

光ファイバ構造を有する $\text{GdAlO}_3:\text{Ce}^{3+}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 相分離シンチレータを用いた 高分解能 X 線イメージング

Phase-separated $\text{GdAlO}_3:\text{Ce}^{3+}-\text{Al}_2\text{O}_3$ scintillator for high-resolution X-ray imaging

キヤノン株式会社¹, 東北大金研² ○大橋 良太¹, 安居 伸浩¹, 田 透¹, 横田 有為², 吉川 彰²

Canon Inc.¹, IMR Tohoku Univ.², ○Yoshihiro Ohashi¹, Nobuhiro Yasui¹, Toru Den¹,

Yuui Yokota², Akira Yoshikawa²

E-mail: ohashi.yoshihiro@canon.co.jp

間接変換型 X 線イメージングでは、高分解能像を得る為にシンチレータからの発光を拡散させることなく受光素子に導くことが求められる。現在用いられている CsI:Tl の針状結晶膜では、針に沿って発光を導波することで拡がりを抑えているが、針同士の接合や結晶側面の不均一性などによる光散乱により、得られる分解能には限界があった。そこで新たに、側面が理想的な平滑面を有し、優れた光導波特性を示す構造として、一軸異方性を有するシリンダー相と、それを取り囲むマトリックス相との界面での光の全反射に基づく光導波特性を持たせた相分離シンチレータを検討し、マトリックス相がシンチレータとして機能する材料を見出してきた[1]。

本研究では、シリンダー相がシンチレータとして機能し、理想的な光ファイバ型の光伝播を示すような材料として $\text{GdAlO}_3(\text{GAP})-\text{Al}_2\text{O}_3$ 酸化物共晶材料系に着目し、一軸異方性構造を有する相分離シンチレータの作製と、それを用いた高分解能 X 線イメージングの実証を行った。 $\mu\text{-PD}$ 法を用いて共晶組成 $\text{Gd}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3(23:77\text{mol}\%)$ に Ce^{3+} を 0.5mol% 添加した試料を 0.9mm/min で育成し、 $2.3\text{mm}\times 2.3\text{mm}\times 1100\mu\text{m}$ 厚で切り出した(図 1)。光ファイバが束なったような構造であることから、試料直下の像は試料上面に投影されて見える。直径 680nm の GAP シリンダー($n=2.05$)が Al_2O_3 相($n=1.79$)に取り囲まれたような一軸異方性を有する構造となっており、入射した X 線はピーク波長 360nm の光に変換され、GAP シリンダー中に閉じ込められながら導波される。TEM による構造解析から GAP と Al_2O_3 は成長方向に $[001]\text{GAP} // [0001]\text{Al}_2\text{O}_3$ 、面内方向に $(200)\text{GAP} // (11\bar{2}0)\text{Al}_2\text{O}_3$ の配向関係があり、原子レベルの平滑界面を有していた。厚さの異なる試料($150\mu\text{m}$, $1100\mu\text{m}$ 厚)を用いて Pb ラインパターンの X 線イメージングを行ったところ、試料厚さに関わらず 10lp/mm を明瞭に解像できており、CTF 値は $150\mu\text{m}$ 厚で 65%、 $1100\mu\text{m}$ 厚で 46%であった(図 3)。得られた光ファイバ構造を有する相分離シンチレータは、光散乱による像ボケが抑えられた極めて高い空間分解能を有する X 線イメージングが可能であり、さらに 1mm 厚を超える試料においても分解能を維持できることが実証できた。

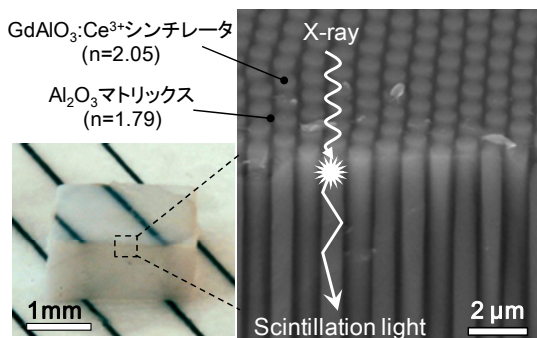


図 1: $\text{GdAlO}_3:\text{Ce}^{3+}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 相分離シンチレータ

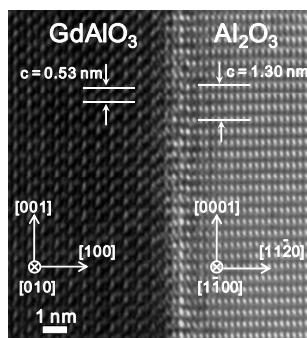


図 2: 高分解能 TEM 像

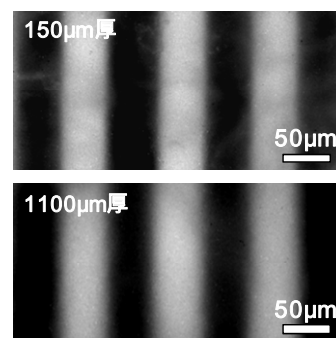


図 3: 10lp/mm 撮像結果

[1] N. Yasui, Y. Ohashi, T. Kobayashi, T. Den, Adv. Mater. 24, 5464 (2012).