

論文審査の結果の要旨

氏名 片山 正士

本論文は4章からなり、第1章では本研究の背景について述べられている。走査トンネル顕微鏡法はトンネル電流を測定しているため、その対象は導電性物質に限られてきた。近年、ワイドギャップ絶縁体を導電性基板上に薄膜化することによって走査トンネル顕微鏡 (STM) および走査トンネル分光法 (STS) が可能となることが報告されている。この絶縁体/導電性基板のヘテロ構造は、化学結合が異なる界面の原子構造や界面電子状態の発現といった基礎的な興味に加え、デバイスへの応用という観点からも注目を集めている。本研究では代表的なイオン結合性絶縁体であるアルカリハライドに着目して、半導体や金属基板上に制御されたヘテロ構造を作製し、その電子状態の探究を目的として研究を進めた。

第2章では STM および STS を中心に本研究の実験手法について述べられている。

第3章では絶縁体/半導体の系として、基板上に成長させた LiBr 薄膜の STM/STS 測定について述べられている。Si (001) 上でエピタキシャル成長した LiBr 薄膜のラインプロファイルから、LiBr は成長初期から single layer で成長することが明らかとなった。STS では LiBr は1層の膜厚でバルクと同程度のバンドギャップをもつことがわかった。これは従来の電子分光測定では基板の影響が排除できなかったが、今回局所プローブを用いることによって明らかになった点である。LiBr 成長後に安定した像を得るためには比較的高い試料バイアス ($V_s > +2$ V) が必要なことから、トンネル過程には LiBr の伝導帯が寄与しているものと考えている。

第4章では金属基板上に成長させたアルカリハライド薄膜の STM/STS 測定について述べられている。絶縁体/金属の系として LiCl/Cu(001) および LiBr/Ag(001) の STM/STS を行った。LiCl/Cu(001) では鮮明な LiCl 原子像が試料バイアス + 0.6 V でのみ得られ、また Li^+ もしくは Cl^- の一方のイオン種のみが明るく得られた。同時に STS では界面電子状態と考えられるピークが現れた。像のバイアス依存性と界面電子状態から、鮮明な LiCl 像は界面電子状態を経由した共鳴トンネルによるものと考えられる。この系では金属誘起ギャップ状態 (MIGS) という界面電子状態の存在が報告されており、STS による界面電子状態と特徴に類似点があるため、鮮明な LiCl 像が MIGS の実空間観察に相当する可能性が示唆される。一方、LiBr/Ag(001) では不鮮明な LiBr 像しか得られていないが、STS でも顕著なピークは現れないため、LiCl/Cu(001) の共鳴トンネルを支持する結果である。

以上述べたように、本論文によってワイドギャップ絶縁体であるアルカリハライド薄膜に対して STM 観察による成長モードの解明、STS による極薄膜領域の電子状態が明らかにされた。またアルカリハライド/金属界面の界面電子状態の実空間観察の可能性が示されたことは固体物理分野へのインパクトを与えるものでもある。

本論文の第3章と第4章は齊木幸一郎氏，木口学氏，上野啓司氏，小間篤氏，井上宏昭氏との共同研究であるが，論文提出者が主体となって実験及び解析を行ったもので，論文提出者の寄与が充分であると判断する。したがって，博士（理学）の学位を受けるのに，十分な資格を有すると認める。