

2003S2 - 001 表面X線回折法による半導体表面構造の解析と界面構造の制御

実験組織 研究代表者 秋本晃一 (名古屋大学大学院工学研究科)

名古屋大学大学院工学研究科 (Wolfgang Voegeli、伊藤勝広、浦田朋晃、伊藤勇希、吉田広徳、小林広明)、
東京大学物性研究所 (高橋敏男、橋本光博、隅谷和嗣)、東京大学大学院新領域創成科学研究科 (吉田隆司、
新井大輔、野島健大)、豊田工業大学 (鈴木秀俊)、㈱デンソー (光岡義仁)

課題有効期間 2003年4月～2006年3月

ステーション (ビームタイム) BL15B2 (49日 (2005年度))

研究目的と特徴

6軸表面X線回折装置を用いて、半導体表面構造及び界面形成の初期過程について研究することを目的とする。特に次世代の半導体開発において重要な表面界面の構造について、研究を行う。また、走査トンネル顕微鏡では研究できない表面原子の熱振動など、表面の電子密度分布を求める研究まで視野に入れた精密な表面構造解析を行う。本研究では、これまでにS1課題(97S1-003)で立ち上げ、S2課題(2000S2-003)で整備した6軸表面X線回折装置及び共同開発研究で開発した低温用試料マニピュレータを利用する。

研究成果 (2005年度)

(1) SiC 表面の酸化過程に関する研究

最近、高耐電圧の半導体である SiC を用いたパワーデバイスが、環境問題から精力的に開発が進められている電気自動車等に用いるために研究されている。本研究では、表面X線回折法を用いて In-plane 及び Out-of-plane の構造解析を、SiC(0001)3×3 構造の原子位置について具体的な座標を求めた。次に酸化過程について研究を行い、酸素ガスをチェンバー内に導入し、3×3 構造の変化をその場観察した。構造解析から具体的に酸素の吸着原子位置を明らかにし、酸化のモデルを提唱した。(発表論文(1),(2))

(2) Si(111)-Ag 表面の超構造と相転移に関する研究

Si(111)表面に 1ML 相当の Ag 原子を約 550° C で吸着させると $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 構造が形成される。この表面を約 600° C の高温でアニールして Ag を脱離させ室温まで下げると 6×1-Ag 構造になる。この 6×1-Ag 構造について、00 ロッドに沿った強度変化を最小二乗法によって解析し、単位格子内には Ag が 2 原子、Si が 8 原子あり、それぞれがほぼ同じ高さにあること、さらに、それらの高さは $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 構造における、Ag および第一層 Si の高さに近い値をとることが分かった。(発表論文(3))

(3) InP 表面構造の研究

化合物半導体 InP は Si の nMOSFET と融合させ、現在の CMOS の劇的な性能向上が期待されている材料の一つである。InP (001) - 2×4 表面構造について、その原子構造を明らかにする研究を開始した。III-V 属化合物半導体の表面構造について広く提唱されている Mixed-dimer モデルの当否を明らかにすることを研究の目的としている。(応用物理学会 2006 春で発表)

発表論文 (2005年度)

- (1) W.Voegeli, K.Akimoto, T.Urata, S.Nakatani, K.Sumitani, T.Takahashi, Y.Hisada, Y.Mitsuoka, S. Mukainakano, X. Zhang, H. Sugiyama, and H.Kawata, Structure of the oxidized 4H-SiC (0001)-3×3 Surface, Phys. Rev. Lett. (2006) (submitted).
- (2) W.Voegeli, K.Akimoto, T.Aoyama, K.Sumitani, S.Nakatani, H.Tajiri, T.Takahashi, Y.Hisada, S. Mukainakano, X. Zhang, H. Sugiyama, and H.Kawata, Structure of the SiC (0001) 3×3 Reconstruction Studied by Surface X-ray Diffraction, Applied Surface Science (2006) (in press).
- (3) K. Sumitani, K. Masuzawa, T. Hoshino, S. Nakatani, T. Takahashia, H. Tajiri, K. Akimoto, H. Sugiyama, X-W. Zhang, H. Kawata, Study of the surface structure of Si(111)-6×1(3×1)-Ag using x-ray crystal truncation rod scattering, Appl. Surf. Sci. (2006) (in press).
- (4) N.Terasawa, K.Akimoto, Y.Mizuno, A.Ichimiya, K.Sumitani, T.Takahashi, X.W.Zhang, H.Sugiyama, H.Kawata, T.Nabatame, and A.Toriumi, Crystallization process of high-k gate dielectrics studied by surface X-ray diffraction, Appl. Surf. Sci., 244, 16-20, 2005.