

## 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、生体特に細胞や神経における情報伝達・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、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30年度は、第4期中長期計画の3年目にあたり、各研究分野において計画目標達成を実現するための重要な成果が出ている。また、基礎基盤研究となる各研究分野、各研究PJでは、計画目標から派生した研究や、融合分野での研究成果も見られ、本研究室の特徴でもある、多様な成果が出ている。バイオICT分野では、新たな研究PJを立ち上げたほか、多くの研究PJにおいては内外の研究PJや企業との連携が進展している。これら詳細、特に融合研究分野、内外の共同研究等については、

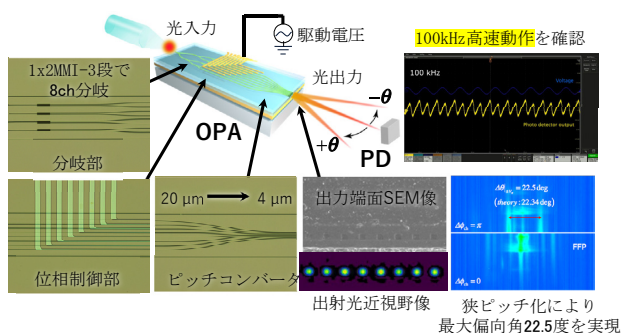


図1 高ガラス転移温度EOポリマーを用いた狭ピッチ光フェーズドアレイ(OPA)の設計・試作・実証評価

それぞれの研究所、連携研究先などの報告を参照いただきたい。

## ■平成30年度の成果

## 1. 高機能ICTデバイス技術

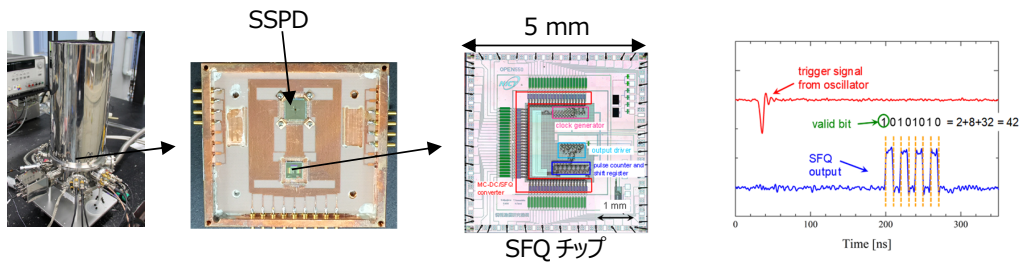
高速・大容量・低消費電力の光通信システム等を実現するため、原子・分子レベルでの材料・構造制御や機能融合等を利用したICTデバイスの新機能や高機能化を実現する技術の研究開発を進めている。

小型超高速光変調器の実用化に向けた研究では、有機EOポリマー/Siハイブリッド光変調器において、エッチングによるスロット底部の高抵抗化や界面制御による電荷注入抑制などの独自プロセスを確立するとともに、分岐構造の最適化を行いアレイ化構造の作製を実施した。高速低消費電力光フェーズドアレイの研究では、高ガラス転移温度EOポリマーと化学安定性向上技術、電荷注入抑制技術などを用いて、狭ピッチ光フェーズドアレイ(OPA)を設計・試作、最大偏向角22.5度、100 kHz高速動作を実証し、(図1) MRS Spring 2018、Photonics West 2019で招待講演、映像情報メディア学会 映像情報メディア未来賞フロンティア賞を受賞した。

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、SFQ極低温信号処理による64ピクセルSSPDアレイの機械式冷凍機中での完全動作を世界で初めて実証した。これにより、信号処理システム一体となる、光子計数感度を持つイメージングセンサシステムの実現に向けて大きく前進した。また、量子通信基盤技術である量子もつれ光子対の検出を目指した研究開発では、SFQコンパレータを用いた時間弁別により、従来のTCSPCモジュールよりも高い時間精度で光子同時計数が可能であることを実証し、HOM干渉の測定に成功した(図2)。

## 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。



検出した光子の位置情報をデジタルコードとして読み出すことに成功

図2 64ピクセルSSPDアレイシステム (全景、チップパッケージ、チップ写真及び出力動作波形)

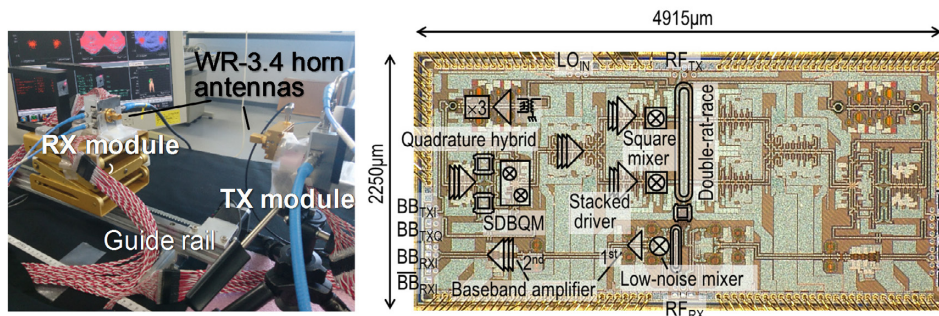


図3 送信・受信ともシリコンCMOS集積回路モジュールによる無線伝送実験 (左) と送信・受信チップを1つのシリコンチップに統合した「ワンチップトランシーバ」(右)

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ては、前年度までの成果に引き続き、シリコンCMOSによる300 GHz受信集積回路を実装した受信モジュールを開発、送信モジュールと合わせて送信・受信ともCMOSモジュールによる伝送実験を実施、20 Gbit/sの伝送性能を達成した。さらに、これまで送信と受信が別チップになっていたものを、1つのシリコンチップに統合した「ワンチップトランシーバ」を実現 (図3)、受信回路を改善し伝送性能を80 Gbit/sへ大幅に向上し、実用化へ大きく前進した (2016, 2017年に続き、国際会議ISSCC2019で発表)。

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、狭線幅・高安定コム光源実現のコアとなる微細加工技術開発引き続き行い、SiN深掘り (約600 nm) ドライエッチングプロセスにより、薄膜プロセスによる光共振器 ( $Q = 2 \times 10^5$ , 消光比 > 10 dB) を作製した。従来の1/1000以下のサイズの光コム発生器や、100 GSa/s級の高分解能A/D変換器実現に向けた重要な進展となった。

### 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。

生体材料を用いた情報検出システムを構築する研究・

技術開発として、昨年実施したDNA結合モジュールの導入に続き、DNAをレールとする人工分子素子の性能評価を実施し、世界最速の人工分子モータの開発に成功した。また、独自開発した人工ビーズによるオートファジー誘導技術を発展させ、細胞核膜構造の人工形成に成功し、システム構築の基盤技術を得た (図4)。生体機能制御・評価技術においては、昨年度に続き、昆虫脳での記憶形成実時間観察系を構築したほか、独自開発の色収差補正法により、光学顕微鏡を用いて精度 (15 nm) での細胞構造計測を実現、電子顕微鏡観察を再現するデータの取得に成功した。

生物の持つ優れた情報抽出・利用機能に関しては、混合物の識別手法を発展させ、バクテリアセンサが化学物質混合物を識別できることを定量的に確認することに成功した。

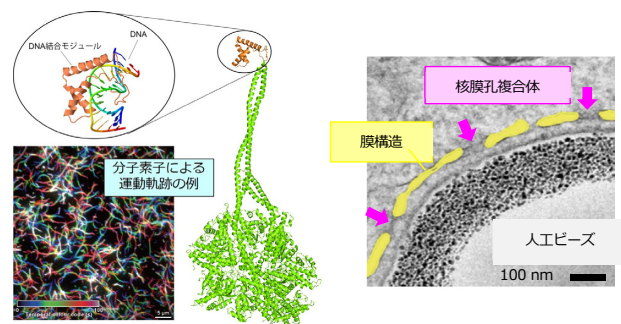


図4 DNAをレールとする人工分子素子と運動性評価 (左) と人工ビーズによる核膜構造の形成 (右)