放射光を使った GaN 系混晶半導体と GaN 系量子殻の局所構造評価

Local Structural Analysis of GaN-based Mixed Semiconductors and GaN-based Quantum Core-shells by using Synchrotron Radiations 名城大理工¹, JASRI², 名工大³ ^o宮嶋孝夫¹, 清木良麻¹, 近藤剣¹, 市川貴登¹, 伊奈稔哲², 新田清文², 宇留賀朋哉², 鶴田一樹², 隅谷和嗣², 今井康彦², 木村滋², 安田伸広², 三好実人³, 今井大地¹, 竹内哲也¹, 上山智¹

Meijo Univ.¹, JASRI², Nagoya Inst. Tech.³ ^oT. Miyajima¹, R. Seiki¹, T. Kondo¹, T. Ichikawa¹, T. Ina², K. Nitta², T. Uruga², K. Tsuruta², K. Sumitani², Y. Imai², S. Kimura², N. Yasuda²,

M. Miyoshi³, D. Imai¹, T. Takeuchi¹ and S. Kamiyama¹

E-mail: mtakao@meijo-u.ac.jp

窒化物系半導体レーザはブルーレイ用光源として開発されたが、その後、発振波長の拡大、高出 力化、超短パルス化などにより、応用領域が拡大している。これらの新規デバイスの実現には、結 晶成長技術、素子作製技術とともに、高度な結晶評価技術が必要であった。我々は、1997年から共 用が開始された大型放射光施設 SPring-8 を利用して、X線吸収微細構造法(XAFS)による Ga_{1-x}In_xN 混 晶半導体の構造評価[1]や、X線マイクロビームを使った横方向成長 GaN の構造評価[2]などを行うこ とで既存の評価手法で得られない新規知見を得て、デバイス開発へのフィードバックを行ってきた。

本講演では、最近取り組んでいる XAFS 法を用いた GaN 系混晶半導体と X 線ナノビームを用いた GaN 系ナノワイヤの局所構造評価に関して紹介する。GaN 系混晶半導体の1つである Al_{1-x}In_xN は、 GaN 系面発光レーザの特性を大きく左右する導電性反射鏡材料(Fig.1 参照)の最有力候補として期待 され実際にこれを用いたレーザ発振が実現されている[3]が、非混和性が高い混晶半導体であり物性 制御が困難であると考えられる。実際、XAFS 測定を行ったところ、Al-N と In-N のボンド長差は 14% にも達しており、混晶半導体中ではその差が最も大きく非混和性が高いにも関わらず、Al や In 原子 は理想的な III-V 族ウルツ鉱構造の理想的な III 族原子位置を占有していることが分かった[4]。ただ し、この大きなボンド長差は、結晶内部に局所歪を発生させ、大きなバンドテーリングを引き起こ しており、これを考慮した結晶成長とデバイス設計が重要であると考える。

また、GaN 系半導体レーザの高出力化・高効率化のために期待されている GaN 系量子殻活性層の 局所構造評価を、近年利用が可能になった X 線ナノビームを使った回折測定を用いて行っている (Fig.2 参照)。結晶成長の最適化やデバイス化のためには、非破壊構造評価法の確立が必要不可欠で あるが、量子殻の形状が直径 400 nm 高さ 2 μm と細長いため、通常の実験室系の X 線回折では測定 が難しく、SPring-8 の X 線ナノビームを使って初めて可能になった[5]。

本研究の一部は文部科学省・私立大学戦略的研究基盤形成事業,文部科学省・私立大学研究ブランディング事業,科研費・基盤 A(15H02019)、科研費基盤 B(26286045),省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発,科研 費新学術(16H06416),および JSTCREST(No.16815710)の援助により実施した。

T.Miyajima et al., phys. stat. sol. (b) 228 (2001) 45. [2] T.Miyajima et al., phys. stat. sol. (b) 240 (2003) 285.
K.Ikeyama et al., Appl. Phys. Exp. 9 (2016) 102101. [4] R.Seiki et al., Int. Workshop on Nitride Semicond. 2016 (Orland), D1.3.06. [5] Seiki et al., Int. Conf. on Nitride Semicond. 2017 (Strasbourg), B1-60.





