

目次

【巻頭言】

- 1 幅広い層に向けたエレクトロニクスソサイエティ企画会議の活動について
[エレクトロニクスソサイエティ副会長] 湯川 秀憲 (三菱電機)
-

【寄稿】

[各賞受賞記]

[エレクトロニクスソサイエティ賞]

- 3 サブ波長光学構造の電磁界解析シミュレーション手法およびその応用に関する先駆的研究
大寺 康夫 (富山県立大学)
- 5 光信号処理技術のシステム応用ならびに光集積デバイス適用に関する研究
植之原 裕行 (東京工業大学未来産業技術研究所)
- 7 シリコン基板上窒化物パワー半導体の先駆的研究
江川 孝志 (名古屋工業大学)

[ELEX Best Paper Award]

- 10 64QAM Wireless Link with 300GHz InP-CMOS Hybrid Transceiver
Ibrahim Abdo (Tokyo Institute of Technology)
- 11 High-Definition Object Detection Technology Based on AI Inference Scheme and its Implementaion
鵜澤 寛之 (日本電信電話株式会社)

[エレクトロニクスソサイエティ招待論文賞]

- 12 微弱な環境エネルギー利用を目指した小型 IoT デバイスの構築に向けて
廣瀬 哲也 (大阪大学)

[学生奨励賞受賞記]

- 13 LSE モードを利用した NRD ガイド素子のトポロジー最適設計
稗田 直哉 (室蘭工業大学)
- AM ラジオ放送波および土中埋設型コイルを用いた土壌含水率推定に関する研究
岩城 昂琉 (呉高専)
- 14 垂直入射型コヒーレント光受信器の実証
相馬 豪 (東京大学)
- 光サブキャリア信号高強度化による UTC-PD 集積 HEMT の光ダブルミキシング変換利得向上
中嶋 大 (東北大学)
- 15 電波天文のためのクワッドバンド超伝導帯域通過フィルタの開発
良知 颯太 (山梨大学)
- 二重共振回路を用いる F 級 CMOS 発振器の設計法
池田 和瞭 (広島大学)
-

【報告】

- 16 集積回路研究専門委員会(ICD)の活動状況 [ICD 委員長] 高橋 真史 (キオクシア)
- 17 磁気記録・情報ストレージ研究専門委員会(MRIS)活動報告 [MRIS 委員長] 田河 育也 (東北工業大学)

【短信】

- 18 2022 年ソサイエティ大会開催報告と 2023 年総合大会へのお誘い
[エレクトロニクスソサイエティ大会運営委員長] 礒塚 孝明 (早稲田大学)

【お知らせ】

- 2023 年フェロー候補者推薦公募について
 - シニア会員の申請について
 - エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞について
 - 各種募集、編集後記
-





【巻頭言】

「幅広い層に向けたエレクトロニクスソサイエティ企画会議の活動について」

(エレクトロニクスソサイエティ副会長)



湯川 秀憲 (三菱電機)

2021 年度より電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ副会長(企画広報財務担当)を担当して2年目となります三菱電機の湯川です。よろしくお願いたします。

財務管理および企画広報事業を統括するエレクトロニクスソサイエティ(エレソ)企画会議では、財務幹事と企画広報幹事のもと、「エレクトロニクスソサイエティ独自の事業費」に関する予算を確保し、主に以下の諸施策を推進しています[1]。

- ・エレクトロニクスソサイエティ賞の運用/継続
- ・エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞の運用/継続
- ・エレソ Newsletter の記事内容の更なる充実
- ・会員向け公開コンテンツ(ソサイエティプレナリーセッションでの特別講演)の配信

昨年の寄稿では、コロナ禍におけるオンラインでの学会活動に鑑みまして、オンラインサービス充実化に向けた取り組みである公開コンテンツの配信についてご紹介させていただきました。

2022 年の学会活動を振り返ってみますと、APMC (Asia Pacific Microwave Conference) がリアルとオンラインのハイブリッドで開催され、2023 年 3 月の総合大会もハイブリッド開催が予定されています。リアルとオンラインのそれぞれの利点を活かした環境を模索しつつ、学会活動がさらに活性化されていくものと思われま。

オンラインの利点のひとつとしては学会参加への障壁が低くなることが考えられ、今後は異分野や異業種の方の参加が増えることも期待されます。このような状況を踏まえ、あらゆる層の会員の方が快適に活動していただく環境を構築することが重要と思われま。そこで本稿では、幅広い層の方に活躍していただくためのエレソ企画会議の活動についてご紹介したいと思います。

最初に、学生会員に対する施策のひとつとして上述しましたエレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞(学生奨励賞)の運用/継続があります。学生奨励賞は、総合大会およびソサイエティ大会においてエレクトロニクス分野に

関する優秀な発表(一般講演、シンポジウム講演)を行った学生を選定して表彰するものです[2]。発表自体が研究開発成果の情報発信やディスカッションによるさらなる充実化のために意義があるものですが、本表彰により、研究意欲の向上、さらなる研究の推進につながればと思いま。

また、エレソ企画会議では、財務幹事、企画広報幹事の他に、必要に応じてアドホック幹事を選任し、ソサイエティを横断した活動にも参画しています[3]。これまでに参画しているハンドブック/知識ベース委員会、コミュニケーション委員会に加え、2022 年からは男女共同参画委員会、プラチナクラブ運営委員会にも参画することになりました。

男女共同参画委員会は、本学会を男女共に能力を発揮できる場とすることにより、本学会の活性化を行い新しい進展を目指すことを目的に設立されたものです[4]。女性会員が快適に学会活動に参加できるような環境整備の一助になればと思いま。

また、プラチナクラブ運営委員会は、電子情報通信学会の歳を重ねたシニア会員を対象とした活動グループです[5]。見学会や講演会などで会員どうしの交流の場をもつていただくとともに、これまでの豊富な経験や知識を活かして後継者を支援していただくことが考えられています。

今後の学会活動の活性化のためには、学生会員や女性会員(今後は女性会員が特別視されることのない、男女ともに活躍できる社会の実現が不可欠です)、シニア会員の方など、幅広い層の結集が必要です。企画会議では、今後もあらゆる層の方に魅力的な学会となるよう努めてまいりたいと思いま。引き続きよろしくお願いたします。

[1] https://www.ieice.org/jpn/about/j_pdf/2022/2022jk.pdf

[2] <https://www.ieice.org/es/jpn/secretariat/kitei2.php>

[3] https://www.ieice.org/es/jpn/secretariat/kitei_kikaku.php

[4] <https://www.ieice.org/jpn/kyoudousankaku/index.html>

[5] https://www.ieice.org/jpn_r/activities/platinum-club/index.html

著者略歴：

1993 年早稲田大学大学院理工学研究科物理および応用物理修士課程修了、同年三菱電機（株）入社。以来、通信及びレーダ装置用アンテナ給電回路の研究開発に従事。現在、同社情報技術総合研究所勤務。2019 年～2020 年本会エレクトロニクスソサイエティ企画会議財務幹事、2021 年～本会エレクトロニクスソサイエティ副会長（企画広報財務担当）。



【寄稿】(エレクトロニクスソサイエティ賞受賞記)

電磁界理論およびマイクロ波分野

「サブ波長光学構造の電磁界解析シミュレーション手法およびその応用に関する先駆的研究」



大寺 康夫 (富山県立大学)

このたびは荣誉あるエレクトロニクスソサイエティ賞を頂き誠にありがとうございます。受賞対象となりました成果を出せましたのも、大学院生時代からの指導教官であります東北大学・川上彰二郎先生や旧川上研究室の先輩方、仲間達、そして東北大学及び富山県立大学の学生諸君のお陰です。またエレクトロニクスシミュレーション(EST)研究専門委員会の諸先輩方には温かく仲間に加えて頂き、研究会活動を通じて多くのことをご教示頂きました。皆様のご支援に感謝申し上げますとともに、今後も学会活動に貢献できる方法を探って参ろうと思っております。

東北大学で学位を取得し同大電気通信研究所で助手として働き始めた直後に、研究室でフォトニック結晶の研究が始まりました。当時のチームには解析、作製プロセス、光学実験と一通りこなせるメンバーが揃っていましたが、それまで比較的シミュレーションに携わる機会の多かった私が解析を主に担当することになりました。当時フォトニック結晶中の光の分散関係の計算法として、転送行列法や平面波展開法など複数の方法が報告されていましたが、プログラミングが比較的容易そう(に見えた)有限差分時間領域法(FDTD法)が好適ではと判断し、プログラムの開発に着手しました。正に何も無いところからのスタートで、信学会誌に掲載された宇野亨先生の論文[1]を手掛かりに、Yee格子(電界と磁界のサンプル点の配置図)などを学生たちと描きながら組み上げて行ったのを覚えています。FDTD法はコア部分のアルゴリズムはシンプルですが、多くの先生方が指摘されているとおり励振や観測といった周辺機能の整備に多大な手数を要します。何とか素子の設計に使える状態が整うまでに数年かかってしまいました。

その後チーム内で(1)フォトニック結晶型偏光子[2]、(2)可視結晶と波長板[3]、(3)光導波路、(4)多並列波長選択フィルタ[4]などの解析と設計に携わってきた訳ですが、中でも(1)(2)は川上先生及び旧川上研の仲間達が立ち上げた Photonic Lattice にて産業化され、FDTD法のプログラムも最近まで設計に使われたとのこと。実用化のという点でも、一定の貢献はできたのではないかと思います。

FDTD法本体の開発の後には、周辺の理論的知見を取り入

れることで新たな解析機能の実現も試みました。1つめは古典導波路理論との連携による高精度化です。導波路理論でよく知られた変分表現が周期構造の固有周波数についても定式化できることが川上先生と黒川兼行先生(元富士通研究所)によって提案されました。それをFDTD法に組み込むことでバルクのフォトニック結晶、導波路、共振器それぞれのモードの固有周波数の数値誤差を保証できることを実証したものです[5,6]。この成果はFDTD法の標準的な教科書であるA. Taflovicの著書で紹介されるなど、当該分野でも有効性が認められたようです[7]。2つめは複素フォトニック・バンド構造の計算のためのアルゴリズムの提案です。解析対象のほとんどがフォトニック結晶かそれを含む屈折率構造という都合上、FDTD法の解析空間の端の「境界条件」も周期境界条件、特に端と端で電磁界の位相が所定の量だけずれた「Bloch境界条件」を多用していました。具体的には波数ベクトル \mathbf{k} を決め、解析空間両端の電磁界同士を $\exp(\pm j\mathbf{k}\cdot\mathbf{L})$ で接続します。ここに適当な電磁界を初期条件として与えると自由振動が始まり、その周波数解析でモードの固有周波数が求まるという手順ですが、一般的なFDTD法では実数の \mathbf{k} を持つ波、すなわち伝搬性のBloch波しか扱うことができませんでした。この問題を何とか解決できないか試行錯誤を繰り返し、解析空間内の格子配置と観測点の配置、観測点の後処理を工夫することで、減衰性Bloch波のバンド構造も求めることに成功しました[8]。これは導波管における遮断モードの分散関係まで求める機能に相当し、このアルゴリズムを利用してフォトニック結晶のバンド端を利用した超高消光比の波長選択フィルタの可能性を見出し[9]、その後の実証実験やマルチスペクトル・イメージングへの応用[10-12]につなげています。なお論文投稿(IEICEではありませんが)に際しては査読者から全く価値を認めない旨のコメントが寄せられ、大変悔しい思いをしながら再起に向けて改良を繰り返した思い出があります。

2010年以降、EST研専への参画以降は新規サブ波長光学構造の提案と光学特性の解明が主な関心事となりました。解析対象に応じて新しい機能をFDTD法に取り入れ、

円形フォトニック・ナノ構造を解析するための BOR(回転対称構造)・円柱座標系混合型解析アルゴリズムの開発や円柱座標系用 CPML の検討[13,14]、導波モード共鳴現象を応用した新規微細構造光ファイバの提案とモードスペクトルの解析[15]、キラルナノグレーティングの特異な偏光特性の解析[16]などに取り組みました。いずれも一筋縄では行かず、完全燃焼まで至らない問題も相当数あり、電磁界解析の難しさを再認識しましたが、EST 研究会で討論頂く過程で大分鍛えられたのではないかと感じます。

前述したフォトニック結晶型波長フィルタは 2004 年の東北大学先進医工学機構での活動中から一貫して研究テーマの柱でしたが、2018 年に富山県立大学に赴任してからはそのマルチスペクトル・イメージングへの応用を専ら進めています。開発してきた FDTD 法のプログラムを活用し、フォトニック結晶に構造揺らぎを導入した場合の効果をシミュレートし、適度な揺らぎの存在によってイメージングに好適な疑似ランダム型透過スペクトルを実現できることを見出しました[11,12]。さらにこうして設計した波長フィルタを試作し、それを搭載した分光イメージセンサも作製し、スペクトル計測の実証実験を実施しています[17]。さらに近年はハイパースペクトルイメージングと機械学習を組み合わせて環境計測への展開を図るなど、スペクトル計測に軸足を置きつつも新たな課題にも精力的に取り組み始めました[18]。

ここまでの活動を総括すると、「一般的な FDTD 法のアルゴリズムに軸足を置きつつ、理論的知見に基づく前処理・後処理機構を工夫して取り入れることで新規光学現象(特にサブ波長構造)を再現し、得られた特性を試作を通して実証、実験研究に応用する」となるかと思えます。

FDTD 法は電磁気学の学習にも最適な教材で、種々の改良を行う過程で学生時代に触れた電磁気学の公式や法則の重要性を再認識したり、理解が深まったりすることを多々経験しました。幸い、近年は取り掛かりの容易なプログラム言語も出てきましたので、今後は学生の教材としても活用できないか考えてみたいと思っています。

最後になりましたが現在までご指導・ご鞭撻を賜りました川上彰二郎先生、Photonic Lattice の方々、EST 研専の皆様、そして日夜共に研究を進めてきた学生諸子に改めて感謝申し上げます。

文献：

- [1] 宇野亨, 信学誌 80(2), 184-191, 1997 年 2 月.
- [2] Y. Ohtera, T. Sato, T. Kawashima, T. Tamamura, and S. Kawakami, "Photonic Crystal Polarization Splitters,"

Electron. Lett. 35(15), 1271-1272 (1999).

- [3] 佐藤尚他, 信学論 C-I, J82-C-I(9), 572-573 (1999).
- [4] Y. Ohtera et al., J. Lightwave Technol. 25(2), 499-503 (2007).
- [5] Y. Ohtera et al., IEEE J. Quantum Electron., 38(7), 919-926 (2002).
- [6] Y. Ohtera et al., J. Lightwave Technol., 22(5), 1628-1636 (2004).
- [7] In A. Tavlove and S. C. Hagness, *Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method* (3rd edn.), Artech House, Boston, 2005; Sec. 16.13.
- [8] Y. Ohtera, Jpn. J. Appl. Phys., 47(6), 4827-4834 (2008).
- [9] Y. Ohtera et al., Photon. Nanostruct. Fundamental. Appl., 7(2), 85-91 (2009).
- [10] M. Mitsuhashi, et al., Opt. Lett., 39(18), 5301-5304 (2014).
- [11] Y. Ohtera et al., Appl. Opt., 58(12), 3166-3173 (2019).
- [12] Y. Ohtera et al., Appl. Opt., 59(17), 5216-5225 (2020).
- [13] 大寺康夫, 信学論 C, J100-C(2), 45-52 (2017).
- [14] Y. Ohtera et al., IEICE Trans. Electron., E97-C(07), 653-660 (2014).
- [15] Y. Ohtera et al., Opt. Lett. 38(15), 2695-2697 (2013).
- [16] Y. Ohtera, "Numerical analysis of artificial optical activities of planar chiral nano-gratings," IEICE Trans. Electron. E97-C(1), 33-39 (2014).
- [17] Y. Ohtera et al., Opt. Rev., 29, 140-152 (2022).
- [18] Y. Ohtera, ODF' 22, P-OTh-24, Sapporo, August 4th, 2022.

著者略歴：

1997 年東北大学大学院工学研究科博士後期課程修了、同年同大電気通信研究所助手。2001 年東北大学未来科学技術研究センター研究員、2004 年同大先進医工学研究機構助教授・タスクチームリーダー、2008 年同大工学研究科准教授。2018 年より富山県立大学工学部教授、現在に至る。FDTD 法によるサブ波長構造の電磁界シミュレーション、マルチスペクトル・イメージングデバイスの研究開発、機械学習を利用したマルチスペクトルデータの解析に関する研究に従事。1998 年本学会エレクトロニクスレター論文賞、2001 年安藤博記念学術奨励賞、2009 年コミュニケーション画像科学奨励賞、2022 年本学会教育功労賞受賞。応用物理学会、日本分光学会、Optica 各会員。



【寄稿】(エレクトロニクスソサイエティ賞受賞記)

光半導体およびフォトニクス分野

「光信号処理技術のシステム応用ならびに光集積デバイス適用に関する研究」

植之原 裕行 (東京工業大学未来産業技術研究所)



このたび、思いがけず栄えあるエレクトロニクスソサイエティ賞を受賞するにあたり、光通信関係の研究を始めるきっかけを与えてくださった東京工業大学末松安晴名誉教授、研究室にてご指導いただいた伊賀健一名誉教授、小林功郎名誉教授、小山二三夫教授をはじめ、関係各所の先輩・同輩・後輩、研究室の卒業生・現役学生の皆様に感謝申し上げます。

受賞対象となった「光信号処理技術」ですが、一般には様々な技術・機能があります。処理手法としては時間領域・周波数領域、機能としては識別・演算・利用効率に着目して取り組んできました。その応用先としては光通信ネットワークの中で様々な領域に適用可能性を目指してきましたが、長距離光ファイバの光非線形歪の低負荷復調処理、都市内・都市間通信における信号の低遅延・低消費電力動作のアドレス識別・転送機能、高周波数利用効率のための高稠密波長多重信号の分離・合波・復調、データセンタネットワークの光スイッチング技術、近年では高速モバイルの大容量化・低遅延化のためのエッジ連携技術が主な内容です(図1はネットワークのイメージ図中に適用箇所を示したものです)。その中で、本稿では2022年9月9日に電子情報通信学会ソサイエティ大会でお時間をいただき講演した内容を取り上げたいと思います。

まず2010年代半ばまでに取り組んだ光遅延干渉計による低遅延ラベル識別技術を紹介します。これは光デジタル/アナログ(DA)変換技術に着目してルータのアドレス識別に適用できないか、検討を進めた内容です。既存の入出力での光/電気・電気/光変換を介した電気ルータ、光ゲートを用いたシリアル/パラレル(SP)変換技術、着目した光DA変換技術の消費電力を簡素なモデルで数値的に比較し、ビット数の多い領域で複数ビットを単一ビットに集約できることによる消費電力低減効果を見出しました。その後、FPGA(Field Programmable Gate Array)にルックアップテーブルを構成した制御ボードを介して電流注入型の波長可変レーザで出力経路に応じた波長に高速変換し、転送する動作を実証しています。また光DA変換部は、図2に示すようにInP系半導体集積化することで安

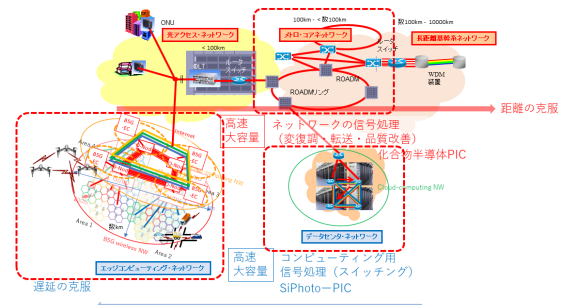


図1 光信号処理技術のネットワークへの適用箇所例

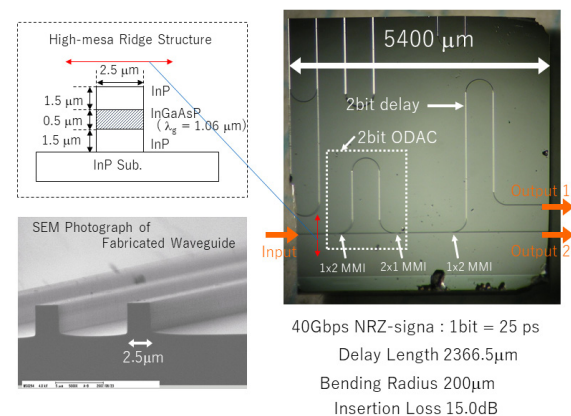


図2 InP系光DA変換部の断面構造図(左上)、断面SEM像(左下)、表面写真(右)

定動作が可能であり、2ビット処理2並列、3ビット処理の基本動作を実現してきました。光DA変換部は光SP変換、波長変換部は光ゲートにも入れ替え可能でバリエーションはありますが、低遅延転送と消費電力低減を実現するための鍵は主信号部を光/電気変換せず、光のまま転送することであり、さらに転送制御するためのアドレス処理にどのような技術を持つてくるかが重要である、という考えにつながりました。

次に、昨年から取り組んでいるエッジ/クラウドコンピューティング基盤におけるエッジ連携のための光スイッチング技術について述べます。この取り組みは小山二三夫教授(東京工業大学科学技術創成研究院未来産業技術研究

所) が代表を務められている NICT 革新的情報通信技術研究開発委託研究 Beyond 5G 研究開発促進事業「Beyond 5G 超大容量無線通信を支える次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発」の元で実施しているものです。図3に示すように、無線信号の近傍に置かれるエッジコンピューティング同志を光ネットワークで結び、リソースを共有することによる大容量化への有効性の実証を目指しています。その成果は今後継続して報告させていただくこととして、ナノ秒オーダーでの経路切り替えと小型高密度集積を狙ってシリコン細線導波路のpn接合スイッチを複数入出力間で一体化する集積素子(図4)にターゲットを定めて検討を進めています。異なるネットワーク領域間のパケットの衝突を回避するために波長多重を用い、さらに異なる無線領域の間の信号を空間分割多重することでエッジからの信号の時間多重・分離処理を省くことで大容量かつ低遅延・低消費電力化の可能性を追求しています。pn接合への電流注入によりナノ秒オーダー・10mAレベルの注入電流変化でのスイッチ動作とともに、Cバンド、Oバンドでの波長合成分波フィルタ・光スイッチ動作を確認できています。今後、さらに転送遅延の低遅延化を進め、空間分割多重やエッジ間の連携の効果について立証していきたいと考えているところです。

以上のほかにも、冒頭に触れた本年ソサイエティ大会の講演では時間の関係で触れることができませんでしたが、半導体光増幅器の相互位相変調動作を応用した2光入力に対する排他的論理和動作を演算処理に適用し、ブロック符号あるいは巡回符号の前方誤り訂正技術の基礎的な検討を一時期行いました。また強度変調から位相変調に大きく移行した以降には、高非線形ファイバ内の四光波混合を利用した波長変換と光コム技術を連携して、都市内・都市間ネットワークの波長多重・分離動作における波長フラグメンテーションの問題を解消するための高精度周波数選択が可能な波長変換技術の適用範囲を検討もしてきました。それぞれに既存電気処理に対する優位性を明確にする難しさと裏腹の可能性を感じずる部分もあり、まだまだ検討する技術は多いと感じている次第です。

以上、ごく簡単に受賞対象技術の一部を紹介してきました。今後も光信号処理技術の可能性を明確にすべく、努力

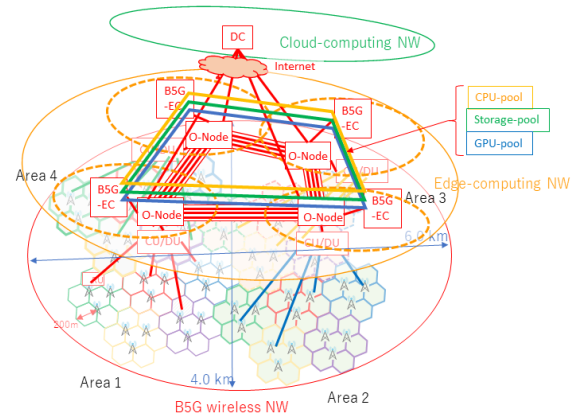


図3 エッジ/クラウドコンピューティング基盤の中の光スイッチングシステムの位置づけ

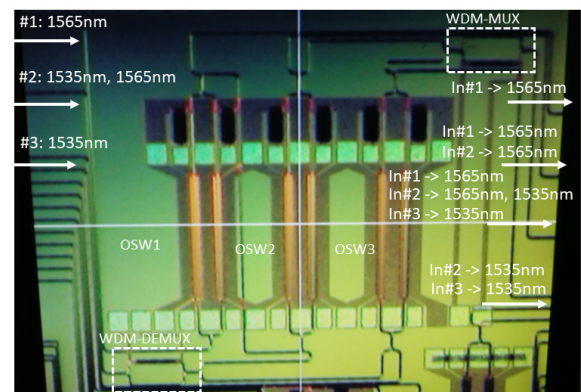


図4 シリコン細線導波路型pn接合スイッチ・波長合成分波フィルタ集積素子

を続けたいと考えております。関係者の皆様との議論を続けていることが重要ですので、今後どうぞよろしくお願ひ申し上げます。

著者略歴：

1989年東京工業大学総合理工学研究科物理情報工学専攻修士課程修了。同年NTT光エレクトロニクス研究所入所。2001年東京工業大学精密工学研究所准教授、2012年同研究所教授。現在、同大学未来産業技術研究所教授。工博。1995年電子情報通信学会若手奨励賞、2019年フェロー受賞。2022年エレクトロニクスソサイエティ賞受賞。



【寄稿】(エレクトロニクスソサイエティ賞受賞記)

回路およびエレクトロニクス分野

「シリコン基板上窒化物パワー半導体の先駆的研究」

江川 孝志 (名古屋工業大学)



この度は、令和3年度(第25回)エレクトロニクスソサイエティ賞を頂き、誠に光栄に存じます。この栄誉は個人の力ではなく、これまでにご指導を頂いた先生方・先輩・学生、エレクトロニクスソサイエティの皆様、特に電子デバイス研究会関係者の皆様のお陰であると感謝しております。今後も、微力ながら電子デバイスの分野で、学会や産業界に貢献していきたいと思っております。

以下では、本賞の対象になりました「シリコン基板上窒化物パワー半導体の先駆的研究」について、概要をご紹介します。

研究開発の背景

国内の一次エネルギー消費量4.7億トン(石油換算)のうち、36%がパワーデバイス(照明以外)用途として使用されています。最近、特にビッグデータ化に伴うデータセンターの省エネルギー化、高機能IT端末の低消費電力化、移動機器の充電高効率化及び車の電動化は喫緊の課題であり、次世代の高効率パワーデバイスの実用化が世界的に急がれています。しかしながら、現在普及しているSiを用いたパワーデバイスは、既にその材料の持つ性能の限界に近づいているため、今後、エネルギー変換効率の高いSiCやGaNといった大きな禁制帯幅を有する次世代のワイドバンドギャップ半導体が着目されています。特にGaNパワーデバイスは、理論上、Siパワーデバイスの約1/1000となる低オン抵抗化や低損失化・省エネ化が期待できます。しかしながら、SiC及びGaN基板の場合、コスト及び基板サイズの問題があります。

従って、電力の安定供給、省エネルギー化の促進、温室効果ガスの排出削減といったエネルギーの有効利用に関する課題を解決するためには、パワーデバイス分野での高いエネルギー変換効率を有する大口径・低コストの省エネ用GaN/Siパワー半導体・デバイスの開発が急務です。

Si基板上のAlGaIn/GaN HEMT構造の成長

有機金属気相成長(MOCVD)法を用いて、大口径(6及び8インチ径)Si基板上に高品質のGaIn層(GaN/Si)を結晶成長させる技術(ヘテロエピタキシャル成長技術)を

開発し、高効率・大電力動作、大口径化、低コスト化が可能である省エネ用GaIn/Siパワー半導体の研究開発を行いました。

本技術の特徴は、

1. 高温成長させたAIN初期層による表面状態の改善
2. GaIn/AIN歪超格子層の導入による歪緩和
(格子歪を利用した熱歪の緩和)

の2点です。

まず、高温成長させたAIN初期層による表面状態の改善についてです。GaIn/Siヘテロエピタキシャル結晶成長では、Si基板とGaIn層の物性定数が大きく異なるため(格子定数差及び熱膨張係数差)、適切な初期層が必要です。そのため、従来は、低温で成長させた初期層がGaAs/Si(二段階成長法)及びGaIn/サファイア(低温緩衝層)の成長方法として広く用いられてきました。しかし、GaIn/Si成長では、Si基板上に約500°Cの低温で成長させたAIN層を初期層として用いると、このAIN初期層が島状に三次元成長するため、この上に約1000°CでGaIn層を成長させると、AIN島状結晶どうしの間からGaがSi基板に侵入し、SiとGaの反応によるメルトバックエッチングが発生します[1, 2]。その結果、GaIn成長層表面にV状のピットが発生し、GaIn層表面が劣化するという大きな問題が生じます。このV状ピットはAIN/Si界面で発生し、これを起点として逆六角錐状の大きなピットが表面まで貫通しており、また、V状ピットから半径70µm以内の領域では、電界強度分布の局所的な集中や化学量論的組成(ストイキオメトリー)からのずれ等が原因となり、耐圧の低下、ドレイン電流密度の低下やしきい値電圧の変動などのデバイス特性に大きな影響を与えることも明らかにしてきました[3~5]。

この問題を解決するために、本技術では、AIN初期層を約1080°Cの高温で成長し、Si基板表面でのマイグレーション効果により横方向の成長を促進し、AIN初期層を二次元成長させた結果、Si基板表面をAIN初期層で被覆することにより、メルトバックエッチングを抑制でき、GaIn層の表面状態が大幅に改善され鏡面を有するGaIn層が得られました。

次に、GaN/AlN 歪超格子層の導入による歪緩和についてです。熱膨張係数の大小関係は $Si < GaN < AlN$ となっています。GaN/Si では、Si と GaN の熱膨張係数が大きく異なるため、温度を約 1000°C の成長温度から室温に冷却する際、GaN 層に熱歪による引っ張り応力が印加され、GaN/Si エピ基板が大きく凹状に反ったり割れるため（クラックの発生）、GaN 層の厚膜化が困難でした。デバイス層となる GaN 層の厚膜化が困難であることは、高耐圧のパワーデバイスとしては致命的な問題です。

本技術では、これを解決するために、(Al)GaN/AlN 多層膜で構成される歪超格子層を導入しました。格子定数の大小関係は $Si > GaN > AlN$ となっているため（熱膨張係数の大小関係とは逆）、本技術では、原子レベルで制御された (Al)GaN/AlN 歪超格子層を形成した後に GaN 層を成長させる方法を開発しました。冷却の際に生じる引っ張り応力とは逆方向の圧縮応力を GaN 層にあらかじめ与えておき、冷却時の歪を相殺するものです[5, 6]。

以上のように、高温成長 AlN 初期層による表面平坦性の確保及び歪超格子層を用いた応力緩和・厚膜化により、高品質大口径 GaN/Si エピ基板を作製することが可能になりました。

デバイス特性

本技術を用いて 8 インチ径 GaN/Si エピ基板の上に AlGaIn/GaN HEMT 構造を成長し、パワーデバイスを試作しました[7, 8]。このデバイスでは、AlGaIn/GaN ヘテロ界面に形成された高い移動度 ($1520 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) と高密度 ($1.1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$) の電子（二次元電子ガス：2DEG）がキャリアとして働くものです。今回の試作プロセスでは、オーミック電極として Ti/Al/W、ショットキー電極として Pd を用いており Au 系電極を使用していない（Au フリープロセス）。デバイス特性として、300 mA/mm の高いドレイン電流密度、 $2.5 \text{ m}\Omega\text{cm}^2$ の低いオン抵抗値及び 1650 V の高い三端子オフ耐圧が得られ、省エネ用パワーデバイスとしての性能が得られました。

波及効果

本技術は、低耐圧領域ばかりでなく、スイッチング電源、サーバー用電源などの民生用エレクトロニクス分野を中心に、エネルギー分野や工作機械、医療機器、電装システムなどの高い動作周波数域での 650 V～1 kV 以上の中～大電力領域のパワーデバイスへの応用開発が進められています。さらに、高価な半絶縁性 SiC 基板に代わり、安

価・大口径・高抵抗 FZ-Si 基板上的 AlGaIn/GaN HEMT 構造を用いたポスト 5G 時代の通信基地局の普及に不可欠な GaN 系高周波デバイスへの広がりも期待されています。

むすびに

これまで研究を指導して頂いた名古屋工業大学名誉教授・梅野正義先生および研究を進めてくれたメンバーの皆様に感謝いたします。

参考文献

- [1] H. Ishikawa, K. Yamamoto, T. Egawa, T. Soga, T. Jimbo and M. Umeno, J. Crystal Growth, Vol. 189/190, pp. 178-182, 1998.
- [2] H. Ishikawa, G.-Y. Zha, N. Nakada, T. Egawa, T. Jimbo and M. Umeno, J. J. Appl. Phys., Vol. 38, No. 5A, pp. 492-494, May, 1999.
- [3] S. Lawrence, T. Suzue and T. Egawa, IEEE Electron Device Letters, Vol. 30, no. 6, pp. 587-589, June, 2009.
- [4] S. L. Selvaraj, A. Watanabe, A. Wakejima and T. Egawa, IEEE Electron Device Letters, Vol. 33, No. 10, pp. 1375-1377, Oct., 2012.
- [5] T. Egawa, 2012 IEEE International Electron Devices Meeting, pp. 613-616, Dec., 2012.
- [6] I. B. Rowena, S. L. Selvaraj and T. Egawa, IEEE Electron Device Lett., Vol. 32, No. 11, pp. 1534-1536, Nov., 2011.
- [7] D. Christy, T. Egawa, Y. Yano, H. Tokunaga, H. Shimamura, Y. Yamaoka, A. Ubukata, T. Tabuchi and K. Matsumoto, Appl. Phys. Express, Vol. 6, No. 2, pp. 026501-1-026501-4, Jan., 2013.
- [8] J. J. Freedman, T. Egawa, Y. Yamaoka, Y. Yano, A. Ubukata, T. Tabuchi and K. Matsumoto, Appl. Phys. Express, Vol. 7, pp. 041003-1-041003-3, Apr., 2014.

著者略歴：

1980 年名古屋工業大学工学部電子工学科卒業、1982 年同大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了、1991 年同大学大学院工学研究科電気情報工学専攻博士後期課程修了、工学博士、1982 年～1988 年沖電気工業株式会社基盤技術研究所研究員、1991 年名古屋工業大学助手、1993 年同大学助教授、1999 年同大学教授、2022 年同大学定年退官後、同大学名誉教授およびプロジェクト教授、現在に至る。Si 基板上的化合物半導体ヘテロエピタキシーとデバイス応用に関する研究に従事。2010 年科学技術分野の

文部科学大臣表彰科学技術賞（科学技術振興部門）及び日本結晶成長学会賞第 17 回技術賞受賞、2015 年産学官連携功労者表彰科学技術政策担当大臣賞、2021 年日本結晶成長学会第 16 回業績賞および赤崎 勇賞などを受賞。電子情報通信学会/応用物理学会正員、IEEE Senior Member。



【寄稿】 (ELEX Best Paper Award 受賞記)

「64QAM Wireless Link with 300GHz InP-CMOS Hybrid Transceiver」

Ibrahim Abdo (Tokyo Institute of Technology)



It is a great honor for me to receive the ELEX Best Paper Award for 2021 for the paper “64QAM wireless link with 300GHz InP-CMOS hybrid transceiver” that was published in the journal in September 2021. I am extremely grateful to the coauthors for their continuous guidance and support. This letter presents a brief introduction to the research that led to the writing of the awarded paper.

The interest in sub-THz frequency bands around 300GHz have been increasing drastically in the last several years, as the consideration of the next generation for wireless communication (6G) has commenced widely. The wide available bandwidth and the resulting above-10Gbps ultra-high data rates are the main attracting factors of the 300GHz-band, but the large path loss and the limited performance of the electronic devices are serious obstacles in the way of the commercial spread of technologies that use this band.

One of the semiconductor devices that suffers a huge degradation in its performance as the frequencies get closer to 300GHz is the CMOS transistor. It produces so little gain, if any, that many have doubted that it will ever be used in systems that operate at such frequencies. On the other hand, compound semiconductor processes such as InP-HEMT have shown a huge progress in the last years achieving amplification at frequencies as high as 1THz.

Okada laboratory group in Tokyo Institute of Technology has been looking for a practical implementation of a 300GHz system for several years, while making the best out of the available devices and processes. A CMOS-only 300GHz transceiver was presented in the International Microwave Symposium (IMS) in the middle of 2020 demonstrating the possibilities of a simple, yet effective 300GHz system design. A 34Gbps link was demonstrated using QPSK, but the limited output power of such a small chip was not high enough to achieve high-order modulations.

Thanks to the InP-HEMT technology provided by NTT Device Technology Laboratories, we had the chance to demonstrate a hybrid architecture that contains both the cheap

and reliable CMOS, and the fast and powerful InP-HEMT. This way, most of the system components can be implemented using CMOS, while keeping the high frequency amplification part only in the InP chip. The experiment did not disappoint, and it revealed many advantages and challenges of the hybrid structure. The high power of the InP-HEMT power amplifiers made it possible to reach higher data rates up to 56Gbps and higher-order modulations up to 64QAM. However, many challenges appeared as well including the connection loss between CMOS and InP, and the noise figure limitations of using a power amplifier as a low noise amplifier.

This experiment can be considered as an indicator of how easy and hard at the same time it is to have a high-quality link using the hybrid architecture. As the compound semiconductor amplifier provides the highly needed gain and power, the connection losses and the high noise levels take the signal-to-noise ratio back to a lower value.

The next step in this research is to find the most practical way to connect the CMOS and the InP chips. The loss is surely one of the main parameters to look for, but the cost and the feasibility are also as important.

Biography :

Ibrahim Abdo received the B.Sc. in Electronics Engineering from Princess Sumaya University for Technology (PSUT), Amman, Jordan in 2014, the M.E. degree in Physical Electronics, and the Ph.D. degree in Electrical and Electronic Engineering from Tokyo Institute of Technology, Japan in 2017 and 2021, respectively. He is currently a Researcher with the NTT Device Technology Laboratories, where he is engaged in the research and development of MMICs for ultra-high-speed wireless communications. His research interests include high data rate mm-wave/sub-THz wireless transceiver circuit design and phased-array implementation. Abdo was a recipient of the Japanese Government (MEXT) Scholarship, and the IEEE SSCS Predoctoral Achievement Award for 2021-2022.



【寄稿】(ELEX Best Paper Award 受賞記)

「High-Definition Object Detection Technology Based on AI Inference Scheme and its Implementaion」

鵜澤 寛之 (日本電信電話株式会社)



この度は、「High-Definition Object Detection Technology Based on AI Inference Scheme and its Implementation」[1]に対して ELEX Best Paper Award を頂き、大変光栄に存じます。ご推薦頂きました方々、選考委員及びエレクトロニクスソサイエティの皆様へ深く感謝申し上げます。また、本論文の共著者である、NTT デバイスイノベーションセンタの吉田周平氏、飯沼宥光氏、八田彩希氏、大森優也氏、小林大祐氏、中村健氏、佐野公一氏、ArchiTek 株式会社の高田周一氏、寅巴里ハッサン氏に、この場を借りて感謝申し上げます。

本研究の背景と概要をご紹介します。ドローン目視外飛行や公共空間での監視サービス等のエッジ/端末AIアプリケーションでは、重量や電力の制約から搭載するカメラの台数が限られており、1 台のカメラで広範囲の物体を1 度に検出するために、高精細な画像での物体検出が求められています。フル HD や 4K などの高精細画像は、画角が広く、搭載カメラの近くにある物体と遠くにある物体が同一画像内に共存し得るため、大きな物体と小さな物体の両方を画像に取り込むことができます。そのため、高精細画像における物体検出では、大小両方の物体を高精度に検出することが求められます。

従来、物体検出のための AI 推論として、you-only-look-once (YOLO)[2]等が提案されておりますが、計算量と学習プロセスの難易度を抑制するために、入力画像サイズが制限されています。例えば、YOLOv3 の標準的な学習済みモデルにおける最大の入力画像サイズは 608 × 608 ピクセルです。このため、たとえフル HD カメラや 4K カメラで撮影した画像でも、実際には小さい画像サイズに縮小して AI 推論を行っており、小さな物体がつぶれて検出できなくなってしまう課題がありました。

そこで、我々はまず、高精細画像を分割して、それぞれに並列に AI 推論処理を行い、結果を合成する AI 推論高精細化技術を確認し、上記課題を解決しました。処理の概要は図 1 の通りとなります。まず、小さな物体を検出できるようにするために、入力画像を分割して、分割画像ごとに物体検出を実施します。これと並行して、分割画像を跨ぐような、大きな物体も検出できるようにするために、画

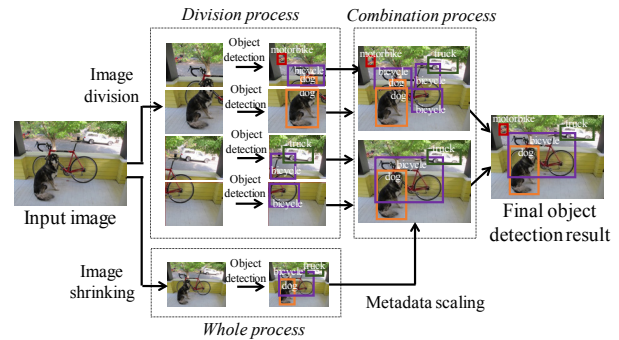


図 1 AI 推論高精細化技術 (受賞論文[1]より引用)

像全体を縮小しての物体検出も行います。こうして得られた全体画像からの結果と、分割画像からの結果とを合成することで、最終的な物体検出結果を得ます。これにより、高精細画像に対しても、大小両方の物体を検出することが可能となります。

本技術において、物体検出は互いに独立しているため、並列実行が可能なハードウェアに適した技術となっております。また、物体検出のための AI 推論は任意の手法を適用可能であり、本技術適用のための再学習も不要です。

本論文では、画面分割数 2 の条件にて、フル HD 画像で従来比 2.1 倍の検出性能を達成し、高精細画像にて大小両物体をより高精度に検出可能になることを示しました。

参考文献：

- [1] H. Uzawa *et al.*, “High-Definition Object Detection Technology Based on AI Inference Scheme and its Implementation,” IEICE Electronics Express, vol.18, no.22, pp.20210323, 2021.
- [2] J.Redmon *et al.*, “YOLOv3: An Incremental Improvement,” [online] Available: <https://arxiv.org/abs/1804.02767>

著者略歴：

2008 年 東京理科大学大学院工学研究科修士課程修了。同年日本電信電話株式会社入社。光アクセスシステム用 MAC LSI の高速・低電力化の研究開発、デジタルコヒーレント光通信用 DSP LSI の研究開発、光アクセスシステムの移動体通信システムへの適用に関する研究開発に従事した後、2019 年からデバイスイノベーションセンタにて、高精細映像 AI 推論エンジンの研究開発に従事。2012 年 電子情報通信学会 学術奨励賞受賞。



【寄稿】(エレクトロニクスソサイエティ招待論文賞受賞記)

「微弱な環境エネルギー利用を目指した小型 IoT デバイスの構築に向けて」

廣瀬 哲也 (大阪大学)



この度は拙著論文に対してエレクトロニクスソサイエティ招待論文賞をいただき、大変光栄に存じます。ご推薦いただきました皆様、選考委員およびエレクトロニクスソサイエティの皆様にご感謝申し上げます。本研究の一部は、NEDO および東京大学 VDEC を通して、日本ケイデンス・デザイン・システムズ社、メンター・グラフィックス・ジャパン株式会社の協力で行われたものです。また、本研究の一部は、科研費 (JP19K11875)、キャノン財団の支援を受けたものです。ご関係の皆様へ、心よりお礼申し上げます。

本論文の背景と概要をご紹介します。もののインターネット (IoT: Internet of Things) のキーワードで注目される次世代情報社会では、多種多様なセンサを活用したエッジノードデバイスが用いられ、より豊かな、より便利な社会基盤を構築できると期待されています。これらのデバイスは、小型かつメンテナンスフリー動作が求められます。現在、小型バッテリーを用いたセンサデバイスが利用されていますが、バッテリー交換のメンテナンスコストが膨大になる課題があり、実用化に向けた大きな課題となっています。

メンテナンスフリーな電力供給手法としてエネルギーハーベスティング技術が注目されています。これは、光、温度差、振動、電磁波などの環境中に存在するエネルギーを、エネルギー変換素子 (ハーベスタ) を用いて電気エネルギーに変換し、エッジノードデバイスへ電力供給を行う手法です。しかし、小型ハーベスタの出力電圧は低電圧であり、微弱な電力しか得られません。また、これらは発電環境に依存して変化する課題があります。したがって、発電環境に依存することなくデバイスに電力を供給可能なパワーマネジメント回路が必要になります。

パワーマネジメント回路の中核を担う回路ブロックとして、昇圧コンバータがあります。スイッチトキャパシタ (SC: Switched-Capacitor) 型昇圧コンバータは、オンチップ集積することができ、小型・小面積な昇圧コンバータを実現することができます。ハーベスタの出力電圧からクロック信号を生成し、 n 段接続した基本 SC 回路をスイッチングすることで、ハーベスタの出力電圧を最大 2 の

n 乗倍に昇圧することができます。しかし、昇圧比率によっては複数の接続方法が存在します。例えば、3 倍昇圧の実現には 3 通りの、6 倍昇圧の場合には 4 通りの接続構成が存在します。最適な構成を選択するためには SPICE シミュレーションが必要で、シミュレーション時間の増大が課題となっていました。

そこで本論文では、SC 回路の各段の入力から出力へ流れる電流に着目し、周波数領域での解析手法、特に、電圧制御電圧源、出力インピーダンス、そして負荷電流から構成される等価回路モデルを導出する手法を提案しました。出力インピーダンスが最小となる回路構成を選択することで、回路の高効率化を実現することができます。さらに、寄生容量を考慮した解析を行い、寄生素子による損失をモデル化する手法を提案しました。提案手法を用いることで、回路構成の選択に加えて、MOSFET スイッチの種類選択やサイズ、使用する電荷転送用キャパシタ、負荷用キャパシタ、および動作周波数を最適化することが可能となり、高効率化を実現できることを示しました。

今後の課題として、昇圧コンバータの高効率化のみならず、低電圧・低消費電力で動作する回路開拓等、様々な集積回路技術分野の課題を解決していく必要があります。今回の受賞を励みとし、小型かつメンテナンスフリーの IoT デバイスの実現に向けた課題解決や、新たな集積回路技術の提案など、集積エレクトロニクス分野の更なる発展に向けて邁進してまいります。

著者略歴:

2004 年大阪大学大学院工学研究科博士後期課程単位取得退学。同年北海道大学大学院情報科学研究科助手、2007 年同大学助教、2008 年神戸大学大学院工学研究科講師、2009 年同准教授、2019 年大阪大学大学院工学研究科電気電子情報通信工学専攻教授。MOS トランジスタの物理特性を活用した超低消費電力半導体集積回路の設計研究に従事。電子情報通信学会、応用物理学会、IEEE 各会員。2013 年第 10 回 STARC 共同研究賞、2017 年丸文財団丸文研究奨励賞受賞。博士 (工学)。

【寄稿】 学生奨励賞受賞記

「LSEモードを利用したNRDガイド素子のトポロジー最適設計」

稗田 直哉（室蘭工業大学）

この度は名誉あるエレクトロニクスソサイエティ大会学生奨励賞を授与いただき、大変光栄に存じます。ご推薦いただきました学会関係者の皆様には厚く御礼申し上げます。



今回受賞対象となりました研究は、ミリ波デバイス的一种であるNRDガイドのトポロジー最適設計に関する検討です。誘電体導波路を二枚の金属板で挟んだ構造のNRDガイドはその非放射性から曲りや不連続部での放射損失がないため高効率かつ小型なミリ波デバイスの実現に有用です。NRDガイドは本来的に3次元構造であり、ハイブリッドモードであるLSMモードとLSEモードが伝送されるため高さ方向への誘電体の変化がない場合であっても3次元解析が必要と考えられていました。私たちの研究グループはNRDガイドの高さ方向の電磁界変化が三角関数で表せることを利用して問題を2次元化でき、辺・接点混合要素を用いたフルベクトル有限要素法により3次元構造を厳密に2次元解析できることを示し、設計を飛躍的に効率化しています。私達はこれまで、光デバイスの設計のために開発した関数展開法に基づくトポロジー最適設計をNRDガイドに適用する検討を行ってきました。設計には入出力ともにLSM01モードを想定していましたが、曲りや分岐部では入射LSM01モードはLSE01モードに変換されやすく、広帯域動作する小型素子の設計が難しい場合があります。そこで、本検討では、目的の出力をLSE01モードとすることでNRDガイド素子の帯域特性の最適化が容易になるかの検討を行いました。

今回の受賞を励みに、一層の精進を重ねていく所存です。最後に、本研究を進めるにあたりご指導いただきました室蘭工業大学の辻寧英教授、井口亜希人助教、北見工業大学の柏達也教授、兵庫県立大学の森本佳太助教をはじめ学会でお世話になっている皆様に厚く御礼申し上げます。

著者略歴：

2021年室蘭工業大学工学部情報電子工学系学科卒業、同年より同大学院辻研究室に所属し、光・ミリ波デバイスのトポロジー最適設計に関する研究に従事。

「AMラジオ放送波および土中埋設型コイルを用いた土壌含水率推定に関する研究」

岩城 昂琉（呉高専）

この度エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞を頂き大変光栄に存じます。ご推薦下さいました学会関係者の皆様並びにオンライン会議にてご議論いただきました皆様に深く御礼申し上げますとともに、本研究遂行に当たりご指導頂きました黒木太司教授、および研究関係者の方々に厚く御礼申し上げます。



以下では本賞の対象となりましたAMラジオ放送波および土中埋設型コイルを用いた土壌含水率推定に関する研究についてご紹介いたします。

土壌含水率の推定方法としては、任意の巻き数を有するコイルの両端に長さ十数メートルの同軸ケーブルの内部・外部導体を接続します。ここで外部導体は開放状態とし、コイルを土壌に埋設した際のAMラジオ放送波の受信電力を測定することによって土壌含水率の傾向を観測することが可能となります。この原理としましては、地表波であるAMラジオ波を同軸ケーブルの外部導体が受信し、コイルおよび中心導体を經由して測定器へとその信号が伝わります。この時土壌が乾燥した状態であるとコイルのインピーダンスは高くなり、給電線-コイル間は開放状態に近づきます。これに対して土壌が含水した状態では、コイルに含まれる線間容量が増加することでコイルのインピーダンスが低下し、給電線-コイル間が導通状態に近づきます。このように土壌の含水率に応じて、コイルがスイッチのような振る舞いをすることから、土壌含水率の傾向を安価かつ容易に観測することが可能となりました。現在は実地検証に向けたIoT化を進めた各種検討を行っております。

今回の受賞を大きな励みとして、今後とも土壌含水率推定の研究に精進してまいります。これからも引き続きご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

著者略歴：

2021年呉工業高等専門学校電気情報工学科卒業、2023年同校専攻科修了予定。

「垂直入射型コヒーレント光受信器の実証」

相馬 豪 (東京大学)

この度は名誉あるエレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞を授与いただき、大変光栄に存じます。ご推薦頂いたエレクトロニクスソサイエティ関係者の皆様方に厚く御礼申し上げます。



今回受賞対象となりました研究は、過去に提案した垂直入射型コヒーレント光受信器を実現するデバイスを作製し、通信実験による実証を行ったものです。現在、通信トラフィック量の高まりにより波長多重だけでなく空間多重も用いた光通信システムが本格的に必要になるとされています。その際には光送受信器を高密度に集積する必要がありますが、従来の導波路型デバイスではこれは困難でした。そこで本研究では、これをクリアし得る垂直入射型コヒーレント受信器の実証に取り組みました。デバイスは、金によるワイアグリッド偏光子を集積した InGaAs の pin フォトディテクタ 4 つで構成され、それぞれの偏光子の角度を 45 度ずつ変えることでホモダイン検出を実現します。作製したデバイスを用いて、50GBd 16QAM 信号などの高速信号の復調、並びに 1260 nm～1630 nm の超広帯域での 12.5 GBd QPSK 信号の復調に成功しました。本研究結果は、将来の超並列チャネル光伝送システムへの利用が期待されます。

今回の受賞を励みとして、より一層の努力を重ねて研究活動に努めていく所存です。最後に、指導教員の中野義昭教授、種村拓夫准教授をはじめとする本研究にご助力いただいた共著者、関係者の皆様方に厚く御礼申し上げます。

著者略歴：

2020 年東京大学工学部電気電子工学科卒業。2022 年東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻修士課程修了。現在、同大学院工学系研究科電気系工学専攻博士後期課程在学。

「光サブキャリア信号高強度化による UTC-PD 集積 HEMT の光ダブルミキシング変換利得向上」

中嶋 大 (東北大学)

この度は、エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞という名誉ある賞を賜り、大変光栄に存じます。選定に携わった学会関係者の皆様、本研究を進めるにあたりご指導頂いた東北大学の尾辻泰一教授、佐藤昭准教授、ならび



に研究に協働いただいた皆様方に厚く御礼申し上げます。

今回受賞対象となりました研究は、Beyond 5G の実現に向け、我々の提案する周波数下方変換デバイスである、単一走行キャリアフォトダイオード集積高電子移動度トランジスタ (UTC-PD 集積 HEMT) の性能向上に向けた実験研究です。具体的には、将来の光・無線融合化フルコヒーレントネットワークで必要となる光信号から無線信号へのキャリアコンバータ (周波数下方変換) 機能を単一の光電子融合素子で実現しようとするものです。光通信 2 光波のうち、データが載っていない、光サブキャリア信号と呼ばれるローカル信号をレーザダイオードへ注入同期することで低雑音・高強度な局発光信号を生成し、最終的な周波数下方変換利得を向上させるという新たな手法の検討です。今回、その第一段階として、UTC-PD 集積 HEMT が入力する光サブキャリア信号強度に対し、どのように振舞うかを実験的に明らかにしました。実験では、UTC-PD 特有の光入力に対するダイナミックレンジの広い応答動作が UTC-PD 集積 HEMT でも得られ、結果として大きく性能が向上しました。今後の B5G フロントホールにおける光・無線間の広帯域・高効率・低消費電力の周波数下方変換デバイスの実現に大きく貢献できると期待されます。

今回の受賞を励みに、一層の努力と研鑽を重ね、研究活動に臨む所存です。今後ともご指導ご鞭撻を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

著者略歴：

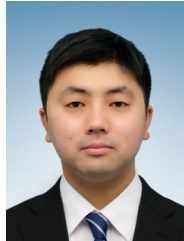
2021 年東北大学工学部 電気情報物理工学科卒業、同年より同大学院 工学研究科通信工学専攻 博士前期課程在籍。InP 系 HEMT を用いた Beyond 5G 用周波数下方変換デバイスに関する研究に従事。

【寄稿】 学生奨励賞受賞記

「電波天文のためのクワッドバンド超伝導帯域通過フィルタの開発」

良知 颯太 (山梨大学)

この度は、名誉あるエレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞をいただき、誠に光栄に存じます。ご推薦していただきましたエレクトロニクスソサイエティ関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。



今回受賞対象となりました「電波天文のためのクワッドバンド超伝導帯域通過フィルタの開発」は国立天文台水沢 VLBI 観測所における広帯域受信機のための4つの通過帯域を有する超伝導帯域通過フィルタについての研究です。水沢観測所において UHF 帯での広帯域電波観測が求められています。しかし、UHF 帯では電波干渉 (RFI) が存在するため連続して広帯域に電波観測を行うことは不可能です。そこで、RFI が無い電波静穏な帯域を束ねて広帯域に観測ができる超伝導マルチバンド帯域通過フィルタ (MB-BPF) が技術的解決策として期待されています。MB-BPF の報告例としてマルチモード共振器によって構成される MB-BPF がありますが、共振器の形状が複雑化してしまいフィルタの設計パラメータの個別調整が困難となる課題がありました。そこで、水沢観測所の電波環境に合わせ、各帯域の設計パラメータの個別調整が可能な超伝導クワッドバンド帯域通過フィルタ (QB-BPF) を開発しました。提案した QB-BPF は小型スタブ装荷共振器によって構成される6段のデュアルバンド帯域通過フィルタ (DB-BPF) を2つ並列に並べて構成されています。DB-BPF を用いたことで設計自由度が高く、小型な QB-BPF を実現しました。さらに、外部 Q 値の設計自由度が高いインターディジタル給電構造を考案し、各帯域の外部 Q 値を個別調整する方法を提案しました。

今回の受賞を励みとして、より一層研究に邁進して参ります。最後に日頃からご指導いただいている山梨大学の關谷尚人准教授、作間啓太助教授、ならびに本研究室の皆様へ深く御礼申し上げます。

著者略歴：

2021 年山梨大学工学部電気電子工学科卒業、同年より山梨大学大学院医工農学総合教育部修士課程電気電子工学コースに進学。關谷・作間研究室に所属し、超伝導マルチバンド帯域通過フィルタの研究に従事。

「二重共振回路を用いる F 級 CMOS 発振器の設計法」

池田 和瞭 (広島大学)

この度は、電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞という名誉ある賞を受賞いただき、大変光栄に存じます。ご推薦いただきましたエレクトロニクスソサイエティ関係者の皆様方に厚く御礼申し上げます。



今回、受賞対象となりました「二重共振回路を用いる F 級 CMOS 発振器の設計法」では、テラヘルツ帯トランシーバの RF フロントエンド部において重要なデバイスとなる発振器に着目し、高調波歪みを用いて波形を整形することによって位相雑音を改善させる F 級発振器の設計法を提案したものです。

近年、Beyond 5G などの超高速無線通信の実現に向けた研究が盛んに行われています。その中で発振器の位相雑音は送受信機のキャリア周波数スペクトルを広げ、通信品質を低下させます。さらに発振周波数がテラヘルツ帯になるとリーソンの式より位相雑音の深刻な劣化が生じるため、発振器の位相雑音の改善が求められます。

本研究では、この発振器自体の位相雑音を改善するために発振周波数の3次高調波を強調する F 級発振器に注目しました。F 級発振器には、二重共振回路型とトランス型が存在しますが、従来は、いずれもトランジスタを理想電流源と仮定してタンク回路にインピーダンスのピークを基本波と3次高調波で持つようにして設計していました。しかし、高周波においてはトランジスタが端子間にもつ寄生成分などによって、タンク回路の共振周波数と発振周波数、3次高調波の周波数に差が生まれます。そこで本研究では、反復パラメータを用いてバルクハウゼンの発振条件を基本波と3次高調波で満たす回路を構成することで F 級発振器を設計し、位相雑音を改善しました。

今回の受賞を励みとして、より一層精進を重ねていく所存です。最後となりますが、指導教員の吉田毅准教授、天川修平教授、藤島実教授をはじめとする本研究においてご支援、ご助力いただきました多くの関係者様に深く御礼申し上げます。

著者略歴：

2021 年広島大学工学部電子システム課程卒業。同年より同大学院先進理工系科学研究科先進理工系科学専攻前期課程在籍。



【報告】

「集積回路研究専門委員会(ICD)の活動状況」 (ICD 委員長)



高橋 真史 (キオクシア)

科学技術の著しい進化によって高度自動運転やメタバース等の新しい世界が現実のものとなってきています。先日の FIFA ワールドカップでもコンピューティングによる新たな判定技術が導入されるなど、私たちの生活の様々な分野で技術革新を実感できるようになってきました。AI やポスト 5G 等の先端技術開発を進めて豊かな未来を実現するためには、半導体技術の進歩は欠かすことができません。設計や実装技術を含めた更なる集積化、高性能化、低消費電力化が求め続けられています。

集積回路研究専門委員会は 1987 年に発足し、LSI 開発を進めるために必要な技術である、システムやアーキテクチャ、アナログ/デジタル回路技術、設計手法、実装技術、評価技術等の広範囲にわたっての議論を行い、半導体産業の発展と半導体に携わる人材の育成に取り組んできました。アカデミアと産業界の双方の幅広い分野から多くの研究者技術者の方に参加していただき、様々な立場の方の異なる目線での活発な議論を実施しています。

2022 年度の集積回路研究専門委員会の活動として、10 件の研究会と、ソサイエティ大会及び総合大会のセッションを企画しています。多くの研究会開催において、電子情報通信学会の他の研究専門委員会や、情報処理学会及び IEEE 等の他団体との共催あるいは協賛をいただきながら運営しています。過去 2 年ほど感染症対策により多くの研究会がオンライン開催を余儀なくされましたが、ようやく現地開催を実施することができるようになりました。現地とオンラインのハイブリッド開催を実施することにより、現地で多くの方と交流を深めながら、現地に来られない方もオンラインで参加可能となり、研究会活動としてもより活性化されていると感じています。

- (1) 4 月 第二種研究会 “メモリ技術と集積回路関連一般”
- (2) 5 月 第二種研究会 “LSI とシステムのワークショップ 2022 世界を駆ける先進モビリティエレクトロニクス”
- (3) 8 月 第二種研究会 “学生若手研究会 夏の合宿 オープンソース集積回路設計入門”
- (4) 8 月 第一種研究会 “アナログ、アナデジ混載、RF 及びセンサインタフェース回路、低電圧/低消費電力技術、新デバイス・回路とその応用”

- (5) 9 月 ソサイエティ大会 ICD 企画セッション “多様な最新ハードウェアシステム設計手法 – 協調設計・モデルベース設計・AI 設計–”
- (6) 9 月 第二種研究会 “第 16 回アクセラレーション技術発表討論会「高度計算科学の現状と未来」”
- (7) 10 月 第二種研究会 “学生若手研究会 第 2 回オープンソース集積回路設計ワークショップ (夏の合宿)”
- (8) 10 月 第一種研究会 “ハードウェアセキュリティ、一般”
- (9) 11 月 第一種研究会 “デザインガイア – デザインガイア 2022 – VLSI 設計の新しい大地–”
- (10) 12 月 第二種研究会 “学生若手研究会”
- (11) 3 月 第二種研究会 “学生若手研究会”
- (12) 3 月 総合大会 ICD 企画セッション “社会問題を解決するセンシング回路技術”

集積回路研究会では、より多くの学生や若手の方に積極的に参加していただけるような研究会の企画を進めており、今年度は学生若手研究会を 4 回実施する計画です。まず、8 月と 10 月の夏の合宿では、若手の方が実際に手を動かして回路設計に挑戦するプログラムを企画しました。次に、12 月と 3 月の学生若手研究会では、特に学生の方を中心に発表の機会を提供し、携わってきた研究開発について多くの方と議論する取り組みを進めています。これらの企画を通じて若手の方に研究会活動に興味を持っていただき、将来的に学会および研究会の運営を担う役割を期待しています。

皆様の積極的なご参加をお待ちしております。今後とも集積回路研究専門委員会をよろしくお願い申し上げます。

著者略歴：

1987 年 3 月筑波大学大学院博士課程工学研究科前期課程修了。同年(株)東芝総合研究所入社。現在、キオクシア(株)メモリ技術研究所システム技術研究開発センターにて、メモリ/ストレージのシステム技術に関する研究開発に従事。専門はプロセッサ/SoC アーキテクチャ。IEEE 会員。2021 年 6 月より集積回路研究専門委員会委員長。



【報告】

「磁気記録・情報ストレージ研究専門委員会(MRIS)活動報告」 (MRIS 委員長)



田河 育也 (東北工業大学)

磁気記録・情報ストレージ(MRIS)研究専門委員会は、1964年に活動がスタートした磁気記録(MR)研究会を2006年に継承し、50余年にわたって続いている研究会です。私は、本年6月から委員長を引き継いでいますが、人間の本質的欲求である「記録する」ということの重要性と、技術的変遷による息の長さを感じている次第です。記録を司る歴史と社会的貢献度を支える技術を創生するという事は、学術・産業分野に生きる者として冥利に尽きるものでもあります。

MR 研専発足当時は、磁気記録のみを主たるテーマとしていましたが、その後の技術革新にともない、磁気記録のみならず、光記録、固体メモリ、スピントロニクスなど、情報ストレージ全般に幅を広げてきました。この実情に合わせて、2006年にMRIS 研専へと名称を変更したものです。本研専が取り扱う分野は、以下のとおりです。

1. 記録再生の原理・理論
2. 記録再生用材料・部品 (媒体・ヘッド・センサーなど)
3. 記録再生信号処理
4. サーボ・トライボロジ技術などの制御技術
5. 情報ストレージ装置およびシステム
6. 情報ストレージ関連の評価・計測技術

研究会は年間4回(6, 10, 12, 3月)開催され、発表・討論の時間も25分程度と長く取られていますので、毎回ホットな話題の掘り下げた議論が展開されています。2022年度における各研究会の特集テーマおよび、開催会場は以下の通りです(予定を含む)。

- ・6月 システム・ヘッド・媒体 (東北大+オンライン)
- ・10月 スピントロニクス・固体メモリ (MRIS) +機能性材料・薄膜プロセス・材料・デバイス (CPM) (信州大+オンライン)
- ・12月 信号処理・ホログラム (愛媛大+オンライン)
- ・3月 光記録・磁気記録 (名大+オンライン)

特集テーマに応じて、招待講演の実施や他学会(映像情報メディア学会、日本磁気学会、電気学会、IEEE)の関連研究会等とも連催・併催を行っており、広く情報記録デバイス、記憶素子、システムの将来技術について広く意見交換を行っています。

本年度は、同じ電子情報通信学会のなかの電子部品・材料研究専門委員会(CPM)との共催を初めて実施しました。10月の特集テーマが多岐にわたっているのはこのためです。異なる専門分野間の研究会であるため議論が噛み合うか心配でしたが、そんな心配をよそに、実際には非常に活発な質疑応答が行われ、充実した研究会となりました。開催プログラムや会場準備にご尽力くださったCPM 研専の関係各位に感謝する次第です。

また、本研専では、学生の発表の中で特に優秀なものをMRIS 研究専門委員長賞(通称、委員長賞)という形で表彰し、学生のモチベーション向上と積極的発表の奨励を図っています。過去の受賞者も含め、MRIS 研究会ホームページ(<https://www.ieice.org/es/mris/jpn/>)に掲載され、随時見ることができます。

昨年度はCOVID-19の影響により、ほとんどの研究会がオンライン形式での開催となりましたが、本年度は、対面ともオンラインを併用するハイブリッド形式での開催が主となっています。深い議論が行える対面形式の利点に加えて、地理的な制約がなく時間的な制約も緩いというオンライン形式の利点により、多くの方に聴講していただくことができています。一方で、重要な情報交換の場となっている懇親会については、未だ開催することができない状況にあり、非常に残念な思いです。オンラインでは懇親会のような形での情報交換が難しく、現在のような状況が長引くことで、気軽にアイデアを交換できる場が失われかねないのではないかと危惧しています。感染状況が早く終息に向かうことを祈るばかりです。

著者略歴:

1991年東北大学大学院博士後期課程修了、同年、東北大学電気通信研究所助手。1996年富士通(株)ストレージ事業本部、2003年(株)日立製作所中央研究所、2014年(株)Western Digital 記録技術統括部長、2017年より東北工業大学教授、現在に至る。1995年日本応用磁気学会論文賞、2003年日本応用磁気学会論文賞。2006年NEDO電子情報技術戦略調査委員、2017年TMRC2017 General Co-chair。電子情報通信学会会員、日本磁気学会会員。



【短信】

「2022年ソサイエティ大会開催報告と2023年総合大会へのお誘い」 (エレクトロニクスソサイエティ大会運営委員長)

碓塚 孝明 (早稲田大学)



2022年電子情報通信学会ソサイエティ大会が2022年9月6日(火)～9日(金)に開催されました。本大会は、基礎・境界ソサイエティ、NOLTA ソサイエティ、通信ソサイエティ、エレクトロニクスソサイエティの4ソサイエティ合同で毎年開催されており、今回は2020年、2021年に続いてのオンライン開催となりました。大会の参加者総数は3,480名、聴講参加者は2,216名でした。オンライン開催、一般無料公開の実施以降、コロナ前よりも多い参加者数を保っています。今回は一般講演945件、シンポジウム講演68件の合計1,013件の講演が行われました。

エレクトロニクスソサイエティにおいては、各専門委員会からの一般講演(C-1 電磁界理論、C-2 マイクロ波、C-3/4 光エレクトロニクス/レーザ・量子エレクトロニクス、C-5 機構デバイス、C-6 電子部品・材料、C-7 磁気記録・情報ストレージ、C-8 超伝導エレクトロニクス、C-9 電子ディスプレイ、C-10 電子デバイス、C-11 シリコン材料・デバイス、C-12 集積回路、C-13 有機エレクトロニクス、C-14 マイクロ波テラヘルツ光電子技術、C-15 エレクトロニクスシミュレーション)として、合計232件の発表が行われ、貴重な成果の発表と活発な議論が行われました。また、プレナリーセッションにおいては、エレクトロニクスソサイエティ賞、ELEX Best Paper Award、レター論文賞、招待論文賞、学生奨励賞の贈呈式が行われました。その後、「カーボンニュートラル社会の実現に向けた革新的な技術の芽生え」と題して特別講演会を開催し、阪口幸雄氏(クリーンエネルギー研究所)、松下祥子氏(東京工業大学)、野田進氏(京都大学)の3名の方々に講演いただきました。

特別企画セッションとしては、「テラヘルツ無線通信に向けた無線・光融合基盤技術」が企画され、研究開発戦略からデバイス・システムの先端技術まで、幅広い取り組みが紹介されました。また依頼シンポジウムとして、「超伝導量子コンピュータ実現に向けた高周波技術の最新動向」「将来の光デバイスに向けた成長及びプロセス要素技術の最新動向」「クリーンエネルギー社会に向けた塗布型デバイスの新展開」「多様な最新ハードウェアシステム設計手法 -協調設計・モデルベース設計・AI設計-」、通信ソ

サイエティとの合同で、「音響・電磁波・光エレクトロニクス技術の水に関わる無線技術への展開」「カーボンニュートラルの実現に向けたグリーン光通信システム」、公募シンポジウムでは「電磁界解析における解析的手法と数値解析の最新状況」「磁気記録技術の最前線」、通信ソサイエティとの合同で、「Society 5.0 時代における光・電波を活用した横断型伝送技術」が企画、開催されました。本大会の運営に御尽力いただいた東北大学の関係者の皆様をはじめ、開催に携わられた皆様に御礼申し上げます。

さて、2023年3月7日(火)～10日(金)に2023年電子情報通信学会総合大会が芝浦工業大学大宮キャンパスにおいて開催予定です。今大会のスローガンは、「世界へ飛躍する次世代X」です。コロナ感染の拡大によりオンライン開催が続きましたが、今回、現地参加を主体としたハイブリッド開催の準備を進めています。大会企画セッションとして、「企業から求められる学会への変革～企業イニシアティブ活動の紹介～」 「次のパンデミック被害を抑えるには? -新型コロナウイルス感染症に関する技術開発から-」 「教育DX」が企画されているほか、昨年に引き続いて、ジュニア&学生ポスターセッションが開催されます。エレクトロニクスソサイエティにおいても、一般講演に加えて、様々な企画セッションを準備しております。プレナリーセッションでは活動功労賞、学生奨励賞の表彰式に加え、招待講演会が行われますのでご期待ください。

大会へのご参加は下記URLをご参照ください。大会プログラム等は今後掲載予定です。

<https://www.ieice-taikai.jp/2023general/jpn/index.html>

現地集っての成果発表や交流を心待ちにされている皆様も多いことかと思えます。皆様の大会への積極的なご参加をお待ちしております。

著者略歴:

1996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4月日本電信電話株式会社に入社し、通信用光半導体デバイスの研究開発に従事。2019年4月より早稲田大学大学院情報生産システム研究科准教授。電子情報通信学会、応用物理学会、物理学会、IEEE会員、博士(工学)。

【お知らせ】

◆ 2023 年フェロー候補者推薦公募について

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にて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。本年の推薦期間は 4 月 1 日から 6 月 30 日です。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。詳細は以下の URL に記載されています。

< https://www.ieice.org/jpn_r/awards/title.html?id=a >

◆ シニア会員の申請について

シニア会員推薦規程が改正され、申請書及び推薦書の提出は年間を通して可能であり、6 月 30 日までに提出された申請書及び推薦書を当該年度の審査対象といたします。詳細は以下の URL に記載されています。

< https://www.ieice.org/jpn_r/awards/title.html?id=b >

- ・ 2023 年シニア申請〆切：2023 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。

◆ エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞について

2023 年総合大会（2023 年 3 月 7 日～10 日、ハイブリッド開催）において、第 32 回エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞の審査を行います。本賞はエレクトロニクス分野における優秀な発表（一般講演、シンポジウム講演）を行った学生に対して贈呈するものです。概要は以下の通りです。

* 選定対象者：次のすべての条件を満たす方。

- (1) 講演申込の際に筆頭者かつ講演者として登録し、かつ実際に講演を行った者。
- (2) 過去に電子情報通信学会の学術奨励賞、及び本賞を受賞したことがないこと。

該当者は自動的に本賞の選定対象者として登録されますので、申込み手続きは不要です。

◆ エレソ News Letter 研究室紹介記事を募集します。

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：エレソ事務局（h-sakai@ieice.org）TEL：03-3433-6691

これまでの記事は、下記 URL エレソ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。

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

◆ エレソ News Letter の魅力的な紙面づくりにご協力下さい

本 News Letter は、エレソ会長、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）にご連絡をお願いします。

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

◆ エレソ News Letter は年 4 回発行します。次号は 2023 年 4 月に発行予定です。

編集担当：乗松、三浦（企画広報幹事）、佐藤（編集出版幹事）、鈴木（研究技術幹事）

[編集後記]

今号では、エレクトロニクスソサイエティ賞、ELEX Best Paper Award、招待論文賞、学生奨励賞の各受賞者の皆様に、受賞にあたってのお気持ちやその受賞内容についてご寄稿いただきました。年末に向けてお忙しいところ、原稿を執筆いただいた皆様に感謝申し上げます。会員の皆様におかれましては、研究の展開の仕方など、研究開発を進める上で参考になる部分があったのではないかと思います。

今後も、会員の皆様にとって有意義な情報を配信できる場となるように努めて参りますので、ご協力のほどよろしく申し上げます。（鈴木）