20p-E13-7

窒化物半導体における ABC モデルの時間分解 PL 測定による直接検証

Direct Measurement of Carrier Dynamics in GaN by Time-resolved PL Spectroscopy

金沢工大 [1]，古河機械金属 [2]，早稲田大学 [3]，東芝機械 [4]：○真鍋仁志 [1]，河上航平 [1]，後藤裕輝 [2]，砂川晴夫 [2]，松枝敏晴 [2]，岡田愛姫子 [3]，篠原秀敏 [4]，後藤博史 [4]，水野潤 [3]，碓井彰 [2]，山口敦史 [1]

Kanazawa Inst. of Tech.[1], Furukawa Co. Ltd.[2], Waseda Univ.[3], Toshiba Machine Co. Ltd.[4]

°H. Manabe[1], K. Kawakami[1], H. Goto[2], H. Sunakawa[2], T. Matsueda[2], A. Okada[3], H. Shinohara[4], H. Goto[4], J. Mizuno[3], A. Usui[2], and A. A. Yamaguchi[1]　E-mail: b6300478@planet.kanazawa-it.ac.jp

【はじめに】窒化物半導体 LED では、大電流領域で発光効率が低下する Droop 現象が起こり、その起源としてオージェ再結合の存在が示唆されている。オージェ再結合はキャリア密度 $\boldsymbol{n}$ の 3 乗に比例した確率で起こるため、窒化物半導体活性層におけるキャリア再結合の速度方程式として、$\boldsymbol{dn/dt = -An - Bn^2 - Cn^3}$ という式（ABC モデル；$\boldsymbol{A}$ は欠陥由来の非輻射再結合、$\boldsymbol{B}$ は輻射再結合、$\boldsymbol{C}$ はオージェ再結合の係数）が I-L 特性の解析などによく用いられる。本研究では、この ABC モデルを直接検証するため、時間分解 PL 測定によって得られる Decay Curve の詳細解析を行った。

【実験方法】　試料として、(A)低転位 GaN 基板（転位密度：~10^6cm^{-2}）、(B) nano-FIELO 法[(1)]によって作製した GaN 薄膜（転位密度：~10^7cm^{-2}）、(C)サファイア上 MOCVD-GaN 膜（転位密度：~10^8cm^{-2}）、の 3 枚の GaN 試料を用意し、それらに対して時間分解 PL 測定を室温で行った。

【結果と考察】　3 つの試料について得られた Decay Curve を図 1 に示す。これより低転位の GaN 試料ほど PL 強度の減衰が遅いことがわかる。ABC モデルで考えれば、この結果の差異は欠陥密度の違い（$\boldsymbol{A}$ 係数の違い）のみに起因すると考えられる。そこで、図の 3 つの Decay Curve に対して $\boldsymbol{B}$ 係数および $\boldsymbol{C}$ 係数は各試料で共通の値とし、$\boldsymbol{A}$ 係数のみが試料によって異なる値をとれるとして Fitting を行ったが、この方法で 3 つの Decay Curve を同時フィットすることは不可能であった（図 2）。さらに、Fitting から得られた $\boldsymbol{C}$ 係数も文献値とは大きく異なっており、ABC モデルがこの材料系に対して妥当でないことが示唆された。一方、図 3 は拡張型指数関数 $\boldsymbol{I(t) = \exp[(-t/\tau)\wedge\beta]}$ で Fitting した図であるが、すべての試料に対し Decay Curve がよくフィットできていることがわかる。このことは、窒化物半導体におけるキャリアダイナミクスの包括的な解明に繋がると考えられ、講演ではその物理的な意味についても議論を行う。本研究は NEDO の支援を受けて行われた。

【参考文献】1) A. Usui *et al*: Jpn. J. Appl. Phys. **52**, (2013) 08JB02.

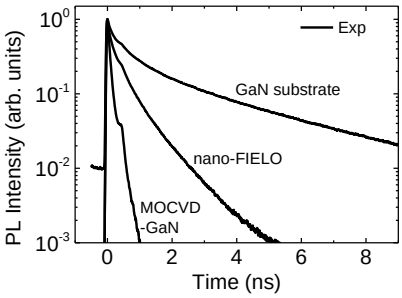

Fig. 1 Time evolution of PL intensity for three GaN samples

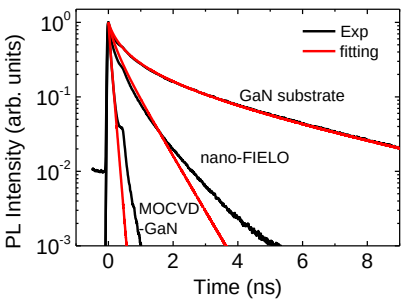

Fig. 2 Fitting results of the decay curves by the ABC model

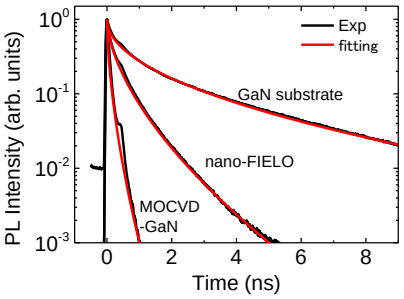

Fig. 3 Fitting results of the decay curves by the stretched exponential functions

© 2014 年　応用物理学会