

境界要素法による周期プラズモン共振器の電場増強度の入射角依存性の解析

Analysis of incident angle dependence of electric field enhancement in periodically arranged plasmon cavities by BEM

東北大院工¹, 日大工² ○ 泉山 隆志¹, 神馬 洋司², 宮寄 博司¹

Tohoku Univ.¹, Nihon Univ.² ○ Takashi Izumiyama¹ and Hiroshi Miyazaki¹, Yoji Jinba²

E-mail: izumiyama@solid.apph.tohoku.ac.jp

金属微粒子や金属の微細構造に電磁波を入射させると表面プラズモンが励起されることはよく知られている。表面プラズモンによる電場増強を応用することで単分子ラマン分光法を実現させることが期待されている。単分子ラマン分光法の実現には、再現性があり、高い電場増強度を持つプラズモン共振器が必要である。これまでの研究では薄膜技術を利用したナノシートプラズモン共振器が作製されているが、単分子分光に十分な増強度を得るために新たな条件での電場増強度を調べる必要がある^[1]。

我々はこれまでに周期プラズモン共振器に電磁波を垂直入射した場合の電場増強度に関する研究を発表している^[2]。本研究では周期プラズモン共振器に対して電磁波を斜めに入射した場合を扱う。電場増強度を調べる方法として、電磁波の斜め入射に対応させた新たな2次元周期系の境界要素法を用いた。境界要素法は孤立無限系を前提にしているため、周期系の取り扱いには工夫が必要である^[3]。ここでは Bloch の周期境界条件を適用し、無限遠からの寄与については複素座標拡張法 (CCS) を用いる^[4]。CCS とは座標を $y \Rightarrow (1 + ia)y$ のように複素数に拡張することで、無反射減衰領域とする計算法である。

本研究では図 1 の共振器に対し、入射角 θ を変化させた場合の P 点での電場増強度の変化について計算した。図はシリカの幅 $T = 5\text{nm}$ 、溝の深さ $d = 70\text{nm}$ 、周期 $W = 1500\text{nm}$ の時の電場増強度を表している。入射角度を変えると、回折によるピークが長波長側へシフトしていく事がわかる。講演では回折効果や分散関係について詳しく議論する。

[1] H. T. Miyazaki and Y. Kurokawa, Phys. Rev. Lett. 96, 097401(2006)

[2] 三浦基人、宮寄博司 同上 16p-GP1-10(2010)

[3] Y. Otani and N. Nishimura, Int. J. Numer. Meth. Engng, 73, 381 (2008)

[4] W. C. Chew and W. H. Weedon, Microwave Opt. Technol. Lett., vol. 7, no. 13, pp.599-604 (1994)

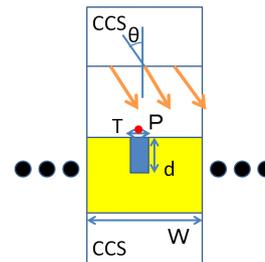


図 1: 計算した系のモデル。赤い点 P は電場増強度を求めた点を表し、黄色の部分には金、青色の部分にはシリカを表している。

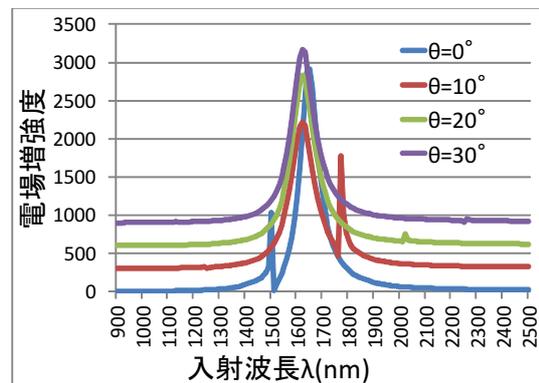


図 2: 波長ごとの電場増強度。入射角度を大きくすると回折格子ピークが長波長側へシフトする。