

# レーザー干渉加工による位相ホログラフィック回折格子の作製と電子渦ビームの生成

## Fabrication of phase holographic gratings by laser interference processing and generation of electron vortex beams

東北大多元研<sup>1</sup>, 名大未来研<sup>2</sup>

○福島 涼太<sup>1</sup>, 上杉 祐貴<sup>1</sup>, 齋藤 晃<sup>2</sup>, 佐藤 俊一<sup>1</sup>

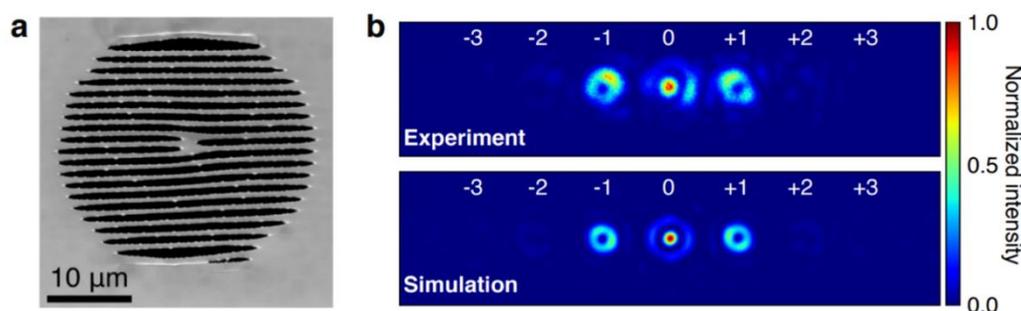
IMRAM, Tohoku Univ.<sup>1</sup>, IMaSS, Nagoya Univ.<sup>2</sup>

○Ryota Fukushima<sup>1</sup>, Yuuki Uesugi<sup>1</sup>, Koh Saitoh<sup>2</sup>, Shunichi Sato<sup>1</sup>

E-mail: ryota.fukushima.p2@dc.tohoku.ac.jp

近年、電子顕微鏡法の分野で電子渦ビームの発生とその利用が注目されている<sup>[1,2]</sup>。電子渦ビームの簡便かつ実用的な発生方法として、ホログラフィック回折格子に電子線を入射し、回折波として取り出す方法が挙げられる。これまでに Au や Pt を蒸着した Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 基板を集光イオンビーム(FIB)でフォーク状のマルチスリットに加工した回折格子が報告されている。しかし金属を蒸着した回折格子はバイナリ振幅ホログラムとして機能するため、回折効率が約 10%に制限される。また FIB は高精度の加工が行える一方で熟練した操作が必要であり、導入・運用コストが高いという問題がある。本研究では、電子線用のホログラフィック回折格子を作製する手法として、レーザー干渉加工を用いた新しい手法を試みた。本手法では、フェムト秒レーザーを使用したレーザーアブレーション加工により、位相変調板として機能する厚さ数十 nm の Si 等の薄膜を使ってシングルショットで回折格子を作製することが可能である。これにより回折効率を向上することができる。

35 nm 厚の Si 薄膜に対して、レーザー干渉加工により作製したトポロジカル次数  $l = 1$  の電子渦生成用の回折格子を Fig.1 (a)に示す。また、その回折格子を使用した電子回折パターンの実験結果およびシミュレーション結果を Fig.1 (b)に示す。図の中央には透過波による斑点がみられ、その左右両側に  $\pm 1$  次の回折波による強度分布がみられる。 $\pm 1$  次の回折波は中央にダークスポットをもつドーナツ型の強度分布を示し、作製した回折格子により電子渦が生成されたことが確認できた。またシミュレーション結果との比較により、作製した回折格子は約 19%以上の回折効率が得られ、位相ホログラフィック回折格子として機能していることも確認できた。講演では、作製したホログラフィック回折格子およびその回折格子を用いて得られた電子回折パターンの詳細について報告する。



**Fig. 1** (a) Scanning microscope image of the phase diffraction grating fabricated in the Si film with a thickness of 35 nm. (b) The experimental (top) and the simulation (bottom) results of the electron diffraction pattern by the fabricated phase diffraction grating.

[1] S. M. Lloyd, M. Babiker, G. Thirunavukkarasu, and J. Yuan, Rev. Mod. Phys. **89**, 035004 (2017).

[2] 齋藤 晃, 長谷川 裕也, 内田 正哉, 顕微鏡 **48**, 39 (2013).