

Si 発光ダイオードの光出力 1W 動作と電流依存性 Operation with 1W-optical output of Si-LED and current dependence

東電大¹, 東大² ○川添 忠¹, 大津元一²

TDU¹, University of Tokyo² ○Tadashi Kawazoe¹, Motoichi Ohtsu²

E-mail: kawazoe@mail.dendai.ac.jp

我々が開発した Si を用いたホモ接合 LED はフォノンを含む準粒子であるドレスト光子の状態を介して発光する[1,2]。これまでの電流注入による発光計測では素子冷却が不十分であったため最大 200mW が限界であった[3,4]。今回、素子の電極を改良し、動作時の素子温度が液体窒素温度まで耐えるように改良を加え光出力パワー>1W を達成する事に成功した。また光出力パワーの注入電流依存性が明瞭な閾値を持ち、閾値以上の電流では光パワーが電流の 4 乗に比例する事が分かったのでその機構について報告する。

Si-LED はアンチモン(Sb)がドーパされた基板にボロン(B)をイオン打ち込み法によって注入する事によって得られる。B の打ち込みエネルギーは 700KeV と 10eV である。このようにして得られた基板に Cr/Au(30/300nm) のメッシュ電極および Cr/Al/Au(30/200/300nm)のべた電極を作製し 1mm×1mm の寸法に切り出した。切り出した Si チップを PCB 基板にボンディングして 1 素子とし、室温にて DPP アニール(光源:アニール波長 1342nm, パワー 2W, 電流:1.3A)を行った[1,2]。

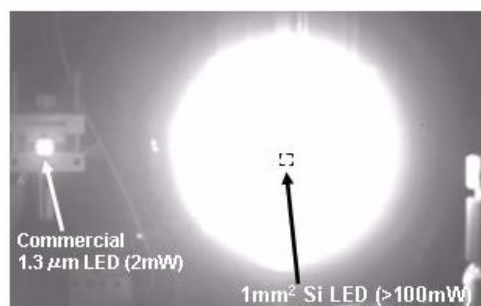


Fig.1

この DPP アニールの工程による Si ダイオードは非常に光出力パワーの大きな LED として機能するようになる。Fig.1 に作製した Si-LED を 100mW 程度で動作させた時の赤外写真を示す。Si-LED の隣には 2mW の市販赤外 LED を最大定格で動作させ比較として撮影してある。

この時の EL スペクトルを Fig.2 に示す。発光スペクトル帯域は 1000nm~2400nm 程度まで広がっているが、DPP アニールして作製した素子は特有の構造を持つ。素子の動作温度は液体窒素温度であったため、1342nm のアニール光による発光帯 (E_{BG} -3phonon)は温度依存性により短波長側にシフトし 1270nm 付近に現れている。またその整数倍である E_{BG} -6phonon の位置および E_{BG} -9phonon の位置に発

光帯が確認された。

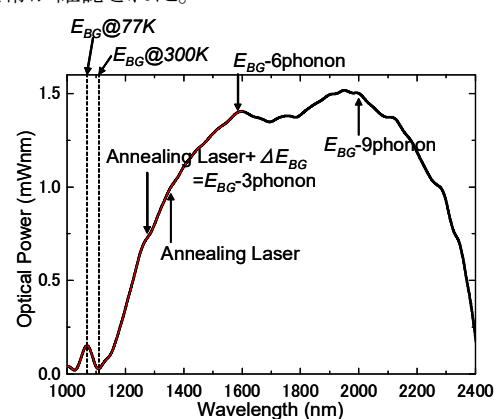


Fig.2

次に異なる温度にて計測した光出力パワーの電流依存性を Fig.3 に示す。素子温度が低いほど明瞭にかつ低電流位置に閾値が現れ、光出力パワーは閾値以下では電流の 2 乗に、閾値以上では電流の 4 乗に比例する結果を得た。電流の 2 乗に比例する領域はオーグメント過程の寄与であることを既に報告した[3]。4 乗に比例する領域のはじまる閾値の電流密度は $5.8\text{A}/\text{cm}^2$ であり、同様の基板構造持つ Si レーザー閾値に近い値であった。これは誘導放出過程が関与している事を示すものである。

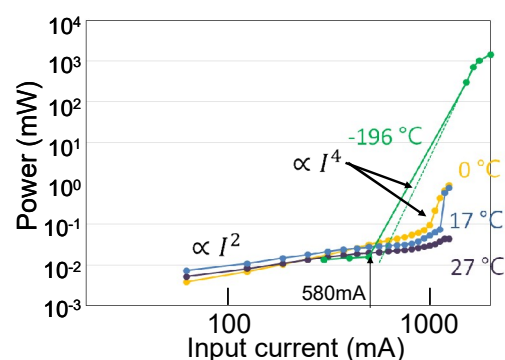


Fig.3

東京大学 B. Thubthimthong 氏には実験面でご協力を頂いたので感謝の意を表します。

[1] M. Ohtsu, Silicon Light-Emitting Diodes and Lasers (Springer, 2016).

[2] T. Kawazoe, M. A. Mueed, and M. Ohtsu. Applied Physics B: Lasers and Optics 104.4 (2011): 747-754.

[3] J. H. Kim, T. Kawazoe, and M. Ohtsu. Applied Physics A, 123.9 (2017): 606.

[4] B. Thubthimthong, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会(2017, 福岡) 7a-405-4.