

課題番号 06-025

## 平成 20 年度シーズ発掘試験（発掘型）研究報告書


報告日：平成 21 年 4 月 17 日

技術分野	12
------	----


課題名：高磁束密度・高保磁力を有する新規ナノ磁石材料の開発と応用

研究期間：平成 20 年 7 月 4 日～平成 21 年 3 月 31 日

## 1. 担当コーディネータ

氏名（役職）	藤井 國久（文部科学省産学官連携コーディネータ）		
所属機関名	国立大学法人 信州大学 産学官連携推進本部		
連絡先	所在地	〒380-8553 長野市若里4-17-1	
	TEL/FAX	026-269-5627/026-269-5630	
	E-mail	kfujii@shinshu-u.ac.jp	

## 2. 代表研究者（代表研究者のみ記入してください。）

氏名（役職）	劉 小晰（准教授）		
所属機関名	信州大学工学部		
連絡先	所在地	〒380-8553 長野市若里4-17-1	
	TEL/FAX	026-269-5480/026-269-5495	
	E-mail	liu@cs.shinshu-u.ac.jp	

## 3. 共同研究者（JST と委託研究契約を締結した共同研究機関の場合のみ記入してください。）

氏名（役職）			印
所属機関名			
連絡先	所在地		
	TEL/FAX		
	E-mail		

## 4. 試験研究の結果報告

## (1) 試験内容

## 1. 薄膜の形成及び特性評価

対向ターゲット式スパッタ装置を用いて、 $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30}/\text{M}$  ( $\text{M} = \text{Co}, \text{Ta}$  など) 合金積層薄膜を形成し、磁気特性、微細構造、組成の測定・評価を行った。積層薄膜を効率的に形成するため、現有のスパッタ装置に付加的な電源を取り付けた。

## 2. 薄膜の微細加工およびその耐熱性に関する検討

実用化のため、FIB を用いて、薄膜を微細加工し、その耐熱性を調べた。350°C まで熱処理した試料の磁気特性（飽和磁化、保磁力）は、室温で作成した試料の磁気特性特性とほぼ変わらないことは確認した。尚、400°C 以上熱処理すると、ナノ磁石の保持力約 30% ぐらい減小することは明らかにした。

## 3. デバイスとしての特性

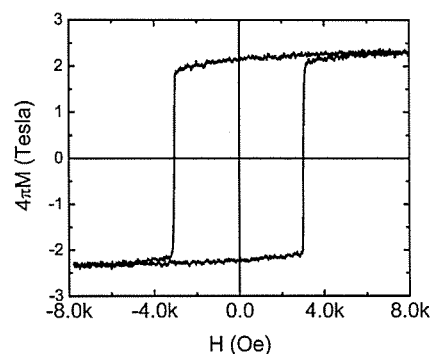
フォトリソグラフィ、FIB を用いて、積層薄膜を用いたリードヘッド用バイアス磁石を作成した、その特性を漏れ磁界を観察できるローレンズ顕微鏡、高感度振動試料磁気力などを用いて評価した。ナノ磁石の形状、微細構造と飽和磁化、保磁力の関係を調べた。

以上示すように、研究期間内、当初の実験計画に対して、本研究では、実験期間内、計画した実験内容をすべて実施できた。

## (2) 得られた成果

これまで軟磁性材料として広く認識されてきた FeCo 合金材料において、硬質磁性の発見およびその応用は、本研究得られた主な成果である。具体的には

① FeCo/M ( $\text{M} = \text{Co}, \text{Ta}$  など) 多層薄膜など方法を用いて、厚さ 30 nm, 幅 100 nm, 長さ 1000 nm のナノ磁気特性は右図のように、飽和磁束密度が約 2.4 T, 保磁力は 3 kOe 以上、角型比は 0.95 以上という極めて良好なナノ磁石形成に成功した。



② 本研究のナノ磁石は室温で形成してある。350°C まで熱処理する場合は、飽和磁化、保磁力、角方比は室温とほぼ変わらないことは確認した。尚、400°C 以上熱処理すると、ナノ磁石の保磁力約 30% 減の 2.2 kOe、角方比は 0.99 から 0.85 まで減少した。透過電子顕微鏡の結果から、これは、高温熱処理による粒子サイズの増加の影響であることを明らかにした。一般的に、ナノ磁石を応用される MEMS、磁気ヘッドのプロセス温度は 300°C 以下であるため、本研究開発したナノ磁石はこのような分野への応用は支障ないと考えられる。

以上示すように、本研究得られた成果は当初掲げた目標特性をすべて達成した。

本研究のナノ磁石は、ハードディスクドライブのリードヘッド用バイアス磁石を製品像として研究してきた。本研究のナノバイアス磁石を磁気ヘッド応用する場合は、わずか厚さ 15 nm FeCo 合金ナノ磁石は、磁気リードヘッド中心へ 0.19 T のバイアス磁界の提供ができることをローレンズ顕微鏡の結果から明らかにした。尚、現有の 30 nm 厚さの CoCrPt ナノ磁石材料場合は、磁気リードヘッド中心へ 0.14 T しか提供できない。

ナノ磁石応用される MEMS など分野では、本研究のナノ磁石でも応用できると考えられる。

### (3) 今後の展開

平成 21 年度内に、本研究を選られた結果を下記のように展開する予定：

- ① 研究結果を今年度の第 33 回日本磁気学会学術講演会で発表予定。
- ② 実用化のため、今後積極的他制度への研究支援応募や、特許出願、論文投稿を行う。

本研究ではハードディスクドライブのリードヘッド用バイアス磁石を製品像として研究してきた。今後、本研究の成果をハードディスクドライブに関連する企業へのアピールや共同研究の可能性調査とともに、MEMS 分野など応用の可能性を詳しく調査していく。

### (4) 知的財産権について

本研究に関して、今年度では実験データの収集などに関して実施してきたが、特許の申請は行っていない。軟磁性材料として広く認識されてきた FeCo 合金材料において、硬質磁性の発見およびその応用に関して、今年度では特許を申請を含む、知財権確保を検討していく。

### (5) 今後のフォローアップ等について（コーディネータ記載）

本課題研究の FeCo 合金ナノ磁石を磁気ヘッド応用する場合、わずか厚さ 15 nm で、磁気リードヘッド中心に 0.19 T のバイアス磁界を提供ができることが分かった。現有の 30 nm 厚さの CoCrPt ナノ磁石材料場合は、磁気リードヘッド中心に 0.14 T しか提供できないことと比較し大幅な性能改善である。

今後、本研究の成果をハードディスクドライブに関連する企業へのアピールや共同研究の推進とともに、MEMS 分野など応用の可能性研究開発を支援していく。