

ドレスト光子フォノン援用過程を用いた GaP LED スペクトルの加工条件依存性

The process condition dependence of spectrum of GaP LEDs
fabricated by dressed-photon-phonon assisted annealing

東大院工, °金 俊亨, 川添 忠, 大津 元一

Univ. of Tokyo, °JunHyong Kim, Tadashi Kawazoe, Motoichi Ohtsu

E-mail: kimjh@nanophotonics.t.u-tokyo.ac.jp

GaP はバンドギャップが 2.26eV であり、これは人間の視感度のピークに近い 546nm にあたる。また低価で良質な結晶を入手できる。しかし間接遷移型半導体であるので発光にはフォノンの介在が必要であり、一般的に発光効率は直接遷移型半導体と比べ極めて低い。これに対し我々はドレスト光子フォノン(DPP)援用アニールの手法を提案し[1]、ドレスト光子フォノン準位を介する遷移を用いることで、間接遷移型半導体である GaP を用いて LED を実現した[2]。

DPP 援用アニールの原理は、まず外部から光を照射しながら電流を流すことで半導体 pn 接合界面に熱を発生させ、不純物分布をランダムに変化させる。局所的な不純物分布が DPP 準位を介する発光に最適になると誘導放出が起きるのでそのようなサイトでは相対的な冷却効果がある。このようなサイトでは発熱が抑えられるので、不純物分布が保持される。長時間の加工後、界面全体が発光に最適な不純物分布を取る。

加工原理より考えると外部から与える電流と光強度を変化させると DPP 援用アニールの効果に変化が生じることが期待される。今回はその発光の加工条件依存性について調べた。

n 型 GaP 基板に対する Zn イオン注入で素子を作製し、条件を変えながら波長 532nm のレーザで DPP 援用アニールを行った。図 1 はその結果である。横軸、縦軸はアニール時の電流と外部光の強度であり、図内の数字は 532nm(2.33eV)

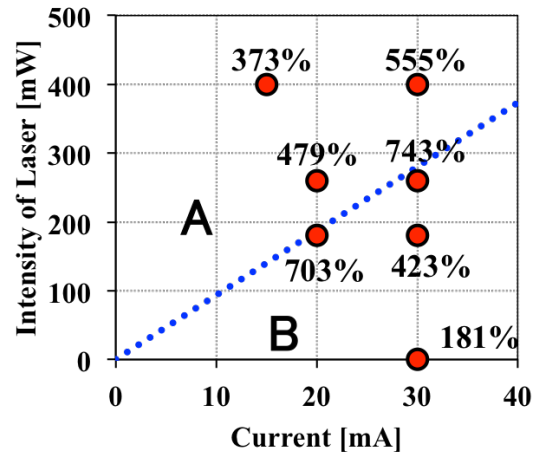


Fig.1 Processing condition dependence of GaP LED

での発光増加率である。条件によって増加率が異なるが、全体的に図の青い点線に近いほど増加率が高くなる。つまり加工時の電流と照射光の間には最適なバランスが存在することを示唆している。この結果は次のように解釈できる:
①領域 A では青い点線から離れる程 DPP 生成に関与しない余剰光子が増えるが、それらは非輻射緩和を通じて局所的にエネルギーを与える。
②領域 B では余剰電子が増え、それらは散乱によりエネルギーを与える。①と②共に相対的な冷却の効果が弱くなるので DPP 援用アニールによる最適分布形成を阻害する働きを持つ。結果的に DPP 援用アニールによる発光素子の作製においては、電流と光強度に最適なバランスが存在する。

[1] T. Kawazoe et al., Appl. Phys. B104, 747(2011)

[2] J. H. Kim, T. Kawazoe, M. Ohtsu, Advances in Optical Technologies (2014), in press