

フォトリソグラフィによるフォトニックナノジェット形成のためのマイクロ構造体の作製

Fabrication of microstructures for generation of photonic nanojet

佐野 太一¹⁾ コスムスパマラ クンピシット¹⁾ 戸邊 恵斗¹⁾プッタラクサ ニテイポン¹⁾ 石井 保行²⁾ 西川 宏之¹⁾Taichi SANO¹⁾ Kunpisit KOSUMSUPAMARA¹⁾ Keito TOBE¹⁾ Nitipon PUTTARAKSA¹⁾Yasuyuki ISHII²⁾ Hiroyuki NISHIKAWA¹⁾¹⁾ 芝浦工業大学 ²⁾ 量子科学技術研究開発機構

(概要)

本研究では、フォトニックナノジェット形成に有用なマイクロ円柱構造を援用した、光学顕微鏡観察を提案する。市販のブルーレイディスクのナノパターン上に PMMA を塗布し、陽子線描画技術により直径 3、5、7、9 μm のマイクロ円柱構造を作製した。共焦点レーザ顕微鏡を用いて、Blu-Ray ディスクのナノパターンを円筒状微細構造で撮像し、ナノイメージングに役立つ円筒状微細構造の性能を調べ、コントラストおよびシャープネスの面でより画質が向上した。

キーワード: フォトリソグラフィ、プロトンビームライティング、光学顕微鏡

1. 目的

光学顕微鏡においては、回折限界により可視光線による観察下で分解能が 200–250 nm に制限される。この回折限界を超える観察手法（超解像）の一つにマイクロ球を援用した顕微鏡（Microsphere-assisted microscopy (MAM)）が報告されている¹⁾。MAM による超解像観察においては、観察部位を決めるマイクロ球の位置制御に原子間力顕微鏡を利用した手法が提案されている。我々はマイクロ円柱構造におけるフォトニックナノジェットの形成を確認しているが²⁾、その更なる有用性を探索するためにナノスケール観察における画像のマイクロ円柱構造を用いたナノ構造の観察手法を探索した。本研究の目的は、陽子線描画（PBW）を用いて、ナノ構造（幅 200 nm、100 nm 間隔）上にマイクロ円柱構造を作製し、共焦点レーザ顕微鏡を用いて表面観察を行い、画質の向上効果を明らかにすることである。

2. 実施方法

市販のブルーレイディスクから 5 mm 角に切り出した試料片においてナノ構造の保護層を剥離した。その後、PMMA (KAYAKU Advanced Materials, 分子量: 950 k) を用いて、スピンコート法（500 rpm にて 5 秒間、2000 rpm にて 60 秒間）で膜厚 2.6 μm の PMMA 膜をナノ構造表面に成膜した。PBW 装置（ビームエネルギー: 1 MeV、ビームサイズ: 1 μm ）を用いて、直径 3 – 9 μm の円を描画した（照射量: 100 nC/mm²）。その後、イソプロピルアルコールと純水を 7:3 の割合で混合した溶液に 20 分間浸漬し現像した。ナノ構造の表面を、作製したマイクロ円柱構造を介して共焦点レーザ顕微鏡（Olympus LEXT OLS4000, 光源波長 405 nm）を用いて、倍率/NA が 20x/0.6 および 100x/0.95 の対物レンズで観察した。

3. 結果および考察

ナノ構造表面上のマイクロ円柱構造の形成を SEM 観察により確認した。倍率/NA が 20x/0.6 の対物レンズにより共焦点レーザ顕微鏡観察を行ったところ、直径 3 – 9 μm の PMMA マイクロ円柱構造を介して、線幅 200 nm、間隔 100 nm のナノ構造が観察できた。マイクロ円柱構造の直径の減少に伴い、コントラストとシャープネスが向上した。また、倍率/NA が 100x/NA0.95 の対物レンズを用いた共焦点レーザ顕微鏡観察では、すべての直径のマイクロ構造を援用した観察で 20x/0.6 のそれと比較して画質が向上した。これらの結果は、MAM と同様にマイクロ円柱構造のナノ構造観察への適用可能性を示すものである。

4. 引用(参照)文献等

1) Arash Darafsheh, J. Appl. Phys. 131, 031102 (2022).

2) K. Kosumsupamala, K. Tobe, A. Tsuji, D. Seya, H. Seki, N. Puttaraksa, T. Matsui, H. Nishikawa, Appl. Phys. Lett. 123, 141102 (2023).