## 位相シフト法を用いた THz デジタルホログラフィ

## Phase shifting THz digital holography

徳島大<sup>1</sup>, JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ<sup>2</sup>, 宇都宮大<sup>3</sup>

<sup>O</sup>(P)山際将具<sup>1,2</sup>, 南地暉<sup>1</sup>, 南川丈夫<sup>1,2</sup>, 山本裕紹<sup>2,3</sup>, 安井武史<sup>1,2</sup>

Tokushima Univ.<sup>1</sup>, JST, ERATO IOS<sup>2</sup>, Utsunomiya Univ.<sup>3</sup>

## <sup>o</sup>M. Yamagiwa<sup>1,2</sup>, F. Minamiji<sup>1</sup>, T. Minamikawa<sup>1,2</sup>, H. Yamamoto<sup>2,4</sup>, and T. Yasui<sup>1,2</sup>

性を示せた。

## E-mail: yamagiwa.masatomo@tokushima-u.ac.jp

(位相像)である。高さ分布の赤、緑、青枠内(サ イズ:40x40pixels) での高さ分布を測定して段差 を求めたところ、8.76±3.0µm,21.7±3.0µm,30.5 ±1.1µm となった。CW-THz 波の波長と位相ノイ ズ (~λ/100) を考慮すると、リーズナブルな結果 である。これにより、位相シフト THz-DH の有用

https://femto.me.tokushima-u.ac.jp

本研究は JST-ERATO 美濃島知的光シンセサイ ザの助成を受けて行われた.

[1] M. K. Kim, SPIE Rev., 1, art. 018005, Jan. 2010.

[2] Q. Li et al, Appl. Opt., **51**, pp. 7052–7058, (2012).

[3] M. Yamagiwa et al, ICO-24, Th1F-03, (2017).

[4] T. Poon and J. Liu, *Introduction to Modern Digital Holography with MATLAB* (CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2014), Chap. 5.



Fig. 1 (a)Experimental setup. QCL: quantum cascade laser, PM: parabolic mirror, OC: optical chopper, M: mirror, BS: beam splitter. (b) Schematic diagram of sample.



Fig. 2 Experimental result. (a) Amplitude image, (b) Height distribution. Each step difference was calculated from height distributions at areas surrounded in the red, green, and blue square lines on Fig. 2(b), respectively.

光と参照光の干渉縞を撮像素子で記録し、干渉縞 データを用いてコンピュータ内で波面伝搬計算 を行うことで、物体の振幅と位相を再生する技術 である。通常、DH では可視光が用いられている が、不透明物体の場合、その内部構造を可視化す るのは困難である。この問題を解決する方法とし て、不透明物質に対して良好な透過性を持つテラ ヘルツ(THz)波を用いた、THz デジタルホログラ フィ(THz-DH)が提案されている[2,3]。従来の THz-DH システムでは Gabor 型または off-axis 型 が採用されてきた。しかし、Gabor型では0次光 や共役像が物体像に重なり、off-axis 型ではフー リエフィルタリングにより物体像が劣化すると いう問題があった。これらの問題を解決する方法 として、位相シフト DH[4]がある。この手法は0 次光や共役像を完全に除去することができ、また フーリエフィルタリングによる情報の劣化がな い。位相シフト DH は可視領域では広く使われて いるが、THz 領域ではまだ試みられていない。本 研究では、位相シフト THz-DH システムを構築 し、その有用性を確認するために、段差計測を行 ったので報告する。

デジタルホログラフィ(DH)[1]は、物体からの

図 1(a)に実験光学系を示す。光源には連続発振 THz 量子カスケードレーザ(発振周波数 3THz, 平 均パワー1.78mW)を用いた。射出された THz ビー ムは放物面ミラーでコリメートされた後(ビーム 直径 7mm),マイケルソン干渉計に入射する。参 照アームのミラーをステッピングモータで光軸 方向に移動させ、4 段階の位相シフト(0, π/2, π, 3π/2 rad) を行い、それぞれの干渉縞をディテク タで取得した。ディテクタには 2D マイクロボロ メータアレイ( $320 \times 240$  pixels, pixel pitch  $23.5\mu$ m) を使用した。また、干渉縞画像のバックグラウン ドノイズを低減するために、光チョッパーを用い て干渉縞有り/無しの差分イメージングを行った。 サンプルはガラス基板に 1.04mm, 1.06mm, 1.07mm 厚のゲージブロックをリンギングしたも ので、10µm, 20µm, 30µm の段差が設けられてい る(図 1(b))。サンプルとディテクタ間の距離は 115mm とした。実験結果を図 2 に示す。図 2(a), 2(b)はそれぞれ段差サンプルの振幅像、高さ分布