

金ナノホール列における多重極表面プラズモン

Multipole surface plasmons in gold nanohole arrays

○西田 宗弘¹, 畠中 憲之², 角屋 豊¹ (1. 広大先端研, 2. 広大院総合科)

○Munehiro Nishida, Noriyuki Hatakenaka, Yutaka Kadoya (Hiroshima Univ.)

E-mail: mnishida@hiroshima-u.ac.jp

Ebbesen らによる光の異常透過 (EOT) 現象の発見以来, 直径数百 nm の穴の周期的な列 (ナノホール列) を作成した金属薄膜の研究が盛んに行われてきた. これまでの研究により, EOT は金属表面を伝搬する表面プラズモン・ポラリトン (SPP) を介した一種の共鳴トンネル現象であるという基本的な理解は得られている. しかし, 透過スペクトルのピーク構造を定量的に予言することは依然として難しい. これは, ナノホールの存在により, 特定の条件下において, SPP モードの振る舞いが共鳴的に大きく変化するためである. 実際, Pendry らにより, 平坦な表面では SPP を持たない完全電気伝導体 (PEC) でも, ナノホール列の導入により SPP 的な表面モード (スプーフ SP) を生じうる事が明らかにされている. 現実の金属ナノホール列における表面モードは, 本来の SPP とスプーフ SP の両方の特性を併せ持つと考えられる.

この様に, 金属ナノホール列における EOT には穴の導波モードが大きな寄与を果たしている. しかし, これまでの多くの研究では基本導波モードのみを考慮した解析が行われており, 高次の導波モードの影響はあまり考慮されて来なかった. ところで, 高次導波モードは多重極電場分布を有し, 一種のダークモードと考えられるため, 鋭い共鳴ピーク構造を生むと期待される. また, 多重極モードの対称性とホール列の対称性が相まって, 多彩なバンド構造を生み出していると考えられる. よって, ナノホール列系における高次多重極モードの寄与を理解することは, EOT 現象の完全な理解と, 新規光デバイスの実現に対する新しい設計指針を与えてくれると期待される.

そこで本研究では, 厳密結合波解析 (RCWA) 法と穴の導波モードに基づく結合モード法を用いた数値シミュレーションにより, 金ナノホール列の透過, 反射, 吸収スペクトルの詳細を調べると共に, 金属膜に局在した準束縛モードのバンド構造と電場分布を調べ, これらの対応関係について検証を行った. 図 1,2 は, 直径 300nm の穴が周期 500nm で三角格子状に開いた厚さ 100nm の金薄膜が水中に存在する系の計算結果である. 結果より, ナノホールの高次導波モードにより多重極性を有する表面モードが生じ, 幅の狭い共鳴スペクトルが生み出されている事が分かった.

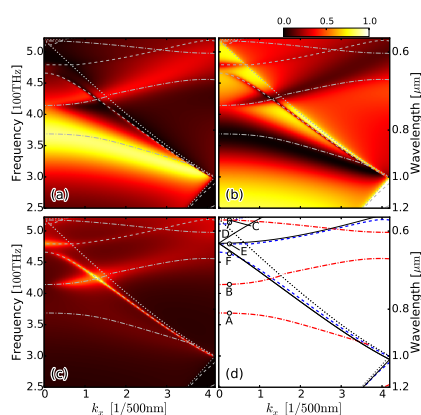


図 1: (a) 透過 (b) 反射 (c) 吸収スペクトル (d) 分散関係

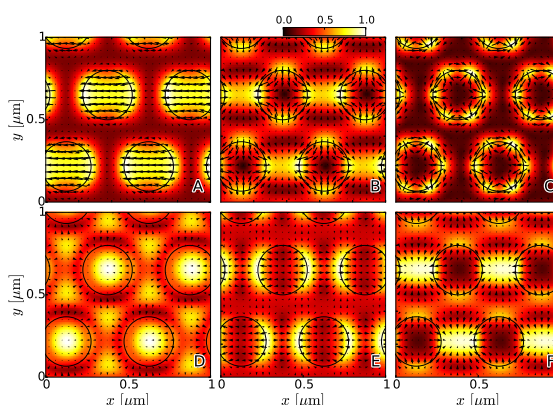


図 2: 図 1(d) の各点における電場分布

[1]M. Nishida, N. Hatakenaka, and Y. Kadoya, Phys. Rev. B **91**, 235406 (2015).