

中間バンド型 GaPN 混晶のキャリア再結合過程の光学的評価： 窒素濃度 1.4%と 3.2%の比較

Optical Characterization of Carrier Recombination Process in Intermediate Type GaPN

Alloy: Comparison of Nitrogen Content Between 1.4% and 3.2%

埼玉大院理工 °岩井 広樹, フェルドス サンジダ, 鎌田 憲彦, 八木 修平, 矢口 裕之

Saitama Univ., °Hiroki Iwai, Ferdous Sanjida, Norihiko Kamata, Shuhei Yagi, Hiroyuki Yaguchi

E-mail: h.iwai.316@ms.saitama-u.ac.jp

【はじめに】 間接遷移型半導体である GaP へ窒素を低密度添加すると等電子トラップを形成し、密度を増すと GaPN 混晶半導体として中間バンド (IB) を形成する。これを利用して、中間バンド型太陽電池への応用が期待されている。太陽電池の高効率化を目指すには、未解明部分の多い IB を介した非発光再結合 (NRR) 準位の検出・評価が重要となるため、二波長励起フォトルミネッセンス (PL) 法を用いてキャリア再結合過程を調べた。

【実験】 試料は(100)GaP 基板上に MOVPE 成長した GaPN 混晶(N 添加量: 1.4%、3.2%) である。価電子帯 (VB) -伝導帯 (CB) 間または VB-IB 間励起 (AGE) 光 ($h\nu_{AGE} = 3.49 \text{ eV} > E_g$, $h\nu_{AGE} = 2.33 \text{ eV} \approx E_{IB}$) を連続照射した状態で、さらに禁制帯内励起 (BGE) 光 ($h\nu_{BGE} < E_g$) を断続して照射し、PL の強度変化を観測した。ここで AGE 光のみ、および両励起光同時照射時の PL 強度 I_{AGE} 、 $I_{AGE+BGE}$ から規格化 PL 強度 $I_N = (I_{AGE+BGE} - I_{BGE}) / I_{AGE}$ を求めた。実験には液体窒素 (77 K) で満たしたガラスクライオスタットを使用し、試料表面の温度上昇による影響を取り除いた。

【結果と考察】 積分 PL 強度の励起光子数密度依存性から、VB-CB 間励起の方が VB-IB 間励起より、また N 濃度 3.2% 試料の方が 1.4% 試料より非発光再結合過程の影響を受けることがわかる (Fig. 1)。BGE 強度の増加に伴い I_N 値は両試料共に増加するが、その変化は 3.2% 試料の方が大きい (Fig. 2)。これは BGE 照射により電子が IB から CB へ励起された後、再び IB へ戻り発光する過程での IB の状態密度と非発光再結合準位の分布およびフェルミ準位を反映していると考えられる。

1) N. Kamata, Phys. Stat. Sol. (b), 2000370, pp. 1-14, 2020.

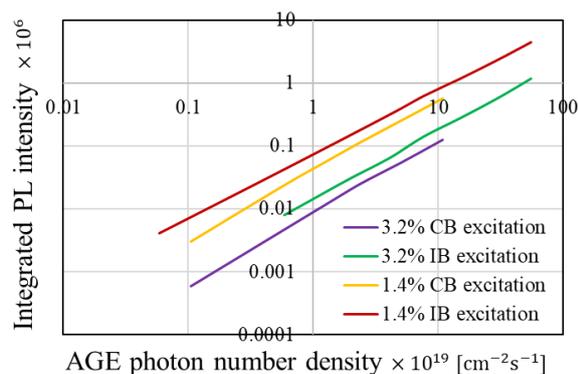


Fig. 1 Integrated PL intensity as a function of AGE photon number density (log scale)

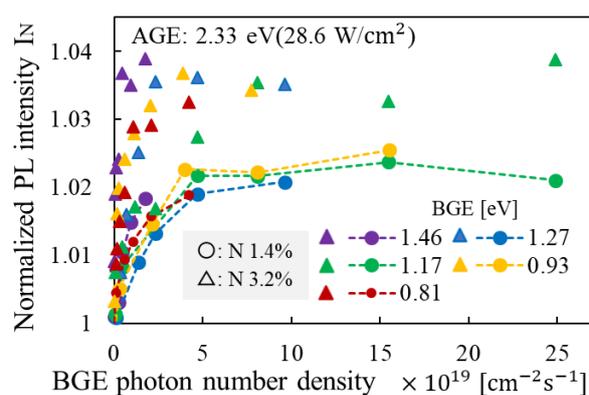


Fig. 2 Normalized PL intensity I_N as a function of BGE photon number density