

低 LET 加速粒子による放射線耐性試験のための宇宙用素子照射装置の開発

Development of Apparatus for the Radiation Resistance Test of Semiconductor Devices in Space Using
Low-LET Accelerated Particles

*笹 公和¹, 左高 正雄¹, 檜本 洋¹, 工藤 博¹

¹筑波大学

宇宙用機器や原子力施設及び原発の廃炉作業等で使用する機器に搭載する民生用半導体素子について、放射線耐性試験の需要が高まっている。本発表では、筑波大学 6 MV タンデム加速器システムに設置された、低 LET 加速粒子を用いた放射線耐性試験のための宇宙用素子照射装置の開発概要について報告する。

キーワード：放射線耐性試験，タンデム加速器，半導体素子，宇宙用機器，LET，廃炉

1. 緒言

放射線環境におけるデバイスのシングルイベント発生頻度は、LET の低い数 10 MeV/(mg/cm²)以下の領域に閾値があり、タンデム加速器による加速粒子エネルギー範囲と一致する。最近、宇宙用機器や原子力施設及び原発の廃炉作業等で使用する機器に搭載する半導体素子について、より安価な民生用部品の使用が望まれている。しかし、民生用半導体素子の放射線耐性試験が実施できる機関は限られており、特に宇宙関連企業と研究機関が集積しているつくば地区において、宇宙用素子照射装置の開発要請が高まっていた。

2. 実験装置

震災復興計画により開発を行った筑波大学 6 MV タンデム加速器システムが、2015 年度に完成した^[1]。6 MV タンデム加速器では、陽子から金までの多種のイオンを幅広いエネルギー範囲で提供可能であり、加速電圧の安定性としては $\Delta V/V \sim 10^{-4}$ を有している。また、金などの重いイオンでは、粒子最大エネルギーとして 91 MeV までの放射線施設の使用許可を得ている。文科省「先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業」での高度化設備として開発をおこなった宇宙用素子照射装置は、加速器室 L2 コース (ME/q² = 176 amu MeV) に設置されており、ビーム拡散用の散乱体を導入可能な微弱ビーム形成部と直径 1,020 mm の真空槽からなる照射試験部、集中制御・計測部と真空排気系システム部から形成されている。照射試験部には、遠隔操作で XYθφ の 4 軸が駆動する A5 版サイズ (148×210 mm) の試料ホルダーが設置されている。半導体素子への照射では、照射粒子を均一に分散させる必要がある。また、照射量としては微弱な 10²~10⁴ ions/cm²/s 程度であり、現在、大面積の均一照射野を形成するイオン照射技術の開発を実施している。

3. 結論

イオン照射試験では、加速電圧 5 MV を用いて、C⁴⁺、25 MeV での照射試験を実施した。2 μm の Au 散乱体用いて、57×57 mm のほぼ正方形のビーム照射野が得られた。Au 散乱体のみを使用した状態で、ビーム均一度は約 60%であった。今後、電磁石レンズを用いたビーム拡散などにより、イオン照射密度の均一形成技術の開発を図っていく予定である。本照射装置は、民生用半導体素子を宇宙転用できるかの一次評価試験において、有用な設備になると期待されている。今後、得られた放射線耐性試験データを蓄積して、JAXA や民間企業との協力により民生用半導体素子の宇宙転用の促進に貢献する予定である。

参考文献

[1] K. Sasa et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **361** (2015) 124-128.

*Kimikazu Sasa¹, Masao Sataka¹, Hiroshi Naramoto¹, Hiroshi Kudo¹

¹ Univ. of Tsukuba