

化学合成による $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{:Cd}$ ナノ結晶の作製とバンドギャップ制御Preparation of $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{:Cd}$ nanocrystals by chemical synthesis and band gap control横浜国大院理工¹, 横浜国大院工², 横浜国大院環情³○船越拓哉¹, 築野晃², 大谷裕之³, 首藤健一^{1,2}, 向井剛輝^{1,2}Graduate School of Engineering Science¹, Graduate School of Engineering²,Graduate School of Environment and Information Sciences³, Yokohama National Univ.,○T. Funakoshi¹, A. Tsuno², H. Ohtani³, K. Shudo^{1,2}, K. Mukai^{1,2}

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

【はじめに】 Ga_2O_3 の最も重要な特徴はバンドギャップが広いことであり、その特徴を活用した高耐電圧の電子デバイスや短波長の光デバイスの研究が開始されている。デバイス作製では様々なバンドギャップをもつ材料を組み合わせる必要がある。我々はこれまで、常温常圧で Ga_2O_3 に Co を添加させ、バンドギャップを 5.6eV~4.6eV の範囲で制御することに成功した^[1]。本研究では、Co と同様に Ga_2O_3 のバンドギャップを制御できる元素として Cd を見出した。作製した $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{:Cd}$ ナノ結晶の物性評価の結果を報告する。

【実験】Cd は過去にスパッタリングによって Cd-Ga-O のバンドギャップが 4.6eV から 2.4eV へと制御された研究報告がある^[2]。また過去の我々の研究で使用した原料の CoCl_2 と CdCl_2 に化学的性質（潮解性など）に類似点があることから、Cd を選定した。

Cd を添加した Ga_2O_3 ナノ結晶を作製した。70℃で CdCl_2 を 2-ブタノールに完全に溶解させたこと以外は、 GaCl_3 に CoCl_2 を添加する場合と同様に行った^[1]。添加する CdCl_2 の量は溶解可能な最大限の範囲で調整した。透過型電子顕微鏡（TEM）で結晶形状を、X 線回折（XRD）で結晶構造の評価を行った。また紫外可視近赤外分光光度計により、バンドギャップの評価を行った。

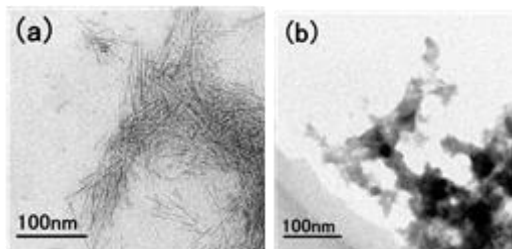


Fig. 1 TEM images of (a) Ga_2O_3 and (b) $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{:Cd}$ (molar ratio $\text{GaCl}_3\text{:CdCl}_2=9\text{:}1$) nanocrystals.

【結果】作製した結晶の TEM 像を Fig. 1 に示す。Cd を添加しない場合、 Ga_2O_3 は幅 4.1~5.0nm、長さ 70nm 以上の繊維状の結晶が凝集していることが確認された。Cd を添加した場合の Ga_2O_3 ナノ結晶の形状は膜状であり、同様に広い範囲で凝集していることが確認された。

XRD の結果から、作製した試料全てが ϵ 型の結晶であり、ピークの位置はほぼ同一であることがわかった。

バンドギャップは Tauc プロットにより算出した。その様子を Fig. 2 に示す。 $(h\nu\alpha)^{1/2}$ のうち、 h はプランク定数、 ν は振動数、 α は吸収係数である。6eV 付近に強いピーク、その低エネルギー側に弱いピークが、全てのサンプルについて現れた。弱いピークは、不純物準位によるものだと考え、図のように、強いピークに接線を引いて、x 軸との交点をバンドギャップとした。

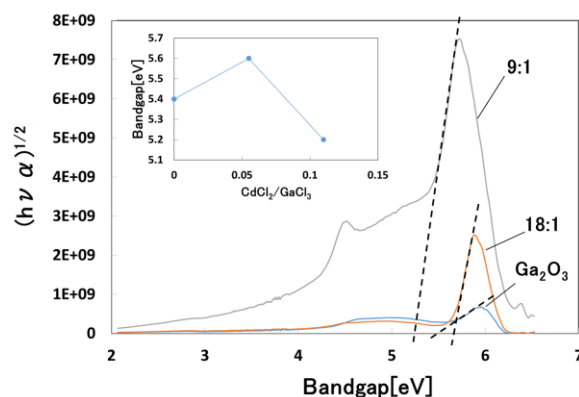


Fig. 2 Tauc plot of samples synthesized with various composition ratio. Inset shows the bandgap of the samples.

Cd を原料のモル比で $\text{GaCl}_3\text{:CdCl}_2=18\text{:}1$ まで添加すると、バンドギャップは 220meV 拡大した。更に、 $\text{GaCl}_3\text{:CdCl}_2=9\text{:}1$ まで添加すると、逆に 440meV 縮小した。添加量の増加と共にバンドギャップが拡大し、その後縮小する現象は、Co の場合と同様であるが、縮小に転じる原料比は Co の場合 ($\text{GaCl}_3\text{:CoCl}_2=1\text{:}2$) と大きく異なる結果となった。

【参考文献】

- [1] A. Tsuno et al., Ext. Abs. Int. Conf. SSDM p. 347-348 (2018)
- [2] H. Hosono et al., Appl. Phys. Lett. **106**, 082106 (2015).