

Fabrication of Ni substrates with [001]-axes tilted textures for deposition of YBCO superconductor

YBCO 초전도체 증착을 위한 [001]-축이 기울어진 Ni 기판의 제작

Hosup Kim, Jaeseoung Lee, Dojun Youm

김호섭, 이재승, 염도준

Physics Department, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 305-701,
Taejon, Korea

대전광역시 유성구 구성동 373-1, 한국과학기술원 물리학과

The crystalline alignment of Ni substrates textured by RABiTS have a probability distribution in the surface plane. This makes it difficult to obtain a high quality of textures over all the range of a long Ni tape. In order to improve the textures of Ni tape, we have investigated a new method of texturing. We obtained non-cube textured Ni tapes by rolling and annealing a high purity Ni. In these tapes, the [001]-axes were tilted around the rolling direction, and the [100]-axes were parallel to the rolling direction. The average grain size was several μm^2 . We deposited buffer layer ($\text{CeO}_2/\text{YSZ}/\text{CeO}_2$) and YBCO on those tapes. We found out that a YBCO film with grows normal with respect to the surface and this feature is independent of the tilting angles of the Ni [001]-axes.

1. 서론

니켈 테이프 위에 $\text{CeO}_2/\text{YSZ}/\text{CeO}_2$ 완충층을 입히고 그 위에 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO)를 성장시킨 YBCO coated conductor는 여러 가지 중요한 응용 가능성으로 인해 많은 관심을 끌고 있다. Oak Ridge Laboratory(ORNL)에서는 RABiTS라고 불리는 압연과 열처리 공정으로 쉽게 양 축 방향으로 정렬된 니켈 기판을 제조하여 그 위에 완충층과 YBCO를 성장시켰다[1-4]. 하지만 RABiTS 방법으로 만들어진 니켈 기판은 in-plane에서 결정들의 배향성이 확률분포를 가지고 있기 때문에 단결정 같은 우수한 기판을 얻기가 힘들다. 이 논문에서는 [001] 축이 압연 방향에 대하여 수직으로 $23 \pm 5^\circ$ 기울어지고 RABiTS 보다 우수한 결

정의 배향성을 가진 새로운 니켈 기판을 제작하고 완충층과 YBCO층을 증착하여 XRD로 결정성을 측정하였다.

2. 시료의 제작 및 측정

2-1. [001] 축이 기울어진 니켈 기판의 제작 및 측정

[001]-축이 기울어진 니켈 기판은 순도가 99.9% 이상이고 두께가 3mm의 니켈판을 두께가 $100\mu\text{m}$ 가 되게 압연하여 1000°C 에서 3~6시간 열처리하여 얻어졌다. 이것은 cube-texture가 아니므로 RABiTS와 전혀 다른 것이다. 그림 1은 Ni의

[001]-축이 압연 방향에 대하여 기울어지고 Ni의 [100]-축은 압연방향과 평행한 것을 보여준다. [001]-축이 기울어지는 방향은 압연방향에 수직으로 오른쪽이나 왼쪽이다. 그림 2 a,b는 각각 열처리하기 전과 열처리 후의 니켈 기판 (111)의 극점도를 보여준다.

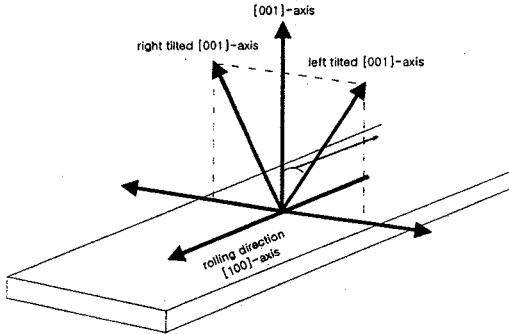


그림 1 Tilted [001]-axis of Ni tape with respect to rolling direction

그림 2에서는 [001]-축은 압연 방향에 대하여 왼쪽 수직으로 23° 기울어져 있는 Ni 기판의 극점도이고 in-plane에서의 결정의 배향성은 매우 우수하다는 것을 알 수 있다. 그림 3은 폴리싱된 Ni 기판을 부식시킨 다음 광학현미경으로 400배 확대하여 찍은 사진이다. 사진에서 보듯이 낱알 사이의 경계는 다른 작은 낱알들이 보이지 않는다. 같은 배향성을 가진 낱알(grain)은 거의 단결정의 수준이고 크기는 수 cm이다. 따라서 texture의 in-plane방향성은 RABiTS에 비하여 훨씬 우수하다.

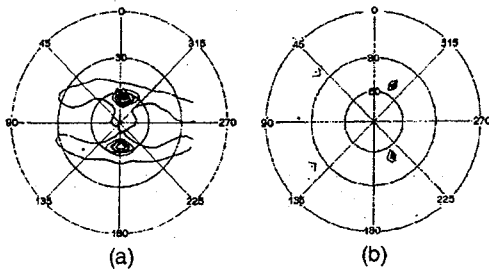


그림 2 (a) deformed Ni pole figure (b) textured Ni pole figure

2-2. 완충층과 YBCO층 증착

2.2.1. 완충층 증착 및 측정

매우 순수한 Ni이므로 열처리 후 기계적 성질이 약하고 스스로 지그재그로 꺾이는 단점을 가지고 있으나 열처리후 냉각시 800°C에서 rotary pump의 oil gas유입을 허용하며 1시간 머무르면 간단하게 이러한 단점을 제거할 수 있다. 열처리된 Ni 기판을 폴리싱하고 그위에 완충층을 CeO₂/YSZ/CeO₂의 순서로 e-beam evaporation 방법으로 증착했다. 완충층을 증착하기 전에 표면세척과 산화막 제거를 위하여 Ni 기판을 700°C에서 30분간 500mTorr의 수소와 아르곤 혼합기체 안에 두었다. 열처리가 끝난 후 온도는 700°C, 진공도는 1×10⁻⁶Torr에서 CeO₂와 YSZ을 증착한다. CeO₂와 YSZ 층의 두께는 CeO₂(50 Å)/YSZ(1500 Å)/CeO₂(200 Å)이었다.



그림 3 Optical micrograph of Ni substrate(×400)

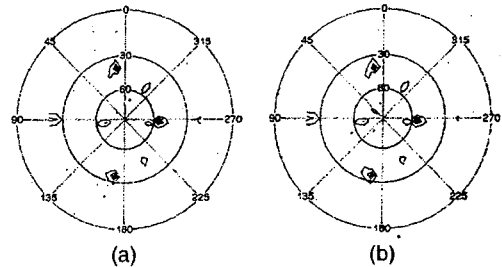


그림 4 (a) CeO₂ (111) pole figure (b) YSZ (111) pole figure

그림 4 (a),(b)는 CeO₂ (111)과 YSZ (111)의 극

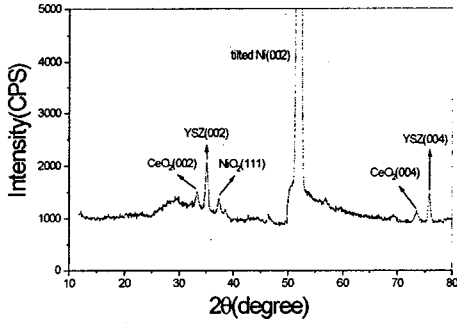


그림 5 CeO₂/YSZ/CeO₂/Ni XRD 2θ scan

점도이다. 극점도에서 보듯이 CeO₂와 YSZ은 in-plane에서 Ni와 45° 회전하여 자라고 각 [001]-축은 Ni의 [001]-축과 같은 방향으로 기울어져 자라는 것을 볼 수 있다. 그림 5는 XRD 2θ 주사도인데 CeO₂와 YSZ이 in-plane에서 잘 성장했음을 보여준다.

2.2.2. YBCO 층 증착

완충층을 증착한 다음 YBCO 층은 DC magnetron sputtering 방법을 이용하여 증착했다. 우선 완충층을 증착한 기판을 홀더에 붙이고 진공챔버 안에 넣었다. 기판의 온도를 700°C 까지 천천히 올리고 산소 20mTorr와 아르곤 180mTorr의 분위기에서 10분간 presputtering하고 같은 조건에서 YBCO 층을 증착했다. 증착된 YBCO 층의 두께는 1000Å이다. 증착이 끝난 후 50Torr의 산소 분위기에서 시료의 온도를 천천히 상온까지 내렸다. 그림 6은 YBCO의 XRD 2θ 주사도이고 inset은 YBCO (103) 극점도이다. 그림 6에서 보는 것과 같이 기울어진 완충층 위에 쌓인 YBCO는 수직 성장함을 알 수 있고 in-plane에서 결정의 배향성도 우수함을 알 수 있다. 본 실험에서 모든 경우 Ni[100]축은 항상 압연방향과 일치했으므로 YBCO의 결정배향성은 모든 Ni의 grain 위에서 동일하다. 즉 YBCO의 각 grain에서의 결정축은 거의 일치하므로 결국 극히 우수한 texture를 가진 YBCO박막을 제작할 수 있다.

3. 결론

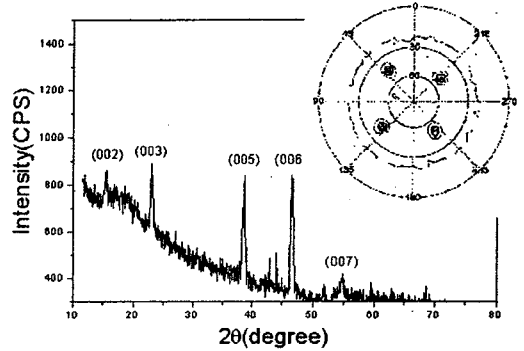


그림 6 YBCO XRD 2θ scan (inset picture : YBCO(103) Pole figure)

[001]-축이 압연 방향에 대하여 $23 \pm 5^\circ$ 기울어진 새로운 Ni 기판을 제작하고 그 위에 완충층과 YBCO 초전도체를 증착하였다. Ni 기판의 결정들의 배향성은 RABiTS의 방법으로 제작한 Ni 기판보다 우수했다. 기울어진 Ni 기판위에 쌓인 완충층도 Ni의 [001]-축과 같은 방향으로 기울어져 자랐고 아주 배향성이 우수했다. YBCO 초전도체는 완충층의 결정들이 기울어진 것과는 상관없이 평면에 대하여 수직 성장을 했고 결정의 배향성도 XRD와 극점도로 확인한 결과 아주 뛰어났다.

감사의 글

본 연구는 기초과학지원연구소(Korea Basic Institute)와 과학기술부의 지원으로 이루어 졌습니다.

참고 문헌

- [1] A. Goyal, D. P. Norton, J. D. Budai, M. Paranthaman, E. d. Specht, D, M, Kroeger, D. k. Christen, Q. He, B. Saffian, F, A. List, D. F. Lee, P. M. Martin, C. E. Klaubunde, E. Harfield, and V. K. Sikka, Appl. Phys. Lett. 69, 12,1795 (1996).
- [2] David p. Norton, Amit Goyal, John D.

- Budai, David K. Christen, Donald M. Kroeger, Eliot D. Specht, Qing He, Be⁻³ Saffian, M. Paranthaman, Charles E. Klaubunde, Dominc F. Lee, Brian C. Sales and Fred A. List, *Science* **274**, 755 (1996)
- [3] Qing He, D. K. Christen, J. D. Budai, E. D. Specht, D. F. Lee, A. Goyal, D. P. Norton, M. Paranthman, F. A. List and D. M. Kroeger, *Physica C***275**, 155 (1997)
- [4] M. Paranthaman, A. Goyal, F. A. List, E. D. Specht, D. F. Lee, P. M. Martin, Qing He, D. k. Christen, D. P. Norton, J. D. Budai and D. M. Kroeger, *Physica C***275**, 266 (1997)
- [5] JunHo Kim, DoJun Youm, *Physica C***275**, (1997) 273