

100m 급 batch-type co-evaporation 증착장치를 이용한 SmBCO 초전도테이프 제조

김호섭*, 오상수*, 하홍수*, 양주생*, 김태형**, 이남진*, 정예현***, 고락길*, 송규정*, 하동우*, 영도준***

* 한국전기연구원 초전도재료연구그룹

** 경북대학교 금속신소재 공학과, *** 한국과학기술연구원 물리학과

Fabrication of SmBCO superconducting coated conductor using 100m class batch-type co-evaporation method

H.S. Kim*, S.S. Oh*, H.S. Ha*, J.S. Yang*, T.H. Kim**, Y.H. Jeong***, R.K. Ko*, K.J. Song*, D.W. Ha*, N.J. Lee*, D.J. Youm***

* Korea Electrotechnology Research Institute,

** Materials and metallurgy Department, KNU., *** Physics Department, KAIST

Abstract: SmBCO coated conductors were successfully fabricated using EDDC (Evaporation using Drum in Dual Chambers) deposition system that is a bath type co-evaporation system for fabrication of superconducting tape and divided into two chambers named evaporation chamber and reaction chamber. To obtain long and high quality superconducting coated conductor, it is very important to secure the uniformity of all the deposition parameters in the deposition system such as deposition temperature, oxygen partial pressure, compositional ratios and so on. Therefore, we investigated the distribution of the parameters along the axis of the drum in EDDC on which tapes were wound helically. When the temperature on the middle point of deposition zone was 700 °C, that on the edge of deposition zone was 675 °C. When the thickness of SmBCO layer on the middle point of deposition zone was 1063 nm, that on the edge of deposition zone was 899 nm. The partial pressure of oxygen was 5 mTorr in the reaction chamber while that was 7×10^{-5} Torr in the evaporation chamber. The composition ratio of Sm:Ba:Cu, that was measured by EDX, was very uniform along the axis of the drum. Under these deposition conditions, critical current distribution along the drum axis was 175 A/cm, 190A/cm, 217.5 A/cm, 182.5 A/cm, 175 A/cm with the interval of 9 cm between samples. It means that the EDDC system has the potential of fabricating (100m, 200A) class coated conductor.

Key Words : SmBCO, batch type, co-evaporation, coated conductor

1. 서 론

고온초전도 선재를 제조하기 위하여 한국전기연구원에 서는 한국 고유의 EDDC 증착시스템을 선택하였고, 지속적인 수정과 보완작업을 거치면서 상용화급 제조장치로서 상당한 가능성을 확인하였다. EDDC 증착시스템은 상용화 수준의 초전도선재 요구조건을 만족시키기 위하여 채택된 증착기술로서 제조속도가 빠르며 제조단가가 낮고 다단계 공정을 단일 챔버에서 일괄처리 할 수 있는 장점이 있다.

EDDC 증착시스템의 개략적인 구조는 다음과 같다. 증착시스템은 크게 증발챔버와 반응챔버로 나누어져 있고 테이프를 권선하기 위한 드럼이 증발챔버와 반응챔버 사이에 장착되어 있다. 증발챔버에서는 초전도 구성 원소들이 독립적으로 증발되며 회전하는 드럼에 증착된다. 증착된 원소들은 반응챔버에서 산소와 반응하여 초전도상이 형성된다. 이러한 증발과 반응 과정이 드럼의 회전에 의하여 반복된다. 증발챔버의 진공도를 낮추기 위하여 differential pumping 기술을 적용하였다. 초전도상의 조성

비를 맞추기 위하여 각 원소들의 증착률을 QCM (Quartz Crystal Microbalance) 로 제어하였다.

장선에서 균일한 초전도 특성을 얻기 위해서는 테이프의 모든 위치에서 최적 증착조건 범위에 들어있어야 한다. 따라서 드럼 축 방향으로 증착 조건 변수(온도, 산소분압, 조성비) 들의 분포 형태가 상당히 중요하다. 본 연구는 드럼 축 방향으로 각 증착조건 변수들의 분포 형태 및 초전도 특성의 분포에 관한 것이다.

2. 실험

2.1 온도 분포

드럼 축 방향의 온도 분포를 측정하기 위하여 드럼 축 방향으로 열전대를 일정한 간격으로 부착하였다. 중심 온도를 700도로 고정시키고 각 위치별 온도를 측정하였다. 드럼표면 중심과 증착영역 가장자리에 해당하는 위치의 온도차이는 25도 였다. 이런 온도 범위에서는 거의 균일한 초전도 특성을 보인다고 보고되고 있다[1].

2.2 산소분압 분포

드럼 축 방향으로 산소 분압을 일정하게 하기 위하여 산소공급장치를 설치하였다. 드럼 주위에 튜브형태의 산소 저장소가 있고 일정한 간격으로 구멍이 뚫려있다. 튜브안에 일정한 압력을 유지하고 있고 각 구멍의 직경이 같으므로 각 구멍별 산소 흐름량이 일정하다. 따라서 축 방향으로 산소압력이 일정할 것으로 예상된다.

2.3 조성비 분포

Sm:Ba:Cu의 조성비의 분포를 EDX로 측정한 결과, 조성비의 분포는 거의 균일함을 알 수 있었다. 이는 드럼상의 각 위치에서 Sm, Ba, Cu의 증착물의 비율이 같음을 의미한다.

2.4 두께 분포

드럼 축 방향으로 두께 분포는 그림 1과 같다. 중심에서 멀어질수록 두께가 감소하는 경향을 보인다. 이는 금속원료 소스와 시료와의 거리가 드럼 중심에서 멀어질수록 길어지고, 드럼표면 수직성분과 입사방향과 이루는 각도가 커지기 때문이다. 또한 Sm, Ba의 재증발률, 산소분압, 드럼회전속도의 영향도 있으리라고 추측된다.

3. 결과 및 고찰

3.1 초전도 특성 분포

그림 1에서 볼 수 있듯이 임계전류는 드럼 중심 위치에서 가장 높게 나오고 중심에서 멀어질수록 감소하는 경향을 보인다. 초전도층의 두께를 고려하여 임계전류밀도를 구하여 보면 모든 위치에서 1.9-2 MA/cm²의 수치가 나온다. 이는 위치별 초전도 특성이 거의 균일함을 알 수 있다. 또한 XRD 측정결과를 보더라도 거의 균일한 결과를 얻을 수 있었다.

임계온도도 91 K - 92 K로서 거의 균일함을 알 수 있었다. 초전도 특성이 균일한 영역으로 확인된 구간에 5mm 폭의 초전도 테이프를 감을 경우 100m - 110m 길이를 감을 수 있다. 이는 100m, 임계전류 밀도 2 MA/cm²의 초전도 특성을 보이는 초전도 테이프를 얻을 수 있음을 의미한다.

4. 결론

장선의 균일한 초전도 테이프를 얻기 위하여 EDDC 증착시스템의 드럼 축 방향의 증착조건 변수들의 분포를 확인하였다. 이러한 분포하에서 각 드럼 표면상의 위치별 초전도 특성을 확인하였다. 폭 5mm, 길이 100 m 초전도 테이프를 감을 수 있는 영역에서 임계전류밀도 2 MA/cm²의 초전도 특성을 확인하였다.

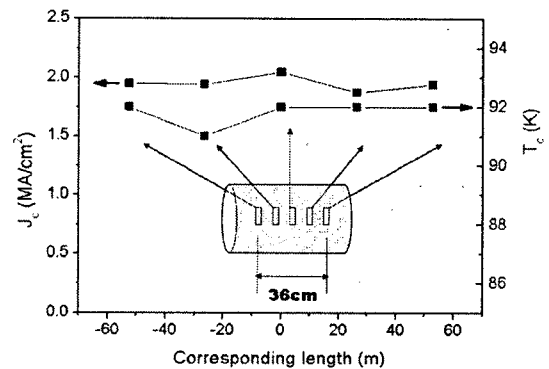
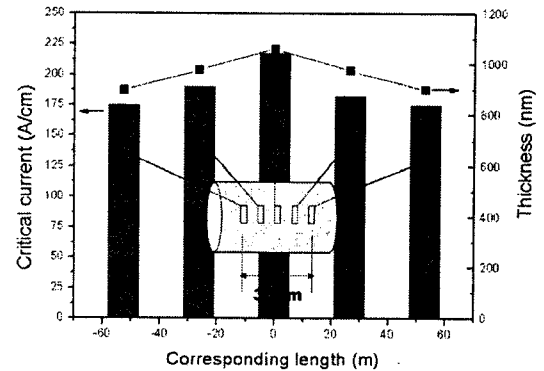


그림 1. 드럼 위치별 초전도 특성 (시료 간격은 9 cm)

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도 응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] B. S. Lee et. al. "Fabrication of Sm₁Ba₂Cu₃O₇ coated conductors using the co-evaporation method", Supercond. Sci. Technol. 17 (2004) 580.
- [2] K.C. Chung et. al. "Growth properties and critical current measurements of Sm_{1-x}Ba_{2-x}Cu₃O_{7-δ} films on biaxially textured Ni tapes". Physica C 384 (2003) 291.