

豊田浩孝、菅井秀郎 (名大工)

Hirotaka Toyoda and Hideo Sugai (Nagoya Univ.)

【はじめに】半導体製造プロセスにおいて、フロロカーボンプラズマを用いた SiO₂/Si 選択エッチングが広く用いられている。一方、近年の半導体超微細化の進展にともない、微細加工形状の制御のための表面反応過程の理解が求められるようになってきている。エッチング表面反応の基礎過程の研究に際しては、多種のイオン・中性ラジカル種が同時に表面に照射されるプラズマ実験よりも、選択的に粒子を表面に照射するビーム実験がふさわしい。そこで、我々はエネルギー制御した単一種のイオンビーム(CF₃⁺, CF₂⁺または F⁺)を Si あるいは SiO₂ 表面に照射した際の表面反応過程を調べる研究を進めている。

【実験装置】実験に用いた表面反応解析装置の概略を図 1 に示す。装置は、フロロカーボンイオン(CF_x⁺)ビーム(<400 eV, <90 nA, 直径>1 mm)を照射するビーム源部、サンプル基板を配置した試料室、反応において表面から脱離した粒子を検出する質量分析器、およびサンプルを大気に曝すことなく表面分析を行うための XPS 表面分析部からなる。また、中性ラジカルビームを同時照射するためのラジカル源も取り付けられている。これらを 4 台のターボ分子ポンプで差動排気するとともに、真空容器内に設置された液体窒素冷却されたライナーを組み合わせたことによって 10⁻¹⁰ Torr 台の到達真空度を得ることができる。

【Si および SiO₂ への CF₃⁺照射実験】フロロカーボンイオンビーム照射において、Si および SiO₂ 上での表面反応はまったく異なる振る舞いを示す。図 2(a)は Si 上に熱酸化 SiO₂ 膜(20nm)を形成したサンプルについて、CF₃⁺ビーム(400 eV)照射量(Φ)に対する表面元素組成の変化を測定した結果である。SiO₂ 表面(Φ<2×10¹⁶ cm⁻²)においては、CF₃⁺イオン照射量に対する表面元素組成変化は初期の変化を除いてほぼ一定であり、またフロロカーボンイオンを照射しているにもかかわらず表面に C 原子はほとんど存在しない。しかし、SiO₂ エッチングが終了して Si 表面が現れる(Φ>2×10¹⁶ cm⁻²)と、Si 表面に C, F および Si から構成される表面反応層が形成される。同一の実験条件において、表面から脱離する CF₂ を質量分析器を用いて測定した結果を図 2(b)に示す。CF₂ 脱離は、SiO₂ エッチング進行時において比較的少ないが、SiO₂ エッチングが終了すると増加し、その後に定常化する。この変化は図 2(a)における Si 上への表面反応層の形成ときわめてよく対応している。本実験結果および他の表面脱離種の観測結果から、SiO₂ 表面上では入射 CF₃⁺の C 原子は表面の O 原子と速やかに反応して CO として脱離すること、Si 表面では入射 CF₃⁺は表面に形成される反応層との相互作用により、CF₂ 脱離を引き起こすことが示唆された。講演においては、入射粒子種、入射エネルギーに対する表面組成および脱離種の変化、SiO₂ および Si エッチングにおける入射粒子と脱離粒子の粒子バランス等について述べる。

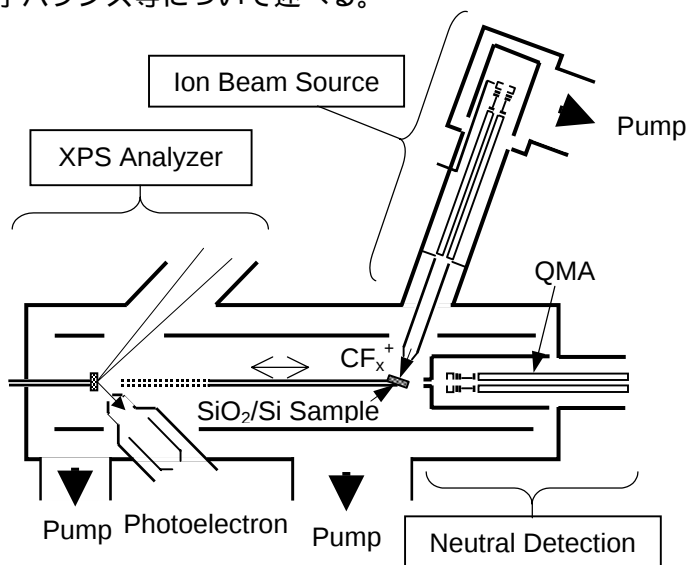
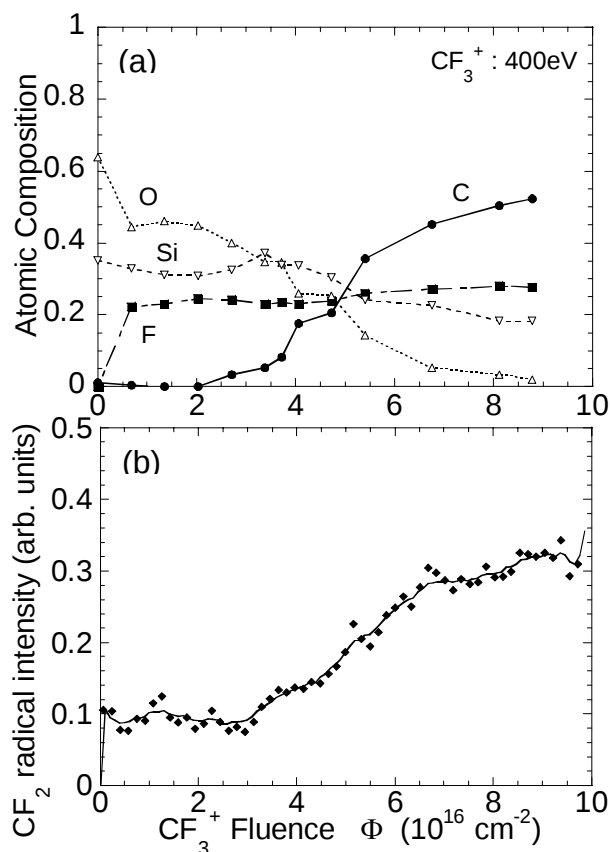


Fig. 1 Schematic of experimental apparatus.

Fig. 2 (a) Surface atomic composition and (b) CF₂ desorption from CF₃⁺-irradiated 20 nm-thick SiO₂ on Si as a function of CF₃⁺ fluence (Φ). CF₃⁺ incident energy is 400 eV.