



プロフィール

学歴	1999年 大阪大学 基礎工学部 物性物理工学科 卒業
	2001年 大阪大学大学院 基礎工学研究科 物理系専攻 博士前期課程 修了
	2004年 大阪大学大学院 基礎工学研究科 物理系専攻 博士後期課程 単位修得退学
	2005年 博士(工学)
職歴	2004年 情報通信研究機構 無線通信部門 専攻研究員
	2009年 情報通信研究機構 新世代ネットワーク研究センター 主任研究員
	2011年 情報通信研究機構 経営企画部 プランニングマネージャー
	2012年-2020年 東京理科大学 客員准教授
	2012年 情報通信研究機構 未来ICT研究所 主任研究員
	2021年 情報通信研究機構 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター 超高周波ICT研究室 室長
	2021年 東京理科大学大学院 先進工学研究科 客員教授
受賞歴	2009年 SSDM Paper Award in 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials
	2015年 RFIT Award in 2015 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology
	2016年 Best Industry Paper Award in 2016 International Microwave Symposium
	2016年 Best Paper Award in IRMMW-THz2016
	2017年 電波功績賞 電波産業会代表理事表彰(団体)
	2017年 RFIT Award in 2017 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology
	2018年 電子情報通信学会 2018年度論文賞

国立研究開発法人 情報通信研究機構
未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センター
超高周波ICT研究室 室長

わたなべ いつせい
渡邊 一世 先生

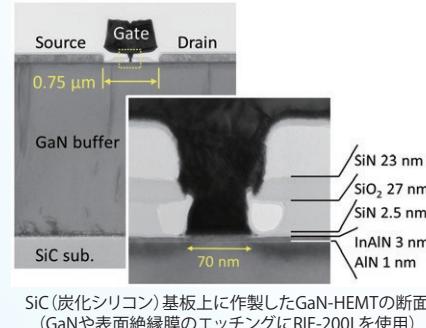
今回のSamco-Interviewは、情報通信研究機構 未来ICT研究所 小金井フロンティア研究センターを訪ね、超高周波ICT研究室 室長の渡邊一世先生にテラヘルツデバイス技術のご研究についてお話を伺いました。

▶ 渡邊先生のご研究についてご紹介ください。

近年、光通信分野では通信容量の大容量化かつ通信速度の高速化の研究が進んでおりますが、携帯電話に代表される無線通信における高速化・大容量化も切望されております。将来の周波数の逼迫を緩和し、新たな周波数需要に的確に対応するには、(1)周波数帯の効率的な使用、(2)周波数の共用利用の促進、(3)より高い周波数への移行が重要で、特に(3)は携帯電話やスマートフォン、Wi-Fiなどでも行われています。そのため、情報通信研究機構(以下、NICT)小金井フロンティア研究センター 超高周波ICT研究室では、周波数が高く未だ十分に利活用が進んでいないミリ波・サブミリ波・テラヘルツ波などの周波数帯(30GHz～3THz、1THzは1000GHz)を“新たな電波・周波数資源”として開拓する技術開発を進めています。

現在は、通信速度を10倍以上高速化する次世代無線通信の実現に向けて、特に周波数の割り当てがなされていない275GHz以上の周波数帯で動作する電子／光デバイス・集積回路・システムなどの研究開発に取り組み、III-V族化合物半導体であるGaN(窒化ガリウム)を用いた高電子移動度トランジスタ(HEMT: High Electron Mobility Transistor)などの半導体電子デバイスの性能向上を目指しております。

GaNは化合物半導体の中でもバンドギャップ



SiC(炭化シリコン)基板上に作製したGaN-HEMTの断面
(GaNや表面絶縁膜のエッチングにRIE-200Lを使用)

の大きな半導体で、GaNを用いた電子デバイスはSi(シリコン)やGaAs(ガリウム砒素)などと比較して熱伝導率が大きく、放熱性に優れるため高温動作が可能です。また電子の飽和速度が高く、絶縁破壊電圧が高いため、高出力・高耐圧なパワー電子デバイス材料や半導体デバイスとしての応用が期待されています。GaN-HEMTの高性能化には、高品質な半導体結晶を得るために構造や各層の膜厚の最適設計と作製プロセス条件の最適化、そしてゲート電極の長さ(ゲート長 L_g 、ゲート幅 W_g)や、ソース電極とドレイン電極間の距離 L_{SD} など短縮が必要不可欠です。特に L_g は100nm以下で、また半導体薄膜や表面絶縁膜の膜厚はオングストローム(1Å = 0.1nm)の精度で設計し、実際に作製しています。この結果、GaN-HEMTの高速・高周波特性

の指標である最大発振周波数 f_{max} は国内最高の287GHzを達成するとともに、周波数70GHzでの出力電力密度($W_g = 1\text{mm}$ あたりの出力電力 P_{out})で0.75W/mm以上と、 f_{max} が400GHz以上のNICT製InGaAs(インジウム・ガリウム砒素)HEMTの7倍以上もの高い出力性能を確認しています。

▶ ご研究を始めたきっかけと現在に至る経緯についてご説明ください。

中学生の時、理科の先生にガラス容器に入った水銀を持たせもらったことがあり、思いのほか重く、理科(化学)に興味を持ちました。その先生は京都市青少年科学センターの学芸員の経験をお持ちで、面白い話も多く聞かせてもらい、理科の実験も沢山させてもらいました。その先生とは3年ほど前、ひょんなことから連絡を取り合うようになりました。本当に偶然ですが、職場の仲間内で飲み会があり、たまたま近くの席になって話をした人が、何と先生の娘さんだったのです。その時は大層驚きましたが、「人との繋がりって何が起こるか分からない楽しみがあるな」と感じました。

さて、話を昔に戻します。高校を卒業して浪人生だった頃、行きつけの古本屋で本を読み漁っていた時、SF小説に出会いました。様々な金属や合金、性質について描かれており、大学で合金の研究をしたいと考え、大阪大学基礎工学部 物性物理工学科に入学しました。研究室選びでは「自分で作った半導体を自分で測定できる」という話を聞き、冷水佐壽先生の研究室に入りました。冷水研究室では、分子線エピタキシー(MBE)装置で積層構造(ヘテロ構造)をもつ半導体結晶を成長していました。当時、(411)A面方位をもつInP(インジウム・リン)基板上のInGaAs-HEMT構造で電気的特性である電子移動度や電子濃度の向上に取り組んでおり、極低温下で100,000cm²/Vsを超える電子移動度を達成したことから、HEMTと呼ばれるトランジスタ素子の作製に取り組むことになりました。

その後、大阪大学と東京にある総務省通信総合研究所(CRL、現NICT)を往復しながらHEMTプロセスを学びつつ、極低温下でのHEMT素子のオンウェハ特性評価技術に取り組んだのが、今の研究を始めたきっかけです。CRLでは研修員として冷水研究室OBの篠原啓介氏(現Teledyne Scientific & Imaging在籍)



ミリ波・サブミリ波・テラヘルツ波帯周波数と利活用イメージ

にご指導いただいくとともに、CRL、富士通研究所、大阪大学との産官学共同研究にも参加させていただき、冷水先生とともにHEMTを発明された三村高志先生と議論させていただく機会を得ました。博士課程を終えた時、NICTの専攻研究員として採用され、InGaAs-HEMT、その後、GaN-HEMTやIn(Ga)Sb-HEMTなどの研究開発に携わるとともに、ミリ波・サブミリ波などの未利用周波数帯の電波資源拡大のための研究開発にも関わり、100GHz帯、300GHz帯などの非常に高い周波数帯での計測評価技術の確立にも携わってきました。

現在は、GaN-HEMTの f_{max} や遮断周波数 f_T を向上させる高速・高周波化とともに、高出力化にも取り組んでおります。また、5GやBeyond 5Gを想定した28GHz帯や70GHz帯での高出力GaN-HEMTの出力特性評価にも取り組んでおります。

▶ 将来の展望についてご説明ください。

今後は5GやBeyond 5Gにおけるミリ波・サブミリ波・テラヘルツ波帯などの周波数利活用のため、GaN-HEMTなどの化合物半導体電子デバイスの更なる高性能化や集積化、光デバイスやアンテナ素子との融合、更には高い周波数帯デバイス性能やアンテナレドーム材料などの透過・反射、誘電特性などの高精度な測定に必要不可欠な高周波計測技術の開発を目指しております。

▶ 情報通信研究機構（NICT）についてお聞かせください。

NICTは、情報通信分野を専門とする我が国唯一の公的研究機関として、情報通信技術の研究開発を基礎から応用まで統合的な視点で推進し、同時に大学、産業界、自治体、国内外の研究機関などと連携しながら、研究開発成果を広く社会へ還元し、イノベーションを創出することを目指しています。

NICTの主な業務に、研究開発だけでなく日本標準時の決定・維持や無線機器の型式検定、測定器の較正、宇宙天気予報などがあります。日本標準時はNICT本部（東京都小金井市）や副局（兵庫県神戸市）などで生成・供給され、福島県と佐賀県/福岡県にある2つの電波送信所から日本全国に標準電波を送信しており、皆さんの電波時計が受信しています。また“うるう秒”的挿入や太陽フレア発生の観測を報道でご覧になられたこともあると思いますが、NICTが関与しています。実はNICTは皆さんの身近な存在でもあります。

▶ 弊社の装置をご使用いただいておりますが、ご感想をお聞かせください。

ICPエッチャリング装置（RIE-140iP）、RIE装置2台（RIE-200L）、プラズマCVD装置（PD-240）、バーレル型アッシング装置（PM-631）を使用しております。隣の光デバイス用クリーンルームにもサムコさんの装置が複数稼働しています。RIE-140iPとRIE-200Lは金属薄膜や化合物半導体、絶縁膜のドライエッチャリングに、PD-240はTEOS膜の形成に、PM-631は基板表面洗浄や残渣有機物除去に、それぞれ活躍しております。

大学の修士課程の頃、初めてサムコさんのRIE-200Lを触った記憶が鮮明に残っており、そのRIE-200L



は20年以上経った今も現役で稼働しています。経年劣化が進みつつありますが、可能な限り使い続けられるよう、サムコさんのエンジニアの方々にはいつも面倒を見ていただいております。

▶ 日頃のご研究において、心掛けておられることはどのようなことでしょうか？

冷水先生から教えていただいた“something new（何か新しいものを）”という言葉を気に留めております。人と話をするうちに何か新しい発見があるでしょうし、自分自身も常に新しい研究をするように心掛けてきました。

また、デバイスプロセスはある意味、失敗の連続です。失敗を恐れずにトライし続け、その失敗の中から、いかに成功に至るかが重要だと思います。これ自体は苦しいことではありますが、いつも楽しむ気持ちを忘れないようにしています。大学との共同研究で学生さんと一緒に研究をする際は「失敗を恐れないように。でもよく考えながら研究してほしい。」と伝えています。

また、自分の知らない世界を知るという意味で、NICTに来られる方々（商社の営業の方など）と時間の許す限り、話をするように心掛けています。“困った時の神頼み”ではありませんが、これまで知り合った方々に助けてもらうこともありました。人と人との縁を大切にしております。

▶ 座右の銘をお教えください。

仕事を通じて多くの方とお会いする機会がありますが、「人として、心を尽くす」ことを第一に考えております。研究者として、NICT職員として、室長としてなど色々な立場や肩書きで取り組む仕事もありますが、自分という一人の人間として、心を尽くすことを心掛けております。

▶ 休日はどのようにお過ごしでしょうか？

趣味の読書や音楽鑑賞を楽しんでいます。本は幅広いジャンルを読みますが、印象深い本を挙げますと、南木佳士氏の「医学生」という本が思い浮かびます。今でいう終末期医療での患者に対する医者の葛藤などの心理描写や解剖学実習の描写が、私ども研究者にも通ずるところがあると感じました。音楽は、映画やドラマのBGMが好きでよくドライブ中に聴いています。

▶ 最後にサムコに対して一言お願ひします。

実は私の実家がサムコさんの本社がある京都市伏見区の隣の南区にあり、学生時代は車で10分ほどの距離に住んでおりました。物理的な意味で距離が近い会社だと感じております。また、京都では企業同士が切磋琢磨して社業の発展に貢献してらっしゃる姿も印象的で、私も京都出身の一人として、東京からですが、応援させていただいております。

私どもNICTでは情報通信技術に関する様々な研究開発を行っていますが、先端的な研究開発は研究者だけで成り立っている訳ではなく、サムコさんのような装置メーカーの技術者やエンジニア、もっと言えば営業担当者など、多くの人達に支えられていることに日々感謝しております。今後とも是非ご尽力を賜れば幸いでございます。

お忙しいところ貴重なお時間をいただき、誠にありがとうございました。