

## X線吸収微細構造測定による $\text{Al}_{0.82}\text{In}_{0.18}\text{N}$ の局所構造解析

### Local Structural Analysis around In atoms in $\text{Al}_{0.82}\text{In}_{0.18}\text{N}$ Alloy by using X-ray Absorption Fine-Structure Measurements

名城大理工<sup>1</sup>, 高輝度光科学研究センター<sup>2</sup>, 工学院大工<sup>3</sup>

○(M1) 清木 良麻<sup>1</sup>, 小森 大資<sup>1</sup>, 池山 和希<sup>1</sup>, 伊奈 稔哲<sup>2</sup>, 尾沼 猛儀<sup>3</sup>,

宮嶋 孝夫<sup>1</sup>, 竹内 哲也<sup>1</sup>, 上山 智<sup>1</sup>, 岩谷 素顕<sup>1</sup>, 赤崎 勇<sup>1</sup>

Meijo Univ.<sup>1</sup>, Japan Synchrotron Radiation Research Inst.<sup>2</sup>, Kogakuin Univ.<sup>3</sup>

°Ryoma Seiki<sup>1</sup>, Daisuke Komori<sup>1</sup>, Kazuki Ikeyama<sup>1</sup>, Toshiaki Ina<sup>2</sup>, Takeyoshi Onuma<sup>3</sup>,

Takao Miyajima<sup>1</sup>, Tetsuya Takeuchi<sup>1</sup>, Satoshi Kamiyama<sup>1</sup>, Motoaki Iwaya<sup>1</sup> and Isamu Akasaki<sup>1</sup>

E-mail: 163434018@c alumni.meijo-u.ac.jp

GaN系面発光レーザー (VCSEL) は自動車のヘッドライトやヘッドマウントディスプレイの光源として期待され、既に室温連続発振が報告されている[1]。しかしながら、効率的なキャリア注入と光閉じ込めを同時に可能にする導電性多層膜反射鏡 (DBR) の実現が難しく、その実用化を阻んでいる要因の1つとなっている。最近、竹内らは、n型  $\text{Al}_{0.82}\text{In}_{0.18}\text{N}:\text{Si}/\text{GaN}$  を導電性多層膜反射鏡 (DBR) として採用した GaN系 VCSEL の室温連続発振に成功した[2]。原理的に  $\text{Al}_{0.82}\text{In}_{0.18}\text{N}$  混晶半導体は GaN と格子整合するが、この混晶半導体を構成する In-N ( $d_{\text{In-N}}=2.15 \text{ \AA}$  [3]) と Al-N ( $d_{\text{Al-N}}=1.89 \text{ \AA}$  [4]) のボンド長が14%も異なるため相分離を起こしやすく、実際に大きなボーイングパラメータが報告されている。前述のデバイス特性の改善を目指した  $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$  の結晶性向上には、In原子近傍の局所構造に関する情報が必要であるが、その報告はない。本研究では、GaN系 VCSELに利用したn型  $\text{Al}_{0.82}\text{In}_{0.18}\text{N}:\text{Si}$  におけるIn原子近傍の局所構造をX線吸収微細構造 (XAFS) 測定により求めた。この測定は、大型放射光施設である SPring-8 から得られる 30keV 以上の高エネルギーX線を利用して初めて可能になった。

測定試料として、GaN基板上にGaN (厚さ  $3\mu\text{m}$ ) および  $\text{Al}_{0.82}\text{In}_{0.18}\text{N}:\text{Si}$  (厚さ  $85\text{nm}$ ) をMOCVD法により成長させた。また、比較試料として、サファイア基板上にMBE法により成長したInN (厚さ  $300\text{nm}$ ) を用意した。

XAFS測定により得られた  $\text{Al}_{0.82}\text{In}_{0.18}\text{N}$  と InN における In原子近傍の動径分布関数を Figure 1 に示す。横軸は In原子からの距離 ( $r$ )、縦軸は原子の存在確率に対応している。どちらの動径分布関数においても、 $r=1.70\text{ \AA}$  近傍に第一近接原子からの明瞭な信号 (ピーク A 及び A') が観測され、その信号強度も一致した。このことは、どちらの試料においても、Inの第一近接原子として4配位したN原子が存在し、In-Nのボンド長は  $d_{\text{In-N}}=2.15 \text{ \AA}$  (位相シフトにより  $r=1.7\text{ \AA}$  とは一致しない[3]) であることを示している。従って In-N と Al-N のボンド長の差が大きいにも関わらず、測定した n型  $\text{Al}_{0.82}\text{In}_{0.18}\text{N}$  中の In原子は、理想的な III族原子位置を占有していると考えられる。

[1] Yu. Higuchi et al., Appl. Phys. Express. **1** (2008) 121102.

[2] 池山他, 第63回春季応用物理学会, 22p-H121-1, 東工大, 2016.

[3] T. Miyajima et al., phys. stat. sol. (b) **234** (2002) 801.

[4] K. E. Miyano et al., Appl. Phys. Lett. **70** (1997) 2108.

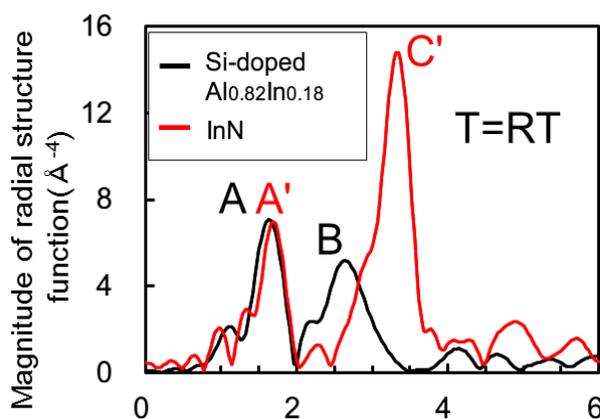


Figure 1 Distance from In atoms ( $\text{\AA}$ )  
Radial structure functions around In atoms in a Si-doped  $\text{Al}_{0.82}\text{In}_{0.18}\text{N}/\text{GaN}$  grown on a GaN substrate by MOCVD (black line) and an InN grown on a sapphire substrate by MBE (red