

Title	高温超伝導体YBCOの電磁応答に関する研究
Author(s)	長島, 健
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3128784
DOI	10.11501/3128784
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏 名	なが 長	しま 島	たけし 健
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	第 1 2 7 6 8 号		
学 位 授 与 年 月 日	平 成 8 年 12 月 27 日		
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科 応用物理学専攻		
学 位 論 文 名	高温超伝導体 YBCO の電磁応答に関する研究		
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 中 島 信 一		
	(副査)		
	教 授 興 地 斐 男	教 授 増 原 宏	教 授 志 水 隆 一
	教 授 河 田 聡	教 授 樹 下 行 三	教 授 伊 東 一 良
	教 授 八 木 厚 志	教 授 石 井 博 昭	教 授 後 藤 誠 一
	教 授 岩 崎 裕	教 授 豊 田 順 一	教 授 萩 行 正 憲
	教 授 一 岡 芳 樹		

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高温超伝導の発現機構に密接に関係する、高温超伝導体のキャリアーの伝導機構および電子対の対称性について知見を得ることを目的とした、高温超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO) の電磁応答に関する研究をまとめたものである。本論文は六つの章から構成されている。

第一章では本研究の背景と目的、そしてその意義について述べている。

第二章では、高温超伝導体が層状構造を持つことの重要性について指摘している。また、電磁応答理論および超伝導理論について述べている。

第三章では本研究のミリ波領域における電磁応答の測定原理および試料について述べている。まず、本研究で測定に用いたマッハ・ツェンダー型干渉分光計の測定原理および特徴を解説している。さらに、本研究で確立された、基板上に作製された高温超伝導体薄膜の複素光学定数を求める方法を示している。最後に試料として用いた、異なる配向性を持った2種の YBCO 薄膜の特性について述べている。

第四章では、十分に酸化された YBCO 薄膜のミリ波領域における面内 (ab 面内, CuO_2 面に平行) および面間 (c 軸方向) の複素電気伝導度の温度依存性の測定を行っている。

面内複素電気伝導度の温度変化を二流体モデルを用いて解析した結果、超伝導転移温度以下では準粒子の散乱時間が温度とともに急激に増加することがわかり、常伝導状態での支配的なキャリアー散乱機構ならびに電子対形成の機構が、強い電子相関に起因することを示唆している。

今まで、超伝導状態における面間複素電気伝導度の温度変化測定は困難であったが、本研究で用いた測定法は、より直接的で精度の高い手法であることを示している。面間複素電気伝導度の測定結果から、電磁応答は大きな異方性を示すことを明らかにしている。このことから超伝導は本質的に CuO_2 面で生じると考えている。さらに、本研究で用いたような十分に酸化された YBCO の面間応答の温度変化を説明するためには、常伝導金属層を形成する CuO 鎖の存在および電子対の対称性を考慮する必要があることを指摘している。

第五章では、YBCO 薄膜のミリ波応答測定から電子対の対称性が、s 波か d 波であるかを調べている。面間磁場侵

入長の温度依存性の測定結果は、d波の対称性を仮定した理論的計算と一致することを示している。また、面内磁場侵入長の弱磁場依存性もd波の対称性を支持することを明らかにしている。このように同一の試料について、独立な二つの判定法を組み合わせることで判定の信頼度を向上させ、YBCOの電子対がd波の対称性をもつことを確かめている。

第六章では、以上で得られた知見を総括し、本論文の結論としている。

論文審査の結果の要旨

高温超伝導の発現機構、言い換えれば超伝導キャリアである電子対形成のための引力の起源を特定することが必要とされている。引力を引き起こす相互作用を反映する、超伝導状態におけるキャリアの伝導機構および電子対の対称性を明らかにすることは、重要な課題となっている。本論文は、これらについて、高温超伝導体 YBCO の電磁応答を測定することにより調べた結果をまとめたものである。主な成果を要約すると以下ようになる。

- (1) 本研究では、マッハ・ツェンダー型干渉分光計を用いた超伝導体薄膜のミリ波領域における複素光学定数の測定手法を確立している。この測定手法は、従来の超伝導体の電磁応答の測定法には見られない特徴的なもので、これまで困難とされてきた超伝導状態における面間電磁応答の精度の高い測定を可能にしている。
- (2) 超伝導状態における YBCO の面内および面間電磁応答を測定し、解析を行い、キャリアの伝導は本質的に二次元的であることを示している。
- (3) 最近提案された電子対の対称性の判定法にもとづいて、面間電磁応答から磁場侵入長の温度依存性を導出し、YBCO では d 波の対称性を持つことを示している。
- (4) さらに電子対の対称性の判定の信頼度を高めるため、磁場変調分光法を適用して、電磁応答の外部磁場依存性を測定している。測定結果から、YBCO の電子対がやはり d 波の対称性を持つことを結論している。

以上のように、本論文は、独自の測定精度の高い分光法を用いて、高温超伝導体 YBCO の超伝導状態における電磁応答を測定し、キャリアの伝導機構および電子対の対称性について知見を得ている。これらの知見および本研究で確立した電磁応答の測定手法は、応用物理学、特に超伝導物性物理学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。