

真のヘテロ界面構造とその形成

Intrinsic Hetero-interface Structures and Their Formation

竹田 美和 (TAKEDA Yoshikazu)

名古屋大学・工学研究科・教授



研究の概要

本研究では、「埋もれた界面」構造を研究室レベルで評価できる高性能X線CTR散乱装置を開発し、一般に利用できる装置と解析システムを構築する。界面構造の形成過程を「その場」で明らかにし、界面構造がデバイスに与える意味を明確に把握する。界面構造を制御し、デバイスの高性能化において、「界面構造制御」という新たな切り口を開拓する。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎、薄膜・表面界面物性

キーワード：ヘテロ界面、結晶成長、CTR散乱法、X線構造解析

1. 研究開始当初の背景・動機

- (1) 半導体ヘテロ構造における「界面」の重要性は認識されていたが、その定量評価法がなく実験は困難であった。
- (2) それに対して我々は界面定量評価の唯一の可能性としてX線CTR散乱法が有ることに気が付き、表面の平坦さの評価にもつぱら持いられていた本法を、X線の透過性から「埋もれた」界面に適用してきた。

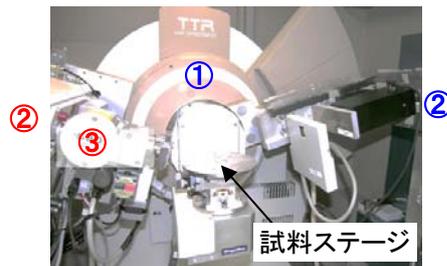
2. 研究の目的

- (1) 密接なフィードバックを可能とする結晶成長の「現場」での迅速な界面構造解析環境として、「埋もれた界面」構造をラボレベルで評価できる高性能X線CTR散乱装置の開発。
- (2) 結晶成長過程で「埋もれた界面」の形成過程を見る、の2点を目的とした。

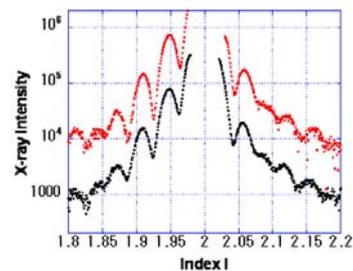
3. 研究の方法

- (1) 「真のヘテロ界面構造」を明らかにする装置として、実験室系X線源を用いて、半導体ヘテロ構造を成長しながらX線CTR散乱の測定が可能な装置系を作る。
- (2) CTR散乱のデータの取り込み、バックグラウンドの除去、カーブフィッティングによる解析をPC上で一般に利用できるようにするため、分かり易いソフトに仕上げる
- (3) 青色発光ダイオード／レーザーの層構造を明らかにし高効率化を図る。

4. これまでの成果

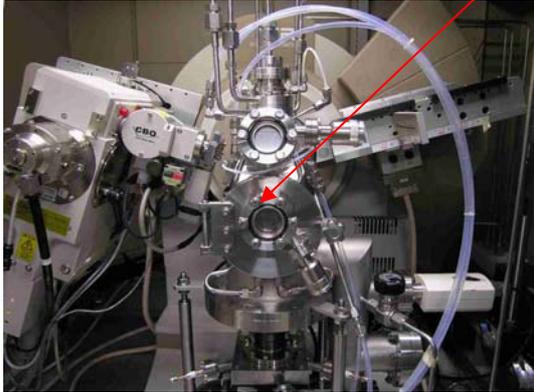


実験室系X線回折装置のX線源(②)の直後に、多層膜集光ミラー(③)と非対称反射結晶を取り付け、ゴニオメーター(①)の試料ステージでX線の集光し、右側受光側のアームにスリット系を配置することでIP(②)のSN比を格段に上げることができ、下図のように放射光X線での測定に匹敵するスペクトルを得ることに成功した。



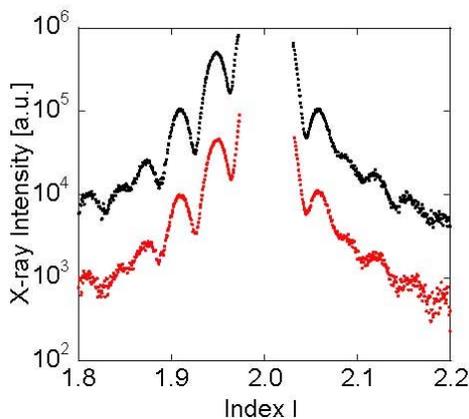
GaN/GaInN/GaN ヘテロ構造のX線CTRスペクトル。赤が放射光X線(測定時間2分)、黒が上の装置(90分)でのスペクトル。SN比が悪いと測定時間を伸ばしても良好なスペクトルとならない。

[4. これまでの成果 (続き)]



小型縦型のMOVPE反応炉(5)を製作し、前頁の実験室系X線CTR散乱装置の試料ステージ部に取り付けた。試料ステージ表面が反応炉内のサセプター部となる。加熱による変形等を考慮し、Zステージ(上下方向)の微調が可能である。基板温度はGaN系半導体に必要な1,200°Cまで昇温可能である。

1,000°CでCTR散乱測定を行い、室温と遜色のないSN比のスペクトルが得られた(下図)。実験室系のCTR散乱測定装置と成長装置が組み合わされた世界で唯一の装置である。



GaN/GaInN/GaNヘテロ構造の室温(黒)および1,000°C(赤)のCTRスペクトル。

5. これまでの進捗状況と今後の計画

反応部とガス配管系、資料交換ステージを「実験室系X線装置」内に組み込むという大きい制約はあったが、製作会社の多大な協力があった、製作と設置に成功した。また、この炉内での昇温実験と1,000°Cという高温でのCTR散乱測定にも成長した。

20年度は、昇温実験と昇温時の不測の事態(ガス漏れやベリリウム窓の破損)に対する安全設備の検討と設置に大部分の時間を費やしたが、これも装置が出来上がり、

21年度から成長を開始する予定である。

6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)
(研究代表者は太字、研究分担者には下線)

- 1) “Buried Heterostructure of nitride semiconductors revealed by laboratory level X-ray CTR scattering” (**invited**), **Y. Takeda**, Y. Maeda, T. Mizuno, and M. Tabuchi, Trans. Mat. Res. Soc. Jpn., Vol. 33, pp. 547-550 (2008).
- 2) “X-ray CTR scattering measurements using conventional X-ray source to study semiconductor hetero-interfaces,” Y. Maeda, T. Mizuno, A. Mori, M. Tabuchi, and **Y. Takeda**, Trans. Mat. Res. Soc. Jpn., Vol. 33, pp. 591-594 (2008).
- 3) “Atomic scale analysis of MOVPE grown heterostructures by X-ray crystal truncation rod scattering measurement,” M. Tabuchi and **Y. Takeda**, J. Cryst. Growth, Vol. 298, pp. 12-17 (2007).
- 4) “Analysis of In distribution in GaInN/GaN multilayer structures by X-ray CTR scattering,” M. Tabuchi, Y. Ohtake, and **Y. Takeda**, Trans. Mat. Res. Soc. Jpn., Vol. 32, No. 9, pp. 219-222 (2007).
- 5) “Study on buried interfaces in semiconductor heterostructures by X-ray reflectivity” (**invited**), **Y. Takeda** and M. Tabuchi, Trans. Mat. Res. Soc. Jpn., Vol. 32, No. 1, pp. 187-192 (2007).
- 6) “The importance to reveal buried interfaces in the semiconductor heterostructure devices” (**invited**), **Y. Takeda** and M. Tabuchi, J. Phys.: Conference Series, Vol. 83, Art. #012002 (2007).
など。

ホームページ等

<http://mars.numse.nagoya-u.ac.jp/f6/indexf6j.html>