

無極性 m 面 AlGaIn/GaN 量子井戸サブバンド間吸収の線幅解析

Linewidth analysis of intersubband absorption in non-polar m-plane AlGaIn/GaN quantum wells

東大ナノ量子機構¹, 東大生研², シャープ³ °小谷 晃央^{1,2,3}, 有田 宗貴¹, 荒川 泰彦^{1,2}

Nano Quine¹, IIS² Univ. of Tokyo, SHARP³, °T. Kotani^{1,2,3}, M. Arita¹ and Y. Arakawa^{1,2}

E-mail: kotani.teruhisa@sharp.co.jp

無極性 m 面 AlGaIn/GaN 量子井戸(QW) は c 面 QW に比べてサブバンドの設計が容易であり、GaN 特有の高速な緩和時間や大きな LO フォノンエネルギーの特性を利用したサブバンド間 (ISB) 遷移応用デバイスへの展開が期待される[1]。さらに、分極の影響により c 面 QW では困難であったサブバンド物理の定量的な理解が可能になることが期待される。前回、我々は m 面 $\text{Al}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{N}$ (3.2nm)/Si-dope GaN(2.9nm) QW の室温 ISB 吸収スペクトルについて、ドーピング濃度依存性の実験結果及び多体効果を取り入れた計算によるピーク位置ブルーシフトの解析結果を報告した[2]。今回、さらに、散乱による吸収スペクトル線幅を取り入れて計算を行った結果、吸収スペクトル形状全体を高精度に再現することができ、吸収スペクトル形状の変化を多体効果及び散乱により解釈することができた。

散乱により状態が遷移すると、不確定性原理によってエネルギー準位の広がりが生じる。このエネルギー準位の広がり ISB 吸収スペクトルにも影響を与えることが知られている[3,4]。散乱により生じる ISB 吸収線幅の計算には Ando により導出された式[3]を用いた。考慮した散乱機構は界面ラフネス散乱 (IFR)、

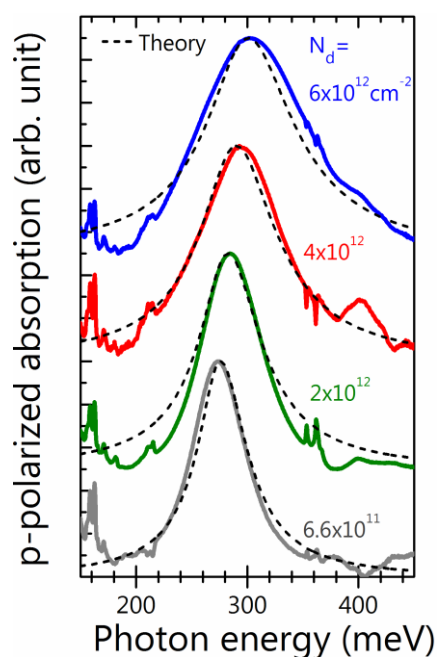


Fig. 1 Doping dependent ISB absorption spectra of m-AlGaIn/GaN QW. Solid lines are experimental results and dashed lines are theoretically calculated results.

LO フォノン散乱 (LO)、イオン化不純物散乱 (IMP)、変形ポテンシャル結合音響フォノン散乱 (DLA)、ピエゾ電界結合音響フォノン散乱 (PLA)、合金散乱 (ALY) である。また、界面粗さとして Δ (RMS) = 0.1 nm[1]及び Λ (相関長) = 5.0 nm を用いた。実験ではドーピング濃度増加とともに ISB ピーク位置は 274meV から 302.9meV にブルーシフトし、半値幅は 56.4meV から 112.4meV と広がる結果が得られた[2]。Fig. 1 に示されたとおり、伝導帯バンドオフセット比 0.675 の時、計算された吸収ピーク及び線幅の増加は実験とよい一致を示した。主に、不純物 (高ドーピング時)、界面ラフネス、LO フォノン散乱の影響が大きく、吸収スペクトル線幅を支配していることがわかった。

本結果は、窒化物半導体を利用した ISB デバイスの設計に向けた重要な指針になることが期待される。

謝辞 本研究は文部科学省 イノベーションシステム整備事業 の支援により遂行された。

参考文献 [1] T. Kotani et. al, Appl. Phys. Lett. 105, 261108 (2014), [2] 小谷他、応用物理学会春季学術講演会 (2015), [3] T. Ando, J. Phys. Soc. Jpn, 54, 2671 (1978), [4] T. Unuma et al., J. Appl. Phys. 93, 1586 (2003)