

圧電素子を用いた光音響分光測定系の構築による GaN の支配的な非輻射再結合過程の評価

A major nonradiative process in GaN studied by photoacoustic spectroscopy using a piezoelectric device

山崎一人, 石井良太, 船戸 充, 川上養一 (京大院工)

○K. Yamazaki, R. Ishii, M. Funato, and Y. Kawakami (Kyoto Univ.)

E-mail: ryota.ishii@optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp, kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

室温における内部量子効率 $\eta_{int, RT}$ を高くすることは高効率発光デバイス実現への第一歩である。室温における輻射再結合寿命と非輻射再結合寿命をそれぞれ $\tau_{rad, RT}$ と $\tau_{nonrad, RT}$ とすると, $\eta_{int, RT} = \tau_{rad, RT}^{-1} / (\tau_{rad, RT}^{-1} + \tau_{nonrad, RT}^{-1})$ と書くことができる。したがって, $\eta_{int, RT}$ を高くするためには, $\tau_{rad, RT}$ の短い (輻射性の高い) 材料や構造の選択・設計, および $\tau_{nonrad, RT}$ の長い (非輻射性の低い) 試料や構造の設計・作製が求められる。ここで後者の $\tau_{nonrad, RT}$ を長くすることに着目すると, 試料構造が与えられたとき, 非輻射再結合中心はしばしば単一の起源ではないので, 支配的な非輻射再結合中心が何であるかを見極めることが重要となる。非輻射再結合過程によって生じる熱の観点から, 試料の非輻射性を直接評価できる手法として光音響分光法が知られている。これまでに, 我々のグループは光音響分光法的一种である過渡レンズ法 [1], 金沢工大のグループは光音響セルを用いた光音響分光法 [2], を用いて GaN の内部量子効率を定量している。本研究では, 極低温下測定や顕微分光測定へと発展させることが可能な圧電素子を用いた光音響分光測定系を構築し, GaN の支配的な非輻射再結合過程について探った。

試料には HVPE 法で作製された *c* 面 GaN 基板を用いた。図 1 に He-Cd レーザ (波長 325 nm) を用いて取得した室温 PL スペクトルの励起強度依存性を示す。GaN のバンド端発光 (BE) とイエロールミネッセンス (YL) が観測されており, 励起強度の上昇とともに BE/YL 発光強度比は上昇している。YL は, Ga 空孔関連や炭素不純物関連など起源について諸説あるものの [3], 欠陥起因発光であることは疑いなく, 少なくともストークスロスに基づく熱源となる。図 1 は, 励起強度の上昇とともに YL に起因する熱発生が抑制されることを示している。この熱量の程度を調べるために, 試料に固定した圧電素子をピックアップとした光音響分光測定系を構築した。BE 発光強度, YL 発光強度, および光音響信号の光励起強度依存性を調べたものを図 2 に示す。図 2 より, YL 信号は飽和傾向にあるにも関わらず, 光音響信号の飽和は見られないことが分かる。この結果は, YL を呈する欠陥が試料の支配的な非輻射再結合中心ではないことを示唆している。当日は, 時間分解 PL 測定やより強励起状態の結果についても示して, GaN の非輻射再結合過程について議論する。

[1] Kawakami *et al.*, J. Appl. Phys. **117**, 105702 (2015). [2] Nakano *et al.*, Proc. SPIE **9748**, 97481W (2016).

[3] Reshchikov *et al.*, J. Appl. Phys. **97**, 061301 (2005).

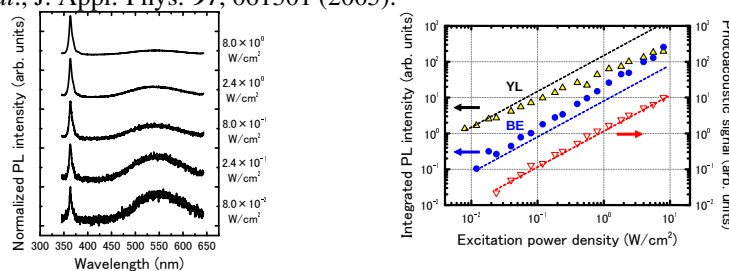


図 1. *c* 面 GaN 基板の室温 PL スペクトルの励起強度依存性 (バンド端発光ピーク強度で規格化).

図 2. BE 発光強度と YL 発光強度と光音響信号の励起強度依存性 (破線は線形を示すガイドライン).