

氏名	押目 典宏		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	工学		
学位授与番号	博甲第 5825 号		
学位授与の日付	平成30年 9月27日		
学位授与の要件	自然科学研究科 応用化学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Ferroelectric Bent Band Structure Studied by Angle-resolved Hard X-ray Photoemission Spectroscopy (角度分解硬 X 線光電子分光法による強誘電体の傾斜したバンド構造の研究)		
論文審査委員	准教授 狩野 旬	教授 藤井 達生	教授 池田 直
学位論文内容の要旨			
<p>強誘電体の特異な電子構造である傾斜したバンド構造は、近年注目を集めている強誘電体トンネル接合や光起電力効果を用いたデバイスの機能を説明するために、経験的には理解されてきたがその存在は実証されていない。本研究では、強誘電体が傾斜したバンド構造をもつという実験事実を、強誘電体BaTiO₃薄膜の角度分解硬X線光電子分光法を用いて深さ分解された原子軌道の測定によって示す。強誘電体の傾斜したバンド構造は深さ領域ごとに3つに分かれている。バンド構造が電気分極配向に沿ってポテンシャル傾斜(FEBB)を見せており、表面と薄膜/基板界面ではわずかに変化しているというものである。FEBBにおいては、エネルギーシフトの大きさが結合エネルギーと共有結合状態に依存して変化すること、シフトの向きが分極反転によって制御されることを我々は見出した。</p>			

論文審査結果の要旨

本学位論文では、今まで未解明であった強誘電体がもつ電気分極の形成に伴う電子構造変化の直接観測を報告した物である。強誘電体は現代の電子工業全体を支えており、強誘電体の科学はそれに合わせ年々発展している。その中で、強誘電体の電気分極が物質内部に電場を形成し、原子軌道のエネルギーが分極により形成される電場方向に沿って準位を連続的に変化させることが予測されていた。この現象は傾斜したバンド構造と呼ばれ近年注目を得ている。このバンド傾斜構造は、確認観測の前に、すでに強誘電体-抵抗値メモリ素子や、太陽電池構造に実装されるまでになっている。

しかしながら、このバンド傾斜構造を直接的に捉える研究が今日までなかった。これは分極が作る分域構造領域がサブミクロンと小さいこと、またそもそも物質内部で連続的に変化する電子のエネルギー状態を観測する手法がなかったこと、などによる。このため年々進化するデバイス設計の研究競争現場から、その存在を明確化することが強く望まれていた。

申請者は、この実証されていなかったBaTiO₃の傾斜したバンド構造に着目し、まずイオンドープに伴いそれが変調することの直接観測を行った。さらに、広角対物レンズを組み込んだ硬X線角度分解光電子分光法を単一分域構造で構成された薄膜試料に適応すれば、バンド傾斜構造の直接観測が可能になるという独自の着想を得た。本論文はこの構想を実施し、世界で初めて強誘電体のバンド傾斜構造を観測した研究の報告である。

薄膜試料合成と放射光実験装置の最適化は困難であったが、複数の大学と研究機関との共同研究を遂行した。これらの結果は一つの原著論文に公開され、さらにもう一報が投稿中である。

本論文に示された研究成果は、強誘電体不揮発性メモリや太陽電池を始めとする、次世代の強誘電体デバイスの動作機構の根本を証明するものであり、学術ならびに産業界へ貢献は大きい。このため博士（工学）の学位論文に値すると認める。