

4H-SiC の Si・C 面表面再結合速度 -測定・解析精度向上による再検討-

Surface recombination velocities for the Si- and C-faces of 4H-SiC: re-examination

through experimental and analytical accuracy improvements

名工大 °加藤 正史, (M2)Zhang Xinchi, 小濱 公洋, 市村 正也

NITech, °Masashi Kato, Zhang Xinchi, Kimihiro Kohama, Masaya Ichimura

E-mail: kato.masashi@nitech.ac.jp

半導体のキャリアライフタイム (バルクライフタイム τ_B) を正確に見積もり、バイポーラデバイス設計に活かすためには、表面再結合速度 S の正確な値は欠かせない。我々はこれまでに 4H-SiC の S を評価してきており、n 型 4H-SiC の(0001)Si 面および(000 $\bar{1}$)C 面における値を公表してきた[1-3]。しかしながら、従来の測定・解析において、不正確さを導く因子が存在し、結果的に S を過大評価してしまっていた。本発表では、より正確な測定・解析を行う上で課題であった点を紹介するとともに、課題の改善によって得られた S により従来値を訂正する。

これまで我々は Si 面および C 面の両方に化学機械研磨(CMP)処理を施した n 型 4H-SiC 自立エピ膜を試料として、マイクロ波光導電減衰(μ -PCD)法によりキャリアライフタイム測定を行ってきた。このとき、複数の厚みの試料に対して、二種類の励起波長(266 or 355 nm)での測定結果を用い、文献[4]で述べられているような偏微分方程式をフーリエ級数展開する計算手法により、すべての測定結果を再現できる τ_B および S の組み合わせを見出すことで S を定量してきた。この手法は、測定における励起波長は異なるものの、測定で得られる見かけのライフタイムが長い (τ_B が長く S が小さい) Si においては有効な手法であった。しかしながら、SiC では得られるライフタイムが短いため、測定・解析に下記の 2 つの課題が存在していた。

- i) 特に薄膜試料に対して短波長で励起した場合、測定装置の時間分解能への要求が高く、ns オーダーの分解能が必要。
- ii) 速い時定数を含んだ実験結果を再現する場合、計算結果が収束し辛く、有限時間で計算を打ち切ると誤差の原因になる。

i) の課題に対しては、広帯域のオシロスコープ・アンプの使用およびそれらのインピーダンスを整合させることで解決をし、ii) の課題に対しては、市販ソフトのソルバーにより偏微分方程式を直接解くことにより解決した。Fig. 1 に課題を改善して得られた S と τ_B の温度依存性を示す。なお対象とする試料と測定条件は文献[2]と同様であり、窒素濃度 10^{15} cm^{-3} 、膜厚 43-83 μm を有するエピ膜に対して注入光子密度 $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ で励起した結果から得られたものである。室温での S は Si 面で 150 cm/s 、C 面で 500 cm/s であり、文献[2]で報告した Si 面 2000 cm/s 、C 面 5500 cm/s よりも一桁小さくなった。一方、 τ_B は室温で 6 μs となり、従来報告の 3 μs よりも大きくなった。また、 S の値は温度とともに上昇した。

これら正確な手法により得られた S は、非極性面[5]および p 型試料で得られた結果とともに、近い将来論文として公表する予定である。

- [1] M Kato, A Yoshida, M Ichimura, Jpn. J. Appl. Phys. 51, 02BP12 (2012)
- [2] Y Mori, M Kato, M Ichimura, J. Phys. D: Appl. Phys. 47, 335102 (2014).
- [3] M. Kato, Proc. SPIE 9957, Wide Bandgap Power Devices and Applications, 995703
- [4] Y.-I. Ogita, J. Appl. Phys. 79, 6954 (1996).
- [5] 章 心馳、小濱 公洋、市村 正也、加藤 正史 第 65 回応用物理学会春季学術講演会[19p-D103-14]

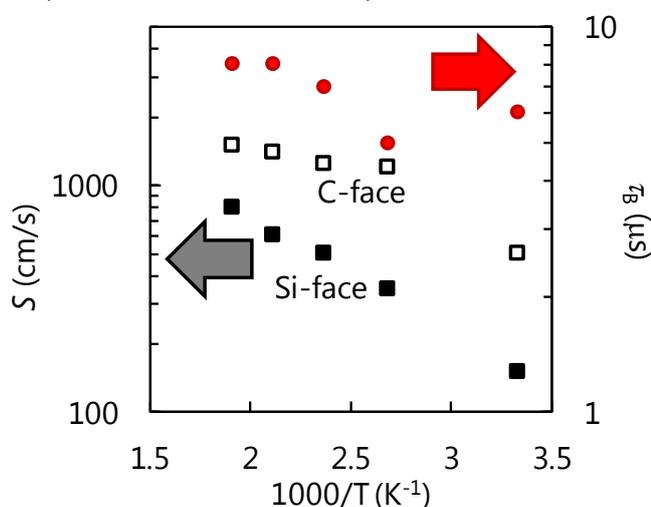


Fig. 1. Estimated S for the Si- and C-faces and τ_B from n-type 4H-SiC epilayers by the re-examined method.