

専攻	システム情報 工学専攻	学籍番号	843341	指導教官氏名	並木章助教授
申請者氏名	三宅竜也				

論文要旨

論文題目	O_2 および NO 分子線を用いた $Si(100)$ 表面反応素過程の動力学的研究
------	---

(要旨 1,200 字以内)

半導体デバイスの研究、開発及び製造プロセスにおいて、シリコン表面上での反応素過程を研究することは非常に重要である。これまでの研究は電子分光を中心とした静的な手法により広く議論されているが、動力学的な立場からは殆ど調べられていない。本研究は、表面反応の動力学的研究に有用な分子線法を確立し、分子線と分光学的手法の組合せにより、シリコン表面上での酸化・窒化反応等の表面反応素過程を解明することを目的とする。

本研究で試作した分子線装置は、超音速のノズル分子線 (O_2 , NO 分子線) を用いており、入射分子線や散乱分子の検出には四重極質量分析法及び多光子イオン化法を、表面吸着種の同定にはオージェ電子分光法を用いた。分子線とそれらの測定方法が目的の研究に対し満足のゆくものであることを明らかにした。

O_2 分子線のシリコン表面からの散乱過程を飛行時間分布及び角度分布測定により調べ、散乱過程が吸着脱離過程と直接非弾性散乱過程からなることを明らかにした。前者の吸着脱離過程は入射エネルギー $0.1 eV$ 以下で支配的であり、後者の直接非弾性散乱過程は $0.9 eV$ 程度で支配的に起ることを示した。一方、オージェ電子分光法によりシリコン表面上での O_2 分子線の解離吸

着確率の入射エネルギー依存性及び表面温度依存性を調べた。0.1 eV 以下の入射エネルギーでは物理吸着状態を前駆体とする見かけ上負の活性化エネルギーを有する解離吸着過程が支配的であり、0.3 eV 以上では、見かけ上正の活性化エネルギーを有する直接的解離吸着過程が起ることを明らかにした。解離吸着過程の前駆体として、表面より電子移動した O_2^- 負イオン状態を考え、直接的解離吸着過程においては直接 O_2^- 状態が形成されるとしてキネティック・モデルを提案した。また、以上の吸着過程が散乱過程と競争過程にあり、酸素原子の吸着サイトは解離吸着過程には依存しないことを示した。

シリコン表面からの散乱 O_2 分子の角度分布を調べ、入射エネルギーが高い場合において角度分布の広がりを観測し、それを表面酸化状態の違いによって説明した。

また、吸着脱離過程が支配的な条件において脱離分子の並進温度が表面温度の増加と共に表面温度から逸脱するトランスレーショナル・クーリングを観測し、それを詳細つり合いの原理と表面滞在時間から考察した。他方、酸化シリコン表面からの NO 分子線の散乱過程を共鳴多光子イオン化法により調べ、直接非弾性散乱成分の散乱ローブの幅が入射エネルギーの増加と共に広がることを示した。理論的解析より分子-表面相互作用ポテンシャルのコルゲーション(凸凹)が、表面散乱過程の入射エネルギー依存性に寄与していることを明らかにした。