

## THz 分光による YBCO 超伝導体の評価と 薄膜の THz イメージング

### [1] 組織

代表者：安田 新  
(鶴岡工業高等専門学校 創造工学科)  
対応者：佐々木 哲朗  
(静岡大学電子工学研究所)  
分担者：Wisut Titiroongruang  
(タイ国キングモンクット工科大学)  
森谷 克彦  
(鶴岡工業高等専門学校 創造工学科)

### [2] 研究経過

1986年に報告された銅酸化物系の高温超伝導体の報告以来、その超伝導の発現機構について多様な研究がなされてきたがそのメカニズムについては結論には至っていない。

本研究では、全く新しいアプローチとして、コヒーレントかつ周波数可変のテラヘルツ分光装置を用いた YBCO 高温超伝導体のテラヘルツ透過スペクトル測定を行い、超伝導発現に起因するような特有の吸収振動の同定を行うことを目的として、研究が昨年度から始まった。

本プロジェクトは、今年度が2年目であった。申請者は、昨年度の静岡大学電子工学研究所共同プロジェクトにおいて同研究所の佐々木哲朗特任教授、タイ国キングモンクット工科大学 Wisut教授と共同で、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 焼結体のテラヘルツ吸収測定を室温および70Kで行った。試料は焼結後の $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ で、母材としてポリエチレンを使用して25 wt%の濃度で混合したペレットである。

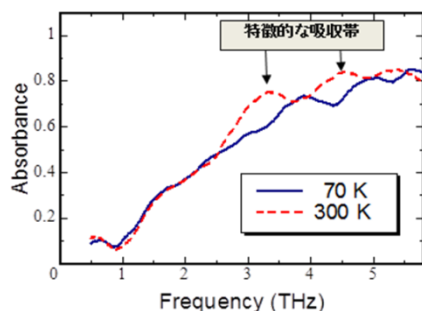


図1  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ のテラヘルツ吸収スペクトラム

図1のように温度によって明確にテラヘルツ帯での吸収に差が生じることを申請者らが明らかにした。このグラフからわかるようにいくつかの特徴的な吸収ピークもしくは温度変化によるピークシフトが確認された。この結果から THz 周波数領域の振動をもつ何らかの結晶構造・欠陥が超伝導発現に寄与していることを期待させる。

本年度はさらに環境汚染などを考慮したハザード・フリーな製造プロセスで YBCO の薄膜形成を行った。YBCO の薄膜化はその集積性や経済性・歩留まりなどの利点だけでなく、材料固有の物性が薄膜化によって先鋭化したり、バルクでは見られなかった特異な物性値を持つという特性改善につながる可能性も秘めている。

薄膜サンプルの作製は主に研究代表者と本校の森谷克彦准教授が担当し、KMITL の Wisut 教授は超伝導材料に関する総合的な知見に関する指導を担当し、周波数可変テラヘルツ分光装置を用いた測定に関しては静岡大学電子工学研究所 佐々木哲朗特任教授の指導の下、佐々木研究室で行う。

以下、研究活動状況の概要を記す。

2015年3月11日 第62回応用物理学会春季学術講演会 発表 「YBCO 超伝導体のテラヘルツ吸収スペクトルの評価」(東海大学)

2015年5~12月 薄膜試料作製(鶴岡高専)

2015年8月11日~15日 YBCO サンプルのテラヘルツ分光測定(静岡大学)

2015年8月30日~9月1日 The Second International Symposium on Frontiers in THz Technology 発表 "THz absorbance properties of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  systems superconductors" (浜松)

2015年12月27~29日 YBCO 薄膜サンプルのテラヘルツ分光測定(静岡大学)

2016年1月~3月 薄膜試料サンプル作製・データ解析(鶴岡高専)

### [3] 成果

#### (3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

まず、第1に安価で大面積な薄膜形成が可能であるスピコート法を用いてイーグル基板(無アルカリガラス25 mm角)上にYBCO薄膜を形成することおよび先行研究で用いられてきた危険な溶媒であるトリフルオロ酢酸を使わずにハザードフリーな溶媒としてアミノエタノールを採用したことである。

モル比がY:B:Cu=1:2:3になるように塩化イットリウム0.6072[mol/l]、塩化バリウム0.8332[mol/l]、酢酸銅1.1979[impl/l]をアミノエタノール10[ml]、メトキシエタノール1[ml]の有機溶媒に加え、超音波洗浄機で4時間処理した。その後攪拌機にて450[rpm]、45[°C]で約10時間攪拌させた。

本研究で採用したスピコート法とは、スピコータと呼ばれる機器を用いて基板を回転させ、その際に溶液を滴下し、遠心力により基板上に均質な溶液を塗布する方法である。作製した原料溶液をスピコータで基板上に塗布する。なお、プレアニール温度を300[°C]とし、ホットプレートで処理を行った。乾燥処理後400, 500, 600, 700, 800, 900[°C]でそれぞれアニールを行った。図2として800°Cでアニールしたサンプルの表面写真およびSEM像を掲載する。

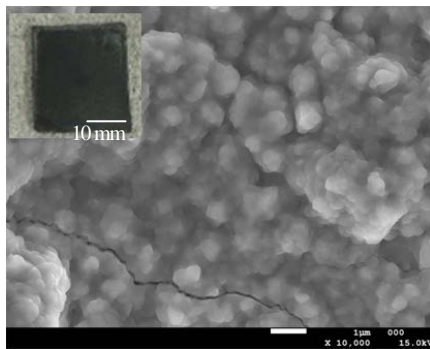


図2 800°Cアニール処理を行ったYBCO薄膜表面写真(左上)およびSEM像

第2に、作製したYBCO薄膜サンプルをX線回折測定を行い、実際に回折ピークが存在するかの確認を行った。その結果を図3として示す。この結果から明らかなように、YBCOに由来するピークが見られたことから本研究においてアミノエタノール溶液を用いたスピコート法で初めてYBCO薄膜の作製に成功した。

今後はアニール温度や回転数を最適化して高品質な薄膜形成を進めていくとともにTHz透過および反射スペクトルを採取し、薄膜固有のTHz吸収特性などの評価を行って行く予定である。

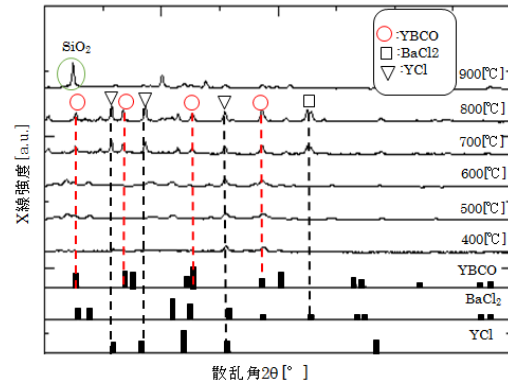


図3 作製したYBCO薄膜のX線回折スペクトラム

#### (3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトによって、静岡大学や鶴岡高専およびKMITLを核として研究者間の交流が活性化し、長岡技術科学大学との共同研究も企図された。さらに本研究の成果として2015年8月に浜松で行われたThe Second International Symposium on Frontiers in THz Technologyに参加し、"THz Wave Absorbance Properties of  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  Systems Superconductor"という題目で講演を行った。また、今回の成果をさらに発展させた内容で2016年9月に開催が予定されている第64回応用物理学会春季学術講演会で報告する予定である。さらにIRMMWなどの国際会議での発表、権威ある学術雑誌への論文投稿で周知する。

前年度に引き続き本プロジェクトにおける研究チームは山形県と静岡県、そしてタイ国という海外にもわたる地域間の連携で行われているという特色を生かして鶴岡高専や静岡大学、KMITLもしくは長岡技術科学大学などで行っている市民向けの講演会などで本プロジェクトに関する入門的な発表を行って広く市民への発信を行う。また、研究代表者及び分担者の一名は高等専門学校教員であることから、本プロジェクトを包括的にまとめた内容で若い高専学生らに対して特別講義等や講演会を企画する。

本プロジェクトで明らかになった成果は、テラヘルツ分光によるYBCO高温超伝導体の超伝導発現機構の解析と新しい評価法の提案という研究領域の開拓(萌芽的研究の発見)に結びつき、今後の発展が期待されている。

#### [4] 成果資料

(1) Arata Yasuda, Nobuhiro Nakajima, Tetsuo Sasaki, The Second International Symposium on Frontiers in THz Technology, (査読付き国際会議), "THz Wave Absorbance Properties of  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  Systems Superconductor", Hamamatsu, Japan, 2015

## 出張報告

氏名：安田 新

所属：鶴岡工業高等専門学校

期間：平成27年12月27日～29日

用務先：静岡大学電子工学研究所 佐々木研究室

用務内容：サンプルの測定

主たる対応者：佐々木 哲郎 特任教授