HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	水素終端ダイヤモンドMOSFETの過酷環境耐性と実用的回路への応用に関する研究
Author(s)	山口, 卓宏
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16845号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16845
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99690
Type	doctoral thesis
File Information	Takahiro_Yamaguchi_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　山口　卓宏

審査担当者　主　査　准教授　金子 純一
副　査　教　授　加美山 隆
副　査　教　授　柴山 環樹

学位論文題名

水素終端ダイヤモンド MOSFET の過酷環境耐性と実用的回路への応用に関する研究
(Research on Harsh-Environment Robustness and Practical Circuit Applications of Hydrogen-Terminated Diamond MOSFETs)

本論文は、水素終端ダイヤモンド半導体を用いた MOSFET に着目し、放射線および高温環境を含む過酷環境下における動作安定性の実験的検証と、実用的な回路応用可能性について検討したものである。ダイヤモンドは極めて大きなバンドギャップ、高い絶縁破壊電界、優れた熱伝導率を併せ持つことから、原子力施設や宇宙環境といった過酷環境で用いられるエレクトロニクスへの応用が期待されている。一方で、水素終端ダイヤモンド表面に形成される二次元正孔ガスを利用した高性能デバイスは、表面状態や吸着層に依存した導電機構を有するため、高温環境や放射線環境下での安定動作は困難であると考えられてきた。

本論文は、原子層堆積法により形成した Al_2O_3 膜をゲート絶縁膜兼パッシベーション膜として導入した水素終端ダイヤモンド MOSFET(RADDFET) を対象とし、過酷環境下における電気特性変動と、実用的回路への応用可能性を示したものである。論文は、序章および結論を含む全 6 章から構成されている。第 2 章では、RADDFET の試作プロセスおよび電気的特性評価手法について述べ、第 3 章では、X 線照射および高温・放射線複合ストレス環境下における動作安定性の検証を行っている。第 4 章では、過酷環境用イメージングデバイスを念頭に置いたマルチゲート FET としての特性を評価し、第 5 章では、定電流源および定電圧源としての特性について検討している。これらの成果は以下に要約される。

(1) 高温 ALD により形成した Al_2O_3 膜を用いた RADDFET に対し、X 線照射による累積線量試験および高温・放射線複合ストレス試験を実施し、最大 MGy オーダーに至る線量域においても MOSFET としての基本動作が維持されることを示した。

(2) 放射線照射に伴う電気特性変動が、初期線量域において顕在化した後に飽和する挙動を示すことを明らかにし、その主因が Al_2O_3 膜中および界面近傍における電荷捕獲である可能性を提示した。

(3) 上記の特性変動において、チャネルとして機能する二次元正孔ガス自体の導電性は高線量照射後においても維持されることを示し、水素終端ダイヤモンド MOSFET の過酷環境応用に対する実証的知見を与えた。

(4) RADDFET を用いたマルチゲート制御および長チャネル素子の電気特性解析を通じて、過酷環境下で動作可能なアナログ回路要素としての実装可能性を示した。

これを要するに、本論文では、水素終端ダイヤモンド MOSFET における過酷環境下での電気特

性変動を、絶縁膜および界面における電荷挙動に着目することで定量的に評価し、高性能と高耐環境性を両立し得るデバイス構造とその特性を提示している。この一連の研究は、従来困難とされてきた水素終端ダイヤモンド半導体の過酷環境応用に対して実証的な基盤を与えるとともに、過酷環境エレクトロニクスの発展に大きく貢献するものである。よって、著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。