研 究

レーザー照射による超電導体の接合 II

堀田 勝喜^{☆1}, 宮沢 肇^{☆1}, 宮澤 義典^{☆2}, 村川 正夫^{☆1}, 廣瀬 治男^{☆1}^{☆1} 日本工業大学電気電子工学科, 〒345 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1.^{☆2} 日本工業大学大学院, 〒345 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1.

Connecting Superconductors by Laser Irradiation II

Katsuyoshi Hotta^{☆1}, Hajime Miyazawa^{☆1}, Yoshinori Miyazawa^{☆2}Masao Murakawa^{☆1} and Haruo Hirose^{☆1}^{☆1} Nippon Institute of Technology, 4-1 Gakuendai Miyashiro-machi Minami-Saitama-gun, Saitama 345.^{☆2} Graduate School, Nippon Institute of Technology, 4-1 Gakuendai Miyashiro-machi Minami-Saitama-gun, Saitama 345.

Received September 24, 1996

SYNOPSIS

A study on connecting superconductors of Y system 123 phase through the laser irradiation treatment has been conducted. Superconductive powder of the identical phase pasted with a mixture of organic binder and solvent were filled as a medium between the two pieces of the superconductive bulk installed on a jig system, and which were set on a X-Y table to be irradiated by CO₂ laser accompanied by oxygen gas blow along its contact line under the conditions : laser output power 260~320 W at defocus distance of focal point 120 mm , assist gas pressure 98~294 kPa , beam scan speed 1~8 mm/min , and beam scan times 1~3 strokes.

The results indicated that the electric resistance was almost constant before the laser irradiations but 57.9 K as T_{c (onset)} was obtained for the certain samples when blown with a great deal of oxygen gas at low speed beam scans at the laser irradiations. SEM image and EPMA mapping after the laser irradiation showed that the superconductive bulk and the paste were connected successfully.

KEY WORDS

superconductor, Y system, connection, laser irradiation

1 緒言

磁気シールドなどへの応用で超電導バルク材の大面积化をはかる場合、プレス成形や電気炉による大きさの制限を受ける。著者らは、これまでに超電導体の大きさが電気炉の大きさに制約されずオープンスペースによる大面积超電導体の作製を

目的として、Bi系超電導バルク材を2つ組み合わせ、その間の接合部に同系の媒体を入れてレーザー照射することにより超電導接合は可能であることを示した¹⁻³⁾。本報告では、Y系超電導体を用いた場合でも、同様にレーザー照射することによる超電導接合は可能であることを実験検討した。

2 実験方法

超電導体試料は、仕込組成が $Y_{1-x}Ba_xCuO_{7-y}$ (123組成)で、 $T_{c(0.01)}$ =90.5Kの超電導バルク材を使用した。このバルク材を治具に納まる5.0X6.0X2.0mmの大きさにカットし、2ピース1組として接合のための試料とした。また接合部の溶剤としてこの超電導体を粉末にしたものと、有機バインダーや有機溶剤などで混ぜ合わせた媒質と混合してペースト状にし、これを超電導ペーストとして接合面及び接合面上部に塗布した。このとき、接合面に対して垂直方向から軽くプレスしながら熱伝導性の良い真鍮を台座にした治具に納めた。レーザーはCO₂レーザーを使用して、図1に示すように、試料をX-Yテーブル上に固定し、アシストガスとして酸素をビーム照射口より、レーザーと共に吹き付けながらデフォーカス120mm一定として、接合面に沿ってレーザー照射した。このときの照射条件はレーザー出力260~320W、アシストガス圧98~294kPa、スキャン速度1~8mm/min、照射回数1~3回と各々変化させて実験を行った。評価は直流四端子法による電気抵抗-温度特性、SEM観察、EPMA分析により行った。

3 実験結果並びに検討

図2に、Y系超電導バルク材を治具に超電導接合用に納めた状態でのレーザー照射前と、アシストガス圧を変化させてレーザー照射したときの電気抵抗-温度特性曲線を示す。レーザー照射前の試料では超電導接合がなされていないため、接触抵抗と思われる約4.5kΩ一定の値を示すのみであり、温度を下げて抵抗値は変化せず温度に対する依存性はごくわずかであった。しかし、レーザー照射時に、出力280W、スキャン速度3mm/min、3回照射を一定の条件として、アシストガス圧を98, 196, 294kPaと変化させてレーザー照射したところ、低いアシストガス圧では半導体的特性を示し超電導接合がなされていないが、アシストガス圧を高くするに従い超電導接合がなされ、 $T_{c(0.01)}$ はアシストガス圧と共に高くなる傾向を示している。そこでこの結果を基に高いアシストガス圧294kPaを一定の条件として、スキャン速度を変化させて実験を行った。

図3に、スキャン速度を変化させレーザー照射したときの電気抵抗-温度特性曲線を示す。レーザー照射時の条件を前実験と同じように出力280W、アシストガス圧294kPa、3回照射を一定の条件としスキャン速度を8, 5, 3mm/minと変化させてレーザー照射したところ、速度が速いときは超電導接合がなされていないが、スキャン速度を遅くするに従い $T_{c(0.01)}$ は35Kから42Kと高くなる傾向を示している。

アシストガス圧変化及びスキャン速度変化のレーザー照射後の結果より、アシストガス圧を高くし

Fig.1 Set-up for laser irradiation.

Fig.2 Resistance vs. temperature for 123 Y system before and after laser irradiation with changing assist gas pressure.

Fig.3 Resistance vs. temperature for 123 Y system after laser irradiation with changing beam scan speed.

スキャン速度を遅くしてレーザ照射することにより、 $T_{c(0.01)}$ が高くなる傾向があることが分かった。そこで更に遅いスキャン速度1mm/minとして294kPaの高ガス圧でレーザ出力を260~320Wと変化させて1回照射として実験を行った。これを図4に電気抵抗-温度特性曲線を示すと、出力300Wで300Kのときの電気抵抗は約110mΩと非常に小さくなり、93K付近で $T_{c(0.01)}$ を示し、抵抗の値は急激に減少し、75K付近からその後長く尾を引き、 $T_{c(0.01)}$ は57.9Kが得られた。しかし、これよりも低出力または高出力では、300Kのときの電気抵抗は約190~1400mΩで、93K付近で $T_{c(0.01)}$ が見られるものの、まだ粒子間の超電導結合があまり良くなく $T_{c(0.01)}$ は40~50Kにとどまった。これらより、出力300Wにおいて低速度で多量の酸素ガスを吹き付けながらレーザ照射することにより、接合状態が良くなったものと思われる。また、もっと最適な照射条件を見つければ、 $T_{c(0.01)}$ は長く尾を引

Fig.4 Resistance vs. temperature for 123 Y system after laser irradiation with changing output power.

10μm

Fig.5 SEM image of each part at the cross section of the connecting part for the Y system cut off by using diamond cutter after laser irradiation (no etching).

Fig.6 SEM images and EPMA mapping of elements at the cross section portion after laser irradiation.

かず70~75Kで得られるものと考えている。その理由はレーザー照射によるペースト材部分の組成が少し違っているように思われるからである。

図5にレーザー照射して超電導接合された試料のSEM写真を示す。(a)の斜線部分が超電導ペースト部分であり、レーザー照射した試料を接合面に対して垂直にダイヤモンドカッターで切断した。このときこの観察面はカットしたままで、エッジングなどの処理は何も行っていない。上から順に、レーザー照射した表面の近くの接合状態、中心部、そして底部を示している。左側が超電導バルク材部分で、右側がペースト材部分であり、接合面をはさむように観察している。表面に近い部分では、バルク材部分とペースト材部分の境界が分からないほどに非常に良く超電導接合がなされている。中心部では、接合がされているがペースト材部分に粒径状のものが少し見られている。また底部では、真鍮の台座に近いいためか熱がこもり、中心部より良く接合している。

図6にレーザー照射して超電導接合された試料のEPMA分析写真を示す。左側が超電導バルク材部分であり、右側が超電導ペースト材部分である。超電導接合されたSEM写真のイメージを基に、Baは

バルク材部分とペースト材部分に均一に分布されていることが観察され、YとCuは若干の偏析が見られペースト材部分が少しリッチに観察されているが、接合状態としては良いものと思われる。

4 結論

1. Y系超電導体でも、同一組成の超電導バルク間に超電導ペーストをはさみ、レーザー照射することにより超電導接合が可能となった。
2. 低速度で多量の酸素を吹き付けながらレーザー照射することにより達成された接合部の $T_{c(0nd)}$ は57.9Kであった。
3. 接合部の $T_{c(0nd)}$ は、70~75Kが得られる可能性を示した。

文献

- 1) 宮沢, 堀田, 船戸, 村川, 廣瀬: 粉体および粉末冶金, 41(1994)PP.1516-1519.
- 2) K.Hotta, H.Miyazawa, K.Funato, M.Murakawa and H.Hirose: Physica C 235-240 (1994) PP.3429-3430.
- 3) 堀田, 宮沢, 小川, 村川, 廣瀬: 粉体および粉末冶金, 42(1995)PP.821-824.