

19a-PA2-1

分子-プラズモン近接場相互作用による Rabi 分裂に関する理論的 一考察

A theoretical analysis of the Rabi splitting due to the interaction between a molecule and
plasmonic near-field

新潟大超域 ○岡 寿樹

Niigata Univ., ○Hisaki Oka

E-mail: h-oka@eng.niigata-u.ac.jp

近年の微細加工技術の発展により、微小共振器を用いて光をその波長程度の微小空間に閉じ込めることで光と物質の相互作用を増強し、強い非線形光学応答を実現することが可能となった。特にナノスケールでの光と物質の相互作用の制御は、量子情報技術やナノ光学デバイスへの応用と相まって精力的に研究されている。このような光と物質の相互作用の増強は、共振器中に閉じ込められた光の電場増強によるものとも解釈できるが、共振器量子電気力学理論によると、増強の最も大きな要因の一つは共振器中に閉じ込められた光子の mode 体積によるものであることが分かる。実際、mode 体積が非常に小さい系が実現されると、共振器中の光子数が $n \approx 0$ であっても、真空ラビ分裂と呼ばれる物質と真空場との強い相互作用が観測される[1]。このように光と物質との強い相互作用の実現には、光子をより小さな空間に閉じ込めることが重要であることが分かる。

一方、近年、光と物質を光の波長よりも更に小さな微小空間（数 nm スケール）に閉じ込めることで、より効率的な光-物質相互作用を実現させる研究が盛んに行われている。そのような反応場の候補として注目されているのが、金属ナノ構造に形成される表面プラズモンである。実際、光をナノ空間に集光することで、巨大な（数桁の）電場増強を実現することが可能であり、さらにこのようなプラズモンの電場増強を利用した非線形光学応答の増強[2]や、分子系の光反応場へ応用[3]などの研究も議論されている。更に最近の研究によれば、プラズモン場と相互作用した分子系において 200meV ほどの巨大な真空ラビ分裂が観測されたとの研究報告もある[4]。これは一般的な半導体微小共振器系において実現されるもの(数 meV)と比べ桁違いに大きい。

本講演では、従来の共振器量子電気力学理論を用いた解析法と、表面プラズモンの標準的な教科書[5]にのっている解析法とを用いて、分子-プラズモン近接場相互作用によるラビ分裂を解析しその両者を比較した結果を報告する。解析結果によれば、局在表面プラズモンによる方法では、プラズモン近接場との相互作用による分子のラビ分裂は、むしろ金属ナノ構造体に形成される実効的な双極子モーメントに大きく起因することが示される。

参考文献

- [1] 例えば R. Loudon, *The Quantum Theory of Light* 3rd edition, Oxford University Press (2000).
- [2] R. Antoine *et al.*, J. Appl. Phys. **84**, 4532 (1998).
- [3] A.M. Michaels *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **121**, 9932 (1999).
- [4] T.K. Hakala *et al.*, Phys. Rev. Lett. **103**, 053602 (2009).
- [5] S.A. Maier, *Plasmonics: Fundamentals and Applications*, Springer (2007).