

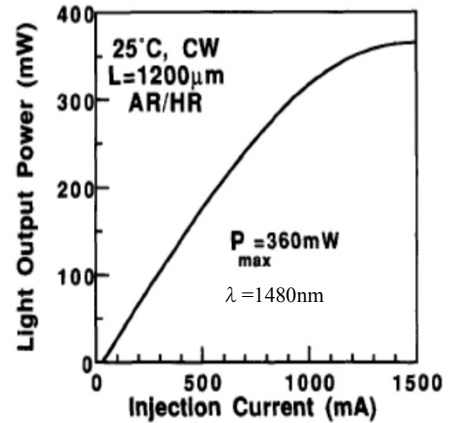


図 3. 作製した 1480nm 帯高出力レーザの特性

高出力レーザ作製の技術を、WDM 通信システムにとって不可欠であった信号光源 (DFB レーザ) や広帯域波長可変レーザへ展開し、光通信の大容量化に貢献しました。1990 年に WDM 方式の幕開け当時米国ベルコアに赴任の機会を得て半導体レーザの研究を行なった身として、励起用レーザの後、是非とも商品化したい思いがあった広帯域波長可変レーザを開発しました。良好な特性は得られたものの、残念ながら 2000 年初頭の IT バブル崩壊のため注目を浴びることはありませんでした。

WDM 用の広帯域波長可変レーザとして開発を行いましたが、現在は、大容量通信をサポートするデジタルコヒーレント通信システムで不可欠となっている狭線幅特性を有する高出力レーザとして広く世界に認知されるようになってきました。

今後は、電子情報通信学会フェローとして当該領域での活性化のために微力ながら貢献して行きたいと思えます。最後に、長らく当該領域の研究開発をサポートし、暖かく見守ってくれた柴田光義 古河電工取締役会長 (当時横浜研究所 所長) に感謝致します。

著者略歴 :

古河電工(株) シニアフェロー。1982 年東工大 電気電子工学科卒、1984 年東工大 電子物理修士課程修了、古河電工入社。1990～1991 年米国ベル通信研究所 客員研究員。2000 年電子情報通信学会業績賞。2001 年桜井健二郎賞。2015 年本会エレクトロ副会長 (研究技術会議担当) IEEE および応用物理学会フェロー、工博。



【寄稿】（新フェロー）

「通信用光コネクタ技術の先駆的研究開発と標準化」



長瀬 亮（千葉工業大学）

このたび電子情報通信学会よりフェローの称号を賜り、大変光栄に存じます。ご推薦いただきました方々、ご指導いただいた諸先輩方、共同研究者および標準化委員の皆様深く感謝申し上げます。

光コネクタは光通信ネットワークを構築する上で必須の部品でありながら、空気のように透明で無反射、かつタダで手に入ることを求められ、その性能を主張することはありません。ただし、それなしではネットワークが生きていけないところも空気たる所以です。光コネクタの開発は1980年代初頭に始まる光通信システムの実用化に伴い、様々なシステム側からの要求条件に応える形で進められてきました。その歴史を簡単に振り返ってみましょう。

[基本原理の確立（1970～1985）]

シングルモード光ファイバを接続するためにはモードフィールドを整合させる必要があるため、バット・ジョイントと呼ばれる、光ファイバ同士を直接突き合わせる接続手法が最も低損失化できる可能性を持っています。ところがモードフィールド直径が約 10 μm 以下であるため、軸ずれに対する許容量が 1 μm 程度しか許されません。1 μm を超える精度で永久固定するのはさほど難しくはありませんが、コネクタには着脱を繰り返しても同じ特性を再現できることが求められる上、光コネクタに繋がっている光ケーブルには外力が作用するため接続部にひずみが発生します。オペレータによる作業中に発生し得る数 10 N レベルの力であっても、部品の変形量は数 10 μm におよび、軸ずれ許容量の 1 μm をはるかに超えてしまいます。

これら光コネクタが抱える根本的な難しさを解決したのが、電電公社の鈴木信雄氏らによる FC 形光コネクタ（1979）⁽¹⁾です。繰り返し再現性の点で有利な円筒フェルールと割りスリーブによる整列機構をプラグハウジングからフロートさせる 2 重かん合構造を採用することにより、基幹回線に求められる高度な接続安定性を実現することに成功しました。この基本構造は、現在に至るまで光コネクタ構造の主流として生き続けています。

[基盤技術開発（1985～1995）]

私は 1985 年に NTT に入社し、武蔵野電気通信研究所に

配属され、杉田悦治氏（現株式会社白山）をリーダーとする SC 形光コネクタの開発チームで研究者としてのスタートを切りました。当時プッシュプル結合構造として新しく考案された機構では結合強度が足りないことが問題となっていました。チーム構成員の中で唯一機械系出身であったため、力のつり合いだけでなくひずみのつり合いに配慮する感覚が役に立ち、この問題を解決したのが私の初仕事となりました⁽²⁾。

同じころ、フェルール端面を凸球面研磨することにより、ファイバ端面同士が接触してフレネル反射を抑制し、高い反射減衰量が得られる PC 接続方式が前出の鈴木信雄氏によって見いだされました。しかしながらフェルールとファイバは異種材料のため温度変化によって端面は球面を維持できず、ファイバ引込みが生じて PC 外れを起こすことが分かり、その信頼性が問題となりました。そこで私はフェルール、ファイバと接着剤のヤング率の違いから、引込んだファイバが端面の接触圧によってせり出してくる変形が起きていると直感し、詳しい解析を提案しました。先輩の助けを借りながら有限要素解析と実験結果の整合が取り、フェルール端面の微小変形を明らかにした結果を最初のレターとして発表することができました⁽³⁾。

1980 年代後半には通信装置の高度化に伴い高密度実装が可能な小型の光コネクタが求められたため、SC 形光コネクタ用に開発されたジルコニアフェルールをどこまで細くできるかを検討することとなりました。フェルールを細径化すると割りスリーブの変形量が小さくなって安定な接続が難しくなり、長くすると強度が不足することから、いろいろな径のフェルールを試作して実験を繰り返し、割りスリーブ微小変形の解析とともに最適解を求め、1.25 mm フェルールと MU 形光コネクタを提案することができました⁽⁴⁾。

1985 年からの 10 年間は、その後の標準コネクタとなる SC 形光コネクタの開発と PC 接続条件の最適化による信頼性の確立、同じく標準となった 1.25 mm フェルールの開発を通じて高性能化、高信頼化、小型化に関する開発とともに NTT における事業導入を進め、光コネクタ基盤技術が確立した時代ということができます。

[FTTHの実現に向けて(1995~2000)]

1995年ころからFTTH実現に向け、光部品の抜本的低コスト化が大きな課題となりました。PC接続に関する力のつり合いを確保しながら、対称構造が常識だった接続点を非対称にすることにより大幅に部品点数と組立て工数を削減した簡易レセプタクル構造を実現した結果⁽⁵⁾、光加入者系に全面導入されました。2,800万加入までFTTHが普及した背景にほんの一部ながら貢献することができたのは感慨深いものがあります。

[標準化活動(1983~)]

光コネクタはインタフェース部品のため、標準化が非常に重要です。前出の杉田氏が中心となって早い段階にIEC等において積極的な標準化提案を始め、私も2001年よりIEC TC86/SC86B国内委員会幹事やJIS光コネクタ標準化委員長などとして関与することができました。光コネクタ技術は世界でも日本が先行していたためにSC形、MU形等のかん合標準、PC接続条件をベースとした光学互換標準、基盤技術開発の段階で開発した様々な試験・測定方法を標準化することができました。

[これからの課題]

光通信ネットワークを構築するための光ケーブル用シングルモード光コネクタ技術については成熟し、今後もSC形光コネクタを中心とする現在の基本構造が使われていくでしょう。一方、シングルモードファイバの容量の上限(1本あたり100Tb/s)が明らかになったことから空間多重伝送(SDM)の研究が盛んに行われており、ひとつの候補としてマルチコアファイバ(MCF)が検討されています。MCFを接続するためには軸ずれだけでなく軸回り角度を精密に合わせる必要があり、これは光コネクタの基本である2重かん合構造と矛盾します。これを解決するため、フェルールとプラグハウジングの間にオルダム・カップリング機構を取り入れ、角度ずれを起こさずにフロートできるMCF用MU形光コネクタを考案しました⁽⁶⁾。ランダム接続による測定結果と各コア軸ずれ実測値から予測される損失分布の一致を確認し、2重かん合構造が設計通りに機能していることが確認されています。

また、取り扱う信号の高速化に伴ってボード上光インタコネクション技術が注目され、ボード上で使いやすい新たな小型多心光コネクタが求められています。多心化が進むとゴミによるPC接続不良が発生する確率の上昇が懸念されることから、損失を多少犠牲にしてもPC以外の接続方

法が検討され始めています。ゴミに対する耐性は専用のコネクタクリーナを持たない一般ユーザが光コネクタを扱う場合にも必須の特性であり、光コネクタに対する新たな市場を作るための要件となります。

さらに、自動運転の実現に向けて自動車内信号伝送容量が飛躍的に増大しており、光信号伝送への移行が盛んに検討されています。長距離、大容量を前提とした光通信技術と異なり、ごく短距離ながら過酷な環境で信頼性を求められる車載用光伝送システムにはこれまでとは異なる技術が必要です。この領域では新たな光ファイバ、接続部品や試験・測定方法の標準化が重要になってくるでしょう。

NTTが全国縦貫光ファイバ伝送網を完成させた1985年からFTTHが導入された2000年まで、最も環境変化と技術進歩の著しかった時代に光コネクタ基盤技術開発に携わることができたのは本当に幸運でした。これまでの経験を生かし、今後も新たな挑戦を続け、さらなる発展を目指す所存です。

参考文献：

- (1) N. Suzuki et al, Electron. Lett., vol. 15, no. 25, pp. 809-811, 1979.
- (2) E. Sugita et al, IEEE JLT, vol. 7, no. 11, pp. 1689-1696, 1989.
- (3) R. Nagase et al, Electron. Lett., vol. 23, no. 3, pp. 103-105, 1987.
- (4) R. Nagase et al, Trans. IEICE, vol. E81-C, no.3, pp.408-415,1998.
- (5) 長瀬他,信学論文誌C-II, vol. J79-C-II, no. 11, pp. 641-648, 1996.
- (6) R. Nagase et al, Trans. IEICE, vol. E96-C, no. 9, pp.1173-1177, 2013.

著者略歴：

1985年東北大学大学院工学研究科精密工学専攻修士課程修了、同年日本電信電話(株)入社。NTT研究所において光コネクタの研究開発に従事。1998年博士(工学)(東北大学)。1998年NTTコミュニケーションズ(株)国際事業部、2000年NTT研究所において光接続および光配線技術の研究開発に従事。2009年千葉工業大学工学部教授(現在に至る)。2008年~2010年機構デバイス研究専門委員長。現在IEC TC86/SC86B国内委員会主査。1992年学術奨励賞、2005年関東地方発明表彰、2006年精密工学会技術賞、2011年IEC 1906 Award等受賞。



【寄稿】（新フェロー）

「本格的な光集積回路の実現を目指して」



山田 博仁（東北大学）

このたび、電子情報通信学会から「シリコン細線光導波路素子の先駆的研究」によりフェロー称号を賜り、大変光栄に存じます。ご推薦をいただきました方々、これまでご指導を賜りました先生方、諸先輩方に深く感謝します。

大学の卒業研究で、半導体レーザの動作原理に魅せられ、大学院の修士・博士課程では、その半導体レーザなどの光デバイスを集積化するための半導体微細加工プロセスや、面出射型半導体レーザの研究によって学位を取得しました。NECに入社後も光デバイス、主に通信用半導体レーザの研究開発に携わってきました。NECでの後半生は、フォトニック結晶やシリコン細線光導波路デバイスなど、より先進的な光デバイスの研究にも携わることとなりました。そして、約10年前に大学に戻ってきてからは、主にシリコン微細光導波路による光集積化デバイスの教育・研究に携わっております。

学生時代の研究から企業での仕事を通じて、そして再び大学に戻ってきてからの研究・教育でも一貫していたのは、光集積回路の実現に向けた研究だったと言えます。

光集積回路の概念自体は古くからあり、電子デバイスの集積回路とほぼ同時期の1960年代には着想されておりました。しかし、電子デバイスの集積化技術が、その後ムーアの法則に従って過去半世紀の間、ICからLSIへと大規模化して行ったのに比べると、光集積回路は、素子数でも機能面でも未だ小規模の集積化に留まっております。

その理由として挙げられるのは、電子デバイスの場合は、TrやFET等のアクティブ素子から抵抗やキャパシタ等のパッシブ素子まで、シリコンウエハ上に同一の製造プロセスによって形成することが可能ですが、光デバイスを集積化する場合、LDやLED等の発光素子は、GaAsやInP等の直接遷移型の化合物半導体を用いる必要があります、シリコンに比べて化合物半導体ウエハはサイズの大型化が難しく、また化合物半導体プロセスはシリコンに比べると制御性に難がありました。化合物半導体基板による集積回路は、電子デバイスでも検討されてきたが、シリコン基板上での集積回路に比べると小規模なものに留まっております。

シリコンをベースとした近赤外域で動作する所謂SOI光導波路素子は、80年代後半から、R. A. Sorefらによって

研究されてきましたが、90年代後半に、シリコンからなる極微細コアをシリカやエアによってクラディングするHigh- Δ シリコン光導波路の概念が、MITのL.C Kimerling教授や和田一実教授らによって提唱されたことにより、シリコン細線光導波路による通信用高密度光集積回路の実現可能性が見えてきました。この場合勿論、発光素子はシリコンでは実現困難なので、マトリクス光スイッチ等のパッシブ光素子のみによって構成される光集積回路です。

当時私はNECでフォトニック結晶素子の研究を行っておりましたが、その研究で用いていた電磁界解析のツールを用いて計算してみると、従来からある石英系の光回路(PLC)に比べてシリコン細線光導波路による光回路は、面積比で1/1,000以下の大幅な小型化が可能であることが分かりました。フォトニック結晶素子もそうですが、個々の光導波路素子のサイズを大幅に小型できるHigh- Δ のシリコン細線光導波路に、光集積化の新たな可能性を感じて、私も研究を開始しました。

最初に試みたのはSOIウエハ上にシリコン細線光導波路パターンをEB露光により描画し、そこに波長1.55 μm の光を通して見て、ちゃんと導波されるかどうかを確認することでした。極微小なコアに光を入射させるのは容易ではありませんが、フォトニック結晶スラブ導波路を扱っていたため、比較的簡単に導波路に光入射させることができました。小さな渦巻状のテストパターンを光が通って反対側の端面からちゃんと光が出てきたことを確認した時は、少なからず感動しました。

それからはさらに、Y分岐や方向性結合器、光合分波器など、単純な機能の光導波路素子も試作し、設計通りに動作することを確認していきました。

シリコン細線光導波路素子による大規模な光集積回路の実現に向けて、最初に着目したのは熱光学(TO)効果による光スイッチでした。シリコンの熱光学定数はシリカに比べて約1桁大きいことが分かっておりましたので、シリコン細線光導波路によってTO光スイッチを構成すれば、大幅な小型化が可能になると思います、MZ型の光スイッチ素子を試作してみました。実際にシリカ系光導波路によるTO光スイッチに比べて、電極パッド部分を除けば、面積比で

2桁以上の小型化が可能であることを実証し、そればかりでなく、スイッチ動作に必要な電力は 1/10 以下にできることも確認しました。さらに、スイッチ動作の応答速度はマイクロ秒オーダーで、TO 効果による動作としては比較的速い動作が得られる点も意外な発見でした。従って、シリコン細線光導波路による TO 光スイッチ素子を複数集積化することにより、1×N マトリクス光スイッチを数 mm 角の超小型のチップに実現できることも実証しました。

このようにシリコン細線光導波路を用いれば、様々な光デバイスを超小型に実現できることが分かった訳ですが、その反面、シリコンコアへの強い光閉じ込めによる悪影響も懸念されました。その一つが非線形光学効果であり、シリコン細線光導波路にモード同期半導体レーザからの数 W 級の高いピーク強度の超短光パルスを入射されてその挙動を観測してみたところ、やはり二光子吸収や自己位相変調の効果が顕著に表れ、強度の強い光を入射させる場合に問題となることも分かりました。しかし、テレコム用或いはデータコム用として通常用いられる光出力レベルにおいては、それらの効果はそれほど問題とはなりません。

2006 年 7 月に、縁あって私は出身大学に戻ることとなりましたが、大学でもシリコン細線光導波路素子による本格的な光集積回路の実現を、研究と教育目標に掲げることにしました。これまでにリング共振器波長フィルターによる波長可変レーザや、グレーティングカップラ、光スイッチなど、光集積回路を構成するためのシリコン光デバイスの研究を学生や教員仲間と行ってきました。途中、東日本大震

災などもありましたが、大学での研究生活も早いもので 10 年が経過しました。

世の中では、CMOS プロセスに準拠した製法で作製可能なシリコン光導波路デバイスは、合分波器やシリコンによる高速の光変調器など、シリコンフォトニクスとして、既に様々な機能を有する光集積回路を実現できるようになりました。ウエハ上に Ge や SiGe を結晶成長することにより、受光素子も形成できるようになり、さらにウエハ張り合わせやフリップチップ実装により、LD などの発光素子も搭載できるようになったことで、実現可能な機能の幅も広がりつつあります。現時点では未だ、電子デバイスの LSI には及びませんが、数千から数万個の光素子を集積化する本格的な光集積回路が実現される日もそう遠くはないと確信しております。

本格的な光集積回路の実現に向けた研究は未だ道半ばですが、残りの研究生活もそれに捧げたいと考えております。今後とも、ご指導ご鞭撻のほど、どうぞよろしくお願い致します。

著者略歴：

東北大学 大学院工学研究科 通信工学専攻 教授。1981 年 金沢大学 工学部電子工学科卒。1987 年 東北大学 工学研究科 博士課程修了。同年日本電気(株)入社。以来、通信用長波長半導体レーザ、フォトリソ結晶デバイス、シリコン光導波路デバイス等の研究に従事。2016 年より東北大学で現在に至る。



【特別寄稿】

「アレイ導波路回折格子の研究を振り返って」

和文論文誌 C 分冊編集委員会委員長

高橋 浩 (上智大学)



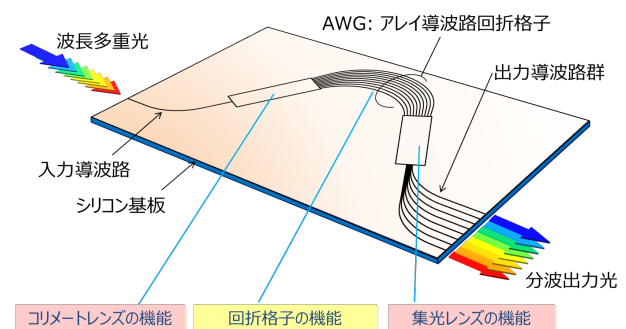
筆者は 29 年にわたり光導波路およびそれを用いた光回路、またその応用先である光ファイバ通信の研究開発に従事してきた。幸運にも以前所属していた NTT 研究所の諸先輩方の指導、充実した研究環境、活発な議論や苦勞を共にしてくれた同僚や後輩に恵まれ、アレイ導波路回折格子 (arrayed waveguide grating: AWG) 型の波長フィルタ、光スイッチ、コヒーレント受信復調回路などの誘電体光導波路デバイスの実用化に携わることができた。インターネットを支えている世界中の光通信システムの中に自分がかかわったデバイスが使われていて、研究者冥利に尽きる。また、本会と IEEE のフェローの称号や、文部科学大臣賞、前島密賞、全国発明協会通産大臣賞、本会の業績賞、エレクトロニクスソサイエティ賞、英国 Rank 財団の Rank 賞など数々の賞をいただき、自分を育ててくれた関係者の方々に感謝しきれない思いでいっぱいである。今回、寄稿の機会を頂いたので、過去の研究を振り返りながら、(有難迷惑な話かもしれないが) 研究がうまく行くとこんなに素晴らしいことがあると若手研究者にエールを送りたく、筆を取らせていただくことになった。

学生時代は東北大学の中鉢憲賢・榎引淳一両先生の指導で誘電体結晶表面を伝搬する弾性表面波を使って結晶を評価する研究を行っていた。表面波速度を自動計測し、多量のデータから弾性率テンソルを逆計算で求めるため、波動の勉強だけでなく PC を用いた測定系の制御やデータ処理、数値計算のため UNIX マシン上での FROTRAN プログラムと格闘したが、予定していた成果は出せず 7 割くらいの完成度で修士課程を終えてしまった。ただし、苦勞して大きなプログラムを作ったのでプログラムの効率的な書き方や数値計算の基礎を体で覚えることができたので、今それが役に立っている。最近の学生は市販シミュレータを使って効率よく研究を進められるが、出てきた結果はスプリアス解ではないのか？、計算精度は十分なのか？など、確認しながら進めているのか少々心配である。

縁あって波動および誘電体との付き合いは継続し、就職した NTT 研究所で石英ガラス光導波路の研究をさせてもらった。入所早々上司である西功雄さんに導波路群を使った多光束干渉計で透過型回折格子と同じ機能が実現でき

そうだから研究してはどうかと提案され、AWG の研究を開始した。大学時代の研究で超音波を誘電体サンプルに照射するために音波のレンズを使っていたのだが、その基礎知識としてゼミで J. W. Goodman の Introduction to Fourier Optics を読んでいたので、AWG の設計理論を定式化するのに大変役に立った。超音波の研究室でなぜ光学を勉強しなくてはならないのかと思っていたが、研究者になって大学時代の基礎の大切さを実感した。なお、この教科書は 2 度改版され、第 3 版では私の名前を挙げて AWG の紹介が追加されており、おとなげない理由で恐縮だが大変感動している。

さて、下図の通り AWG 型波長フィルタは入力光をスラブ導波路で回折させて長さの異なる数百本の導波路群に導き、そこを伝搬後、レンズの役割を持つ出力側スラブ導



AWG 型波長フィルタの構成と動作

波路で集光させる。光学構成はモノクロメータと同じであり、集光位置が波長によって異なるので波長フィルタとして利用できる。モノクロメータとの違いは導波路技術で作製されるため小型 (数 cm 角) で量産性に優れること、そして通常の回折格子では実現が難しい高い次数を使えるため波長分解能が高い点あげられる。そのため、波長間隔が 1nm 以下の高密度の波長分割多重 (wavelength division multiplexing: WDM) 伝送システムにおいて、波長多重光を分離するための波長フィルタとして用いられている。

多光束干渉が設計通りに動作するためには、導波路長の誤差は目安として波長の 1/100 以下 (すなわち、10nm 以下) であることが求められる。AWG はブーメランの形をしており、導波路長の所望値から逆算して曲げ部分の半径

と開き角を設計する必要があるが、逆関数は解析的に求められないため、導波路1本ごとにニュートン法を使って数値解を求め位置と長さを決定してゆく。この方法も大学時代に行っていたのですんなり導入できた。

どうせコンピュータを使うのだから座標計算だけでなく光回路全体をすべてプログラムで記述してしまう方法を取ることにし、また導波路の位置座標をそのままフォトマスクメーカーの描画機が理解できるデータに変換するためのライブラリの構築なども自前で行った。この仕事は、AWGを1つだけ設計するだけならそれほど必要性は高くなく、当初AWG設計プログラムの完成度を上げることは社内ではあまり歓迎されていなかった(高橋の趣味と思われていた)。しかし、研究が進み部署全体で開発する時に大変役に立った。プログラムを読めば他の研究者でもAWGの設計が簡単にできるし、何よりも、特性(例えば透過波長など)が少しだけ違うAWGが必要な時に、初期設定値を書き換えてプログラムを走らせれば瞬時に設計が終わるので、開発に要する時間を短縮できる。プログラムによる光回路設計法はその後汎用性を持つように同僚の皆さんによって改良・発展され、マッハツェンダー干渉計を多数集積した大規模光スイッチなどほとんどの光回路デバイスで使われている。

しばしば「同じようなことを考える人は世界に3人いる」と言われるようにAWGの初期の研究では、オランダのDelft工大(現在はEindhoven工大)のSmit先生、ベル研のDragone氏、と高橋が競争していた。導波路群による回折/分光の可能性を最初に提案したのがSmit先生で、Dragone氏は複数入力ポートの周回性利用などの提唱をした。高橋は、波長多重通信で使える特性を最初に実現・報告するとともに、一般の回折格子の理論を拡張してAWGの設計理論を確立した。AWGの研究を始める以前、Smit先生とDragone氏はマイクロ波、高橋は超音波の研究をしており、3人ともバックグラウンドは光導波路ではなかった点は興味深い。異分野からの参入が新しい研究の端緒となるのかもしれない。

研究を始めた1988年ごろは、現在とは異なりIPパケットのトラフィックは少なくWDMは本当に必要なのかという懐疑的な意見もあったが、偏波依存性解消方法、信頼性確認など実用化へ向けた開発が進むのと同時に、一般ユーザーがインターネットを使いはじめ、トラフィックが徐々に増え始めた。シーズとニーズの時期が一致して90年代半ばからAWGの本格的な開発が始まった。NTT研究所では子会社のNTTエレクトロニクスへ研究者を外向させ、

関係者が一丸となって開発を進めた。私もその中の一人であり、開発の他に技術営業も担当し北米の通信装置メーカーに対して製品説明、仕様交渉、試作品の特性説明などを行った。売り込みに行った大半の会社はITバブル崩壊時に消滅し私の努力の大半は無駄になってしまったが、当時シェアNo.1のメーカーに採用され実際のWDM伝送装置に導入されたこと、そしてペアを組んでいた商社の人と一緒に飛行機とレンタカーであちこちを旅したのは良い思い出となっている。また、大きな通信システムの中のたった1つの光学部品を納めるだけでも多くの人の労力が必要であり、ものづくりの大切さを身に染みて感じる事ができた。

当時AWGの製造を行う会社は世界に10社以上あったが、我々が常に先頭を走っていた。これもひとえにチームワークの賜物である。20名以上の研究者がプロジェクトチームを作って多くの開発課題を分担した。特性劣化原因の解明や仕様を満たすために損失を0.3dB減らすような重箱の隅をつつく検討であり論文など書けない。それでも、皆が文句を言わずに(痴愚は言ったが・・)続けられたのは、大会社にしては珍しく少人数の組織(私の同期入社の人5人)で、かつ茨城県東海村という田舎にあった研究所ゆえ、連携する雰囲気職場にあったためである。加えて、多くの先輩研究者が築いたノウハウの蓄積があった。石英ガラス光導波路の研究を始めてその後全体の指揮を執った河内正夫さん、導波路作製プロセスをまとめていた大森保治さん、光ファイバや導波路の理論の大家で先頭を切って新しい光回路設計を行った岡本勝就さんなど枚挙に暇がない。また、年の近いところでは導波路作製や光学実験の指導してくれた鈴木扇太さん、温度無依存化法を考案した井上靖之さんなど数多くの同僚やNTTエレクトロニクスの若手技術者とのチームワークのおかげでもある。

CMOSのLSIのように集積度に関心が集まりがちだが、アナログ回路である光集積回路の最大の特徴は、フォトリソグラフィにより光導波路をナノメートルの位置精度で配置でき所望の干渉動作が実現できることにある。この特徴はAWGだけでなく、コヒーレント受信用の復調光回路などでも生かされている。今後、若手研究者の努力により研究がさらに活発になり、光回路技術が光通信だけでなくその他の分野にも応用されることを期待する。

著者略歴:

1988年東北大学大学院博士前期課程修了、同年NTT研究所入所。以来、光導波路、光回路、光ファイバ通信の研究に従事。2013年より上智大学理工学部。本会およびIEEEフェロー。



【論文誌技術解説】

和文論文誌 C「エレクトロニクス分野におけるシミュレーション技術の進展」特集号によせて (ゲストエディタ)



平田 晃正 (名古屋工業大学)

近年、電磁界、電気回路のシミュレーション技術は、デジタル信号伝送、機械/化学/熱などとの複合物理シミュレーション技術と有機的に連成し、より現実的な問題を取り扱えるようになってきている。グリッドによる並列計算あるいはハードウェア技術の進展と相まって、現実的な時間内で多くの問題を計算機で予測でき、ゆえにその応用も多岐にわたるようになってきた。このため、エレクトロニクス分野におけるシミュレーション技術は、物理現象の理解、デバイス設計、さらにはその最適化になくはならないものとなりつつある。これらの技術が独創的なアイデアを容易に検証し、付加価値の高い成果へと効率よく結実させる、最適化による自動設計を可能にするなど、少子高齢化が進む我が国においてその重要性は益々高まっていくであろう。

本ソサイエティにおいて関心が持たれるシミュレーション技術は多種多様であるが、類似点も多く、シミュレーション技術に軸足を置く研究者の論文を一斉に配信することができれば、我が国の研究開発のより一層の発展に寄与できるものと期待される。このような背景のもと、和文論文誌において本特集を企画するに至り、今回で5回目を数える。今回の特集では、厳正な査読プロセスに基づき編集委員会が審議した結果、論文 6 編、ショートノート 3 編の採録となった。これに招待論文 1 編を加えた計 10 編が掲載されている。

招待論文の執筆は、2014 年本会フェローになられた黒田道子先生にご執筆いただいた。電磁界と運動系のマルチフィジクスシミュレーション技術に関するテーマを取り上げ、MEMS への応用など本ソサイエティの技術分野を横断的に扱う内容を平易に書いていただいた。

一般論文もいずれも興味深い内容となっており、詳細は以下の通りである。解析における精度担保のための基礎的な論文からシミュレーションによる最適化、デバイス開発まで多岐に及ぶ。「部分領域反復解法に擬似 4 倍精度を用いた full-wave 電磁界解析」では、部分領域反復解法に擬似 4 倍精度を用いることで解析精度の向上を目指したものであり、様々な分野への応用が期待される。「GaN オン

Si 基板の電極パッドインピーダンスの等価回路モデル」、「等価回路モデルによる薄い導体シールドを実装した差動伝送 FPC の伝送特性の評価」は、電磁界解析による知見を回路論的に扱う、電磁界と回路の複合的な内容であり、産業応用などの際に応用が期待できる。「ラット脳局所ばく露マルチフィジクス解析の高精度化」、「太陽光および暑熱同時ばく露に対する熱中症リスク評価シミュレータの開発」は、電磁界と熱の複合解析の高速化さらには応用事例である。さらに、「関数展開法に基づくトポロジー最適化による偏波分離素子の設計」、「感度解析に基づく少数モードファイバの最適設計に関する検討」では、光伝送路あるいは素子の効率的な最適化手法の提案、その実装例を示すものであり、今後、設計の自動化やそれ以外の分野への貢献が期待できる。「VHF 帯空港面電磁界解析手法の提案」では、空港という広大な領域における電波伝搬を複合的な手法により高精度に推定可能とするものである。「試料槽を設けたテラヘルツ SPR 導波路型センサの FDTD 解析」では、電磁界解析によるデバイスの設計例を示すものであり、シミュレーション技術の一層の展開が期待できる。

最後に、本特集を発行するにあたり、ご投稿頂いた方々、論文査読にご協力頂いた査読委員の方々、企画および編集にご尽力頂いた編集委員各位、並びに事務局の皆様方に深謝の意を表す。この特集が今後も継続的に実施され、技術立国日本の将来に資することを期待している。

著者略歴：

1996 年阪大・通信卒。2000 年同大学院博士後期課程了。博士(工学)。1999 年より日本学術振興会特別研究員、2001 年大阪大学大学院工学研究科助手。2005 年名古屋工業大学大学院助教授、現在教授。生体電磁気学、計算電磁気学などの研究に従事。2011 年、2014 年文部科学大臣表彰科学技術賞、2015 年 IEEE EMC-S 業績賞、2016 年ドコモ・モバイルサイエンス賞など受賞。IEEE および英国物理学会 Fellow。国際非電離放射線防護委員会主委員会委員、IEEE ICES 理事、などを務める。



【論文誌技術解説】

英文論文誌小特集号「Special Section on Solid-State Circuit Design - Architecture, Circuit, Device and Design Methodology」の発刊によせて (ゲストエディタ 小特集号編集委員会)

上口 光 (信州大学)



「モノのインターネット (Internet of Things, IoT)」という言葉が世間を賑わせており、近年のビジネスや日常生活に至るまで多大なインパクトを与えています。スマートホン、タブレット、時計を始めとする何十億個もの IoT デバイスがクラウドネットワークに接続される時代です。多種多様なエッジデバイスから得られる膨大な情報=ビッグデータを如何に上手に処理するか、というのが IoT 時代の重要な課題になっています。ビッグデータを有効に、且つ、遅延なく活用するためには、ユーザーに近いエッジデバイスである程度の情報処理を行う、いわゆるエッジコンピューティングが重要になります。処理を分散し、通信や、クラウドのデータセンターサーバーの負荷を低減することが必須技術となります。集積回路は、エッジデバイス、クラウドデータセンター双方のハードウェアを構成する中核技術ですので、より省エネルギーで且つディペンダブルな新しい集積回路設計技術が囑望されています。

このような背景のもと、集積回路研究専門委員会 (ICD) では、集積回路設計技術に関する VLSI アーキテクチャ、3次元チップ、SoC、メモリ回路、ディジタル回路、インタフェース回路、アナログ回路、低消費電力技術、設計技術、実装技術を主な対象分野とする英文論文誌小特集号として、「Special Section on Solid-State Circuit Design - Architecture, Circuit, Device and Design Methodology」を毎年4月に発行しています。

今回の特集号では、投稿論文の中から、編集委員会の厳正な審査により採択された卓越した論文7件(レギュラーペーパー 5件、ブリーフペーパー 2件)が掲載されます。

1件目の論文は、高効率な環境発電のために、グリッチのないプログラマブルな電圧検出回路を低電力で実現しています。回路試作、及び、実測により、温度依存性のほとんどない回路を 248 pW@1.0V の低消費電力で実現しています。2件目の論文では、対数圧縮を用いることで、A/D変換器のダイナミックレンジを広げる手法について議論しています。3件目の論文では、圧電薄膜共振器を用いた電圧制御発振器の設計事例を紹介しています。クロスカップル型発振器を用いることで、低い位相雑音を実現できることを実測結果とともに示しています。またもう一つの発振器に関する論文では、位相同期回路の位相雑音を正確に再現できるリング発振器のシミュレーションモデルを提

案しています。次の論文では、ストレージクラスメモリ (SCM) と NAND 型フラッシュメモリをハイブリッド構造にしたストレージドライブについて議論し、メモリ/ストレージの2つの異なる型の SCM をどう織り交ぜるかという課題に対する設計指針を示しています。6件目の論文は、FPGA に関する論文です。提案手法を用いることでソフトエラー耐性を高め、信頼性の高い FPGA を実現しています。最後の論文では、CORDIC の構成方法として、新しいアーキテクチャを提案しています。並列パイプラインを用いることで、低遅延で且つ低電力な回路を実現しています。

いずれの論文も集積回路設計の新たな知見を含む魅力的な内容となっておりますので、集積回路技術に関わる研究者、開発者のみならず、関連技術を研究、応用される皆様に本特集号を広くご覧いただき、今後の研究開発の発展にお役立ていただくことを期待します。

本特集号のために貴重な最先端技術の成果をご投稿いただいた著者の皆様、それらの論文を注意深く査読いただいた査読委員の皆様にご心より感謝を申し上げます。

編集にあたっては、委員長の広島大学藤島教授をはじめ、集積回路研究専門委員会 (ICD) の皆さまに多大なるご協力をいただきました。最後に、編集のために多大なご貢献を賜った下記編集委員各位にご心より感謝を申し上げます。

小特集編集委員会 (敬称略)

委員長：藤島実 (広島大)

幹事：上口光 (信州大)

委員 (50音順)：飯塚 哲也 (東大)、岩崎 裕江 (NTT)、小泉 弘 (NTT)、中島 雅逸 (ソシオネクスト)、範 公可 (電通大)、松岡 俊匡 (阪大)、吉田 毅 (広島大)、渡邊 大輔 (アドバンテスト)

著者略歴：

2002年広島大学工学部卒。2004年広島大学大学院先端物質科学研究科博士課程前期(修士)修了、2007年同博士課程後期修了。博士(工学)。同年、広島大学研究員、特任助教を経て、2010年より東京大学特任研究員、2012年より中央大学機構助教を歴任。2014年より信州大学工学部准教授。メモリシステム、計算機アーキテクチャ、トランジスタモデリング、高耐圧集積回路の設計とパッケージに関する研究に従事。



【論文誌技術解説】

英文論文誌 C 小特集「Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices」発行に寄せて (2017年5月号) (ゲストエディタ)



國清 辰也 (ルネサス エレクトロニクス)

シリコン材料・デバイス研究専門委員会 (SDM 研) が企画・運営している研究会では、シリコンに限らず、GaAs、SiC、GaN 等の化合物半導体からダイヤモンドや二次元材料に至るまでの幅広い材料やデバイスが取り上げられ、デバイスはもちろんのこと、さまざまな物質の基礎物性に関する研究発表があり、広い領域をカバーしています。

こうした基盤技術としてのシリコン材料・デバイス分野の大きな変化および発展を受けて、SDM 研では、本分野における最新の研究成果を広く世界に発信していく目的で Asia Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD) を 1993 年から日本と韓国で交互に開催しています。昨年 (2016 年) は、7 月 4 日から 6 日にかけて、ED 研 (電子デバイス研究専門委員会) と合同で AWAD2016 が北海道の函館市で開催されました。今年で 24 回目になります。論文数の内訳は、プレナリ 3 件、招待講演 20 件、オーラル 55 件、ポスター 43 件で、計 121 件でした。国別内訳は韓国(64)、日本(49)、台湾(4)、ベトナム(2)、シンガポール(1)、ドイツ(1)でした。

このような背景の下、AWAD2016 の研究成果を中心とする小特集を 2017 年 5 月号に掲載しました。今回の小特集には、多数の投稿論文の査読結果に基づく小特集編集委員会での厳正な審議の結果、最終的に 12 件の論文が採録されました。以下、掲載順に、論文の概要を紹介します。

1 件目の論文では、ロバストな Q バンドを具えた InP と GaN-HEMT による低ノイズアンプに関する実験結果を報告しています。2 件目の論文では、Verilog-A を用いた 0.25 μ m InGaP pHEMT トランジスタの EEHEMT RF ノイズについて改良モデルを提案しています。3 件目の論文では、Bow-Tie アンテナと集積した共鳴トンネルダイオードにおける緩和振動の解析結果を報告しています。4 件目の論文では、SiC パワーデバイスのためのエピタキシャル JTE (Junction Termination Extension) について議論しています。5 件目の論文では、ドレイン側を分離したシリコン制御整流子 (SCR) による高圧パワー p 型 LDMOS トランジスタにおいて、高い ESD 耐性を実現する設計について議論しています。6 件目の論文では、二硫化ハフニウム電界効果トラ

ンジスタを真空中で熱処理し、膜で被覆することにより、大気下での劣化を抑制する実験結果を報告しています。7 件目の論文では、パラジウム/イッテルビウム/シリコン (100) 面の積層構造から形成された、n 型シリコンに対する低いショットキー障壁をもつパラジウム-イッテルビウム・シリサイドについて議論されています。8 件目の論文では、ペンタセンをベースにした有機電界効果トランジスタのデバイス特性に対して窒素ドーパした六ホウ化ランタン界面層が与える影響について、実験結果を報告しています。9 件目の論文では、アモルファス酸化シリコン膜へのチタン・ナノドットの組み込みが、抵抗スイッチ動作に与える影響について議論しています。10 件目の論文では、Pt/TiO_{2-x}/TiO₂/TiO_{2+x}/Pt ナノフィルムで構成されるメモリスタの作製工程と電気的な特性について、実験結果を報告しています。11 件目の論文では、p 型シリコン、ゲルマニウム、シリコン・ゲルマニウム混晶におけるゼーベック係数へのフォノン・ドラッグの影響を議論しています。最後の 12 件目の論文では、径がサブミクロンの大きさの断面積をもつ共ドーパされたシリコンにおけるゼーベック係数へのフォノン・ドラッグの影響を議論しています。関連分野における研究開発や学生・若手研究者の方々の向学のお役に立てれば、幸いです。

本小特集の発行にあたっては、編集幹事ならびに編集委員に加えて、多数の査読委員の方々にご尽力を頂きました。ご多忙中のところ、編集・査読にご協力を頂いた皆様に厚く御礼を申し上げます。特に、編集幹事である静岡大学・池田浩也先生と新日本無線 (株)・新井学博士の献身的なご協力無くしては、本小特集を纏めることは困難でした。この紙面を借りて重ねて御礼を申し上げます。

著者略歴:

1988 年 3 月東京大学工学部電子工学科卒業、1988 年 4 月三菱電機株式会社に入社、2003 年 4 月株式会社 ルネサス テクノロジーに承継転籍。2010 年 4 月からルネサス エレクトロニクス株式会社に勤務。応用物理学会会員。IEEE EDS Senior member。専門は半導体プロセス・デバイスのモデリングとシミュレーション。



【論文誌技術解説】

英文論文誌 C 小特集「Special Section on Analog Circuits and Their Application Technologies」の発刊によせて (ゲストエディタ)



榊井 昇一 (富士通研究所)

500 億個以上のセンサがインターネットに接続され、センサから提供されるデータが、機械学習によってデータ解析され、人の知的生産活動を支援する予測・推奨が行われる IoT (Internet of Things) のコンセプトは、現在の情報通信技術の基幹となっている。IoT は、2025 年に 200 兆円以上の関連市場を形成すると予測されており、増幅器やフィルタ、AD 変換器などで構成されるセンシング回路や有線・無線通信を担うトランシーバなどを製品とするアナログ集積回路市場にも大きな成長が期待されている。

一方で、IoT のようなシステムの商品化には、PoC (Proof of Concept) や PoB (Proof of Business) といった実証実験ステップを踏むため、短 TAT (Turn Around Time) での開発は必須となり、オフザシェルフ製品を組み合わせて高速・高精度・低消費電力システムを設計するアプローチも改めて見直されるべきと考える。こうした状況の変化を背景に、昨年まで「Analog Circuits and Related SoC Integration」であった小特集のタイトルを、本年から「Analog Circuits and Their Application Technologies」と変更し、アプリケーションの立場から要求されるさまざまな設計手法を許容し、これまでよりもより広い観点からの投稿を呼びかけた。

本小特集では、2 件の招待論文と 10 件の一般投稿論文で構成されている。最初の招待論文は、Holst Centre/imec の Xiaoyan Wang 氏に“The design challenges of IoT: from system technologies to ultra-low power circuit”と題して、IoT がもたらす経済・社会の変革から IoT システムモデル、集積回路設計における課題に言及いただき、実際のケース・スタディとして、マルチスタンダード対応の超低消費電力無線トランシーバの設計・評価について解説していただいた。もう 1 件の招待論文は、奈良先端大の太田淳教授より“Stimulator design of retinal prosthesis”と題して、人工網膜用 2 次元電気刺激システムの紹介と、多数の電極を埋め込むことができる CMOS ベースの電極アレイや実際の電気刺激回路について解説していただいた。

10 件の一般投稿論文のうち 7 件は Regular Paper で、無線 SoC 用クロック生成回路、広帯域電流モード・ローパ

スフィルタ、デルタシグマ型 Time-to-Digital 変換器、広帯域 Voltage-to-Time 変換器、20GHz プッシュ・プッシュ型 VCO、AD 変換器高速テスト手法、オフザシェルフ製品による太陽電池駆動のビーコン設計についてまとめられている。残りの 3 件は Brief Paper で、いずれもバイオエレクトロニクスを応用とし、CMOS センサや CMOS チップ上の電気泳動法についての発表となっている。

本小特集に論文をご投稿頂いた方々に謝意を表します。査読委員や編集委員の方々には本小特集を優れたものにするため多くの議論をして頂き、特に、幹事の新津先生と上野様には、企画から発刊までの多面でご尽力頂いた。発刊に関わった方々に深く感謝します。

小特集編集委員会 (敬称略)

ゲストエディタ: 榊井 昇一 (富士通研)

幹事: 新津葵一 (名大)、上野武司 (東芝)

委員: 秋田一平 (豊橋技科大)、伊藤正雄 (ルネサスシステムデザイン)、岡田健一 (東工大)、佐藤隆英 (山梨大)、傘昊 (東京都大)、滝波浩二 (パナソニック)、谷本洋 (北見工大)、中村宝弘 (日立)、廣瀬哲也 (神戸大)、藤本竜一 (東芝)、松浦達治 (東京理科大)、美濃谷直志 (NTTテレコン)、宮原正也 (東工大)、武藤浩二 (長崎大)、安富啓太 (静岡大)、吉村隆治 (ローム)、李寧 (中大)

著者略歴:

1982 年名古屋大学工学部電気工学科卒業、1984 年同大学院工学研究科博士前期過程修了、2006 年東京工業大学大学院総合理工学研究科電子機能システム専攻博士 (工学)。新日本製鐵、富士通研究所などを経て、2007 年から 2012 年まで東北大学電気通信研究所教授。現在は、富士通研究所に所属。これまで、強誘電体メモリなどの不揮発メモリや RFID、スマートカードなどの応用製品、超低消費電力無線トランシーバなどの研究開発に従事。スタンフォード大学、トロント大学客員研究員。2004 年文部科学大臣表彰研究功績者。IEEE Trans. VLSI Associate Editorなどを歴任。



【報告】

「平成 28 年度（第 3 回）エレクトロニクスソサイエティ優秀学生 修了表彰」 （企画広報幹事）



枚田 明彦（千葉工業大学）

エレクトロニクスソサイエティ優秀学生修了表彰は、エレクトロニクスソサイエティ会員数が多い等、エレクトロニクスソサイエティへの貢献を認められる大学専攻もしくは専攻に相当する部門に所属し、且つ当該年度に大学院修士課程を優秀な成績で修了し、将来エレクトロニクス分野への貢献が期待される学生を選定して表彰するものです。受賞者には、表彰盾および賞金 15,000 円が贈られます。

選定に関する規定は、下記のホームページからご覧になります。

エレクトロニクスソサイエティ選奨規程

<http://www.ieice.org/es/jpn/secretariat/kitei2.php>

平成 28 年度は、2016 年 10 月 15 日～12 月 20 日の期間に公募を実施し、9 件の応募がありました。9 件の応募に

対して審査を実施し、2017 年 1 月 12 日の執行委員会で、全 9 件の採択が承認されました。選定された大学に、優秀学生修了表彰対象学生の選定を依頼し、報告された右記の学生 9 名をエレクトロニクスソサイエティ優秀学生修了表彰の受賞者としました。

平成 29 年度も 10 月にエレクトロニクスソサイエティ優秀学生修了表彰の公募を実施する予定です。ふるってのご応募をよろしく願いたします。

著者略歴：

1992 年東大理学系大学院修士課程了、同年日本電信電話（株）入社。以来、ミリ波無線、ミリ波回路の研究に従事。2016 年千葉工業大学 工学部 情報通信システム工学科 教授。博士（工学）。2007 年度業績賞、2011 年度文部科学大臣賞受賞。

平成 28 年度（第 3 回）エレクトロニクスソサイエティ優秀学生修了表彰受賞者一覧

大学	研究科/専攻等	専攻/コース/専修等	表彰対象学生のお名前
東京工業大学	大学院 総合理工学研究科	物理電子システム創造専攻	笠木 浩平
早稲田大学	大学院 基幹理工学研究科	電子物理システム学専攻	木村 優一
東京大学	大学院 工学系研究科	電気系工学専攻 融合情報コース	許 蹊
東京大学	大学院 工学系研究科	電気系工学専攻 電気電子コース	小松 憲人
東京工業大学	大学院 理工学研究科	電気電子工学専攻	早川 達也
慶應義塾大学	大学院 理工学研究科	総合デザイン工学専攻 電気電子工学専修	鈴木 敬和
日本大学	大学院 理工学研究科	電気工学専攻	岸田 航
豊橋技術科学大学	大学院 工学研究科	電気・電子情報工学専攻	阿部 晋士
東京工業大学	大学院 理工学研究科	電子物理工学専攻	Tang Dexian

【報告】

「エレクトロニクスシミュレーション研究専門委員会 (EST) 活動報告」
(エレクトロニクスシミュレーション研究専門委員会 委員長)

木村 秀明 (日本電信電話株式会社)



2011年に常設研究専門委員会として活動を開始したエレクトロニクスシミュレーション研究専門委員会 (Electronics Simulation Technology: EST) は、産学界への貢献を図るべくシミュレーション技術をベースとした活動を行っています。本報告では、2016年度 EST 研活動振り返りと今後の技術開発方向性について簡単に紹介します。

現在、計算機性能向上とともに進化・発展を遂げてきたシミュレーション技術は、デバイス設計のみでなくモジュール、システム設計・検証等に幅広く利用されています。

シミュレーション技術へのニーズ・期待が高まる中、2016年度 EST 研では電子情報通信学会および電気学会に属する関連研究専門委員会との連携を強化、学会、研究会における各種セッション、和文・英文論文特集号等様々な企画を立案・実行、関連技術者間の議論による情報共有等を図ることで本技術分野活性化に貢献するとともに実習型講習会 (GPU コンピューティング) を開催、将来を担う技術者育成に向けた活動も実施してきました (表1)。

今後、シミュレーション技術はさらなる計算機性能向上、効率的計算アルゴリズム等の技術確立により適用領域および役割を順次拡大、変更していくと考えています (図1)。産業界においては、設計者の「サポータ」から AI 連携による自動設計「ツール」へと、教育界においては、可視化技術連携により各種物理現象の「原理原則」を理解させることができる教育「ツール」としての役割が期待されます。

また、人間行動学等異分野連携による新たなビジネスモデル、技術創出を担う「クリエイタ」として産業活性化、地方創生等社会活性化に貢献できると考えています。

表1 平成28年度 EST 研活動状況

(a) 全国大会 (ソサイエティ大会、総合大会)

開催月	テーマ	開催区分	講演数	会場
9	シンポジウム: コンピュータアーキテクチャを考慮したシミュレーション技術の最新動向	単独	9	北海道 (北大)
	一般: シミュレーション技術	単独	16	
3	特別企画: 光デバイス設計におけるシミュレーション技術の応用と今後の課題	OPE/EMT/EXAT	7	愛知 (名城大学)
	シンポジウム: 電磁界シミュレータ利用における勘所	単独	3	
	一般: シミュレーション技術	単独	23	

(b) 研究会

開催月	テーマ	開催区分	講演数	会場
5	シミュレーション技術、一般	単独	6	東京 (機械振興会館)
7	光・電波ワークショップ	EMT/MWP/OPE/MWP/IEE-EMT	36	北海道 (網走オホーツク文化交流センター)
9	電磁界数値計算技術、一般	IEE-SA/IEE-RM	55	沖縄 (石垣市商工会館)
10	シミュレーション技術・EMC、マイクロ波、電磁界シミュレーション、一般	EMC/J/MWP/IEE-EMC	27	宮城 (東北大学)
1	光・無線融合NW、新周波数 (波長) 帯デバイス、フォトニックNW・デバイス、フォトニック結晶、ファイバとその応用、光集積回路素子、光スイッチング、導波路解析、一般	LQE/OPE/EMT/PX/MWP/IEE-EM	51	三重 (伊勢市観光文化会館)

(c) 講習会

開催月	テーマ	開催区分	受講数	会場
12	GPUコンピューティングによるFDTD電磁界解析～CUDAの基礎からFDTD解析の実装まで～	単独	7	東京 (首都大学東京秋葉原キャンパス)

(d) 論文特集号 (和文、英文)

掲載月	テーマ	論文数
5	エレクトロニクス分野におけるシミュレーション技術の進展	9
7	Recent Advances in Simulation Technologies and Their Applications for Electronics	16

2017年度 EST 研は、上記活動の継続とともにソフトウェアコンテスト等シミュレーション技術分野の人材育成も含めた活性化に向け新たなイベント等を開催予定です。

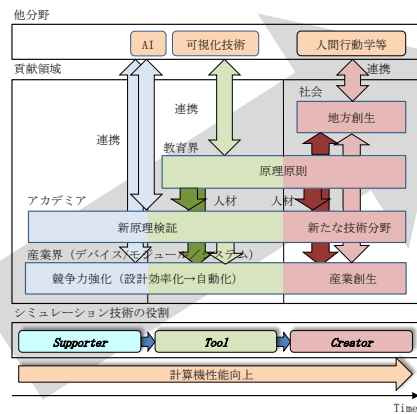


図1 今後のシミュレーション技術研究開発方向性

EST 研 (<http://www.ieice.org/es/est/index.html>) は、技術分野を超えた連携を強化、従来の枠組みに捉われない「広義のシミュレーション技術」という観点から産業界および社会へ貢献すべく活動を推進していきたくと思っています。今後とも皆様ご協力の程よろしく申し上げます。

著者略歴:

1992年北海道大学大学院工学研究科電気工学専攻博士後期課程修了 (工学博士)。同年日本電信電話株式会社 LSI 研究所入社。デバイス、システム、オペレーションに関する研究および商用化開発に従事。現在、NTT ネットワークサービスシステム研究所企画部主席研究員。ITU-T FG-FN (2009～2010)、FG-DR&NRR (2012～2014) 国際標準化メンバ、本会エレクトロニクスシミュレーション研究専門委員会副委員長 (2012～2016)。Kazakh Telecom's Workshop Best Presentation Award 受賞 (2013)。IEEE 会員。



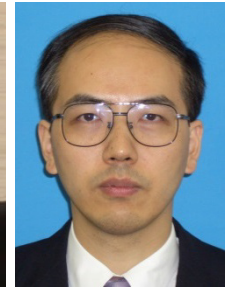
【報告】

「レーザ・量子エレクトロニクス分野の新たな展開に向けて」

(レーザ・量子エレクトロニクス研究専門委員会)

委員長 野田 進 (京都大学)

副委員長 山本 剛之 (富士通研究所)



レーザ・量子エレクトロニクス研究専門委員会 (LQE) は、主に半導体のレーザ技術を中心としたアクティブ光デバイスとそのベースとなる光の基礎技術を対象に研究会活動を行っています。半導体レーザが実用化されてから既に30年以上が経過し、従来型のデバイスは成熟期に入っています。物理限界が見えてきている一方で、最近シリコンフォトニクスなどの光集積技術が急速に進展しアクティブデバイスといった区分ではくくりきれない境界的な分野が大きくなっています。また、レーザ技術の応用分野についても加工やセンシングなど大きく広がってきています。このような環境変化を踏まえ、研究会活動のありかたについて、学会の研究会として専門性を追求する側面と、関連分野や応用分野との連携を進める側面との両立を目指して委員で議論をしながら企画を進めています。

2016年度は8回の研究会を主催・共催いたしました。分野の近い光エレクトロニクス研究専門委員会 (OPE) とは半数以上の研究会で共催し、エレクトロニクスソサイエティ内に2016年度からフォトニクス領域が設置されたことを契機として、これまで以上に密な情報共有のもと連携し、光デバイス分野全体の活性化につなげるべく研専をまたがる新たな取り組みも行っています。全国大会では、昨年秋のソサイエティ大会から関連の深いテーマについて合同セッションを開始いたしました。

また、昨年10月のOCS、OPEと共催の研究会では、パラレルセッションでは共催でも関連発表を聴講できないというご意見があったことを踏まえ、ECOC報告を11月に別途開催することにして、シングルセッションでの開催プログラムへと見直し、昨年12月の研究会では9月に開催された半導体レーザ国際会議のランプセッションの議論を引き継ぐ形で、光集積の将来についてのパネルディスカッションを開催など新たな取り組みも始めています。

新年度(2017年度)は以下のような計画で研究会の開催を予定しています。

- ・5月25日～26日(加賀)

「量子光学、非線形光学、超高速現象、レーザ基礎」

ーレーザー学会との共催ー

- ・8月31日～9月1日(弘前)

「光部品・電子デバイス実装・信頼性」

ーR、OPE、EMD、CPMとの共催ー

- ・10月26日～27日(熊本)

「超高速伝送・変復調・分散補償技術、超高速光信号処理技術、広帯域光増幅・WDM技術、受光デバイス、高光出力伝送技術」

ーOCS、OPEとの共催ー

- ・11月中旬(東京)

「ECOC2017報告会」

ーOCS、OPEとの共催ー

「窒化物半導体光・電子デバイス・材料、関連技術」

ーED、CPMとの共催ー

- ・12月15日(東京)「半導体レーザ関連技術」

- ・1月25日～26日(姫路)

「フォトニックNW・デバイス、フォトニック結晶・ファイバとその応用、光集積回路、光導波路素子、光スイッチング、導波路解析、マイクロ波・ミリ波フォトニクス」

ーEMT、OPE、PN、MWP、EST、IEE-EMTとの共催ー

5月と12月はLQEの専門性を中心においた研究会としており、5月研究会では宿泊できる会場に設定して、ナイトセッションを企画しています。それ以外の研究会は関連分野との連携のため他研専との共催で開催し、実装・信頼性(8月)、システム(10月、1月)、材料(11月)、シミュレーション(1月)など各回毎に異なる関連分野の方と交流できる場としていきます。

研究会には大学と産業界双方の研究者が参加しており、異なる視点からの意見、議論が得られる点も重要な役割です。若手研究者の優秀な発表にはLQE奨励賞を授与しており、2016年度は学生の方2名が受賞いたしました。2017年度もLQE研究会への皆様の積極的な参加をお願いいたします。

著者略歴：

野田 進 1984年京都大学修士課程卒業(1991年論文博士)、1988年京大助手、1992年同助教授、2000年同教授。現在、量子ナノ構造、フォトニックナノ構造の研究に従事。江崎玲於奈賞(2009)、紫綬褒章(2014)、応用物理学会業績賞(2015)、他受賞多数。

山本剛之 1990年東京工業大学修士課程修了、同年株式会社富士通研究所入社。以来、光半導体デバイスの研究開発に従事。



【報告】

「第7期、13年目を迎えたシリコンフォトニクス研究会の活動の目的」 (シリコンフォトニクス時限研究専門委員会 副委員長)

秋山 傑 (富士通研究所)



シリコンフォトニクスとは、シリコン系材料を基盤にした光デバイス・材料技術です。また、このようなプラットフォームを用いたネットワークなどのシステム・応用技術です。他のフォトニクスの材料と比較した時の特長は、大規模・高密度な集積に適していることです。

筆者が初めてシリコンフォトニクスの存在を認識したのは、2004年の光通信の国際会議において、インテル社が1Gb/sの導波路型のシリコン光変調器を発表した時でした。この頃に前後してシリコン基板上の導波路、受光素子、光源などの他の光通信用の光デバイスの動作実証も行われ、その後は、目覚ましい性能の進歩がありました。また、光デバイスをシリコン基板上に大規模かつ高密度に集積した光回路のコンセプト実証もなされています。実用化と言う点では、海外の企業によるシリコンフォトニクスを用いた光トランシーバの製品化がされています。

シリコンフォトニクス時限研究専門委員会(以下、SIPH研究会)は2004年に発足して以来、歴代の委員長により、これまでに実に25回の研究会を主催するなどして、主に国内において上述のようなシリコンフォトニクスの発展に貢献して参りました。そして、2016年9月からはSIPH研究会として第7期となる活動を、丸山委員長(金沢大学)の下、開始しています。

当期の活動として、2016年12月に沖縄県石垣島にて、光エレクトロニクス研究会(OPE)との合同の研究会を開催しました。同じフォトニクス技術領域に所属する研究会の連携により、多くの参加者による活発な議論がなされました。また、SIPH研究会の委員の皆様のご意見・見識をこれまでよりも多く取り入れることができるように、SIPH研究会を4つのサブグループ(応用・アプリケーション、集積技術、材料・発光、実装技術)に分けて、グループ単位で議論を活発にしながら研究会などの準備に当たる試みを開始しようとしています。

このように、これまでと異なる要素も取り入れた活動を進めていますが、7期13年目の時限研究専門委員会ということもあり、その開始に当たっては継続の目的を詳細に議論しました。上述のようにシリコンフォトニクスを新し

い研究テーマとして見た場合、研究開発から産業化まで既に一巡したとも言えなくもありません。しかしながら、このような考えに対して、確かにシリコンフォトニクス技術の製品化は一部で行われておりますが、今のところは、既存の光エレクトロニクス部品の一部が置き換えたのみと言うこともできます。シリコンフォトニクス技術でなければできない異次元の光集積技術を用いて、市場が要求する圧倒的な小型・低消費電力・低コスト化を実現したフォトニクスの製品は未だ登場しておりません。

また、筆者も10年以上シリコンフォトニクス技術に関わってきましたが、他にも以下の点などは、未だはつきりしていないように感じています。

- ・シリコン系材料は、集積化には適しているものの、光学特性としては必ずしも有利な材料ではないとすると、その適用範囲や既存の材料系との棲み分けはどうか？
- ・シリコンフォトニクスにおけるファウンドリを用いて開発と製造を行うモデルは、どういう形で定着するか？設計と作製の分業に必要なプロセス・設計の知見は十分か？

また、SIPH研究会でも2年に1回程度の割合で、シリコンフォトニクスの新しいアプリケーションをテーマとした研究会が開催されています。通信は間違いなくシリコンフォトニクスの主要な応用ですが、それ以外にはないのか、ということです。さらに、当初から言われていた電子回路とのモノリシック集積や、オンチップの波長多重技術なども、いろいろな意味で、未だこれからのように感じています。

結論として、まだまだこの分野でやるべきことは多いようです。第7期は、このような研究開発を促進、サポートして行きたいと考えておりますので、今後ともご支援、ご協力をお願い申し上げます。

著者略歴：

1997年東京大学修士課程修了、同年株式会社富士通研究所に入社。InP系化合物半導体やシリコンフォトニクスなど主に通信用光デバイスの研究開発に従事。2013年筑波大学博士課程修了。



【報告】

「電子デバイス研究専門委員会 (ED) 活動報告」 (電子デバイス研究専門委員会 委員長)

前澤 宏一 (富山大学)



ED 研は、化合物半導体を中心に、いわゆる Si 以外の半導体デバイスを扱っています。現在はワイドバンドギャップ半導体デバイスと超高周波デバイスの 2 つの大きな柱を中心に融合領域を含めて様々な活動を展開しています。平成 28 年度は上記のテーマを中心に研究会、国際会議、総合大会におけるシンポジウム、セッション、更には、特別ワークショップを企画しました。以下、重要な活動について紹介します。

研究会は本研専の最も重要な活動であり、本年度は 10 回の開催を行いました。そのテーマは、ワイドバンドギャップデバイスや、マイクロ波/ミリ波デバイスはもちろん、テラヘルツデバイス、センサ/MEMS やカーボンナノチューブ、酸化半導体/有機デバイス、真空ナノエレクトロニクスなど、今後の発展が期待される様々な領域が含まれています。研究会は、大会の講演と比べ時間的に余裕があるので、技術のバックグラウンドも含めてじっくり話を聞ける良さがあります。これは特に、自分の専門から少し離れた話を聞くときに大きな利点となります。このため、技術シーズ/ニーズの探索や、他分野との融合など、色々なヒントが得られる点も研究会の良さの一つです。この利点を生かすため、積極的に招待講演も活用していきたいと考えています。デバイスは材料とアプリケーションをつなぐ総合技術でかつ融合技術でもあります。材料あってこそそのデバイス、アプリケーションあってこそそのデバイスと考え、他研専との共催や、他学会との連催なども積極的に行っています。

また、本年度は国際会議 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD) を SDM、韓国電子工業会と共同で開催しました。新幹線が開通したばかりの函館で 7 月の開催ということもあり、多くの方に参加いただきました。特に韓国からは日本人を上回る方々に参加いただき、大変活況な会議となりました。この会議は、日本と韓国で毎年交互に行

われており、2017 年度は、7 月 3～5 日に韓国慶州で開催予定となっています。

さて、ワイドバンドギャップと超高周波は ED 研の両輪ですが、それに続く第 3 の柱として期待されているのが、センサデバイスです。最近、IoT やトリリオンセンサなどのキーワードとともに様々なセンサデバイスが注目されています。ED 研では、一時休会していたセンサ/MEMS の研究会を電気学会との連催として復活させました。また、総合大会、ソサイエティ大会のセッションでもセンサ関連の報告が増えてきました。この流れを強化するため、ソサイエティ大会のシンポジウムとして、「IoT 時代に求められるセンサ技術・デバイス」を開催しました。今後、これらが ED 研の第 3 の柱として育ってくれることを期待しています。

大会のシンポジウムとしては、もう一件、ED 研に取って大変重要なテーマを企画しました。「5G における無線用途デバイスの現状と展望」です。次世代の携帯通信方式である 5G は、かなり高い周波数の利用も想定されており、方式だけでなく、デバイス技術者にとっても大変興味深いテーマです。ここでは、海外からの講演者 3 名を含めて、本分野の第一線で活躍されている研究者・技術者 8 名をお招きし、研究開発の現状と展望をご講演頂くことを企画しました。

最後に、4 月に行われる予定の特別ワークショップ「高周波帯のデバイス特性評価技術の再入門と最前線」について触れさせていただきます。特別ワークショップはその分野の中核的な研究者/技術者をお呼びして、分野が一望できるのが特徴です。今回は、デバイス研究者/技術者の多くの方が関わるにもかかわらず、何か腑に落ちないところが残る高周波測定に関するものです。これからこの分野にかかわる若手研究者/技術者の方々や学生の皆様には大変役立つものと思います。また、「再入門」とあるように、すでに測定はしているが気になる点があるという中堅・ベ

テランのデバイス研究者/技術者の方にもぜひご参加いただきたいと思っています。

以上、2016年度の活動について述べてきました。今後とも、多くの皆様の積極的なご参加と、ご議論をよろしくお願いします。

著者略歴：

1984年早稲田大学大学院理工学研究科博士前期課程修了、同年、日本電信電話公社（現NTT）入社。1993年博士（工学）（早稲田大学）。1997年名古屋大学大学院工学研究科助教授、2006年富山大学理工学研究部教授。2005年LSI IPデザイン・アワード開発奨励賞、2012年JJAP/APEX Editorial Contribution Award、2014年エレクトロニクスソサイエティレター論文賞など。



【報告】

「量子情報技術(QIT)時限研究専門委員会報告」

(量子情報技術時限研究専門委員会 第9期委員長)

富田 章久 (北海道大学)



量子情報技術時限研究専門委員会は1998年11月に発足し、現在第10期に引き継がれている。本時限研究専門委員会は情報科学と量子力学を融合させた分野としての量子情報科学の発展を目的としている。1999年以来、年2回量子情報技術研究会を開催し、数学、情報科学、物理学、エレクトロニクス等の様々なバックグラウンドを持ち、理学、工学、数理学に携わる研究者間に自由な討論の場を提供してきた。研究会では毎回活発な研究発表・討論が行われているほか、研究会資料(予稿集)の刊行を行っている。第9期では第31回から34回の研究会を開催した。各回の概要は以下のとおりである:

第31回 2014年11月17日(月)~18日(火)

東北大学片平キャンパス片平さくらホール

招待講演 (2件)

鹿野豊 (分子研) "量子ウォークの数理と応用"

長谷川祐司 (TU-Wien) "中性子を用いた不可思議な量子現象の観測"

一般口頭発表 (17件)、ポスター発表 (9件)

参加者 一般48名、学生14名 合計62名

第32回 2015年5月25日(月)~26日(火)

大阪大学 豊中キャンパス シグマホール (Σホール)

招待講演 (2件)

三木茂人 (NICT) "超伝導ナノワイヤを用いた高性能単一光子検出技術"

松本伸之 (東北大) "量子輻射圧揺らぎで駆動される5mg懸架鏡の開発"

チュートリアル講演 (2件)

原田健自 (京大) "量子フラストレート磁性体のテンソルネットワークを用いた数値的研究"

古川俊輔 (東大) "エンタングルメント・エントロピーと共形場理論"

一般口頭発表 (29件)、ポスター発表 (21件)

参加者 一般76名 学生55名 合計131名

第33回 2015年11月24日(火)~25日(水)

NTT厚木研究開発センタ 講堂

招待講演 (2件)

小芦雅斗 (東大) "Quantum key distribution without monitoring disturbance"

西村治道 (名大) "量子版 NP と量子版 AM の計算複雑さ"

チュートリアル講演 (1件)

中村泰信 (東大) "固体中の集団励起自由度を用いたハイブリッド量子系"

一般口頭発表 (21件)、ポスター発表 (11件)

参加者 一般63名 学生29名 合計92名

第34回 2016年5月30日(月)~31日(火)

高知工科大学 永国寺キャンパス

招待講演 (3件)

伊藤公平 (慶大) "シリコン量子コンピューティング"

筒井泉 (KEK) "弱値と擬確率の物理について"

廣川真男 (広大) "量子 Rabi 模型に対する Hepp-Lieb-Preparata 量子相転移について"

チュートリアル講演 (1件)

田中宗 (早大) "量子アニーリングが拓く機械学習と計算技術の新時代"

一般口頭発表 (21件) ポスター発表 (19件)

参加者 一般46名 学生23名 合計69名

招待講演やチュートリアル講演のタイトルからも本研究会の間口の広さ、奥行きの高さを感じていただけるのではないかと思います。なお、第35回研究会は2016年11月24~25日に開催され、次の第36回研究会が2017年5月29、30日に立命館大学朱雀キャンパスで開催される。新たに興味をもたれた皆様のご参加をお待ちしています。

著者略歴:

1984年東京大学大学院理(物理)修士修了、同年日本電気(株)入社 光エレクトロニクス研究所。2010年より北海道大学大学院情報科学研究科教授。2014年11月~2016年10月量子情報技術時限研究専門委員会委員長。



【報告】

「光エレクトロニクス分野での連携の輪の拡がりをめざして」 (光エレクトロニクス研究専門委員会 委員長)

小川 憲介 (フジクラ)



光エレクトロニクス研究専門委員会 (OPE) はエレクトロニクスソサイエティのフォトニクス技術領域委員会に属する常設研究専門委員会である。OPE で取り上げている技術テーマをホームページより列挙すると、以下のようになる。

- ◇ 光集積回路/光・電子集積回路
- ◇ ハイブリッド集積
- ◇ 導波路デバイス (各種材料)
- ◇ 光導波路・伝搬解析
- ◇ 光ファイバ (マルチコア・マルチモードファイバ・特殊ファイバ・接続技術を含む)
- ◇ 光モジュール
- ◇ 光インターコネクション
- ◇ 光センサ
- ◇ 光計測
- ◇ 光メモリ
- ◇ 光情報処理
- ◇ 光スイッチ・光変調器 (誘電体)
- ◇ 空間光学デバイス (MEMS 含む)
- ◇ フォトニック結晶 (パッシブ)
- ◇ 光・光制御

光技術に関する幅広い分野をカバーしており、エレクトロニクスソサイエティにとどまらず、他ソサイエティの研究専門委員会とも研究会共催の機会が多い。本年度では、技術領域委員会体制の発足にともない、研専間の連携を深める活動に注力している。とりわけ、光集積に関するテーマは他の研究会でも取り上げることが多く、研究会間での連携を進め、いかにシナジーを発揮するかが課題である。フォトニクス技術領域委員会に関連する研究専門委員会間での密な議論が可能となり、このテーマに関して連携を進めることが容易となり、以下の三点の進展が見られた。

【1】 2016年9月のソサイエティ大会において、レーザ・量子エレクトロニクス研究専門委員会 (LQE) とプログラム編成を共同で行ない、光集積に関連するテーマの講演を集めた C-3・C-4 合同セッションを設けた。従来 C-3 と C-4 とに分散していた参加者が一堂に会し、より活発な質疑応

答が交わされた。2017年3月総合大会でも同様の取り組みを実施する。今週水曜日からの総合大会を目前した中で本報告を執筆しており、一層活発なセッションとなることを期待している。

【2】 例年11月には、OPE と有機エレクトロニクス研専 (OME) のみ共催の研究会を開催し、集積光デバイスと応用技術時限研専 (IPDA)、超高速光エレクトロニクス時限研専 (UFO) はおのおの個別に研究会を開催していた。昨年11月には、これら四研専合同の研究会を開催し、研究会での交流の輪を拡げることが可能となった。

【3】 昨年12月のシリコンフォトニクス時限研専 (SIPH) との合同研究会では、「シリフォトファウンドリの未来」と銘打った SIPH パネルセッションと軌を一にして、シリコンフォトニクス実用化を展望した招待講演を軸とする講演会を開催した (写真)。国内シリフォトファウンドリを推進する機関からの参加も得て、国内光集積デバイス産業の進展に向けた布石となった。



光集積というテーマでの連携にスポットライトをあて、本年度 OPE の取り組みを紹介した。光技術に関して幅広く活動する研専であり、今後は他のテーマでも一層の連携を進め、光エレクトロニクス分野でのつながりの輪がさらに拡がることを期待する。

著者略歴 :

1982年3月、大阪市立大学理学部物理学科卒業。1987年3月、大阪大学大学院理学研究科物理学専攻修了、理学博士号取得。同年4月、日立製作所中央研究所に入所。2002年5月、三井物産ナノテク研究所に移動し、2006年7月よりフジクラに在籍。現在、同社先端技術総合研究所、上席研究員。OSA Integrated Optics Technical Group Chair, OSA Traveling Lecturer (本会シニア会員)。



【短信】研究室紹介

「新機能半導体光デバイスの創出を目指して」

八坂 洋 (東北大学)



東北大学電気通信研究所ブロードバンド工学研究部門応用量子光学研究室では、八坂洋教授と横田信英助教の2人の教員が、新機能半導体光デバイスの創出を目指して学生とともに以下のテーマの研究を進めています。

1. 超高速 (>100GHz) 半導体レーザ光源の研究
2. 小型超狭線幅 (Sub kHz) 半導体レーザ光源の研究
3. 超平坦光周波数コム発生光源の研究
4. スピン制御面発光半導体レーザ光源の研究

ここでは、上記テーマのなかで、超高速半導体レーザ光源の研究内容を紹介します。

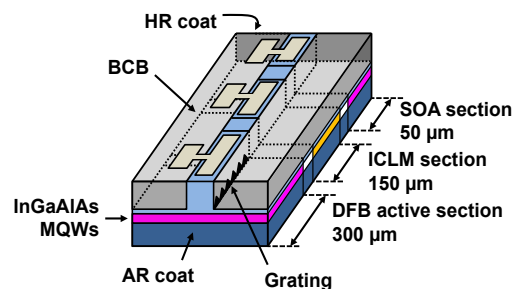
光通信システムの伝送容量増大を実現するための技術として、半導体レーザの応答速度の高速化が1つの大きなテーマとなっています。短共振器化による高速化が進められ、40GHz 程度の 3dB 帯域が実現されていますが、十分な応答速度とはなっていません。近年、外部共振器を付与することで帰還光と発振光の相互作用を誘起し、応答特性に第2の共振ピークを発生させて帯域を拡大する試みが報告されています。この共振現象は光子共鳴 (photon-photon resonance; PPR) 効果とも呼ばれており、ここ数年で少しずつ市民権を得た表現となりつつありますが、現象としては古くから知られていた効果です。この第2の共振ピークを高周波数領域へ設定して外部共振器を集積した半導体レーザ光源の応答帯域を拡大しようとしたときに問題となるのが、直接電流変調時の高周波領域の応答特性です。直接電流変調時には緩和振動周波数以上の高周波数領域の応答感度が変調周波数の自乗に反比例して急激に低下する特性を有しており、第2の共振周波数を高く設定しすぎると緩和振動周波数と第2の共振周波数の間の周波数帯の応答感度が劣化してしまい、平坦な応答特性を得ることができません。

外部共振器を集積することで飛躍的な帯域拡大を実現するには、半導体レーザの高周波領域での応答感度劣化を低減した変調方法の実現が不可欠となります。我々は高周波領域の応答感度劣化を抑制する変調法として、発振モード利得変調法と混合変調法を提案しています。発振モード利得変調法は外部からの制御光でレーザ発振モード利得を変調する手法で、本手法を外部共振器集積型半導体レー

ザ光源へ適用することで 3dB 帯域を 59GHz にまで拡大できることを実証しています。

RF 電気信号で制御可能な半導体レーザ光源の実現のために、発振モード利得変調と同様の作用を考えると考えられるレーザ共振器の内部損失を変調する手法に関して検討を進めました。しかし、共振器損失変調(ICLM)では高周波数領域での感度劣化は低減(変調周波数に反比例)できるものの、緩和振動周波数における感度ピークが大きくなりすぎ、変調時の波形劣化の要因となることが明らかとなりました。そこで、低周波数領域では比較的平坦な応答特性を有する直接電流変調法と高周波数領域の応答感度劣化の少ない共振器損失変調法を同時に作用させる混合変調法を考案し、その応答特性の数値解析、実験的検証を進めています。この検証を通して、半導体レーザ光源へ混合変調法を適用し、両変調の比率と時間差を調整することで周波数応答特性の制御が可能で、緩和振動周波数での応答感度の平坦化および高周波領域の感度劣化改善が可能であることを明らかにしています。また、混合変調法を適用することで、半導体レーザの周波数チャープ特性を決定する断熱チャープ(adiabatic chirp)を制御でき、光ファイバ伝送時の分散耐力を改善できることも明らかにしています。

現在、この変調法を導入した外部共振器集積型半導体レーザ光源により、100GHz 以上の平坦な応答特性を有する光源を実現するべく研究を進めています。



研究室 HP : <http://www.yasaka.riec.tohoku.ac.jp/>

著者略歴 :

1985 年九州大学大学院理学研究科物理学専攻修士課程修了。同年、日本電信電話(株)入社。同社フォトリソグラフィ研究所にて光通信用高性能半導体光デバイスの研究開発に従事。2008 年 4 月より東北大学電気通信研究所勤務。1993 年工学博士(北海道大学)。

【お知らせ】

◆フェロー称号贈呈者

2017年総合全国大会プレナリーセッション（2017年3月24日開催）において、エレクトロニクスソサイエティから5名の方にフェロー称号が贈呈されました。（敬称略）

榎木 孝知	NTTエレクトロニクス(株)
柏 達也	北見工業大学
粕川 秋彦	古河電気工業(株)
長瀬 亮	千葉工業大学
山田 博仁	東北大学

なお、2017年フェロー称号贈呈候補者の推薦に関するお知らせは[こちら](#)をご覧ください。

◆エレクトロニクスソサイエティ各賞受賞者

2017年総合全国大会エレクトロニクスソサイエティ・プレナリーセッション（2017年3月22日開催）において、各賞の表彰式が行われました。（敬称略）

《第19回学生奨励賞》

<電磁波理論およびマイクロ波分野>

- ・小野 佑樹（静岡大）
「マイクロ波マンモグラフィにおけるアンテナ配置の検討」
- ・則島 景太（東北大）
「20GHz帯ダイレクトRFアンダーサンプリング受信機の復調特性」

<光半導体およびフォトニクス分野>

- ・大島 直到（東工大）
「共鳴トンネルダイオード発振器を用いた500GHz帯偏波多重通信」
- ・阿部 光平（慶大）
「ソフトリソグラフィ法による低損失GI型ポリマー交差光導波路の作製」

<回路およびエレクトロニクス分野>

- ・Korkut K. Tokgoz（東京工業大学）
「Issue of Cross-Modulation on Wideband Frequency-Interleave Transceivers」
- ・草野 穂高（北海道大学）
「アンチエイリアシングによるUHDTV向け単一画像超解像のFPGA実装」

《第3回エレクトロニクスソサイエティ優秀学生修了表彰》

笠木 浩平	東京工業大学	大学院	総合理工学研究科物理電子システム創造専攻
木村 優一	早稲田大学	大学院	基幹理工学研究科電子物理システム学専攻
許 鋳	東京大学	大学院	工学系研究科電気系工学専攻融合情報コース
小松 憲人	東京大学	大学院	工学系研究科電気系工学専攻電気電子コース
早川 達也	東京工業大学	大学院	理工学研究科電気電子工学専攻
鈴木 敬和	慶應義塾大学	大学院	理工学研究科総合デザイン工学専攻電気電子工学専修
岸田 航	日本大学	大学院	理工学研究科電気工学専攻
阿部 晋士	豊橋技術科学大学	大学院	工学研究科電気・電子情報工学専攻
Tang Dexian	東京工業大学	大学院	理工学研究科電子物理工学専攻

《2016年度エレクトロニクスソサイエティ活動功労表彰》

荒川 太郎	横浜国立大学	英文論文誌C小特集号の編集幹事としての貢献
有賀 博	三菱電機株式会社	レーザ・量子エレクトロニクス研究専門委員会幹事としての貢献
石川 亮	電気通信大学	マイクロ波研究専門委員会幹事補佐としての貢献
稲沢 良夫	三菱電機株式会社	英文論文誌Cの編集委員としての貢献
岩崎 裕江	日本電信電話株式会社	集積回路研究専門委員会幹事補佐としての貢献
上田 哲三	パナソニック株式会社	研究技術会議庶務財務幹事としての貢献
梅沢 俊匡	情報通信研究機構	レーザ・量子エレクトロニクス研究専門委員会幹事としての貢献
大寺 康夫	東北大学	編集出版会議 庶務・財務幹事としての貢献
岡田 顕	日本電信電話株式会社	エレソ総務幹事としての貢献
小松 聡	東京電機大学	エレクトロニクスソサイエティ技術渉外幹事としての貢献
佐藤 亮一	新潟大学	電磁界理論研究専門委員会幹事としての貢献
傘 昊	東京都市大学	英文論文誌Cの編集委員としての貢献
白鳥 聡志	株式会社 東芝	大会運営幹事および大会運営委員長としての貢献
鈴木 賢哉	日本電信電話株式会社	光エレクトロニクス研究専門委員会幹事としての貢献
鈴木 健仁	茨城大学	テラヘルツ応用システム時限研究専門委員会幹事補佐としての貢献
鈴木 俊秀	株式会社富士通研究所	英文論文誌Cの編集委員としての貢献
田島 卓郎	日本電信電話株式会社	テラヘルツ応用システム時限研究専門委員会幹事補佐としての貢献
種村 拓夫	東京大学	ELEX編集委員会幹事としての貢献
土谷 亮	京都大学	集積回路研究専門委員会幹事補佐としての貢献
中舎 安宏	株式会社富士通研究所	テラヘルツ応用システム時限研究専門委員会幹事および委員長としての貢献
中津川 征士	NTT アドバンステクノロジ株式会社	マイクロ波研究専門委員会副委員長としての貢献
中野 誠彦	慶應義塾大学	エレソ企画会議財務幹事としての貢献
中村 隆宏	技術研究組合 光電子融合 基盤技術研究所	シリコンフォトニクス時限研究専門委員会幹事としての貢献

山口 陽 日本電信電話株式会社 マイクロ波研究専門委員会幹事としての貢献
山田 浩治 産業技術総合研究所 シリコンフォトニクス時限研究専門委員会幹事としての貢献
和田 真一 TMCシステム株式会社 機構デバイス研究専門委員会幹事補佐としての貢献

◆2017年フェロー候補者推薦公募開始について

電子情報通信学会では、本会規則第2条第5項により、「学問・技術または関連する事業に関して顕著な貢献が認められ、本会への貢献が大きいシニア会員に対し、フェローの称号の証を贈呈」しています。エレクトロニクスソサイエティでは、皆様方からご推薦いただいた方の中からフェローピアレビュー委員会と執行委員会でフェロー候補者を選定し、学会本部のフェローノミネーション委員会に推薦します。推薦期間は4月1日から6月30日ですので、エレクトロニクス分野でフェローの称号にふさわしい方のご推薦をお願い致します。

なお、フェロー推薦に関しては以下のURLに掲載されておりますので、ご覧ください。

<<http://www.ieice.org/jpn/fellow/suisen.html>>

◆シニア会員の申請について

シニア会員推薦の申請書及び推薦書の提出は年間を通して可能です。本年度は、平成29年6月30日までに提出された申請書及び推薦書を審査対象といたします。詳細は、電子情報通信学会の下記WEBページに掲載されています。

<<http://www.ieice.org/jpn/senior/index.html>>

- ・2017年シニア申請〆切：2017年6月30日
- ・申請資格：本会が関連する技術分野に原則10年以上従事しており、本会会員として累計在籍年数5年以上の正員、あるいは顕著な業績・貢献が認められる正員。
- ・申請方法：シニア会員申請ページからの自己申告です。

◆エレス News Letter 研究室紹介記事募集研究室紹介記事を募集します。

今年度も昨年度と同様に、【短信】研究室紹介のコーナーに一般公募記事の掲載も予定しております。研究紹介の機会として奮って応募下さい。

*応募方法： タイトル、研究室名、連絡先 (e-mail) を下記応募先までご連絡下さい。

応募多数の場合は選考の上、編集担当より、フォーマット書類一式をお送り致します。

*応募先： エレス事務局 (h-sakai@ieice.org) TEL:03-3433-6691

これまでの記事は、下記URL エレスニュースレターのページに掲載されております。ご参考下さい。

< <http://www.ieice.org/es/jpn/newsletters/> >

◆エレゾ News Letter の魅力的な紙面づくりにご協力下さい

本 News Letter は、エレゾ会長、副会長からの巻頭言や論文誌編集委員長、研究専門委員会委員長からの寄稿を中心に、年 4 回発行しております。今後、さらに魅力的な紙面づくりを進めるため、エレクトロニクスソサイエティでは、会員の皆様から企画のご提案やご意見を募集いたします。電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ事務局宛（詳細は下記 URL）にご連絡をお願いいたします。

< <http://www.ieice.org/es/jpn/secretariat/> >

◆エレゾ News Letter は年 4 回発行します。次号は 2017 年 7 月発行予定です。

編集担当：小久保（企画広報幹事）、山之内（編集出版幹事）、横内（研究技術幹事）

[編集後記]

昨年からニュースレターの編集に携わり、ずっと昔に会社の社内報の編集委員を務めたことが思い出されました。締め切り、ページ数、誤字・脱字……。まあ、原稿を読み返すたびに書き直したという感じでした。今回執筆頂いた皆さんにとっても原稿に向い、いろいろと文章を練られたことと思います。そして、このニュースレターを読まれる方々に、沢山の貴重な経験が伝えられたと思います。どうもありがとうございました。

（小久保）