

Ga₂O₃ ナノワイヤーの比較的低温熱処理における結晶構造の変化

横浜国大院理工 °(M2)廣田 奎史郎, 向井 剛輝

Crystal structure changes during relatively low temperature heat treatment of Ga₂O₃ nanowire

Graduate School of Engineering Science, Yokohama National Univ. °K. Hirota, K. Mukai

E-mail: mukai-kohki-cv@ynu.ac.jp

【はじめに】酸化ガリウム(Ga₂O₃)は近年、ワイドギャップ半導体として、パワーデバイスやフォトダイオード等への応用研究が盛んに行われている。Ga₂O₃の作製には一般的に高温・真空の装置が必要になるが、我々は化学合成法による簡便な ϵ -Ga₂O₃ナノワイヤーの作製技術を報告してきた^[1]。ナノワイヤーが持つ大きな比表面積とキャリア運動方向の1次元制限は、高速な電界効果トランジスタや高効率な光センサーなどのデバイスに有効である。 ϵ -Ga₂O₃は一般的に900°C程度の高温で β -Ga₂O₃へ相転移することが知られている^[2,3]。本研究では、 ϵ -Ga₂O₃ナノワイヤーが、比較的低温での熱処理によって β -Ga₂O₃へ相転移することを見出したので報告する。

【実験】Ga₂O₃ナノワイヤーを化学合成した手順は次の通り。まずGaCl₃ 2.64 gを2-ブタノール37.15 mLに溶解させた溶液に、HClを添加しない、もしくはHClを0.39 mol/L添加した脱イオン水2.94 mLを滴下・混合し、70°Cで23時間加熱した後、室温で3日静置し反応を完了させた。形成した白色沈殿物を、エタノールによって遠心分離を用いて洗浄した。白色沈殿物を100~900°Cの温度範囲で空気下で1時間熱処理した。

白色沈殿物を、走査型電子顕微鏡(SEM)、透過型電子顕微鏡(TEM)、X線回折(XRD)、示差熱・熱重量測定(TG-DTA)を用いて評価した。

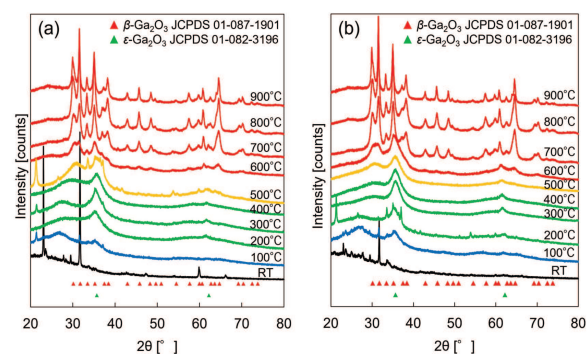


Fig. 1 Heat treatment temperature dependence of XRD patterns of Ga₂O₃ nanowires synthesized (a) without HCl, and (b) with 0.39 mol/L HCl.

【結果】TEM 観察によって、ナノワイヤーが形成されていることを確認した。SEM 観察により、

それらナノワイヤーがワイヤー束を構成していることを確認した。

ナノワイヤーのXRD測定結果を比較した(Fig. 1)。200°Cまでの熱処理によって、 ϵ -Ga₂O₃が形成したと考えられる。500°C前後で回折ピーク位置が明瞭に変化した。より高温での回折ピークの位置は、 β -Ga₂O₃のものと一致している。すなわち、熱処理温度が500°Cを越えると結晶構造の変化が開始し、600°C以上では β -Ga₂O₃への相転移が完了したことが示唆された。

TG-DTA測定を、最高温度1100°C、昇温速度5°C/minで行なった(Fig. 2)。室温~140°C、250~600°C (no HCl)、250~670°C (HCl 0.39 mol/L)に、DTAカーブの吸熱ピークが見られた。また、TGAの値は、室温~500°Cで減少したのち、500°C以上で安定した。これらの結果は、加熱開始から140°Cまでに脱水等の中間反応を起こしながら結晶構造が ϵ -Ga₂O₃に変化すること、及び250~600°C (no HCl)、250~670°C (HCl 0.39 mol/L)で中間反応と β -Ga₂O₃への相転移が連続的に起こっていることを示唆している。 ϵ -Ga₂O₃ナノワイヤーはバルクや薄膜より200°C程度低い温度で相転移することが示唆された。

Ga₂O₃ナノワイヤーの各熱処理温度でのTEM観察結果、及び制限視野電子回折(SAED)の測定結果は、口頭にて発表する。

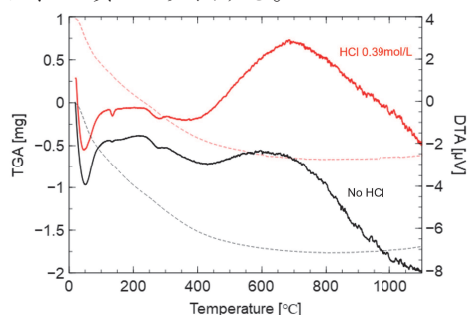


Fig. 2 TG-DTA curves of Ga₂O₃ nanowires.

【参考文献】

- [1] K. Mukai et al., Jpn. J. Appl. Phys. 58, SBBK05 (2019) 他.
- [2] H. Y. Playford et al., Chem. Eur. J. 19, 2803-2813 (2013).
- [3] R. Fornari et al., Acta Materialia 140, 411-416 (2017).