

## 近接場光磁気デバイスに向けた全光磁化制御に関する研究

金子昌賢

指導教員 大津元一 教授

### 1. 研究背景と目的

回折限界を打破する光技術として、ナノ寸法の物質系の素励起と結合することで波長によらない微小な空間領域に局在することが許された光、近接場光を用いた、伝播光では不可能な微小な光デバイスや光加工を実現する「ナノフォトニクス」が提唱されている[1,2]。近年、近接場光の助けを借り、磁気記録において超常磁性限界に迫る  $1\text{Tb}/\text{inch}^2$  以上の記録密度を実現する近接場光アシスト磁気記録が注目されている[3]。一方で、近接場光アシスト磁気記録はナノ寸法の熱源として近接場光を用いるに留まっており、記録の原理も従来の磁気記録と同様にコイルを用いた磁場印加によるものである。近年、円偏光フェムト秒レーザーパルスの偏光極性による全光磁化制御が実現され[4]、磁気記録の高速化への応用が期待されている[5]。ところが近接場光による全光磁気記録は全く未開拓の領域である。本研究の目的は、近接場光の偏光極性による単磁区微粒子の全光磁化制御を実現することで、近接場光磁気デバイスの動作原理を提供することにある。

図1に、本研究の目標である、近接場光の偏光の自由度を活用した全光磁化制御、近接場全光磁化反転の概念図を示す。

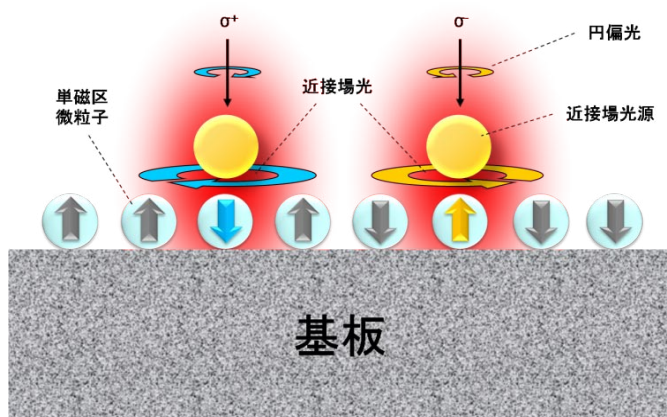


図1 近接場全光磁化反転の概念図

本論文では、近接場光磁気デバイスのための有望な高磁気異方性材料であるフェリ磁性アモルファス合金  $\text{TbFeCo}$  薄膜において試みた円偏光フェムト秒レーザーパルスによる全光磁化反転実験について報告する。

### 2. 実験方法と結果

#### 2.1. 材料選定・試料作製・評価

近接場全光磁化反転実験のための材料として、全光磁化反転が既に報告されている  $\text{GdFeCo}$  に近い物性を持つために同様の光磁気効果が期待され、かつ大きな磁気異方性エネルギー密度を有し数十 nm の磁区が安定に存在できることが知られている、近接場光による超高密度記録の有望な材料である希土類-遷移金属アモルファス合金フェリ磁性体  $\text{TbFeCo}$  を選択し、その膜厚 20nm の薄膜をスパッタリングによって作製した。図2に試料構造と磁気力顕微鏡による観察結果を示す。SiN層は  $\text{TbFeCo}$  の酸化防止膜および磁気光学効果のエンハンス膜として、Al層は熱拡散層として働く。寸法が数百 nm 程度の磁区が確認できた。

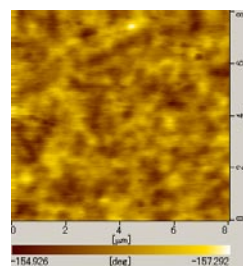
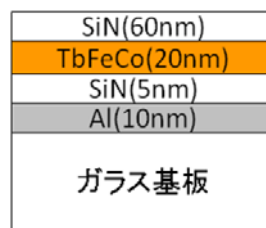


図2  $\text{TbFeCo}$  薄膜試料の膜構造と磁区観察結果

#### 2.2. 伝搬光による全光磁化反転実験

図3に示す光学系を用いて、磁気光学観察をしながら、作製した  $\text{TbFeCo}$  薄膜試料に円偏光フェムト秒レーザーパルスを照射した。

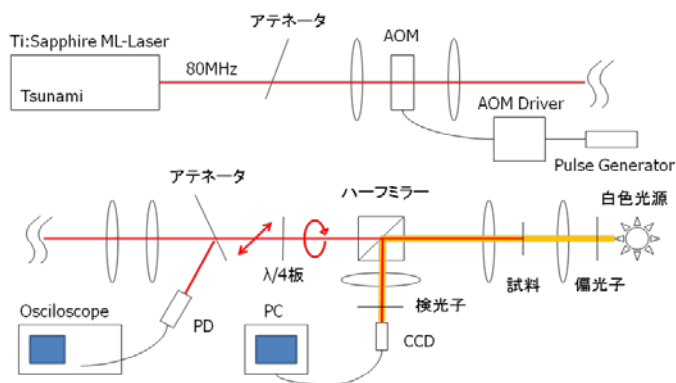


図3 全光磁化反転実験に用いた光学系

Ti:Sapphire モード同期レーザーの繰り返しは 80MHz であるが、熱磁気効果を抑制するために音響光学変調器によるパルスの間引きを行い、照射光を 6 パルス程度からなる波束とした。単一パルスへの間引きは音響光学変調器の立ち上がり時間による制限により実現できなかった。この波束を 1kHz~80MHz の繰り返しで試料に照射した。照射光のパルスエネルギーは 88pJ、パルス幅は 60fs、波長は 740nm~780nm である。従って照射光のスポット径が  $1\mu\text{m}$  程度であればパワー密度は約  $1.5 \times 10^{11}\text{W/cm}^2$  と求まり、この値は GdFeCo 薄膜において全光磁化反転が報告されているパワー密度の範囲内にある。

TbFeCo 薄膜試料の光照射部の光学顕微鏡像を図 4 に、磁気光学像を図 5 に示す。図 4 において、縦線が 80MHz の繰り返しでの照射部、横線が 1MHz での照射部である。80MHz での照射部は製膜した TbFeCo 膜が破壊されていることが分かる。1MHz の繰り返しでの照射部は変色が確認された。図 5 の偏光顕微鏡による磁気光学像では、1MHz の繰り返しでの照射部も全くランダムに磁化していることが分かる。なお、1kHz の繰り返しでは照射の前後で差異は見られなかった。

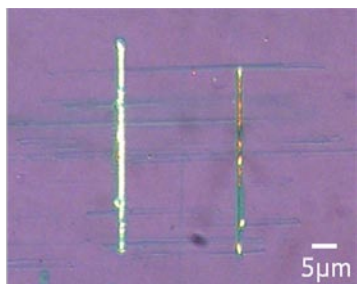


図4 光照射部の光学顕微鏡像

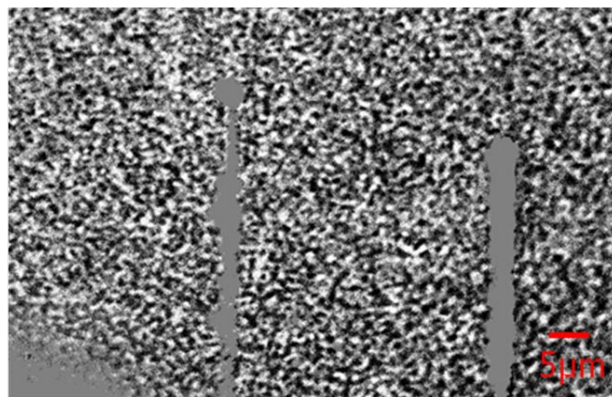


図5 光照射部の磁気光学像

### 3. 結論

近接場光磁気デバイスのための有望な高磁気異方性材料であるフェリ磁性アモルファス合金 TbFeCo における円偏光フェムト秒レーザーパルスによる全光磁化反転を試みた。現状では全光磁化反転には成功しておらず、パルス列による試料の破損のみが観察された。全光磁化反転が達成できなかった最大の原因は全光磁化反転に必要な照射光の条件である  $10^{11}\text{W/cm}^2$  という巨大なパワー密度を持った単一パルスを実現できておらず、照射光がパルス列であるため十分に熱が拡散する前に次々と光パルスが照射されてしまい、加熱の効果が支配的であることであると考えられる。今後、条件を改善した照射光、磁性体試料による継続実験が期待される。

### 4. 参考文献

- [1] M. Ohtsu, K. Kobayashi, T. Kawazoe, S. Sangu, and T. Yatsui, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics 8, 839 (2002).
- [2] S. Sangu, K. Kobayashi, A. Shojiguchi, and M. Ohtsu, Phys. Rev. B, 69, 115334 (2004).
- [3] “特殊な「光の粒」使い大容量HDD／記録密度1テラビット実証” 朝日新聞 2007/11/7 朝刊
- [4] C. D. Stanciu, F. Hansteen, A. V. Kimel, A. Kirilyuk, A. Tsukamoto, A. Itoh, and Th. Rasing, Phys. Rev. Lett. 99, 047601 (2007).
- [5] Phil Berardelli, ScienceNOW, 28 June (2007).