

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：82110

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26390118

研究課題名(和文) 微細構造を有する蛍光板による高解像度中性子ラジオグラフィ技術の開発

研究課題名(英文) Development of Micro-Structured Fluorescent Plates for High-resolution Neutron Radiography

研究代表者

酒井 卓郎 (Sakai, Takuro)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 物質科学研究センター・研究主幹

研究者番号：70370400

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究においては、微細な柱状構造を有する「高感度かつ高分解能な蛍光板」を開発し、本蛍光板を用いて中性子ラジオグラフィなどイメージング技術の高解像度化を実現することが目的である。具体的には、アスペクト比の高い微細加工が可能であるプロトンマイクロビームを利用した蛍光板作成方法と、周期的な細管構造を有するガラス基板であるキャピラリプレートを利用した方法を試みた。その結果、後者の方法が優れていることが確認でき、その手法で作製した蛍光板の特性評価を行った。その結果、細管ピッチと同程度である約30 μ mの空間分解能を達成できた。中性子による評価は、研究炉JRR-3の再稼働後に行う予定である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this work is fabrication of high-efficiency and high-resolution fluorescent plates for neutron radiography technique. In this work, we developed two different approaches to fabricate micro-structured fluorescent plates. One is using proton beam writing technique and another is adoption of capillary plates those are glass plates on which tiny capillaries are arrayed in two-dimensions periodically. Our results showed that the latter is a superior method. The fabricated fluorescent plates were characterized by X-ray imaging experiments. Results show that the fluorescent plates are expected to be compatible with both high spatial resolution and good detection efficiency. Once the JRR-3 at the JAEA is operational again, the evaluation of the spatial resolution of the plates for neutron radiography will be performed.

研究分野：放射線計測学

キーワード：蛍光板 イメージング 細管構造 蛍光体 高分解能

1. 研究開始当初の背景

中性子ラジオグラフィ法においては、中性子を捕捉して荷電粒子を放出する物質 (${}^6\text{Li}$, ${}^{10}\text{B}$ など) と蛍光体 (ZnS:Ag など) の混合物 (蛍光コンバーター) を利用し、透過した中性子の強度分布を可視光の像に変換する。しかしながら、中性子の検出効率を上げるためには、蛍光コンバーターを厚く ($> 100 \mu\text{m}$) する必要があり、蛍光体内部での光の散乱によって分解能が劣化してしまう。このため、中性子ラジオグラフィ法においては、その空間分解能は $100 \mu\text{m}$ 程度に制限されており、実用的な高解像度撮影は未だ開発途上である。

一方、シンチレーターとして広く利用されているヨウ化セシウム (CsI:Tl) は、適当な条件下において成膜を行うことで柱状構造になることが知られている。この構造においては、柱状構造体が光ガイドの役割も担うため、その空間分解能はシンチレーター材の厚さではなく、柱状構造体の径 (間隔) によって決まる。しかしながら、最適な成膜条件は未だ研究課題となっており、周期的な構造体も実現できていない。

2. 研究の目的

蛍光板は、X線・荷電粒子・中性子などの強度分布を可視光に変換する検出素子として広く利用されているが、その空間分解能は蛍光体自身の厚さによって大きく制限される。

本研究では、高アスペクト比の微細加工を行うことが可能な走査プロトンマイクロビームや微細な細管構造を有するキャピラリプレートを利用して、微細な柱状構造を有する「高感度かつ高分解能の蛍光板」を開発し、本蛍光板を用いて中性子ラジオグラフィなどイメージング技術の高解像度化を実現すること

が目的である。

3. 研究の方法

1) プロトンマイクロビームによる蛍光板作成技術の開発

アスペクト比の高い微細加工が可能であるプロトンマイクロビームを利用した蛍光板作成技術を確立するため、ビーム走査と連動して機械ステージで位置合わせを行う機構を新たに導入して、 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 程度の蛍光板を作製できる技術を開発した。

2) キャピラリプレートを利用した蛍光板の開発

1) 項の方法は、試作には非常に適した方法であるが、一点一点の描画照射が必要なため、大面積の蛍光板作製には長時間の照射が必要となる。そこで、周期的な細管構造を有するガラス基板であるキャピラリプレートを利用した蛍光板の試作を行った。

3) 作製した蛍光板の空間分解能評価

前項で作製した蛍光板に対して、空間分解能の評価を行った。原子力機構の研究炉 JRR-3 が再稼働していないため、X線発生装置を利用して、その分解能・一様性を評価した。

4. 研究成果

蛍光板の作成に利用したキャピラリプレートは、孔径 $25 \mu\text{m}$ 、厚さ 1mm 、外径 25mm (浜松ホトニクス社製 J5112-25D25U1TB) である。この細管構造に蛍光体粉末 (ZnS(Ag) 、平均粒径 $7 \mu\text{m}$) を充填し、片面にアルミ蒸着を行った。

キャピラリプレートの光学顕微鏡写真を図 1 に示す。ほぼ全ての細管が蛍光体粉末で満たされているのが確認できる。蛍光板としての特性評価は X線を用いて行った。X線用の空間分

解能評価用テストチャートの撮影結果を図2に示す。テストチャートの最小線幅 83 μm のラインペアも分離できているのが確認し、一様性も良好であった。

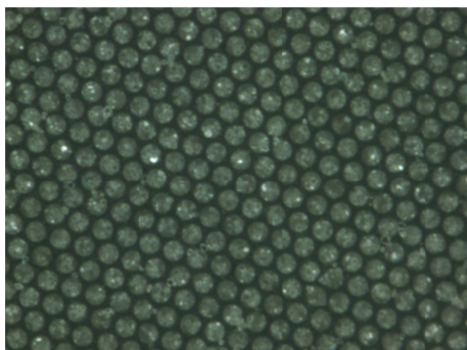


図1 蛍光体粉末を充填したキャピラリプレートの光学顕微鏡写真

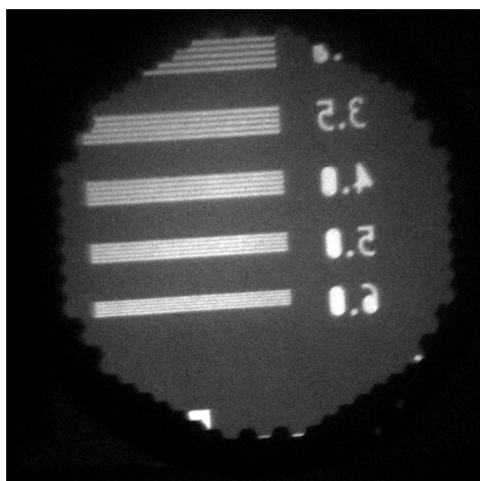


図2 X線用テストチャートの撮影結果

前述の通り、研究炉 JRR-3 が再稼働していないため、中性子ビームによる空間分解能等の評価は未実施であるが、この蛍光板は、その構造的特徴から、中性子やX線などの透過力の強い放射線に対して、高感度と高い空間分解能を両立していることが想定される。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

1) Takuro SAKAI, Ryo YASUDA, Hiroshi IIKURA, Masahito MATSUBAYASHI, “Development of Micro-Structured Fluorescent Plates for High-resolution Imaging”, JPS Conference Proceedings 11, 020005 (2016), <https://doi.org/10.7566/JPSCP.11.020005>, 査読有

〔学会発表〕(計 2 件)

1) Takuro SAKAI, Ryo YASUDA, Hiroshi IIKURA, Masahito MATSUBAYASHI, “Development of Micro-Structured Fluorescent Plates for High-resolution Imaging”、2016年1月18日～1月21日、高エネルギー加速器研究機構つくばキャンパス(茨城県つくば市)

2) 酒井卓郎、安田良、飯倉寛、松林政仁、「キャピラリプレートを用いた高効率・高解像蛍光板の開発」、第76回応用物理学会秋季学術講演会、2015年9月15日、名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

酒井 卓郎 (SAKAI Takuro)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 物質科学研究センター・研究主幹

研究者番号：70370400

(2)研究分担者

石井 保行 (ISHII Yasuyuki)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所 放射線高度利用施設部・課長 (定常)

研究者番号：00343905

佐藤 隆博 (SATO Takahiro)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所 放射線高度利用施設部・課長代理 (定常)

研究者番号：10370404

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()