

偏光 XAFS 測定を用いた半極性 InGaN 薄膜の局所構造解析 Polarized XAFS analyses of InGaN-nanostructures fabricated on semi-polar substrates

榊 篤史^a, 川村 朋晃^a, 大野 裕孝^a, 川上 養一^b, 船戸 充^b, 上田 雅也^b, 本間 徹生^c
Atsushi Sakaki^a, Tomoaki Kawamura^a, Hirotaka Ohno^a
Yoichi Kawakami^b, Mitsuru Funato^b, Masaya Ueda^b
Tetsuo Honma^c

^a日亜化学工業株式会社, ^b京都大学, ^c高輝度光科学研究センター
^aNICHIA Corporation, ^bKyoto University, ^cJASRI

ピエゾ電界効果が非常に低い半極性(11-22) GaN 基板上的 InGaN/GaN 構造における In 原子近傍の局所構造について, 大型放射光施設 SPring-8 の BL14B2 を使って XAFS 測定を行った。試料は多重量子井戸構造の InGaN 膜厚と In 組成を変化させたものを用いた。課題番号 2007B1829 では X 線を試料の m 面に平行な方向から入射させたのに対し, 本課題では m 面に対し直交方向から X 線を入射させることにより, 試料面内の異方性を偏光 XAFS により評価した。この結果, In 原子の第一近接原子間距離に差が確認され, 半極性(11-22) GaN 基板の場合, 基板の面内方向においても In 原子近傍の歪みに異方性が存在することが確認された。

キーワード: 窒化物半導体, LED, 半極性, InGaN, XAFS

背景と研究目的

InGaN 層を発光層とする III 族窒化物半導体発光デバイスは, 青色 LED の実現以来, 精力的に研究が進み, 急速なスピードで発光効率の向上, 高出力化がなされてきた。また蛍光体との組み合わせによる白色 LED の実現, 一般照明や自動車ヘッドライトの分野への応用など幅広い展開が図られている。今後さらに利用範囲を拡大させるには, エネルギー効率の高い LED の実現が必須であり, その為には発光層である InGaN 層の高品質化が必要不可欠である。

従来の(0001)c 面基板上に作製した量子井戸構造 LED では, GaN と $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ の高い格子不整合(最大 11%)により発光層に歪みが生じ, 数百万 V/cm 程度の強いピエゾ電界が発生し, 電子・正孔対の重なりが空間的に分離されていた。その結果, 再結合確率が減少し, 発光効率の低下を招いていた。この問題を解決する為に, ピエゾ電界効果が非常に低い半極性(11-22)GaN 基板上的量子井戸構造の研究が進んでいる[1]。前課題(2007B1829)では(11-22)GaN 基板上に作製した InGaN/GaN 量子井戸構造における In

原子近傍の局所歪みの解析を XAFS により行ったが, 本課題では放射光の偏光性を利用した偏光 XAFS 解析により半極性(11-22)GaN 基板上に作製した InGaN/GaN 量子井戸構造の面内方向歪みの評価を行ったので報告する。

実験

試料は前回(課題 2007B1829)と同様であり, 基板の上にバッファ層として GaN 層約 3 μm を成膜したのち, その上に InGaN/GaN の多重量子井戸構造を作製したものを用いた。また前回と同様に(11-22)GaN 基板との比較の為に(0001)Sapphire 基板上に成長させたものについても同時に実験を行った。

測定配置についても基本的には前回と同様であるが X 線の入射方向が前回は m 面に平行であったのに対し今回は m 面に直交に入射していることが異なっている。Fig.1 に測定レイアウトを示す。また面内方向の異方性の判別には高分解能測定が必要であることから測定時間を通常より長めに取ることにより良質な測定データ取得を試みた。また測定データの解析には

前回と同様にリガクの REX2000 を用いて行った。

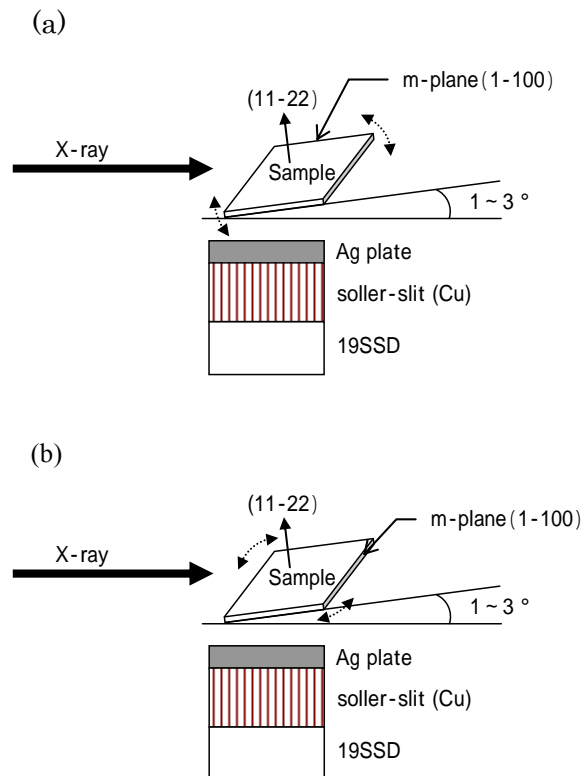


Fig. 1. Schematics of the experimental layout. The incident x-ray beam was (a) parallel to the m-plane of the sample (2007B1829) and (b) perpendicular to the m-plane (2007B1961, this work), respectively.

結果および考察

Fig.2 に In_K 端 EXAFS 振動を示す。測定時間を充分に取ったため m 面に対して平行入射、直交入射とも解析に十分耐えうる振動が $k=13 \sim 14$ 程度まで得られている事が確認できる。また m 面に平行および直交方向に入射した XAFS スペクトルに違いが見られることから、面内方向に何らかの異方性が生じていることを示唆している。次に Fig.2 で得られた EXAFS 振動をフーリエ変換した結果を Fig.3 に示す。第一近接原子間距離である In-N の距離、第二近接原子間距離である In-Ga の距離にわずかな違いが確認され、その差は In-N 距離の方が大きい事が確認された。また配向補正前の第一、

第二近接原子の配位数も若干異なっているように見受けられる。GaN 結晶構造および(11-22)面の対称性を考慮すると、これらの結果は面内方向でのローカルな歪み方に異方性が存在する可能性を示唆している。

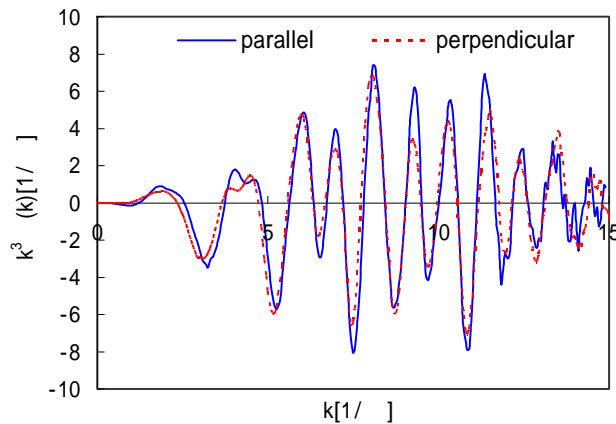


Fig. 2. EXAFS $k^3 \chi(k)$ spectra of In with two configurations. Parallel and perpendicular cases correspond to the incident x-rays parallel and perpendicular to the m-plane of GaN, respectively.

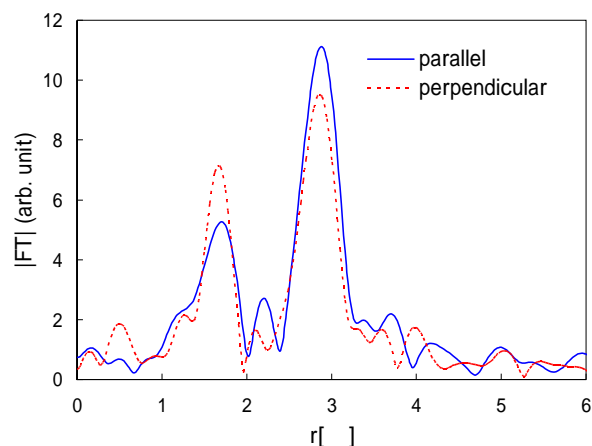


Fig. 3. Fourier transforms of the EXAFS spectra shown in Fig. 2.

謝辞

測定時に多大なご協力を頂きました日亜化学の吉田泰弘氏にこの場を借りて深く感謝致します。

参考文献

- [1] M. Ueda, K. Kojima, M. Funato, Y. Kawakami, Y. Narukawa, and T. Mukai, Appl. Phys. Lett. **89**, 211907 (2006).