

非線形光学効果が拓くテラヘルツ新技術

Novel THz techniques utilizing nonlinear optical effects

名大院工¹, 理研² ○川瀬 晃道^{1,2}, 村手 宏輔¹, 林 伸一郎²

Nagoya Univ.¹, RIKEN.² ○Kodo Kawase^{1,2}, Kosuke Murate¹, Sin'ichiro Hayashi^{2,1}

E-mail : kawase@nuee.nagoya-u.ac.jp

テラヘルツ波 (THz) 波と呼ばれる約 0.3 ~ 10 THz (波長 1 mm ~ 30 μm) の電磁周波数帯の光源開発とその応用開拓が進んでいる。この帯域は電波と光波の中間に位置しており、テラヘルツ波は、電波のように紙、プラスチック、ビニール、繊維、半導体、セラミクス、脂肪、粉体、油、氷など様々な物質を透過できるとともに、光波のようにレンズやミラーで空間を自由に取り回すことができる。また、電波に比べて波長が短いため、多くのイメージング用途にとって必要十分な適度な空間分解能を有している。さらに、ビタミン、糖、医薬品、禁止薬物など様々な試薬類に固有の吸収スペクトルがテラヘルツ帯で見出され、その応用可能性が拡がりつつある。

テラヘルツ光源は、広帯域テラヘルツパルス光源と単色テラヘルツ光源の 2 種類に大別することができる。近年、テラヘルツ波が世界的注目を集めるに至った大きな要因のひとつは、フェムト秒レーザを用いた広帯域テラヘルツパルスの発生・検出法が開発されたことである。他方、単色テラヘルツ光源は、単位周波数あたりの強度が強いことや、周波数強度を直接測定できるため測定結果が試料の形状に依存しにくいといった利点を有している。代表的な波長可変単色テラヘルツ光源として、光パラメトリック発生を用いた高出力光源技術の新展開について報告する。

励起用の高強度光パルスが非線形光学結晶に入射されると、光学活性フォノンとテラヘルツ波との混成波であるポラリトンに起因する誘導ラマン散乱によって、励起光と波長がわずかに違う光 (アイドラー) とテラヘルツ波 (シグナル) が、強いパラメトリック相互作用により発生する。非線形光学結晶として $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ を使い、増幅されたマイクロチップ YAG レーザをポンプ光とし、発生するアイドラー光への光注入には連続波で波長可変な外部共振器半導体レーザ (波長: 1066 ~ 1080 nm) を用いた。ポンプ光、シード光ともに単一縦モード周波数である。アイドラー光および THz 波はノンコリニア位相整合条件を満たす波数ベクトル方向に発生する。この光注入方法では、半導体レーザの波長を制御するだけで、自動的に位相整合角度を満たす仕組み (アโครマティック位相整合) も開発されている。波長可変半導体レーザの波長と結晶への入射角度を調整することで波長 60 ~ 600 μm 、すなわち周波数 0.5 ~ 5 THz の広帯域での単一周波数発生が可能で、出力も昨年自由電子レーザーを超える 50kW を達成し、さらに is-TPG を検出側にも用いることで 10 桁のダイナミックレンジを有するシステムへと進化した [1]。

現在、この高強度広帯域波長可変テラヘルツ発生検出システムを用いた 郵便物検査や非破壊検査などの技術開発を進めており、講演で詳述する。(本研究に関して、理研の南出 TL、縄田研究員に感謝致します)

[1] S. Hayashi, K. Nawata, T. Taira, J. Shikata, K. Kawase, H. Minamide, Scientific Reports 4 (2014) 5045.