

2006S2-005 「軌道放射光を用いた強相関電子材料の構造解析による物性発現機構の解明」

実験組織

研究代表者 熊井 玲児(産業技術総合研究所 光技術研究部門(PRI))

産総研・PRI(長谷川、堀内、山田)、ERATO-MF(徳永)、理研(奥山、山本)、北大・理(高橋)

課題有効期間 2006年4月～2009年3月

研究目的 有機物、遷移金属酸化物など、強相関電子系物質を用い、種々の新規物性の開拓を行う上で、これらの物質の種々の条件下(低温、高温、高圧、低温高圧)での分子構造、電子構造を明らかにする。また、構造物性的見地から、これらの物質における物性発現機構を解明するとともに、新規物質開発へのフィードバックを行う。

実験ステーション BL-1A, BL-3A, BL-4C

2008年の研究進捗状況 BL-1AにおいてIP回折計を用いて種々の物質の構造解析を行った。電子密度分布解析を含む精密構造解析、あるいは高圧下構造解析を用い、種々の物質における物性発現に関する構造的知見を得た。また、BL-3A, 4Cにおいて4軸回折計を用い、酸化物薄膜の電荷/軌道秩序状態の観測を行った。以下にいくつかの例を記す。

1) 水素結合型有機強誘電体 Phz-H₂xa 系における逐次相転移

水素結合型 π 電子系超分子強誘電体 Phz-H₂xa は、置換ハロゲンの種類に応じて、複数の強誘電相を含む複雑な $P-T$ 相図を示す。それぞれの物質の基底状態(最低温相)の長周期構造を調べるとともに、圧力下での周期構造の変化を観測し、二種類の強誘電相の構造的な違いを明らかにした。

2) 酸素欠損系鉄砒素超伝導体 LnFeAsO_{1-y} の圧力下構造解析

鉄を含むオキシニクタイト超伝導体 NdFeAsO_{1-y} ($T_c > 50\text{K}$ at amb. Press.) において、圧力下で観測される T_c の減少の原因を特定するために高圧下構造解析を行った。その結果、Fe-As 四面体のわずかな歪みが転移温度決定要因となっていることを示唆する結果を得た。

3) Pr_{0.5}Ca_{0.5}MnO₃ 薄膜の電気抵抗及び電荷/軌道秩序の成長方向依存性

典型的な電荷軌道秩序物質である Pr_{0.5}Ca_{0.5}MnO₃(PCMO)薄膜試料では、LSAT 基板上における成長方向の違いに対応して、電気抵抗の温度変化の振る舞いに変化する。この原因となる構造変化を明らかにするために、電荷/軌道秩序に特徴的なヤーンテラー歪みの反射の温度変化を測定した。 c 軸方向に成長した薄膜では室温付近までヤーンテラー歪みが残るのに対し、 $\langle 011 \rangle$ 軸方向に成長した薄膜では、単結晶試料と同様に 230K 付近で電荷/軌道秩序が消失することを確認した。以上の事より、薄膜の成長方向によって電荷軌道秩序の転移温度を変化させ、電気抵抗の温度依存性を制御できることが明らかになった。

4) 一軸応力による Pr(Sr_{1-y}Ca_y)₂Mn₂O₇($y \sim 0.9$)の電荷/軌道秩序の異方性の制御

層状ペロブスカイト型マンガン酸化物 Pr(Sr_{1-y}Ca_y)₂Mn₂O₇($y \sim 0.9$)では、温度変化により、二種類の電荷/軌道秩序状態が出現する。超格子ピークの観測により、面内に一軸圧を印加することによって、この二種類の状態を制御可能であることを確認した。また、さらに高い一軸圧によって電荷/軌道秩序の方向を入れ替えることが可能であることを明らかにした。