

微弱偏光イメージングシステムを用いた 0.1 THz 電気光学イメージング

0.1 THz electro-optic imaging using a highly sensitive polarization imaging system

奈良先端科学技術大学院大学¹, 情報通信研究機構², 公立千歳科学技術大学³, 九州大学⁴
 ○岡田 竜馬¹, 水野 麻弥², 竹原 浩成¹, 春田 牧人^{1,3}, 田代 洋行^{1,4}, 太田 淳¹, 笹川 清隆¹
 Nara Institute of Science and Technology¹, National Institute of Information and Communications Technology²,
 Chitose Institute of Science and Technology³, Kyushu University⁴

Ryoma Okada¹ Maya Mizuno², Hironari Takehara¹, Makito Haruta^{1,3},
 Hiroyuki Tashiro^{1,4}, Jun Ohta¹, Kiyotaka Sasagawa¹

E-mail: okada.ryoma.on9@ms.naist.jp

1. 緒論

電気光学(EO)プローブは、一次電気光学効果による電界に応じたEO結晶の複屈折変化を計測する。一般的なアンテナ等と異なり金属を用いないため、THz帯までの高周波電界に感度を持ち、侵襲性も低い。これまでに我々は、EO結晶とイメージセンサを組み合わせ、高周波電界を一括して撮像するシステムを構築し、ミリ波帯までの高周波電界の可視化を実証した[1]。

本研究では、EO結晶と微弱偏光イメージングシステム、光コム合成手法を用いた局部発振変調光生成システムを用いることで、測定周波数を0.1 THz帯まで拡張し、0.105 THz電界分布の可視化を行った。

2. 微弱偏光撮像システム

THz電界によってEO結晶で発生する複屈折率変化は非常に微弱であるため、高い信号対雑音比(SNR)での撮像が必要となる。しかしながら、イメージセンサ画素のフォトダイオードは非常に小型のため、飽和しやすく、入射光量上限が低くなってしまう。そこで、我々は各画素上に金属配線層によるワイヤグリッド偏光子を搭載した偏光イメージセンサに一樣な偏光子を重ねた二重偏光子構成とすることで、非常に高い感度で偏光変化を撮像する手法を提案した[2-4]。本手法では、イメージセンサ画素への入射光量を低減して画素飽和を回避しつつ、偏光変調度を増大することが可能となる。その結果、大きな光量をEO結晶に入射可能となり、SNRが飛躍的に改善される。

3. THz電界撮像システムおよび測定結果

図1(a)に作製したTHz電界撮像システムの模式図を示す。観察対象の波源として、6通倍器を用いて0.105 THz生成し、図1(b)に示されるWR-10導波管端にEO結晶を配置して撮像を実施した。EO結晶は厚さ0.1 mmの(110) ZnTeを利用した。観察対象のTHz電界はイメージセンサのフレームレートに対して非常に高いため、EO結晶と偏光子をミキサとして光ヘテロダイン法により、周波数変換を行った。このとき、EO結晶に入射する変調光の周波数とTHz電界の差周波成分が電界強度にほぼ比例した信号として偏光イ

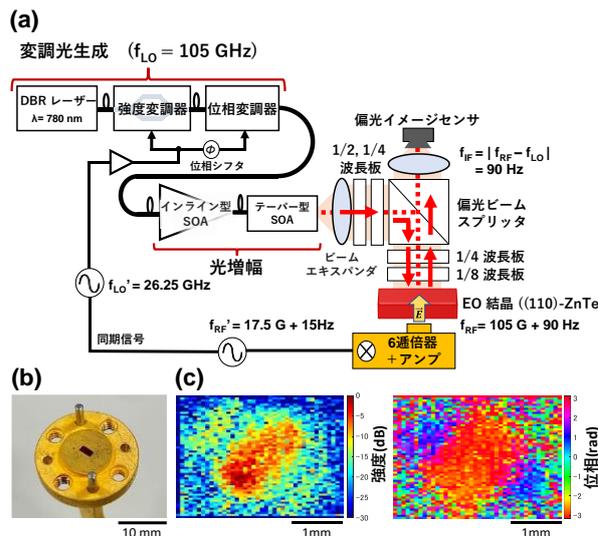


図1 (a)0.1THz電界撮像システム模式図、
 (b)撮像対象WR-10導波管端、(c)電界撮像結果

メージセンサで計測される。この変調光生成には、波長780 nmの単一周波数レーザーに強度変調器と位相変調器を直列に接続した光コム生成手法を用いており、0.105 THzの通倍周波数成分を含む。さらに、インライン型SOAとテーパ型SOAの2段増幅によって光増幅を行い、微弱偏光撮像システムに入射し、撮像を実施した。イメージセンサを360 FPSで動作させ、10000フレームからFFTにより差周波成分の90 Hzを抽出することによって、図1(c)に示される電界強度分布と位相分布を得た。

光コム合成手法では、0.1 THzよりも高い通倍波が存在するため、これを利用することで、さらに高周波の電界撮像も可能であると見込まれる。

[謝辞]

本研究開発は総務省SCOPE(JP225007001)の委託を受けたものである。LSI設計は東京大学VDEC活動を通し、ケイデンス株式会社およびシーメンスEDAジャパン株式会社の協力で行われた。

[参考文献]

- [1] K. Sasagawa *et al.*, IEEE T-MTT, **55**, pp. 2782-2791 (2007).
- [2] K. Sasagawa *et al.*, IEEE T-ED **69**, pp. 2924-2931 (2022).
- [3] R. Okada *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **62**, SC1052 (2023).
- [4] K. Sasagawa *et al.*, Opt. Continuum **2**, pp. 758-768 (2023).