

積層型メタルスリットアレイと誘電体多層膜との透過特性の比較

Optical transmittance of stacked metallic slit array system and multi-layered dielectrics

○坂口 浩一郎¹、山口 祐生¹、高野 恵介²、中嶋 誠²、徳田 安紀¹

(¹岡山県立大、²阪大レーザ研)

○Koichiro Sakaguchi¹, Yuki Yamaguchi¹, Keisuke Takano², Makoto Nakajima² and Yasunori Tokuda¹

(¹Okayama Prefectural Univ. ²Osaka Univ.)

E-mail: koichiro@c.oka-pu.ac.jp

波長より短いスリット周期を持つメタルスリットアレイ(MSA)は、誘電体的な性質を示すことが知られている[1]. 我々は、この MSA の積層構造の光学的性質を調べ[2], テラヘルツ帯の光学素子に利用することを検討している[3, 4]. 本研究では、3つの MSA を、ギャップを入れないで積層し、上下段のスリット幅を変化させた場合の光学共鳴モードの振舞いを FDTD 法により調べた. さらに有効媒質近似を用いて誘電体多層膜との比較を行った.

図1に解析した3段積層 MSA の構造を示す. 各段のスリットの中心を揃えて配置した. 板厚 h を $1000\text{ }\mu\text{m}$, スリット周期 d を $500\text{ }\mu\text{m}$, 中段のスリット幅 w_c を $150\text{ }\mu\text{m}$ とし, 上下段のスリット幅 w_s を $0\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ で変化させた. この系では $w_s = 150, 500\text{ }\mu\text{m}$ のときそれぞれスリット幅 $150\text{ }\mu\text{m}$ で厚さ 3000 と $1000\text{ }\mu\text{m}$ の単層 MSA とみなせ, $w_s = 0$ で光学パスは遮断される.

図2(a)に, z 軸方向に P 偏光を垂直入射した場合の透過スペクトルの w_s 依存性を示す. メタマテリアル条件下 ($\lambda > d$) の 0.6 THz 以下で顕著な Fabry-Perot 的な共鳴モードが見られる. ここで m を整数 ($0\sim 3$) とすると, T_{3m+2} モードの周波数は w_s にほとんど依存しないことが分かる. また w_s が大きくなるにつれて T_{3m} と T_{3m+1} モードが接近し, $300\text{ }\mu\text{m}$ 付近で合体した後, 消失しており, 反対に w_s が 0 に近づくにつれ, T_{3m+1} と T_{3m+3} モードが限りなく T_{3m+2} モードに接近することが分かる.

次にこれらの MSA に対する等価屈折率 ($n_s = d/w_s$, $n_c = d/w_c$) と等価膜厚 ($t_s = hw_s/d$, $t_c = hw_c/d$) を持つ誘電体多層膜[1]に対して, Transfer Matrix 法により透過スペクトルの計算を行った結果を図2(b)に示す. w_s の変化に対応して, 上下段 MSA の等価屈折率 n_s は無限大から 1 の値を取り得る. ここで 0.6 THz 以下では, 基本的な光学モードの振舞いは図1(b)とほぼ同じであり, メタルスリットアレイの積層構造は疑似的な誘電体の多層構造と見なせることが分かった.

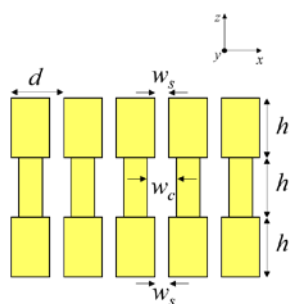


図1. 積層 MSA 構造

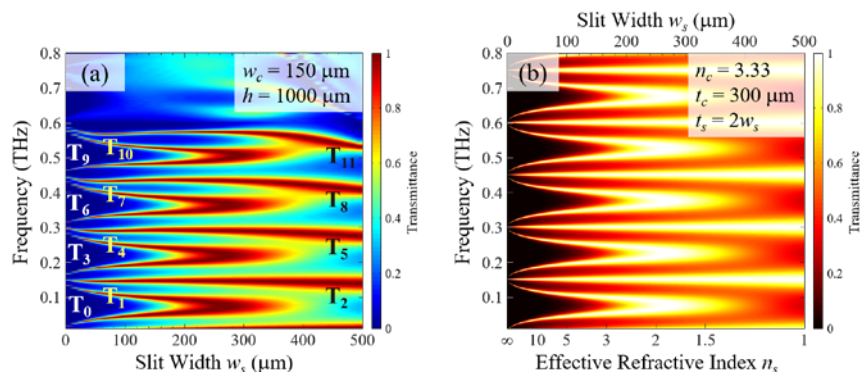


図2. 透過スペクトル ((a): MSA, (b):誘電体多層膜)

【参考文献】

- [1] J. T. Shen *et al.*, Phys. Rev. Lett. **94**, 197401 (2005). [2] K. Akiyama *et al.*, J. Appl. Phys. **113**, 243103 (2013).
- [3] Y. Tokuda *et al.*, Appl. Phys. Express **5**, 042502 (2012), *ibid.*, **6**, 062602 (2013).
- [4] Y. Tokuda *et al.*, J. Appl. Phys. **115**, 243104 (2014).