n 型ダイヤモンド薄膜およびダイヤモンドデバイスの 耐 X 線・ γ 線特性

X- and γ -ray hardness of phosphorus doped n-type diamond thin films and diamond devices

°大谷 亮太¹, 廖 梅勇¹, 上野 克宜², 佐々木 敬介², 田所 孝広², 坪田 雅功³, 金子 純一³, 小泉 聡¹
(1.物材機構, 2.日立製作所, 3.北海道大学)

°Ryota Ohtani¹, Meiyong Liao¹, Katsunori Ueno², Keisuke Sasaki², Takahiro Tadokoro²,
Masakatsu Tsubota³, Junichi H. Kaneko³, *Satoshi Koizumi¹
(1.NIMS, 2.Hitachi Ltd., 3.Hokkaido Univ.)

*email: KOIZUMI.Satoshi@nims.go.jp

【はじめに】ダイヤモンドは強固な結晶格子に由来する耐高温・耐放射線性から、福島第一原子力発電所事故を例とする原子炉過酷事故に対応可能な半導体材料として有望である。ダイヤモンドは 5.5 eV というワイドギャップのため遥か高温域まで pn 伝導制御の機能を失わず、300~700 °C でのデバイス動作可能性を持つ。放射線による結晶格子欠陥が発生しにくい上、構成元素が C のみであるため Si および SiC では本質的に不可避な核反応 $^{30}\text{Si}(n, \gamma)^{31}\text{Si}(\beta^-) \rightarrow ^{31}\text{P}$ で生じる半導体特性変化も起こらない。これらの特長から、センシングシステムの放射線検出器および前置増幅器 (FET) をダイヤモンドで作製することで、原子炉システムの更なる安全性・信頼性強化が期待できる。今回は X 線および γ 線照射がリンドープ n 型ダイヤモンド薄膜に及ぼす影響と、pin センサ等のダイヤモンドデバイスの耐放射線性について報告する。

【実験および結果】n 型ダイヤモンド薄膜はマイクロ波プラズマ CVD 法を用い、高温高压合成 Ib 型ダイヤモンド{111}表面上にホスフィン濃度 $\text{PH}_3/\text{CH}_4 = 40$ ppm、メタン濃度 $\text{CH}_4/\text{H}_2 = 0.05\%$ 、原料ガス総流量 1 L/min、ガス圧力 100 Torr の条件でホモエピタキシャル成長した。薄膜への X 線照射の影響は、Hall 効果測定による電気的特性、カソードルミネッセンスによる光学的特性評価により行った。Hall 効果測定の結果において、3 MGy までの X 線照射では、薄膜の移動度およびキャリア濃度に関して照射前後での有意な変化は見られなかった。カソードルミネッセンスの結果も同様に、照射前後でスペクトルに顕著な変化は見られなかった。以上より、3 MGy の X 線照射では n 型ダイヤモンド薄膜の電気的・光学的特性に影響を与えうる結晶格子の劣化は発生しないことが見出された。ダイヤモンド pin センサは γ 線 10^4 Sv/h の高線量率環境下における繰返し測定でも検出感度が劣化しないことを確認しており、ダイヤモンドバルクが元来持つ結晶格子の強度により性能が担保されているものと考えられる。

本研究の一部は原子力システム研究開発事業「過酷事故対応を目指した原子炉用ダイヤモンド半導体デバイスに関する研究開発」の支援により行われた。