

FeSiB フリー層の磁化方向変調型 GMR 歪みセンサの検討

安田 賢汰, 橋本 侑也, 加藤 剛志, 大島 大輝, 岩田 聡
名古屋大学

GMR Magnetic Strain Sensor using modulation of FeSiB free-layer magnetization direction

K. Yasuda, Y. Hashimoto, T. Kato, D. Oshima, S. Iwata
Nagoya University

はじめに

GMR 素子は 2 端子の抵抗素子として扱うことができるため、様々な磁気センサとしての利用が試みられている。スピバルブ構造を持つ GMR 素子において、磁化自由層の磁化方向を磁歪の逆効果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。我々は外乱磁界に強く、高感度な GMR 歪みセンサとして、フリー層の磁化方向を交流磁界で変調する方式を検討してきた²⁾。これまでの報告では、変調用の交流磁界をヘルムホルツコイルによって発生させていたが、本研究では GMR 素子上に電流磁界発生用の Al 導体パターンを微細加工で形成し、Al 導体に交流電流を流すことで GMR 素子に交流磁界を加えてフリー層の磁化方向を変調する³⁾GMR 歪みセンサを作製し、歪みの検出を行ったので報告する。

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. の GMR 素子を作製した。カッコ内の数値は膜厚 (nm) で、sub. は、基盤として用いた 0.1 mm 厚のカバーガラスを示している。GMR 素子はフォトリソグラフィにより幅 30 μm、長さ 200 μm の細線状に加工し、その直上に絶縁層 Al₂O₃ (200 nm) を介して Al 導体を加工した。直流磁界 $H_{DC} = 10 \sim 50$ Oe を加えることにより、FeSiB フリー層の磁化を困難軸方向に回転させた。Al 導体に交流電流 I_{AC} を流すことで、アンペールの法則により実効値 0.6 Oe、1 kHz の交流磁界 H_{AC} を容易軸方向に印加し、フリー層磁化を振動させた (Fig.1)。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。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する。なお、歪みは困難軸方向に加えた。

実験結果

H_{DC} が 10 と 20 Oe の場合には、歪み ϵ に対して V_{out} はピークを示している。これは、FeSiB 層の実効異方性磁界が、 H_{DC} と歪み誘導異方性によって、ちょうど打ち消されたときに H_{AC} による磁化方向の振動が大きくなり、GMR 素子の 1 kHz の信号が極大を取るためである。ピーク位置は、 H_{DC} を大きくすると負の歪み方向にシフトしているが、これは、Fe₇₂Si₁₄B₁₄ が正の磁歪定数 ($\lambda = 3.0 \times 10^{-5}$) をもっているため、負の歪みを加えることで、FeSiB 層の容易軸方向に異方性誘導されるためである。この直流磁界 H_{DC} をパラメータとした $V_{out} - \epsilon$ の特性は、ヘルムホルツコイルを使用したこれまでの報告とほぼ同じ傾向を示しており、Al 導体を用いることでマイクロメータサイズの歪みセンサが実現できる可能性が示された。

参考文献

- 1) S. Dokupil et al., J. Magn. Magn. Mat., **290-291**, 795 (2005).
- 2) Y. Hashimoto et al., J. Appl. Phys., **123**, 113903 (2018).
- 3) G. A. Wang, et al., J. Phys. D: Appl. Phys., **44**, 235003 (2011).

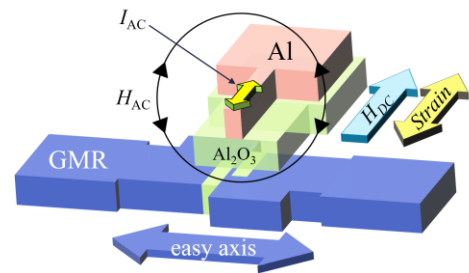


Fig.1 AC magnetic field H_{AC} application method

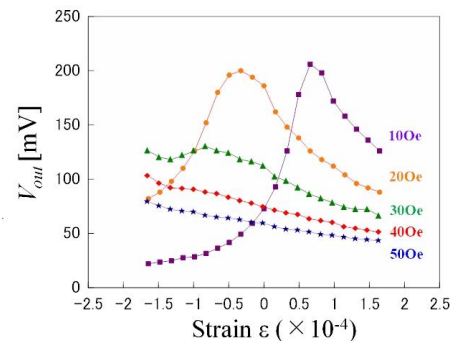


Fig.2 Experimental output voltage V_{out} as a function of the applied strain ϵ