

最先端研究の融合による新たな情報通信パラダイムの創出を目指す

■概要

当研究室は、革新的ICTの研究開発を進める未来ICT研究所の中でも、既存技術の延長線上に無い新たな技術の種を創出し芽吹かせるため、最先端融合領域の基礎・基盤研究を、幅広い研究分野にわたり総合的に実施している。その中で、1. 通信速度や消費電力、感度等に係る課題に対してブレークスルーとなるデバイスの創出を研究開発する「高機能ICTデバイス技術」、2. ミリ波及びテラヘルツ波を利用した100 Gbps級の無線通信システムを実現するための技術を研究開発し、未踏周波数領域の開拓に貢献する「超高周波・テラヘルツ基盤技術」、3. 生物の感覚受容システムを利用したセンシングシステム、生体や細胞における情報伝達・処理を模倣したシステム及び生体材料が示す応答を計測・取得するシステムに関する技術を研究開発する「バイオICT基盤技術」の3分野を中心に、量子ICT基礎を加え、さらに、それらの派生・融合分野の研究プロジェクト（PJ）を設け研究を進めている。

平成28年度は、第4期中長期計画の初年度にあたり、また本研究室の特徴である広い研究分野の基礎基盤研究の成果であることから、各研究分野、各研究PJにおいて、目標達成の起点となる多様な成果が出ている。以下の成果のほかにも、例えば、量子ICT基礎のPJでは、光と物質をつなぐ量子インターフェース実現に向けた、人工原子の深強結合状態を観測するなどの成果（3.8.2量子ICT先端開発研究センター参照）も挙げられる。これら詳細については、別途研究所広報誌や、それぞれの部署、連携研究先などの報告を参照いただきたい。

■平成28年度の成果

1. 高機能ICTデバイス技術

高速・大容量・低消費電力の光通信システム等を実現するため、原子・分子レベルでの材料・構造制御や機能融合等を利用したICTデバイスの新機能や高機能化を実現する技術の研究開発を進めている。平成28年度は、小型超高速光変調器等の実用化に向けた、超高速電気-光変換素子等の動作信頼性及び性能向上の基盤技術研究において、有機EOポリマーの表面に原子層堆積法

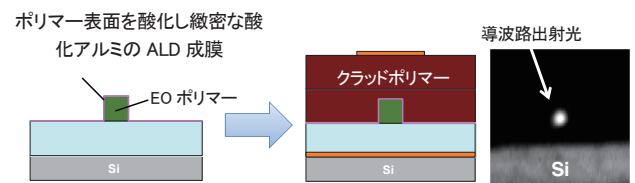


図1 原子層堆積法（ALD）を用いた化学安定性の向上したポリマー積層光導波路デバイスの試作

（ALD）により2 nmの極薄無機膜（酸化アルミ）を形成する技術を確認し、化学安定性を向上しポリマーの積層による光導波路デバイスを試作しシングルモード光伝搬特性を確認した（図1）。また、小型超高速光変調器の実用化に向けて、有機EO/Siスロットハイブリッド光変調器の設計・試作を行った。さらに、有機分子アクセプタ基の化学的改変により、Oバンドで最適な分子の開発に成功、性能指数7.3倍を実現するとともに、EO分子を架橋剤としてクロスリンクさせるNICT独自のポリマー構造により、EOポリマーで世界最高のガラス転移温度205℃の超高耐熱EOポリマーの開発に成功した。

超伝導単一光子検出器（SSPD）の広範な応用展開を目指した研究開発では、誘電体多層膜を用いた光キャビティ構造を検討し、実際のSSPD素子においてその有効性を実証した。また、SSPDの多ピクセル化の実現に向けて、64ピクセルSSPDアレイ用に設計した2,610個のジョセフソン接合を含む大規模SFQ回路の動作を確認した。

2. 高周波・テラヘルツ基盤技術

ミリ波及びテラヘルツ波を利用した100 Gbps級の無線通信システムの実現を目指したデバイス技術や集積化技術、計測基盤技術等の研究、その信号源や検出器等に関する基盤技術の研究開発を進めている。平成28年度は、テラヘルツ集積回路の実現に向けた半導体デバイスや受動素子等の作製技術の開発に関し、高周波無線通信回路で最も鍵となる機能ブロックの1つであるPLL（Phase Locked Loop）発振回路において、集積化の妨げとなる水晶発振器に替えて、高集積化可能な圧電振動子を利用できる画期的な構成を開発した（図2）。本成果は、集積回路の世界的会議の1つであるVLSIシンポ

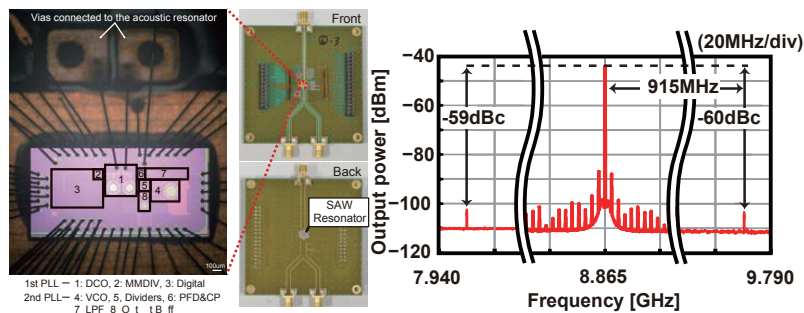


図2 高集積化可能な圧電振動子を利用できるPLL (Phase Locked Loop) 発振回路

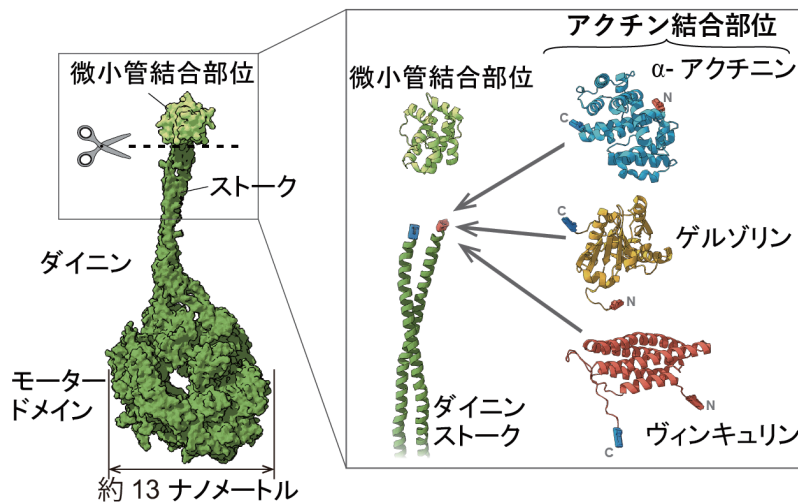


図3 タンパク質分子モジュール (ダイニン) への新規機能モジュールの融合

ジウム等の著名学会での発表を通じ、共同研究先である東京工業大学と報道発表を行い、日経産業新聞、日刊工業新聞に掲載され、web記事多数で紹介された。また、慶應義塾大学との共同による独特な300 GHz漏れ波アンテナのレーダ応用に関する研究開発では、レーダ動作の基礎実験・機能実証の成果が、テラヘルツ分野の著名な国際会議であるIRMMW-THzにおいてBest Poster Awardを受賞するなど、研究分野のみならず、社会展開の点からも国内外からの非常に高い評価を得た。

超高周波領域での通信・計測システムに適用可能な高安定光源の研究開発に関しては、集積化に適した狭線幅高安定コム光源の光コム生成で重要となる非常に高いQ値を持つ共振器の実現のため、低損失導波路を実現する微細加工技術を開発し、共鳴波長で10 dB以上の消光比を達成した。

3. バイオICT基盤技術

QOL (Quality of Life) の向上につながる、生体の感覚に則したセンシングの実現に向け、分子・細胞等の生体材料が持つ優れた特性を活かした、様々な情報を抽出・利用するための基礎技術の研究開発を進めている。平成28年度は、生体材料を用いた情報検出部システム

を構築する技術として、自然界に存在する生体分子素子ダイニンのコアに、本来持つ生体機能とは無関係なタンパク質の機能モジュールを融合、複合的に新しい機能を持つ分子素子を創製することに成功し、今後の所望の機能を持つ任意の生体素子設計と構築につながる成果を得た (図3)。本成果はNature Nanotech.誌 (Furuta, A. et al. Creating biomolecular motors based on dynein and actin-binding proteins. Nature Nanotech. 12, pp. 233-237 (2017).) に掲載された。

また、生物の持つ優れた情報抽出・利用機能に関して、生体内情報を選別する役割を担う機能分子の知見として、細胞の情報選別に関わる核膜孔複合体の構成因子を網羅的に同定した。生物情報処理システムの検討と解析手法の設計に関しては、応用展開が進むバクテリアセンサの研究において、センサ出力の特徴パラメータの組合せから、有効なパラメータをデータ駆動的に選定することに成功した。その他、分子素子間相互作用によるネットワーク構築と、その数理モデル化の成功、細胞内分子ネットワークの解析手法として、色収差補正法を開発するなど、学術面での成果のみならず、社会応用展開につながる成果を得た。