

CO₂ アニールによる 4H-SiC(0001) MOS デバイスの特性改善

Improved characteristics of 4H-SiC(0001) MOS devices by CO₂ annealing

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

我々は CO₂ 雰囲気下で 1500°C 以上の温度で熱処理することにより、4H-SiC(0001)面上で酸化反応が進行することを確認した。一方で、CO₂ 雰囲気下での POA (Post-oxidation annealing) は、1200°C で C-V 特性の周波数分散は低減するものの、MOSFET の移動度向上は見られなかった報告例が 1 件あるのみである[1]。しかし最近、CO₂ 雰囲気中熱処理が SiO₂ 膜中の酸素空孔の補償に効果的であるとの理論予測[2]がなされ、また 1600°C の CO₂ 酸化により作製した SiC MOS キャパシタが良好な電気特性を示したことから、CO₂-POA の効果についても系統的な検証が求められる。そこで本研究では、1400°C までの温度で CO₂-POA を実施し、SiO₂/SiC 界面への影響を評価した。

n 型エピタキシャル層付き 4H-SiC(0001)基板を洗浄し、1300°C のドライ O₂ 酸化で約 33 nm の SiO₂ 層を形成した後、1000~1400°C の CO₂ 雰囲気中で POA を施した。その後、Al 電極を形成して作製した MOS キャパシタの高周波 C-V 特性を図 1 に示す。なお、いずれの POA 温度でも SiO₂ の増膜は見られなかった。酸化のみの試料で大きなヒステリシスやハンプが観測されたのに対して、1000°C の CO₂-POA ではハンプが消失し、ヒステリシスも低減している。また、より高温 (1200°C と 1400°C) で CO₂-POA を施した試料は、ヒステリシスのない良好な C-V 特性を示した。このことから、1200°C 以上の温度での CO₂-POA が SiO₂/SiC 界面特性改善に効果的であることがわかる。

次に、1200°C と 1400°C の CO₂-POA、そして 1600°C での CO₂ 酸化により作製した nMOSFET の電界効果移動度および C-V 特性を図 2 に示す。MOS キャパシタでは 1200°C と 1400°C で大きな差は見られなかったが、1400°C の方が高い電界効果移動度を示しており、C-V 特性からも特にホールトラップに起因するヒステリシスが低減していることがわかる。また、1400°C の POA と 1600°C の CO₂ 酸化がほぼ同様の結果となっていることから、1400°C の POA では SiO₂/SiC 界面で僅かに酸化反応が起こったことが示唆される。界面炭素欠陥は価電子帯近傍に多く準位を形成することが第一原理計算で予測されている[3]ことから、1400°C 以上の温度での CO₂ 熱処理は炭素不純物除去の効果があると考えられる。

【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] W. Wang *et al.*, Mater. Sci. Forum **457-460**, 1309 (2004). [2] K. Chokawa *et al.*, J. Appl. Phys. **124**, 135701 (2018). [3] T. Kaneko *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 011302 (2018).

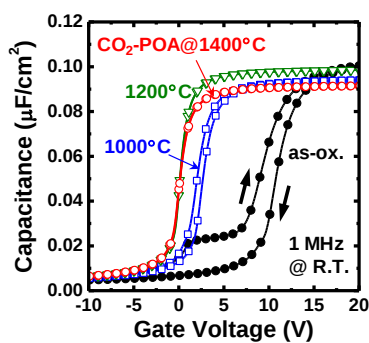


Fig. 1 Bidirectional C-V curves measured at 1 MHz for SiC MOS capacitors with CO₂-POA at various temperatures.

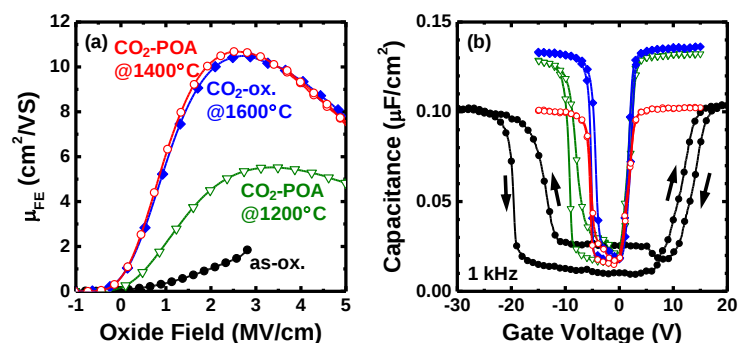


Fig. 2 (a) Field-effect mobilities and (b) bidirectional C-V curves measured at 1 kHz SiC nMOSFETs with CO₂-POA (1200, 1400°C) or CO₂ oxidation (1600°C).