

18a-F12-8

ドレスト光子フォノン援用アニールを用いた 可視発光 Si-LED の光取り出し効率向上

Improvement of light extraction efficiency of Silicon visible light emitting diode
fabricated by dressed photon phonon annealing

東大院工 ○山口 真生, 水島 彩子, 川添 忠, 大津 元一

Univ. Tokyo ○Maiku Yamaguchi, Ayako Mizushima, Tadashi Kawazoe, and Motoichi Ohtsu

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

発光ダイオード (LED) は、InGaN などの発光効率の良い直接遷移型半導体を材料に作られている。しかしこれらの直接遷移型半導体はレアメタルなどの稀少な資源を含んでいることに加えて、電子部品の主要な材料であるシリコン (Si) との統合が難しいなどの欠点をはらんでいる。

これに対して我々は、ドレスト光子フォノン援用アニールという手法を開発し、バルク Si 結晶からなる赤外発光 LED[1] と可視発光 LED[2] を作製した。ドレスト光子フォノン援用アニールとは、pn 接合に電流を印加しつつレーザーを照射することにより発光に適したドーパント分布を形成する加工法であり、ドレスト光子フォノン援用アニール後の素子においては電子正孔対とフォノンの結合が 10^2 から 10^3 倍ほどに強まっていることも実証されている [3]。これまでに、ドレスト光子フォノン援用アニールを用いた赤外発光 Si-LED では外部量子効率 15% と高効率での発光が実現されているが、可視発光では活性層で発生した光子が素子外部に放出されるまでに基板により吸収されるため、光取り出し効率が低い。

この問題を解決するため、本研究では図 1 の挿入図に示したように Si 結晶の表面に pn 接合を形成する。これにより、発光が Si の表面付近で発生するため吸収損失が減り、外部量子効率が上昇することが期待できる。この構造を作製するため、n 型 Si 基板表面の半分にのみ p 型ドーパントのボロン (B) の拡散剤を塗布し、熱拡散させることで p 層を形成する。文献 [1-3] においては、イオン打ち込み法により p 層を形成していたが、本研究ではこれを熱拡散により行うことで、p 層を形成すると同時にドレスト光子フォノン援用アニールを行うことが可能となった。

ドレスト光子フォノン援用アニールを行う前の段階として、Si 表面の半分に B 拡散剤をスピコートした後、電気炉にて 600°C で 30 分ほどベークすることにより図 1 の挿入図のような構造を作製した。通常の熱拡散プロセスと比較してベークの温度が低い上に時間が短いため、p 層は非常に薄いと考えられるが、図 1 のような良好な整流特性と、図 2 のような順バイアス印加時のみのバンド端発光が得られたことから pn 接合が形成されていることを確認した。今後は熱拡散と同時にドレスト光子フォノン援用アニールを行うことで、可視帯域でのより強い発光を実現する予定である。

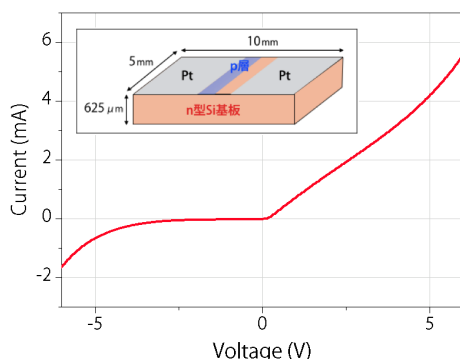


Fig 1: IV characteristic and schematic diagram of Si-LED

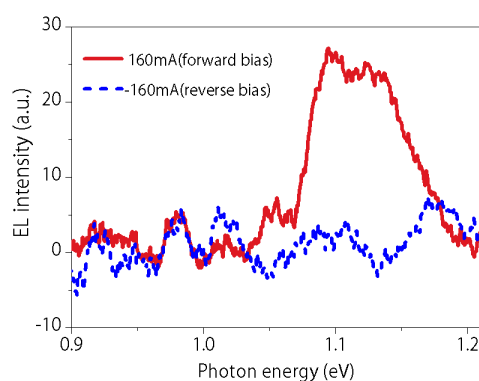


Fig 2: EL Spectra of Si-LED

[1] T. Kawazoe et al., Appl. Phys. B, 104, 747 (2011) [2] A. M. Tran et al., Appl. Phys. A, doi: 10.1007/s00339-013-7907-9 [3] M. Yamaguchi et al., Appl. Phys. A, doi: 10.1007/s00339-013-7904-z