

顕微 FCA 測定による SiC の深さ分解ライフタイム測定

Microscopic FCA measurement for depth-resolved carrier lifetime measurements in SiC

名工大¹, 産総研², 富士電機³, 電中研⁴ ○(M1)前 伸一¹, 俵 武志^{2,3}, 土田 秀一⁴, 加藤 正史¹

NItech¹, AIST², Fuji Electric Co., Ltd.³, CRIEPI⁴, °S. Mae¹, T. Tawara^{2,3}, H. Tsuchida⁴, M. Kato¹

E-mail: cky13151@stn.nitech.ac.jp

SiC デバイスのバイポーラ動作においてキャリアライフタイムは性能に影響する重要なパラメータであり、その評価法には反射マイクロ波光導電減衰法(μ -PCD 法)や自由キャリア吸収法(FCA 法)などがある。中でも FCA 法ではプローブにレーザーを用いるため観測領域を絞ることができ、高い空間分解能での測定が可能である[1]。本研究では FCA 測定装置の開発を行い、SiC のキャリアライフタイムの深さ分解測定を試みた。

Fig. 1 に本研究で開発した FCA 装置の模式図を示す。励起光源はパルス波として波長 355 nm の第 3 高調波 YAG レーザー(注入光子数 $1.48 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$, パルス幅: 1 ns)を用い、プローブ光源には CW 駆動のレーザーダイオード(波長: 405 nm)を用いた。ここで、対物レンズにより両レーザーを集光し焦点でのレーザー口径を $\sim 6 \mu\text{m}$ にした。また、両レーザーの光路は水平面上で試料に対しそれぞれ 25° と -25° の入射角度がつくようにした。透過プローブ光の光センサにはシリコンフォトダイオード(Si PD)を用いた。測定では $0.5 \mu\text{m}$ 間隔で試料を対物レンズ側に移動させ、測定位置を深さ方向に変化させた。なお、空気中と試料内での屈折率の違いにより、測定位置は試料の移動量よりも 3 倍深い位置になる。得られた信号のピーク値を 1 と規格化し、そこから $1/e$ まで減少する時間を $1/e$ ライフタイムと定義した。測定試料には 4H-SiC 基板上 Si 面にドナー濃度 $\sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、膜厚 $10 \mu\text{m}$ の n^+ バッファ層(再結合促進層)、ドナー濃度 $\sim 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、膜厚 $8 \mu\text{m}$ の n^- ドリフト層を有するエピ膜(wREL10 μm)[2]、および両面に化学機械研磨(CMP)処理を施したドナー濃度 10^{15} cm^{-3} 、膜厚 $100 \mu\text{m}$ の再結合促進層のない n 型 4H-SiC 自立エピ膜(CMP 100 μm)の 2 つを用いた。

Fig.2 に深さ分解測定における $1/e$ ライフタイムを示す。CMP100 μm では測定位置の深さに依存しライフタイムが長くなることを確認した。wREL10 μm ではエピ膜表面に比べ深さ $5 \mu\text{m}$ 付近から減衰が速くなり、再結合促進層によるライフタイムの減少を確認した。この結果から本研究で開発した FCA 装置により SiC の深さ分解キャリアライフタイム評価が可能であることがわかった。

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代パワーエレクトロニクス/SiC 次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発」(管理法人: NEDO)により実施されました。

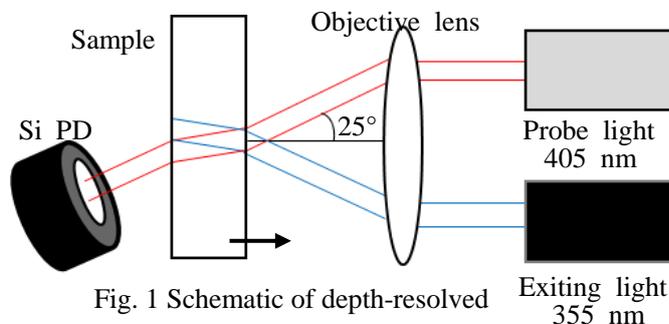


Fig. 1 Schematic of depth-resolved FCA measurement system

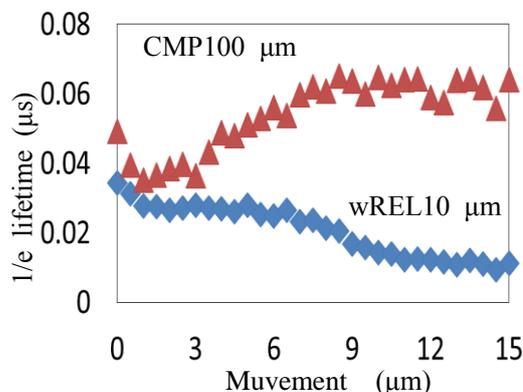


Fig. 2 Depth distribution of $1/e$ lifetime for CMP100 μm , wREL10 μm

[1] J. Linnros, J. Appl. Phys. 84 275 (1998)

[2] T. Tawara et al., J. Appl. Phys. 120, 115101 (2016)