

MgB₂ 초전도체 소결 특성에 미치는 SiC, C₆₀와 C-Nano-Tube 미량 첨가의 영향

Sintering Characterization of MgB₂ Superconductor by Adding Impurities of SiC, C₆₀ and C-Nano-Tube

한양대학교 허자만*, 이완재

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

K. Agatsuma, M. Furuse, M. Umeda, S. Fuchino

1. 서론

MgB₂ 초전도체는 금속계 산화물로서 비교적 높은 임계 온도(39K)에서 초전도 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 고온 산화물계 초전도체와 비해, 낮은 임계 전류 밀도와 피닝 효과를 나타내므로, 이에 대한 개선이 요구 되어진다. 최근 MgB₂에 미량의 도핑재를 첨가시킴으로서 성질을 개선시키는 연구들이 활발히 진행되어지고 있다.

본 연구에서는 MgB₂와 같은 구조인 조밀 육방 구조(HCP)를 갖는 탄소계 도핑재(SiC, C₆₀, C-Nano-Tube)를 첨가시킴으로서 MgB₂ 초전도체의 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험방법

원료 분말인 MgB₂(FINE BRAND, 99%, 평균입도 : -100mesh)에 도핑재인 SiC(筑波家田化學株式會社, 99%, 평균입도 : 2-3 μ m), C₆₀(株式會社 サイエンスウポウトリーズ, 99.5%), C-Nano-Tube(株式會社 サイエンスウポウトリーズ, 90% of the open ended CNT made by CVD process)를 각각 3%, 5%, 10% 무게비로 첨가하였다. 혼합된 분말들을 길이 50mm, 외경 6.0mm, 내경 4.0mm의 순철관(Pure Fe Pipe)에 ex-situ PIT(Powder in-tube)법에 의해 봉입하였으며, 외경이 2.4mm가 될 때까지 스웨이징(swaging)하여 선재로 제작하였다. DTA분석으로 확인된 소결 온도인 873K에서 아르곤 분위기를 유지하며 1시간동안 소결 후 노냉 하였다. 40mm의 길이로 절단된 선재는 I_c-B-T 측정 장비를 이용하여 임계 전류 밀도를 측정하였고, SEM으로 미세 조직을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

C₆₀는 조밀 육방 구조로 우수한 대칭성과 나노 사이즈의 직경을 가지고 있어 같은 구조의 MgB₂의 B 자리에 C원자가 쉽게 치환이 가능하며, 이로 인해 더 높은 전류 밀도와 피닝 효과를 갖을 것으로 기대되었다.

따라서, 본 연구에서는 MgB₂에 미량의 도핑재를 첨가하여 소결에 따른 미세 조직과 임계 전류 밀도 및 피닝 효과를 조사하기 위하여, 3K에서 20K의 온도 범위와 0T에서 5T의 자기장 영역 범위에서 실험을 하였으나 개선된 임계 전류 밀도와 피닝 효과를 얻지 못하였다. 이는 소결 과정 중 B 자리에 C가 균일하게 치환되지 않았고, 소결시 Mg와 O가 반응하여 MgO가 형성됨으로써 얻어진 결과라 사료되어진다.

4. 참고문헌

- [1] J. Nagamatsu et. al. . "Superconductivity at 39 K in magnesium diboride," *Nature*, 410, 63, 2001.
- [2] S .X. Dou, S. Soltanian, J. Horvat, X. L. Wang et. al. , "Enhancement of the critical current density and flux pinning of MgB2 superconductor by nanoparticle SiC doping", *Applied Physics Letters*, vol. 81, 3419, 2002.
- [3] S .X. Dou et. al. , "Effect of carbon nanotube doping on critical current density of MgB2",. *Applied Physics Letters*, vol. 83, 4996, 2003.
- [4] W. K. Yeoh et. al. , "Strong pinning and high critical current density in carbon nanotube doped MgB2 ", *Supercond. Sci. Technol.*, vol. 17, s572, September 2004.
- [5] H. Fujii et. al. , "Enhancement of critical current densities of powder-in-tube processed MgB2 tapes by using MgH2 as precursor powder", *Supercond. Sci. and Technol.*, vol. 15, 1571, 2002.
- [6] H. Kumakura et. al. , "Effect of SiO2 and SiC doping on the powder-in-tube processed MgB2 tape", *Supercond. Sci. Technol.* Vol. 16, 926, 2003
- [7] A.Gurevich, "Enhancement of the upper critical field by nanomagnetic impurities in dirty two-gap superconductor", *Physical Review B* 67, 184515, 2003
- [8] T. Dahm and N. Schopohl,. "Fermi Surface Topology and the Upper Critical Field in Two-Band Superconductors: Application to MgB2", *Physical Review Letters*, vol. 91, no. 1, 017001, 2003.
- [9] C. Ferdeghimi et. al. "Upper Critical Fields Up to 60 T in Dirty Magnesium Diboride Thin Films", *IEEE Trans. Appl. Superconductivity*, vol. 15, no.2, 3234, 2005