

電磁界の成分分離によるプラズモニック導波路の伝搬特性評価

Evaluation of Propagation Characteristics for Plasmonic Waveguides by Component Separation of Electromagnetic Fields

○都木慶吾¹, 岸本誠也², 佐甲徳栄³, 大貫進一郎²

Keigo Takagi¹, Seiya Kishimoto², Tokuei Sako³, Shimichiro Ohnuki²

Abstract: Design and evaluation methods for plasmonic waveguides have been developed in terms of long-range propagation and optimal excitation of surface plasmons. In this report, the finite-difference frequency-domain method is used to compute surface plasmons in waveguides. Surface plasmon is evaluated by separating the electromagnetic field into longitudinal and transverse components based on the wavenumber vector in the wavenumber space. Propagation characteristics of surface plasmon can be physically interpreted and evaluated using our component separation method.

伝搬型表面プラズモンを利用するプラズモニック導波路は、光の回折限界を超えた小型化、高速な信号処理が実現可能である。現在、様々な用途を想定したプラズモンモードの励起や伝搬の長距離化に向けて、導波路の評価法及び最適設計法の開発が進められている^[1]。

グレーティング構造により表面プラズモンを励起し、金属を誘電体層で挟んだ導波路部分を表面プラズモンが伝搬するプラズモニック導波路を図1に示す。この構造では、金属薄膜の厚さに依存する電荷分布により、伝搬特性が決定される。図2は長距離伝搬モードにおける電荷分布の模式図であり、膜厚方向に対して異符号の電荷分布を持つため、金属内部の電界は波数ベクトルに対して垂直な成分が優勢となる。

本報告では、FDFD (Finite-Difference Frequency-Domain)法^[3]により図1のプラズモニック導波路を実空間において電磁界解析する。得られた電界は波数空間へフーリエ変換し、波数ベクトルと平行な縦成分及び垂直な横成分に分離する。これら成分分離により得られるプラズモニック導波路の伝搬特性を評価することで、プラズモンの最適励起や長距離伝搬化における物理的解釈及び導波路の効率設計が可能となることを示す。また、フーリエ変換を適用する領域と成分分離の物理的解釈に関する考察も合わせて行う。

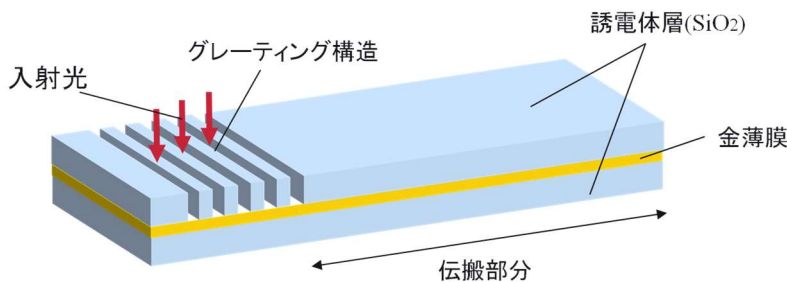


Figure 1. プラズモニック導波路

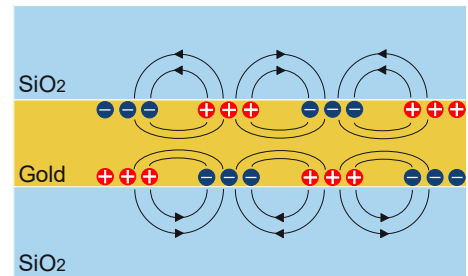


Figure 2. 電荷分布の模式図
(長距離伝搬モード)

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP21K17753 及び JP 23K03961 の援助を受けて行われた。

参考文献

- [1] K. Hamashima, D. Wu, S. Kishimoto, S. Inoue, and S. Ohnuki : “Selectivity of dominant surface plasmon polariton modes using thin metal waveguides with grating structures,” Japanese Journal of Applied Physics, vol. 61, pp. 082002-1–082002-7, 2022.
- [2] K. Takagi, S. Kishimoto, T. Sako, and S. Ohnuki : “Verification of Plasmon Modes by Separating Electromagnetic Field Components in the Wavenumber Space,” XXXV General Assembly and Scientific Symposium (GASS) of the International Union of Radio Science, Aug, 2023
- [3] D. Wu, R. Ohnishi, R. Uemura, T. Yamaguchi, and S. Ohnuki : “Finite-difference complex frequency domain method for optical and plasmonic analysis,” IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 30, No. 11, pp.1024-1027, June 2018.

1 : 日大理工・院 (前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気 3 : 日大理工・教員・一般