

九州シンクロトロン光研究センター 県有ビームライン利用報告書

課題番号：1712123F

B L 番号：12

(様式第 5 号)

α -酸化ガリウム/サファイア界面の XPS 測定

XPS study of α -Ga₂O₃/Sapphire interface

大島孝仁¹, 加藤勇次¹, 小林英一², 高橋和敏³
Takayoshi Oshima¹, Yuji Kato¹, Eiichi Kobayashi², Kazutoshi Takahashi³

¹佐賀大学, ²九州シンクロトロン光研究センター, ³佐賀大学シンクロトロン光応用センター

¹Saga Univ, ²Kyushu Synchrotron Light Research Center, ³Synchrotron Light Application Center, Saga Univ.

- ※ 1 先端創生利用 (長期タイプ) 課題は、実施課題名の末尾に期を表す (I)、(II)、(III) を追記してください。
- ※ 2 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後 2 年以内に研究成果公開 {論文 (査読付) の発表又は研究センターの研究成果公報で公表} が必要です (トライアル利用を除く)。
- ※ 3 実験に参加された機関を全てご記載ください。
- ※ 4 共著者には実験参加者をご記載ください (各実験参加機関より 1 人以上)。

1. 概要 (注: 結論を含めて下さい)

コヒーレントな α -Ga₂O₃/Al₂O₃ ヘテロ接合界面のバンドアライメントを X 線光電子分光で評価した. 評価したサンプルは, α -Al₂O₃ ホモエピタキシャル膜と α -Ga₂O₃/Al₂O₃ 多重量子井戸である. 得られたスペクトルの分析から, α -Ga₂O₃ と α -Al₂O₃ のバンドギャップがそれぞれ, 5.7 と 8.7 eV であり, 伝導帯と価電子帯のオフセットが 2.7 と 0.3 eV であることが分かった.

(English)

The band alignment at a coherent α -Ga₂O₃/Al₂O₃ heterointerface was evaluated by analyzing X-ray photoemission spectra for an α -Al₂O₃ film and an α -Ga₂O₃/Al₂O₃ multi-quantum wells grown coherently on sapphire substrates. The measured bandgaps of α -Ga₂O₃ and α -Al₂O₃ were 5.7 and 8.7 eV, and the conduction- and valence-band offsets were 2.7 and 0.3 eV, respectively.

2. 背景と目的

近年, コランダム構造を持つ α 型酸化ガリウム (α -Ga₂O₃) 半導体がにわかに注目されており, その物性解明が多角的な視点から行われている. 特に, コランダム構造を持つ α -Ga₂O₃ は, α -Al₂O₃ との混晶である α -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ が全組成範囲で実現可能であることから, 将来的にヘテロ接合デバイス応用が期待されており, α -Ga₂O₃/(Al_xGa_{1-x})₂O₃ 接合界面における物性評価が求められている. そのヘテロ接合のバンドラインナップに関しては, これまでに組成範囲 $0.1 \leq x \leq 0.8$ におけるバンドアライメントが報告されている[1]. しかし, α -Ga₂O₃/Al₂O₃ 界面における報告は, 格子不整合度が大きく良好な界面を形成しづらいからか報告されていない. そのような状況で, 我々は α -Ga₂O₃/Al₂O₃ コヒーレント超格子の作製に成功した[2]. そこでこの良好な界面を有する α -Ga₂O₃/Al₂O₃ ヘテロ接合のバンドアライメントを X 線光電子分光 (XPS) により評価した.

3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

分子線エピタキシー法により図1に示す α - Al_2O_3 ホモエピタキシャル膜と α - $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 多重量子井戸 (MQWs) サンプルを作製した. 図中の膜厚は, X線反射率測定による結果である. なお, X線回折測定の結果から, MQWsが基板に対してコヒーレント成長していることを確認した.

これらの試料に対して, XPSをBL12に付属の分光器 (ULVAC PHI1600) を用いて行った.

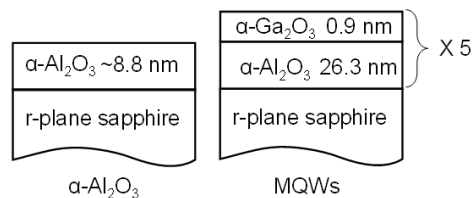


図1 評価試料断面模式図.

4. 実験結果と考察

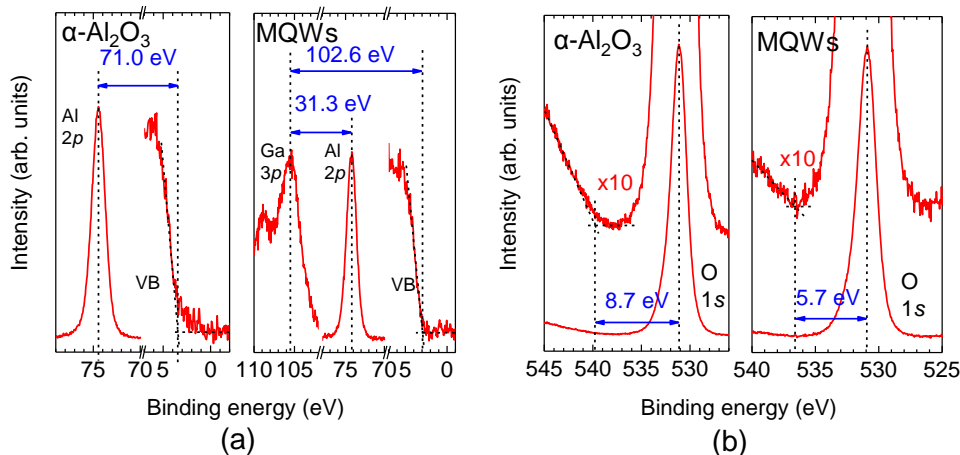


図2 試料のXPSスペクトル.

XPS スペクトルを図2にまとめたが, 図2(a)に示すように内殻ピークと価電子帯上端のエネルギーを比較することで, α - $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 界面の価電子帯オフセットが $\Delta E_V = (102.6 - 71.0 - 31.3) \text{ eV} = 0.3 \text{ eV}$ と求められた. 一方, 図2(b)に示すO 1sのエネルギー損失から, α - Ga_2O_3 と α - Al_2O_3 のバンドギャップがそれぞれ5.7 と 8.7 eV と分かった. それらの結果を考慮することで, 伝導帯オフセットは $\Delta E_C = (8.7 - 5.7 - 0.3) \text{ eV} = 2.7 \text{ eV}$ と算出できた. ΔE_V が ΔE_C に対して比較的小さいが, この傾向は $0.1 \leq x \leq 0.8$ の α - $\text{Ga}_2\text{O}_3/(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3$ でも報告されており[1], 価電子帯上端部分が主に金属ではなく酸素により形成されているためであると考えられる. なお, α - $\text{Ga}_2\text{O}_3/(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3$ ヘテロ接合におけるバンドアライメントについては, 過去の報告[1]と本報告により全組成のライブラリーデータが完成したことになる.

5. 今後の課題

α - $\text{Ga}_2\text{O}_3/(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3$ 接合界面における各種組成におけるバンドオフセットのライブラリーが完成したため, 本研究は完了したと考える.

6. 参考文献

- [1] T. Uchida, R. Jinno, S. Takemoto, K. Kaneko, and S. Fujita, Jpn. J. Appl. Phys. 57, 40314 (2018).
 [2] T. Oshima, Y. Kato, M. Imura, Y. Nakayama, and M. Takeguchi, Appl. Phys. Express in press (2018).

7. 論文発表・特許 (注: 本課題に関連するこれまでの代表的な成果)

Takayoshi Oshima, Yuji Kato, Eiichi Kobayashi, Kazutoshi Takahashi

Measurements of the band alignment at coherent α - $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ heterojunctions, JJAP 投稿中.

8. キーワード (注: 試料及び実験方法を特定する用語を2~3)

酸化ガリウム, 酸化アルミニウム, X線光電子分光

9. 研究成果公開について (注: ※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また, 論文(査読付)発表と研究センターへの報告, または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください (2017年度実施課題は2019年度末が期限となります)。

長期タイプ課題は, ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。

- ① 論文(査読付)発表の報告 (報告時期: 2018年12月末までに報告)