

R2R XRD를 이용한 초전도박막선재용 기판의 이축배향 특성 분석

하홍수^{*,**}, 양주생^{*}, 김호섭^{*}, 고락길^{***}, 송규정^{*}, 하동우^{*}, 오상수^{*}, 주진호^{**}
한국전기연구원 초전도재료연구그룹^{*}, 성균관대학교 신소재공학과^{**}, 부산대학교 물리학과^{***}

Bi-axial texture analysis of Ni substrate for superconducting coated conductor using R2R XRD

Hong-Soo Ha^{*,**}, Ju-Saeng Yang^{*}, Ho-Sup Kim^{*}, Rock-Kil Ko^{***}, Kyu-Jung Song^{*}, Dong-Woo Ha^{*},
Sang-Soo Oh^{*} and Jin-Ho Joo^{**}
KERI Superconducting Materials Group^{*}, SungKyunKwan Univ.^{**}, Pusan Univ.^{***}

Abstract : In order to increase the critical current of coated conductor, highly Bi-axially textured substrates are required. Texture uniformity of substrate is also important to fabricate high quality superconducting coated conductor because the amount of current flow along the coated conductor is limited by the defects such as bad textured area. Therefore, we need to evaluate the distribution of texture of Ni substrate along the length before buffer layer deposition on Ni tape. R2R(reel-to-reel) XRD system was used to measure the texture of long Ni substrate continuously. θ - 2θ scan of 10 m long Ni tape was measured and indicates that some of Ni(111) planes equally remain on Ni(002) textured substrate. The results of continuous Ni(220) ϕ -scan indicate that average FWHM is 9° within ± 1 .

Key Words : Ni tape, Bi-axial texture, coated conductor, R2R XRD

1. 서 론

고온 초전도 박막선재를 제조하기 위해 사용되는 금속 기판재의 경우 RABiTS™(Rolling Assisted Biaxially textured substrate)공정을 따를 경우 우수한 이축배향 특성이 요구된다[1]. 이러한 기판재를 제조하는 방법으로는 Ni 또는 Ni 합금을 적절한 가공 열처리를 통하여 ab면으로 이축 배향시키는 것이다. 하지만 열처리시 2차재결정 및 조대화 그리고 입계 grooving 등으로 인해 이축 배향 특성의 저하 및 불균일성이 나타나게 된다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 Cr, V, W와 같은 합금 원소를 첨가하여 보다 균일한 표면을 가질 뿐만 아니라, 기계적 강도와 cube-texture가 향상된 합금기판을 개발하고자 하는 연구가 진행되고 있다[2].

이축배향된 Ni 기판의 길이 방향으로의 집합조직(texture) 특성이 부분적으로 나쁘다면 전체 길이에 대한 초전도 특성은 나쁜 부분에 의해 제한되며 장선일수록 이러한 문제점은 더욱 증가하게 된다. 따라서 긴 길이의 선재를 제조함에 있어 사용되는 금속 기판의 전체 길이에 대한 균일성은 매우 중요하다. 초전도 응용기기를 제작하기 위해 요구되는 초전도 박막선재의 길이는 최소 수 백 m이며 이러한 요구를 충족시키기 위하여 선재를 제조할 때 필요한 것이 증착 전후에 기판의 집합조직을 분석하는 것이다. Ni 기판을 연속적으로 이축배향 특성을 분석함으로써 증착 후 나타날 수 있는 결함 부위를 미리 찾아낼 수 있다.

또한 수십 m 이상의 장선을 XRD를 이용하여 이축배향 특성을 분석하기 위해서는 선재를 안정적으로 이동시킬 수 있는 R2R(Reel to Reel)장치가 필수적이다. 선재에 변형이나 표면 균형을 유발하지 않고 일정한 장력으로 단위거리를 이동시키면서 XRD 측정이 가능하도록 하는 장치이다.

본 실험에서는 상용화된 XRD 장치에 자체적으로 제작한

소형 R2R 장치를 이용하여 10 m 길이의 Ni-W 기판을 연속적으로 X-선 회절분석을 행하였다. 향 후 증착 후 초전도층 및 완충층의 이축배향 특성을 분석할 수 있을 것이며 또한 IBAD(Ion Beam Assisted Deposition)법에 의해 제조되는 기판에 대해서도 분석이 이루어 질 수 있을 것이다.

2. 실험 방법

본 실험에서 집합조직 측정을 위하여 사용되어진 XRD 장치는 Bruker사의 D8 Discover XRD와 AXS HI-STAR area detector로 이루어진 GADDS(General Area Detector Diffraction System)이며 장선의 Ni-W 기판의 집합조직을 측정하기 위해 일정거리만큼 연속적으로 이동시켜 X-선 회절분석을 측정 할 수 있는 별도의 R2R 장치를 제작하여 XRD 장치에 장착하였다. R2R 장치의 특징으로는 XRD 장치 내에서 측정하고자 하는 Ni-W기판의 단위 이동거리, 연속이동속도, 유지시간, 장력 등을 조절할 수 있어 긴 선재를 연속 또는 단속적으로 이동시킬 수 있다. 기존의 XRD 장치는 주로 수 cm 이내의 짧은 길이의 기판만을 분석할 수 있기 때문에 장선의 경우 완충층 또는 초전도 박막을 증착하기 전에 기판의 양쪽 끝부분만을 잘라 X-선 회절분석을 수행하였다. 따라서 전체길이에 대한 특성을 분석 할 수 없었다. 본 R2R XRD 장치는 이러한 문제점을 해결하고 전체 길이에 대한 이축배향 특성을 측정하여 길이방향에 대한 이축배향도의 불균일성을 분석하고자 하였다[3]. 본 실험에 금속 기판은 냉간압연 및 재결정 열처리를 통해 제조된 폭 10 mm, 두께 0.1 mm, 길이 10 m인 Ni-W 합금기판이었으며 기판을 연속적으로 이동시키며 θ - 2θ scan, ω -scan, ϕ -scan을 측정하였다

3. 결 과

장선재의 안정한 이송을 위하여 특수하게 고안된 R2R 장치를 XRD의 stage에 장착하여 stage의 움직임에 따라 R2R장치의 간섭을 최소화하였다. 하지만 phi-scan의 경우 샘플이 360°회전하여야 하는데 본 R2R장치의 간섭으로 인하여 1-pole 만을 측정할 수 있었다. 장착된 R2R장치는 Ni-W 기판이 XRD 측정중에 안정한 이송이 이루어지도록 기판의 이동거리 및 속도, 정지시간, 장력 등을 XRD 장비와 동기화하였다. 이때 약 0.8 kgf(± 0.1kgf)의 장력에서 선재의 흔들림 및 변형이 없는 안정한 상태를 이루고 있었다. 이때 XRD stage위에 선재의 가이드를 위해 사용된 치구와 R2R장치를 그림 1.에 나타내었다. 선재와의 접촉 표면을 정밀가공하여 선재 이동시 슬립으로 인한 선재의 굽힘은 나타나지 않았다.

그림 2는 Ni-W 합금기판 10 m를 연속적으로 θ -2 θ scan하여 상대강도를 나타낸 것이다. Ni(002)와 Ni(111)면이 나타났으며 Ni(002)면의 상대강도는 약 0.97이었으며 기판 전 구간에 걸쳐 Ni(111)peak이 비교적 균일하게 분포하고 있음을 알 수 있었다.

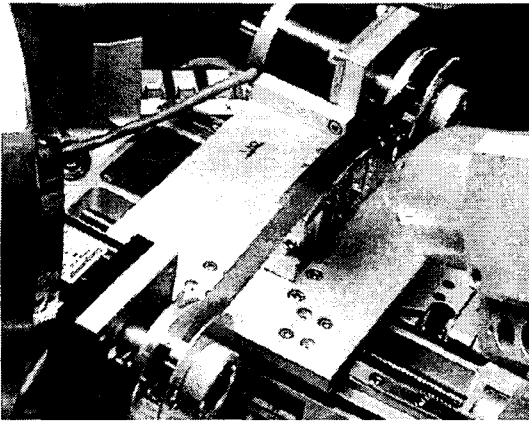


그림 1. R2R and tape guide installed on XRD stage

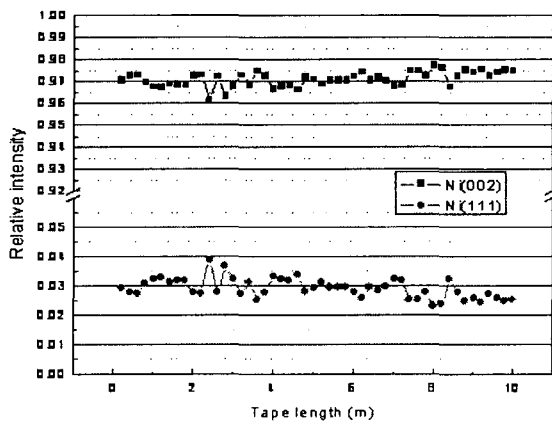


그림 2. Ni(002) and Ni(111) XRD peak intensity of 10m Ni-W tape.

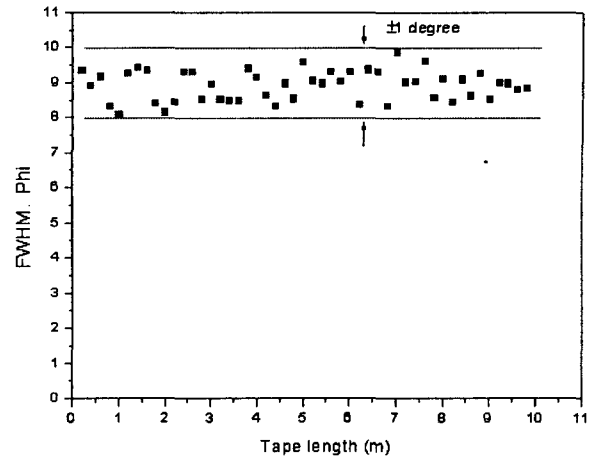


그림 3. Continuous ϕ -scan of 10m Ni-W tape.

그림. 3은 in-plane-texture를 알아보기 위해 20 cm 간격으로 측정하여 10 m 길이에 대한 기판의 ϕ -scan FWHM(full width at half maximum)을 나타내었다. FWHM 값이 평균 9°였으며 $\pm 1^\circ$ 의 편차로 비교적 균일한 분포를 나타내었으며, 집합조직은 전 구간에서 in-plane-texture가 이루어진 것을 확인하였다. 하지만 일정간격만큼 이동 후 정지 상태로 측정을 하였기 때문에 측정 지점 사이에서는 측정이 불가능하였다.

4. 결 론

R2R장치를 제작하여 XRD에 장착한 후 10 m 길이의 Ni-W기판의 연속 θ -2 θ scan, ϕ -scan을 측정할 수 있었다. θ -2 θ scan 결과 Ni(002)면이 강하게 나타났으며 아울러 Ni(111)면도 전 구간에 걸쳐 약하게 나타남을 알 수 있었다. 1pole ϕ -scan 결과 FWHM 9°의 값을 나타내었으며 $\pm 1^\circ$ 의 편차를 나타내었다.

감사의글

“본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.”

참 고 문 헌

- [1] A. Goyal et al., "Texture formation and grain boundary networks in rolling assisted biaxially textured substrates and in epitaxial YBCO films on such substrates," *Micron*, 30, pp. 463-478, 1999
- [2] B. de Boer, N. Reiger, L. Fernandez G.-R., J. Eickemeyer, B. Holzapfel, L. Schultz, W. Prusseit and P. Berberich, *physica*, pp. 38, 2001
- [3] E. D. Specht et al., "Cube-Textured nickel substrates for high-temperature superconductors," *Supercond. Sci. Technol.*, 11, pp. 945-949, 1998