

X線, 粒子線, および熱中性子照射による $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5:\text{Dy}$ 焼結体の熱蛍光特性

X-ray-, particle-beam-, and thermal-neutron-induced thermoluminescence properties of $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5:\text{Dy}$ ceramics

東北大院工¹, 金沢工大², 量研機構³, 近大原研⁴, [○](M1)小宮 基¹, 河村 一郎¹, 川本 弘樹¹,
藤本 裕¹, 越水 正典¹, 岡田 豪², 古場 裕介³, 若林 源一郎⁴, 浅井 圭介¹

Tohoku Univ.¹, KIT,² QST³, Kindai Univ.⁴, [○]Hajime Komiya¹, Ichiro Kawamura¹, Hiroki Kawamoto¹,
Yutaka Fujimoto¹, Masanori Koshimizu¹, Go Okada², Yusuke Koba³, Genichiro Wakabayashi⁴,
Keisuke Asai¹

E-mail: hajime.komiya.s4@dc.tohoku.ac.jp

【背景】中性子は現在, 産業, 科学, および医療などの多様な分野で利用されている。中性子使用環境では, 発生する中性子による被ばく線量の正確な管理が重要である。しかし, 現在中性子の線量評価に用いられている飛跡検出器には, 定量性の観点から課題がある。そこで我々は, 現在 X 線・ γ 線計測に適用され定量性に優れた熱蛍光線量計 (TLD) の中性子計測への応用を企図した。中性子用 TLD の性能要件として, 中性子と高確率で核反応を生じることや, 軽元素で構成されること等が挙げられる。これらを満たすホウ酸塩化合物は, 候補材料として有望であると考えられる。本研究では, $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5$ に発光中心として Dy^{3+} を微量添加した焼結体を作製し, X 線, 粒子線, および熱中性子照射後の熱蛍光 (TL) 特性を評価した。

【実験方法】 ^{10}B 濃縮 (95%) H_3BO_3 または ^{11}B 濃縮 (99%) H_3BO_3 , CaCO_3 , および Dy_2O_3 の粉末を量論比で混合し, 電気炉内 (850°C) で加熱した後さらに混合し, タブレット型に成型後, 再び電気炉内 (850°C) で焼成して ^{10}B 濃縮および ^{11}B 濃縮の 2 試料を得た。この両者について, X 線, He イオン, および熱中性子照射後の TL 特性を調べた。TL 強度測定には, フォトンカウンティングヘッド (H11890, Hamamatsu) を使用した。

【結果・考察】Fig. 1に, X線およびHeイオン照射後のTLグローカーブを示す。いずれのホウ素濃縮試料においても, X線照射では, 380, 410, 460, 560, および650 K付近に, Heイオン照射では, 350, 435, 490, 590, および670 K付近に, それぞれピークが検出された。また, 各線種における両試料のグローカーブの形状は一致していた。よって, 当該試料においては, 中性子線源由来の γ 線照射並びに $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha)^7\text{Li}$ 反応由来の α 線および γ 線照射によりTLが誘起され, その感度は同程度であることが示唆される。

Fig. 2に, 熱中性子照射後のTLグローカーブを示す。いずれのホウ素濃縮試料においても, 350 K付近にピークが検出された。また, 300–500 Kにおける ^{10}B のTL強度の積分値は, ^{11}B のその約2.5倍であった。 ^{10}B におけるTL強度の増感は, $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha)^7\text{Li}$ 反応に由来するものと考えられる。

Fig. 3に, 中性子フルエンスに対する, 300–500 Kでの $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha)^7\text{Li}$ 反応由来のTL強度の積分値を示す。 3.0×10^5 – 1.0×10^8 n/cm^2 の範囲での直線性は, 中性子用TLDとしての応用可能性を示すものである。

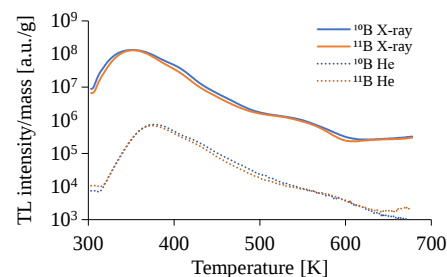


Fig. 1 Thermoluminescence glow curves of $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5:\text{Dy}$ (4 mol%) ceramics after X-ray (10 Gy) and He ion (10 Gy) irradiation.

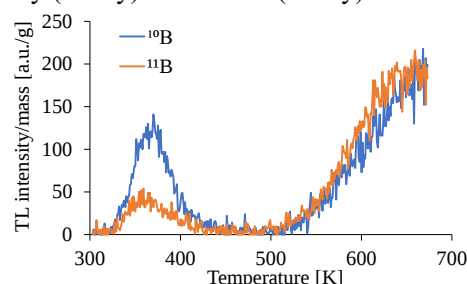


Fig. 2 Thermoluminescence glow curves of $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5:\text{Dy}$ (4 mol%) ceramics after thermal neutron (1.0×10^7 n/cm^2) irradiation.

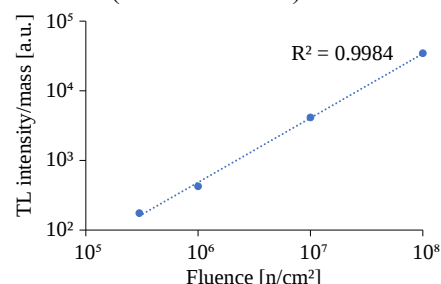


Fig. 3 Neutron fluence vs. Thermoluminescence intensity of $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5:\text{Dy}$ (4 mol%) ceramics.