

界面近傍の SiO₂ 微視的構造と MOS 界面の電気特性からみた 4H-SiC m 面のウェット酸化により形成された MOS 界面の特徴

Study on wet-oxidized 4H-SiC m-face MOS interface by SiO₂ microscopic structure and electric characteristics

¹東京大学大学院工学系研究科 マテリアル工学専攻, ²(株)デンソー

◦黒山 滉平¹, 平井 悠久¹, 山本 建策², 林 真理子², 喜多 浩之¹

¹The Univ. of Tokyo, ²DENSO CORP. ◦K. Kuroyama¹, H. Hirai¹, K. Yamamoto², M. Hayashi², and K. Kita¹

E-mail: kuroyama@scio.t.u-tokyo.ac.jp

【背景および目的】 4H-SiC の熱酸化により形成される MOS 界面の電気特性は基板の面方位と共に酸化手法に強く依存し、特にウェットまたはドライ雰囲気中で形成された界面品質の違いは大きい。例えば無極性である a 面上ではウェット酸化を用いると高いチャネル移動度が得られているが[1]、その原因は明らかでない。我々はこれまでに Si 面、C 面および m 面上の熱酸化界面について、フーリエ変換赤外分光 (FTIR) 法を用いて、界面近傍の熱酸化膜の微視的構造を解析してきた[1,2]。今回は無極性面の 1 つである m 面に着目し、ウェットまたはドライ酸化後の MOS 界面における界面近傍の微視的構造と電気特性との相関を評価した。

【実験手順】 n 型エピ層 (ドーパ濃度 $\sim 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) を有する 4H-SiC (1 $\bar{1}$ 00) 面 (m 面) 基板上に、1000°C にてドライ O₂ およびウェット雰囲気中で膜厚 $\sim 10 \text{ nm}$ の熱酸化膜を形成した。ウェット酸化においては、N₂ または 2% O₂ ガスを 60°C に保った水に通じることで約 0.2 atm の水蒸気を含む雰囲気を調製した (以下それぞれ N₂-ウェット、O₂-ウェットと呼ぶ)。界面近傍の膜厚に伴う構造変化を評価するために、HF 溶液中での熱酸化膜の化学エッチングと 45° 入射 Ge プリズムを用いる全反射減衰 (ATR) 法による FTIR 測定を繰り返し行った。なお、酸化膜厚は XPS Si2p 内殻スペクトルから推定した[1]。Au を蒸着して MOS キャパシタを作製し、CV 特性を評価した。

【結果および考察】 ドライまたはウェット雰囲気中で形成した熱酸化膜について、Si-O-Si 結合の非対称伸縮振動の LO ピーク位置の膜厚依存性を Fig. 1 に示す。既に報告したドライ酸化[3]と同様に、ウェット酸化においても界面近傍 ($< 3 \text{ nm}$) における低波数シフトが観測され、構造遷移層の厚さや構造歪みの大きさについてはドライ/ウェット酸化雰囲気による違いは小さい。また、微視的構造の均質性の評価のため、LO ピークの幅の膜厚依存性を解析した結果を Fig. 2 に示す。構造遷移層の形成に伴うピーク幅の増大が見られるが、ウェット酸化におけるピーク幅の変化量はドライ酸化より小さいことがわかる。よって m 面上では、ピーク位置に反映される構造歪みの平均はウェット/ドライに依らず基板の表面構造によって制約されているが、ウェット雰囲気では局所的な歪みの緩和による SiO₂ 構造の均質化が顕著に起こると考えられる。次に、異なる雰囲気での熱酸化により作製した MOS キャパシタの CV 特性を比較した。Fig. 3 に示すように、ウェット酸化では周波数分散およびフラットバンド電圧シフトがドライ酸化に比べ改善され、特に O₂-ウェットにおいて良好な特性が得られた。界面近傍での SiO₂ 構造の制御が m 面上の MOS 界面欠陥密度を低減する上での重要な因子の 1 つと考えられる。

なお、本研究の一部は日本学術振興会科研費補助金の助成により実施された。

【参考文献】 [1] T. Endo et al., Mater. Sci. Forum **600-603**, 691 (2009). [2] H. Hirai and K. Kita, APL **103**, 132106 (2013). [3] 黒山ら, 2016 年春季応用物理講演会 (21a-H101-4).

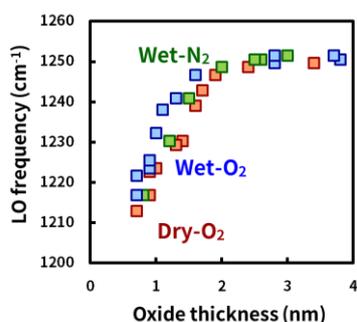


Fig.1. Change of LO peak frequency with decreasing oxide thickness.

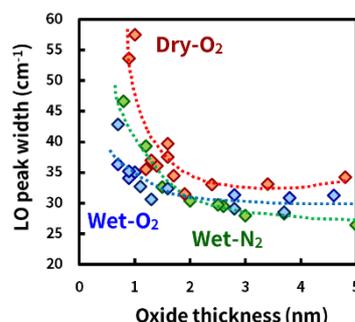


Fig.2. Changes of LO peak width at 70%-maximum intensity with decreasing oxide thickness.

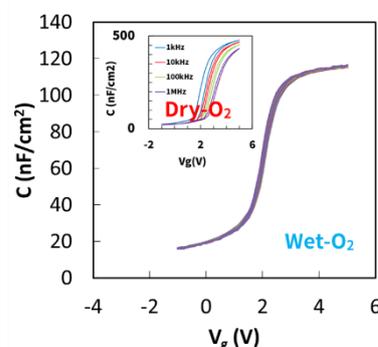


Fig.3. C-V characteristics of MOS capacitors fabricated in different oxidation ambient.