

新規フッ化物中性子シンチレーター を用いた中性子検出実験

利用者 河口範明¹、福田健太郎¹、吉川彰²、柳田健之²、藤本裕²、戸塚大輔³、渡辺賢⁴
所属 ¹(株)トクヤマ、²東北大学、³日本結晶光学(株)、⁴名古屋大学

1. はじめに

2001年頃から、熱中性子検出に用いる³Heガスは需給のアンバランスに伴う枯渇が問題視されており、³He型熱中性子検出器の代替となるシンチレーター検出器の開発が望まれている。本プログラムでは、近年開発された国産中性子シンチレーター中性子検出器の材料であるEu添加⁶LiCaAlF₆単結晶の応用試験として中性子透過像の撮像を行った。

2. 実験目的

³Heガスの代替候補となる国産の新規中性子シンチレーターとして、生産性に優れ、直径4インチ以上の大型のバルク単結晶が得られるEu添加⁶LiCaAlF₆が報告されており^[1]、²⁵²Cf密封線源を用いた基礎特性の評価がなされている。本プログラムではその応用検討の一環として、熱中性子照射場であるJRR-3 MUSASIポートを用い、熱中性子イメージングへの適用性を調べることを目的とした。

3. 実験方法

フォトンカウンティング方式による熱中性子イメージングを次に示すような方法で行った。チョクラルスキー法によって得られたEu添加⁶LiCaAlF₆単結晶(図1)を直径2インチ、厚み0.5mmの円板状に加工し、位置敏感型光電子増倍管(PHOTONIS XP85012)の受光面に光学グリスを用いて光学接着した。被写体として、図2に示す形状の、直径1,2,3,5mmの穴を備えた厚み1mmのカドミウム板と、直径1mmのカドミウムのワイヤーを用い、受光面に接着した結晶上にマスクとして固定した。この状態でJRR-3 MUSASIポートで熱中性子を10分間照射し、位置敏感型光電子増倍管からの信号を取得した後に、電荷重心演算によって画像化した。

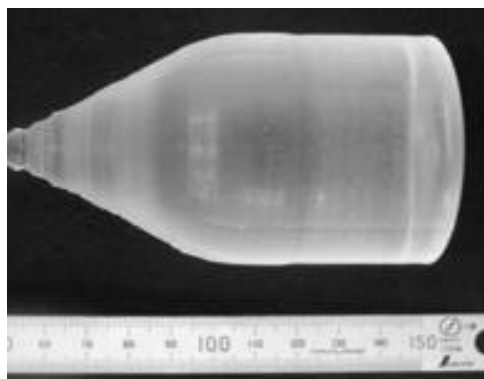


図1. Eu添加⁶LiCaAlF₆単結晶の外観。

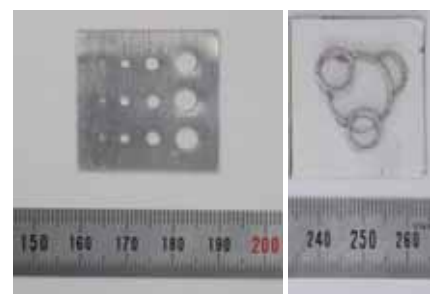


図2. カドミウムマスクの外観

4. 研究成果

今回使用した位置敏感型光電子増倍管は電極数が $8 \times 8 = 64$ チャンネルであり、1イベントに対して64個の信号が得られる。熱中性子照射時に得られた波高をイベントごとに合計し、全イベントの波高分布を図3に示した。明瞭な熱中性子ピークが得られ、Eu添加⁶LiCaAlF₆により熱中性子の検出に成功していることがわかる。図3の500チャンネル以上のイベントについて、電荷重心演算により画像化した結果を図4に示す。一見して図2に示した被写体の形状の熱中性子透過像を得るにことに成功していることがわかる。

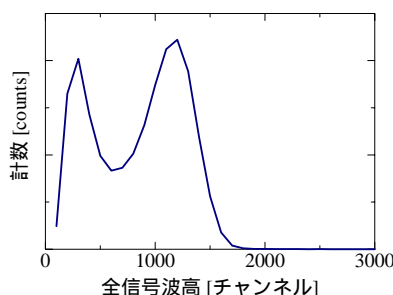


図3. 位置敏感型光電子増倍管の全イベント積算した際の波高値スペクトル。

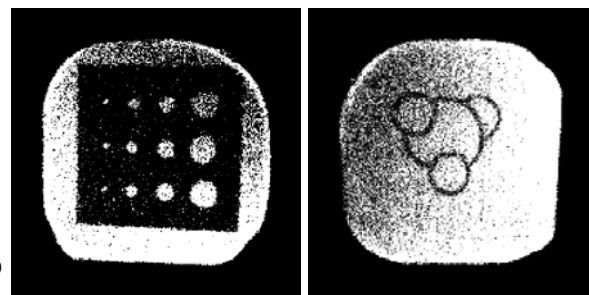


図4. Eu添加⁶LiCaAlF₆を用いた熱中性子透過像。

5. 結論・考察

今回のEu添加⁶LiCaAlF₆を用いて得られた熱中性子透過像は、厚み1mmのカドミウムに対して十分なコントラストを持ち、1 mm径のピンホールや1 mm径のワイヤーによる複雑な図形を撮像するのに十分な位置分解能を有した。これによりEu添加⁶LiCaAlF₆は、³Heガス検出器の主要な応用の一つである熱中性子透過像の撮像に用いることが可能である事が分かった。基礎研究レベルにおいて、現状最高の解像度を示しているMSGCを用いた³He検出器でもサブミリ前後の解像度であることが知られているおり、本成果はそれらと同等の解像度であることから、当該材料が極めて有望であることが示された。

6. 引用(参照)文献等

[1] N. Kawaguchi, T. Yanagida, A. Novoselov, K. J. Kim, K. Fukuda, A. Yoshikawa, M. Miyake, and M. Baba, Nuclear Science Symposium Conference Record, IEEE NSS/MIC (2008) 1174-1176