

周期的な変調磁場によるスピン波の減衰

岩場雅司, 関口康爾
(横浜国立大学)

Strong reflection of spin wave by a periodic modulation field

M. Iwaba and K. Sekiguchi
(Yokohama National Univ.)

1 はじめに

スピンの歳差運動を伝達するスピン波は、電荷の移動が無くジュール熱が発生しない。そのため、スピン波を用いた情報伝達デバイスが盛んに研究されている^{1,2)}。スピン波デバイスの実用化に向けて、スピン波を制御する必要がある。本研究ではスピン波の磁気的性質を利用して動的制御を目指し、スピン波の導波路に対して周期的な変調磁場を印加して^{3,4)}、スピン波を減衰制御する実験を行った。

2 実験方法

スピン波の導波路として厚さ $5.1 \mu\text{m}$ 、幅 1.3 mm のイットリウム鉄ガーネット (YIG) を用いた。端面からの反射を減らすため、両端を 45° にカットした。直角にスピン波を曲げて分散関係を変化させて、スピン波を急激に減衰させるためである。幅 $75 \mu\text{m}$ のアンテナに周波数 $f = 1.85 \text{ GHz}$ 、持続時間 5 ns 、電力 10 dBm のマイクロ波パルスを入力して、誘導磁場を発生させてスピン波を励起した。励起されたスピン波は導波路中にある周期的な変調磁場を通過する。スピン波による誘導起電力をアンテナによって検出し、リアルタイムオシロスコープで実時間波形を測定した。アンテナ間の距離は 16 mm である。外部磁場 $H_{\text{ex}} = 160 \text{ Oe}$ をスピン波の進行方向に対して面内垂直に印加し、表面モードのスピン波を励起させた。

スピン波の導波路中に変調磁場を印加するため、線幅 $w_1 = 75 \mu\text{m}$ 、 $w_2 = 130 \mu\text{m}$ 、それぞれ周期 $n = 10$ のメアンダ構造を YIG 表面に配置した。メアンダ構造による周期的な磁場によって一部のスピン波が減衰する。メアンダ構造には直流電流 $I = 0.3 \text{ A}$ を印加し、これによって発生する磁場はそれぞれ $H_{w1} = 1.71 \text{ Oe}$ 、 $H_{w2} = 3.03 \text{ Oe}$ となった⁵⁾。

3 結果および考察

変調磁場を印加しないときのスピン波の実時間波形を図 1 の挿入図における赤線で示す。最大振幅は到達時間 $t = 175 \text{ ns}$ のときに最大振幅 23.3 mV であった。このときの群速度は $v_g = 9.16 \times 10^4 \text{ m/s}$ であり、また YIG の端面から反射したスピン波が遅れて検出されており、複数パケットが $t = 186 \text{ ns}$ 、 195 ns に確認できる。

表面モードのスピン波の減衰効果を図 1 の矢印における振幅の違いで示す。電流 $I = 0.3 \text{ A}$ によって変調磁場を印加したときスピン波の振幅が 16.4 mV になり、 29.6% の減衰があった。

また電流 $I = 0 \text{ A}$ のときは到達時間 $t = 175 \text{ ns}$ であったが、電流 $I = 0.3 \text{ A}$ のときは到達時間 $t = 187 \text{ ns}$ と遅れていた。到達時間が遅れた原因として、変調磁場内でスピン波が反射を繰り返して、反射した経路分の長さだけ遅延が生じたと考えられる。シミュレーションにおいても変調磁場内でスピン波が反射を繰り返して到達時間が遅れることが確認された。

スピン波の実時間波形をフーリエ変換して、周波数スペクトルを求めたものを図 1 に示す。スピン波の帯域は $1.68 < f < 1.92 \text{ GHz}$ であり、スペクトルの強度比は 18.7% だけ減少した。

以上の実験から、表面モードのスピン波において変調磁場による減衰効果を確認できた。減衰強度を改善すればスイッチングも可能になるため、スピン波デバイスの応用に期待ができる。

文 献

- 1) A. Chumak, A. Serga, B. Hillebrands: *Nat. Commun.*, **5**, 4700 (2014).
- 2) K. Sekiguchi, D. Chiba, T. Tachizaki: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **57**, 0902B4 (2018).
- 3) A. Chumak, V. Tiberkevich et al.: *Nat. Commun.*, **1**, 141 (2010).
- 4) 岩場雅司, 藤原早希, 関口康爾: 日本磁気学会論文特集号, **4**, 18 (2020).
- 5) A. Chumak, T. Neumann et al.: *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **42**, 205005 (2009).

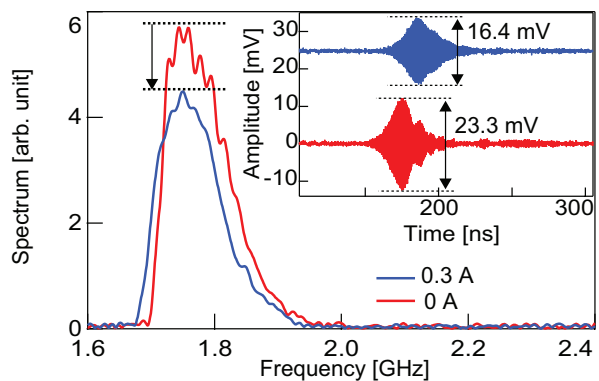


図 1 Powerspectrum of spin wave signal. Inset shows real-time waveforms. Parameters are external magnetic field $H_{\text{ex}} = 160 \text{ Oe}$ and excited frequency $f = 2.85 \text{ GHz}$