
九州大学大学院工学研究院 材料工学部門 金子研究室
Kaneko Laboratory, Department of Materials Science and Engineering
Graduate School and Faculty of Engineering, Kyushu University

本研究室は、電子顕微鏡等を利用した微構造解析により超伝導材料の特性と組織の関係を明らかにし、プロセスへのフィードバックによる高特性化の研究を行なっています。超伝導材料をはじめ結晶性材料の物理的特性は、材料組織(構造、原子配列、組成など)に大きく依存することから、本研究室では透過型電子顕微鏡による高分解能観察法や組成・結合状態解析法、また近年国内外で注目を集める「3次元電子線トモグラフィ法」による3次元ナノ形態解析を行ない、プロセス開発に貢献しています。超伝導材料のほか、金属、セラミックス等の材料解析、材料組織の3次元解析に関する国家プロジェクトや国内企業、海外研究機関との共同研究も行なっており、これら研究活動を通して材料工学分野を専攻する学生の教育に取り組んでいます。

(1) 研究室スタッフ

教授: 金子賢治 (微細構造解析、組成・結合状態解析、3次元電子線トモグラフィ、固体物性学など)

准教授: 寺西 亮 (溶液法、レーザー蒸着法による薄膜材料プロセスなど)

技術専門職員: 山田和広 (電子顕微鏡等による材料の微細構造解析など)

学生: 博士課程5名(内、社会人1名)、修士課程11名、学部4年生6名
(2012年4月現在)

(2) 主な研究の紹介

◆希土類系超伝導線の微構造に関する3次元形態・分布解析

NEDOプロジェクト「イットリウム系超電導電力機器技術開発」の一環として、磁束の人工ピン止め点を導入した超伝導膜について、電子線トモグラフィ法により膜中のBaZrO₃等のピン止め点(図1)や結晶欠陥などを3次元可視化し、下記の情報を得ています。

- ・ 磁束ピン止め点や結晶欠陥の形態や分散状態
 - ・ 母相に対する柱状析出物の偏角
 - ・ 析出物の数密度や体積率
- など

上記解析により得られた知見をプロセス開発にフィードバックし、磁場中での電流特性の高性能化に貢献しています。

◆希土類系超伝導膜への磁束ピン止め点の導入プロセス開発

磁束ピン止め点となる微細粒子(ナノ粒子)を超伝導膜の原料溶液中に分散させる手法や、ピン止め点の構成元素(塩)を原料溶液中に溶解させる手法により、超伝導膜中に有効な磁束ピン止め点を導入するプロセス研究を行なっています。また、結晶配向性の高い薄膜が得やすいレーザー蒸着法による薄膜作製も行なっています。

◆希土類系超伝導線の低抵抗接続プロセス開発

NEDOプロジェクト「イットリウム系超電導電力機器技術開発」の一環として、線の低抵抗接続に関するプロセス開発を行なっています。重錘式加圧熱処理炉(図2)を用い、線材安定化層(Ag)の拡散・変形による固相接合において、接合抵抗に及ぼす要因を特性評価や微細組織観察などから解析し、低抵抗接続の実現を目指しています。

◆高品質な鉄系超伝導膜作製プロセス開発

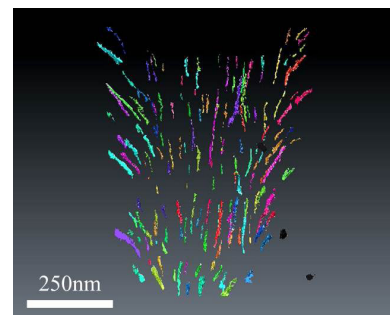


図1. 小片加工したGdBCO試料における磁束ピン止め点の3次元再構築像

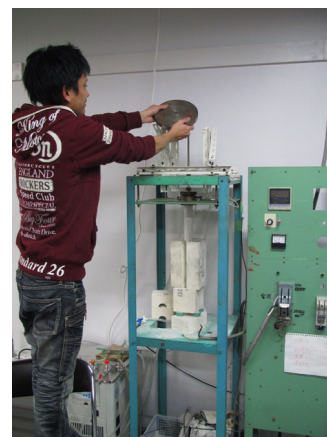


図2. 重錘式加圧熱処理炉

2008年に発見されたFeSe系超伝導体は、単結晶バルクを用いた物性研究にてカルコゲン元素をTeやSに置換することによりキャリアドープされ超伝導転移温度が変化すること等の性質が明らかになってきましたが、線材やデバイス応用には薄膜での臨界電流密度の向上が課題のひとつです。本研究室では、電流密度が低い主な原因である膜の組成ずれやそれに伴う結晶性低下の問題に対し、薄膜成長時の膜組成や結晶配向性の基板依存性や雰囲気ガスの影響を明らかにし、品質の高い薄膜を得るための手法を研究しています。

◆超高压電子顕微鏡によるその場引張及びその場加熱による転位と析出物の相関解明

超高压電子顕微鏡(次項参照)を利用し、観察中その場引張試験によるAl合金中の転位と析出物の相互作用の解明などを行なっています。また、超高压電子顕微鏡内にてその場加熱する手法により、ステンレス鋼の粒界腐食などのメカニズム解明に取り組んでいます。図3は、Al合金における析出物および転位の3次元解析を行なった一例を示しています。析出物や転位のTEMや走査TEM(STEM)による観察、制限視野電子回折法による方位解析、STEMトモグラフィ法による析出物と転位の3次元可視化を行なっています。

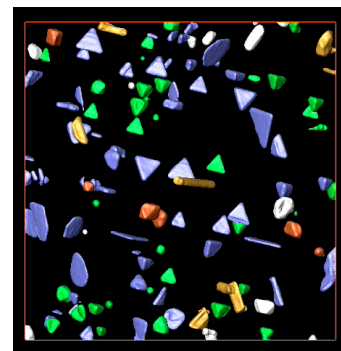


図3 3次元再構築像にて明らかとなった析出物と転位の関係

◆九州大学超高压電子顕微鏡室

本研究室が所在する伊都キャンパスには、世界最先端の電子顕微鏡を備える超高压電子顕微鏡室があり、本研究室もその運営に携わっています。その一例に、新超高压電子顕微鏡(図4、JEM-1300NEF、最高加速電圧1300 kV、点分解能0.12 nm)があります。数 μm の厚い試料の観察が可能であるほか、本装置にはオメガ型電子分光装置、テレプレゼンス遠隔操作装置、レーザービーム照射装置、元素分析装置や3Dトモグラフィシステムなどが付随しており、多元解析が可能な電子顕微鏡として稼動しています。



図4. 多元解析が可能な超高压電子顕微鏡

(3)連絡先

金子賢治

E-mail: kaneko@zaiko.kyushu-u.ac.jp、電話:092-802-2959

〒819-0395 福岡市西区元岡744 九州大学 伊都キャンパス ウェスト4号館650号室

金子研究室HP: <http://zaiko13.zaiko.kyushu-u.ac.jp/>

超高压電子顕微鏡室HP: <http://www.hvem.kyushu-u.ac.jp/>