

過渡レンズ法を用いた GaN 基板と薄膜における非輻射再結合過程の評価 Non-radiative recombination process in GaN substrates and heteroepitaxial films studied by transient lens method

京大院・工 ○塚本真大, 石井良太, 船戸充, 川上養一,

Dept. Electron. Sci. & Eng., Kyoto Univ. ○M. Tsukamoto, R. Ishii, M. Funato, Y. Kawakami

E-mail: kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

GaN 系発光ダイオードにおいて、注入キャリア密度が増加するにつれて発光効率が低下する現象が報告されている [1]。この現象は効率ドループ現象と呼ばれ、GaN 系半導体を高出力照明へ応用する際に解決すべき重要課題である。効率ドループ現象の原因を解明するためには、キャリアの非輻射再結合過程のメカニズムに関して、詳細な知見を得る必要がある。従来、非輻射再結合過程は発光現象の観測を通して評価されてきた。しかしながら、この手法は間接的であるために、非輻射再結合過程を定量的に評価するためには、低温における内部量子効率が 100 % 等の仮定を置くことを必要とする。そこで本研究では、非輻射再結合過程を直接観測するために、過渡レンズ (Transient Lens: TL) 測定を行った。TL 測定では、キャリア密度の変化や発生した熱の定量が可能で、キャリアの非輻射再結合過程を直接評価することができる [2]。これまでに本研究室では、サファイア基板上 GaN 薄膜を光励起した際のキャリア密度変化と発生熱を TL 測定により定量的に評価し、内部量子効率を見積もっている [3]。今回はサファイア基板上 GaN 薄膜に加え、GaN バルク基板の TL 測定を行い、各試料ごとの測定結果から、発生キャリア密度と内部量子効率を定量的に評価し、比較を行った。

2. 実験・結果

サファイア基板上 GaN 薄膜、c 面 GaN 基板の 2 種類の試料に関して、マクロ TL 測定を行った。励起光にはパルス時間幅 5 ns、繰り返し周波数 10 Hz の Nd:YAG レーザの 3 倍波 (355 nm) を OPO によって 650 nm に波長変換したものの第 2 高調波 (325 nm) を使用した。また、検出光には波長 633 nm の He-Ne レーザを使用した。2 つのレーザ光を同軸にしてスポット径 120 μm で各試料に照射し、透過光を高速フォトダイオードで検出し、強度変化をオシロスコープで観測した。図 1 に、励起光の 1 パルスあたりのエネルギーが 10 μJ の時の検出光強度の時間変化を規格化したものを示す。また、TL 測定の結果をシミュレーション結果と比較して、各試料を励起した際に発生する熱を定量的に評価した結果を図 2 に示す。図から、励起強度が増加するにつれて発生熱が増加していることが分かる。発表当日は発生した熱から求めた内部量子効率にも触れ、試料ごとの測定結果の違いに関して検討を行う予定である。

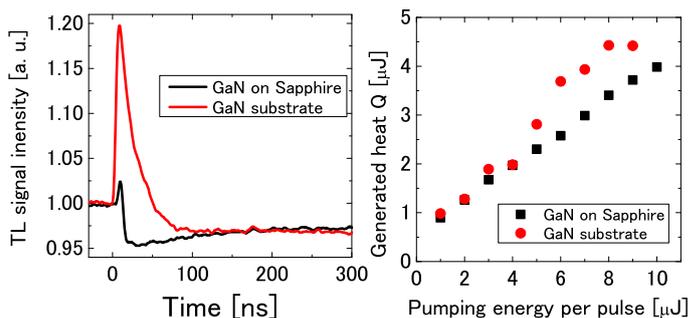


Fig. 1: TL signal of GaN sub- Fig. 2: The dependence of gen-
strates and heteroepitaxial films erated heat in GaN substrates and
when pumping energy per pulse heteroepitaxial films on pumping
energy per pulse.

参考文献

- [1] Y. C. Shen, G. O. Mueller, S. Wtanabe, N. F. Gardner, A. Munkholm, and M. R. Krames, *Appl. Phys. Lett.*, **91**, 141101 (2007).
[2] M. Terazima, N. Hirota, S. E. Braslavsky, A. Mandelis, S. E. Bialkowski, G. J. Diebold, R. J. D. Miller, D. Fournier, R. A. Palmer, and A. Tam, *Pure Appl. Chem.*, **76**, 1083 (2004).
[3] Y. Kawakami, K. Inoue, A. Kaneta, K. Okamoto, and M. Funato, *J. Appl. Phys.*, **117**, 105702 (2015).