

集束陽子マイクロビームによる銀, ユーロピウム共添加

リン酸塩ガラス線量計の蛍光飛跡検出器としての応答評価

Characterization of fluorescent nuclear track detector based on phosphate glass with silver and europium activator by focused proton microbeam

群馬大理工¹, 量研機構² °加田 渉¹, (M2)佐々木 愛加¹, (B4)織茂 颯汰¹, (M2)小菅 臨¹,
秋山 駿¹, 木村 成孝¹, 飯塚 和也¹, 赤上 友基¹, 山田 尚人², 佐藤 隆博²,
花泉 修¹, 石井 保行²

Gunma Univ.¹, QST-TARRI², °Wataru Kada¹, Aika Sasaki¹, Sota Orimo¹, Nozomu Kosuge¹,
Shun Akiyama¹, Shigetaka Kimura¹, Kazuya Iiduka¹, Yuki Akagami¹, Naoto Yamada²,
Takahiro Satoh², Osamu Hanaizumi¹, and Yasuyuki Isihii²

E-mail: kada.wataru@gunma-u.ac.jp

【研究背景】MeV 級集束イオンビームを用いる Proton/Particle Beam Writing (PBW)は、高分子材料を用いた光導波路などの光デバイス形成[1,2]や、ワイドバンドギャップ半導体内部への欠陥エンジニアリング[3,4]など様々な材料への微細加工に応用されている。未知の材料を対象として、より迅速に照射技術を展開するためには、最適な照射条件の把握が必要であり、照射領域の精密な状況記録と、照射下での逐次的評価が必要である。本目的において、固体飛跡検出器(Solid-state Nuclear Track Detector: SNTD)が利用されており、さらに近年、繰り返し読出しが可能な蛍光飛跡検出器(Fluorescent Nuclear Track Detector: FNTD)が開発されている。我々はFNTDの一種として、Radio-photoluminescence (RPL) リン酸塩ガラスを検討している。一般的に RPL 線量計では、即時発光は生じにくく、同材料を用いたその場評価は実現していない。他方、リン酸塩ガラス材料に添加する元素の変更と多重化により、リン酸塩ガラスの欠点を補い、即発的な応答の付与が可能である。本研究では、銀に加えてユーロピウムを添加したリン酸塩ガラスにより、簡便な PBW 微細加工のその場観察と、照射後パターンの可視化を可能とする新たなデバイスの実現を目指した。

【実験手法】アルミナ製坩堝内においてメタリン酸ナトリウム (NaPO_3)、メタリン酸アルミニウム ($\text{Al}(\text{PO}_3)_3$)に活性中心として銀(Ag)ならびにユーロピウム(Eu)を共添加し、1000°Cで1時間熔融した後、高速急冷法を用いて銀,ユーロピウム共添加リン酸塩ガラス(PG:Eu,Ag)を形成した。製作された PG:Eu,Ag について量研機構高崎研 3MV シングルエンド加速器軽イオンマイクロビームラインにおいて、PBW 照射を施した。照射後に、銀活性中心由来の蛍光について、励起光源波長 365-375 nm を備えた簡便なモジュラー式顕微鏡(Olympus IX71)で観察した。

【結果と考察】

3 MeV の集束陽子線照射下における照射位置の簡便な確認の例を Fig. 1 に示す。連続的な照射位置の変更により、リアルタイムの照射位置以外からは蛍光が消え、シンチレーションによる照射位置が評価可能であった。照射後、紫外線照射下で PBW 照射パターンの観察も可能であった。約 1 μm 程度の空間分解能を持つパターンについて、RPL パターンとしてはっきりと観察された。

当該ガラスは照射時に発光を通じて照射位置が確認できる材料であり、今後ガラス組成や観察手法の集積化を図ることで、簡便にビーム照射領域を高精度に評価できる体系の構築が期待される。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 (JP21K12522, JP22H02009) の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] W. Kada et al., *Nucl. Instr. and Meth. Sec. B*, **348**, pp.218-222, (2015).
- [2] R. K. Parajuli et al., *Jpn. Appl. Phys.* **55**, p. 06GD01, (2016).
- [3] H. Kraus et al., *Nano Letters*, **17**(5), pp. 2865-2870(2016).
- [4] M. Haruyama et al., *Key Eng. Mat.*, **790**, pp. 48-54, (2018).

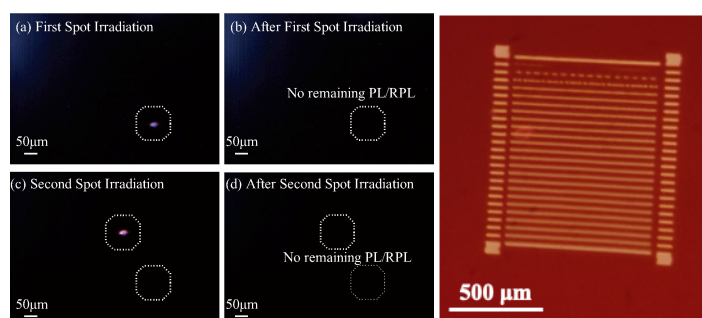


Fig. 1 (left)Real time observation of irradiation spot of 3 MeV proton microbeam by PG:Eu,Ag. (a) during first irradiation, (b) after first irradiation (c) during second irradiation, and (d) after second irradiation (right) Post irradiation observation of microbeam pattern recorded in PG:Eu,Ag FNTD.