

3.10.1 テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室

室長 寶迫 巖

3

活動状況

新たな科学技術のイノベーションの宝庫 ～テラヘルツ技術～

【概要】

テラヘルツ帯電磁波（周波数：100GHz～10THz、図1）は電波と光の間にあり、これまで未開拓領域と呼ばれ、その利用は理化学的研究など限定的であった。近年になって、電子デバイスやレーザ技術の進展により急速に開発が進みつつある。テラヘルツ技術は、無線通信、非破壊計測、成分分析、災害復旧、防犯、医療、農業、工業等の様々な社会活動への貢献や、物理、化学、生物学等の様々な科学への貢献が見込まれている。

テラヘルツ連携研究室は、国内外の研究開発活動や機構内における関連研究活動の活性化を受け、機構内のテラヘルツ技術分野の研究開発活動の一元化とさらなる活性化を目的として、平成24年6月にテラヘルツ研究センターの下に設置された。

テラヘルツ連携研究室では、共通する技術基盤としてテラヘルツ帯周波数コム技術の研究開発を行うとともに、以下の4つのサブプロジェクトを設け、テラヘルツ技術の研究開発を実施している。

超高速無線

100 Gbit/s 級無線伝送技術（モバイルバックホールや光基幹ネットワークの補完などを想定）

小型高感度分光技術

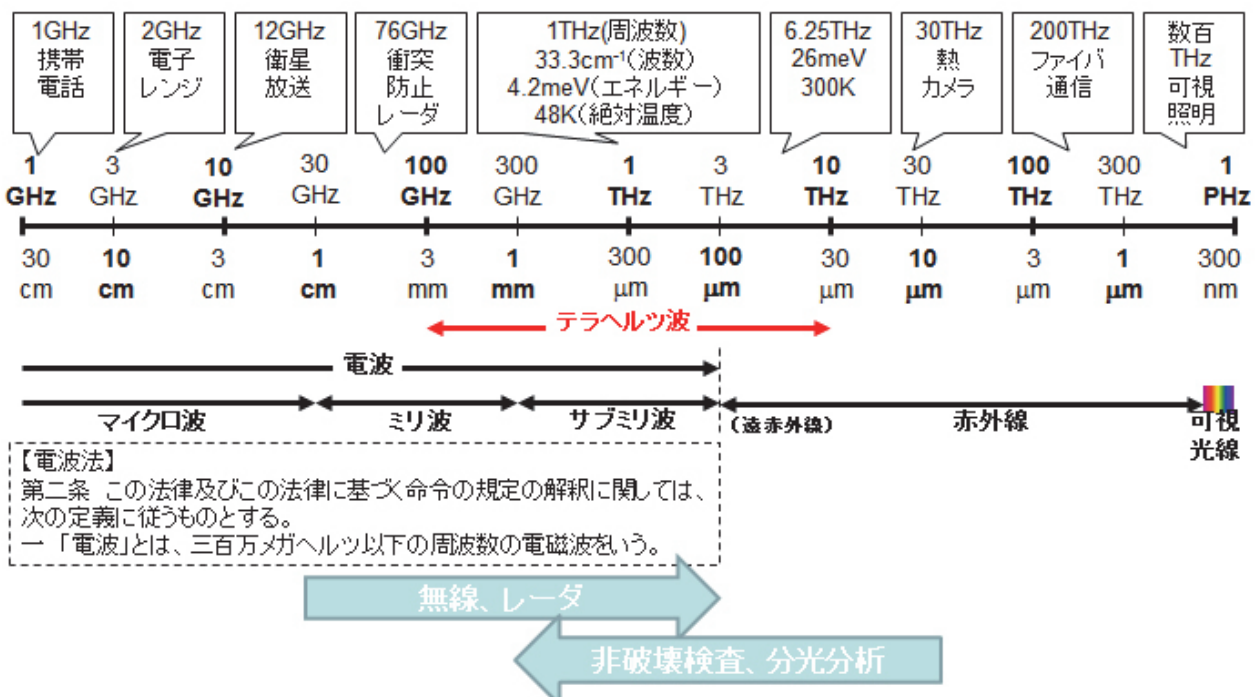
3THz 帯チューナブル位相ロックループの実現および低雑音（量子限界の10倍）高感度精密分光技術の実現、高周波数分解能測定による気体中の微量成分の検出（大気観測・呼気分析応用など）を想定

超高周波計測基盤技術

ppm レベルの感度を持つ高精度定量分析技術（分光測定技術）の実現、液体中の定量成分分析（醸造工程のリアルタイムモニタ応用など）を想定

ワンストップラボ

テラヘルツ周波数標準（精度5桁（0.1～3THz）、300GHzまでの電力標準技術の確立、非破壊検査法（イメージング）の新領域への展開）



テラヘルツは、新たな科学技術のイノベーションの宝庫

- ※無線通信、非破壊計測、成分分析、災害復旧、防犯、医療、農業、工業、等の様々な社会活動への貢献
- ※物理、化学、生物学等の様々な科学への貢献

図1 テラヘルツ波とは？ 波長：30μm～3mm（周波数：100GHz～10THz）の領域

【平成 24 年度の成果】

超高速無線

W 帯シームレス MIMO 伝送 (74.4Gb/s 2×2 MIMO 伝送を実証)、300GHz 帯コヒーレント通信 (光周波数コム光源による 300GHz 帯コヒーレント信号発生、ヘテロダインコヒーレント受信機により、伝送距離: 20cm (アンテナゲイン 24dBi)・30Gb/s QPSK コヒーレント伝送 (前方エラー訂正限界以下の BER 特性を達成) (図 2))、広帯域平面型アンテナを用いたミリ波高速無線システムの開発 (V 帯、1.5Gps の映像伝送を実証)、半導体デバイスと集積可能な On-Chip-Antenna (V 帯) の開発、電波伝搬実験 (W 帯) 及び 300GHz 帯電波伝搬測定環境整備等を実施した。

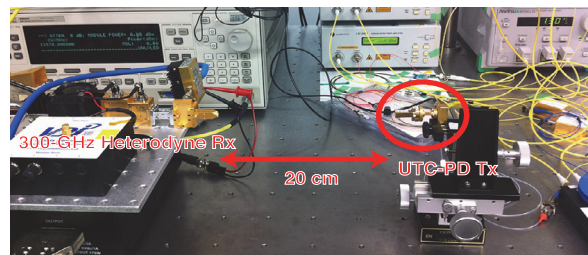


図 2 300GHz 帯コヒーレント通信 (30Gb/s QPSK コヒーレント伝送)

小型高感度分光技術

テラヘルツ時間領域分解分光法に関連する技術として重要な超短パルス光の発生に関して、 $1\mu\text{m}$ 帯のイッテルビウムドープファイバー (YDF) レーザと YDF 増幅器によりパルス幅 100fs 程度・平均出力 $>50\text{mW}$ のモードロック発振に成功し、光パルスを InAs バルク半導体に入射して 1THz 程度の信号発生を実証した。また、 $1.5\mu\text{m}$ 帯光変調器ベースのパルス光源のブロードバンド化を行い、3THz に及ぶ光周波数コムの発生に成功した。

3THz 付近で量子限界の 10 倍以内の雑音特性を目指し、これまでに実現している 3THz 量子カスケードレーザ連続発振及びヘテロダイン動作に基づき、ヘテロダイン受信システムの低雑音化を、ホットエレクトロニクス (HEBM) の改良 (3THz 動作を想定した平面アンテナ、ストリップ長を有する準光学 HEBM を設計並びに Si 基板上での高品質 NbN 薄膜を用いた HEBM の試作 (図 3))、エレクトロニクス等の安定化により進め、雑音温度 2,800K (3.1THz、DSB) を実現した。

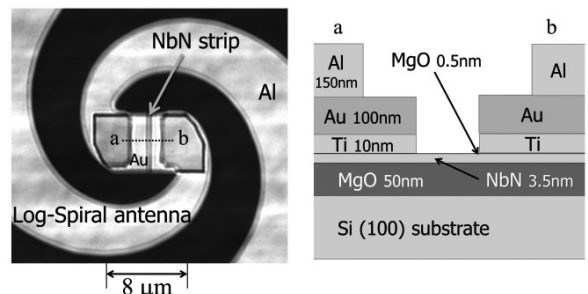


図 3 3THz 帯 HEBM の顕微鏡写真 (左) と断面概略図 (右)

超高周波計測基盤技術

テラヘルツ帯における生体高分子等の精密分光分析の実現を目指し、真空中への有機分子導入・トラップ、テラヘルツ帯分光装置の試作を実施した。また、テラヘルツ分光による DNA の構造同定などを検証するため、計測条件検討 (サンプルならびに計測法の調査) を実施した。

ワンストップラボ

世界に先駆けて 170GHz までの (D 帯) 電力校正システムを構築 (図 4) した。テラヘルツ帯周波数カウンタを開発し平均時間 300 秒で 10^{-16} レベルの不確かさ (これまでにテラヘルツ帯で達成された最も高い計測精度) を実現、テラヘルツ帯周波数コムを利用したテラヘルツ帯周波数分周器を開発して低位相ノイズ-テラヘルツ分周器の動作を実証し、テラヘルツ帯連続波光源で制限された性能を確認するなどした (図 5)。

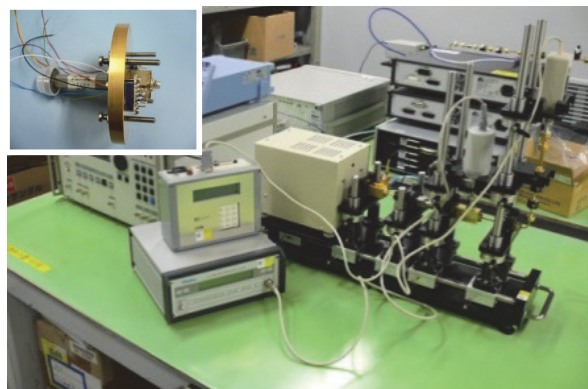


図 4 D 帯 (110 ~ 170GHz) 用電力校正システムと絶対強度測定センサ

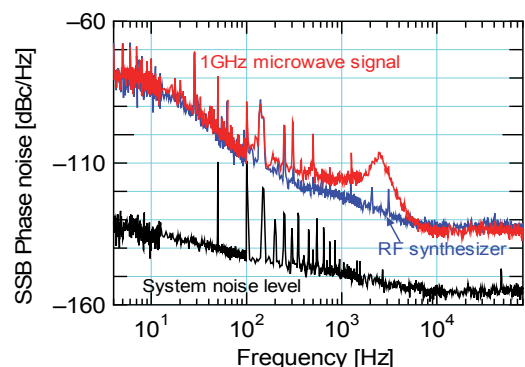


図 5 低位相ノイズテラヘルツ帯周波数分周器の動作を実証し、連続波-テラヘルツ光源で制限された性能を確認