

氏名(国籍)	グラーム シャビール (パキスタン)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第3670号
学位授与年月日	平成17年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理解物質科学研究科
学位論文題目	<b>Inelastic light scattering spectroscopy of novel ferroelectrics</b> (新型強誘電体における非弾性光散乱スペクトロスコピー)

主査	筑波大学教授	理学博士	小島誠治
副査	筑波大学教授	理学博士	植寛素
副査	筑波大学助教授	博士(理学)	鈴木修吾
副査	筑波大学助教授	博士(工学)	松石清人

## 論文の内容の要旨

強誘電体は電気光学効果、音響光学効果、非線形光学効果を通じた光シャッター、波長変換素子などの光学的応用、電気機械結合を利用した圧電、電歪効果によるアクチュエータ、超音波振動子などの応用、焦電性を利用した温度センサーなどの応用等その機能性は多岐にわたる。また、強誘電体を示す物質には有機物から無機物に至る様々な物質が知られているが、機能性の観点から最も優れているのはペロフスカイト構造に代表される酸素八面体型構造の強誘電体である。本研究は次世代の機能性材料として重要な酸化ペロフスカイト構造強誘電体物質を取り上げ、その酸素八面体内のB-サイトの陽イオンに複数の種類のイオンを含む複合ペロフスカイト構造についてその秀でた機能性発現に重要な構造相転移の機構を明らかにするために行われた。主な手段として、分極の揺らぎや結晶格子の不安定性を調べる有力な手段である広帯域ブリルアン散乱法、さらに誘電分散測定、変調型示差走査熱量計、ラマン分光測定などを組み合わせることによって、強誘電性発現の起因となる動的性質を広い温度領域に渡って調べたものである。

ペロフスカイト構造のPLZTは透光性セラミクスとして顕著な電気光学特性を示す。この物質ではB-サイトだけではなくA-サイトも複数の種類の陽イオンが占めることにより構造の無秩序性が増大しランダム系のひとつである構造ガラスのような緩和現象を示す典型的なリラクサー強誘電体である。この物質について広帯域ブリルアン散乱法、誘電分散測定を行うことにより、リラクサー強誘電体のナノサイズ極性領域の協同現象に起因する緩和現象がVogel-Fulcher則に従うこと明らかにし、フリージング温度を決めることができた。また、低温での測定により $T_0 \sim 46$  K以下において非平衡状態に特徴的なエージングを見出した。また、B-サイトを3種類の陽イオンが占める複合ペロフスカイト構造のPMN-PT単結晶では、その巨大圧電効果を引き起こす電場誘起構造相転移に結びついた逐次相転移における弾性異常と緩和現象を調べ、結晶格子不安定性を明らかにした。これらの研究成果は、次世代強誘電体の持つ機能性をさらに高める上で重要な知見である。

## 審査の結果の要旨

本研究は、次世代強誘電体として有望な複合ペロフスカイト構造強誘電体に着目し、そのリラクサー的挙動を独自の実験手法により明らかにした質の高い内容である。試料として用いた PLZT は厚みがわずかに 300 ミクロンで、ブリルアン散乱測定ではきわめて薄い試料でありこれまでほとんど測定された例がなかった。この問題を顕微鏡の対物レンズで入射光を絞込み込むことによって焦点深度を浅くして散乱光の集光効率を著しく向上させるなどの工夫をして温度依存性を測るなど、来学前には光測定の経験が皆無であったにもかかわらず大変な努力をして精度の高い実験を行った。また、得られたブリルアン散乱スペクトルの解析においても、いくつかの応答関数についてその妥当性を詳しく検討するとともに装置関数の補正についても十分な考察を行っている。さらにスペクトルの解析から得られた緩和時間についても緩和のメカニズムについて最近の複数の物理モデルを比較検討するとともに、誘電分散測定から決まる低周波数領域の緩和時間の情報も加えてナノサイズ極性領域の共同現象による緩和である Vogel-Fulcher 則を見出しそのパラメーターを性格の求めることに成功するなど、これまでの博士課程院生と比べても非常に優れた内容であった。

以上の理由により、学位論文として十分な価値があると判断された。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。