

GaN エピ膜の TR-PL 遅い減衰成分における Si 濃度依存

Si concentration dependence of slow decay components in TR-PL from n-GaN epilayers

名工大¹, 名大², 豊田中研³ ○加藤 正史^{1,2}, 浅田 貴斗¹, 朱 帥¹, 伊藤 健治³, 富田 一義³,
成田 哲生³, 加地 徹²

NITech.¹, Nagoya Univ.², Toyota Central R&D Labs.³, °Masashi Kato^{1,2}, Takato Asada¹, Shuai Zhu¹,
Kenji Ito³, Kazuyoshi Tomita³, Tetsuo Narita³, Tetsu Kachi²

E-mail: kato.masashi@nitech.ac.jp

我々は n 型 GaN エピ膜からの時間分解フォトルミネッセンス(TR-PL)信号に、遅い減衰成分が存在することを報告してきた[1]。また、それら遅い減衰成分のうち数百 μs の時定数を有する成分が、窒素サイト炭素(C_N^-)に起因する正孔トラップ (H1 トラップ) によるものであることを報告してきた[2]。一方で、キャリア再結合現象には励起キャリアのみならず平衡状態でのキャリア濃度が関わる。そのため、再結合現象に対するドナー不純物濃度依存性も理解することが、デバイス設計においては重要である。そこで本研究では、TR-PL の遅い減衰成分に対する Si 濃度依存性を観測した。

試料は GaN 基板上 GaN エピ層であり、エピ膜中の炭素濃度は $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ である。Si 濃度は $1 \times 10^{15} - 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で 3 種類のエピ膜を用意した。これら Si と C の濃度は二次イオン質量分析法により得た値である。TR-PL 測定には波長 266 nm のパルスレーザーを用い、そのパルス幅は 1 ns、注入フォトン数は $8.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ である。

室温での測定結果を両対数プロットしたものを図 1 に示す。両対数プロットにおいては、減衰の成分が肩状に現れる。Si 濃度が 10^{16} cm^{-3} 台の 2 つの試料においては、300 μs 付近の部分に肩が現れ、この範囲の時定数を有する成分が存在することがわかる。この成分は既報[1,2]のように炭素に起因する H1 トラップの正孔捕獲によるものと考えられ、図中点線には試料を n 型としてキャリアの捕獲・放出速度方程式による計算結果であるが、それとよく一致する。また、計算結果は実験値における Si 濃度の違いによる時定数の変化を説明可能である。一方、全ての試料において 10 μs 付近の時定数成分が現れた。この成分は、Si 濃度が低いほど 200 μs 以上の成分より相対的に大きくなった。ここで点線において 10 μs 付近に現れる肩は、H1 トラップとは異なる荷電状態の炭素の準位(C_N^0)による影響を考慮した計算結果である。計算結果は実験結果に近い時定数を示すものの、成分の相対的な大きさは実験結果とは大きく異なる。このことは Si 濃度が低いエピ膜では、炭素による準位以外の欠陥準位が TR-PL の遅い減衰に影響を与えることを示唆している。

本研究は「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」(文部科学省)からの委託を受けたプロジェクトの一環として行われている。

- [1] T. Asada et al., Extended abstract of ICMOVPE-XIX, 7C-3.4 (2018)
[2] M. Kato et al., Extended abstract of IWN2018, CR6-4 (2018).

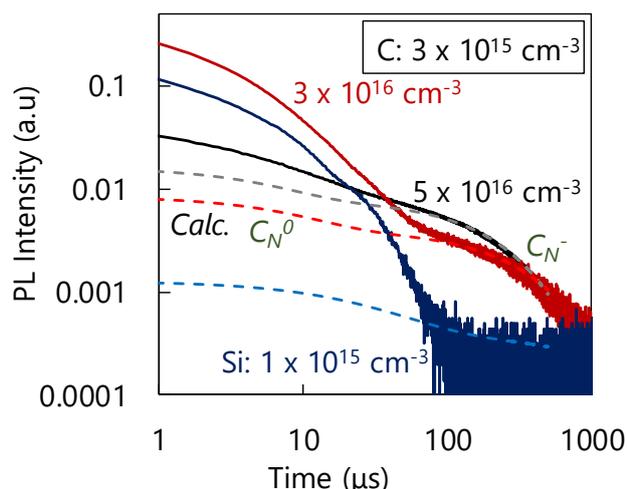


図 1 Si 濃度の異なる GaN エピ膜から得られた TR-PL 減衰曲線 (実線) と n 型での窒素サイト炭素の準位を用いた速度方程式による計算結果 (点線)。点線における 10 μs 付近の肩は C_N^0 準位、300 μs 付近の肩は C_N^- 準位による減衰に対応している。