

## 「テラヘルツ波が開く新しい分光とイメージング技術」

(株)栃木ニコン テラヘルツ事業室

福島一城、深澤亮一

近年、光と電波の境界領域にあるテラヘルツ波が注目されている。テラヘルツ波の周波数領域は、明確に定義されていないが、0.1THzから10THz程度までを指すことが多い。この領域は、遠赤外線からミリ波にかけての未開拓の電磁波領域であり、これまで産業に利用されることは殆ど無かった。テラヘルツ波の特徴は、透過性が高い、低エネルギーで安全、水分に敏感、等々がある。

100 フェムト秒以下の光パルスを発振する固体レーザーが市販されてから、光伝導スイッチ素子などに光パルスを照射して、パルス状の広帯域なテラヘルツ波（テラヘルツパルス波）の発生や検出をおこなう研究が展開されている<sup>1)</sup>。これにより、遠赤外線からミリ波にかけての電磁波技術の新しい分野が開かれ、テラヘルツ時間領域分光法（テラヘルツパルス分光法）と呼ばれる新しい分光法が開発された<sup>2)</sup>。テラヘルツパルス分光法は、テラヘルツパルス波を試料に照射し、その透過波、又は反射波のパルス波形を時間分解測定し、その波形をフーリエ変換することで振幅スペクトルと位相スペクトルを得る分光法である。従来の分光法では光の強度を測定するのに対して、テラヘルツパルス分光法では電磁波の電場波形を測定する点が大きく異なる。テラヘルツパルス分光法を用いて得られた電場の振幅と位相を解析することにより、試料の複素屈折率・複素誘電率・複素電気伝導度の周波数依存性を求めることができる。

また、テラヘルツパルス波によるイメージングが可能である。1995年に米国ベル研究所のグループは、テラヘルツパルス波を用いた走査型イメージングにより葉とLSIの透過撮影に成功した<sup>3)</sup>。これに対して、1996年に米国レンセラ工科大学のグループは、イメージングプレートとして電気光学結晶を用い、ポッケルス効果によるテラヘルツ

波の電場検出とCCDカメラを組み合わせてリアルタイムイメージングを可能にする2次元電気光学サンプリング法を提案した<sup>4)</sup>。この手法を用いると画像取得時間を大幅に減少させることができ、かつ、動きのある物体の画像を取得することが可能になる。

なお、テラヘルツパルス波だけではなく、単色で波長可変のテラヘルツ波に関する研究開発も展開されている<sup>5)</sup>。

テラヘルツ技術は、工業材料の分析<sup>6,7)</sup>、スペースシャトルの燃料タンクに使用されている断熱材の非破壊検査、空港での安全検査、禁止薬物・爆発物・可燃性液体の検査、癌・火傷の診断、皮膚の水分含有量測定、医薬品の品質管理、冷凍食品の検査、農作物の水分モニタリング、科学検査など、材料、セキュリティ、バイオ、医用、食品、農業と多岐に亘る分野で応用が試みられている。

本講演では、テラヘルツ波の特徴、テラヘルツ技術の応用、テラヘルツ波の発生・検出、テラヘルツパルス波の特徴、テラヘルツパルス分光装置の構成、テラヘルツパルス分光法による測定例、テラヘルツパルスイメージングシステムの構成、イメージング例、等々について、国内外の動向も含めて紹介する。

1) 谷正彦, 松浦周二, 阪井清美, 光学 26, 86 (1997).

2) 阪井清美, 分光研究 50, 261 (2001).

3) B. B. Hu and M. C. Nuss, Opt. Lett. 20, 1716 (1995).

4) Q. Wu, T. D. Hewitt, and X. -C. Zhang, Appl. Phys. Lett. 69, 1026 (1996).

5) 川瀬晃道, 伊藤弘昌, 応用物理 71, 167 (2002).

6) 永井直人, 光学 34, 465 (2005).

7) 永井直人, レーザー研究 33, 848 (2005).