



研究課題名 量子化磁束のダイナミクス制御と物質科学への展開

九州工業大学・大学院工学研究院・教授 まつもと かなめ  
松本 要

研究分野：理工系・工学・材料工学・無機材料・物性  
キーワード：(A) 結晶構造・組織制御

【研究の背景・目的】

2 つ以上の物質からなるナノ複合・ヘテロエピタキシャル薄膜はまったく新しい機能性材料を生み出す可能性に満ちている。例えばゼロ抵抗超伝導電流の上限を極限にまで高めた高性能超伝導薄膜、磁性相と強誘電体相を同一膜中に共存・制御するマルチフェロイック薄膜、変換効率を飛躍的に高めた量子ドット型太陽電池薄膜など多くの有望なターゲットがある。この技術は異なる物質相や秩序相、異種結晶界面や局所ひずみ、結晶構造や電子状態の急峻な変化・パターン、等々をエピ膜中に作り出し、相固有の特征的長さ・量子効果と物質との最適な相互作用を引き出すことを可能とする。本研究では、ナノ複合・ヘテロエピタキシャル薄膜技術を発展させ、超伝導電流の上限を理論限界近傍にまで高めるための道筋を明らかにするとともに、得られた知見の様々な機能性材料への展開も目指す。

【研究の方法】

超伝導秩序相を規定する重要な熱力学的パラメータとして、臨界温度  $T_c$ 、上部臨界磁場  $B_{c2}$ 、および対破壊電流密度  $J_0$  がある。 $T_c$  と  $B_{c2}$  は小さな電流密度下で実測できるためよく理解されているが、 $J_0$  の実測には大電流通電が必要である。しかし  $J_0$  に達するはるか以前に、ローレンツ力に耐え切れず量子化磁束のピン止めがはずれてしまうので、熱力学的上限に近い臨界電流密度  $J_c$  は実現されたためではない。本研究では応用の可能性を飛躍的に拡大することを念頭に、現状の  $J/J_0=1\sim 10\%$  の限界を超え、 $J/J_0=30\sim 50\%$  という大きなローレンツ力下の磁束物理という新分野を開拓する。そのため、①最適ピン構造の設計、②ナノ

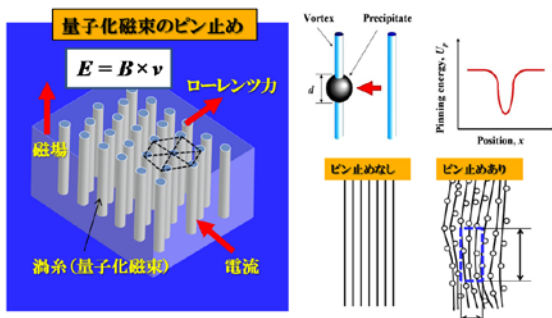


図1 量子化磁束のピン止めの概念図

複合・ヘテロエピ薄膜作製技術、③マイクロ構造および物性キャラクタリゼーションの3つの観点から研究を進め、量子化磁束の強力なピン止め構造を超伝導体中に導入する。

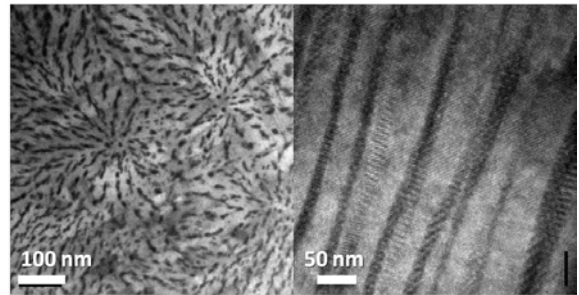


図2 ナノ複合・ヘテロエピ薄膜法によるピン構造の例

【期待される成果と意義】

本研究では、熱力学的理論限界の  $J_0$  に限りなく近い  $J_c$  の実現を目標とするが、まず  $J/J_0=30\sim 50\%$  を達成する道筋を示すことは、量子化磁束制御技術の金字塔となる。また、その道筋において自在なナノ複合・ヘテロエピ構造作製プロセス、原子・分子レベルからの設計・評価、および大規模計算などの知見を積むことは、他の機能性ナノ複合・ヘテロエピ薄膜への展開にも有効である。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ K. Matsumoto, P. Mele, “Artificial pinning center technology to enhance vortex pinning in YBCO coated conductors”, *Supercond. Sci. Technol.* **23**, pp. 014001–pp. 014013, 2010.
- ・ Tomoya Horide, Kaname Matsumoto *et al.*, “Control of the glass-liquid transition temperature in  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  films”, *Phys. Rev. B* **79**, pp. 092504–pp. 092507, 2009.

【研究期間と研究経費】

平成23年度－27年度  
159,600千円

【ホームページ等】

<http://w3.matsc.kyutech.ac.jp/energy/index.html>