

課題番号	: F-20-UT-0002
利用形態	: 機器利用
利用課題名(日本語)	: 微細加工技術による機能性材料の物性に関する研究
Program Title (English)	: Study on the physical properties of functional materials by microfabrication
利用者名(日本語)	: <u>大越慎一</u> 、吉清まりえ、生井飛鳥、池田侑典
Username (English)	: <u>S. Ohkoshi</u> , M. Yoshikiyo, A. Namai, Y. Ikeda
所属名(日本語)	: 東京大学大学院理学系研究科化学専攻
Affiliation (English)	: Department of Chemistry, School of Science, The University of Tokyo
キーワード/Keyword	: リソグラフィ・露光・描画装置、酸化鉄、磁気記録、マテリアルサイエンス

### 1. 概要(Summary)

高密度記録を目指し、ミリ波を用いた新しい磁気記録の方式として「集光型ミリ波アシスト磁気記録」の原理検証を行った。ミリ波を集光するために、ナノリソグラフィにより分割共振リングを磁性薄膜の上に作製した。

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置、マスク・ウエーハ自動現像装置群、光リソグラフィ装置 MA-6、高密度汎用スパッタリング装置、高速シリコン深掘りエッチング装置、汎用 ICP エッチング装置、形状・膜厚・電気特性評価装置群、クリーンドラフト潤沢超純水付、ステルスダイサー、ブレードダイサー。

#### 【実験方法】

金属製の集光リングを磁性フィルム上に作製するため、Si 10  $\mu\text{m}$  / SiO<sub>2</sub> 1  $\mu\text{m}$  / Si 500  $\mu\text{m}$  の三層構造の SOI (silicon on insulator) 基板を用いてステンシルマスクを作製した。SOI 基板の表面(Si 10  $\mu\text{m}$ )に集光リング形状の穴を電子線リソグラフィにより作製し、裏面(Si 500  $\mu\text{m}$ )には集光リングを囲む窓穴をフォトリソグラフィにより作製した。得られたステンシルマスクと磁性フィルムを重ね合わせて金をスパッタすることで、長さ 773  $\mu\text{m}$ 、幅 278  $\mu\text{m}$ 、太さ 15.4  $\mu\text{m}$ 、分割幅 61.8  $\mu\text{m}$ 、厚み 290 nm の長方形の集光リングを磁性フィルム上に作製した。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

シングルナノメートルサイズまで小さくできるナノ磁性体であり、且つ、高周波ミリ波を吸収するイプシロン酸化鉄( $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )に着目し、磁気テープ用の新しい磁気記録方式の実証実験に取り組んだ。今回、金属置換型イプシロン酸化鉄ナノ粒子を石英基板上に塗布した配向磁性フィ

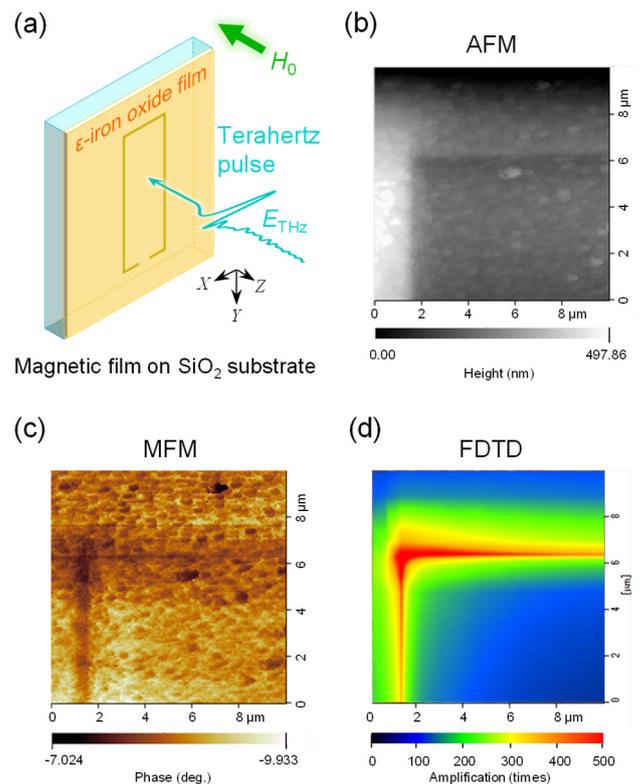


Fig.1 (a) Illustration of the focusing ring on the magnetic film. (b) AFM image, (c) MFM image, and (d) calculated distribution of the magnetic field at the corner of the ring.

ルムを作製し、酸化鉄ナノ粒子の共鳴周波数に相当するミリ波を集光させるための金属製リングを磁性フィルム上に作製した。Fig. 1a に示すように磁性体の保磁力よりやや小さい外部磁場( $H_0$ )を印加した状態で集光ミリ波を照射した。照射後の試料を原子間力顕微鏡(AFM)で測定したところ、集光リングの高さ形状が観測されたとともに(Fig. 1b)、磁気力顕微鏡(MFM)では、集光リングの周辺に暗いコントラスト部分が観察された(Fig. 1c)。MFM 画像の色コントラストと電磁界シミュレーション(FDTD)の磁場分布マップ(Fig. 1d)を比較したところ、観測された MFM 画像と磁場分布は良く一致しており、集光ミリ波により磁性フィルムの

磁化が反転したことが明らかとなった。このようなミリ波照射による恒久的な磁極反転は世界で初めての観測であり、磁気記録密度の向上につながる技術であると期待される。

法、記録装置、再生方法、再生装置、及び、高速応答素子”，中国公開特許公報 CN 111902867, 2020年11月6日。

#### 4. その他・特記事項(Others)

外部競争的研究資金

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/磁気テープにおけるミリ波記録方式の開発研究」  
(研究代表者:大越慎一)

謝辞

本研究では、微細加工プロセスにおいて、東京大学超微細リソグラフィー・ナノ計測拠点の三田吉郎先生、水島彩子氏にご協力を頂きました。厚く御礼を申し上げます。

#### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

論文

(1) S. Ohkoshi, M. Yoshikiyo, K. Imoto, K. Nakagawa, A. Namai, H. Tokoro, Y. Yahagi, K. Takeuchi, F. Jia, S. Miyashita, M. Naakajima, H. Qiu, K. Kato, T. Yamaoka, M. Shirata, K. Naoi, K. Yagishita, H. Doshita, *Adv. Mater.*, 32, 2004897 (2020).

[Frontispieceとして取り上げられた他、英エコノミスト誌、日経産業新聞、化学工業日報、科学新聞などに掲載された。]

学会発表

- (1) 大越慎一, 第12回ケムステVシンポ, オンライン開催, 2020年12月16日.
- (2) 大越慎一, 総合研究奨励会, オンライン開催, 2021年1月28日.

#### 6. 関連特許(Patent)

- (1) 大越慎一, 吉清まりえ, 井元健太, 中川幸祐, 生井飛鳥, 所裕子, 中嶋誠, 白田雅史, 直井憲次, “記録装置及び記録方法”, 国際公開特許公報 WO 2020/166610, 2020年8月20日.
- (2) 大越慎一, 中嶋誠, 白田雅史, 堂下廣昭, “記録方