

平成 27 年 3 月 31 日

プログラム名：無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現

PM 名：佐橋 政 司

プロジェクト名：交差相関電圧書込み磁気記録プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 ( 成 果 )

平成 26 年度

研究開発課題名：

交差相関係数増大法の開発

研究開発機関名：

国立大学法人 大阪大学 大学院基礎工学研究科

研究開発責任者

木村 剛

## 当該年度における計画と成果

### 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

【目標】平成26年度および27年度にて、クロム酸化物  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ベース材料における交差相関係数および動作温度向上の手法を開発する。

【計画】数少ない室温で電気磁気効果を示す物質の一つであるクロム酸化物  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  のバルク試料をベースとして、同材料における交差相関係数および動作温度を増大させる手法を探求する。本研究開発責任者の研究グループでは、これまでに  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  単結晶試料における電気磁気効果の詳細を調べ、同物質が307K以下で電気磁気効果を示し、室温(300K)において  $\alpha$  が2.8~2.9ps/mであること、さらに電界中では磁化反転といった強磁性的な振る舞い、磁界中では電気分極反転といった強誘電的な振る舞いを示すことを報告している。本研究課題では当該期間において、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  の電気磁気効果の交差相関係数および動作温度の増大を実現させる手法を探求する。これまで、CrサイトをFeで一部置換するなどの化学的置換の手法を試みてきたが、電気磁気効果の向上は見られなかった。そこで、これまで系統的な試みのない物理的圧力の印加による手法で向上が見られるかを調査する。圧力印加によって原子間距離が接近することが予想され、それにより磁氣的相互作用の増加、さらには交差相関係数および動作温度を増大させることが期待される。本研究開発責任者の研究グループでは、最近、静水圧下でマルチフェロイック物質の電気磁気効果の測定を可能とする測定系を構築しており、同測定系を用い、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  単結晶試料の電気磁気特性の圧力効果を測定する。また、静水圧印加に加えて、一軸圧印加下での誘電および電気磁気特性の測定を可能とする測定系の立ち上げを行う。

### 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

#### 2-1 進捗状況

##### 静水圧力下における誘電・電気磁気測定系の室温温度域での動作確認

本グループにて構築した静水圧印加装置は、これまで50K以下の低温での誘電・電気磁気測定に使用されてきたもので、室温を越える温度での動作の確認が取れていなかった。そこで、まずは室温以上の温度での誘電・電気磁気測定の動作確認を行った。とくに圧力媒体の影響が誘電測定に与える影響を調べるために、NaClおよびグリセリンを圧力媒体としたときの見かけの測定値への影響を調べた。

##### 一軸圧印加測定系の立ち上げ

一軸圧を試料に印加した状態で、誘電・電気磁気特性を測定することが可能な測定系の立ち上げを行った。この測定系では、最大5000Nの一軸圧の印加が可能で、本グループが所有する超伝導磁石に組み込むことにより、2ケルビン~室温程度、9テスラの磁場下での誘電・電気測定が可能となる予定である。また、平成26年度の管理経費により、同測定系の超伝導磁石への導入を可能とする実験室整備を行った。

##### $\text{Cr}_2\text{O}_3$ に対する圧力印加による物性への影響に関する先行研究の調査

$\text{Cr}_2\text{O}_3$  に対する圧力印加による物性、とくに反強磁性転移温度( $T_N$ )への影響に関する先行研究はいくつかある。これまで、電気磁気効果測定、熱膨張、中性子線回折、第2高調波発生など様々な測定手法で

$T_N$ の圧力変化  $dT_N/dp$  を測定したという報告がある。しかしながら、 $dT_N/dp$  の大きさのみならずその符号に至るまで、結果は各報告により大きく異なることが明らかとなった。この原因は測定試料の違い（単結晶や多結晶など）や使用する圧力媒体による静水圧性の質などに依存するものと考えられる。よって、今後、実際に自身の静水圧および一軸測定といったいくつかの測定による詳細な結果が必要であることが認識された。

#### Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>単結晶試料の準備

今後の測定に使用するための Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単結晶試料を確保するため、フラックス法による合成を進めた。これまで本グループで育成した単結晶試料の写真を図に示す。

## 2-2 成果

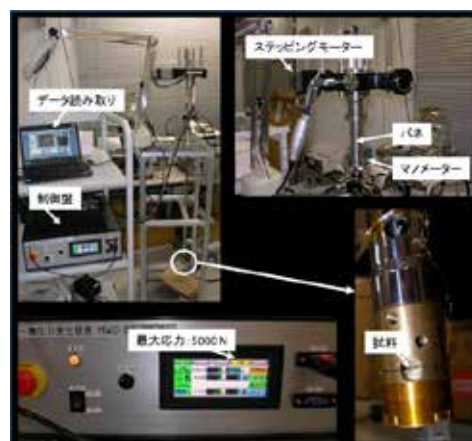
これまでのところ論文発表に至るまでの成果はあがっていないが、平成26年度の研究により以下の知見および進展が得られた。

圧力下での誘電率の温度依存性の試験測定により Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は圧力印加に伴って電気抵抗が下がる可能性が示された。また、圧力媒体であるグリセリンの浮遊容量の評価を行い、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の反強磁性相転移温度での誘電率の変化に比べてグリセリンが誘電率測定に及ぼす影響はゼロではないが、測定を不可能にするほどの大きさではないことが明らかとなった。今後、これらの結果を踏まえた実際の測定で対応を検討する。

平成26年度に立ち上げを行った一軸圧印加測定系（右写真）に関して、これまで試験的な動作を行い、最大5000Nの一軸圧、2ケルビン～室温程度、9テスラの磁場下での誘電・電気測定が可能であることを確認した。今度、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単結晶試料の測定を行っていく。

先行研究の結果を検討することにより、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の反強磁性相転移温度を上昇させるためには静水圧性の高い圧力もしくは、*a* 軸方向（六方晶表記）への一軸圧力が有効であるということが明らかとなった。

今後の測定で使用する Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単結晶試料の準備をすすめ、右写真にあるような Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単結晶試料を用意した。



## 2-3 新たな課題など

上記の内容に関して、静水圧下測定系として、10GPa程度の高圧力測定を可能とするダイヤモンド・アンビル・セルを用いた測定系のみをこれまで試験してきたが、テクニカルな困難さがいくつか明らかとなり、今後は、より取り扱いが容易な数 GPa までの測定が可能なクランプセルを用いた実験も並行して行うことを予定している。

## 3. アウトリーチ活動報告

該当なし。