

スピン波励起のための長距離伝搬型表面プラズモン 及び金属アンテナ

吉原颯汰、松本拓也、芦澤好人、中川活二
(日本大学)

Long range surface plasmon and metallic antenna for spin wave excitation
Souta Yoshihara, Takuya Matsumoto Yoshito Ashizawa, and Katsuji Nakagawa
(Nihon University)

はじめに

近年、次世代電子デバイスに応用するためにスピン波の研究が活性化している。スピン波とは磁気モーメントの歳差運動が交換結合し伝搬する波であり、光によっても励起・伝搬することが確認されている。しかし、光には回折限界があるため、高集積化に向けて回折限界以下に集光することが可能な表面プラズモンポラリトン(Surface Plasmon Polariton: SPP)による局所スピン波励起が必要である。そこで本報告では計算機シミュレーションを用いて、表面プラズモンの長距離伝搬モード(Long Range Surface Plasmon: LRSP)励起の検討、及び伝搬した SPP による近接場光励起の検討を行った。

SPP の長距離伝搬モードの解析

まず、励起用の SPP を遠方まで伝搬するための伝搬構造を検討した。シミュレーションモデルを Fig. 1 に示す。解析には Finite-Difference Time-Domain 法を用いた。層構成は、Ta₂O₅ (1,000 nm) / Al₂O₃ (400 nm) / Au (t_{Au} nm) / Al₂O₃ (400 nm)とした。光源は Ta₂O₅ 領域に 1,500 nm 四方の大きさで配置し、振幅 1 V/m、真空波長 780 nm の TM 波を Ta₂O₅ / Al₂O₃ 界面にて全反射するように、入射角 60° で入射し、Al₂O₃ / Au 両界面に SPP を励起した。Al₂O₃ 層厚を 400 nm とし、Au 薄膜厚を $t_{Au} = 20, 30, 40, 50$ nm として LRSP が効率良く伝搬する条件を調べた。ピーク値で規格化した $t_{Au} = 20, 30$ nm における電界強度二乗値の時間平均を Fig. 2 に示す。図中には電界の z 方向成分を濃淡で示す。SPP は Au 薄膜の両界面に励起している。電界分布の符号が両界面で等しいことから、Au 薄膜に LRSP が励起していることが確認できる。 $1/e^2$ で定義される伝搬長は $t_{Au} = 30$ nm が最大を示したが、距離 30 μ m 以上では $t_{Au} = 20$ nm が高い強度を示した。

SPP を用いた近接場光励起

上記で示した $t_{Au} = 20$ nm における伝搬する SPP の近傍に配置して近接場光励起を行うプラズモンアンテナのアンテナ長について検討した。シミュレーションモデルを Fig. 3 に示す。層構成は Ta₂O₅ (1,000 nm) / Al₂O₃ (400 nm) / Au (20 nm) / Al₂O₃ (140 nm) / Y₃Fe₅O₁₂ (YIG) (40 nm) / Gd₃Ga₅O₁₂ (500 nm) とし、YIG 上の Al₂O₃ 内に三角形の Au アンテナを埋設した。アンテナの長手方向の長さを $l_h = 50, 100, 150, 200, 300, 400$ nm に設定し解析を行った。アンテナ先端の電界強度二乗値の時間平均の l_h 依存性を Fig. 4 に示す。 $l_h = 200$ nm の時、先端部の電界強度が最大になった。この 200 nm は、伝搬する SPP の波長約 420 nm の半分程度であるためと考えられる。

謝辞

本研究の一部は、平成 25~29 年度文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(S1311020)の助成を受けて行われた。

参考文献

- 1) Takuya Satoh, Yuki Terui, Rai Moriya, Boris A.Ivanov, Kazuya Ando, Eiji Saitoh, Tsutomu Shimura & Kazuo Kuroda, *Nature Photonics* **6**, 662–666 (2012).

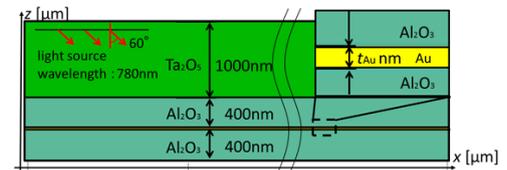


Fig. 1 Simulation model.

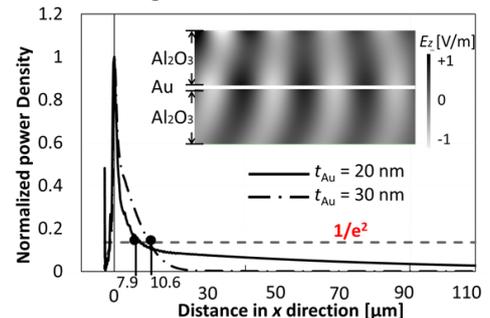


Fig. 2 Normalized power density as a function of distance on x direction, and distance of z-component electric field.

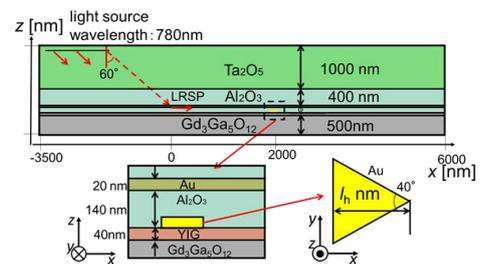


Fig. 3 Simulation model.

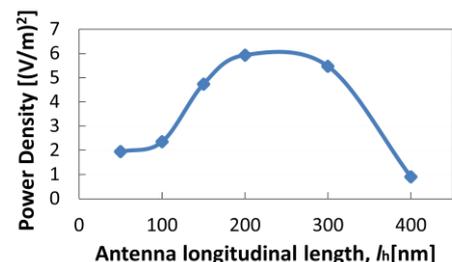


Fig. 4 Changes in power density with respect to antenna length.