

基盤技術課題

材料科学研究所

概要

材料科学研究所は、発電プラントの現場適用技術、自然エネルギー利用技術、省エネルギーのための新材料探索技術、などの基盤技術開発を実施し、電力の安定供給および低炭素社会の構築に貢献することを目指している。

課題毎の
概要と
主な成果

構造材料

火力・原子力発電プラントなどの構造材料を対象に高温強度、腐食特性などの各種データの収集・整備を図るとともに、経年劣化事象の評価法、機器の設備診断手法、寿命評価手法の開発・改良を進め、発電プラントの信頼性向上や安定運用に貢献する。

- 新規USCプラントでの採用が進んでいる改良型の9Cr鋼のGrade92鋼について、材料のクリープ破断データのみから変形挙動を推定できるクリープひずみ式を開発した*1。本式により、破断に至るまでのクリープ変形に伴う損傷の時間的変化の高精度予測が可能となった^[1]。
- 電気炉を用いた静止場ガス腐食試験により、ボ

イラ内の周期的なガス組成変動が、微粉炭火力発電のボイラ水冷壁管の硫化腐食に及ぼす影響を明らかにした。また、硫化腐食発生箇所を低コストかつ迅速に特定できる非破壊検査手法を火力発電プラントに適用し、ボイラ内の硫化腐食範囲および硫化腐食による減肉部位を推定した(図1)。

機能材料

革新的な機能・特性を持つ超伝導材料や有機材料などの固体材料、イオン液体などの液体材料の創出およびその利用方法の開拓を目的とし、基礎物性制御技術、固体結晶成長技術、化学合成技術により次世代の電子機能材料を開発する。

- 超伝導現象の発現機構の解明に向け、鉄カルコゲナイド超伝導体 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ 薄膜の磁場中低温電子輸送現象の精密測定・解析を行い、基板と組成を変化させ特別な電子状態になるように結晶構造を制御することで、超伝導転移温度が最も高く(18K超)なることを解明した^[2]。
- 電気化学発光セルは軽量・安価な面発光照明用途への応用が可能で、省エネルギーにつながる。この主要部品である電解質に対し、半導体ナノ量子ドット*2を添加することで輝度が1桁高くなり、実用レベルの輝度が得られることを見出した。

高性能SiCパワー半導体

再生可能エネルギー導入や連系強化・広域運用に対応する次世代低損失電力制御装置の実現に向けて、大容量・低損失SiCパワー半導体の製作のための高品位SiC単結晶を開発する。

- 複数の企業との共同研究により、高電圧・低損失パワー半導体素子に適用可能な高品位SiC単結晶膜の量産技術開発を進め、低欠陥密度かつ膜厚やドーピング濃度の均一性が高いSiC単結晶膜を直径6インチの大口径基板に安定的に高速製造する技術を確立した。
- SiC単結晶成長の高速・高品位化に取組み、原料にガスをを用いた手法(ガス法)により、従来の手法(昇華法)を大幅に上回る2.1mm/hの結晶成長速度で、高品質種結晶と同等な品質を有するSiC成長結晶を得た^[3]。
- SiC単結晶中の結晶欠陥の低減に向けて、非破壊の光学的手法(2光子励起フォトルミネッセンス*3)によって転位を3次元可視化するとともに^[4](図2)、基板に段差パターンを形成して結晶成長することで転位の伝播方向を制御できることを明らかにした^[5]。

材料評価共通技術

計算材料科学手法や分析手法などの基盤技術の組合せにより、マルチスケール材料強度評価法の開発や高クロム鋼材料の組織変化の評価に取組む。

課題毎の
概要と
主な成果

■材料の微視組織に基づいた強度評価手法の構築に向け、UVレーザーアトムプローブ*4を用いた高クロム鋼のナノレベル組成分析を実施し、微細析出物や微量炭素の分布状態を明らかにした。

■高クロム鋼のクリープ変形に対する微細組織の影響を理解し、対策技術を開発するため、特徴的な微細組織であるラス組織*5の崩壊を模擬した結晶塑性を解析する有限要素解析コードを開発し、塑性ひずみの増大を再現することでその妥当性を検証した。

*1 米国電力研究所(EPRI)との共同研究で実施した。

*2 ナノメートル(10億分の1メートル)サイズの粒径をもつ化合物半導体の粒子。

*3 2つの光子を同時吸収し、入射光エネルギーの2倍のエネルギー準位に励起された電子による蛍光発光。

*4 試料に紫外線レーザーをパルス照射することで、効率的に電界蒸発を発生させ、質量分析を行う装置。

*5 無拡散で結晶構造が変化したマルテンサイト組織の中にある薄い木片状の最小構成単位。ラス構造の崩壊(=転位密度の低下)は高クロム鋼のクリープ強度低下の原因の一つと考えられている。

[1] 茂山 他, 日本材料学会第52回高温強度シンポジウム前刷集 (2014).

[2] I. Tsukada et al., Jpn. J. Appl. Phys. 54, 043102 (2015).

[3] N. Hoshino et al., Appl. Phys. Express 7, 065502 (2014).

[4] R. Tanuma et al., Appl. Phys. Express 7, 121303 (2014).

[5] H. Tsuchida et al., J. Cryst. Growth 402, 260 (2014).

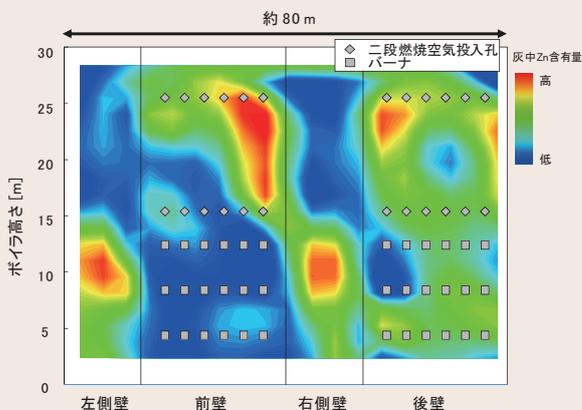


図1 微粉炭火力ボイラ水冷壁管の硫化腐食発生推定箇所の分布図

水冷壁管表面付着灰中Zn含有量が高い箇所は硫化腐食発生箇所と一致すると推定。携帯型分析装置を用いた測定により、ボイラ全体の硫化腐食発生箇所を数時間内に特定可能。

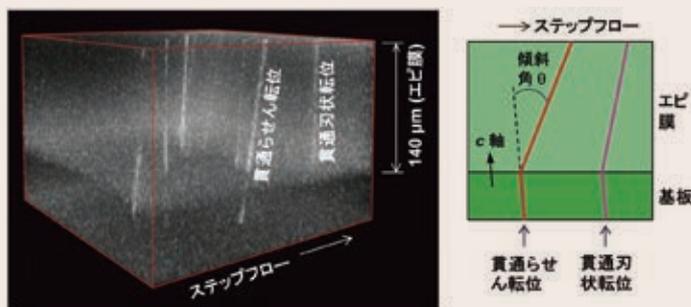


図2 2光子励起フォトルミネッセンスにより取得したSiCエピタキシャル単結晶膜(エピ膜)中の転位(貫通らせん転位、貫通刃状転位)の3次元像

貫通らせん転位と貫通刃状転位がステップフロー方向(結晶成長時の原子ステップの進行方向)に傾きながらSiCエピ膜中を伝播の様子が3次元像で可視化された。