非接触走査型非線形誘電率顕微鏡を用いた酸素吸着 Si(100)-2×1 表面 における電気双極子モーメント分布の観察

Observation of electric dipole moment distribution on oxygen-adsorbed Si(100)-2 × 1 surface using non-contact scanning nonlinear dielectric microscopy

東北大通研 ○鈴木 将敬,山末 耕平,長 康雄

RIEC, Tohoku Univ. OMasataka SUZUKI, Kohei YAMASUE and Yasuo CHO

E-mail: masataka@riec.tohoku.ac.jp

近年,情報化社会の発展に伴い半導体デバイスのさらなる微細化が進められている.これにより MOSFET に使用される SiO₂ 膜の薄膜化が進んでいる.しかし薄膜化が数原子層分まで進んだことにより,ゲートからのリーク電流が増大しデバイスの性能を低下させるという問題が発生した.現在ではその解決策として,SiO₂ 膜に替わる新しいゲート酸化膜材料として高誘電率 (High-k) 材料の半導体デバイスにおける実用化の研究が盛んに行なわれている.本研究ではこのような High-k 材料中の電気双極子モーメントを非接触走 査型非線形誘電率顕微鏡 (Non-Contact Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy; NC-SNDM) を用いて評価・分析することを最終的な目標に掲げている.そのための基礎実験として今回,実デバイスにおいて SiO₂ 成膜に用いられる Si(100)表面に酸素を吸着させ,これを NC-SNDM により観察した.NC-SNDM は試料表面の構造と電気双極子モーメント分布を同時観測可能な SPM である.最低次の非線形誘電率(ϵ (3))信号を 測定することで電気双極子モーメント分布を観察することができる.過去に Si(100)-2×1 再構成表面における電気双極子モーメント分布を観察することができる.過去に Si(100)-2×1 再構成表面における電気双極子モーメント分布を観察することができる.過去に Si(100)の℃ で 1h 以上アニールし,その後 1150℃で 30s 通電加熱処理したものを試料として用いた.この試料表面を STM を用いて観察し,それと同時に酸素ガスを室温において 1~2×10°Torr の分圧 (曝露前の真空度 7×10⁻¹¹ Torr) で数 100s 間曝露した (曝露量 0.65L).探針先端・試料間には周波数 25kHz,振幅 2.0V_{pp}の正弦

波電圧を印加した. NC-SNDM による酸素吸着 Si(100)-2×1 表面観察 において、酸素分子または原子がダイマーに吸着したと考えられる サイトが複数観測された. その一例の NC-SNDM 像を図1に示す. 図 1(a) は形状像,図 1(b) は双極子モーメント分布像であり、これら は同時観測されたものである.図1の両図中の黒い楕円は酸素吸着 ダイマーを示していると考えられる. このダイマーは図 1(a)において 周囲のダイマーより 0.2~0.3Å 隆起しており, これを含むダイマー列 において各ダイマーは非対称構造を示している. これは室温での酸 素吸着 Si(100)表面においてしばしば観測される,下側ダイマー原子 のバックボンド(Back-Bond of the down atom; BBd)が酸化されたダイ マー(以下 BBd 酸化ダイマーと記す)が示す特徴とよく一致する [2]. 図 1(b)においては周囲の非対称ダイマーと同様に下向きの電気双極 子モーメントが観測された. 図2に BBd 酸化ダイマーおよび同一サ イトの酸素吸着前後の STM 像を示す. 図 2(a)および 2(b)中の黒い楕 円は同一のダイマーを示しており、酸素ガス曝露の前後で BBd 酸化 と同様の特徴を示す変化が生じていることがわかる. 図 1(a)と 2(b) における酸素吸着ダイマーは同様の特徴を示すことから, BBd 酸化 ダイマーでは下向きの電気双極子モーメントが形成されると考えら れる.清浄表面において正に帯電している下側ダイマー原子が酸化 されたことにより、双極子モーメントの向きは変化しないまま周囲 のボンド長が変化し、上側ダイマー原子が隆起したと考えられる. またその他の吸着構造も確認されており、詳細は講演にて報告する. 本研究の一部は科学研究費補助金 基盤研究 S (23226008) の補助を 受けています.



Fig 2: STM images of before and after oxygen-adsorbed Si(100) 2×1 surface.

参考文献

[1] M. Suzuki, K. Yamasue, M. Abe, Y. Sugimoto and Y. Cho: *Appl. Phys. Lett.*, 105, 101603 (2014).
[2] T. Uchiyama and M. Tsukada: *Phys. Rev. B*, 55, 9356 (1997).