

| | | | |
|------|--|----|-------|
| 学生番号 | 16232209 | 氏名 | 米塚 里奈 |
| 論文題目 | 第四元素を添加した Nb ₃ Sn の 上部臨界磁界及び臨界電流密度特性 | | |

1. はじめに

超伝導 Nb₃Sn は、NMR(核磁気共鳴)分析装置等の超伝導マグネットに利用され、高磁界において優れた臨界電流密度J_cを持つ超伝導材料である。更なる高磁界領域での応用利用のためには、より一層のJ_c特性向上が必要である。

Nb₃Sn の作製方法の一つにブロンズ法がある。ブロンズ法とは、ニオブ(Nb)とブロンズ(Cu-Sn)を合わせ熱拡散処理を行うことによって、ニオブとブロンズの境界において Nb₃Sn を生成する方法である。ブロンズに少量のチタン(Ti)を添加することで、Nb₃Sn の成長促進と上部臨界磁界B_{c2}、J_c特性が向上する[1]。Ti以外にも添加によりこれらの効果を示す元素添加がある[2]。Tiと同時に、第四元素を添加することによって、更にB_{c2}とJ_c特性が向上する可能性があるが、どのような元素または組み合わせがどの特性に有効なのか十分に調査されていない。

そこで、本研究では Nb₃Sn 用ブロンズ(組成：Cu-15Sn-0.3Ti)に、マグネシウム(Mg)、ハフニウム(Hf)、ゲルマニウム(Ge)、ガリウム(Ga)、タンタル(Ta)元素を添加し、B_{c2}とJ_c特性を測定することによって、第四元素添加がこれらの特性にどのような影響を与えるかについて調査した。

2. 実験方法

今回測定に使用した Nb₃Sn は、ブロンズ法を用いて作製された。作製元は株式会社大阪合金工業所である。Ti 添加されたブロンズ (Cu-15Sn-0.3Ti) を出発材料とし、このブロンズに更に Mg(+0.5mass%), Hf(+0.5mass%), Ge(+0.05mass%), Ga(+5.0mass%), Ta(+0.08mass%) を第四元素として添加した。添加元素と添加量を表 1 に示す。熱処理時間はすべての試料において 700°C、100 時間で行った。今回の測定では、4.2 – 14 K における直流磁化測定の結果から、各温度での J_c-B 特性を求めた。また、臨界温度 T_c 近傍における直流磁化率の温度依存性から B_{c2}-T 特性を求めた。また、ピンニング特性を磁束クリープ・フローモデル[3]を用いて解析した。

表 1 本研究に用いた Nb₃Sn 試料の諸元

| | | Composition (mass%) | | | | | |
|-------|--------|---------------------|---------|---------|---------|---------|--|
| | | Cu-15Sn-0.3Ti+X | | | | | |
| X | | +0.50Mg | +0.50Hf | +0.05Ge | +5.00Ga | +0.08Ta | |
| 100 h | ST-100 | Mg-100 | Hf-100 | Ge-100 | Ga-100 | Ta-100 | |

3. 結果および考察

試料のピンニング特性を調べるために、磁束クリ

ープ・フローモデルを用いて理論解析した。この解析には各試料の実験結果から得られた T_c^{*}、B_{c2}(0 K) を用いて実験の E-J(電界-電流密度)特性に一致するようにパラメータを決定した。T_c^{*}は、B = 1 – 7 T における T_c の外挿により求めた T_c である。

表 2 にピンニングパラメータを示す。また、図 1 には 6 – 14 K における J_c-B 特性の実験結果と解析結果の比較を示す。Ga-100 の A_m、γ は他の試料と比較して小さく、B_{c2}(0 K) も低い。Ga-100 を除く 100 時間試料は、A_m、γ、m はほとんど変化せず、B_{c2}(0 K) が大きく変化している。したがって、Ga-100 における J_c の劣化は、Ga の過剰な添加により、ピン力密度 F_p、B_{c2} とともに大きく低下したと考えられる。また、Ga-100 を除く 100 時間試料における J_c の向上は、元素添加による B_{c2} の向上によって生じている可能性があると考えられる。

表 2 100 時間試料におけるピンニングパラメータ

| | A _m (× 10 ¹⁰) | B _{c2} (0 K) | γ | m | g ² |
|--------|--------------------------------------|-----------------------|------|------|----------------|
| ST-100 | 5.40 | 32.4 | 0.60 | 1.20 | 1.0 |
| Mg-100 | 5.50 | 34.0 | 0.60 | 1.20 | 1.0 |
| Hf-100 | 5.70 | 37.4 | 0.60 | 1.20 | 1.0 |
| Ge-100 | 5.20 | 34.5 | 0.47 | 1.20 | 1.0 |
| Ga-100 | 2.50 | 29.9 | 0.32 | 1.20 | 1.0 |
| Ta-100 | 5.60 | 36.6 | 0.62 | 1.20 | 1.0 |

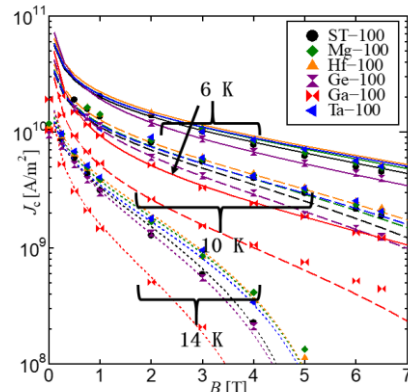


図 1 6 – 14 K における J_c-B 特性の実験結果と解析結果の比較

研究業績

米塚里奈ほか、“第四元素を添加した Nb₃Sn の上部臨界磁界及び臨界電流密度特性”、低温工学・超電導学会九州・西日本支部若手セミナー支部研究成果発表会(2017)

参考文献

- [1] K. Tachikawa, H. Sekine, Y. Iijima: J.Appl.Phys. 53 (1982) pp.5354-5356.
- [2] K. Tachikawa: J. Cryo. Soc. Jpn. 45 (2010) pp.88-98
- [3] T. Takizawa, M. Murakami (Eds.): Fuzambo International (2005) pp.71-89