



## Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> およびドーブ Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の精密構造解析

大矢 豊  
岐阜大学工学部

キーワード：酸化ガリウム，スズドーブ，リートベルト解析

### 1. 背景と研究目的

酸化ガリウムは単斜晶系に属し次世代のパワーデバイス用酸化物半導体として研究・実用化されている。我々は酸化ガリウムに種々のカチオンを添加し、さらに低酸素分圧下での高温電気伝導を測定している。通常、酸化インジウムのようなIII価カチオンのn型半導体には酸化スズのようなIV価カチオンをドーブすることでキャリア濃度が増加して電導度が大きくなること、さらにn型酸化物半導体では高温では酸素分圧を低くすると一定の割合で電導度が大きくなること測定されている<sup>[1,2]</sup>。しかしながら我々の実験では酸化ガリウムにIV価カチオンであるチタニアや酸化スズをドーブした試料では予想される結果が得られていない。そこでドーブしたカチオンがどの様に存在しているかを精密に解析した。併せて長時間低酸素分圧・高温で熱処理した場合についても変化が観測できるかを検討した。

### 2. 実験内容

純度 99.999%及び 99.99%の酸化ガリウム粉末を成形し大気中で焼成した。種々の金属酸化物をドーブした粉末も同様に成形焼成した。無ドーブ試料については800及び900°Cで酸素分圧 10<sup>-16</sup> atm 条件下、2週間保持した試料も作成した。これらを粉砕し内径 0.3 mm のリンデマンガラスキャピラリーに充填し、波長 0.7 Åで測定した。波長の較正には CeO<sub>2</sub> 測定データを利用した。解析には Rietan を用いた。

### 3. 結果および考察

各試料中の結晶相は酸化スズを 1.3%添加した試料に焼成後も酸化スズが存在しており、その比は約 1.2%でほぼ固溶していないことが分かった。チタニアを 10%添加した試料ではルチル相が確認され、3-4%固溶しているという計算結果となった。酸化インジウムを 2.6%添加試料ではインジウム酸化物の存在は確認できず固溶していることが分かった。測定試料の格子定数は、酸化インジウムを添加した試料のみが有意に格子定数、単位胞体積共に大きくなっており、酸化物イオンの6配位席に固溶していることがイオン間距離の測定・計算より明らかになった。その他の試料においては各イオンの座標に大きな変化は認められなかった。また、低酸素分圧下で長時間熱処理した試料の格子定数、イオン位置については大気中焼成試料と有意な差は無かった。

酸化スズは酸化ガリウムのキャリア濃度を大きくするために利用されており、固溶する条件の検討とそれによる電気伝導度の酸素分圧依存性の変化を検討すること、またチタニアは 3-4%固溶することが分かったが電気伝導度との関連や固溶している状態などさらに検討することが必要である。酸化物半導体の原子価制御の考え方では、ガリウムイオンと同じ酸化数のインジウムイオンを固溶させてもキャリア濃度の変化はないはずであり、酸化インジウムの添加で電気伝導度が大きくなるという我々の測定結果を説明することはできない。また原子価制御の考え方ではチタニアをドーブするとキャリア濃度の増加が予想されるが、電気伝導度の測定からはほとんど増加していないことが分かり、固溶したチタンイオンの環境を検討する必要がある。

### 4. 参考文献

1. Ohya .et. al., J. Am. Ceram. Soc., 91 [1] 240-245 (2008). DOI: 10.1111/j.1551-2916.2007.02031.x
2. Ohya, et. al., J. Ceram. Soc. Jpn., 129 [5] 254-260 (2021). DOI: 10.2109/jcersj2.21019