

耐放射線性半導体デバイスの開発

Development of radiation-resistant semiconductor devices

産総研¹, 原子力機構² ○田中 保宣¹, 小野田 忍², 大島 武²AIST¹, JAEA², ○Yasunori Tanaka¹, Shinobu Onoda², Takeshi Ohshima²

E-mail: yasunori-tanaka@aist.go.jp

東日本大震災では東京電力福島第一原子力発電所（東電福島第一原発）の複数の原子炉が壊滅的なダメージを受け、未だに多くの作業員が高放射線下での事故収束作業に従事しており、そのような方々に最大限の敬意を払う一方で、一刻も早くその作業環境が改善されることが望まれる。最近では、無人ロボットを活用したセンシングやがれき撤去作業等が試みられており、作業員への被曝を最小限に留めるという意味において僅かずつではあるが進展が見られる。このような無人ロボットは当然のことながら電動制御されており、そこには必ず半導体が活用されている。

既によく知られた事実ではあるが、一般的に半導体は放射線に対する耐性が低い。東電福島第一原発の事故が起こるまで、半導体が活躍してきた放射線環境といえは宇宙であり、衛星や宇宙ステーションに搭載される半導体素子は主に素子構造を工夫することで汎用の半導体素子と比較して高い放射線耐性を確保してきた。宇宙環境で必要とされる耐放射線性能はシングルイベント耐性(1 個の高エネルギー粒子が半導体に入射することで半導体が誤作動を起こし、最悪素子破壊に至る現象)やトータルドーズ耐性（多量の電離放射線が半導体に入射することで界面準位や固定電荷が形成され、徐々に半導体の電気特性が劣化していく現象）が挙げられる。但し、宇宙で求められているトータルドーズ耐性は 10 年間の運用で 1kGy に過ぎない。一方、東電福島第一原発の事故現場においては宇宙環境とは比較にならないほどの幅広い線量率の放射線に晒される。特に、溶融した炉心内部の燃料を回収する等の作業では、宇宙環境とは比べ物にならない高いトータルドーズ耐性が要求される。このような高放射線環境下では、一般的に半導体材料として用いられている Si 結晶中での原子弾き出し効果も無視できなくなり、電気特性の低下を引き起こす事が予想される。放射線による原子弾き出し効果は対象物の物性で一意的に決定されるため、半導体材料として Si を用いている限り高い放射線耐性を期待することは出来ない。一方、炭化珪素 (SiC) は、バンドギャップが Si と比較して 3 倍程度広いため電離による誤作動・破壊が起こりにくい上に、原子間の結合が強いため原子弾き出し効果も抑制されることが期待できる。我々は、10 年以上前から SiC の高い耐放射線性に着目し、その素子化に向けて研究を行ってきた。本講演では、実際に試作した SiC デバイスを高放射線環境下で動作させ、その高い耐放射線性を実証した一連の研究成果について報告する。

本研究の一部は、文部科学省原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブにより実施された「革新的原子力エレクトロニクス技術を活用した原子炉制御・保全システムに関する基盤研究」の成果である。