

課題番号 : 2021A-E21  
 利用課題名 (日本語) : n型酸化ガリウムのドーパント局所原子構造のアニール条件依存性  
 Program Title (English) : Local atomic structure of n-type dopant in gallium oxide depending on annealing condition  
 利用者名(日本語) : 唐 佳藝<sup>1)</sup>, 吉田 大輝<sup>1)</sup>, 角 拓樹<sup>1)</sup>, 岡崎 真也<sup>1)</sup>, 吉越章隆<sup>2)</sup>, Okkyun Seo<sup>3)</sup>, 三木 一司<sup>1)</sup>  
 Username (English) : Jiayi Tang<sup>1)</sup>, Daiki Yoshida<sup>1)</sup>, Hiroki Kado<sup>1)</sup>, Shinya Okasaki<sup>1)</sup>, Akitaka Yoshigoe<sup>2)</sup>, Okkyun Seo<sup>3)</sup>, Kazushi Miki<sup>1)</sup>,  
 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) 高輝度光科学研究センター  
 Affiliation (English) : 1) University of Hyogo, 2) Japan Atomic Energy Agency, 3) Japan Synchrotron Radiation Research Institute

キーワード: 光電子分光, 酸化ガリウム, 原子構造

### 1. 概要 (Summary)

最近、4.5~4.9 eVの広いバンドギャップを有するβ型酸化ガリウム(β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)は高耐圧、高出力、低損失(高効率)で、n型不純物のドーピングによって広い範囲で電子濃度の制御が可能になった。最近の研究では、β型酸化ガリウム(β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)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<sub>2</sub>O<sub>3</sub>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<sub>2</sub>O<sub>3</sub>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<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜中のイリジウムIr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<sub>2</sub>O<sub>3</sub>構造中のIr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<sup>-8</sup>~10<sup>-9</sup>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, Ir 4fの測定を行った。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Irドーパントの酸化ガリウムのO 1sスペクトルを図1に示している。結合エネルギーが531eV付近のピークがGa-O結合と考えられる。薄膜成長温度が550℃まで上昇することによって、Ga-Oピークが高結合エネルギー側にシフトすることが分かった。図2はIrドーパントの

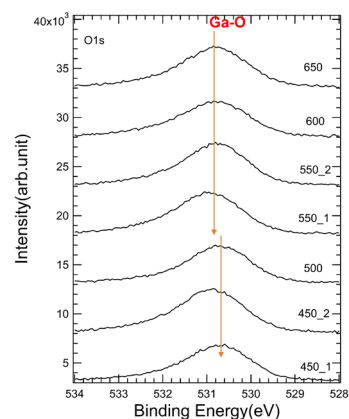


図1 成長温度依存のO 1s スペクトル

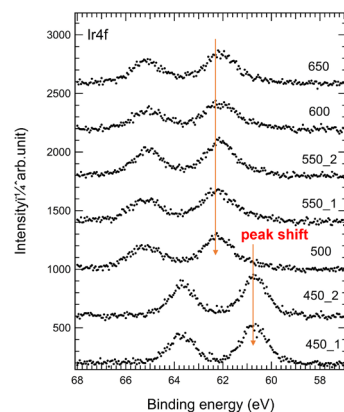


図2 成長温度依存のIr 4f スペクトル

酸化ガリウムのIr 4fスペクトルを示している。温度は500℃でIr 4fスペクトルが高結合エネルギー側に大きくシフトすることが見られた。それはドーパント原子構造が変化すると考えられる。

### 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.