

CO₂ 雰囲気下での 4H-SiC 熱酸化の検討

Thermal oxidation of 4H-SiC under CO₂ ambient

阪大院工 °細井 卓治, 大迫 桃恵, 志村 考功, 渡部 平司

Osaka Univ. °Takuji Hosoi, Momoe Ohsako, Takayoshi Shimura, Heiji Watanabe

E-mail: hosoi@mls.eng.osaka-u.ac.jp

SiC MOSFET の性能向上に向けて熱酸化 SiO₂/SiC 界面欠陥の低減が強く望まれている。熱酸化過程で SiO₂/SiC 界面に残留する炭素不純物が界面欠陥となることが懸念されることから、我々は炭素を効率的に脱離させる手法として超高温・低酸素分圧下での酸化を提案している[1]。1600°C、Ar 希釈 0.3% O₂ 雰囲気中での熱酸化により 4H-SiC(0001)上に作製した nMOSFET で移動度向上を実現[1]すると共に、pMOSFET でも nMOSFET と同等の移動度が得られることを報告した[2]。また、界面炭素欠陥の低減は電子スピン共鳴でも確認できた[3]。一方、これまで O₂ 以外の N₂O や NO、H₂O 雰囲気下での SiC の熱酸化が報告されているが、本研究では CO₂ による超高温酸化を検討したので報告する。

n 型エピタキシャル層付き 4H-SiC(0001)基板を洗浄し、赤外線ランプ加熱式酸化装置を用いて大気圧 CO₂ 雰囲気中で昇温し熱酸化を行った。その後、分光エリプソメトリを用いて SiO₂ 膜厚を測定したところ、1500°C 以上の温度で SiO₂ 膜厚と酸化時間の間に明確な比例関係が確認できた。また、直線近似の傾きから算出した酸化速度のアレニウスプロットを図 1 に示す。酸化反応の活性化エネルギーが O₂ では 2.9 eV [1]であるのに対して、CO₂ では 7.5 eV と非常に高いことがわかった。

図 2 に 1600°C の CO₂ 酸化後に Al 電極を形成して作製した MOS キャパシタの高周波 C-V 特性と high-low 法により求めた界面準位密度分布を示す。CO₂ 酸化試料の C-V 特性は、比較用に作製した Ar 希釈 0.3% O₂ 雰囲気中での熱酸化試料と同等の傾きを示し、界面準位密度もほぼ一致することがわかった。すなわち、超高温 CO₂ 酸化もまた SiO₂/SiC 界面特性向上に有効と言える。さらに、C-V 特性のヒステリシスは CO₂ 酸化試料の方が小さくなっており、CO₂ 雰囲気中熱処理が SiO₂ 膜中の酸素空孔を補償するのに効果的であるとの理論予測[4]もなされていることから、CO₂ 酸化は界面欠陥形成の抑制に加えて、界面近傍の電子トラップ低減効果もあると考えられる。

【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」(管理法人: NEDO) によって実施された。

【参考文献】 [1] T. Hosoi *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 091301 (2018). [2] K. Moges *et al.*, ICSCRM, WE.CP.11 (2017). [3] T. Umeda *et al.*, ECSCRM, TU.3b.01 (2018). [4] K. Chokawa *et al.*, J. Appl. Phys. **124**, 135701 (2018).

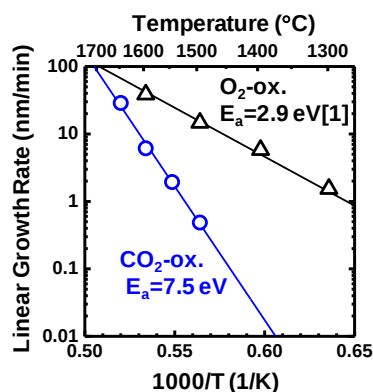


Fig. 1 Arrhenius plot of SiO₂ linear growth rate for thermal oxidation under CO₂ and O₂ ambient.

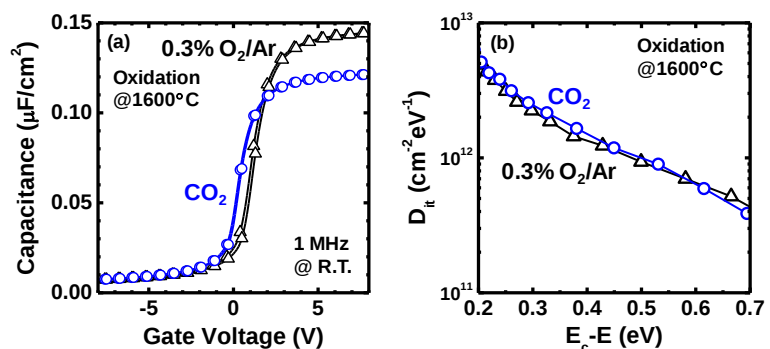


Fig. 2 (a) Bidirectional C-V curves measured at 1 MHz and (b) energy distribution of D_{it} estimated by using high-low method for SiC MOS capacitors with gate oxides formed by thermal oxidation under 0.3% O₂/Ar and CO₂ ambient at 1600°C.