

半導体の単一イオン照射効果の解明に関する研究

小野田忍

日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門

半導体耐放射線性研究グループ

自然界には多種多様な放射線環境が存在し、例えば、宇宙はその代表的な例と言える。宇宙放射線は、GPS (Global Positioning System) で知られている測位衛星、天気予報に不可欠な気象衛星、科学技術の発展を支えている科学衛星等に搭載されている半導体に悪影響を及ぼすことが知られている。我々が宇宙利用の恩恵を今まで以上に享受するためにも、ガンマ線、電子線、陽子線、イオンといった宇宙放射線が半導体に及ぼす影響を明らかにし、耐放射線性を施す必要がある。本オープンセミナーでは、特に、単一イオンが半導体中で引き起こす“シングルイベント効果”と呼ばれる現象について最新の研究成果を概観する。

シングルイベント効果とは、たった1つのイオンが半導体に入射することで引き起こされる現象のことを指す。単一イオンが半導体に入射すると、電子的エネルギー損失によって、半導体中に大量の電荷が発生する。発生した電荷が外部回路に流出し、過渡的なノイズ電流が発生すると、電子回路が誤動作を起こす。最悪の場合、電子回路そのものが焼き切れるといった永続的な故障が発生することもある。原子力機構では、単一イオン照射効果、つまり“シングルイベント効果”を解明するための第一歩として、極微小なノイズ電流の測定技術開発を行い、実験と理論の両面からその発生機構解明に取り組んできた。

測定技術開発として、微小な半導体の狙った位置にイオンを照射する技術（マイクロビーム技術）、イオンを一つ一つ照射する技術（シングルイオンヒット技術）、極微小なノイズ電流を計測する技術（超広帯域測定技術）を組み合わせ、独自にTIBIC (Transient Ion Beam Induced Current) システムを構築した。開発したTIBICシステムを使って、人工衛星はもちろん、家電、パソコン、スマートフォン、自動車…と、あらゆる種類の電子回路には必ず組み込まれているダイオードやトランジスタに単一イオンを照射した時のノイズ電流を計測し、その発生機構を解明した成果について紹介する。