

4H-SiC における表面再結合速度の解析精度向上

Improvement of analysis on surface recombination velocities for 4H-SiC

○小濱 公洋¹、加藤 正史¹、市村 正也¹ (1. 名古屋工業大学)°Kimihiro Kohama¹, Masashi Kato¹, Masaya Ichimura¹ (1.Nagoya Inst of Tech.)

E-mail: cko16545@stn.nitech.ac.jp

SiC バイポーラデバイスにおいてキャリアライフタイムはデバイス特性を左右するパラメータであり、表面再結合速度 S はその制限因子である。我々は拡散係数のキャリア密度依存性を無視し、また輻射再結合及びオージェ再結合を考慮しない数値解析によって S の定量的な評価を行ってきた[1]。本研究では、これらの要素を考慮した数値解析により S の評価を行った。

本研究では、文献[1]で使用した両面 CMP 処理試料、NaOH エッチング試料を使用し、文献[1]と同様の条件でマイクロ波光導電減衰(μ -PCD)法を用いてキャリアライフタイム測定を行った。なお、 μ -PCD 信号のピークからその強度が $1/e$ 倍になるまでの時間を $1/e$ ライフタイム $\tau_{1/e}$ と定義した。 S を評価するため μ -PCD 法によって得られた減衰曲線から求めた $\tau_{1/e}$ と、表面再結合を考慮した境界条件のもとで過剰キャリア密度の減衰を示す微分方程式 $\partial n/\partial t = D\partial^2 n/\partial x^2 - n/\tau_{\text{epi}} - Bn^2 - Cn^3$ から求めた数値解析の結果を比較する。ここで n は過剰キャリア密度、 B は輻射再結合係数[2]、 C はオージェ再結合係数[2]、 τ_{epi} はバルクライフタイムである。また拡散係数 D の値は文献[3]の式(4)および電子正孔散乱の影響[4]を考慮することでキャリア密度に依存させた。 B 及び C は報告値 $2 \times 10^{-14} \text{ cm}^3\text{s}^{-1}$ 、 $5 \times 10^{-31} \text{ cm}^6\text{s}^{-1}$ [2]を用いた。

図1に波長 355 nm 励起での μ -PCD 測定により得られた NaOH エッチング試料(膜厚 81 μm)の Si 面および C 面での $\tau_{1/e}$ (図中青帯の上下端)と、Si 面と C 面の S が等しいと仮定し τ_{epi} をパラメータとして算出した $\tau_{1/e}$ と S の関係を示す。この図より、波長 266 nm で励起した場合の測定値と解析値との比較から見積もられた S の範囲内(200~300 cm/s)で、測定値を説明可能な τ_{epi} が 5~10 μs であることがわかった。図2に NaOH エッチング試料に対して測定された $\tau_{1/e}$ の膜厚依存性と $\tau_{\text{epi}}=5 \mu\text{s}$ とした時の解析結果を示す。この時 C 面の $S(S_C)$ は S の範囲の最大値 300 cm/s で固定し、Si 面の $S(S_{\text{Si}})$ を変化させた結果、図に示すように S_{Si} が 100 cm/s の時に測定値に最も近くなった。 $\tau_{\text{epi}}=10 \mu\text{s}$ の場合は S_{Si} が 150 cm/s の時に測定値に近くなったため、NaOH エッチング試料の S_{Si} は 100~150 cm/s であろうことが示唆された。この値は過去に報告されてきた S [1,2]より一桁程小さい。従って今後はキャリアライフタイムの解析において S の値に注意すべきだと考えられる。

本研究は JSPS 科研費 25390067 の助成を受けたものです。

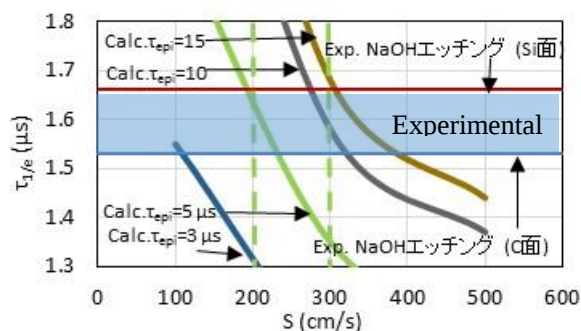


図1 NaOH エッチング試料を波長 355 nm で励起した場合の $\tau_{1/e}$ の実測値及び解析結果

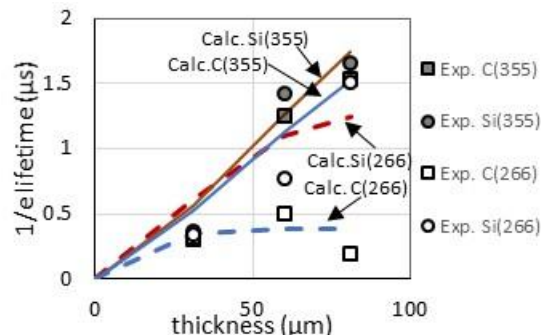


図2 NaOH エッチング試料における $\tau_{1/e}$ の膜厚依存性と解析結果($S_{\text{Si}}=100 \text{ cm/s}$, $S_{\text{C}}=300 \text{ cm/s}$, $\tau_{\text{epi}}=5 \mu\text{s}$)

[1] Mori et al., J. Phys. D. Appl. Phys. 47, 335102 (2014). [2] Scajev et al., J. Phys. D. Appl. Phys. 46, 265304 (2013). [3] Hayashi et al., Jpn. J. Appl. Phys. 53, 111301 (2014). [4] Kato et al., Jpn. J. Appl. Phys. 54, 04DP14 (2015).