

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: ナノ組織制御による高臨界電流超伝導材料の開発

2. 研究代表者名: 松本 要 (京都大学大学院工学研究科 助教授)

3. 研究概要

ナノ組織制御により、高温超伝導体中に工学的にデザインされたナノスケールの結晶欠陥 (Artificial Pinning Center: APC) を導入し、これらによって磁束量子を強力的にピンニングして高温超伝導体の臨界電流密度(J_c)を飛躍的に向上させることをめざし研究を実施した。具体的には、最適ピン止め構造を調べる APC デザイン技術、ナノアイランドやナノコンポジション制御による 1 次元および 3 次元 APC 導入やナノ粒子ドーピングによる APC 作製プロセス技術、および各種のナノ組織の分析や特性評価などの APC 構造・特性評価技術の研究を行った。また APC 応用技術に関しても一部実施した。

4. 中間評価結果

4 - 1. 研究の進捗状況と今後の見込み

本研究は、高温超伝導体中に APC を導入し、これらによって磁束量子を強力的にピンニングして高温超伝導体の臨界電流密度(J_c)を飛躍的に向上させることをめざすものであるが、当初計画を前倒しで達成し、世界記録を維持しており、高く評価できる。本研究チームの研究は、日本の高温超伝導線材開発の基礎部分を担い、米国との競争の矢面に立っており、今後米国のキャッチアップを阻止する体制構築が必要である。

4 - 2. 研究成果の現状と今後の見込み

各種高温超伝導体に 0 次元から 3 次元の APC を導入し最適化した結果、1 次元 APC として転位、2 次元 APC として結晶粒界の導入と制御に成功し、従来の YBCO 系高温超伝導薄膜に比べ 5 テスラの磁場下、77K おいて 2 倍~5 倍の J_c 向上を実現した。さらに 3 次元 APC を導入した SmBCO 薄膜は、5 テスラの高磁場下、77K で世界最高の臨界電流密度 ($J_c = 3.8 \times 10^5 \text{ A/cm}^2$) を達成した。これは、APC の効果を実証したもので、高く評価される。今後、内外の動きから APC 応用技術の線材応用研究を加速させることが望まれる。

4 - 3. 今後の研究に向けて

研究は順調に進んでおり、高温超伝導の基礎部門で先導的立場にあり、現時点では、世界のトップランナーであるが、米国のキャッチアップを阻止し、線材での実証研究を促進する為、領域としてのバックアップと国内の超伝導研究機関などとの共同開発が望まれる。

4 - 4 . 戦略目標に向けての展望

APC 導入による高温超伝導線材の実現は、戦略目標に合致し、更に、社会的インパクトも大きいものであり、バックアップ体制の確立が急務である。

4 - 5 . 総合的評価

高温超伝導研究チームとしては、少人数の体制であるが、APC 導入による高磁場、液体窒素温度下での臨界電流密度の世界最高記録の達成は、素晴らしい成果である。今後は更なる J_c の向上と線材開発促進のため、NEDO などとの共同協力体制も視野に入れた体制強化が望まれる。