

角度分解硬 X 線光電子分光法による ダイヤモンド半導体表面の ICP エッチングダメージ評価 Angle-resolved Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy Study of ICP etching Damage Layer on Diamond Surface

東京都市大学¹, 産業技術総合研究所²

○和田 励虎¹, 滝沢 耕平¹, 加藤 有香子², 小倉 政彦², 牧野 俊晴², 山崎 聡², 野平 博司¹

Tokyo City Univ.¹, AIST²

○R. Wada¹, K. Takizawa¹, Y. Kato², M. Ogura², T. Makino², S. Yamasaki², H. Nohira¹

E-mail: g1981276@tcu.ac.jp

はじめに ダイヤモンド半導体は、SiC や GaN よりも大きいバンドギャップ、高い絶縁破壊電界、高い熱伝導率を有するため、将来のパワーデバイス材料として有望視されている。近年では、反転層型ダイヤモンド MOSFET の動作実証に成功した [1]。ダイヤモンドデバイス実用化のため、デバイス構造形成に欠かせない ICP エッチング技術の高度化は、重要な課題の一つとして考えられている。これまでに、ICP エッチングによって少なくとも表面から 2 nm までの領域にダメージ層が形成されること[3]、ICP エッチングの条件を変えることによってそのダメージ層厚さを 1.4 Å にまで軽減できること[4]が報告されてきた。今回、これまで軟 X 線光電子分光でのみダメージ評価をしてきた ICP エッチングに再び着目し、硬 X 線光電子分光(HAXPES)を用いてより深い領域でのダメージ評価を実施した。

実験方法 導電性ダイヤモンド基板(001)上に p 型ダイヤモンド層を 1 μm 成長させた。ボロン濃度は 10¹⁶ /cm³ である。その後、試料表面を ICP エッチング処理した。ICP エッチングには、O₂ ガス、CF₄ ガスを用い、試料の半分はダイヤモンド基板で保護した。エッチング後の表面は熱混酸 (H₂SO₄ : HNO₃=3:1) で洗浄した。この試料を、SPring-8 の BL47XU ($h\nu = 7940$ eV) で HAXPES 測定を行った。光電子分光法では、光電子の脱出角度(TOA)を変えることで光電子の実効脱出深さを変えられる。今回 HAXPES 実験では 10deg から 65deg の範囲の TOA (実効脱出深さに換算すると、25.5~133.1 Å) で C 1s スペクトルを測定した。

結果 C 1s スペクトルを解析した結果 sp³ 由来のピーク(メインピーク)の他、sp²、C-H、C-O、C=O 由来のサブピークが見られた。全スペクトル面積に対するメインピークとサブピークそれぞれのピーク面積比の実効脱出深さ依存性をまとめたものを Fig. 1 に示す。いずれの HAXPES データでも、C-O、C-H 由来のサブピークが見られることから ICP エッチング後の表面のダメージ深さは既報[3]で報告されているよりもさらに深い(>2 nm)と考えられる。講演では、

各サブピークの強度の実効脱出深さ依存性から計算した、ダメージ構造モデルを示し、前回の講演会にて報告している soft-ICP エッチングのダメージ構造モデルとの比較を行う。

謝辞

本研究の一部は科研費 (15K04681) によって行われた。本研究の HAXPES 測定は SPring-8 BL47XU にて実施された。(2018A1360, 2019A1552)

文献

- [1] T. Matsumoto et al., Scientific Reports **6**, 31585 (2016)
- [2] 滝沢、他、第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 (2017) ポスター講演[8a-PA1-3]
- [3] Y. Kato et al., phys. status solidi A **214** 1700233 (2017)
- [4] 和田、他、第 81 回応用物理学会春季学術講演会 (2019) ポスター講演[9p-PA3-11]

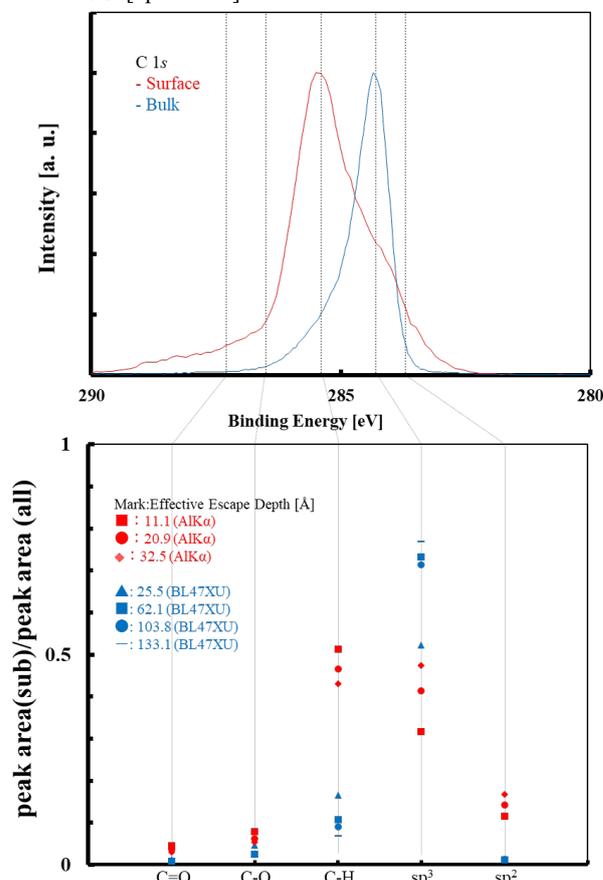


Fig. 1 Effective escape depth dependence of peak area of each subpeak