

(様式第9 別紙2：公開版)

養成技術者の研究・研修成果等

1. 養成技術者氏名： 掛下照久

2. 養成カリキュラム名： 高温超電導体の特異な電子状態に関する光学的研究

3. 養成カリキュラムの達成状況

今年度(平成15年度)は、赤外分光やラマン分光という光学の実験手法において、微小な単結晶($>0.5\text{mm}\phi$)や、局所的な情報を得るための顕微システムの立ち上げ、及び立ち上げたシステムでの測定を行った。立ち上げ、測定に費やした時間の割合は、だいたい半々ぐらいである。

赤外顕微分光に関しては、16年度に正規に製品を購入する前段階として、装置の仕様を確かめるべく、プルカーオプティクス社のデモ用顕微鏡を用いて、銅酸化物以外の金属化合物で最も高い超伝導臨界温度 T_c を有する MgB_2 に炭素(C) をドーブした4組成の試料の金属応答(Drude 応答)を $\sim 1.6\mu\text{m}$ (16000cm^{-1})まで測定した。顕微鏡内部の金ミラーをアルミミラーに変えた製品版顕微鏡を用いて今年度は、 $\sim 0.4\mu\text{m}$ (25000cm^{-1})測定できる予定となっている。これらの進行度は当初の計画通りである。

ラマン分光に関しては、今年度(平成15年度)内の到達目標ということでは、当初の計画では、YBCO 線材の酸素量評価として、ラマン分光測定から得た光学フォノンのピーク位置から、酸素量を見積もるために、多結晶試料からそのフォノンピークの雛形データを作成する、ということであった。この点に関しては、酸素量の組成は大雑把ではあるが、そのような雛形を作成することができた。加えて、この研究過程の中で、対物レンズの倍率を、100倍程度まであげると、通常構造解析で用いる手法である XRD では、検出出来ないような微小な不純物(例えば Y2115 等)を検出できることも分かった。

4. 成果

赤外分光(光学反射率)及びラマン分光という、2つの強力な光学の実験手法を用いて、超電導材料高度化の開発業務、具体的には、高温超電導体 YBCO 単結晶、多結晶及び線材評価を行った。ラマン分光による線材評価は、ICP 等の化学的評価とは異なり、非破壊的評価法であり、光学フォノンの構造で超電導材料の酸素量の同定が行える他、X線では検出できない不純物も検出することができ、また、赤外分光測定は、ラマン分光ではわかりにくい、実際のキャリア数の同定などが行える。

上半期においては、以下の二点の研究を行った。

(I)顕微ラマン分光システムの立ち上げを行い、当研究所の線材グループが作成した YBCO 線材(TFA 基盤上)の、いくつかのアニール条件で酸素量を変えたもの3組成の顕微ラマン測定を行った。それらの結果については、7月末の所内の線材グループとのミーティングで報告を行った。

(II)16年度納入予定の光学顕微鏡のデモ機をプルカーオプティクス社から一ヶ月借りて、赤外顕微分光システム立ち上げの準備作業を行った。その作業の一貫として、非酸化物金属化合物超電導体としては、最も高い T_c を有する MgB_2 の単結晶($>0.5\text{mm} \times 0.5\text{mm} \phi$)の反射率測定を行い、プラズ

マエッジの位置や異常な Drude 応答等の結果を得た。その結果については、秋の物理学会で報告した。

下半期においては、以下の二点の研究を行った。

- (1) 線材プロセスにフィードバックすべく、従来の方法とは別の手法で、YBCO 多結晶試料で最適組成、アンダードーピング、オーバードーピング試料の作成を試み、顕微ラマン測定を行った。通常、測定には18倍の倍率の対物レンズを用いるが、倍率を50倍、100倍とあげることによって、多結晶X線測定では検出できない、Y2115等の微小な不純物を検出することができた。また、それぞれの組成のフォノンのピークの位置から、酸素量の同定を行える雛形データの作成も行った。
- (2) 無双晶化したアンダードーピング YBCO 単結晶試料の面内反射率及び、その異方性の測定を行った。反射率から見積もった超伝導状態での超流動密度は、 μ SRの結果から提案されているユニバーサルラインから、大きくはずれ、かなり小さいことが明らかになった。また、金属伝導を示す Drude 応答は、擬ギャップ温度以下で異常な振る舞いを示し、有限周波数でなんらかの構造が育っていくことも明らかになった。これらの結果は、最近、Bi2212系などの高温超伝導体で、 CuO_2 面が本質的に不均一であることを示唆するSTMの結果とコンシステントであると思われる。磁場印加によって、ゼロエネルギーの超流動成分が常伝導成分に変化するのではなく、有限周波数に移動する、そのことが、この系の臨界磁場、すなわち臨界電流密度 J_c を大きくしている原因とも考えられ、16年度においては、磁場化での実験を行うことを検討している。

5. 成果の対外的発表等

- (1) 論文発表(論文掲載済、または査読済を対象。)

なし

- (2) 口頭発表(発表済を対象。)

T*型銅酸化物超伝導体の面内電荷応答(III) (第58回日本物理学会秋の分科会、9月20~23日)

$\text{Mg}(\text{B}_{1-x}\text{C}_x)_2$ の赤外顕微分光 (第58回日本物理学会秋の分科会、9月20~23日)

YBCOの面内光学応答(第59回日本物理学会年回、3月27~30日)

- (3) 特許等の出願件数

なし