18p-C1-2

フォトンブリーディング効果を利用した偏光 SiC-LED

Optically-polarized SiC light emitting diode using a photon breeding effect

東大工，○川添 忠，西岡克紘，大津 元一
Univ. of Tokyo, ○Tadashi Kawazoe, Katsuhiro Nishioka, and Motoichi Ohtsu
E-mail: kawazoe@ee.t.u-tokyo.ac.jp

ドレスト光子フォノン援用アニールにる SiC(炭化珪素)-pn ホモ接合素子の近紫外～青又は白色発光ダイオード(LED)を報告してきた[1]。この手法は SiC と同じ間接遷移型半導体の Si にも応用可能であり、LED、レーザー、赤外受光素子が実現されている。[2-4]。これらの間接遷移型半導体を使った LED の発光過程は通常の間接/直接遷移過程とは異なり、ドレスト光子フォノンと呼ばれる中間準位を介して起こる。この発光過程は[1-4]で実証した波長制御等以外にも光素子に新しい機能や特徴をもたらす。例えば発光の偏光制御である。自然放出光の偏光は遷移電子の角運動量で決定され、多数の状態が縮退している通常の材料、環境ではランダムな偏光である。一方、ドレスト光子フォノンを介した発光の偏光は制御可能であると思われる。

作製時、動作時にドレスト光子を利用した発光素子では、光子は誘導放出過程によってドレスト光子の光子としての性質を受け継ぐ。素子内のドレスト光子は隣接する2個以上のドーパントイオン群に発生することを示す SIMS(二次イオン質量分析)やアトムプローブ法計測の結果が得られており、光学応答する分極はイオン間の配位関係による方位依存性を持つと予測される。これはドレスト光子と伝搬光の間に偏光依存性が生じる事を意味し、偏極発光する LED の可能性を示唆する。今回、我々はドレスト光子援用アニール法で作製された素子がアニール時に照射する光源と同じ偏光に偏極していることを確認したので報告する。

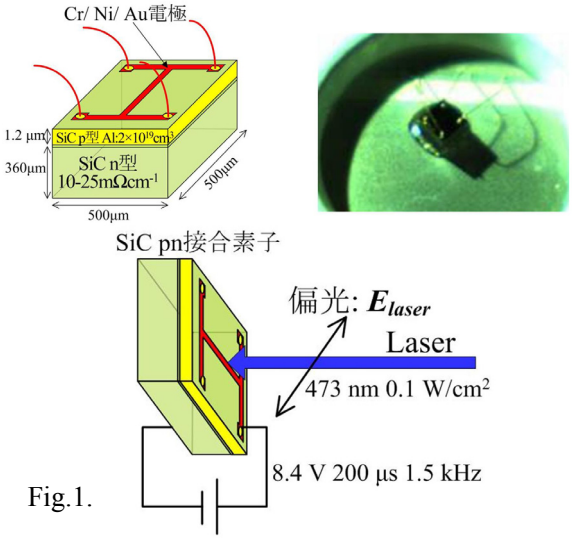


Fig.1.

Fig.1 に実験に使用した素子構造と素子の写真、及びドレスト光子フォノン援用アニールの概略図を示す。N 型の SiC 基板にイオン打ち込み法によって、2×10^{19}cm^3 の濃度になるように Al を導入し、p 層を形成した。この素子に電圧 8.4 V、時間幅 200 μs のパルス電流を印加しながら、波長 473 nm、光パワー密度 0.4 W/cm^2 のレーザー光を照射してアニーリングを行った。なお、レーザーの偏光は偏光板によって選択し、特定の直線偏光が照射されるようにした。

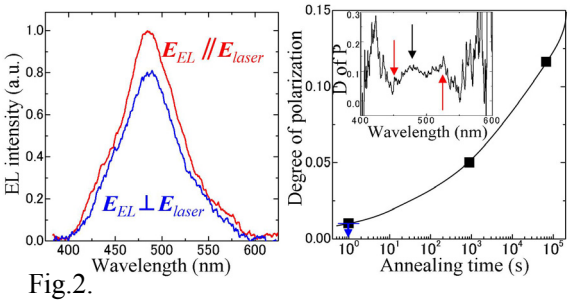


Fig.2.

Fig.2 にドレスト光子フォノン援用アニール後の EL スペクトルを2つの直線偏光成分($\boldsymbol{E_{EL}}$//$\boldsymbol{E_{laser}}$ と $\boldsymbol{E_{EL}}\perp\boldsymbol{E_{laser}}$：それぞれ、アニールに用いたレーザーと並行および直交な直線偏光)ごとに示す。この計測は素子発光面から法線方向への発光に対し行ったが、発光はアニール時の照射レーザーと同じ偏光に偏極していた、偏極度はアニールの時間と伴に増大し、EL ピーク波長における偏極度は 12%に達した。また、スペクトルにはアニール光波長(図中黒矢印)を中心に反対称の構造(例：図中赤矢印)が複数現れた。発光遷移時にそれぞれフォノン吸収と放出に対応する短波長側と長波長側が反対称であることは興味深い。

通常、LED の法線方向への発光は構造要因を除けば偏極していない。一方、ドレスト光子フォノン援用アニールで作られた素子では、予期されたとおりドレスト光子の偏光依存性とこれを介した誘導放出による偏光偏極発光が観測された。これは通常の LED とは異なる発光素子と考えても良い。アニールに用いた光を種として似た性質を有する光子が生成されるのでこの素子を photon breeding device と呼ぶことができる。なお、逆コンプトン散乱による光子生成現象も photon breeding と呼ぶことができるが、高エネルギーの電子・格子系が低エネルギーの光子を複数生成する点で類似する。

[1] T. Kawazoe & M. Ohtsu, Appl. Phys. A, vol.115, 127-133, (2014).
[2] T. Kawazoe, et al., Appl. Phys. B-Lasers and Optics, **98**, 5-11 (2010). also **107**, 659-663 (2012).
[3] H. Tanaka, et al., Appl. Phys. B-Lasers and Optics, **108**, 51-56 (2012).
[4] M. A. Tran, et al., Appl. Phys. A, vol.115, 105-111, (2014).

© 2014 年　応用物理学会