課題番号　　:2020A-E14

利用課題名（日本語）　　:PLD 法による p 型 β 型酸化ガリウム薄膜中ドーパント電子構造の温度依存性

Program Title (English)　:Temperature dependence of electronic structure of dopant in p-type β-Ga2O3 grown by PLD method

利用者名（日本語）　　:唐　佳藝[1)], 吉越章隆[2)], 三木　一司[1)], 西端 龍太郎[1)], 嶋津 亮[1)], 宮本 将伸[1)], 宮脇 涼太[1)], Seo Okkyun[3)]

Username (English)　　: Jiayi Tang[1)], Akitaka Yoshigoe[2)], Kazushi Miki[1)], Ryutaro Nishibata[1)], Ryo Shimazu[1)], Masanobu Miyamoto[1)], Ryota Miyawaki[1)], Seo Okyyun[3)]

所属名（日本語）　　:1) 兵庫県立大学工学研究科, 2) 日本原子力研究開発機構, 3) 国立研究開発法人物質・材料研究機構

Affiliation (English)　　:1) Univeristy of Hyogo, 2) Japan Atomic Energy Agency, 3) National Institue for Material Science

キーワード：

1. 概要（Summary ）

最近の研究では、β型酸化ガリウム（β-Ga_2O_3）のドーパント濃度が熱アニール雰囲気の影響を強く受けることが報告されている[1,2]。ドーパント濃度を精密的に制御するためには、β-Ga_2O_3 における電気伝導の起源、電気的輸送機構、アニール中に生じるドーパント濃度変動の原因の解明は重要な課題である。また、β-Ga_2O_3 結晶内の局所的なドーパント原子構造や電子構造の物性と電気特性の関係を解明し、それに基づいて制御することが重要である。本研究ではドーパントの局所原子構造や局所電子構造に着目し、電気的輸送機構を統合的に理解し、結晶品質および電気的特性を完全制御することを目的とする。

2. 実験（目的,方法）（Experimental）

本実験では、高輝度放射光を用いた X 線光電子分光法を利用し、β-Ga_2O_3 薄膜中の p 型のドーパントの局所的な原子構造や電子構造を調べる。β-Ga_2O_3 構造中のドーパント濃度は１％であり、通常の X 線源では信号は検出限界以下であり、SPring-8 高輝度シンクロトロン放射光を利用し、BL23SU 表面化学実験ステーションでの高分解能 X 線光電子分光を用いて、表面からバルクまでのドーパント原子構造、電子状態、酸素空孔構造を検出する。測定は、超高真空下（10^{-8}～10^{-9} Pa）のもと、入射エネルギーを 1500eV で Ga 2p の測定を行い、エネルギーを 750eV で O 1s、Ga 3p、Ga 3d の測定を行った。

3. 結果と考察（Results and Discussion）

Zn ドープの酸化ガリウムの O 1s スペクトルを図１に示す。結合エネルギーが 530eV 付近は Ga-O、532eV 付近は酸素欠陥の成分を存在する。アニール温度の上昇によって、酸素欠陥が増加して、800℃でまた減少することが分かった。図 2 は Zn ドープの酸化ガリウムの Ga3d スペクトルの温度依存を示している。結合エネルギーが 19.6eV 付近は Ga-O、18.2eV 付近は Ga-Ga の成分をピーク分離で発見した。アニールより Ga－Ga 成分が多く存在することが分かった。それは酸素欠陥が大きく生成することを考えている。また、Ga3d 結果と O1s 結果が一致していることが分かった。

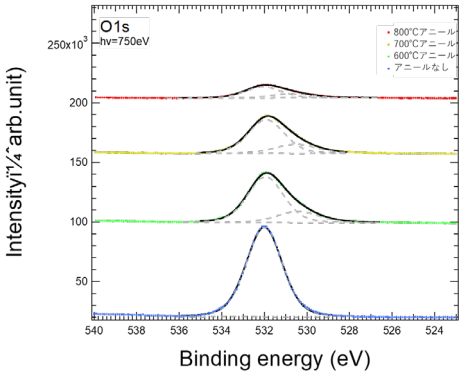

図１　O 1s スペクトル

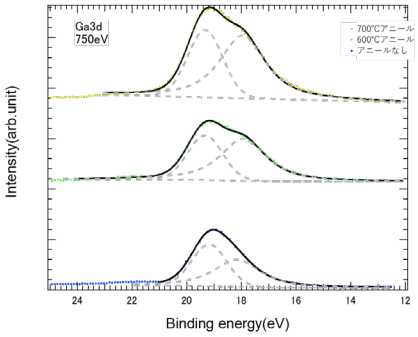

図２　Ga 3d スペクトル

4. その他・特記事項（Others）

[1] A. Kuramata *et al.* 2016 *Jpn. J. Appl. Phys.* **55** 1202A2.

[2] Z. Galazka *et al.* 2014 *J. Crystal. Growth.* **404** 184.