

高効率プラズモニック LED に向けた

ナノコラム側面での表面プラズモン結合に関する検討

Investigation of surface plasmon coupling around nanocolumn lateral surfaces toward plasmonic LEDs with high emission efficiencies

山形大院理工¹, 阪府大院工², 上智大理工³, 上智大ナノテク⁴

○(M1)大井川 道崇¹, 岡本 晃一², 富樫 理恵³, 岸野 克巳⁴, 大音 隆男¹

Yamagata Univ.¹, Osaka Pref. Univ.², Sophia Univ.³, Sophia Nanotech.⁴

○M. Oigawa¹, K. Okamoto², R. Togashi³, K. Kishino⁴, and T. Oto¹

E-mail: t-oto@yz.yamagata-u.ac.jp

InGaN の長波長化に伴う発光効率の低下を解決する方法として、表面プラズモンによる発光増強が挙げられる[1]。しかしながら、従来の膜状構造を用いたプラズモニック LED では、電流注入に必要な厚い p 型層により金属/誘電体界面を発光層付近に形成できず、効率よく表面プラズモン結合を達成するのが困難であった。そこで、本研究では InGaN/GaN ナノコラムの側面で金属/誘電体界面を形成することで、表面プラズモン結合を効率よく引き起こしながら電流注入できる InGaN 系プラズモニック LED を提案する。本発表では、ナノコラム側面に現れる表面プラズモンの特性を調査し、赤色発光増強についての検討を行った。

まず、ナノコラム側面での表面プラズモンによる発光増強特性を理論的に調べるために、FDTD シミュレーションを行った。図 1 に周期 $L=300$ nm における電界スペクトルのコラム径 D 依存性を示す。従来のプラズモニック結晶と同様に[2]、 D の変化で共鳴波長を制御できることがわかった。一方で、コラム間の隙間が小さくなると、 ~ 400 nm に新たなプラズモン共鳴が出現し、ピークが分裂することがわかった。これは、ナノコラム側面に発生する局在型表面プラズモンの相互作用によるものだと考えられる[3]。したがって、ナノコラム側面に金属を形成した構造における光励起では、励起光と発光を同時に増強できると期待できる。次に、Ti マスク選択成長法[4]で作製したナノコラムアレイ間を塗布ガラスで埋め込み、BHF を用いてナノコラムの頭出しを行った。また、真空蒸着によりナノコラム間を Au で埋め込んだ後、Au のエッチング溶液 (AURUM) を用いてナノコラム側面に金属/誘電体界面を作製した。図 2 に金属ナノ構造導入前後での PL スペクトルを示す。金属ナノ構造の導入によって、表面プラズモン結合によるレッドシフトが起こると同時に、 ~ 500 nm 付近に観測されていた成分が抑制され、単峰性の赤色発光が得られた。詳細は当日に報告する。

謝辞：本研究は卓越研究員、科研費(17K18110, 19H04533)、上智大学学術研究特別推進費(重点領域研究)の援助を受けて行われた。

[1] K. Okamoto *et al.*, Nat. Mater. **3**, 601 (2004). [2] T. Oto *et al.*, Appl. Phys. Lett. **111**, 133110 (2017). [3] K. Okamoto *et al.*, Sci. Rep. **6**, 36165 (2016). [4] H. Sekiguchi *et al.*, Appl. Phys. Express **1**, 124002 (2008).

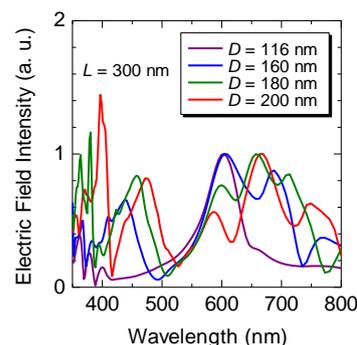


Fig. 1: Surface plasmon induced electric field spectra as a function of D .

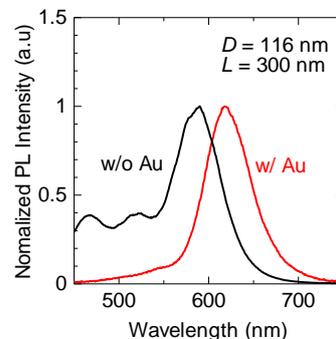


Fig. 2: PL spectra before and after introducing surface plasmon coupling around lateral surfaces.