

異なる厚さの磁性膜における静磁表面波の解析 —波長および減衰量特性—

Analysis of Magnetostatic Surface Waves in Magnetic Films of Different Thickness - Characteristics of Wavelength and Attenuation-

○田中 和幸¹, 大貫 進一郎²
*Kazuyuki Tanaka¹, Shinichiro Ohnuki²

Abstract : Recently, energy-saving devices using spin waves attract attention, since they have advantages of nonvolatility and avoiding loss of joule heat. In this paper, we analyze the magnetostatic surface wave which is one of the magnetostatic modes of the spin waves in the magnetic thin film. Characteristics of the wavelength and attenuation are investigated for varying the thickness of the magnetic film.

1. はじめに

近年, 情報の不揮発性やジュール熱による散逸がゼロなどの特徴を有する, スピン波を応用した論理演算回路や磁気メモリなどの研究が盛んに行われている^[1]. これらのデバイスを実現するためにスピン波の特性を検討する必要がある. 本報告では, 磁性膜中を伝搬するスピン波の静磁波モードの一つである静磁表面波を解析する. そして, 磁性膜の厚さに対する波長および減衰量特性を検討する.

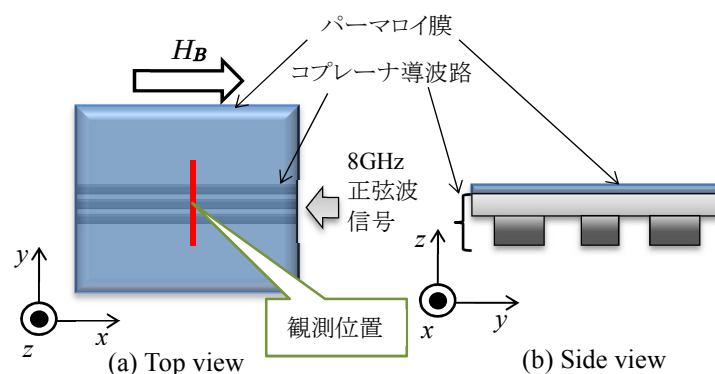


Figure1 Computational model

2. 解析手法

Figure1 に静磁表面波の解析モデルを示す. 直流磁界 H_B により $+x$ 方向に磁化したパーマロイ膜に, コプレーナ導波路を用いて 8 GHz の正弦波信号を $-x$ 方向に印可する. このとき, コプレーナ導波路を境に $\pm y$ 方向に伝搬する静磁表面波を観測位置に置いて解析する.

本報告では, 式(1)の静磁表面波のスカラーポテンシャル φ を用いて解析する^[2].

$$\begin{aligned}\varphi(\mathbf{r}) &= G \otimes (i\kappa h_{ey} + \chi h_{ez}) \\ &= \int G(\mathbf{r} - \mathbf{r}') \{i\kappa h_{ey}(\mathbf{r}') + \chi h_{ez}(\mathbf{r}')\} d^3r'\end{aligned}\quad (1)$$

但し, コプレーナ導波路がパーマロイ膜の表面につくる磁界 $\mathbf{h}_e$ は次式により算出する.

$$\mathbf{h}_e(\mathbf{r}) = \nabla \times \frac{1}{4\pi} \int \frac{\mathbf{j}_e(\mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} d^3r' \quad (2)$$

ここで, $\mathbf{j}_e$ はコプレーナ導波路を流れる電流, G は静磁表面波のグリーン関数, κ, χ は磁界に対する磁化の応答を決める係数, h_{ey}, h_{ez} はそれぞれコプレー

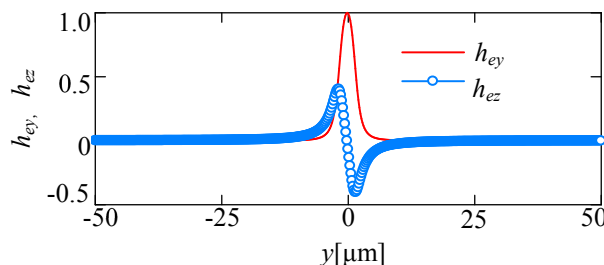


Figure2 Magnetic field generated by the coplanar waveguide

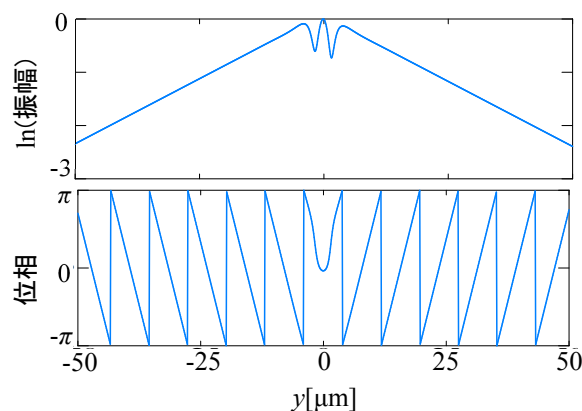


Figure3 Characteristics of wavelength and attenuation

ナ導波路がパーマロイ膜の表面につくる磁界の y および z 方向成分である。

3. 解析結果

Figure2 に式(2)より解析した y 軸方向に沿った観測位置におけるコプレーナ導波路がつくる磁界 h_{ey} と h_{ez} を示す。数値結果は最大値で規格化している。ここで計算した磁界を式(1)に代入してスカラーポテンシャルを算出する。

Figure3 に磁性膜の厚さ 100 nm における静磁表面波の振幅および位相特性を示す。それぞれの特性は、式(1)で表されるスカラーポテンシャルの絶対値および偏角より算出した。最大値で規格化した振幅特性は片対数でプロットしており、静磁表面波の振幅が指数的に減衰していることが確認できる。位相特性は周期的に変化しており、静磁表面波がある一定の波長で伝搬していることが確認できる。

パーマロイ膜の厚さに対する静磁表面波の波長および減衰量特性を Figure4 に示す。それぞれの物理量は膜厚に対する Figure3 のような振幅および位相特性より算出できる。磁性膜の厚さと静磁表面波の波長が比例関係にあることが確認できる。また、磁性膜の厚さに対して減衰量は指数的な変化をしており、厚さを薄くすると減衰量が大きくなることが確認できる。

Table1 に Figure4 の数値結果を示す。表中の値からも波長および減衰量が磁性膜の厚さに対して、上記の特性を有することが確認できる

4. まとめ

本報告では、パーマロイ膜における静磁表面波の波長および減衰量特性をスカラーポテンシャルより解析した。解析結果より、磁性膜の厚さに対して波長は比例的、減衰量は指数的に変化し、これらの特性を制御できる可能性を示した。

5. 謝辞

本研究の一部は、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の援助を受けて行われた。

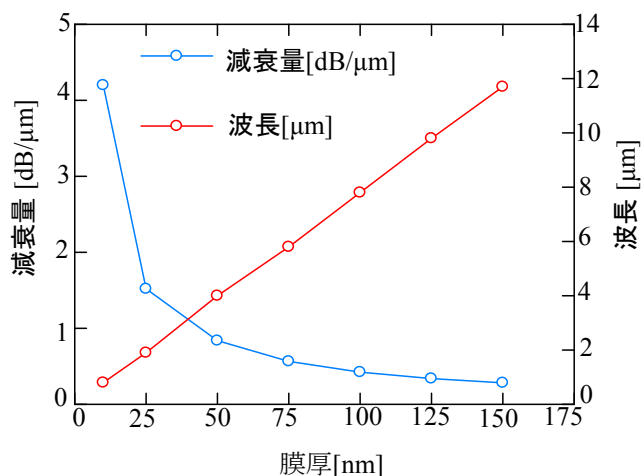


Figure4 Wavelength and attenuation for varying the thickness of the magnetic film

Table1 Numerical result of wavelength and attenuation

膜厚 [nm]	波長 [μm]	減衰量 [dB/μm]
150	11.7	0.283
125	9.8	0.339
100	7.8	0.424
75	5.8	0.565
50	4.0	0.838
25	1.9	1.52
10	0.8	4.20

6. 参考文献

- [1] A. A. Nikitin, A. B. Ustinov, A. A. Semenov, A. V. Chumak, A. A. Serga, V. I. Vasyuchka, E. Lähderanta, B. A. Kilinikos, and B. Hillebrands, Appl. Phys. Lett., 106, 102405, February, 2015.
- [2] S.Tamaru, J. A. Bain, M. H. Kryder, and D. S. Ricketts, Phys. Rev. Vol. 84, August. 2011.
- [3] K. Tanaka, S. Ohnuki, IEICE General Conference 2016,C-1
- [4] K. Tanaka, S. Ohnuki, IEICE Technical Report , EMT2016-23, pp. 97-100, July.2016
- [5] K. Tanaka, S. Ohnuki, IEICE Society Conference 2016,C-1-4