

平成 21 年 4 月 30 日現在

研究種目：基盤研究(S)
研究期間：2006 ~ 2010
課題番号：18106001
研究課題名(和文) 真のヘテロ界面構造とその形成

研究課題名(英文) Intrinsic Hetero-interface Structures and Their Formation

研究代表者

竹田 美和 (Takeda Yoshikazu)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：20111932

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. 研究計画の概要

- (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」構造をラポ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

2. 研究の進捗状況

- (1) 実験室系 X 線回折装置の X 線源の直後に、多層膜湾曲集光ミラーと非対称反射結晶を取り付け、ゴニオメーターの試料ステージで X 線を集光し、受光側のアームにスリット系を配置した。これにより検出器 (IP) の SN 比を格段に上げることができ、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。
- (2) 小型縦型の MOPVPE 反応炉を製作し、(1)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 系半導体で必要な 1,200 まで昇温可能である。また、成長システム全体は、原料およびキャリアガス供給部と制御部、排ガス処理部、等からなり、窒化物半導体ヘテロ構造が成長出来る完全系として作り上げてある。
- (3) 1,000 度 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。実験室系の CTR 散乱測定装置と成長装置が組み合わせられた世界で唯一の装

置である。

- (4) 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て、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 度という高温での CTR 散乱測定にも成長した。
- (5) SPring-8 でのマイクロビームを用いた CTR マッピング測定に成功し、従来、多くの仮定を置かなければならなかった組成および層厚の解析を、仮定なしで行うことが出来た。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。上記(1)~(5)は計画調書(交付申請書での変更分を含む)の記載の順であり、いずれも予定通り進んでいる。

4. 今後の研究の推進方策

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設置とそのチェックを行った後、成長を開始する予定である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

- 1) “Buried Heterostructure of nitride semi-conductors revealed by laboratory level X-ray CTR scattering” (*invited*), 査

読あり, 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 semi-conductor hetero-interfaces," 査読あり, 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," 査読あり, 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," 査読あり, 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 semi-conductor heterostructures by X-ray reflectivity" (*invited*), 査読あり, 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*), 査読あり, Y. Takeda and M. Tabuchi, J. Phys.: Conference Series, Vol. 83, Art. #012002 (2007).

[学会発表](計31件)

1) "Influence of growth rate and temperature on InP/GaNAs interface structure analyzed by X-ray CTR scattering measurement," H. Tameoka, A. Mori, M. Tabuchi, and Y. Takeda, 2009 Indium Phosphide and Related Materials (IPRM2009), MA2.4, Newport Beach, CA, USA, May 10-14, 2009.

2) "MOVPE reactor and X-ray CTR measurement system for GaN and related compounds" (*invited*), Y. Takeda, T. Mizuno, H. Kamiya, and M. Tabuchi, 8th Akasaki Research Center Symp., Nagoya, Japan, November 20, 2008.

3) "Development of in-situ X-ray non-invasive characterization system on GaN and related compounds" (*invited*), Y. Takeda, Y. Maeda, T. Mizuno, and M. Tabuchi, 7th Akasaki Research Center Symp., Nagoya, Japan, October 19, 2007.

4) "Analysis of In distribution in GaInN/GaN multilayer structures by X-ray CTR scattering" (*invited*), M. Tabuchi and Y. Takeda, 6th Akasaki Research Center Symp., Nagoya, Japan, December 5, 2006, pp.

9-12 (2006).

5) "半導体における埋もれた界面の重要性とその測定・解析法" (*invited*), 竹田美和, 田淵雅夫, 第56回応用物理学会関係連合講演会, 「X線・中性子による埋もれた界面研究の最前線」, 31a-D-3, 筑波大学, 3月30日-4月2日, 2009.

6) "OMVPE成長の半導体ヘテロ界面その場観察に向けた実験室系X線CTR散乱測定," (*EMS賞受賞*), 水野哲也, 前田義紀, 神谷肇, 森晶子, 田淵雅夫, 竹田美和, 第27回電子材料シンポジウム (EMS27), K-15, ラフォーレ修善寺, 7月9-11日, 2008.

7) "埋もれた界面の制御について," 竹田美和, 埋もれた界面のX線・中性子解析に関するワークショップ2007, 東北大学金属材料研究所, 7月22-24日, 2007.

8) "実験室系のX線源を用いたX線CTR散乱測定による半導体ヘテロ界面の評価," 前田義紀, 水野哲也, 森晶子, 田淵雅夫, 竹田美和, 第37回結晶成長国内会議(NCCG-37), 06aC09, 北海道大学, 11月5-7日, 2007.

9) "窒化物半導体の埋もれたヘテロ構造," (*invited*), 竹田美和, 田淵雅夫, 第18回日本MRS学術シンポジウム, G-06-1, 日本大学理工学部駿河台校舎, 12月7-9日, 2007.

10) "実験室系のX線回折装置による半導体ヘテロ界面のX線CTR散乱測定," 前田義紀, 水野哲也, 森晶子, 竹田美和, 田淵雅夫, 第18回日本MRS学術シンポジウム, G-P04-M, 日本大学理工学部駿河台校舎, 12月7-9日, 2007.

11) "X線CTR散乱法によるGaInN/GaN量子井戸構造中のIn組成分布の解析," 大竹悠介, 田淵雅夫, 竹見政義, 岡川広明, 竹田美和, 第67回応用物理学会学術講演会, 30p-C-9, 立命館大学, 8月29-9月1日, 2006.

12) "X線CTR散乱測定によるGaInN/GaN多層構造中のIn原子分布の解析," 田淵雅夫, 大竹悠介, 竹田美和, 第17回日本MRS学術シンポジウム, G-P02, 日本大学理工学部駿河台校舎, 12月8-10日, 2006.

13) "X線反射率による半導体ヘテロ構造の埋もれた界面の研究," (*invited*), 竹田美和, 第17回日本MRS学術シンポジウム, G-02P02,

[その他]

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