

プラズモニック結晶における局在モードと格子モードの結合

Hybridization of Localized Plasmon Modes and Lattice Modes in a Plasmonic Crystal

九大総理工¹, 東工大物質理工² °齊藤 光¹, (M1)吉本 大地¹, 三宮 工²

Kyushu Univ.¹, Tokyo Tech.², °Hikaru Saito¹, Daichi Yoshimoto¹, Takumi Sannomiya²

E-mail: saito.hikaru.961@m.kyushu-u.ac.jp

物質からの発光をナノ構造によって増強する試みはプラズモニクス分野の中心的な課題のひとつであり、金属ナノ粒子の周期配列化による Q 因子の改善[1]や金属ナノギャップによるモード体積の縮小[2]による発光緩和の速度の劇的な改善が報告されている。金属ナノギャップを周期配列化した Fig. 1a のような構造はギャップ領域に配置される物質からの発光強度および速度を改善するのに有効な構造であると期待されるため、本研究ではその特性を明らかにすることを目的に走査透過電子顕微鏡-カソードルミネセンス(STEM-CL)によるナノ顕微分光分析を実施した。

電子線リソグラフィーにより SiO₂(50 nm)/Ag 基板上に高さ 40 nm の Al ナノディスクの三角格子配列を作製した(周期 600 nm)。三角格子により Bloch 波として振舞う SiO₂(50 nm)/Ag 界面の表面プラズモンのバンド分散は空格子近似の下で Fig. 1b のようになり、 Γ 点において対称性の異なる 4 種の格子モードに分裂する[3]。それぞれの格子モードはナノディスクの中心軸周りに単極子、双極子、四極子、六極子状の表面電荷分布を形成する。この三角格子一般に成り立つ Γ 点格子モードの性質は本構造においても CL マップによる直接可視化により確認された。また、空格子近似下で縮退した Γ 点格子モードのエネルギー準位は、実際の構造では分裂し、ナノディスクの直径に依存することが確認された。このエネルギー準位の変化は Γ 点格子モードと単一ナノディスクのギャップモードとの結合によるものであり、ギャップモードのエネルギー準位が空格子近似下の Γ 点格子モードのエネルギー準位(2.03 eV)に一致するナノディスク直径近傍で結合モードと反結合モードが観測された。また結合には対称性に起因した選択則があり、本実験では四極子ギャップモードと四極子 Γ 点格子モードの結合による特徴的な振る舞いが観測された。

[1] K. J. Russell et al., Nat. Photonics 6, 459 (2012). [2] W. Zhou et al., Nat. Nanotechnol. 8, 506 (2013).

[3] H. Saito and N. Yamamoto, Opt. Express 23, 2524 (2015).

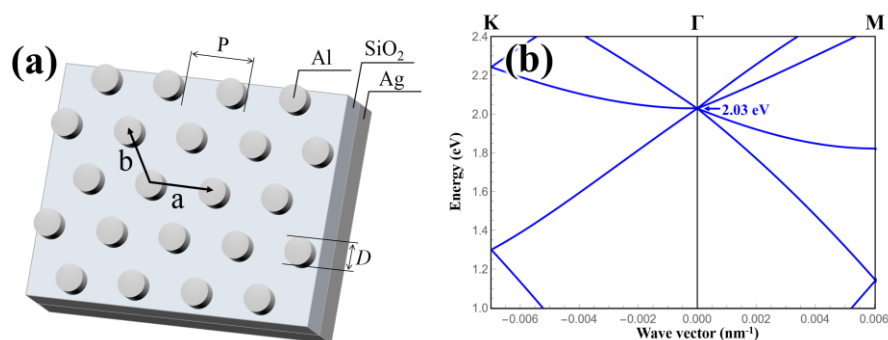


Fig. 1 (a) Schematic drawing of the investigated nanogap resonator array. (b) Plasmonic band structure calculated under the empty lattice approximation.