

90 物理分野 「高温超伝導セラミックスの焼成と特性測定」

(1) 研究開発の概要

事前授業で、超伝導セラミックスの性質・製法や熱電対の測定原理についての講義を行った。その後、2回の生徒実験を通して、熱電対による温度測定や小さな抵抗の測定法である4端子法の実験、超伝導セラミックスの臨界温度の測定を実施し、レポートを作成させた。最後に、特別研究のまとめとして、名古屋工業大学電気電子工学科助教授の大原繁男先生に、生徒の実験レポートの講評と超伝導一般についてのまとめの講義をお願いした。

(2) 研究開発の経緯

本特別研究は、平成16年度から、名古屋工業大学電気電子工学科の大原繁男先生のご援助で実施しているもので、毎年、生徒の実験レポートや事後アンケートの結果をもとにその内容を修正・発展させて本年度の実施に至っている。

本年度の実施については、平成18年度の特別研究終了時に、平成19年度に再び実施することをお願いした。その後、平成19年4月に大学を訪れて正式にお話し、その後は、メールでの打ち合わせが中心となった。打ち合わせ内容は、事前授業、実験、レポート、まとめ講義へと進む特別研究3究の形式について、まとめ講義の内容とその中で生徒の実験レポートの評価をいただきたいこと等であった。

その後、事前授業や生徒実験を終え、8月23日に、大学の研究室において、まとめ講義の内容について再度依頼をすると同時に、生徒の実験レポートをお渡して評価をお願いし、その内容をまとめ講義に含めていただいた。

(3) 仮説(ねらい、目標)

本特別研究のねらいは以下のア～ウの通りである。

ア 高温超伝導セラミックスに関する知見を体験的・総合的に学習する。

イ 電気回路に慣れ、熱電対による温度測定の方法や小さな抵抗を測定する方法である4端子法による抵抗値の測定を体験する。

ウ レポートの作成や、まとめ講義でレポートへの評価を聞くことを通して、科学的な考え方や実験を企画する力、表現力を養う。また、本校では、実施している生徒実験の数が少ないので、生徒に理論と実際の違いを体感させる機会としても位置づけた。

(4) 研究の方法および内容

ア 対象生徒

3学年理系物理選択者 164名

イ 実施日程

事前授業 (65分) 平成19年7月6日(金)～10日(火)に実施

実験 (65分) 平成19年7月9日(月)～11日(水)に実施

実験 (65分) 平成19年7月11日(水)～13日(金)に実施

まとめ講義(65分) 平成19年9月13日(火)、14日(水)に実施

ウ 実施場所

事前授業 : 各教室

実験・ : 物理実験室

まとめ講義 : 視聴覚教室

エ 実施内容

(ア) 事前授業(65分)

a 高温超伝導セラミックスとは

高温超伝導体とは、液体窒素温度(77.4[K])以上で超伝導現象が起こる物質で、本実験ではBa系銅酸化物超伝導セラミックス $YBa_2Cu_3O_7$ を利用する。これは1987年2月に米国・ヒューストン大学のM.K.Wuによって開発されたもので、世界で初めて高温超伝導を達成した(臨界温度 T_c = 約93K)。

b 超伝導セラミックスの製造過程

超伝導セラミックスは、通常、 秤量、 混合、 焼成(仮焼き)、 粉碎・混合、 焼成(仮焼き)、 粉碎・混合、 加圧成形、 焼成(本焼き)の各過程を経て作られる。本実験では、簡易的に、島津理化学器械(株)からUFO Powderの商品名で販売されている超伝導体焼成用粉末を利用する。これは、 〇の秤量～ 〇の粉碎・混合をすでに終えてある粉末で、 加圧成形、 焼成(本焼き)を行えば簡便に超伝導体を作ることができる。

c 高温超伝導セラミックスの超伝導特性について

超伝導物質の温度を下げていくと、ある温度を境に電気抵抗が消失する現象が起こるが、この現象が超伝導現象であり、その変化が起きる温度を臨界温度 T_c という。超伝導物質はこの温度を境に高温で安定な常伝導相から、低温で安定な超伝導相へ相転移をするものと考えられている。また、超伝導物質を臨界温度 T_c 以下に冷却した状態においても、超伝導物質に流れる電流を大きくしていくと超伝導状態が破れてしまうが、この時の電流の大きさを臨界電流という。

d 熱電対について

2種類の異なる金属線を接合して閉回路を作り、2つの接合点に温度差を与えると、回路に起電力が生じて電流が流れる効果をゼーベック効果という。このときに発生する熱起電力は、2つの金属の種類と両端の接合点の温度だけで定まるので、この性質を利用して2つの接合点の間の温度差を測定することができる。

(1) 実験 (65分)

a 熱電対による測定の練習



実験の様子

アルメル-クロメル熱電対とデジタルマルチメーターを用いて、標準点の温度を氷点(0)として、温水の温度の測定を試みた。

b 超伝導セラミックス片の抵抗値測定

2端子法と4端子法の2つの方法で、鉛筆の芯や銅製の電線、超伝導セラミックス片の抵抗値を測定した。2つの測定法の優劣やその原理についてはあまり解説しないで自由に実験をさせたが、的確な数値を得ている班では、小さな抵抗値の測定には4端子法の方が優れていることがはっきりと確認できた。