周期構造を利用したプラズモニックブラックポールの FDTD 解析

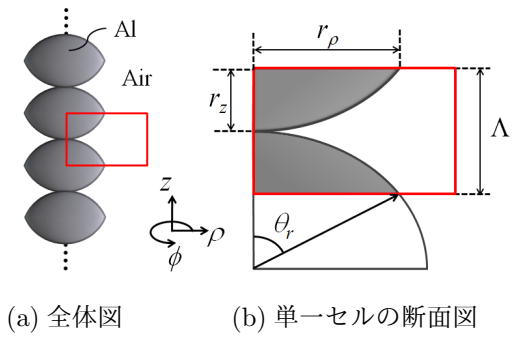
法政大学大学院　理工学研究科　電気電子工学専攻　大機慎太朗

論文概要

近年，表面プラズモンを利用した研究が盛んにされており，その 1 つとして，あらゆる方向から到来する電磁波を吸収する素子が検討されている [1]．電磁波吸収体においては，マイクロ波帯ではメタマテリアルにより実証されている [2]．他方，光波帯ではギャップ表面プラズモン (GSP) の利用が提案されている [3]．GSP を利用した光波吸収体は，宇宙で存在が予想されているブラックホールとの類似性から，プラズモニックブラックホールとも呼ばれている．我々は，縦方向に周期性を取り入れた柱状の素子，プラズモニックブラックポール (PBP) を提案し，その特性を報告してきた [4]，[5]．

本稿では，周期周期条件を適用した 3 次元円筒座標系 FDTD 法を用いて，特定方向から円筒波が励振された場合の PBP を解析する．粒子形状に対する波長特性を評価し，金属粒子の一部を切り取ることで，広帯域にわたり高い吸収率が得られることを示す．

解析に用いる構造の全体図を図 1(a) に示す．金属粒子は z 方向に無限に連なっているものとし，周期境界条件を利用する．金属にはアルミニウムを使用し，周囲の媒質は空気とする．図 1(b) に ρ-z 断面における単一セルを示す．ρ 方向の径 $r_\rho = 700$ nm とし，粒子の切断角 θ_r を変化させることで，構造を決定する．入射波は，構造端より 100 nm 離れた位置から同相の円筒波を中心軸 ($\rho = 0$ nm) に向かって励振する．図 2 に θ_r をパラメータとした吸収率の波長特性を示す．θ_r を小さくすることで，高い吸収率の得られることが分かる．特に，$\theta_r = 10°$ において，波長 500 から 1000 nm の広帯域にわたり 80%以上の高い吸収率が得られている．PBP において θ_r が大きいときに吸収率が低くなる主な要因は，反射波の存在である．他方，θ_r を小さくすることで，光波がギャップ部に滑らかに入射され，十分に減衰を受ける．結果として，反射されるパワーは小さくなり，効率よく吸収される．



(a) 全体図　　(b) 単一セルの断面図

図 1　構造

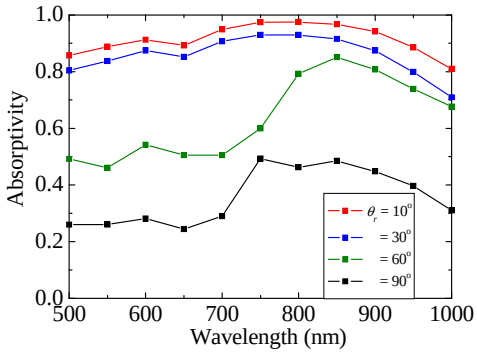


図 2　吸収率の波長特性

参考文献

[1] E. E. Narimanov and A. V. Kildishev, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 95, 041106, 2009.
[2] Q. Cheng *et al.*, *New J. Phys.*, vol. 12, 063006, 2010.
[3] K. V. Nerkararyan *et al.*, *Opt. Lett.*, vol. 36, no. 22, pp. 4311-4313, Nov. 2011.
[4] J. Yamauchi *et al.*, *Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation*, T1A2, 2013.
[5] J. Yamauchi *et al.*, *Optical Wave and Waveguide Theory and Numerical Modelling*, p. 79, 2015.

コメント

この度は，名誉ある賞を受賞することができ，大変光栄に存じます．今回の受賞を励みとし，より一層精進してまいります．また，日頃よりご指導頂く山内潤治教授，共同研究者としてお世話になった中込雄大氏，講演の機会を与えて頂いた光エレクトロニクス研究会の皆様に深謝いたします．