

層状プラズモン導波路による表面プラズモンポラリトンの波長制御

Controlling Wavelength of Surface Plasmon Polariton on Layered Plasmon Waveguide

○松本 拓也¹、芦澤 好人¹、中川 活二¹ (1. 日大理工)

○Takuya Matsumoto¹, Yoshito Ashizawa¹, Katsuji Nakagawa¹ (1. Nihon Univ.)

E-mail: matsumoto_takuya@inl.ecs.cst.nihon-u.ac.jp

はじめに 表面プラズモンポラリトン (以下 SPP と略す) は真空中の光よりも短い波長で伝搬し、真空中での回折限界よりも小さい領域に集光することが可能であることから、ナノメートルオーダーの局所光加熱 [1] や微小光パターンの形成などの新規光デバイスへの応用が検討されている。金属表面を伝搬する SPP を局所領域に収束するためには SPP の波長を制御することが必要となる。SPP は隣接する金属構造物に影響され波長やモードが変わるため、伝搬する界面近傍に配置する金属構造物の厚さや位置により波長を短くできる可能性がある。そこで計算機シミュレーションを用いて、種々の厚さの金属層および真空層からなる金属/真空層状プラズモン導波路による SPP の波長依存性を解析した。

実験方法 シミュレーションモデルを Fig. 1 に示す。クレッチマン配置により Au/真空界面に SPP を励起し、Au/真空層状プラズモン導波路を伝搬する SPP の波長を評価する。Au/真空層状プラズモン導波路を SPP の伝搬先に 10 層配置した。真空層厚さ t_{vac} は、Au 層厚さ t_{Au} を 50 nm に固定し、 $t_{vac} = 10, 30, 50$ nm の 3 通りを検討した。 t_{Au} は t_{vac} を 30 nm に固定し、 $t_{Au} = 30, 50, 100$ nm の 3 通りを検討した。光源は誘電体 SiO₂ 領域に 1600 nm × 1600 nm の大きさで配置し、振幅 1 V/m、真空波長 780 nm、入射角 45° の TM 波の連続光を、厚さ 50 nm の Au に対して入射した。解析には Finite-Difference Time-Domain (FDTD) 法を用いた。メッシュサイズは 10 nm、境界に Mur の 1 次吸収境界条件を用いた。

実験結果 t_{Au} および t_{vac} をそれぞれ 50 nm および 30 nm としたときの z-x 断面の電界分布を Fig. 2 に示す。励起した SPP の波長 λ_0 に対し、Au/真空層状プラズモン導波路を伝搬する SPP の波長 λ は短くなる。これは上下の金属層とその間の真空層とのそれぞれ界面で SPP が発生し、相互作用を起すためだと考えられる。 t_{Au} および t_{vac} に対する波長の変化を Fig. 3 に示す。Au/真空層状プラズモン導波路の Au および真空の層厚に依らず、 λ は λ_0 より短くなっている。 t_{vac} が薄くなるに従って波長が短くなり、また t_{Au} が厚くなるに従って波長が短くなっている。特に t_{vac} を 10 nm としたときに $\lambda = 323$ nm となり λ_0 に対して 42% 短くなった。これらの結果は SPP を金属/真空層状プラズモン導波路の層厚を設計することで SPP の波長を制御ができ、SPP を使ったデバイスへの応用が期待される。

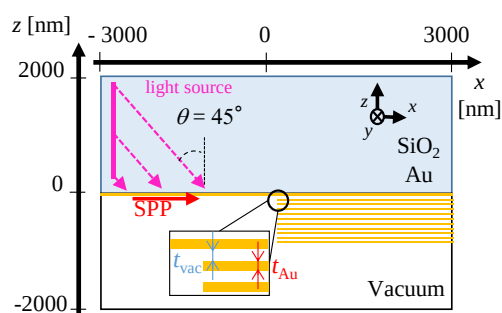


Fig. 1 シミュレーションモデル.

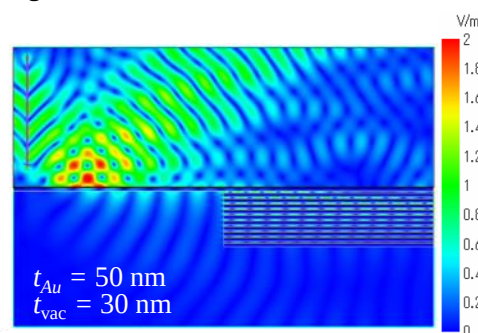


Fig. 2 z-x 断面における電界分布.

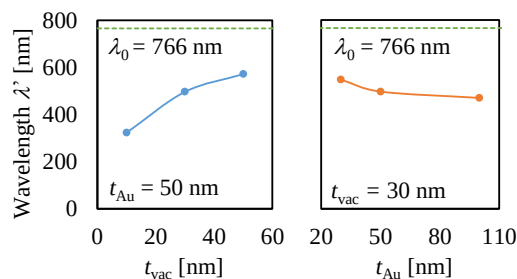


Fig. 3 t_{Au} および t_{vac} に対する SPP の波長.

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] 林慶彦, 田村京介, 芦澤好人, 大貫進一郎, 中川活二:「金属薄膜端部における表面プラズモンの伝搬解析およびプラズモニック導波路への応用」, 第38回日本磁気学会学術講演会概要集, p. 130, 2014.