

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	ペロブスカイト型の厚いブロック層をもつ鉄系超伝導体の単結晶作製と異方的物性評価
Title(English)	Crystal Growth and Anisotropic Properties of Iron-based Superconductors Having Thick Perovskite-type Blocking Layers
著者(和文)	片桐隆雄
Author(English)	Takao Katagiri
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9492号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:笹川 崇男,東 正樹,吉本 護,舟窪 浩,中村 一隆
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9492号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	片桐 隆雄		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	笹川 崇男	准教授	審査員	中村 一隆	准教授
	審査員	東 正樹	教授			
		吉本 護	教授			
舟窪 浩		教授				

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Crystal Growth and Anisotropic Properties of Iron-based Superconductors Having Thick Perovskite-type Blocking Layers (ペロブスカイト型の厚いブロック層をもつ鉄系超伝導体の単結晶作製と異方的物性評価)」と題して英文で書かれ、全5章から構成されている。

第1章“General Introduction”では、超伝導の一般論や近年の研究動向が説明されている。特に、鉄系超伝導体の結晶構造と異方性の関係について示され、本研究の目的が述べられている。

第2章“Experimental”では、単結晶の構造解析および超伝導特性の評価方法が示されている。

第3章“Results in  $\text{Ca}_{n+1}(\text{Mg}, \text{Ti})_n\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{3n-1}$  Superconductors”では、本研究で初めて確立された  $\text{Ca}_{n+1}(\text{Mg}, \text{Ti})_n\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{3n-1}$  の単結晶育成方法と、それらの超伝導特性およびその異方性に関して述べられている。単結晶育成条件の最適化の結果、大型な単結晶を得る上で重要な要素を明らかにし、アルミナ坩堝を二重石英封管して行うセルフフラックス法による結晶育成技術が確立されている。得られた  $\text{Ca}_5(\text{Mg}, \text{Ti})_4\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{11}$  ( $n=4$ ) 単結晶は  $T_c^{\text{on}}=41\text{ K}$ 、 $T_c^{\text{zero}}=34\text{ K}$  で超伝導転移し、磁場印加でゼロ抵抗温度が低温側へシフトするブロードニング的挙動が観測されることが報告されている。異方性を角度依存測定から系統的に見積り、異方性パラメータ  $\Gamma = H_{c2}^{\text{||ab}}/H_{c2}^{\text{||c}}$  が 80~180 という、これまで観測されている鉄系超伝導体の中で最大の値を持つことが明らかにされている。

第4章“Results in  $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_{3-\delta}$  Superconductors”では、 $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_{3-\delta}$  の単結晶育成法と、超伝導特性およびその異方性に関して述べられている。酸素量依存性の評価から電子相図の作成も試みられている。単結晶育成には種結晶を用いたフラックス法が用いられ、大型単結晶を得ることに成功したことが報告されている。酸素欠損のない組成は  $T_c^{\text{on}}=33\text{ K}$ 、 $T_c^{\text{zero}}=27\text{ K}$  であり、磁場下でブロードニング的挙動が報告されている。また、異方性パラメータ  $\Gamma$  は 20 程度となり、これは第3章で観測された  $\text{Ca}_5(\text{Mg}, \text{Ti})_4\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{11}$  の値よりは小さいが、 $\text{BaFe}_2\text{As}_2$  系や  $\text{NdFeAsO}$  系より大きいことが言及されている。次に、酸素欠損による超伝導特性のキャリア濃度依存性が議論されている。結晶構造や格子定数は酸素欠損量で大きく変化しない一方で、転移温度  $T_c$  は酸素欠損に伴って低下していき、 $\delta=0.75$  では超伝導転移しないことが報告されている。また、異方性パラメータは酸素欠損で変化せず 20 程度のままであったが、酸素欠損の増加で、強磁性が発現することが見出されている。これは超伝導と強磁性が共存する特異な超伝導体であることを意味し、そのキュリー温度や超伝導転移温度  $T_c$  から決定した電子相図が提案されている。

第5章“General Discussion”では、第3章および第4章で見積もった異方性パラメータと結晶構造との密接な相関性について総合的に議論されている。異方性パラメータはブロック層の厚さで見積り可能であることが見出され、また、厚さ一層の類似性を利用して、ブロック層の枚数のみで異方性パラメータの予測が可能であるという新たな一般則が提案されている。これらの異方性は、工業応用上重要な臨界電流密度  $J_c$  に大きな影響を及ぼすことが系統的な実験と、現象論的な考察によって示されている。一方で、第一原理計算の報告をもとにした考察から、酸素欠損した  $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_3$  はブロック層が強磁性絶縁体であり、超伝導と絶縁体が自然に積層した固有ジョセフソン接合になっている可能性を指摘している。これにより従来実現していなかった強磁性固有ジョセフソン接合の研究と工学応用への進展の可能性なども議論されている。

第6章“Summary”では、以上の研究結果をまとめて総括を述べている。

以上を要するに本論文は、厚いブロック層をもつ種々の鉄系超伝導体を単結晶化する手法を確立したことにより、構造と異方性の相関を定量的に明らかにし、これまでに報告のなかった特異な超伝導状態を発見して新しいデバイス応用の道を開いた点において、工学上貢献することが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。