

Si-IGBT プロセスによる FZ-Si の少数キャリアライフタイムへの影響評価-II-

Second-Phase Evaluation of Minority Carrier Lifetime in FZ-Si Affected by Si-IGBT Process

°小林 弘人¹, 横川 凌^{1,2}, 木下 晃輔¹, 沼沢 陽一郎¹, 小椋 厚志¹, 西澤 伸一³
更屋 拓哉⁴, 伊藤 一夫⁴, 高倉 俊彦⁴, 鈴木 慎一⁴, 福井 宗利⁴, 竹内 潔⁴, 平本 俊郎⁴
(1. 明治大理工, 2. 学振特別研究員 DC, 3. 九州大工, 4. 東京大工)

°H. Kobayashi¹, R. Yokogawa^{1,2}, K. Kinoshita¹, Y. Numasawa, A. Ogura¹ and S. Nishizawa³
T. Saraya⁴, K. Ito⁴, T. Takakura⁴, S. Suzuki⁴, M. Fukui⁴, K. Takeuchi⁴, T. Hiramoto⁴
(1. Meiji Univ., 2. JSPS Research Fellow DC, 3. Kyushu Univ., 4. Tokyo Univ.)

E-mail: ce171027@meiji.ac.jp

【背景・目的】Si 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(Si-IGBT)は高耐圧パワー半導体デバイスとして今後の主流となると期待され、3D スケーリング[1]等の開発が進められている。さらに、Si-IGBT の性能向上にはキャリアライフタイム制御も重要である[2]。

Si-IGBT 製造工程において、ゲート酸化後のプロセス温度の高い主工程としては、B ベース層および P エミッタ層の活性化処理がある。我々は前回、ゲート酸化工程により Si/SiO₂ 界面に界面準位が発生し、キャリアライフタイムを低下させることを報告した。今回はゲート酸化後に上記活性化処理工程を経た基板を光導電率減衰測定および C-V 測定により評価した。その結果、活性化処理により界面準位等の特性が変化することを見出したので報告する。

【実験】FZ-Si ウェーハに dry 酸化(1050°C, 17 分, O₂ 雰囲気)および wet 酸化(900°C, 12 分, H₂O 雰囲気)の二つの条件で同じ膜厚(約 35 nm)の酸化膜を形成した。続いて、B,P 活性化に相当する熱処理(1050°C, 60 分, N₂ 雰囲気)を施し、合計 4 種類の試料を作製した。

少数キャリアライフタイムには Sinton 社 WCT-120 を用いて光導電率減衰測定を行った。C-V 測定は、SiO₂ 表側に Al、Si 基板裏側に Ag を蒸着し、1 KHz の低周波と 1 MHz の高周波の二条件で測定した。

【結果と考察】Fig. 1 に dry 酸化および wet 酸化について、ゲート酸化後とその後の活性化相当熱処理後の少数キャリアライフタイムの測定結果を各々示す。Fig. 1 より dry 酸化では活性化熱処理前後でキャリアライフタイムに大きな変化はないことが確認された。一方で wet 酸化では活性化熱処理前に比べて、活性化熱処理後にキャリアライフタイムの向上が確認された。Fig. 2 に各試料に対する高周波 C-V 測定の結果を示す。Table.1 に、高周波および低周波 C-V 測定の結果より求めた各試料に対する界面準位密度を示す。Fig. 2 より wet 酸化の場合、活性化相当熱処理後に高周波 C-V 特性は理想 C-V 特性に近づいている。また Table.1 より熱処理後に界面準位密度が大きく低下している。一方で dry 酸化の場合は活性化熱処理前後で C-V 特性に大きな変化はないことが確認された。これらはキャリアライフタイムの測定結果をよく説明している。これらの結果はゲート酸

化に加えて、その後の活性化熱処理工程まで考慮したキャリアライフタイムの評価が必要であることを示している。

【謝辞】本研究の一部は新エネルギー・産業技術総合開発機構の支援のもと実施された。

【参考文献】

- [1] K. Kakushima *et al.*, IEDM2016, 268 (2016).
[2] N. Iwamoto *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices, 64, 741 (2017).

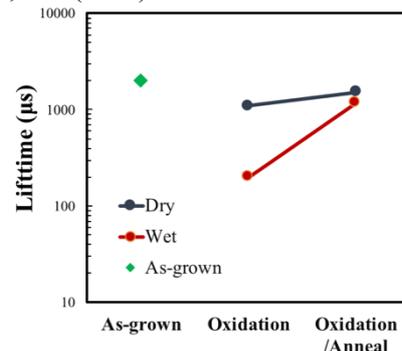


Fig. 1 Lifetime before and after anneal treatment with Dry and Wet oxide

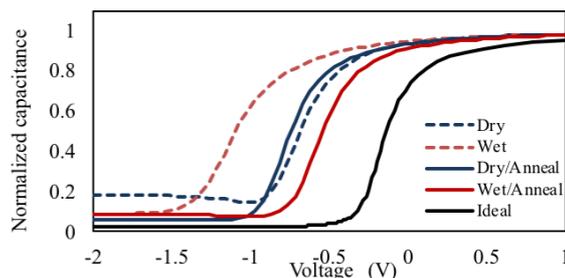


Fig. 2 High frequency C-V characteristics

Table. 1 Interface state density for each sample

Process	Interface State Density (cm ⁻² eV ⁻¹)
Dry	6 × 10 ¹⁰
Wet	3 × 10 ¹¹
Dry/Anneal	7 × 10 ¹⁰
Wet/Anneal	6 × 10 ¹⁰