

クレッチマン配置の表面プラズモン特性評価  
 ー波数領域における電磁界の成分分離ー

Surface Plasmon Characterization of Kretschmann Configuration

- Component Separation of Electromagnetic Fields in the Wavenumber Domain -

○都木慶吾<sup>1</sup>, 岸本誠也<sup>2</sup>, 佐甲徳栄<sup>3</sup>, 大貫進一郎<sup>2</sup>

Keigo Takagi<sup>1</sup>, Seiya Kishimoto<sup>2</sup>, Tokuei Sako<sup>3</sup>, Shinichiro Ohnuki<sup>2</sup>

Abstract: Recently, waveguides utilizing surface plasmons in metal nanostructures have attracted much attention. In this report, we analyze the problem of surface plasmon excitation using the FDFD (Finite-Difference Frequency-Domain) method. The obtained electromagnetic field distribution is transformed into the wavenumber domain using Fourier transform and separated into longitudinal and transverse components in the wavenumber domain. The longitudinal and transverse components of the electromagnetic field in real space are calculated from the result of component separation. We show that surface plasmon can be physically interpreted and evaluated by the component separation of the proposed method.

近年、金属ナノ構造体における表面プラズモンを利用したプラズモニック導波路が注目されている。誘電体による光導波路では光閉じ込め効果に限界があるが、表面プラズモンは光と結合した自由電子の集団振動であり、微小領域に光を閉じ込めることで光の回折限界を超えた小型化、高速な信号処理が可能となる<sup>[1]</sup>。

表面プラズモンはFigure1に示すクレッチマン配置に代表される金属表面のプラズモンと入射光が共鳴する構造で励振される。表面プラズモンが励振される問題では自由電子の集団振動が作る準静電界とエバネッセント波や入射波、反射波などの電磁界が存在するため複雑な物理現象となっており、物理的解釈・デバイス設計における評価が困難である。

本報告では、表面プラズモンが励振される問題を電磁界解析手法のFDFD (Finite-Difference Frequency-Domain)法<sup>[2]</sup>を用いて解析する。得られた実空間の電磁界分布をフーリエ変換を用いて波数領域に変換する。波数領域の電磁界をFigure2のように波数ベクトルと平行な縦成分及び垂直な横成分に分離し、実空間における電磁界の縦成分及び横成分を算出する<sup>[3]</sup>。表面プラズモンが提案手法の成分分離によって物理的解釈・評価が可能であることを明らかにする。

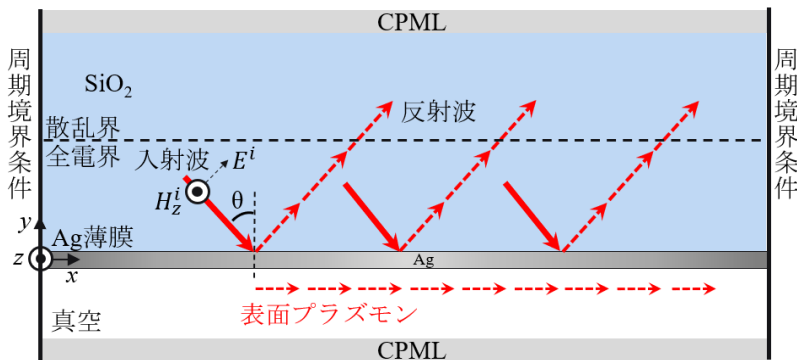


Figure1. クレッチマン配置

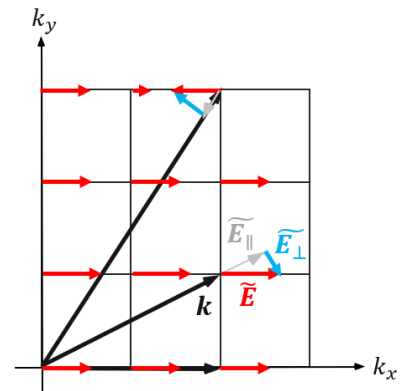


Figure2. 波数ベクトルkに対する縦成分E\_parallelと横成分E\_perp (E = E\_xの場合)

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP21K17753 及び、日本大学理工学部研究助成金の援助を受けて行われた

参考文献

- [1] 呉迪, 浜島功, 井上修一郎, 大貫進一郎: “複素周波数領域有限差分法によるプラズモニック導波路の設計及び特性検証 (招待論文)” 電子情報通信学会論文誌 C, Vol. J103-C, No. 2, pp. 69-77, 2020年2月.
- [2] 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.
- [3] 都木慶吾, 柴垣裕紀, 岸本誠也, 佐甲徳栄, 大貫進一郎: 「波数領域における表面プラズモンの成分分離」, 2022年電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-15-26, 2022.

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