

光照射 C-V 測定による窒化 SiO₂/SiC 界面における深い準位の評価

Deep interface states at nitrogen-passivated SiO₂/SiC

by photo-assisted C-V measurements

京大院工 ○(D1)立木 馨大, 鐘ヶ江 一孝, 木本 恒暢

Kyoto Univ., °Keita Tachiki, Kazutaka Kanegae, Tsunenobu Kimoto

E-mail: tachiki@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

背景： SiC MOSFET のオン状態では表面フェルミ準位 (E_F) が伝導帯端近傍に位置するため、浅い界面準位がチャネルの実効移動度を制限している主要因だと考えられている[1]。しかし、エネルギー的に深い界面準位に捕獲された電子が散乱源として振舞う場合、移動度の劣化を引き起こす可能性があるため、深い界面準位の性質を評価することも重要となる。SiO₂/SiC 界面準位は一般に MOS キャパシタの C-V 特性により評価されるが、電圧掃引速度と比較して応答の遅い界面準位を評価することは極めて困難である。そのため、界面準位低減プロセスとして知られる NO 窒化処理によってエネルギー的に深い界面準位が低減されるかどうかは未解明である。本研究では光を照射することで、室温 C-V 特性により評価できない、深い界面準位の評価を試みた[2]。

試料作製&評価手法： n 型基板上の n 型 SiC(0001)エピ層に MOS キャパシタを作製した。n 層の実効ドナー密度は $8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ である。ドライ酸化 (1300°C) によりゲート酸化膜を形成した後、NO アニール (1250°C, 70 min) もしくは高温 (1400°C) N₂ アニール (10, 30, 45 min) を行った。酸化膜表面に厚さ約 10 nm の Al 電極を蒸着した。C-V 測定は、光を照射しながら、空乏領域から蓄積領域へ電圧を掃引して行った。照射光源としては波長が 621 nm の LED を用いた。高周波 C-V 特性の測定周波数は 1 MHz である。

結果および考察： 酸化のみ (As-Ox.)、NO 処理 (NO) を施した MOS キャパシタの暗時および光照射時の C-V 特性を図 1 に示す。As-Ox. 試料では光照射を行うと、深い空乏領域で暗時と比較して大きな負方向電圧シフト ($\Delta V_{ds} = -3.3 \text{ V}$) が観測される。一方 NO 試料では、負方向電圧シフトは 0.2 V とほぼ消滅しており、深い準位の大幅な低減が示唆される。前述の試料および N₂ 窒化を施した試料の High-Low 法により評価した界面準位密度 (D_{it}) 分布を図 2 に示す。N₂ 窒化時間の増加に伴い、界面準位は低減しており、この結果は先行研究と良く一致する[3]。図 3 に、 ΔV_{ds} から求めた、光照射により電子を放出した準位が全て界面に存在すると仮定した場合の界面準位の面密度を、各熱処理条件ごとに示す。As-Ox. 試料では 10^{12} cm^{-2} 以上もの界面準位が検出されたが、NO 処理を施すと約 10^{11} cm^{-2} まで低減した。また NO 処理には及ばないものの、N₂ による窒化処理もアニール時間の増加に伴い、 ΔV_{ds} から概算した深い界面準位は大幅に減少している。以上のことから、NO 処理のみならず N₂ による窒化処理も、深い界面準位の低減に有効であるといえる。

[1] T. Hatakeyama et al., *APEX* **10** (2017) 046601. [2] H. Yano et al., *IEEE TED* **46** (1999) 504. [3] A. Chanthaphan et al., *JJAP* **55** (2016) 1176.

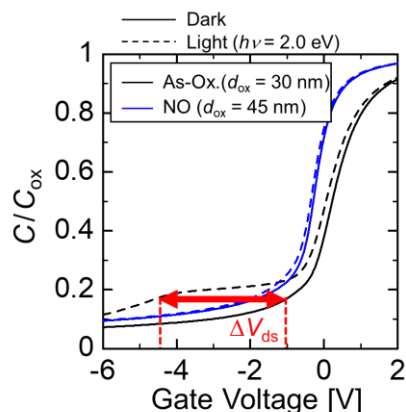


Fig.1 C-V characteristics (dark, under illumination) of the fabricated MOS capacitors.

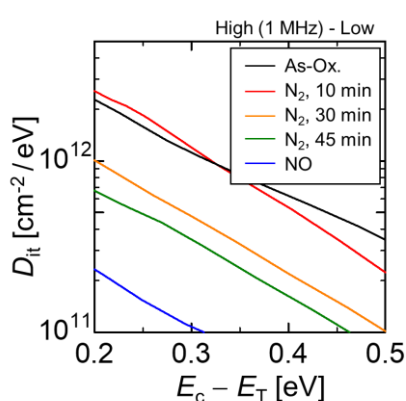


Fig.2 D_{it} extracted for the fabricated MOS capacitors by the High-Low method.

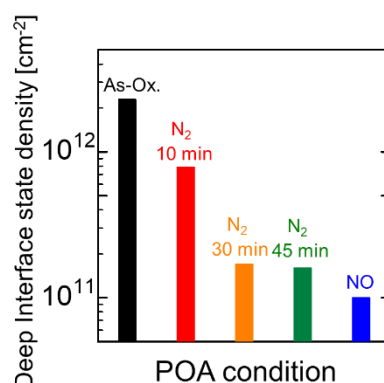


Fig.3 Deep interface state densities evaluated from the voltage shift ΔV_{ds} in the deep depletion state.