

アニオンおよびカチオン置換 TiMgCl_3 結晶シンチレータの研究

Study of anion and cation-mixed TiMgCl_3 crystalline scintillators

東北大¹, 奈良先端大² ○荒井 美紀¹, 藤本 裕¹, 越水 正典¹, 中内 大介², 木村 大海²
柳田 健之², 浅井 圭介¹

Tohoku univ.¹, NAIST.², °Miki Arai¹, Yutaka Fujimoto¹, Masanori Koshimizu¹, Daisuke Nakauchi²,
Hiromi Kimura², Takayuki Yanagida², Keisuke Asai¹

E-mail: mikiarai0123@gmail.com

【緒言】シンチレータとは、放射線を受けて発光する物質のことである。シンチレータを用いた放射線検出器は医療からセキュリティに至る幅広い分野で多用されている。シンチレータに求められる条件として発光量および実効原子番号(Z_{eff})の高さがある。我々は、その Z_{eff} の高さから $\text{TiCl}-\text{ACl}_2$ (A: 2 価のカチオン) に着目して研究を進め、 TiMgCl_3 結晶の優れたシンチレーション特性を見出した[1]。今回 TiMgCl_3 結晶の更なるシンチレーション特性の向上を企図したアニオンおよびカチオン置換を試み、 $\text{TiMg}(\text{Cl}_{1-x}\text{Br}_x)_3$, $(\text{Ti}_{1-x}\text{Cs}_x)\text{MgCl}_3$, および $(\text{Ti}_{1-x}\text{K}_x)\text{MgCl}_3$ 結晶を作製して、そのシンチレーション特性を測定した。

【実験】 TiCl と MgCl_2 を 1:1 で混ぜ合わせ、さらに TiBr , CsCl , および KCl を 0.5 mol% で添加し、単純固化法で結晶を作製した。これを試料として X 線励起ラジオルミネセンス(XRL)スペクトルおよびパルス波高分布を測定した。

【結果と考察】図 1 に $\text{TiMg}(\text{Cl}_{0.995}\text{Br}_{0.005})_3$, $(\text{Ti}_{0.995}\text{Cs}_{0.005})\text{MgCl}_3$, $(\text{Ti}_{0.995}\text{K}_{0.005})\text{MgCl}_3$, および TiMgCl_3 の XRL スペクトルを示す。全ての結晶で同一波長に発光ピークが見られる。これにより、アニオンおよびカチオン置換 TiMgCl_3 結晶は TiMgCl_3 結晶と同様の機構で発光することが示唆される。図 2 に、 $\text{TiMg}(\text{Cl}_{0.995}\text{Br}_{0.005})_3$, $(\text{Ti}_{0.995}\text{Cs}_{0.005})\text{MgCl}_3$, $(\text{Ti}_{0.995}\text{K}_{0.005})\text{MgCl}_3$, および TiMgCl_3 の ^{137}Cs - γ 線に対する波高スペクトルを、比較としての GSO (発光量:

10,000 photons/MeV) での測定結果とともに示す。光電子増倍管の量子効率を考慮した補正を施して得た $\text{TiMg}(\text{Cl}_{0.995}\text{Br}_{0.005})_3$ および $(\text{Ti}_{0.995}\text{Cs}_{0.005})\text{MgCl}_3$ 結晶の発光量はそれぞれ、59,000 および 55,000 photons/MeV であり、アニオンおよびカチオン置換による発光量の増大が示された。

[1] Fujimoto, Y et al., Jpn. J. Appl. Phys. 55 (2016) 090301.

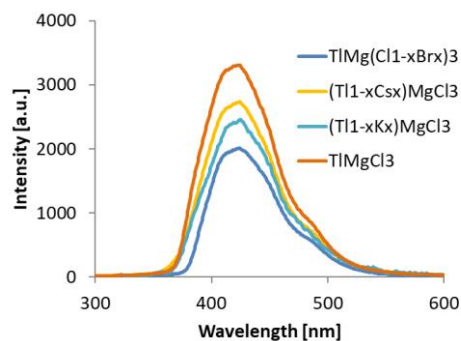


図 1. XRL スペクトル.

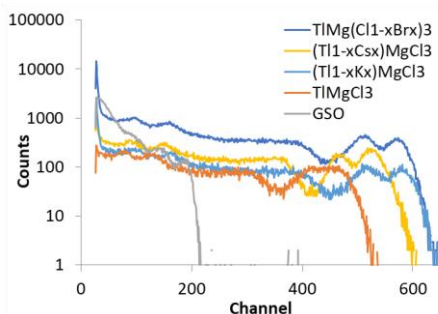


図 2. ^{137}Cs - γ 線に対する波高スペクトル.

サンプル	発光量 [photons/MeV]
GSO	10,000
TiMgCl_3	42,000
$\text{TiMg}(\text{Cl}_{1-x}\text{Br}_x)_3$	59,000
$(\text{Ti}_{1-x}\text{Cs}_x)\text{MgCl}_3$	49,000
$(\text{Ti}_{1-x}\text{K}_x)\text{MgCl}_3$	55,000

図 3. 各サンプルの発光量.