

100 kHz Yb ファイバーレーザーを用いた高速 THz 波形観測

High-speed THz waveform measurement using 100 kHz Yb-doped fiber laser

量研関西 ○坪内 雅明, 永島 圭介

QST, KPSI, ○Masaaki Tsubouchi, Keisuke Nagashima

E-mail: tsubouchi.masaaki@qst.go.jp

THz 時間領域分光法(THz-TDS)は、常温かつ高精度で THz スペクトルを測定可能な手法として現在標準的に用いられ、水を媒介とした化学反応や生命現象の観測、太陽電池等の半導体電子デバイスの特性評価や検査へ向けた基礎研究が行われている。しかしこれらの基礎研究を実用化する際、測定速度の劇的な(2~3桁)高速化が求められている[1]。そこで本研究では、高繰り返し高強度 THz パルス光発生システムを開発し、さらにそれを用いた高速 THz 波形観測システムを構築した。

塗装膜等の膜厚や、膜内部のサビや含水率等を高感度、高精度で測定するためには、高強度、短パルス THz 光源が必須であり、さらに高速測定のために高繰り返しで THz パルス光を発生させる必要がある。そこで、高強度 THz 光発生で広く用いられている、波面傾斜励起光を LiNbO₃(LN)結晶に照射する手法を最適化することで、パルスあたりのエネルギーでは劣る高繰り返し励起光源を用いた、高強度 THz 光発生を実現させた。まず励起光源として、繰り返し 100 kHz の Yb ドープファイバーレーザーを構築し、波長 1040 nm、エネルギー 30 μ J、パルス幅 320 fs のフーリエ変換限界パルスを得た。これは、LN 結晶を用いた手法で最も THz 光発生効率が高くなる励起光パルス条件である[2]。続いて独自に THz 光発生デバイスの開発を行った[3]。従来法では、波面傾斜のための回折格子と、THz 光発生のための LN 結晶が別個に必要であったが、我々は回折格子・結晶一体型デバイスを設計開発し、励起光ビーム径程度の小型チップ状デバイス 1 枚で、高強度 (μ J ~ sub μ J 級) THz 光発生を可能とした。

THz-TDS では、THz 光を電気光学(EO)結晶に照射した際に THz 電場強度に比例して生じる EO 効果を用いて、検出用近赤外パルス光の偏光回転度から測定することで THz 光の瞬時電場を決定する。さらに THz 光と検出光との遅延時間をスキャンして THz 光電場波形を時間領域で観測する。そのため遅延時間のスキャンが THz-TDS では律速となる。そこで本研究では、遅延時間スキャンを高速(50 Hz)で振動するスピーカにより行うことで、これまで数分を要した波形測定を 10 ミリ秒へと劇的に時間短縮する事に成功した。装置の概略図を Fig.1 に示す。

本研究の一部は、JST 産学共創基礎基盤研究プログラム「テラヘルツ新時代を切り拓く革新的基盤技術の創出」の支援により実施された。

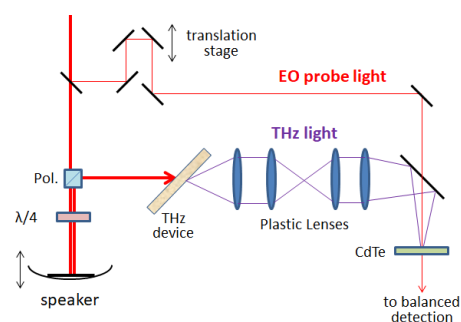


Fig. 1. Schematic of the THz-TDS system with the fast scanning delay line.

[1] S.S. Dhillon et al., J. Phys. D: Appl. Phys. **50**, 043001 (2017).

[2] J. A. Fülöp, et al., Opt. Express **18**, 12311-12327 (2010).

[3] M. Tsubouchi et al. Opt. Lett. **39**, 5439 (2014).