

4H-SiC パワーデバイスの応力解析技術の構築

Stress analysis method for 4H-SiC power devices

東大工¹, (株)東芝 研究開発センター²

榎間 大輝¹, 村上 陽一¹, 泉 聡志¹, 牛流 章弘², 廣畑 賢治²

°Hiroki Sakakima¹, Yoichi Murakami², Satoshi Izumi¹, Akihiro Goryu², Kenji Hirohata²

Univ. of Tokyo¹, Toshiba R&D center²

E-mail: sakakima.hiroki@fml.t.u-tokyo.ac.jp

はじめに: 4H-SiC は高温, 大電流に適用可能なパワーデバイス用材料として期待されている。デバイス作成時, 材料毎の線膨張係数の差などによりデバイスには残留応力が生じる。残留応力は電気特性に影響を与えるため, デバイスの機械的な信頼性だけでなく電気性能を評価する上でも重要な要素となる。本研究では第一原理計算, 有限要素法及びラマン分光測定を用いて 4H-SiC パワーデバイスの応力分布を解析する技術の検討を行った。

手法: 本研究では, Cree 社製 n 型 MOSFET を解析対象とした。ラマン分光法により測定されるラマン散乱光の振動数変化と応力成分の変換式には Briggs らによるウルツ鉱型結晶に対する式 [1] を用い, 変換に必要なとなるフォノン変形ポテンシャル係数を第一原理計算(PHASE/0 [2])により求めた。また, 製造プロセスを再現する多段階熱応力解析を有限要素法解析により行いデバイス中の残留応力分布を求めた。これらを組み合わせることで解析的に得られるラマンシフトの分布とラマン分光測定結果の比較により応力解析の妥当性確認を行う。

結果と考察: Table1 に無応力状態で算出した 780cm^{-1} 付近のフォノン A1, E1, E2 モードの振動数と, 4H-SiC ラマン測定結果 [3]の比較を示す。無応力下においては解析と測定の誤差は 1%以下であった。作成した MOSFET の有限要素モデルを Fig.1 に, 得られた応力分布を元に作成したラマンシフトの分布と測定結果の比較を Fig.2 に示す。実験と解析ではゲート直下のラマンシフトの分布に差異が見られる結果となった。現在は応力解析の高精度化へ取り組んでいる。

参考文献: [1] R. J. Briggs, et al., Phys. Rev. Lett. B, 13, No. 12, 5518-5529 (1976).

[2] <https://azuma.nims.go.jp/>

[3] H. Harima, et al., J. Appl. Phys. 78, 1996-2005 (1995).

謝辞: 本研究は, 総合科学技術・イノベーション会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム) 「次世代パワーエレクトロニクス/SiC 次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発」(管理法人: NEDO) によって実施されました。

Table1. Calculated 4H-SiC phonon frequency(cm^{-1})

vibration mode	Calculation	Experiment [3]
A1(TO)	783.6	783
E1(TO)	799.1	798
E2(TO)	780.1	776

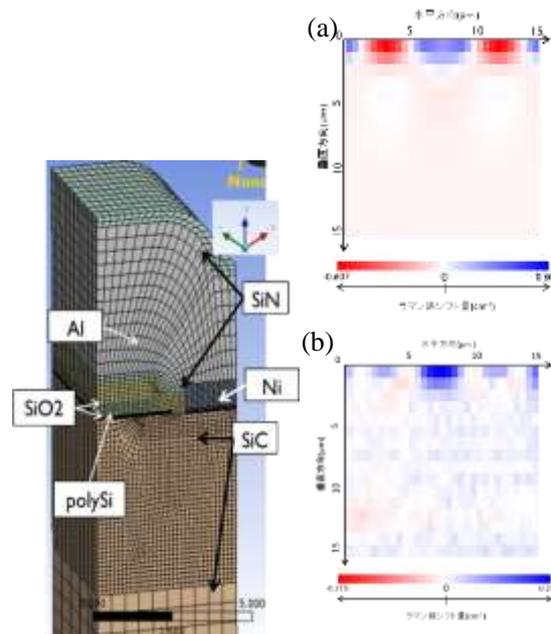


Fig. 1. FE model of SiC nMOSFET.

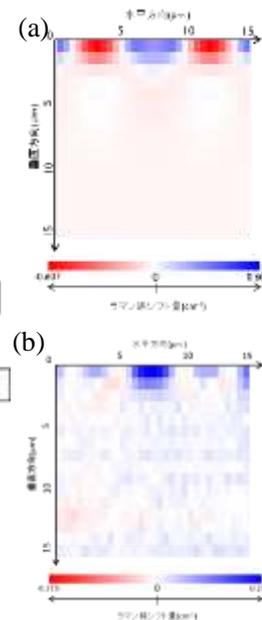


Fig. 2. Analysis (a) and Experimental (b) result of E2 Raman shift