

希薄窒化物結晶の結合状態制御に向けた GaPN 混晶への電子線照射試験

Electron Irradiation Examination on GaPN alloys for controlling bonding states in dilute nitride alloys

○平井健登¹, 山根啓輔¹, 若原昭浩¹, 大島武², 中村徹哉³, 今泉充³

(1. 豊橋技術科学大学, 2. 量子科学技術研究開発機構, 3. 宇宙航空研究開発機構)

○K.Hirai¹, K.Yamane¹, A.Wakahara¹, T.Ohshima², T.Nakamura³, M.Imaizumi³

(1. Toyohashi Univ. Tech, 2. QST, 3. JAXA)

E-mail: hirai.kento.gz@tut.jp, yamane.keisuke.ue@tut.jp

これまでに我々は、電子線照射と熱処理を併用することで、III-V 族希薄窒化物混晶では結晶性が向上するという、他の材料には見られない特異な現象を報告した [1]。この現象をデバイスに応用できれば、全く新しい耐放射線素子の創出につながる可能性がある。そこで本研究では、電子線照射時の物理現象の解明を目的に、熱処理工程を設けず、電子線照射のみを行い、結晶性の照射量依存性を調べたので報告する。

サンプルには分子線エピタキシー(MBE)法により半絶縁性 GaP 基板上に成長した GaPN 混晶を用いた。サンプル構造は undoped GaPN(200 nm)/GaP buffer(100 nm)/Semi Insulated GaP sub とした。成長ごとの誤差を排除するため、成長したサンプルを分割して各照射条件で試料を準備した。照射条件は加速電圧 2 MeV とし、照射量を $10^{12} \sim 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の範囲で照射した。

図 1 に 240K での PL スペクトルを示す。1.9 eV 付近の発光ピークが GaPN のバンド端近傍からの発光であり、1.4 eV 付近のブロードな発光は N 取り込み形態に起因する深い準位の発光である。特に 10^{13} および 10^{15} cm^{-2} の照射量において顕著に表れている通り、電子線照射で PL 強度の増加がみられた。図 2 に未照射の試料の PL ピーク強度を 1 としたときの各照射条件で作製した試料の PL ピーク強度の変化を示す。比較対象として、380keV の陽子線および 300keV の電子線を照射したサンプルの結果も示す。陽子線では、 10^{12} cm^{-2} 以上で急激に PL 強度が低下するのに対し、電子線では $10^{13} \sim 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の範囲で未照射の状態に比べて PL ピーク強度が増加することが示されている。陽子線の場合 10^{12} cm^{-2} 以上で急激な劣化が生じる理由は一般的な III-V 族半導体の陽子線照射損傷と同様に、空孔型欠陥やその複合欠陥の生成によるものと考えられる。電子線でも同様の劣化が想定されるが、これに加えて、N の取り込み状態に影響を与える効果が働いたと推察される。これまでに報告した第一原理計算による N 結合状態の解析[2]を踏まえると、例えば、電子線衝突による N-N 対、N-P 対の乖離などが考えられる。今後は太陽電池デバイスへの電子線照射を行い、電気的特性に与える影響についても検討する。

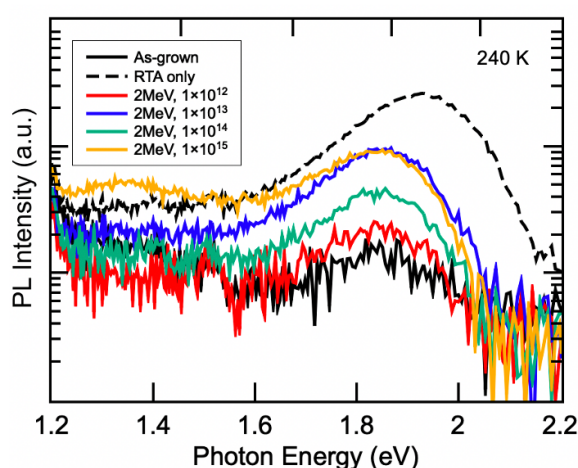


図 1 2 MeV電子線を照射したGaPNのPLスペクトル(240 K)

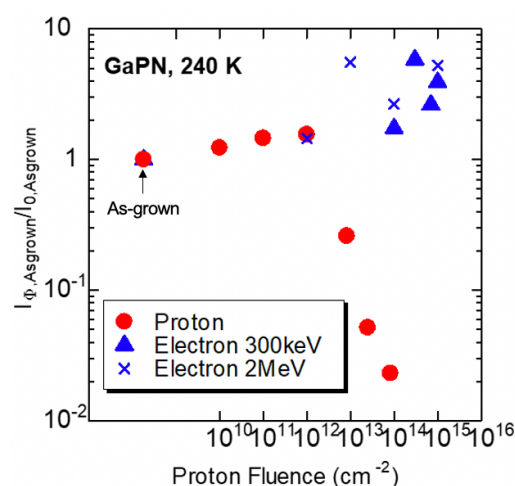


図 2 GaPNのPLピークの強度の照射量依存性

謝辞：本研究は立松財団、村田学術振興財団の助成を受けて行われた。

[1] K. Yamane et al., Jpn. J. Appl. Phys. 61 (2022) 020907. [2] S. One et al., JSAP Spring 69th, 23p-E106-9 (2022).