

審査の結果の要旨

氏名 澁谷 憲悟

放射線照射により蛍光を発するものはシンチレータと呼ばれ、放射線の検出のセンサとして広く用いられている。その性能は速さ(時間分解能)と明るさ(検出効率)で特徴づけられる。これらは蛍光の減衰速度と発光量に対応する特性である。近年、医療分野の診断装置としての PET (positron emission tomography) の技術開発が盛んになっているが、精度の良い画像を、低被ばく量で、短時間に得るために、高時間分解能、高効率を実現する蛍光寿命の短い、蛍光強度の大きなシンチレータの開発が望まれている。第一章では、このような高性能シンチレータの開発の必要性を示し、新規のアイデアに基づく高分解能、高効率シンチレータの開発を行うことが本研究の目的であることを述べている。

第二章では半導体シンチレータの動作原理を概説し、従来の材料では極低温で強く発光するものの、室温では大幅に発光が減少し、実用化への障害になっているため、室温でも発光量を維持することが必要であるとしている。

第三章では高性能の半導体シンチレータを実現するための手段として半導体の低次元化による量子閉じ込め効果により、発光の実体である励起子の熱的な安定化と蛍光効率の増加が期待できることを理論的な側面から説明している。ハロゲン化鉛系有機無機ペロブスカイト型化合物では自己組織化により閉じ込め構造が形成されることから、有望材料の候補と考えられ、実際にこの材料を合成した。合成と結晶化の過程について述べ、従来、困難であった結晶化は、時間をかけての溶媒の揮発や、ゆっくりとした貧溶媒導入などの工夫により可能であり、比較的大きな結晶の製造法を確立した。この手法に従い、 $C_3H_7NH_2$ あるいは $C_6H_{13}NH_2$ が絶縁層となり、各々 $PbBr_4$ と PbI_4 のハロゲン化鉛の層をサンドイッチした構造を持つ、略称 C_3PbBr_4 と C_6PbI_4 の結晶を作成した。

第四章は量子閉じ込め効果を期待して作成した新規シンチレータの特性について述べてある。高エネルギーHe イオン照射時のスペクトルを極低温から室温までの広い温度範囲で測定した。 C_3PbBr_4 と C_6PbI_4 はそれぞれ 450、558nm に発光のピークをもち、その発光量は汎用シンチレータであるBGOの発光量の各々3倍、5倍となり、室温でも十分蛍光効率の高い材料であることが確認できた。蛍光寿命は10ps程度の電子線パルスが発生できる電子線形加速器をパルス源として照射し、その際の発光の時間挙動をストリークカメラや MCP 付きフォトマルを用いて測定、評価した。 C_3PbBr_4 の減衰成分とその割合は、2.8ns(38%)、18ns(39%)、130ns(23%)であるのに対し、 C_6PbI_4 では0.39ns(28%)、3.8ns(29%)、16ns(16%)となり、最も速い減衰項の減衰寿命はさらに短いものであった。

後者はこれまで最も速いとされる BaF₂ シンチレータの 0.8-0.9ns よりも短く、極めて高性能を有している。

第五章は得られた低次元化半導体シンチレータの特性をまとめてある。蛍光機用度が大きく、減衰時定数が短い素子を作成できること、この考えを発展させ、さらなる性能向上の可能性を議論するとともに具体的な適用例を例示している。

以上要すれば、半導体シンチレータを低次元化することにより室温でも高速で、蛍光強度の大きな新しいシンチレータを作成できることを実際に示すことにより高性能シンチレータを構築する新概念を提示した。これは放射線計測分野でのブレイクスルーであり、システム量子工学の発展に大きく寄与すると判断した。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。