

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 (Risa Suryana、Wolfgang Voegeli、寺澤直也、伊藤勝広、浦田朋晃、伊藤勇希) 東京大学物性研究所 (高橋敏男、中谷信一郎、Nath Krishna Gopal) 東京大学大学院工学系研究科 (隅谷和嗣、増沢航介) 東京大学大学院新領域創成科学研究科 (吉田隆司) 東京理科大学 (原紳介、色川勝己、小林秀和) 宇宙航空研究開発機構 (廣瀬和之) (株)デンソー (久田祥之、向中野信一) インド物理学研究所 (Parlapalli Venkata Satyam)

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 (84日(2004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(2004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。しかし、SiCは表面構造の制御がSiよりも困難であり、酸化過程についてもSiに比べて不明の点が多く、デバイス作製の障害となっている。

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構造について行った。提案されている様々なモデルのうち、Starkeモデルが最適であることを明らかにし、さらに原子位置について具体的な座標を本研究で初めて求めた。

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。その結果、変化は約20Lの酸素導入まで続き、その後は10000L酸素を導入しても、3×3構造そのものは保持されることが判明した。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た。

(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3×3-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。

3×3-Ag構造については、約150Kで相転移を起こし、室温ではp31mの対称性をもつHCT(Honeycomb-chained triangle)構造であったものが、低温では対称性の低いp3のIET(Inequivalent triangle)構造になることがこれまでの我々の研究から分かっている。さらに、この相転移は変位型の相転移であることが示唆されている。今回は相転移温度前後のいくつかの温度で表面X線回折の測定を行い、各温度で精密構造解析することにより相転移を支配する秩序変数が3×3-Agを特徴づけるAgの変位に対応しているかどうか詳しく検討している。

他方、6×1-Ag構造については、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3×3-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。