

超高周波ICTの挑戦： 超高速無線通信や 未踏センシングへ向けて

「超高速無線や非破壊検査・分析の新しい方法を実現するための手段として、テラヘルツ帯電磁波の利用のための研究開発を行っています。」

寶迫 巖 (ほうさこ いわお)

未来ICT研究所 副研究所長
超高周波ICT研究室 室長

1988年東京大学教養学部基礎科学科卒。1993年同大学院博士課程了(理博)。同年日本鋼管(株)入社。LSI製造技術の研究に従事。1996年郵政省通信総合研究所(現NICT)採用、テラヘルツ帯の検出器、光学薄膜、レーザ、イメージングシステム、分光システム、超高速無線等の研究に従事。

はじめに

最近、「テラヘルツ波」という言葉を耳にする機会が増えたように思います。この言葉は周波数で言えば100GHz～10THzの電磁波を指す場合が多く、それはちょうど、電波と光の境界領域にある電磁波という意味でもあります。ちなみに電波法には「『電波』とは、三百万メガヘルツ以下の周波数の電磁波をいう。(第二条第一号)」とあります。三百万メガヘルツは3THzを指していますので、法律上の電波と光の区切りもこの周波数領域にあることが分かります。

近年、電子デバイスの微細化に基づく高速化が進み、数百GHz 辺りまでのローノイズアンプが開発されつつあります。半導体レーザでは、テラヘルツ帯で動作可能な量子カスケードレーザ



(THz-QCL: Terahertz-Quantum Cascade Laser) が 2004 年に初めて実現され、その後、動作温度の高温化が進み現在では 200K 程度となっています。また、超短パルスレーザ(中心波長: 780nm、パルス幅 < 100fs^{*1}) で電界が印加されたキャリア寿命が短い半導体(低温成長 GaAs など) を励起し、発生したキャリア(電子) がごく短時間だけ実空間を運動することにより、ピコ秒(10⁻¹²s) 程度のパルス幅を持つモノサイクル電磁波パルスを発生させることができるようになってきました。このモノサイクル電磁波パルスには、100GHz 以上数 THz までの範囲の周波数成分が含まれるため、テラヘルツ帯分光分析の道具としてよく用いられています。この方法は THz-TDS(Terahertz Time-Domain Spectroscopy) と呼ばれています。さらにこの電磁波パルスを用いた測距技術が実現されており、光の領域(赤外線~X 線) では可視化できない複合材料(プラスチック、セラミックス、紙、布など) を用いた構造体の内部構造の調査などに用いられ始めています。

● 超高速無線通信への挑戦

超高周波 ICT の研究開発では、自らデバイス開発やシステム開発(THz-TDS システムやその要素技術、カメラ技術等) を行うだけでなく、数十 Gbit/s 以上の超高速無線やテラヘルツ帯でのみ実現可能な「未踏センシング」応用を目指した応用開発や様々な応用が実用化される際に必要となる技術基盤の開発(周波数標準、パワー標準、計測手順の標準化) も行っています。これらの開発は NICT 内の多くの研究室、NICT 委託研究、総務省の電波利用料財源による研究開発との連携によって進められているものです。

「超高周波搬送波による数十ギガビット無線伝送技術の研究開発(電波利用料 R&D、2011-2015、NTT/Fujitsu-Lab/NICT)」では、

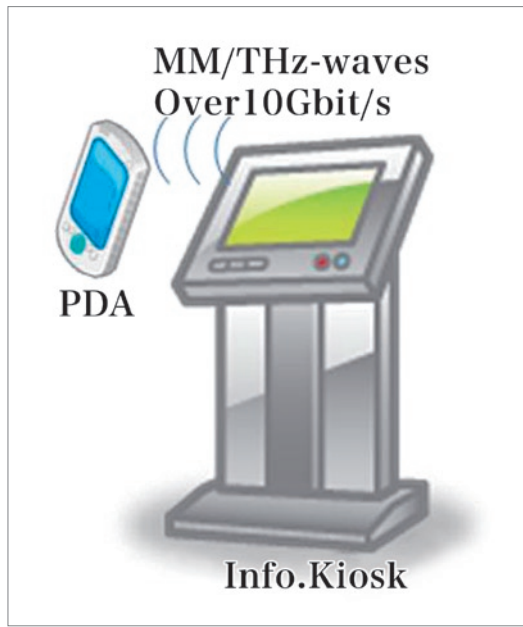


図1 キオスクダウンロードモデルの概念図

300GHz 帯の搬送波を用い、ネットワーク情報端末(Info. Kiosk) から数秒内で Blu-ray Disc に記録されている動画等の大容量データ相当(1 層 25GB) を携帯情報端末(PDA: Personal Digital Assistant) にダウンロードできるようなハードウェアの開発(図 1 参照: キオスクダウンロードモデルの概念図) を目指しています。PDA に装備されるメモリは大容量化が急速に進展しているため、このような超高速無線リンクの実現は今後必須のものとなると予想されます。この他にも様々な超高速無線応用が提案されつつあり、近い将来、人々の生活スタイルを大きく変える要因となるとの予想も出てきています。

光ネットワーク(有線) との連携技術としては、光信号の変調フォーマットを変えることなく無線伝送する技術の開発を実施しています。現状では無線区間は W バンド(75-110GHz) を用いていますが、20Gbit/s 以上伝送ができることが実験的に示されています(p.26-29 参照)。光ネットワークの伝送容量が増加することに対応する

には、より高い周波数のテラヘルツ帯を使うことになると考えています。

● 未踏センシングへの挑戦

テラヘルツ帯の特徴には大容量特性の他に、分子や分子間結合(水素結合、ファンデルワールス結合)に特有な吸収があることや、非極性



図2 液体窒素冷却THz-QCLシステム

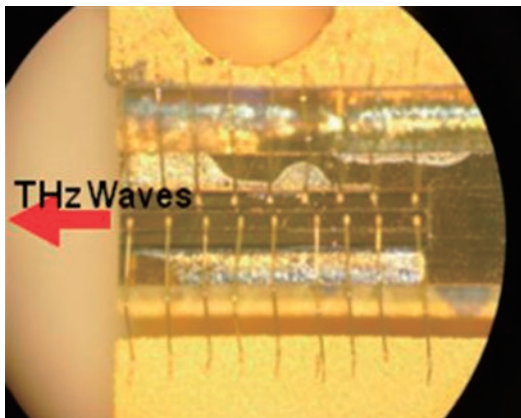


図3 QCLチップ写真

物質(プラスチック、セラミックス、紙、布、煙など)に対してある程度の透過性があることが挙げられます。また波長は 3mm ~ 30 μ m であるため、可視光カメラと同程度のレンズ径(開口)で、数 cm ~ 数 mm 程度の空間分解能を実現できる点も実用上重要な特徴です。そのため、バイオメディカル・薬学応用、複合材料開発での材料評価、様々な対象に対する非破壊検査などの応用が提案されています(p.246-249 参照)。これらの応用開発を支え実用化を促進するため、実時間イメージングの基盤技術としてテラヘルツ帯カメラ及びイメージング時の照明用となる高輝度光源として THz-QCL システム(図 2、3)をそれぞれ開発して来ています。両者を組み合わせたイメージングシステムを利用して、火災時に発生する煙の中を可視化する技術のデモが東京理科大学火災科学研究センター実験棟を利用して 2011 年 2 月に行われました。この研究では煙中の有害ガスをテラヘルツ波でリモート検出する技術も開発しており、そのデモも同時期に実施しています。これらの技術開発やデモの詳細は YouTube*2 を参照してください。

THz-TDS の高精度化・ロバスト化・可搬化を目指した超短パルス光源の開発も基盤技術の開発として実施しています。NICT で開発したマッハーツェンダー変調器による平坦光コム発生技術を応用し、100fs 級の超短パルス光源を実現しようとするもので、この光源を用いることによって、THz-TDS が高精度化・ロバスト化・可搬化され様々な応用シーンに適用できると考えられています(図 4)。

● おわりに

テラヘルツ帯の開拓では、デバイス技術の完成度が低いいため、それ自身が研究対象です。デバイスの研究開発と同時に無線通信や様々な



図4 可搬型THz-TDSの予想図

センシング応用を開発して行く必要があります、研究遂行上の困難さは高いと言えますが、その分、研究成果が現実の応用に直結しています。今後の発展性は非常に大きく、やり甲斐のある内容だと言えるでしょう。

* 1 フェムト秒(10^{-15} 秒)

* 2 www.youtube.com/user/tokyouiversityTHZ