

時間変調メタマテリアルに向けたスピン流注入による Co 細線の透磁率制御 Permeability Control of Co Wires by Spin-current Injection for Time-varying Metamaterials

○ 清水蓮也¹、児玉俊之²、菊池伸明³、岡本聡^{3,4}、大野誠吾¹、富田知志^{1,2}

(¹ 東北大物理、² 東北大高教機構、³ 東北大多元研、⁴ 東北大 CSIS)

○ R. Shimizu¹, T. Kodama², N. Kikuchi³, S. Okamoto^{3,4}, S. Ohno¹, S. Tomita^{1,2}

(¹Dept. of Phys., ²IEHE, ³IMRAM, ⁴CSIS, Tohoku Univ.)

E-mail: renya.shimizu.s7@dc.tohoku.ac.jp

はじめに：従来のメタマテリアルでは屈折率を空間的に制御することで、透明マントのような新たな現象が実現されてきた。近年では、屈折率の制御を時間領域に拡張した時間変調メタマテリアルが注目を集めている。特に、磁性体の磁化はマイクロ波領域の交流磁場に応答するので、透磁率を通じた屈折率の高周波時間変調が見込める。そこで我々は、磁性体を用いた透磁率時間変調メタマテリアルによるマイクロ波の周波数変換を利用することで、第6世代移動通信システムに向けたミリ波やサブ THz 波の光源の実現を目指している。前回の報告では、透磁率時間変調媒質を通過したマイクロ波が、周波数変換されることを数値計算で示した [1]。今回は強磁性金属である Co の細線にスピン流を注入することで、透磁率が操作可能であることを実験的に示す。

実験方法と結果：実験に用いた試料の光学顕微鏡像を Fig. 1 に示す。スパッタリング装置を用いて、ノンドーパ Si 基板上に Ta (3 nm)、Co (2 nm)、Pt (5 nm) をこの順に成膜した。次に電子線リソグラフィと Ar イオンエッチングを用いて、3 層膜を幅 5 μm 、長さ 60 μm の細線に加工し、その両端に厚さ 200 nm の Au を成膜して電極を作製した。電極で挟まれた細線の長さは 45 μm とした。電極のシグナル線 (S) からグランド線 (G) に向けて、交流電流 I_{AC} を流した。すると Pt 層でのスピホール効果による交流スピン流が Co 層に注入される。これによる交流トルクと I_{AC} が生む交流磁場によって、ある外部直流磁場で Co の磁化の歳差角が大きくなる (スピントルク強磁性共鳴: ST-FMR)。この際に生じる異方性磁気抵抗 (AMR) 効果による直流電圧 V_{AMR} の変化を、外部直流磁場 H_{ext} を掃引しながら測定した。一例として周波数 $f=9$ GHz の I_{AC} 条件下での、ST-FMR 信号を Fig. 2 の挿入図に示す。さらに電極間に直流電流 I_{DC} を流し、Pt 層から Co 層に直流スピン流を注入することで ST-FMR の制御を試みた。Fig. 2 に示すのは、 I_{DC} を 0 mA から 8 mA まで変化させたときの ST-FMR 信号線幅の変化である。信号線幅は単調に減少している。この減少は、注入される直流スピン流が大きくなることで、Co の磁化のダンピングが小さくなることを意味しており、Co 細線の透磁率もこれに従って変化していると予想される。当日はダンピング係数や透磁率の変化について定量的に解析した結果を報告する。本研究は JST-CREST (JPMJCR2102) によって支援されている。

参考文献 [1] 児玉俊之 他, 第 70 回応用物理学会秋季学術講演会, 22p-P04-10

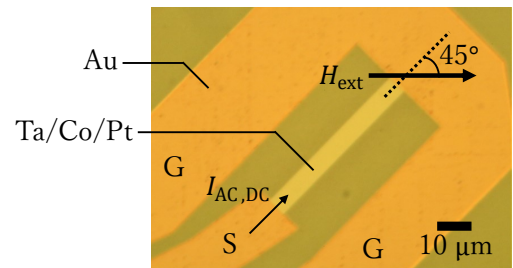


Fig. 1: Sample photograph. The angle between the external magnetic field H_{ext} and the direct current I_{DC} is 45°.

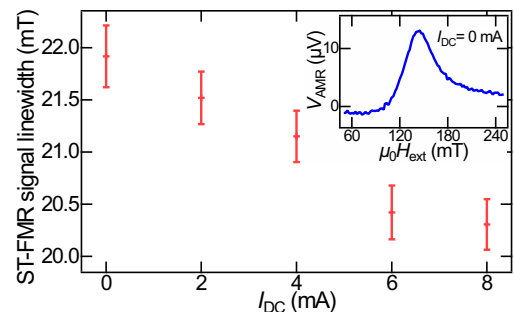


Fig. 2: ST-FMR signal linewidth plotted as a function of I_{DC} at $f=9$ GHz. Inset: ST-FMR signal of Co wire with 9 GHz AC current at $I_{DC} = 0$ mA.