

2021 年度 若手・女性研究者奨励金 レポート

研究課題	有機半導体放射線検出器の実用化に向けた研究
キーワード	①有機半導体、②放射線検出器、③導電性高分子

研究者の所属・氏名等

フリガナ 氏名	ミヤタ エリ 宮田 恵理
配付時の所属先・職位等 (令和3年4月1日現在)	足利大学 工学部 助教
現在の所属先・職位等 (令和4年7月1日現在)	同上
プロフィール	大学院時代より有機半導体放射線検出器の開発研究を行い、博士（理学）を取得。現在は、足利大学工学部創成工学科システム情報分野に所属し、教育・研究の業務を行っている。研究は、有機半導体放射線検出器の開発研究を継続して行い、実用化を目指している。

1. 研究の概要

半導体放射線検出器は、エネルギー分解能や位置分解能が優れた検出器である。特にシリコン結晶を用いた無機半導体検出器は、素粒子・原子核・宇宙線などの実験分野において重要な検出器である。一般的に、放射線検出器として使用されているシリコン結晶やゲルマニウム結晶などの無機半導体検出器は、高性能を実現するために高純度な単結晶構造を必要とし柔軟性がなく、大型化が難しいという問題点がある。

そこで、安価で大量生産可能な有機材料（導電性高分子）に着目して、新型の半導体放射線検出器の実用化（製品化）に向けた開発研究を行っている。本研究が完成すれば、従来から使用されている無機半導体検出器にはない、柔軟性が高く大型化可能でかつ安価な検出器を実現できるため、有機材料の特性を生かした革新的な放射線検出器になると考える。実用化すれば、素粒子物理学実験や放射線医学、原子力などさまざまな分野で応用することができる。実用化するために、大学の実験室レベルでの目標値として、 β 線検出効率 20%以上の検出器を歩留まり良く達成することを考えている。

現在までに、 β 線の検出効率 10%以上を達成し、2年以上の性能の長期安定性を確認できている。実用化に向けて、 β 線の検出効率 20%の達成を目指すとともに、良い性能が得られたセンサに対して長期間の定期測定を継続して行う。

2. 研究の動機、目的

素粒子・原子核・宇宙線などの実験分野で重要な放射線検出器の一つとして、半導体検出器がある。特にシリコン結晶を用いた無機半導体検出器は、最先端の素粒子物理学実験でよく使用されている。例えば Belle II 実験では、ストリップ型のシリコン半導体検出器SVD（Silicon Vertex Detector）を使用している。SVD は数 μm の高い位置分解能をもち、粒子の崩壊点検出において、重要な役割を担っている検出器である。また、ILC（International Linear Collider）実験では、サンプリング型のシリコン・タングステン電磁カロリメータを検討している。カロリメータは、主に粒子のエネルギーを測定する大型検出器である。さらに近年、半導体検出器は放射線医学分野などへの応用についても研究されており、さまざまな分野の研究において不可

欠な検出器となっている。しかし、従来から使用されているシリコン結晶などを用いた無機半導体検出器は、高性能を実現するために高純度な結晶構造を必要とするため柔軟性がなく、高価で大型化が難しいという問題点がある。これは、精密測定のために実験装置の大型化が進んでいる素粒子物理学実験において大きな課題となっている。

そこで、有機物質の導電性高分子に着目し、従来から使用されている無機半導体検出器にはない、安価で大量生産が可能な放射線検出器の開発を目指している(図1,2)。導電性高分子は、一般に π 共役系の高分子であり、一本の高分子鎖内に無機半導体と同じようなバンドを形成する。以前から、導電性高分子の特性を応用して、これを用いたフォトダイオードなどの光センサや太陽電池など光エネルギーを捕らえる研究が行われてきた。我々はこれらの研究とは異なり、放射線(荷電粒子線、光子線など)を高感度に捕らえることができる検出器の開発を行ってきた。現在は、代表的な放射線である β 線1個について、製品化に必要な検出効率20%以上を達成することを目的としている。また、性能の長期的な安定性を確認し、実用化を目指す。

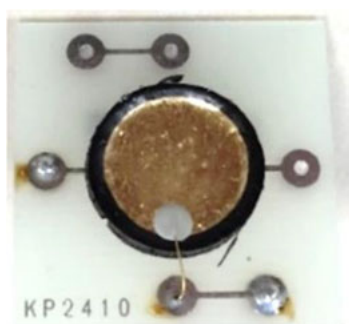


図1 開発センサの一例

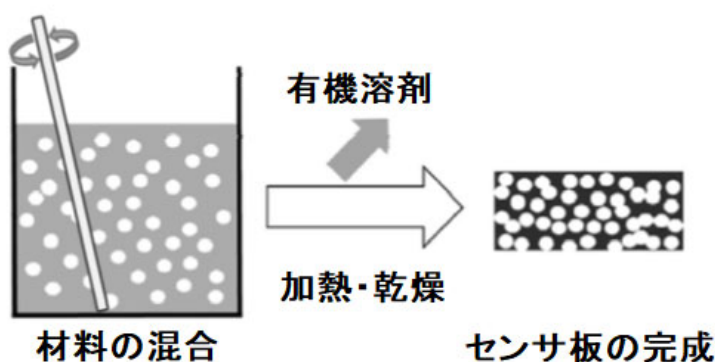


図2 センサの作製方法

3. 研究の結果

検出感度を向上させるために作製方法のパラメータの最適化が順調に進んだ。また、良い性能が得られたセンサに対して β 線検出効率などの長期安定性の測定を行い、当初の目的を達成できている。また、2021 Samahang Pisika ng Visayas at Mindanao (国際学会)に参加し、研究成果を口頭発表にて行った。

4. 研究者としてのこれからの展望

今まで通りのやり方で研究を続け、製品化に必要な β 線検出効率20%以上を歩留まり良く達成することを目指す。また、良い性能が得られたセンサに対して長期間の定期測定を継続して行う。研究成果について、国内外の学会で発表を行う。また、研究成果を論文にまとめて公開することで、社会貢献していきたい。

5. 支援者(寄付企業等や社会一般)等へのメッセージ

2021年度女性研究者奨励金に採択いただき心より感謝申し上げます。研究を継続するために装置を新たに購入する必要があったため、本奨学金をいただいで物品を購入し、研究室の整備を行うことができました。また、本奨励金のご支援を受けたことで、新たな研究費を獲得するチャンスをいただきました。今後も本研究を継続して行い、研究成果を国内外の学会発表および論文執筆することで社会に貢献していきたいと思っております。