

半導体素子の放射線損傷試験 2

英文利用課題名 Radiation Damage Test of Solid State Amplifier 2

大森 千広、石井 恒次、橋本 義徳¹⁾

Mauro PAOLUZZI²⁾

Chihiro OHMORI, Koji ISHII, Yoshinori Hashimoto

Mauro PAOLUZZI

¹⁾ 高エネルギー加速器研究機構 ²⁾ CERN

(概要)

陽子加速器ではビーム損失により、装置の放射化や損傷を招くことがある。このため、強度の高い加速器では半導体アンプなど、放射線の影響を受けやすい機器の使用を控えてきた。我々は CERN との共同研究として PSB と呼ばれる加速器の高周波加速システムの置き換えのため最終段の増幅器として使用できる半導体アンプの開発に協力している。これまでに J-PARC や高崎研のコバルト照射施設を利用し、半導体の特性変化を補償する回路を導入することで 2.3kGy までゲイン特性の変化しない半導体アンプを開発することに成功した。本研究では、この手法を一步進め、食品照射棟を利用し 8.8kGy のガンマ線をこのアンプに照射した。この照射では、半導体アンプの特性変化は 1dB 程度にとどまり、我々の開発した手法の有効性が確認できた。

キーワード：陽子シンクロトロン、J-PARC、CERN、半導体、放射線損傷、耐放射線性アンプ

1. 目的

本研究の目的は陽子加速器で使用できる耐放射線性アンプの開発である。CERN PS (陽子シンクロトロン) などの比較的放射線量の高い加速器では年間の照射線量が 1kGy 程度あり、半導体アンプの利用が避けられてきた。例えば CERN PS では小型の真空管を用いたアンプを代用品として使っているが信号増幅の利得や帯域などの点で制限がある。この制限により、少なからずビームの性能が低下していることが、近年詳細な測定により明らかになってきた。このビーム性能の低下は、CERN で行われている巨大加速器 LHC を用いた Higgs 粒子の研究などにも関連するものであり、耐放射線性アンプの性能を向上させ CERN PS でも使用できる半導体アンプを開発することが本研究の目的である。

2. 実施方法

高崎研究所のコバルト照射施設を用いて、加速器トンネルの中での半導体アンプの劣化を模擬した。食品照射棟の線量はサンプルを線源に近づけることで 1 日あたり 1kGy 程度となり、約 1 週間で約 9kGy を照射することができた。耐放射線性アンプを線源近くに設置し、常時 100W 程度の高周波を出力した状態で、アンプ特性の変化を観測した。

3. 結果及び考察、今後の展開等

本試験により、我々が開発した耐放射線性アンプは約 9kGy の線量でも、アンプ利得の変化が 1dB 程度と極めて小さいことが実証された。このアンプは市場で簡単に入手できるシリコン半導体の MOSFET を用いており、これまでに開発されてきたシリコン半導体アンプを簡単な改良により、耐放射線性を持たせることができるものである。

本試験ではコバルトからのガンマ線を用いているため、次の手順として CERN や高エネルギー加速器研究機構の施設を用いて中性子などのハドロン粒子の照射を行う予定である。

4. 引用(参照)文献等

- 1) CERN Courier Volume 57 Number 6 July/August 2017 p12
- 2) CERN Bulletin Issue No. 29-30/2017 Tuesday 18 July 2017
- 3) CERN Bulletin Issue No. 5-6/2019 Wednesday 30 July 2019