



電子情報技術産業協会技術レポート

Technical Report of Japan Electronics and Information Technology Industries Association

JEITA EDR-4714

中性子SEB試験ガイドライン
Neutron-Induced SEB Testing Guideline

2022年4月制定

作 成

半導体信頼性技術委員会

Semiconductor Reliability Technical Committee

発 行

一般社団法人 電子情報技術産業協会

Japan Electronics and Information Technology Industries Association

目 次

	ページ
1 はじめに	1
2 適用範囲	1
3 用語の定義	2
4 宇宙線起因中性子について	3
5 パワーデバイスの SEB 現象について	6
6 中性子 SEB 試験	11
6.1 照射試験の実施	12
6.2 故障率の算出	14
6.3 試験結果報告書	15
7 審議委員	16
附属書 A シングルイベントゲートラプチャ (SEGR)	19
附属書 B パワーデバイスの中性子 SEB 耐性評価事例	21
附属書 C フィールド試験	24

電子情報技術産業協会技術レポート

中性子 SEB 試験ガイドライン

Neutron-Induced SEB Testing Guideline

1 はじめに

宇宙線（主として陽子）が大気に入射すると、大気を構成する元素の原子核と核反応を起こし二次粒子が発生する。二次粒子のうち、電荷をもたない中性子は、大気中での原子核散乱でしか減衰されず、10MeV～1GeVの高エネルギー中性子と多数回の散乱による低エネルギー中性子（熱中性子）が地上に到達する。これを宇宙線起因中性子という。宇宙線起因中性子は低エネルギーから高エネルギーに至る連続エネルギースペクトルをもつが、半導体デバイス（特にパワーデバイス）に悪影響を及ぼすのは主に高エネルギー中性子成分である。

宇宙線起因中性子による半導体デバイスの誤動作／故障は、既に身近で起きており、信頼性を脅かす重大な問題である。中性子は、透過力が強いパッケージ等で遮蔽することができず、その発生源は宇宙から飛来する宇宙線に起因するため、取り除くことは不可能であるといえる。したがって、中性子による故障が重大な問題となるような高信頼性用途の機器（例えば、自動車、鉄道、航空機、医療関連等の人命に関わる機器、24時間連続稼働するサーバ等の機器）では、事前に評価試験を行い、実力を評価する必要があるが、照射試験を実施するには放射線に関する十分な知識と入念な準備が必要である。ロジック、メモリ等のソフトウェアは、再書き込みやリセットすることにより元の状態に戻る（故障には至らない）が、パワーデバイスの場合は、デバイスが焼損してしまう永久故障（ハードエラー）を引き起こすため、ソフトウェアと比較して機器の信頼性に致命的な問題となり得る。また、近年ではSiC（Silicon Carbide）やGaN（Gallium Nitride）の化合物パワー半導体デバイスが鉄道や自動車に徐々に適用されており、それら次世代パワーデバイスの宇宙線起因中性子耐性についても関心が高まっている。特に、欧州では、鉄道や航空機等に搭載されるパワーデバイスのシングルイベントバーンアウト（SEB：Single-Event Burnout）耐性評価について関心が高い。

このような背景を踏まえ、本ガイドラインでは、高エネルギー中性子ビーム照射施設を利用した加速試験を対象に、白色中性子がパワーデバイスに入射することにより、局所的に高電流状態となりデバイスが破壊（焼損）されるSEB試験について解説する。なお、ソフトウェアに関しては、ソフトウェア試験ガイドライン（JEITA EDR-4705A）にまとめられているので合わせて参考にされたい。

2 適用範囲

電力の発生・輸送・消費を効率的に行うべくパワーエレクトロニクス技術の開発が世界中で進められおり、自動車用・鉄道用・航空機用・社会インフラストラクチャーを初めとする産業用など様々な分野でパワーデバイスが利用されている。現在、多くの分野で適用されているシリコン（Si）パワーデバイスに加えて、徐々に実用化が進められているSiCやGaNなどの次世代パワーデバイスについても、高耐圧・高効率化に向けた技術開発が行われている。

本ガイドラインでは、デバイスは、様々な分野で利用される高電圧・高電界のSi、SiC、GaNパワーデバイスを対象とし、放射線源は、宇宙線起因中性子を模擬した白色中性子を対象とする。したがって、例えば、 α 線、熱中性子、準単色中性子などの放射線源は対象外とする。