

トップダウンナノテクノロジーで作製した $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ ナノディスクにおける光励起キャリアの熱脱離

Thermal escape of photo-excited carriers in $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ nanodisks fabricated by top-down nanotechnology

○ 陳 亜鳳¹, 木場 隆之², 高山 純一¹, 肥後 昭男³, 谷川 智之⁴, 寒川 誠二³, 村山 明宏¹

(¹ 北大院情報科学, ² 北見工大, ³ 東北大 AIMR/流体研, ⁴ 東北大金研)

○ Yafeng Chen¹, Takayuki Kiba², Junichi Takayama¹, Akio Higo³, Tomoyuki Tanikawa, Seiji Samukawa³, and Akihiro Murayama¹

(¹ IST Hokkaido Univ., ² Kitami Institute of Technology, ³ AIMR/IFS and ⁴ IMR Tohoku Univ.)

E-mail: chenyaofeng@eis.hokudai.ac.jp

高効率の緑色光デバイスを実現するためには、高い In 組成を持つ InGaN 量子井戸 (QW) に発生する強いピエゾ電界を抑制し、高い発光効率を得る必要がある。ピエゾ電界を発生させる QW 界面の歪みを緩和するには、量子ドットなどのナノ構造を作製することが有効である。しかしながら、高い面密度と強い量子効果を持つ 10 nm 程度以下の InGaN ナノ構造の作製は困難であった。

我々は、有機金属気相成長法で $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ QW を成長させ、バイオナノテンプレートを用いた欠陥形成を十分抑制可能な中性粒子ビームエッチングにより、平均直径 5 nm で厚さ 2, 3 nm、面密度 $2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ のナノディスク (ND) を作製した [1,2]。ND のキャリアダイナミクスを明らかにするため、ストリークカメラによる時間分解 Photoluminescence (PL) の温度依存性を測定した。

PL 強度の時間変化の温度依存性を図 1 に示す。この PL 減衰曲線は、 $I(t) = I_0 \exp\{-(t/\tau_{\text{PL}})^\beta\}$ の stretched exponential 関数で良くフィッティングできる。温度が 150 K を越えると τ_{PL} が顕著に速くなる。また、 τ_{PL} の分布を反映するフィッティングパラメータ β は温度に依存し、150 K 以上では温度の増加に伴い 1 から 0.5 程度まで低下する。図 2 に示すように、 τ_{PL} と PL 強度による内部量子効率から求めた無輻射緩和時定数 (τ_{nr}) の Arrhenius plot を行った。低温および高温領域の熱活性化エネルギーはそれぞれ 16 meV と 105 meV と求められた。この高温での熱活性化エネルギーは、ND 価電子帯の障壁高さ [2] と良く一致するため、正孔の熱脱離に起因することがわかる。さらに τ_{PL} の分布関数を取り入れた解析も行い、これらの結果を詳細に議論した [3]。高温での β の低下は、QW 中の In 組成の揺らぎにより生じる ND の価電子帯障壁高さ分布の影響が考えられる。

References

- [1] Y.C. Lai et al., Nanotechnology **27**, 425401 (2016).
- [2] A. Higo et al., ACS Photonics **4**, 1851 (2017).
- [3] Y. Chen et al., J. Appl. Phys. **123**, 204305 (2018).

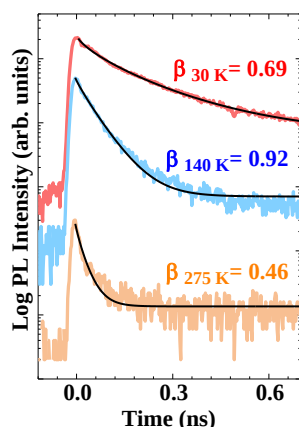


Fig. 1 Time-profile of PL intensity at 30 K, 140 K and 275 K, in the 3 nm-thick NDs. A black line is the best-fitted calculation using a stretched exponential function.

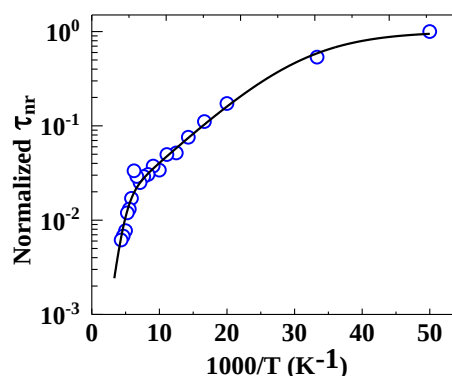


Fig. 2 Arrhenius plot of normalized τ_{nr} for the 3 nm-thick NDs as an inverse function of temperature. A black line is the best-fitted calculation using a 2-component Arrhenius-type equation.