

非線形フォトンクスによる高効率テラヘルツ波—光波直接変換とその応用

Highly Efficient Photon-Conversion Between Terahertz Wave and Near-Infrared Light By Nonlinear Photonics And Its Applications

南出 泰亜

Hiroaki MINAMIDE

理化学研究所 光量子工学研究センター
RIKEN center for Advanced Photonics, RIKEN

概要

近年、非破壊検査をはじめとする応用において、テラヘルツ (THz) 波技術の産業利用が進展しつつある。一方で、THz 波は物質中のフォノン振動による吸収の影響を大きく受けるため、従来の THz 波光源では輝度が不足し、多様な応用展開には限界があった。これに対し、我々は非線形光学媒質を用いたレーザー励起・高輝度 THz 波光源の研究開発を行ってきた。中でも、我々が発見したバックワード THz 波パラメトリック発振 (BW-TPO) は、サブ THz 領域における高輝度 THz 波の発生において極めて有効である。本講演では、特別に設計した斜周期分極反転ニオブ酸リチウム結晶を用いた、手のひらサイズの高輝度 THz 波光源の開発について詳述し、開発に成功した励起光源を内蔵したロボット搭載型 THz 波光源モジュールについて紹介する。本 THz 波光源は、独自開発の Q スイッチ Nd:YAG マイクロチップレーザーを励起光源とし、最大出力 10 W 超の周波数 0.33 THz の THz 波を発生させることに成功した。また、シンプルな方法で周波数が連続的に可変であり、周波数可変幅は 60 GHz に達する。本 THz 波光源を用いた反射型 THz 波イメージングなど非破壊検査の例を示しながら、動作の安定性や実用的なセンシングについて検討し、将来の THz 波応用や社会実装について展望する。

- [1] K. Nawata, Y. Tokizane, Y. Takida, and H. Minamide, “Tunable backward terahertz-wave parametric oscillation,” *Sci. Rep.* 9, 726 (2019).
- [2] Y. Takida, K. Nawata, and H. Minamide, “Injection-seeded backward terahertz-wave parametric oscillator,” *APL Photon.* 5, 061301 (2020).
- [3] Y. Takida, K. Nawata, and H. Minamide, “All-in-one 10-W peak power backward terahertz-wave parametric oscillator,” *The 2024 49th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2024)*, Perth, Australia, Sep. 1-5, 2024.
- [4] J. E. Muldera, K. Nawata, Y. Takida, A. De Los Reyes, D. Yadav, and H. Minamide, “Octave-spanning, continuously tunable injection-seeded backward terahertz-wave parametric oscillator,” *Opt. Express* 33, 22049-22061 (2025).
- [5] A. De Los Reyes, J. E. Muldera, Y. Takida, K. Kajikawa, D. Yadav, Y. Xu, M. Sato, C. Otani, and H. Minamide, “Swept-source optical coherence tomography based on a backward terahertz-wave parametric oscillator achieving depth super-resolution,” accepted in *Opt. Express*.

Abstract

We developed a compact, high-brightness terahertz (THz) source based on backward-wave parametric oscillation (BW-TPO) using a slant-stripe-type periodically poled lithium niobate (PPLN) crystal. The all-in-one source, driven by a specially designed passively Q-switched Nd:YAG microchip laser, delivers monochromatic THz output exceeding 10 W at 0.33 THz with a 60 GHz tunable bandwidth. We also demonstrated its effectiveness for nondestructive inspection via THz-wave imaging, and discuss its operational stability, frequency tunability, and potential for practical sensing applications and future deployment in real-world THz technologies.