

イオン照射を行った 4H-SiC MOSFET における絶縁破壊電界

Critical Electric Field in Ion Irradiated 4H-SiC MOSFETs

徳島大¹, 原子力機構², 産総研³ °出来 真斗^{1,2}, 牧野高敏²,富田 卓朗¹, 児島 一聡³, 大島 武²The Univ. of Tokushima¹, JAEA², AIST³, °Manato Deki^{1,2}, Takahiro Makino²,Takuro Tomita¹, Kazutoshi Kojima³, and Takeshi Ohshima²

E-mail: deki@ee.tokushima-u.ac.jp

1. はじめに

優れた物性を有する炭化ケイ素(SiC)は、低損失パワーデバイスへの応用が期待されており、信頼性の向上が要求されている。パワー MOS デバイスの信頼性を低下させる現象の一つに、単一イオンが入射することでゲート酸化膜が破壊される現象(Single Event Gate Rupture: SEGR) が挙げられる。SEGR はデバイス内部における電界強度が高いほど発生しやすく、地上で動作するデバイスにおいても、宇宙線起因の中性子線の入射により発生することが知られている。したがって、従来のシリコン(Si)デバイスよりも高い電界強度で使用する SiC デバイスにおいて SEGR 評価は不可欠である。我々はこれまでに、SiC-MOS キャパシタにおける SEGR 耐性が Si-MOS キャパシタよりも優れていることを報告している[1]。本研究では、SiC-MOSFET の SEGR 耐性について明らかにするため、単一イオンを SiC-MOSFET へ照射し、SEGR の観測を行った。具体的には、SEGR が発生した絶縁破壊電界(E_{cr})とドレイン-ソース間電圧(V_{ds})の関係について明らかにした。

2. 実験

n 型 4H-SiC 基板(8°オフ、Si 面)上に成長させた 4.9 μm 厚の p 型エピタキシャル層に、リンイオン注入およびゲート酸化を行い、横型 n チャンネル MOSFET を作製した。ゲート酸化膜は 1180°C において 80 分間ドライ酸化、および 900°C において 15 分間水蒸気中アニールを行い形成した。ゲート酸化膜厚はおよそ 25 nm である。デバイスへの単一イオン照射にはニッケル(Ni) 18 MeV を用いた。ドレイン-ソース間の電圧を 0~25 V で変化させ SiC-MOS キャパシタのゲート酸化膜への印加電圧を 0V から一定ステップで増加させていき、各ステップ時における単一イオン入射後のリーク電流を測定し、SEGR 発生時の絶縁破壊電界を同定した。

3. 結果

Fig. 1 に、未照射および Ni-18 MeV を照射した SiC -MOSFET における絶縁破壊電界の V_{ds} 依存性のグラフを示す。Fig. 1 において、Ni-18 MeV を照射した SiC-MOSFET の絶縁破壊電界は、未照射の絶縁破壊電界と比較し低下することが分かる。この結果は、我々がこれまでに報告している SiC-MOS キャパシタにおける SEGR 評価結果と一致している[1]。

次に E_{cr} の V_{ds} 依存性に注目する。Wheatley らは、イオン照射中の縦型 Si-MOSFET における E_{cr} が V_{ds} の増加にともなって低下することを報告している[2]。一方、Fig. 1 の実験結果から、横型 SiC-MOSFET における E_{cr} の V_{ds} 依存性は確認されなかった。これは、イオン照射により発生した電荷がソース-ドレイン間の電界によってゲート酸化膜界面に収集されず、ドレイン領域へ収集された為、 E_{cr} の V_{ds} 依存性が無かったと考えられる。

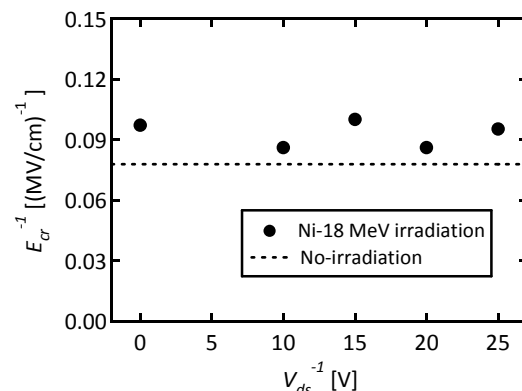


Fig. 1: V_{ds} dependence of E_{cr} in Ni-18MeV irradiated SiC MOSFETs.

【参考文献】

- [1] M. Deki *et al.*, Nucl. Inst. Meth. B, **319**, pp.75-78 (2014).
- [2] C. F. Wheatley *et al.*, IEEE Trans. Nucl. Sci. **44**, pp. 2152-2159 (1994).