

# ハイブリッドプラズモニック導波路内の2モード干渉を用いた 表面プラズモン励起および散乱構造

## Plasmonic exciting and scattering structure in Si-based hybrid waveguide

豊技大<sup>1</sup> ○太田雅<sup>1\*</sup>, 古木崇裕<sup>1</sup>, 中山昂太郎<sup>1</sup>, 渡邊領<sup>1</sup>, 住村あさひ<sup>1</sup>, 石井佑弥<sup>1</sup>, 福田光男<sup>1</sup>

Toyohashi Univ. of Tech.<sup>1</sup> ○Masashi Ota<sup>1\*</sup>, Takahiro Furuki<sup>1</sup>, Kotaro Nakayama<sup>1</sup>, Ryo Watanabe<sup>1</sup>,

Asahi Sumimura<sup>1</sup>, Yuya Ishii<sup>1</sup>, Mitsuo Fukuda<sup>1</sup>

\*E-mail: ota@photon.ee.tut.ac.jp

はじめに：金属表面近傍における自由電子の集団振動である表面プラズモンポラリトン (SPP) は、サブ波長スケールの金属構造に光波を集光することで電場増強が可能であるため、高密度光回路やセンシングデバイス<sup>[1,2]</sup>, 太陽電池の性能向上などへの応用が期待されている<sup>[3]</sup>. 本研究では、伝播光-SPP間の高効率変換を目的として、Au 薄膜上に形成した SiO<sub>2</sub> および Si 層からなるハイブリッドプラズモニック導波路における、プラズモニックモードとフォトニックモードの2モード干渉と回折格子を利用した、表面プラズモンの高効率励起および散乱構造を新たに提案し、設計と評価を行った。

**設計方法**：提案する励起および散乱構造 (図1) は、2モード導波路上の Si 層に形成した回折格子によって構成される。図1中の構造パラメータについて、それぞれ  $h$  は Si 層の厚さ、 $W$  はスリット幅、 $d$  はスリット深さ、 $\Lambda$  はスリットピッチ、 $N$  はスリット数を示している。ハイブリッド導波路内を伝播する表面プラズモンの実効屈折率を算出し、プラズモニックモードとフォトニックモード間のビート長を考慮することで、2モード導波路および回折格子を設計した。設計で用いた光源波長は 1550 nm とした。さらに、時間領域差分法による電磁界解析を用いて励起および散乱 SPP 強度を解析的に評価した。

**結果**：図2に、単一のスリットを導波路上に設け、Si 層の膜厚を変化させたときの SPP 強度を示す。ここで、作製精度と SPP の伝播損失の観点から、SiO<sub>2</sub> 層の厚さは 100 nm とした。Si 厚さをプラズモニックモードとフォトニックモードが混在する2モード領域に設定することで、2モード干渉によって Si 層に SPP 強度が集中し (図3)、励起および散乱 SPP 強度が約4倍までに増大することを確認した。さらに、前述した設計の結果、Si 層の厚さが 375 nm、スリット幅が 100 nm、スリット深さが 300 nm、スリットピッチが 900 nm、スリット数が5以上の条件が得られた。5  $\mu\text{m}$  のスポット径の入射励起光条件において、52% の SPP 励起効率を確認した。また、単一モード導波路上の貫通スリットを用いた回折格子と比較して14倍の散乱 SPP 強度を確認した。

**謝辞** 本研究の一部は、JSPS 科研費 26289103, 25630147 および特別研究員奨励費 16J01191 の助成を受けて実施された。

**参考文献** [1] M. Ota et al., *Sci. Rep.* **6**, 24546 (2016). [2] A. Dhawan et al., *Opt. Exp.* **19**, 787 (2011). [3] U. W. Paetzold et al., *Appl. Phys. Lett.* **99**, 181105 (2011).

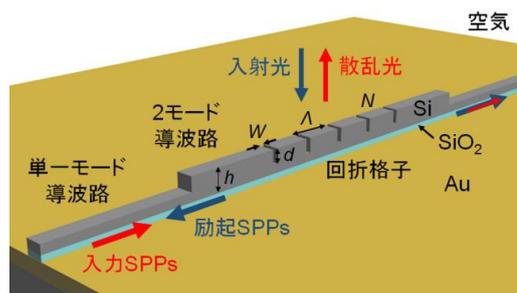


図1. 提案構造の概要図

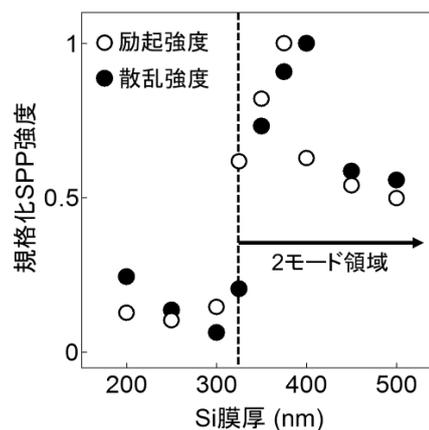


図2. SPP 強度の Si 膜厚依存性

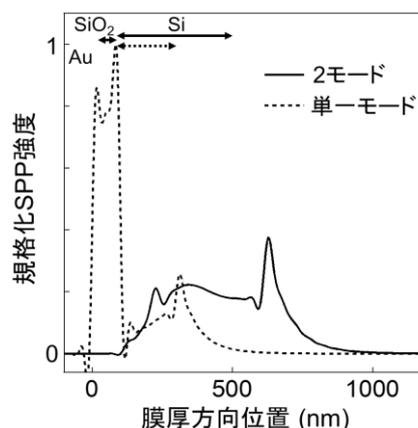


図3. 導波路内の膜厚方向 SPP 強度分布