

LSAT(100)기판위에 성장시킨 YBCO고온초전도박막의 특성

박영남, 김수영, 유광동

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《기계공학, 금속공학, 열공학, 재료공학을 비롯한 중요부문 기술공학들을 빨리 발전시키고 그 성과를 여러 경제부문에 적극 받아들여야 합니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 40페이지)

LSAT($(\text{LaAlO}_3)_{0.3}(\text{Sr}_2\text{AlTaO}_6)_{0.7}$, $a=0.386$ 8nm)재료는 YBCO고온초전도체($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$)의 살상상수($a=0.382$ 6nm)와 거의 일치하는 페로브스카이트구조의 새로운 결정으로서 녹음점이 낮고 제작원가가 비교적 적은것으로 하여 YBCO고온초전도박막의 제작과 응용에서 기대되는 기판재료이다.[1, 2]

우리는 LSAT(100)기판위에 성장시킨 YBCO고온초전도박막의 기판온도에 따르는 결정배향특성과 초전도특성을 연구하였다.

먼저 면적이 $7 \times 12 \text{ mm}^2$ 인 광연마된 LSAT(100)기판을 집적회로표준세척공정에 따라 세척한 다음 쌍음극마그네트론비산법으로 그 기판위에 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 조성의 고온초전도박막을 성장하였다.

박막성장과정에 박막의 결정배향특성에 미치는 기판온도의 영향을 밝히기 위하여 다른 조건들은 고정시키고 기판온도만을 640, 660, 680, 700, 720°C로 각이하게 설정하였다. 온도변화속도를 10°C/5min으로 유지하여 박막의 균열현상이 나타나지 않도록 하였으며 박막성장이 끝난 다음 장치안의 기체를 치환하는 방법으로 산소처리를 진행하였다. 이렇게 만든 박막들은 모두 광택을 띤 검은갈색이었으며 두께는 120~150nm였다.

성장된 YBCO박막들의 온도에 따르는 저항변화는 4단자법으로 진행하였으며 X선회절분석기(《D-3F》, CuK_α 선)로 제작된 박막들의 결정배향특성을 분석하였다.

각이한 기판온도에서 성장된 YBCO박막들의 XRD도형은 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 기판온도가 640°C일 때 (005), (006), (200)회절선들과 함께 다른 회절선들도 나타났다. 이것은 기판결정면에 대하여 c축배향, a축배향과 함께 각이한 배향으로 박막의 결정이 성장되었다는것을 보여준다.

또한 기판온도가 660, 680°C일 때 c축배향을 기본으로 박막의 결정이 성장되었다. 700°C일 때에는 (00L)회절선들만 나타나고 다른 회절선들은 나타나지 않았다. 이것은 박막이 완전c축배향되었다는것을 보여준다.

그러나 기판온도가 720°C일 때에는 (00L)회절선들과 합



그림 1. 각이한 기판온도에서 성장된 YBCO박막의 XRD도형
1-5는 기판온도가 각각 640, 660, 680, 700, 720°C인 경우

게 다른 회절선들도 나타났는데 이것은 기판온도가 높아지면서 c 축배향이 약화된다는것을 보여준다.

이와 같이 기판온도가 높아짐에 따라 YBCO 박막은 혼합배향상태로부터 완전 c 축배향상태로 되었다가 다시 혼합배향상태로 넘어간다. 완전 c 축배향박막이 얻어지는 기판온도는 700°C 이다.

각이한 결정화온도에서 성장된 YBCO박막들의 온도에 따르는 저항변화는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 700°C 의 결정화온도에서 성장된 박막의 초전도림계온도는 91.5K 으로서 가장 높다. 이것은 YBCO초전도체에서 도달되는 최대림계온도값이다. 또한 방온도로부터 초전도림계온도에 이르는 넓은 온도구간에서 선형성이 잘 만족되며 100K 에서의 저항값에 대한 300K 에서의 저항값의 비도 크다.

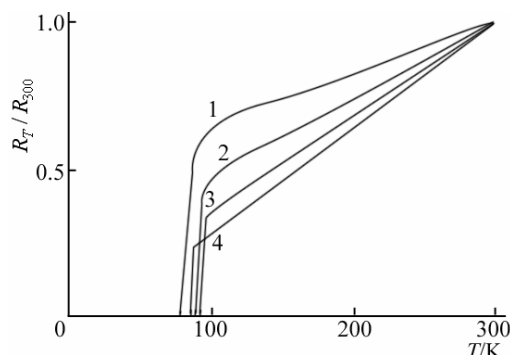


그림 2. 각이한 결정화온도에서 YBCO박막들의 온도에 따르는 저항변화
1-4는 결정화온도가 각각 660, 680, 700, 720°C 인 경우

맺는 말

- 1) 기판온도가 700°C 일 때 완전 c 축배향된 YBCO고온초전도박막이 성장된다.
- 2) 700°C 의 결정화온도에서 성장된 YBCO박막의 초전도림계온도는 91.5K 으로서 초전도특성이 가장 좋다.

참고 문헌

- [1] Y. Ishimaru et al.; Physica, C 445-448, 908, 2006.
- [2] G. Greci et al.; Supercond. Sci. Technol., 27, 249, 2014.

주제106(2017)년 9월 5일 원고접수

The Property of YBCO HTSC Thin Film Grown on LSAT (100) Substrate

Pak Yong Nam, Kim Su Yong and Yu Kwang Dong

We investigated the effect of substrate temperature on crystal orientation property and superconducting critical temperature of YBCO thin film grown on LSAT (100) substrate. Thin film was prepared on LSAT (100) single crystal substrate using magnetron sputtering system with two cathodes. The crystal orientation property of thin films can be altered by adjusting the substrate temperature. And c -axis oriented film was grown at 700°C and its superconducting critical temperature was $T_C=91.5\text{K}$.

Key words: HTSC thin film, crystal growth, superconducting critical temperature