

In_{0.05}Ga_{0.95}N/GaN ヘテロ構造におけるフォノン輸送過程の2波長レーザ同時照射法による解析
 Analysis of phonon transport processes in In_{0.05}Ga_{0.95}N/GaN heterostructures by simultaneous two-wavelength laser irradiation

千葉大院工¹, アブドラ王立大² ○中山朋哉¹, 伊藤航太郎¹, 浅地竜也¹, 馬 蓓¹,
 飯田大輔², Mohammed A. Najimi², 大川和宏², 石谷善博¹

Chiba Univ.¹, King Abdullah Univ.² °Tomoya Nakayama¹, Kotaro Ito, Tatsuya Asaji¹, Bei Ma¹,
 Daisuke Iida², Mohammed A. Najimi², Kazuhiro Ohkawa², Yoshihiro Ishitani¹

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

固体の熱輸送制御は、非熱平衡状態の熱エネルギーの有効利用や排除、それによる電子物性制御を目標として注目されている。これまでラマン分光による熱輸送解析が多くなされてきた。我々の研究室では InGa_{0.05}N/GaN ヘテロ構造で InGa_{0.05}N の格子不整転位近傍のフォノン輸送についてラマン分光法により解析を行った^[1]。本研究では水平方向 InGa_{0.05}N 膜内と GaN と InGa_{0.05}N の界面における欠陥の継続性に依存するフォノン輸送のイメージング解析を行った。

測定にはサファイア基板上に成長した In_{0.05}Ga_{0.95}N(100nm)/GaN(6.5μm)ヘテロ構造試料を用いた。325nm および 532nm の2波長光源を同時に照射できるラマン装置を用いてラマンスペクトルを測定した。水平方向のフォノン輸送評価ではポンプ光照射位置に対してプローブ光照射位置を制御して測定を行った。ラマン散乱スペクトルは、ローレンツ関数を用いてフィッティングした。PL 特性は、325nm レーザ照射により GaN および InGa_{0.05}N 層の PL に対して解析した。

InGa_{0.05}N 層の PL マッピング及び測定位置を図1に示す。図2はポンプ光とプローブ光照射位置の距離とラマンシフトの関係を表す。図3は InGa_{0.05}N 層と GaN 層の PL 強度の強弱の組み合わせに対して、325nm レーザの照射または強度増加 (6–12mW) に対する各層の E₂(high)モードラマンスペクトルのピークエネルギー変化量を示す。図1と図2より、4つのルートで距離増加に対するフォノンエネルギー変化量の減少速度に PL 強度の強弱に依存する一貫した傾向が確認されない。これはフォノンが発生点から様々な経路を通る拡散的な輸送が起きているためと考えられる。図3ではフォノンが生成される InGa_{0.05}N 層では PL 強度の弱い位置の方がより高い温度上昇が確認される。これは PL 強度の弱い箇所における非輻射再結合による多くのフォノン生成か、PL 強度の弱い箇所の結晶性に依存する低い熱伝導率かに影響された結果と考えられる。また InGa_{0.05}N 層で発生したフォノンの GaN 層への輸送では、InGa_{0.05}N 層の PL 強度が弱い箇所では、GaN 層の PL 強度が弱い箇所より強い箇所の方が温度上昇が大きいと判断される。これは PL 強度の低い GaN 層との界面では GaN へのフォノン輸送速度が小さいために温度上昇が小さくなったためと考えられる。PL 強度が共に弱い箇所は GaN 層から InGa_{0.05}N 層に結晶性の低さが継続して延びている箇所であり、貫通転位がフォノン輸送低減に関与していると考えられる。この現象は我々の格子不整転位近傍におけるフォノン輸送の抑制現象^[1]と一貫している。

[参考文献] [1]S.Okamoto et al. Appl.Phys.Lett 116,142107(2020)

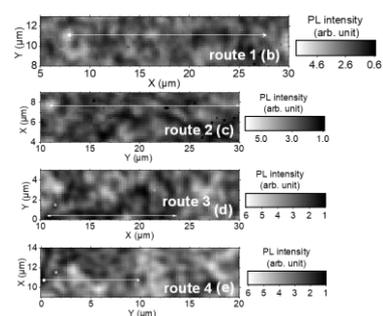


図1 PL マッピングおよび走査箇所

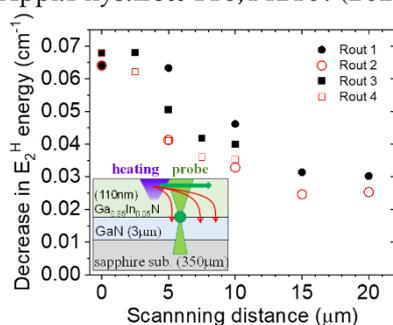


図2 離れた距離とシフトの関係

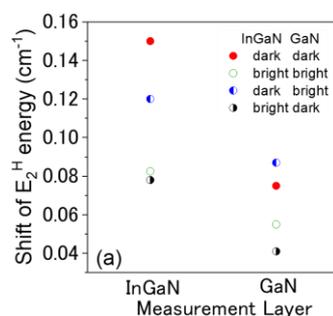


図3 PL 強度の組み合わせによる E₂(high)モードエネルギー