

光電子回折による SiC(000-1)/SiO₂ 界面の窒素の局所構造解析

Local atomic structure analysis of nitrogen at SiC(000-1)/SiO₂ interface by photoelectron diffraction

○森 大輔¹、広瀬 隆之¹、大山 悦輝²、松井 文彦²(1. 富士電機、2. 奈良先端大)

°Daisuke Mori¹, Takayuki Hirose¹, Yoshiki Oyama², Fumihiko Matsui²

(1. Fuji Electric Co., Ltd., 2. NAIST)

E-mail: mori-daisuke@fujielectric.com

【はじめに】SiC/SiO₂ 界面の窒素が MOSFET 特性に大きく影響し、基板の面方位依存性があることが報告されている[1]。このメカニズムを原子レベルで解明するためには、導入した窒素の化学状態や局所構造の情報が必要である。これらの情報は(0001)面 (Si 面) での報告はされている[2][3]。しかし、(000-1) 面 (C 面) での報告例はまだ少ない。前稿[4]では、C 面の窒素の化学状態は、Si 面と同じ 3 配位 Si₃N であるという光電子分光 (XPS) の結果と、窒素は SiC 基板最上層の炭素サイトを置換するという仮定から、その局所構造は図 1(a)(b) の 2 通りあると推定した。本報では、光電子回折 (PED: Photo-Electron Diffraction) を用いて、C 面界面の窒素の局所構造が図 1(a)(b) のどちらが支配的であるかを解析した結果を報告する。PED は XPS では評価できない原子周りの局所構造を直接的に解明できる手法である[5]。

【実験方法】n 型 4H-SiC (C 面:エピ層 10 μm) を N₂O 酸化させ SiO₂ 膜を形成した。その後、HF で SiO₂ 膜を除去し、PED 測定を SPring-8 BL25SU で行った。光電子放出強度角度分布からバックグラウンドを除去することにより N1s 由来の PED パターンを得た。得られた結果と前稿[4]で推定された構造での N1s PED パターンのシミュレーション結果を比較し、窒素の局所構造を同定した。

【結果】図 2 に N1s 由来の PED パターンを示す。図 3 には、図 1 (a)(b)それぞれの構造における N1s の PED パターンのシミュレーション結果を示す。図 2 には六回対称の輝点が観察される (図中の黒点)。この輝点は図 1 (b)の A 部の結合に由来すると考えられ、構造(b)のシミュレーション結果 (図 3 (b)) と概ね一致する。このことから、C 面における界面窒素の構造は図 1 (a)よりも図 1 (b)の構造が支配的であると考えられる。この構造は、前島や Xu らが報告した Si 面における窒素の局所構造[2][3]と異なり、窒素原子

が SiC 結晶の Si 原子に強く束縛された状態である。この光電子回折 (PED) の結果から、C 面と Si 面の界面窒素は同じ化学状態であるが、その局所構造は異なることが明らかとなった。

【参考文献】

- [1] T. Kimoto et al.: Jpn. J. Appl. Phys. **44**, 3 1213-1218 (2005)
- [2] Y. Xu et al.: J. Appl. Phys.: **115** 033502 (2014)
- [3] N. Maejima, et al.: J. Phys. Soc. Jpn. **83**, 044604 (2014).
- [4] 森大輔 他: 第 62 回応用物理学会 (2015 春) 11p-P2-9
- [5] 大門寛: 応用物理 **85**, 1 (2016)

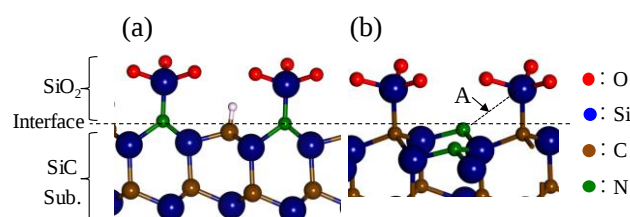


Fig. 1 Idealized atomic structures around the nitrogen at the interface estimated on the basis of XPS analysis [4].

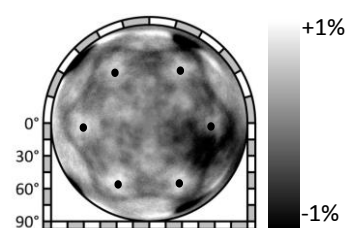


Fig. 2 N 1s PED pattern.

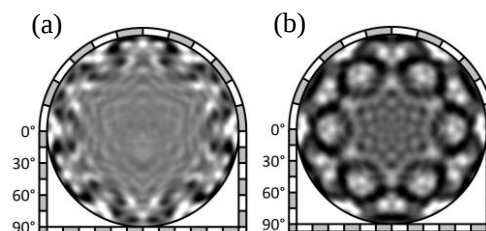


Fig. 3 N1s PED patterns simulated for the structures shown in Fig. 1.