

プラズモニック発光デバイス

岡本 隆之 (理化学研究所・石橋極微デバイス工学研究室)

表面プラズモンは金属表面における自由電子の集団的振動であり、金属表面を伝搬する伝搬型表面プラズモンと金属微粒子中の自由電子の振動である局在プラズモンに大きく分けることができ、どちらも近接場光を伴う。また、表面プラズモンは金属そのものによる吸収や輻射により減衰するが、その寿命は比較的長いため、光で表面プラズモンを励起するとそのエネルギーは蓄積され、大きな電場増強効果を生じる。この効果と前述の場の閉じ込め効果がプラズモニクスの要点となっている。

有機EL素子では金属陰極表面と発光層との距離は100 nm以内であるため、発光層中の励起子のエネルギーの大部分は陰極表面の表面プラズモンに消費される。しかし、上に述べたように表面プラズモンの寿命は比較的長いので、種々の微細構造を金属陰極表面に施すことにより、表面プラズモンを再び光として取り出すことができる。この効率を上げることで、高効率な有機EL素子が実現できる。そのための構造として、プラズモニック結晶、金属-誘電体-金属構造、プラズモン支援エネルギー移動構造について紹介する。

一方、我々はプラズモニック・バンドギャップ・レーザーを提案し、その開発を進めている。本レーザーの基本構造は図2左に示すように、プラズモニック結晶上に利得媒質を堆積したものである。光ポンピングにより励起された利得媒質からの自然放出により励起された表面プラズモンはブラッグ反射され定在波を生じる。この表面プラズモン定在波が利得媒質の誘導放出により増幅され、図2右に示されるように法線方向にレーザービームとして輻射される。レーザー発振のためには、表面プラズモンの伝搬に付随する損失を利得より小さくする必要がある。吸収損失を小さくするための提案、および、放射損失を低減するための提案について紹介する。

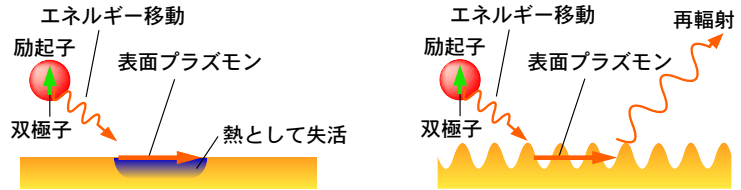


Fig 1: 有機EL素子における光取り出しのメカニズム。(a) プラズモニック構造がない場合、表面プラズモンに移動したエネルギーは熱として失活するが、(b) プラズモニック構造が存在する場合、光として取り出せる。

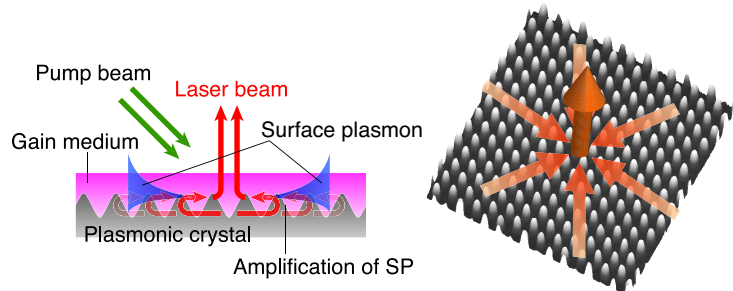


Fig 2: プラズモニック・バンドギャップ・レーザーの基本構造 (左) と発振のイメージ (右)。

- [1] 岡本、梶川、「プラズモニクスー基礎と応用」、(講談社サイエンティフィク、2010).
- [2] J. Feng, T. Okamoto, and S. Kawata, *Opt. Lett.* **30**, 2302 (2005).
- [3] J. Feng, T. Okamoto, and S. Kawata, *Appl. Phys. Lett.* **87**, 241109 (2005).
- [4] J. Feng, T. Okamoto, R. Naraoka, and S. Kawata, *Appl. Phys. Lett.* **93**, 051106 (2008).
- [5] J. Feng, T. Okamoto, J. Simonen, and S. Kawata, *Appl. Phys. Lett.* **90**, 081106 (2007).
- [6] T. Okamoto, F. H'Dhili, and S. Kawata, *Appl. Phys. Lett.* **85** 3968 (2004).
- [7] T. Okamoto, J. Simonen, and S. Kawata, *Phys. Rev. B* **77**, 115425 (2008).
- [8] T. Okamoto, J. Simonen, and S. Kawata, *Opt. Express* **16**, 8294 (2009).
- [9] F. H'Dhili, T. Okamoto, J. Simonen, and S. Kawata, *Opt. Commun.* **284**, 561 (2011).
- [10] T. Okamoto and S. Kawata, *Opt. Express* **20**, 5168 (2012).