

耐環境ダイヤモンド半導体デバイスの開発

Development of environmentally resistant diamond semiconductor devices

北大院工¹, 産総研², 大熊ダイヤモンドデバイス³ ○金子 純一^{1,3}, 梅沢 仁^{2,3}, 星川 尚久³

Hokkaido Univ.¹, AIST², Ookuma Diamond Devices³, ○Junichi H. Kaneko¹, Hitoshi Umezawa²,

Naohisa Hoshikawa

E-mail: hikedon@eng.hokudai.ac.jp

福島第一原子力発電所事故が大きな転機となり、原子炉格納容器内使用電子機器を念頭に耐放射線・高温動作ダイヤモンド半導体デバイスの開発に取り組んできた。ダイヤモンド MOSFET を用いた増幅回路を 300°C、1 週間連続動作させた。現在、前置増幅器の開発を進めている。さらに FPGA を念頭に置いた耐環境ダイヤモンドロジック素子開発についても紹介する。

1.はじめに

福島第一原子力発電所事故では地震による外部電源の喪失、津波による非常用ディーゼル発電機、冷却系の破損の結果、核燃料の冷却に失敗し、圧力容器が融解する過酷事故が発生した。この結果、原子炉格納容器内に設置された計測機器類の多くが機能を喪失した。過酷事故対応可能な原子炉格納容器内使用電子機器への適用を念頭に、耐放射線性と高温動作が期待できるダイヤモンド電子デバイスならびに周辺技術の開発を進めてきた。

2.ダイヤモンド MESFET とダイヤモンド MOSFET

耐放射線性半導体デバイスを考えるに当たり、電荷蓄積が動作の障害となることが多いことから、当初産総研を中心にダイヤモンド MESFET の開発を進めた。この結果、動作温度:450°C、許容積算線量:10MGy 以上の性能を達成した。しかしながら、ノイズならびに増倍度の低さ、さらに差動増幅器を組むため同一性能のダイヤモンド MESFET の製作が困難であったことから実際の電子機器に応用することはできなかった。

そこで高温動作の報告があった Al₂O₃ をもちいた表面伝導型ダイヤモンド MOSFET を試作・評価したところ十分な耐放射線性を有することを確認し、同一設計のダイヤモンド MOSFET を複数製作し、世界初のダイヤモンド差動増幅アンプを実現した。この技術に基づき大熊ダイヤモンドデバイス社を起業した。

3.高温動作の実証と今後の展開

実際の原子炉格納容器使用電子機器では機材ごとに要求動作温度が異なる。福島第一原子力発電所で使用していた沸騰水型軽水炉用原子炉格納容器雰囲気モニタ(CAMS)の場合、300°Cでの動作が求められる。CAMS 用前置増幅器を開発するに当たり、基板、抵抗、キャパシタ等の周辺機器も必要となる。そこで図に示す各種電子部品も独自開発し 300°Cの環境で 8 日間の連続動作に成功した。現在、大熊ダイヤモンドデバイス社において CAMS 等に使用可能なダイヤモンド前置増幅器の開発を進めている。さらに表面伝導型ダイヤモンドの特長を生かし高周波トランジスタやパワーデバイス応用も目指している。

さらに廃炉事業からの要請に基づき、15 年程度の長期目標となるが、廃炉事業用電子機器・ロボット、さらに将来的な原子炉過酷事故対応機器等への応用を念頭にダイヤモンド FPGA 開発の基礎研究を進めている。p チャンネルのみで論理回路をくみ上げる難しさ、イオン注入等々チャレンジングな課題は多いが、福島第一原子力発電所廃炉事業を現代日本のアポロ計画と位置づけ、国家的課題の解決に貢献し、新産業の創出につなげることを目指している。

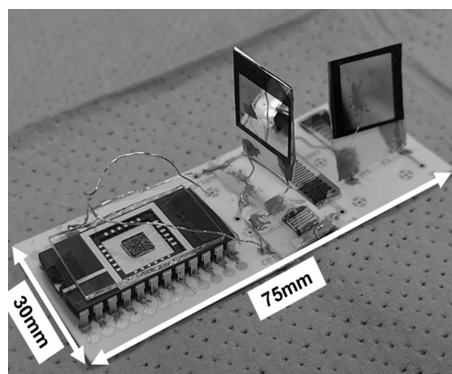


図 水素終端表面伝導型ダイヤモンド MOSFET を中心とした単純な増幅回路(300°C、8 日間の連続動作に成功)