16p-B5-8

InN のバンド端発光効率低減過程におけるフォノン輸送特性の影響

Effect of phonon transport on the processes reducing the band-edge emission efficiency in InN films

千葉大院工 [1],北京大物理 [2],千葉大 SMART[3]　°今井大地 [1]，石谷善博 [1]，王新強 [2]，吉川明彦 [3]

Graduate School of Engineering, Chiba Univ. [1], School of Physics, Peking Univ. [2], Center for SMART GIR, Chiba Univ. °D. Imai[1], Y. Ishitani[2], X. Q. Wang[2] , A. Yoshikawa[3]

E-mail: ishitani@faculty.chiba-u.jp

光半導体デバイスで発光効率低減を引き起こす非輻射性キャリア再結合（NR）過程は(I)非輻射性欠陥密度、(II)少数キャリアの欠陥衝突確率、(III)キャリアのフォノン吸収による再結合チャネル活性化率により再結合速度が決まる。これまで我々は InN の室温での支配的バンド端発光効率低減過程は電子捕獲型の点欠陥、複合欠陥により引き起こされるフォノン放出を伴う熱活性型 NR 過程であることを解明した。[1-3] 残留電子密度増加に対するフォトルミネッセンス(PL)強度減少が観測されているが、ドナー性欠陥密度増加に伴い NR 速度決定機構における(I)~(III)各要素の寄与がどのように変化するのかについて定量的な解析はなく、PL 強度減少の支配的要因は明らかでない。本研究ではこれらの効果を定量的に見積り、InN における NR 速度低減のための優先課題を明らかにすることを目的としている。

図 1 にラマン散乱測定により得られた E_2(high)ラマンスペクトルピークの低エネルギー側へのピークシフト量（Δk）の励起強度依存特性を、図 2 にピークシフト量と PL 強度の残留電子密度依存性を示す。ピークシフト量の増大は光励起による結晶温度増大を示しており [4]、シフト量の大きい試料程、熱伝導度は小さいと考えられる。ドナー性欠陥密度増大に伴い In 極性試料では熱伝導度が減少し、一方 N 極性試料は更に残留電子密度が大きいものの、熱伝導度は大きい傾向にある。PL 発光強度は残留電子密度増大と熱伝導度減少に伴い減少し、ピークシフト量が小さい N 極性試料では増加している。この結果は、熱伝導度減少（音響フォノン拡散長減少）に伴い、励起キャリアのエネルギー緩和過程で放出されたフォノンをキャリアが吸収することによる NR チャネル活性化率増大が、非輻射再結合の活性化を引き起こしている可能性を示している。よって発光効率低減要因の解明には、非輻射性欠陥密度だけでなく、熱伝導度減少を引き起こす欠陥の密度と、それによるチャネル活性化の影響を定量評価する必要がある。窒化物系は電子-フォノン結合が強く、GaN、AlN を含めその影響は他材料よりも大きいことが予測される。

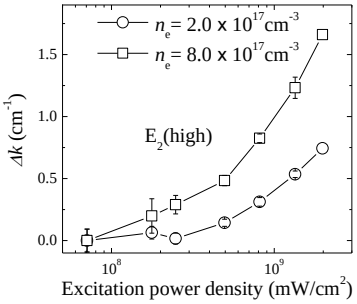

図 1 ラマン散乱測定の励起光強度依存測定における E2(high)モードピークの低エネルギーシフトの様子。

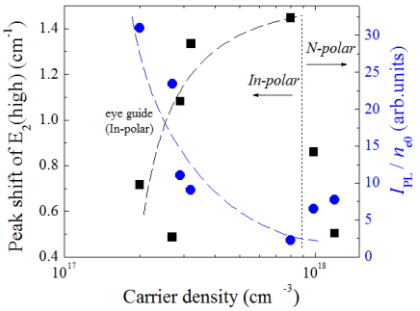

図 2 ラマン散乱により得られた励起強度に対する E2(high)のピークシフト量と PL 強度の残留電子密度依存特性。n=9.9x10^{18}cm^{-3} の N 極性試料のみ Mg ドープ n 型（[Mg]=1.3x10^{17} cm^{-3}）。ラマン散乱の波数分解能はスペクトルフィットにより 0.2-0.3 cm^{-1} である。

【参考文献】[1]Y. Ishitani *et al.*, J Appl. Phys., **106**, 113515 (2009). [2] D. Imai *et al.*, Phys. Stat. Sol. B, **249**, No.3, 472-475 (2012). [3] D. Imai *et al.*, J. Elec. Materi. **42**, 5, 875-881 (2013). [4] X. D. Pu et al., J. Appl. Phys. 98, 033527 (2005).

© 2013 年　応用物理学会