

修士学位論文概要

題目 FeSiB フリー層を有する巨大磁気抵抗素子の歪みセンサへの応用

氏名 伊藤 弘晃

【概要】

はじめに

巨大磁気抵抗効果(GMR)を利用した磁気センサは、一般的に磁化自由層と磁化固定層からなるスピントラップ構造をもち、自由層磁化方向が外部磁界に対して変化したときの磁気抵抗変化を検出する。一方、磁性材料には、歪みを加えると磁気異方性が変化する磁歪の逆効果が知られており、歪みによる磁気異方性の変化を自由層の磁化方向変化に結びつけることができれば歪みセンサとして応用することができる。GMR 歪みセンサは微細化可能な歪みセンサとして期待されているが、磁界と歪みの分離検出が困難であるという欠点をもつ。本研究では自由層磁化方向変調を用い、外乱磁界に強い GMR 歪みセンサの開発をおこなった。

実験方法

超高真空スパッタ装置により直流磁界中で、GMR 多層膜 (Ta(5nm)/FeSiB(10nm)/CoFeB(1nm)/Cu(2.2nm)/CoFe(3nm)/MnIr(10nm)/Ta(2nm)) 及びフリー層に用いる FeSiB 単層膜(50nm)を成膜した。基板には、湾曲可能な厚さのカバーガラス(150 μ m)及び Si(100 μ m)を用いた。成膜した試料を幅 100 μ m、長さ 1200 μ m の細線および両端に電極を配置した構造にフォトリソグラフィにより加工した。素子の磁化容易軸は、細線の長さ方向の垂直方向とし、歪みの検出には、以下の手法を用いた。まず、GMR 膜の困難軸方向に約 14.4Oe のバイアス磁界 H_{bias} を加え、磁化自由層の磁化を固定層に対して 90 度回転させた。次いで容易方向に 0.70Oe、1kHz の交流磁界 H_{ac} を印加して自由層の磁化方位を 1kHz で振動させた(Fig.1)。GMR 細線に直流電流を流しておくと、この振動により GMR 細線の端子電圧に 1kHz の信号が現れるが、歪みの印加により自由層の磁気異方性が変化すると、自由層磁化の振動振幅が変化するため、電圧信号振幅も変化する。

実験結果

高感度な GMR 歪みセンサを実現するため、自由層に用いた FeSiB の磁歪定数(歪みに対する磁気異方性の変化率)とフリー層成膜 Ar 圧との関係を検討した。Ar 圧 0.15Pa の条件で、作製した FeSiB 単層膜で最も大きな磁歪定数 $\lambda = -2.79 \times 10^{-5}$ を得ることができた。この条件でカバーガラス上に成膜した GMR 素子細線を Fig.2 に示すように片持ち梁構造に固定して、自由端に力を加えて困難軸方向に一軸歪み ϵ を加えた。Fig.3 はの ϵ と 1kHz の電圧信号振幅をプロットしたものである。歪みに対する出力変化率の大きい $\epsilon=0$ 付近では 10^4 オーダーの歪み変化を検出できていることがわかる。ゲージ率を算出すると、現在歪みセンサとして広く使われている金属歪みゲージと同等だが、半導体歪みゲージよりは低い感度であるという結果となった。

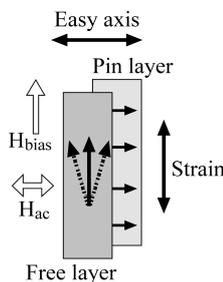


Fig.1 Top view of the GMR element showing the magnetization directions of free and pin layers under the application of H_{ac} , H_{bias} and uniaxial strain.

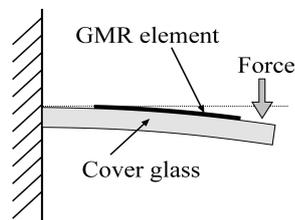


Fig.2 Schematic drawing of the experimental setup for GMR strain gauge.

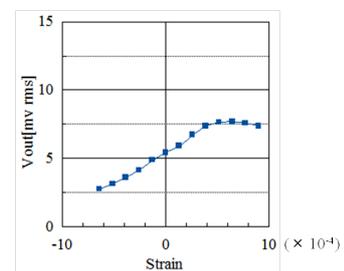


Fig.3 Output signal from the GMR element as the function of the applied strain.

【学会発表等】

International Conference of the Asian Union of Magnetism Societies 2012, Nara, Japan, 2pPS-96 (2012)
第 37 回 日本磁気学会学術講演会, Hokkaido, Japan, 5pF-5 (2013)

