

Ga₂O₃ ナノワイヤーの化学合成技術の開発

横浜国大院理工 °(M1)廣田 奎史郎, 向井 剛輝

Development of Chemical Synthesis of Ga₂O₃ nanowires

Graduate School of Engineering Science, Yokohama National Univ.

°K. Hirota, K. Mukai

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

【はじめに】近年酸化ガリウム(Ga₂O₃)は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Ga₂O₃ ナノワイヤーの作製技術を検討している^[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。本研究では、Ga₂O₃ ナノワイヤーの化学合成過程を詳細に検討すると共に、HClを合成中に添加することで長繊維化するナノワイヤーの変化を評価した。

【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 2.64gを2-ブタノール 37.15mLに溶解させた溶液に脱イオン水 2.94mL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、遠心分離を用いてエタノールによって洗浄し、200°Cで加熱乾燥した。

また上記の合成工程のうち、脱イオン水にHClを0.013~5.2mol/L混合して、Ga₂O₃ ナノワイヤーを合成した。

【結果】形成した白色沈殿物をFE-SEM観察し、ナノワイヤーが凝集し束になっている様子を確認した。TEM観察により、それらが単一のナノワイヤーで構成されていることを確認した。

脱イオン水の滴下・混合時、白色沈殿物の生成が目視で観察された。脱イオン水滴下時に加水分解反応が開始すると考えられる。

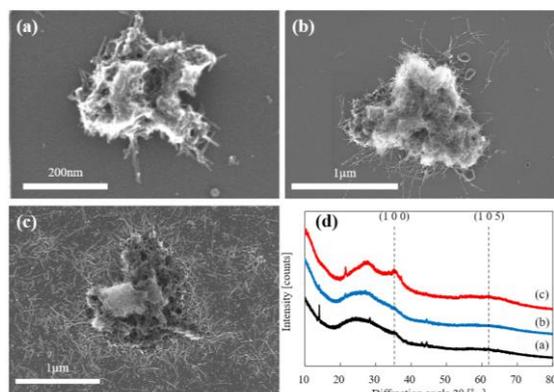


Fig.1 FE-SEM images of Ga₂O₃ nanowires after (a)2 hours (b)23 hours heating at 70°C, and (c)after aging for 3days. (d)XRD patterns of (a) ~ (c).

70°C加熱中に生成している白色沈殿物を、加熱開始から2~23時間経過時に取り出し、200°Cで

加熱乾燥させた試料をFE-SEMで観察した(Fig. 1(a), 1(b))。その結果、70°C加熱時間が長いほどナノワイヤー束が長く成長することを確認した。XRD測定の結果、ナノワイヤー束がε-Ga₂O₃であることを確認した(Fig.1(d))。

3日静置後の白色沈殿物を200°Cで加熱乾燥させ、FE-SEMで観察した(Fig.1(c))。静置中にはナノワイヤー束の目立った形状変化が起きないことを確認した。しかしXRD測定では、静置前に比べて明瞭なε-Ga₂O₃のピークが出現した(Fig. 1(d))。3日静置によって結晶性が向上すると考えられる。

3日静置後の白色沈殿物を室温で乾燥させた試料と200°Cで乾燥させた試料のXRD測定を行った結果、後者のみでε-Ga₂O₃のピークを確認した。結晶性の高いナノワイヤーの形成に、加熱乾燥が不可欠であることが判明した。

HClを添加して形成したナノワイヤー束をFE-SEMで観察した結果、0.13mol/L以上のHClを添加した場合にナノワイヤー束が迂曲することを確認した。また、TEM観察の結果、HCl添加量が増加するにつれて、ナノワイヤーの長さが0.25µmから3.0µmに増加し、幅が4.3nmから3.2nmに減少することを確認した。溶液中のCl⁻が長繊維化の原因だと考えられる^[2]。XRD測定で全ての試料がε-Ga₂O₃であることを確認した。

紫外可視近赤外分光光度計を用いて、HClを添加して形成したナノワイヤーの吸収波長測定を行い、Taucプロットによりバンドギャップを算出した(Fig.2)。HClの濃度が高いほどバンドギャップが増大することを確認した。量子サイズ効果の増強を示唆していると考えられる。

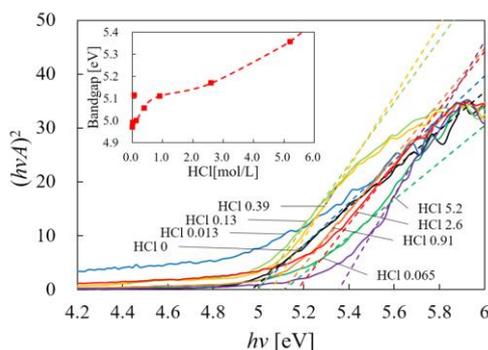


Fig.2 Tauc plot of Ga₂O₃ nanowires synthesized with various HCl concentration.

【参考文献】

- [1] K. Mukai et al., JJAP 58, SBBK05 (2019).
- [2] N. K. Chaudhari et al., J. Phys. Chem. C 112, 19957 (2008).