

# 論文審査の結果の要旨

氏名 矢嶋 起彬

本論文は、多彩な電子物性を示すペロブスカイト酸化物の界面において、界面ダイポールによるバンドオフセット制御技術を確立し、さらにそれを利用して新規デバイス開発を行ったことを述べたものである。本文は英文で記され、全8章からなる。

第1章は、ペロブスカイト酸化物、とくにその界面研究の歴史的経緯を概観したのち、それを踏まえて本研究の目的を述べている。バンドオフセットは界面を利用した電子デバイスの特性をしばしば支配するが、本研究は、一对の界面電荷が作る界面ダイポールによってバンドオフセットを制御する技術について系統的な研究を行うことを目的とした、ペロブスカイト酸化物では初めの試みである。

第2章は、界面ダイポールの物理的意味を理論的考察により明らかにしており、さらに他の物質と比較してペロブスカイト酸化物が界面ダイポール制御の容易な物質であることを指摘している。とくに前者に関しては、界面ダイポールをバンドオフセットの変化量という相対的な量として定義することは容易だが、静電学的な絶対量として定義し異なる物質界面間で比較することは自明でなかった。本研究は単位格子ごとに真空準位を定義することで界面が有するダイポールモーメントを絶対量として定式化し、界面ダイポールを考察する上での基本的枠組みを提供している。

第3章は、本研究で用いた実験技術を薄膜作製、構造解析、電気測定の3項に分け、一般的原理と本研究における実験において特徴的な点とを説明している。

第4章では、ペロブスカイト酸化物からなる金属半導体界面に原子スケールのイオン電荷層を挿入し、金属のスクリーニング電荷との間に界面ダイポールを作製したことを述べている。理想的なショットキー接合の範疇では1.7eVの範囲で、多少理想的な場合から外れた特性も許せば約3eVの範囲で、バンドオフセットを制御した。これらの値は他の物質界面で可能な制御範囲より大きく、ペロブスカイト酸化物界面の特長として構造設計に広く応用できると考えられる。

第5章では、前章で述べた方法ではイオン電荷と電子電荷の両方を用いたのに対し、イオン電荷同士の間で界面ダイポールを作製したことを述べている。この場合でもバンドオフセットを有効に変調することに成功し、電荷の種類に関わらず界面ダイポールを形成できることを実証した。

第6章では、界面ダイポールを用いた界面制御に関してより詳細な議論を行っている。界面ダイポールの大きさは基本的に挿入電荷量と電荷間距離によって決定されるが、面内不均質性や界面欠陥がある場合にはそれらの構造パラメータにも強く影響される。本章では、界面に面内不均質性を敢えて持たせることで電流値を抑制することなくバンドオフセットを変化させる、あるいは界面欠損量を熱力学的に制御することで界面ダイポールの大きさを最大化するなど、界面構造の精密な制御による高度なバンドオフセット制御を実現したことを述べている。

第7章では、トランジスタにおける制御電極への漏れ電流を界面ダイポールによるバンドオフセット制御によって抑制し、ペロブスカイト酸化物を用いたバイポーラ型トランジスタ動作に成功したことを述べている。ペロブスカイト酸化物の3層構造では初めて、ホットエレクトロンのバリステック伝導による電流伝達を実現している。このデバイス構造は、任意のペロブスカイト酸化物金属におけるホットエレクトロンの平均自由行程を直接検出できることから、強相関物理の解明に役立つと考えられる。

第8章は全体を総括した後に、本研究の成果を踏まえた研究の将来展望を述べている。

本研究は、ペロブスカイト酸化物界面の界面ダイポールについて、構造設計の基礎研究、理論的考察、デバイス応用までを多角的かつ総合的に行ったものであり、酸化物エレクトロニクスの一要素技術を確立するものである。このバンドオフセット制御技術は、ペロブスカイト酸化物界面を利用したマルチフェロイックデバイスや低次元電子系の設計に大きな自由度を与えるだけでなく、触媒を初めとする表面デバイスへも応用可能なものと考えられる。

なお、本論文の第4章はファンハロルド、疋田育之、ベルクリストファ、蓑原誠人、西川満、組頭広志、尾嶋正治、デイビッドミュラー、フィッティングコーコティスレナ、マンディジュリア、第5章はファンハロルド、疋田育之、蓑原誠人、組頭広志、尾嶋正治、第6章はファンハロルド、疋田育之、ベルクリストファ、秋山英文、吉田正裕、第7章はファンハロルド、疋田育之、ベルクリストファ、バナジタマリカ、ラナゴープとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験および解析を行ったもので、本人の寄与が十分であると判断される。

以上、本論文は、物質科学へ大きく寄与するものであり、よって、博士(科学)の学位を授与できると認められる。