

(様式第5号)

希土類元素ドーパ酸化ガリウムの局所構造に関する研究
A study on local structure of rare earth elements doped gallium oxide

郭其新、西萩一夫*、陳政委、齋藤勝彦

Qixin GUO, Kazuo NISHIHAGI*, Zhengwei CHEN, Katsuhiko SAITO

佐賀大学シンクロトロン光応用研究センター、株式会社テクノエックス*
Saga University Synchrotron Light Application Center, Techno-X Co.,Ltd.*

1. 概要

X線及びガンマ線検出器用の新しい材料として注目を集めているEuドーパ Ga_2O_3 薄膜のEu L_{III} 吸収端XAFS測定を行った。Eu²⁺及びEu³⁺に関連するピークの強度が基板温度の上昇に伴い、Euドーパ Ga_2O_3 薄膜のEuが二価と三価が混在したものから三価のみへ変化していることが分かった。この結果はXRD及びRHEEDのデータと一致しており、XAFS測定法がEuドーパ Ga_2O_3 薄膜の成長メカニズム等を解明することに有効であることが明らかになった。

(English)

We have investigated the electronic structure of Eu doped gallium oxide films by performing x-ray absorption fine structure (XAFS) spectroscopy at Eu L_{III} -edge. It was found that the peak intensities related with Eu²⁺ and Eu³⁺ strongly depend on the substrate temperature during the film growth, which has reasonable agreement with the XRD and RHEED data. The results revealed that the experimental XAFS is a powerful tool for systematic analysis of the growth mechanism of Eu doped gallium oxide films.

2. 背景と目的

X線及びガンマ線用の検出器としては、NaI, BGO, BaF₂などの材料によるシンチレーションを利用したシンチレーションカウンターが広く用いられている。この内、最も汎用的に用いられているのがNaIであるがその潮解性が問題になっている。また、検出器の最も重要な性能としてのエネルギー分解能はシンチレータの発光量に依存している。また室温で動作させるためには、エネルギーギャップが大きいことも重要である。因みに、SiやGeなどを用いた半導体検出器では液体窒素で冷却する必要がある。これらの課題を克服するために、それらに代わる材料として、希土類元素Euをドーパした Ga_2O_3 が注目されている。我々はパルスレーザー堆積法を用いて、Euドーパの Ga_2O_3 をターゲットとし、(0001)- α - Al_2O_3 基板上に Ga_2O_3 薄膜を作製し、膜の発光特性等について報告した[1]。しかし、薄膜の成長メカニズムなど、構造的にも未知な部分が多く、殆ど解明されていないのが現状である。そこで、本研究では、異なった基板温度で成長されたEuドーパ Ga_2O_3 薄膜のEu L_{III} 吸収端のX線吸収微細構造(X-ray Absorption Fine Structure: XAFS)測定を行うことにより、原子間距離、配位数等の成長条件依存性を明らかにし、薄膜の成長メカニズム等を解明することを目的としている。

3. 実験内容(試料、実験方法、解析方法の説明)

Euドーパ Ga_2O_3 薄膜の成長はパルスレーザー堆積法を用いた。成長室内の到達真空度は 10^{-5} Paであった。基板は α - Al_2O_3 (0001)を使用した。酸素導入下(0.1Pa)でKrFエキシマレーザーをターゲットに入射

し、物質を基板まで飛ばし基板上に堆積させた。ターゲット中のEu成分を3wt.%一定とし、基板温度は室温と200°C~600°Cまでの5点で変化させた。Eu L_{III} 吸収端XAFSの測定については、蛍光法にて実施した。

4. 実験結果と考察

Figure 1 に各基板温度で作製した Eu ドープ Ga₂O₃ 薄膜の X 線回折(XRD)パターン及び反射高エネルギー電子線回折(RHEED)像を示す。結晶構造及び結晶性が成長時の基板温度に強く依存することが分かった。Figure 2 に Eu L_{III} の XAFS スペクトルを示す。Eu²⁺ (ピーク A) 及び Eu³⁺ (ピーク B) に関連するピークの強さが基板温度と共に変化し、Eu ドープ Ga₂O₃ 薄膜の Eu が二価と三価が混在したもののから三価のみへ変化していることを示唆している。この結果は XRD 及び RHEED のデータと一致しており、XAFS 測定法が Eu ドープ Ga₂O₃ 薄膜の成長メカニズム等を解明することに有効であることが明らかになった。

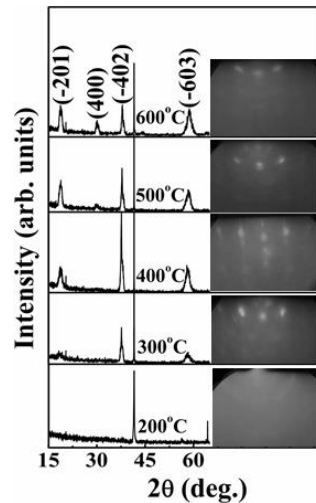


Figure 1 XRD patterns and RHEED images of Eu doped Ga₂O₃ films deposited on (0001) sapphire substrates with various substrate temperatures.

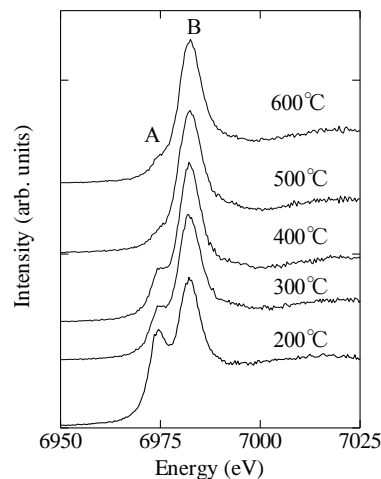


Figure 2 Experimental Eu L_{III} edge XAFS spectra of Eu doped Ga₂O₃ films deposited on (0001) sapphire substrates with various substrate temperatures.

5. 今後の課題

Eu ドープ Ga₂O₃ 薄膜の構造特性において Eu L_{III} 吸収端の XAFS 評価の有用性は確認できたが、原子間距離、配位数等の定量化は、さらに実験を行い、確かめていくことが必要である。

6. 参考文献

- [1] Z. Chen, K. Saito, T. Tanaka, M. Nishio, M. Arita, and Q.X. Guo, Journal of Crystal Growth 430 (2015) 28-33.

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)

一部の成果については、論文としての投稿を予定している。

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)

化合物半導体, Ga₂O₃, XAFS

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(2015年度実施課題は2017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: 2017 年 8 月) |
| ② 研究成果公報の原稿提出 | (提出時期: 年 月) |