SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

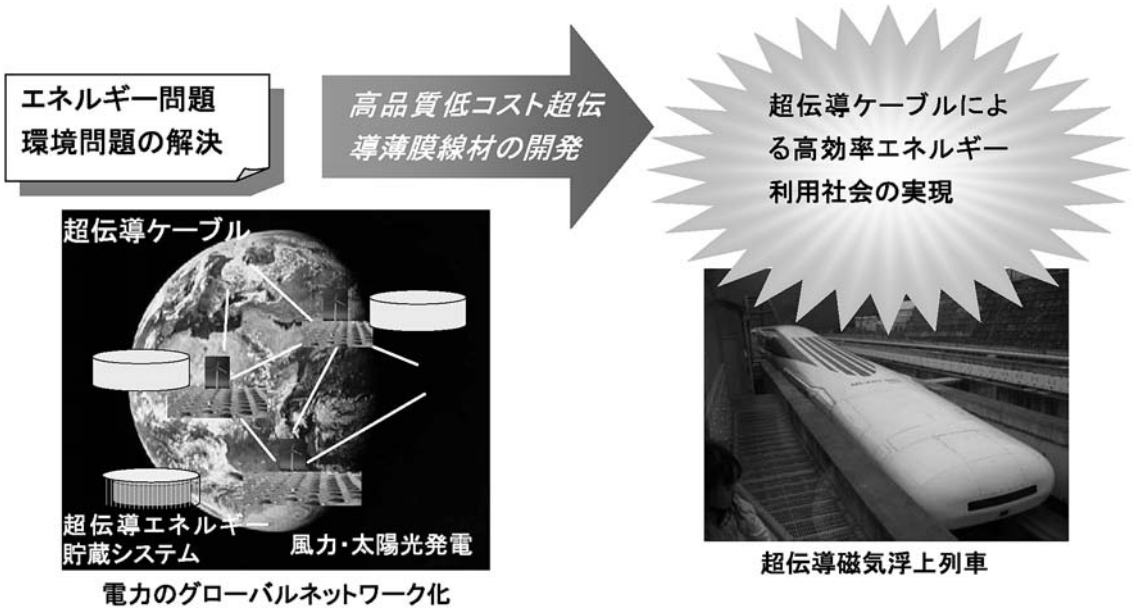
高効率エネルギー社会実現のための超伝導薄膜ナノエンジニアリング

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2012-02-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 喜多, 隆介 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/6414

〔天野工業技術研究所基金研究助成〕

高効率エネルギー社会実現のための超伝導薄膜ナノエンジニアリング

静岡大学創造科学技術大学院
喜多　隆介
terkita@ipc.shizuoka.ac.jp



はじめに

現在、人類が直面する大きな問題は、エネルギー問題、環境問題である。特に、原子力発電の安全性が問われる中、次世代のエネルギーインフラをどのように構築していくかは最重要課題である。本研究は、これらの問題を解決する手段として有力となる超伝導技術を基にした、「高効率エネルギー社会実現のための超伝導薄膜ナノエンジニアリング」について研究を行った。

超伝導ケーブルは、文字通り“超伝導”状態を用いるため、直流においては電気抵抗がないため、電力の輸送損失はゼロとなる。交流においては若干の交流損失が生じるものの現状の常伝導ケーブル（銅ケーブル）に比べればその損失はきわめて小さい。また、超伝導状態を液体窒素で冷却できる高温超伝導ケーブルを実用化できれば、安価で電力の高効率輸送が可能となり、これまで送電により失われていた7−8%のエネルギーロスの大部分を無くすことが可能となる。これによって、地球的規模の電力ネットワークの構築が可能となる。すなわち、超伝導ケーブルにより国をまたいだ電力の長距離輸送が可能となるため、例えば、大面積の砂漠を有する国外で太陽光により発電した自然エネルギーを国内に持ってくることもできる。これにより、人類は火力・水力・原子力に依存しない次世代エネルギーインフラを手に入れることができ、安心安全な社会を実現することができると考えられる。また、高温超伝導材料を用いれば、現状よりコンパクトで安全かつエネルギー効率の高い次世代交通輸送手段（超伝導磁気浮上列車）の実現も可能である。その基幹となるのが、超伝導ケーブルであり、そのなかで最も重要な部分は超伝導薄膜線材である。

薄膜ナノエンジニアリングによる高品質超伝導薄膜線材の作製

超伝導薄膜線材の構造を図1にしめす。超伝導線材に要求される必要不可欠の特性は、磁場中で高い臨界電流密度（単位面積当たり最大に流すことのできる電流量）を有することである。電力ケーブルでは数千アンペア以上の電流を流す必要があるが、この際電流の作る磁場に耐える必要がある。また、超伝導ケーブルは、電力輸送だけではなく、強磁場発生分野（例えばリニアモーターカーなどの超伝導磁石）への応用もターゲットに入っている。従って、この磁場中における臨界電流密度を向上させることが必要である。現在超伝導線材用薄膜材料としては、$GdBa_2Cu_3O_y$(GdBCO) 高温超伝導体を検討しているが、このGdBCO超伝導体は第2種超伝導体であるため、磁場を加えると超伝導状態を維持したまま超伝導体中に磁束が浸入するが、この磁束が磁場と電流により力を受けるため動いてしまう。磁束が動くとエネルギー損失が発生してしまう。本研究者は、これを解決するため磁束の運動をピン止めするナノサイズの人工ピニングセンターを超伝導体中に導入する技術について検討した。また、超伝導線材の実用化には“低コスト”であることも重要であるため、低コスト化を目指し、超伝導薄膜作製法としては、化学溶液を塗布・熱処理して超伝導薄膜が形成できる簡易な薄膜作製方法である有機金属塗布法（MOD法）を用いた。図2に、この方法を用いて超伝導薄膜用化学溶液にZr溶液を添加し作製した人工ピニングセンター導入GdBCO超伝導薄膜の磁場中における電流密度特性について示す。Zrは薄膜中に$BaZrO_3$としてナノ粒子の形態で存在しているらしいことが現状の電子顕微鏡観察から明らかとなっている。このZrを人工ピニングセンターとして導入したことにより、磁場中における超伝導臨界電流密度が向上していることがわかり、本方法により超伝導薄膜中へナノ粒子を導入できることを示している（図中のαは性能指数を示し、この値が少ないほど良好な特性であることを示す）。

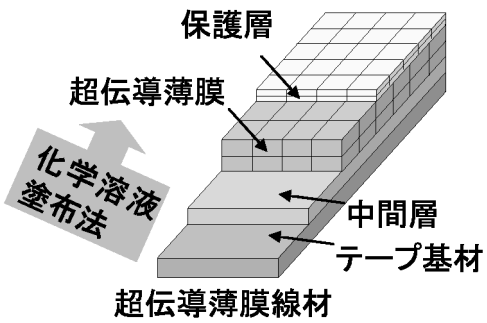


図1　超伝導線材の模式図

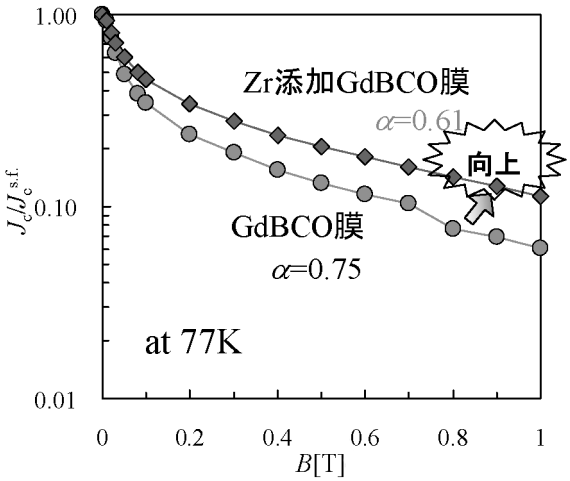


図2　超伝導薄膜ナノエンジニアリングにより作製したZr添加超伝導薄膜の磁場中における規格化超伝導臨界電流特性

今後の研究展開

原発事故の影響を受け、現在わが国のエネルギー事情は大変厳しい状況にある。超伝導ケーブルの実用化には、更なる超伝導特性の改善が急務である。本研究を推進し、超伝導薄膜の磁場中における電流輸送特性を一段と向上させることにより、安全安心で持続可能な高効率エネルギー利用社会の実現を目指すべく超伝導線材の早期実用化を図りたい。