

論文内容の要旨

博士論文題目

複合アニオン透光性セラミックスを用いた放射線計測用蛍光体の開発

氏 名 木村 大海

(論文内容の要旨)

蛍光体を用いた放射線検出器は医療、セキュリティ、資源探査、宇宙物理など幅広い分野で用いられている。これまで放射線計測用蛍光体の材料形態は単結晶、ガラス、不透明セラミックスが主流であったが、2000 年前後から次世代の材料形態として透光性セラミックスが注目されるようになった。透光性セラミックスは単結晶と比べ、大型化が容易、単結晶では不可能な化学組成を合成できるなど様々な利点がある。しかしその大半はシンチレータの研究であり、イメージングプレート (IPs) 用の蓄積型蛍光 (PSL) 材料に関しては、ほぼ未開拓であった。さらに化合物種に関しても、従来の透光性セラミックス研究は、大半が酸化物に留まっており、ハロゲン化物の検討は多くはなく、さらに複合アニオンに至ってはほぼないといって過言ではなかった。

本論文では (SPS) 法によるセシウム複合アニオン透光性セラミックスの開発および放射線計測用材料への検討を行うことを目的とした。またアニオン比を変更することによる、シンチレーションおよび PSL 特性への影響を調査することで、今後の複合アニオン化合物における材料探索の知見を得ることも本研究における副次的な目的である。

本論文は第 1 章「序論」から第 7 章「総括」までの全 7 章から構成される。

第 1 章の序論、第 2 章の実験方法に続き、第 3 章では、Eu 添加 CsBr 透光性セラミックスにおける Eu 添加量の最適値を実験的に求めた。PSL 強度から、最適な Eu 添加濃度は 1.0% 付近に存在することを見出した。また空間分解能を調査したところ、厚みが増すにつれて空間分解能が増加し、高い空間周波数領域において市販の IPs (BAS-SR) より高い MTF 値を得られることを見出した。

第 4 章では 1%Eu 添加 Cs(Cl_x, Br_{1-x})透光性セラミックスの検討を行った。XRD の結果から、全ての範囲において複合アニオン化合物が形成されることが明

らかになり、SPS 法を用いることにより初めて複合アニオン化合物の透光性セラミックスの作製に成功した。またアニオン比率を変更することにより、600–700 nm の範囲内において刺激スペクトルのピークを任意の位置に調整することが可能であることを示した。

第 5 章、第 6 章では、1%Eu 添加 $\text{Cs}(\text{Br}_{1-x}, \text{I}_x)$ および $\text{Eu}:\text{Cs}(\text{Cl}_{1-x}, \text{I}_x)$ を作製した結果、全試料において透光性を有するセラミックスの作製に成功したが、XRD の結果から $x = 0.25\text{--}0.75$ の試料は、 $\text{Eu}:\text{CsBr}$ と $\text{Eu}:\text{CsI}$ および $\text{Eu}:\text{CsCl}$ と $\text{Eu}:\text{CsI}$ のコンポジット材料となることが明らかになった。一方コンポジット材料においても、電子部品の X 線画像を取得や α 線の検出に成功したことから放射線計測用蛍光体として利用可能であることを示した。

本研究では SPS 法を用いることにより初めてセシウム複合アニオン透光性セラミックスの開発に成功し、放射線計測用材料として用いることが可能であることを示した。さらに従来の融液成長法では透光性材料の複合アニオン化が困難であった物質系も、透光性セラミックという材料形態であるならば、透光性材料が作製可能であることを明らかにした。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、個人被ばく線量計やイメージングプレート (IPs) において広く用いられているエネルギー蓄積型蛍光材料に関する研究であり、従来は単一陰イオン (アニオン) を有する単結晶か不透明セラミックスが用いられてきたのに対し、複数のアニオンを有する複合アニオン透明セラミックスを用いる事で、大幅な放射線検出器特性の向上が可能であることを示す事を目的としたものである。

第一章では、放射線計測全般や個人被ばく線量計や IPs に関する研究背景や、透光性セラミックスに関して概説した後、本研究の目的について述べている。

第二章では、合成手法である放電プラズマ焼結 (SPS) 法、物性やデバイス特性の計測方法、データ解析の手法に関して述べている。

第三章では、Eu 添加 CsBr 透光性セラミックスの発光中心である Eu 濃度の最適化を検討し、検討した範囲では 1% が最適と決定している。

第四章では前章の結果をもとに発光中心の Eu 濃度を 1% に固定し、 $\text{CsCl}_x\text{Br}_{1-x}$ 複合アニオン透光性セラミックスの作製に成功したのち、PSL や IPs 特性を調査し、市販の材料よりも優れた特性を有することを明らかにした。

第五、六章ではそれぞれ、発光中心の Eu 濃度を 1% に固定した $\text{CsBr}_x\text{I}_{1-x}$ 、 $\text{CsCl}_x\text{I}_{1-x}$ を作製し、これらが透光性を有するコンポジットであることを明らかにしたのち、PSL や IPs 特性を調査し、個人被ばく線量系や IPs としての機能を有することを明らかにした。

第七章では総括として、SPS 法を用いることにより初めてセシウム複合アニオン透光性セラミックスの開発に成功し、放射線計測用材料として用いることが可能であることや、計測条件によっては市販の材料を凌駕する特性を有することを述べている。さらに従来の融液成長法では透光性材料の複合アニオン化が困難であった物質系も、透光性セラミックという材料形態であるならば、透光性材料が作製可能であることを明らかにし、将来の中性子計測応用に関する展望も示した。そのため審査委員一同は、学術的な意義を認め、本論文が博士(工学)論文として価値あるものと認めた。