

別紙 2

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 簗原 誠人

本論文は、高度情報化社会の実現に不可欠な新しい高機能エレクトロニクスデバイス開発の一環として、酸化物を用いたヘテロ接合界面を利用したデバイスを研究対象として採り上げ、界面におけるショットキー障壁高さ変調をその場放射光光電子分光によって詳細に解析したものである。

ペロブスカイト型酸化物は超伝導や超巨大磁気抵抗などさまざまな新奇物性が発現しており、従来の半導体デバイスでは得られなかった新機能を利用した新しいデバイス開発が可能である。しかしデバイス開発において重要なパラメーターであるショットキー障壁高さや仕事関数の値については、これまでに電気特性測定等から見積もられている値に大きなばらつきが生じている。したがって、ショットキー障壁高さや仕事関数の値を「その場 (*in situ*)」で実験的に決定することが必要不可欠となる。そこで本研究は、その場放射光光電子分光測定により、ペロブスカイト型酸化物ヘテロ接合におけるバンドダイアグラムを決定し、界面構造がショットキー障壁高さに対して与える影響について解明することを目的として行われた。

本論文は以下の5章に大別して論じている。

第1章では、ペロブスカイト型酸化物を用いたデバイス応用例を挙げ、そのような酸化物デバイス研究における、その場放射光光電子分光を用いた界面研究、特に酸化物ヘテロ接合界面のショットキー障壁高さに焦点を当てた本研究の位置づけと目的が示されている。

第2章では、本研究で用いた実験手法とその原理、およびバンドダイアグラム決定方法について述べられている。

第3章では、 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (LSMO($x=0.4$)) /Nb doped SrTiO_3 (Nb:STO) および SrRuO_3 (SRO) /Nb:STO ヘテロ接合の界面電子状態を明らかにするため、両者のショットキー障壁高さおよびバンドダイアグラムを、その場放射光光電子分光測定によって決定した実験結果について論じている。この両者は同様の界面構造を構成するヘテロ接合であるにも関わらず、界面スピン偏極率の振る舞いが異なるといった違いを有している。界面スピン偏極率が保持されている SRO/Nb:STO ヘテロ接合界面においては、理想的なショットキー障壁が形成されているが、界面スピン偏極率の劣化した層を有する LSMO($x=0.4$)/Nb:STO ヘテロ接合界面においては、理想値よりも増大したショットキー

障壁が形成されることをはじめて見出した。この現象は、従来の半導体デバイスにおけるフェルミレベルピニングでは説明できないことから、「界面ダイポール」が形成されることによってショットキー障壁高さの増大が起こったものと結論づけた。

第4章では「界面ダイポール」起源解明のため、「電荷不連続」と「格子不整合」の制御を行った LSMO($x=0.4$)/Nb:STO ヘテロ接合におけるショットキー障壁高さおよびバンドダイアグラムを、その場放射光光電子分光測定によって決定した実験結果について論じている。その結果、LSMO($x=0.4$)/TiO₂ 終端化 Nb:STO ヘテロ接合では、界面ダイポールによるショットキー障壁高さの増大が見られたのに対し、SrO を一層挿入することにより極性を反転させた LSMO($x=0.4$)/SrO 終端化 Nb:STO ヘテロ接合では、理想値よりもショットキー障壁高さが低下することが明らかとなった。このことは終端面制御により、界面ダイポールによるショットキー障壁高さの変調方向が逆転することを示している。

一方、界面ダイポールは電荷不連続と格子不整合を有する組成において形成され、特に LSMO($x=0.4$)において極大値を取ることが明らかとなった。格子不整合を持たない LSMO($x=0.1$)、および電荷不連続を持たない LSMO($x=1.0$) (SrMnO₃) においては界面ダイポールが形成されないことから、ダイポールは界面1層で形成され、その大きさは電荷分離量 Q と格子不整合による電荷分離距離 d の積で表されるというコンデンサーモデルで説明できることを見出した。

第5章では、本論文の総括について述べられている。

本研究より得られた知見は、酸化物ヘテロ接合に基づくデバイス応用において、界面構造制御により望みのショットキー障壁高さを得られるといった設計指針を与えるものである。

したがって、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。