

半導体上金属グレーティングの光学特性解析

Analysis of optical properties of metal grating on semiconductor substrate

広大院先端 °吉川 遼, 島谷 省伍, 角屋 豊, 西田 宗弘

AdSM, Hiroshima Univ., °Ryo Kikkawa, Shogo Shimatani, Yutaka Kadoya, Munehiro Nishida

email: m151894@hiroshima-u.ac.jp

1. **研究背景:** 金属開口の光学特性には様々な要因が複雑にからんでいる。本研究ではデバイス応用上重要な半導体基板上的グレーティングに注目し、統一かつシンプルな理解を求めて解析を行っている。解析には結合モード法、FDTD、RCWA (厳密結合波解析) を用いている。

2. **解析構造:** 図1のような屈折率 3.6 の半導体基板上的金グレーティング (周期 433 nm, 厚さ 50 nm) について考える。この構造において一次回折波が放射モードになる波長は 1560 nm である。これまでに、(1)メタル幅が狭く、スリット幅が広い場合には基板側の表面プラズモンは各メタルに局在的で、その共鳴波長が透過率 (T) やメタル直下の電場増強 (E) を支配し、(2)逆にメタル幅が広くスリット幅が狭い場合、 T, E はグレーティング波長 (1560 nm) でピークとなり、更にそれより長波長側の 1620 nm 付近において $T \sim 0$ が現れるが (図2)、この $T \sim 0$ はファノ共鳴で説明できることを報告した[1]。本発表では T, E のピークが 1560 nm に現れる理由を中心に考察する。

3. **解析結果:** 図3に RCWA 法により計算した透過率 ($k_x=0$ が図2に対応) を示す。図中の実線は、RCWA 法で求めた、両側界面の表面プラズモンを含むグレーティング全体の束縛モード、および論文[2]を参考に FDTD 法を用いて求めた半導体側金属界面の表面プラズモン波長 λ_{SP} である。二つの分散線にずれが生じているが、これは両界面を考慮するか片側の界面のみを考えるかの違いによるものであると考えられる。短波長側の束縛モードを見ると、RCWA 法により求めたものはレイリー線 (破線) に交わったところで消滅し、 λ_{SP} においてもレイリー線を横切って $k_x \sim 0$ では放射域に入ることが確認できる。これらの解析結果から、 T や E のピークは本質的には表面プラズモンによるものであるが、この構造では表面プラズモン共鳴が一次回折波の放射域に入ってしまったことによりピーク波形が消滅し、結果的に放射・非放射が切り変わるレイリー波長でピークとなっていると理解できる。

[1] 吉川遼, 島谷省伍, 角屋豊, 西田宗弘 「半導体上金属グレーティングの結合波法解析」, 及び 島谷省伍, 吉川遼, 角屋豊, 西田宗弘 「半導体基板上金属グレーティングにおける透過・反射・近接場増強のFDTD解析」, 第13回プラズモニクスシンポジウム, 愛媛大学(2016).

[2] J. W. Yoon, J. H. Lee, S. H. Song, R. Magnusson, Sci. Rep.4, 5683(2014).

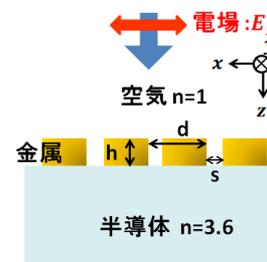


図1 解析構造

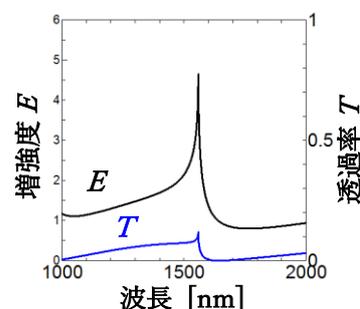


図2 透過率, 増強度

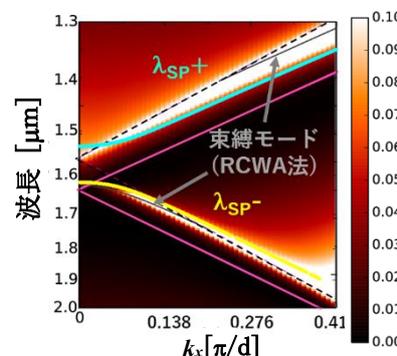


図3 分散関係の計算結果