

GdFeCo 磁性薄膜の磁気緩和増大に向けた交換結合ナノ孤立磁性微粒子による

ナノスケール不均一磁気構造の形成

Nano scale ununiformed magnetic structure formation with exchange coupled isolated magnetic nano particle for increase of magnetic damping on GdFeCo thin films

○二川康宏¹, 吉川大貴² 今里真之³ 塚本新⁴*Yasuhiro Futakawa¹, Hiroki Yoshikawa², Masayuki Imazato³, and Arata Tsukamoto⁴

Abstract: For faster magnetization reversal to fast magnetic recording needs high Gilbert damping constant materials which is one character of magnetization dynamics properties. Gilbert damping constant means energy cost in magnetization processional motion. In this report, we form nano scale ununiformed magnetic structure formation with exchange coupled isolated FeCuPt magnetic nano particles for increase of magnetic damping on GdFeCo thin films.

1. はじめに

高速磁気記録のための磁化反転の短時間化には磁化反転の動特性を表す値の一つである高い Gilbert 減衰定数 α の材料が求められている。ギルバート減衰定数 α は磁場駆動型の磁化反転に伴う歳差運動の減衰、即ちエネルギーの緩和を表す。このエネルギーの緩和を大きくする方法として、材料固有である構成する元素を α の高い元素に置換する方法、結晶構造を有する場合に結晶性を制御することにより結晶異方性を大きくする方法などがあげられる。しかし、これらの方法では根本的に材料を変えてしまうために α のみならず、磁気記録媒体に要求される他の磁気特性を大きく変えてしまう可能性が高い。そこで、本研究では対象とする磁性薄膜媒体の元素、構造、作製方法を変えずに高い α を実現する、即ち磁化の一斉運動を乱すような方法として、隣接する層に空間的に磁氣的性質の大きく異なる非常にミクロな磁気特性の不均一を形成する方法として高い磁気異方性や飽和磁化を有する高密度ナノ孤立磁性微粒子群との磁氣的結合により、実現を図ることを検討した。磁性層と一部同遷移元素を含む材料を用いることで、同軌道の電子を介しスピン軌道相互作用を用いることでスピンを制御し、主として α の増大を試みる。 α とスピン-軌道相互作用の生み出す局在的な異方性の関係が報告されており^[1]、隣接層との界面の相互作用を α の制御を実現する可能性が示唆される。本検討では高 α 化を検討する材料として希土類-遷移金属(RE-TM)合金である光磁気記録材料として用いられてきた GdFeCo を使用する。本材料は保磁力が低く、高い磁気光学効果を示す。そして、 $K_u=10^7$ [erg/cc] という高い磁気異方性エネルギー、 $M_s = 900$ [emu/cc] という飽和磁化を有し、GdFeCo 層と同じ遷移金属 Fe を用いた FeCuPt 孤立磁性微粒子試料を隣接層として用いた材料を作製し、まず本試料の磁気異方性、磁化に対する評価を行った

2. 実験方法

本測定では熱酸化 Si 基板上にマグネトロンスパッタ法で Cu, Fe, Pt の順で成膜を行い、急速昇温熱処理 (Rapid Thermal Annealing : RTA) を用いて作製した FeCuPt 孤立磁性微粒子の上に、同じくマグネトロンスパッタ法を用いてアモルファスフェリ磁性合金 GdFeCo を成膜した試料, SiN (60 nm) / Gd₂₇Fe_{65.63}Co_{9.38} (20 nm) / Pt_x/Fe_y/Cu_z ($x : y : z = 43 : 43 :$

14, 46.4 : 34.4 : 19.2) / SiO_x / Si sub. を用いて、FeCuPt の総積層膜厚を $t = 3.75, 1.25$ nm とした。また、本検討では、酸化しやすい金属である GdFeCo に隣接する FeCuPt は、RTA 処理を行う際に一度大気暴露をする必要がある。この際付着した酸素分子を除去するために、一部試料においてプラズマアッシングをした後に GdFeCo を積層した。Table.1 に示すように、組成 $x:y:z = 43:43:14$ 、積層膜厚 3.75 [nm]、アッシングを行った試料を試料 A、同組成、同膜厚、アッシングを行ってない試料を試料 B、組成 $x:y:z = 46.4 : 34.4 : 19.2$ 、積層膜厚 1.25 [nm]、アッシング

Table1 Condition of using samples

	sample name			
	A	B	C	D
thickness t [nm]	3.75		1.25	
composition (Pt : Fe : Cu)	43 : 43 : 14		46.4 : 34.4 : 19.2	
ashing process	×	○	×	○

1 : 日大理工・学部・子情 2 : 日大理工・院(後)・電子 3 : 日大理工・院(前)・電子 4 : 日大・教員・電子

を行った試料を試料 C, 同組成, 同膜厚, アッシングを行っていない試料を試料 D とした. また, 今回用いた GdFeCo は, 希土類元素 Gd の磁化 M_{RE} と遷移金属元素 FeCo の磁化 M_{TM} が反平行結合しており, その差分により磁化状態が決定されるフェリ磁性を有している. 本試料群において, 波長 800 [nm] の光源による磁気光学効果を用いて遷移金属の磁化 M_{TM} 由来の磁場に対する磁化応答を測定した. また, 磁場に対する試料全体の磁化 M_{net} を超伝導量子干渉素子式試料振動型磁力計 (SQUID-VSM) を用いて測定した.

3. FeCuPt 孤立磁性微粒子の積層膜厚依存性

膜面垂直方向に ± 10 [kOe] の磁場を印加したときの磁気光学応答を Fig.2, 3 に, 膜面垂直方向に ± 70 [kOe] の磁場を印加したときの磁気応答を Fig.4, 5 に示す. 本検討を行うために比較試料として強磁性体が GdFeCo のみの試料 E (SiN (60 nm) / Gd₂₇Fe_{65.63}Co_{9.38} (20 nm) / SiN(5nm) / AlTi (10nm) / glass sub.) を同条件で作製, 評価した. この試料は室温で膜面垂直方向に一軸磁気異方性を有する. 対して A~D はこれらに対し異なる磁場依存性を示した. 試料 A, B では, Fig.2 より磁場印可に対し磁化が応答し, 飽和磁化に達した. その後, $H = 5 \sim 10$ [kOe] の高磁場領域で Kerr signal が 0 へ近づく曲線を描いた. 試料 A, B の高磁場領域での応答を比較するとアッシングを行った場合は傾きが緩やかとなった. 試料 E と比較するとアッシングの有無に関わらず, これらの試料では保磁力はほぼ変化しなかった. 試料 C, D では Fig.3 よりアッシングの有無に関わらず, 磁場 0 [Oe] にて Kerr signal がほぼ 0 を示し, 10 [kOe] 付近の高磁場領域では Kerr signal が飽和した. よって, 連続 RE-TM 膜の磁化特性において単層とは異なる磁場応答成分を生じた. 即ち, 磁気的特性に不均一を形成できたことが示された. また, 本試料群では Fig.4, 5 より, 試料 A, B では, GdFeCo の試料面積で換算した磁化としてヒステリシス曲線中に $H = 50$ [kOe] 付近で, FeCuPt 孤立磁性微粒子由来の高い磁気異方性を示す磁気応答が確認できる. 試料 C, D では全体の磁化の大きさとしては試料 A, B とほぼ同じであるが, 異なる磁気異方性の磁気応答を示すことが確認できる.

4. まとめ

本検討では, 非常にマイクロな磁気特性の不均一を形成する方法として, 高い磁気異方性, 飽和磁化を有する規則合金化した高密度ナノ磁性孤立微粒子群との磁気的結合により実現を図った. その結果, RE-TM 連続薄膜において磁気的特性に不均一を形成できたことが示された.

謝辞: 本研究は平成 25~29 年度文部科学省私立大学戦略的基盤形成支援事業 (S1311020), 平成 26~30 年度文部科学省科学研究費補助金「新学術領域研究 (研究領域提案型)」ナノスピンの変換科学の助成を受けて行った.

参考文献

1. Y. Sonobe, D. Weller, Y. Ikeda, M. Schabes, K. Takano, G. Zeltzer, B. K. Yen, M. E. Best, S. J. Greaves, H. Muraoka and Y. Nakamura, IEEE Trans. Magn., vol. 37, pp. 1667-1670 (2001)

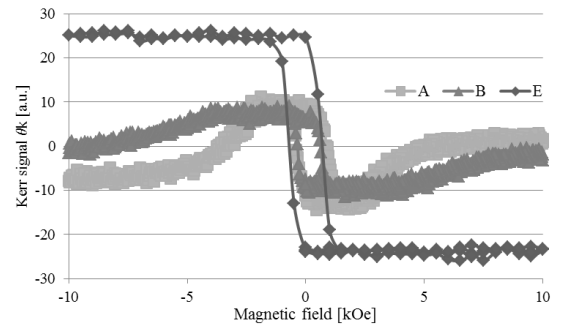


Figure2: Out-of-plane magnetic hysteresis loop of "A" "B" "E" measured by MOKE.

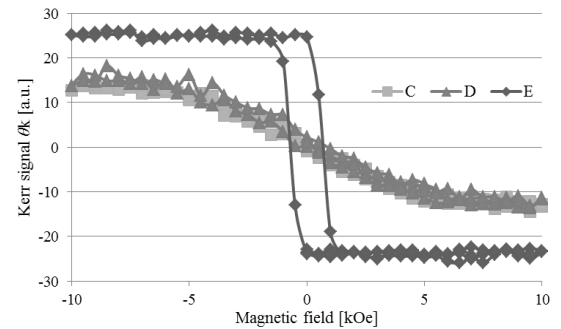


Figure3: Out-of-plane magnetic hysteresis loop of "C" "D" "E" measured by MOKE

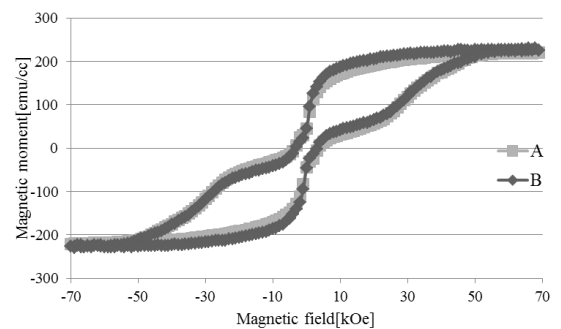


Figure4: Out-of-plane magnetic hysteresis loop of "A" "B" measured by SQUID-VSM .

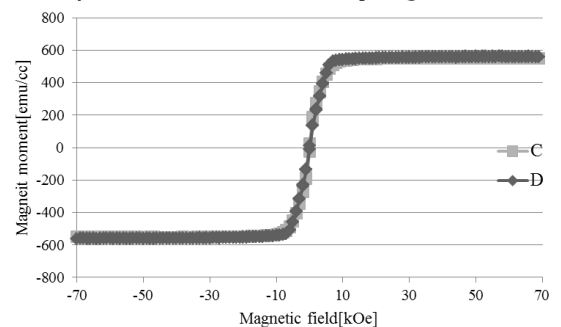


Figure5: Out of plane magnetic hysteresis loop of "C" "D" measured by SQUID-VSM