

機関番号：82118
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008年度～2010年度
 課題番号：20612020
 研究課題名（和文） パルスレーザーによる高温超伝導薄膜生成とプラズマカソードの研究
 研究課題名（英文） Superconducting Thin Films by PLD
 研究代表者
 光延 信二 (Mitsunobu Shinji)
 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設・シニアフェロー
 研究者番号：50100821

研究成果の概要（和文）：

本研究では、Nbに続く超伝導加速空洞材料としてMgB₂が期待できると考え、高い加速電界と低い電力損失という高周波加速空洞に必要な性能を評価する事を目的としている。

6GHz 帯の全面 MgB₂ 成膜用の空洞を、切断面等の異なる複数の空洞を製作し、空洞内全体の均一な MgB₂ 成膜を行い、超伝導空洞としての性能の評価を行った。超伝導転移する成膜条件の精度を向上させるための試験を行った。また高電界測定を行うサンプルの準備をおこなった。これらの結果についてイタリアで行われた超伝導薄膜のワークショップで現状報告をおこなった。

研究成果の概要（英文）：

We have been engaged in fabrication of high-T_c or MgB thin films on metallic substrates. At the international workshop on thin films in Padova, we showed our basic idea to make an accelerating-mode cavity. In the last of this paper, we report a subsequent development, mainly a partial success in fabricating superconducting film on a quadrant cavity of an accelerator structure. In the beginning, we describe some results concerning fabrication of films on Niobium and Titanium surfaces.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：量子ビーム>量子ビーム科学

科研費の分科・細目：基盤研究（C）

キーワード：

超伝導薄膜 PLD、加速器、電子源、高温超伝導

1. 研究開始当初の背景

高エネルギー電子陽電子衝突加速器のエネルギーをあげるためにリングを用いた加速器ではシンクロトロン放射のためエネルギーを現在以上にあげられないため、ニオブ空洞を用いた超伝導リニアコライダーの開発が行われているがニオブの臨海磁界の

制限から50MV/mの加速電界のリミットがある。将来更に高エネルギーを目指すためMgB₂等の薄膜による超伝導体の利用により加速電界の限界を2倍以上にする可能性が理論的に考えられている。このためには性質の良いMgB₂膜の研究が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、パルスレーザーを用いた高温超伝導薄膜生成とプラズマカソードの研究を目的としている。Nbによる超伝導加速空洞は50MV/mと理論値の限界に達しており、またNb空洞はBCS抵抗による高周波損失のため液体Heに減圧冷却を行っても、実用周波数はせいぜい1.5GHz止まりという限界がある。MgB₂は、酸化物高温超伝導体と比較して臨界温度、臨界磁場共に低いが、酸化物高温超伝導体にないくつかの優れた特性を有し、超伝導加速空洞の素材として有望であることが明らかになってきた。そこでNbに続く超伝導加速空洞材料としてMgB₂が期待できると考え、高い加速電界と低い電力損失という高周波加速空洞に要求される最も重要な二つの特性を、MgB₂が極めて高いレベルで充足していることを、実験レベルで証明することを目的としている。

3. 研究の方法

MgB₂で高周波空洞を製作するためには、MgとBが沸点が大きく異なる事などから蒸着等の方法は難しく、Pulsed Laser Deposition(PLD)による金属基盤上のMgB₂被膜生成が有効である。既に空洞内の1端板にMgB₂被膜を生成し、高温で超伝導に遷移する事は実証できている。しかし今までの実験ではMgB₂単体の臨界温度より低い。この理由は、成膜のMgとBの比率の問題か、実験の過程で膜中に酸素がMgOとして取り込まれるためと考えられる。また低温アニール法では、結晶粒が5-20nmと極めて微細で粒界の影響が超伝導性に大きく影響する。高いMg蒸気圧を保持して800°C以上の高温で熱処理を行った場合、粒子の粗大化とともにT_cが39Kに近くなる事が、小セラミック基板上の成膜で報告されている。大型Cu基板についてこの方法を参考にして、T_c改善のため、蒸着雰囲気、ガスの種類、ガス圧、蒸着時試料温度、アニール温度等、諸パラメーターを変えて、MgB₂被膜の品質を上げるための最適条件を探ることになる。

さらに今までの端板形状から空洞形状とした事で熱処理等の条件も変化するため、これらも含めた成膜の条件出しが必要である。

4. 研究成果

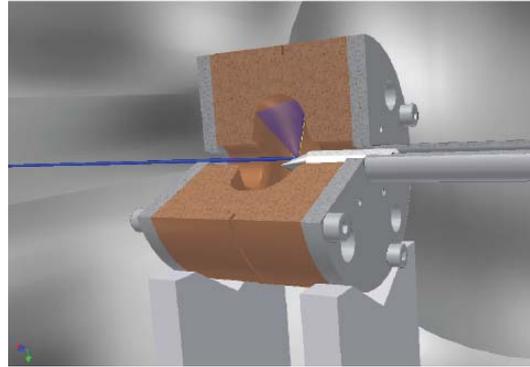


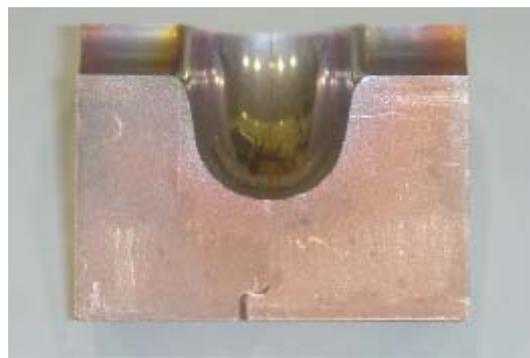
図1 : MgB₂空洞のPLD

図1のように加速空洞内面にMgB₂成膜を行うため、レーザーを空洞の内側へ導き、エンピツ状に固めたMgB₂焼結体にレーザーを集光する。このための加速空洞全体へのMgB₂成膜のための、Cu及びNbの基盤空洞の製造を行った。ここで加速空洞は機械加工や成膜上、分割する必要があるが、半割りのCu及びNb基盤空洞と、縦に4分割したquadrant空洞の2種類を用意し、これらの性能の評価を行った。



図2 : 半割空洞

図3、図4は MgB₂成膜を行った4分割空



洞である。

図3 : MgB₂成膜後の4分割空洞

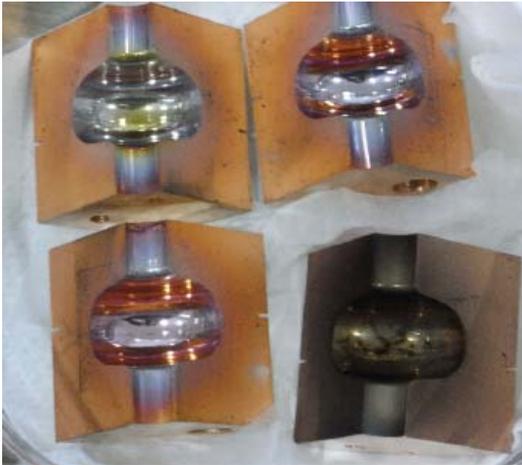


図4：MgB₂成膜後の4分割空洞

この4分割空洞を組み合わせ、冷却チェンバーで冷却しつつ空洞のQ値を測定した。Q値の測定には図5のようにアンテナを冷却した状態で結合度を調整できる機構を取り付け、これを10K程度まで冷却した状態で結合度が十分に小さくなるように調整して測定を行った。



図5：空洞Q値測定治具

この空洞を10Kまで冷却した後、ヒーターで加熱しつつQ値を計測した。このような空洞を多くの条件で実験を行い4分割空洞で超伝導転移を確認した。測定の1例の結果が図6である。さらにQ値から換算した表面抵抗Rsも描画した。図6の例では25Kで傾きが変化している事から超伝導転移が確認できる。

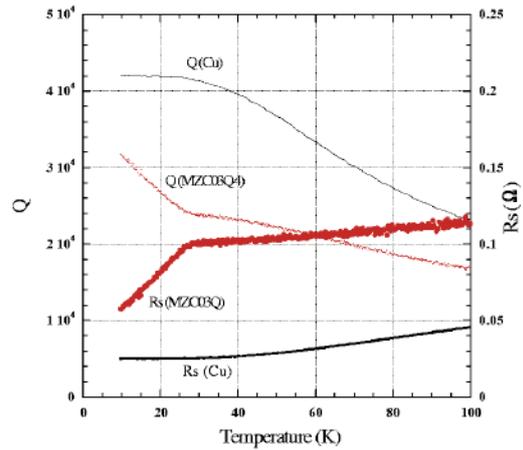


図6：Q値の温度依存性の測定結果

現時点では超伝導転移の起きる成膜条件の再現性が難しく、多数のサンプルを製作し上記のような結果を得た。再現性に関しては成膜における真空度や、熱処理の温度や時間についてより詳細な条件出しが必要である。

また加速電界の評価についてはスタンフォード大学のSLACとの共同研究を進める準備としてMgB₂円盤試料のPLDでの製作を初めている。

これらの研究成果はイタリアINFL研究所で行われた超伝導薄膜の2010年国際ワークショップで発表を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 2件)
 SRF 2009 超伝導空洞ワークショップ 2009年 ベルリン
 TUPP0077

超伝導薄膜ワークショップ
 Status of KEK studies on MgB₂

[その他]
 ホームページ等
 SRF 2009

<http://www.helmholtz-berlin.de/events/srf2009/>

超伝導薄膜国際ワークショップ
<http://surfacetreatments.it/thinfilms/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

光延 信二 (Mitsunobu Shinji)
高エネルギー加速器研究機構・加速器研究
施設・シニアフェロー
研究者番号：50100821

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

稲垣 慈美 (Inagaki Sigemi)
高エネルギー加速器研究機構・加速器研究
施設・研究員
研究者番号：40044747
吉田 光宏 (Yoshida Mitsuhiro)
高エネルギー加速器研究機構・加速器研究
施設・助教
研究者番号：60391710
和気 正芳 (Wake Masayoshi)
高エネルギー加速器研究機構・超伝導低温
工学センター・准教授
研究者番号：90100916