

FeSiB フリー層を有するスピバルブ型 GMR 歪みセンサ

橋本 侑也, 山本 直樹, 加藤 剛志, 大島 大輝, 岩田 聡

名古屋大学

Spin-Valve GMR Magnetic Strain Sensor with FeSiB Free Layer

Y. Hashimoto, N. Yamamoto, T. Kato, D. Oshima, S. Iwata

Nagoya University

はじめに

GMR 素子は 2 端子の抵抗として扱うことができるため, 磁気記録以外にも多様な磁気センサとして利用する研究が行われている. スピバルブ構造を持つ GMR 素子に対して, 磁化自由層の磁化方向を歪みによって変化させると, 歪みセンサとして利用することができる¹⁾. 磁性材料に歪みを加えると磁歪の逆効果により磁気異方性が変化するが, 本研究ではフリー層の磁化方向を交流磁界で変調することで, この磁気異方性の変化を高感度で検出するとともに, 外乱磁界に強い歪みセンサを試作した.

実験方法

超高真空スパッタ装置により直流磁界中で, Ta (2) / Mn₈₀Ir₂₀ (10) / Co₉₀Fe₁₀ (3) / Cu (2.2) / (Co₉₀Fe₁₀)₉₂B₈ (1.5) / Fe₇₂Si₁₄B₁₄ (20) / Ta (5) / sub. を作製した. カッコ内の数値は膜厚 (nm) で, sub. は 0.1 mm 厚のカバーガラス基板を表している. 成膜した試料をフォトリソグラフィおよび Ar イオンエッチングにより幅 100 μm , 長さ 1200 μm の細線状に加工した. 素子の磁化容易軸を細線の短辺方向とし, 直流磁界 $H_{\text{DC}} = 10 \sim 50$ Oe により, FeSiB フリー層磁化を困難軸方向に回転させた. 次に容易軸方向に実効値 0.6 Oe, 1 kHz の交流磁界 H_{AC} を印加し, フリー層の磁化を振動させた (Fig.2). この振動に伴い素子の抵抗値が変化して 1 kHz の信号電圧が現れる. GMR 素子はブリッジ回路に組み込み, ブリッジバランスの崩れを計装アンプによって増幅したものを出力信号電圧 V_{out} とした. Fig. 1 のような片持ち梁構造となるように固定した GMR 素子に歪みを印加すると, フリー層に歪みによる磁気異方性が誘導され, フリー層磁化の振動振幅が変化し, V_{out} の歪み依存性が得られる.

実験結果

Fig. 3 は $H_{\text{DC}} = 10$ Oe のときの歪み ϵ に対する出力電圧 V_{out} をプロットしたものである. また図中に FeSiB フリー層の一軸異方性と歪み誘導異方性から, 歪み ϵ と H_{AC} 印加時の出力電圧をシミュレーションした結果も示す. FeSiB の実効異方性磁界は 10 Oe 以上で $H_{\text{DC}} = 10$ Oe ではこれを打ち消すには不十分であるが, Fe₇₂Si₁₄B₁₄ は正の磁歪定数 ($\lambda = 3.0 \times 10^{-5}$) を示すため, $\epsilon > 0$ の場合, 歪み誘導異方性により, フリー層の異方性磁界が打ち消され, 磁化振動振幅が大きくなり, 出力電圧が増加する. さらに ϵ を増すと磁化振動振幅は減少する. 出力電圧が線形である範囲 ($-0.6 \times 10^{-4} < \epsilon < 0$) のゲージ率 $K = (\Delta V / V) / \epsilon$ は 8.1 と得られた. これは一般的な金属歪みゲージの 4 倍である. さらに, H_{DC} の印加角度を調整することで, $K = 46$ が得られることを確認した.

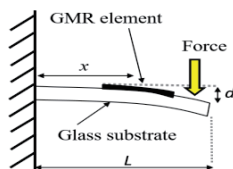


Fig.1 Schematic drawing of the experimental setup.

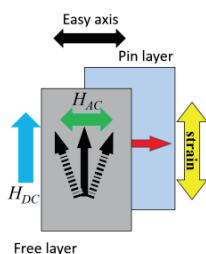


Fig.2 Top view of the GMR element showing directions of the easy axis, H_{DC} , magnetizations of pin and free layers, and applied strain.

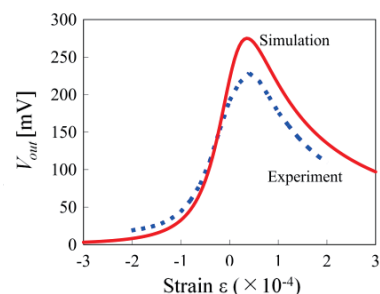


Fig.3 Experimental and simulated output voltage V_{out} as a function of the applied strain ϵ under $H_{\text{DC}} = 10$ Oe.

参考文献

- 1) S. Dokupil et al., J. Magn. Magn. Mat., 290-291, 795 (2005).