

非破壊検査用シンチレータの開発

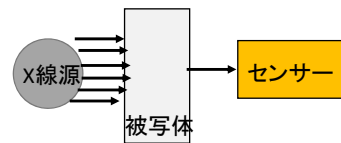
奈良先端科学技術大学院大学
柳田 健之

シンチレータ・シンチレーション 検出器・センサー



構造物の非破壊検査用 後方散乱型センサー

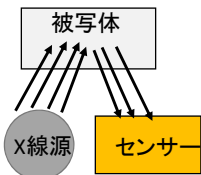
一般的な手法 (透過法)



実用例



近年基礎研究が盛んな手法
(後方散乱法)



将来的には大型構造物 (建物等) の非破壊検査に利用したい

課題

- ・センサー側: デバイス (シンチレータ) の性能
- ・線源側: 可搬型で高出力な線源、法整備

センサー (シンチレータ) における課題

非破壊検査用シンチレータに求められる特性

- ・重い事 = 実効原子番号 (Z_{eff}) が大きなこと
 - ➔ 検出効率の向上 = 部分ごとの検査時間の短縮化
- ・蛍光量が大きい事
 - ➔ 現在主流の画像再構成法の場合、解像度は蛍光量に比例

現状、基礎研究に用いられているシンチレータ

- CdWO_4 (CWO) シンチレータ = セキュリティ用標準品をそのまま流用
 - ・ $Z_{\text{eff}} = 65$ 、蛍光量 16000 ph/MeV
 - ・ 基礎研究レベルでは、 Z_{eff} がもう少し高いと良い、蛍光量が十分足りないという問題が指摘されている。

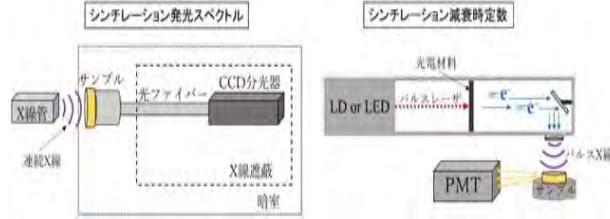
本研究の目的

- 構造物非破壊検査用に CWO を大きく上回るシンチレータの開発
 - ・ $Z_{\text{eff}} > 65$ 、蛍光量 > 16000 ph/MeV

実験方法

Z_{eff} の計算

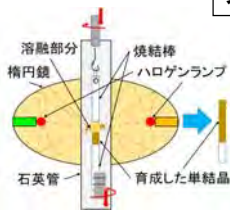
$$Z_{eff} = \left(\sum_i w_i Z_i^4 \right)^{1/4}$$



シンチレータ単結晶の合成

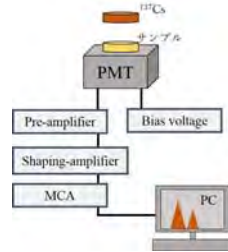


ブリッジマン法



フローティングゾーン法

シンチレーション蛍光量の評価



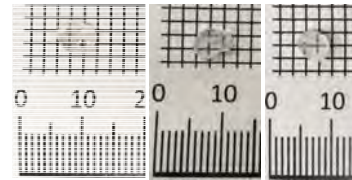
実験結果 (新材料の開発、 Z_{eff})

サンプルの外観

結晶成長直後

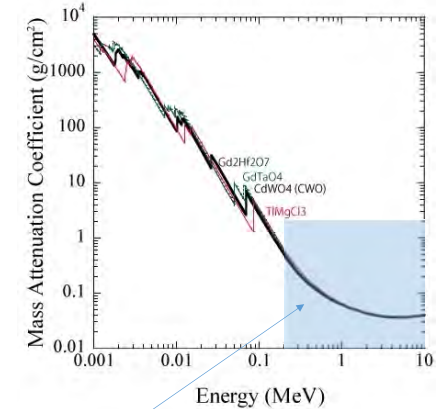


切断 ↓ 研磨



X線の吸収効率 (Z_{eff}) の評価

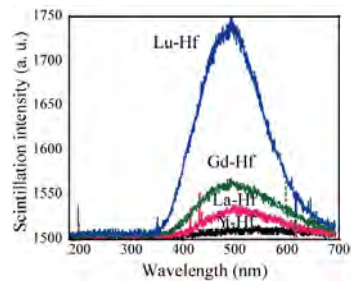
^{137}Cs 照射時に実測でも確認



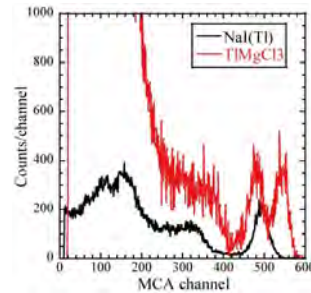
大型構造物の検査で用いるエネルギー帯

実験結果 (放射線照射時の応答特性)

X線照射時の発光スペクトル



662 keV 照射時の蛍光量評価



- HfO_2 、 HfSiO_4 、 AlHfTaO_6 、 $(\text{Y,Gd,Lu})\text{TaO}_4$ 、 $(\text{Y,La,Gd,Lu})_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ 、 TIMgCl_3 シンチレータ等を開発、これらは**全て CWO と同等、もしくはより大きな Z_{eff} を有している。**
- TIMgCl_3 が約 46000 ph/MeV (CWO の約3倍) のシンチレーション蛍光量を示した。

まとめと今後の課題

- 非破壊検査用に CWO を超えるシンチレータ開発を目標に、 HfO_2 、 HfSiO_4 、 AlHfTaO_6 、 $(\text{Y,Gd,Lu})\text{TaO}_4$ 、 $(\text{Y,La,Gd,Lu})_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ 、 TIMgCl_3 シンチレータ等を開発したところ、 TIMgCl_3 が約 46000 ph/MeV (CWO の約3倍) のシンチレーション蛍光量を示す事を発見した。
- 今後の課題としては、シンチレータのスケールアップ、検出器のプロトタイプ試作が挙げられる。前者は現在、基礎実験 ~5g → 50g を試行中。後者は線源をどうするかが大きな課題。

現在までの研究成果

- D. Nakauchi, G. Okada, N. Kawaguchi, **T. Yanagida**, Scintillation properties of $\text{RE}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ (RE=La, Gd, Lu) single crystals prepared by Xenon arc floating zone furnace, Jpn. J. Appl. Phys., 57, 100307 (2018)
- 中内大介, 岡田豪, 河口範明, **柳田健之**, ハフニウム酸希土類単結晶シンチレータの開発, 第65回応用物理学会春季学術講演会 3/17-20, 早稲田大 (2018).
- **柳田健之**, 藤本裕, 荒井美紀, 越水正典, 浅井圭介, 河口範明, TI系単結晶シンチレータの特性評価, 第80回応用物理学会秋季学術講演会 9/18-21 北海道大学 (2019).

謝辞

本研究は大成学術財団による助成のもとで行われました。
ここで強く謝意を表します。

ご静聴、ありがとうございました。