

太陽電池の α 線 γ 線 β 線照射時の発生電流挙動の解明

Analysis of behavior of current induced
by α -ray, γ -ray, and β -ray in solar cell

奥野 泰希

Yasuki Okuno

東北大学

（概要）

福島第一原子力発電所の炉内における α 線を測定することは、溶融した燃料デブリの分布や素性を明らかにするために重要である。JAEAでは、デブリからの放射線を測定するため、現在、宇宙用太陽電池素子を検出器として使用した線量計の開発を進めている。この線量計は、前年度までの研究において α 線、 β 線、 γ 線に対して感度があることが確認された。本研究では、より詳細な検出挙動を取得することにより、線量率評価の精度を明らかにすることを目的とする。今回申請を行う、3MV タンデム加速器は、原子炉内の放射性核種から放出される α 線を模擬した線源として5 MeV ヘリウムイオンを発生させることができる有効な手段である。そのため、この線源を用いて、太陽電池にヘリウムイオンビームを照射することにより α 線の検出器挙動の解明を行う。具体的には、InGaP 太陽電池のヘリウムイオン照射時の電流値を in-situ で測定し、ヘリウムイオンの線量率依存性を実験的に取得する。

キーワード：アルファ線検出、線量依存性、InGaP 太陽電池

1. 目的

東京電力福島第一原子力発電所（1F）の炉内では事故の影響で、燃料棒が溶け出したことにより、燃料デブリが存在している。今後、燃料デブリの取り出し作業計画を決定するため、その分布や、組成を特定することが重要である。燃料デブリには、 α 線放出核種である ^{238}Pu が含まれており、デブリの位置特定のためには、 α 線の線量測定が必要である。 α 線の検出においては、その飛程が非常に短いことから、液体シンチレーションによる観察など、限られた方法でしか、 α 線の線量を測定できなかった。

現在、我々は、太陽電池素子をセンサーとした線量測定技術を基盤とした高線量放射線計測システムを提案し、実用化に向けた開発を行っている[1]。太陽電池では、ガンマ線の線量率に対して誘起電流が増加することから、線量計としての有用性が示されている。また、開発中の素子である InGaP 太陽電池では、素子の厚さが約1 μm と ^{238}Pu から放出される約5 MeVの α 線の飛程に対して十分に薄いことから、 α 線を検出できる可能性がある。そのため、InGaP 太陽電池へ ^{238}Pu α 線模擬として5 MeV ヘリウムイオンの照射試験の照射試験を実施し、その電流挙動について解析を行った。

2. 実施方法

高崎量子応用研究所のTIARA を利用し、5 MeV に加速された1価のヘリウムイオンを InGaP 太陽電池へ照射した。InGaP 太陽電池は、in-situ で電流を測定するため、図1に示すように、試料台の、電流取り出し用のプローブに接続された。試料台は、TA1 チャンバー内に設置され、プローブから伸ばした動線は、図2に示すようにフィードスルーを通して、電流計(iDC12, 泰榮エンジニアリング社製)に接続された。電流計は、200 ms ごとに電流値を出力し、その値を PC にて記録した。線量率は、TA1 チャンバーの加速器に対して前方に設置されているファラデーカップへ iDC12 を接続することにより測定した。ファラデーカップの印加電圧は、300 V に設定した。照射するヘリウムイオンのフラックスは、1/3、1/10、および1/100 倍のアッテネータを用いて変更した。ビーム形状は、蛍光板にて、スポット形状へ調整された後に、スキャンコイルにて、1cm 各の InGaP 太陽電池よりも十分大きい、横 3cm および、縦 2cm まで広げられた。

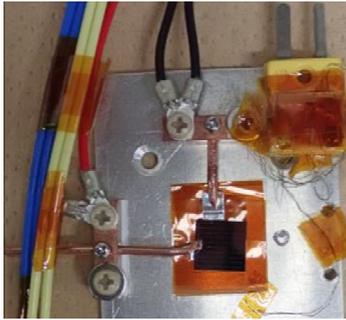


図1 試料台上でプローブに接続された
InGaP 太陽電池



図2 TA1 チャンバーでの電流測定環境

3. 結果及び考察、今後の展開等

フラックス $6 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ の 5 MeV ヘリウムイオンの照射試験を実施した。照射時の、InGaP 太陽電池の誘起電流の観察結果を図 2 に示す。3 秒間の照射時間の中で、およそ $5 \times 10^{-7} \text{ A cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ の誘起電流が、観測された。電流の立ち上がり時間においては、およそ 200 ms であり、これは電流の測定間隔である 200 ms で律速したためであると考えられる。また照射中の電流ゆらぎを標準偏差にて解析した結果、約 $2 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ であるため、信号値に対して、0.4%未満であった。タンデム加速器から発生するヘリウムイオンビームのフラックスのゆらぎが、およそ 1-5%であったため、このゆらぎは、ほとんど、イオンビームのゆらぎであると考えられる。そのため、InGaP 太陽電池を用いて α 線線量をその場測定ができることが明らかになった。

次に、InGaP 太陽電池の誘起電流の α 線フラックス依存性について、取得した結果を図 3 に示す。この結果より、InGaP 太陽電池は、フラックスに対して直線的に、増加していることが明らかになった。このことから、簡易な解析により α 線の線量率が解析できることが示唆された。現状であると、フラックスのみの観察であるため、ファラデーカップと混同されることが多いが、出力される信号は、素子に対する吸収線量が、発電に寄与しているため、ヘリウムイオンのエネルギーに応じた電流量の変化を観察することが可能であると予測される。その場合、読み取られた電流量から、水換算の線量率として出力することが可能であり、線量計として使用できる。今後、エネルギー依存性を取得し、線量計としての特性を解明する。

一方、ファラデーカップとして使用する場合においても、2次電子が、素子へ付与するエネルギーは、入射するヘリウムイオンに比べて非常に小さいため、高圧電源無しで、フラックスを評価できる可能性がある。また、5 MeV ヘリウムイオンフラックス感度においては、ピコアンメータの性能によるが、iDC12 を使用した場合、検出限界値が 1pA であるため、直線的な電流傾向を示すと仮定するとフラックスの、検出限界地が $1.2 \times 10^2 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ であると予測される。1F においては、デブリから、 $10^2\text{-}10^4 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ の α 線が放出されることが予測されているため、デブリからのアルファ線検出にも有効であると示唆される。

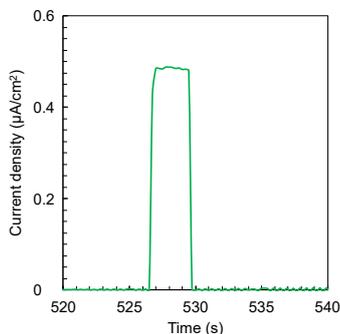


図3 InGaP 太陽電池の α 線照射時の電流挙動

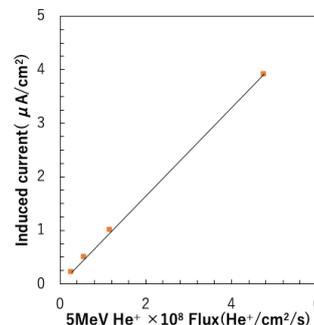


図4. InGaP 太陽電池における α 線誘起電流のフラックス依存性

4. 引用(参照)文献等

[1] 奥野他, 第 66 回春季応物, 9p-W933-10