少量の CO 共存下で進行する O2 及び H2O による熱酸化に伴う酸化膜中欠陥形成機構の考察

Consideration on the mechanisms of defect formation in oxides by the thermal oxidations in O₂ or H₂O ambient including a small amount of CO

東京大学大学院 マテリアル工学専攻 ^〇劉 洪波、喜多 浩之

Department of Materials Engineering, The University of Tokyo, [°]Hongbo Liu and Koji Kita E-mail: <u>liuhb@scio.t.u-tokyo.ac.jp</u>

【緒言】 SiC の熱酸化は、界面近傍の酸化膜中に高密度の酸化膜中トラップ準位を生じるなど、 本質的な欠陥生成機構を伴っていると考えられ、その理解とそれに基づく抑制が不可欠である。 中でも本質的な劣化の原因の1つとして SiC の酸化に伴って不可避的に発生する CO が酸化反応 を阻害し、欠陥準位を導入してしまう可能性^[1]が考えられる。本研究では、SiC 熱酸化に伴う多く の欠陥形成要因のうち、CO の存在による影響だけを抽出する目的で、Si 基板上での熱酸化過程 に対する少量の CO 導入が、Si MOS 特性に与える影響を調査することとした。

【実験】 基板には p 型の Si(100) 基板を使用した。予めその表面に 10 nm の熱酸化膜を成長した 後、(a) 1atm O₂ (O₂酸化)、(b) 0.2atm H₂O + 0.8atm N₂ (H₂O 酸化) (c) 0.2atm H₂O + 0.8atm O₂ (H₂O + O₂酸化) の三種類の雰囲気での熱酸化を追加した。これらとは別に、(a)~(c)の各雰囲気のうち の 0.05 atm を CO に入れ替えて同様の界面酸化を行った試料を作製した。どの条件も酸化温度は 800°C とし、成長量が 5nm~10nm の範囲となるようにした。その後 Au 電極を蒸着して MOS キャパシタを作製し、C-V 特性を測定した。

【結果及び考察】 Fig.1 は、(a) O₂酸化、(b) H₂O 酸化、(c) H₂O+O₂酸化の各条件での酸化雰囲気 に CO を 0.05 atm 添加した場合の 1 MHz で測定した C-V 特性の比較である。 図にはこれらの酸化 処理を行わなかったときの特性も併せて示した。少量の CO を導入することにより、(a)および(b) でヒステリシスの増加または反転側の応答の現れなど、界面およびその近傍でのトラップ準位が 増加する。さらにフラットバンド電圧のシフトから固定電荷の増加も示唆される。従って、COの 僅かな添加によって新たに成長した酸化膜が劣化している。ただし、(c) H2O+O2 酸化では、CO が 導入されたにもかかわらず C-V 特性の劣化は小さくなっており、CO の影響の大きさが酸化雰囲 気に対して敏感に変わることを示唆する。Fig.2 に(a)~(c)の各条件で追加の酸化を行った試料にお ける C-V 特性のヒステリシス幅を CO 添加の有無で比較して示した。条件(c)以外は、CO 添加時 のヒステリシスの増大傾向が明確である。ヒステリシスは比較的時定数の長い、主として界面近 傍の酸化膜中のトラップ準位に起因すると考えられ、新たに成長した熱酸化膜の品質の差を表わ す指標である。このような界面近傍での膜質劣化は、添加された CO のうちで界面まで到達した ものが CO+1/2 O₂ **CO**₂の平衡によって Si と O₂の反応を阻害するため、界面が SiO₂と共に SiO を生成し易い環境となっていることに起因する可能性がある。以上の結果は、界面に僅かな CO が常に不可避的に共存する SiC 上の熱酸化において SiO の生成を伴う不完全な酸化が膜質の劣化 の重要な因子となる可能性を示唆する。現時点ではまだ具体的な欠陥形成過程は明らかではない ものの、SiC 上の熱酸化時に共存する CO の影響は、O2、H2O、及びその組み合わせなど酸化雰囲 気の制御によって変化しており、SiC MOS 特性が酸化雰囲気によって大きく変化することとも符 合する。尚、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行われた。 参考文献: [1] E. Pitthan, et al, Journal of Applied Physics 119, 025307 (2016).



