

YBCO 초전도체 특성 향상을 위한 첨가제 BaPbO₃ 제작에 관한 연구

조용준*, 소대화*, 박성범*, 樊占國**
명지대학교*, 중국동북대학교**

Study on the preparation of BaPbO₃ Additive for Improvement of YBCO Superconductor

Cho Yong-Joon*, Dea-Wha Soh*, Fan Zhanguo**
Myongji University*, Northeastern University(China)**

Abstract

YBa₂Cu₃O_x(YBCO) oxide superconductor was prepared by sol-gel method to improve its superconducting properties, and it was made to be a fine powder, which has the same property of solid state reacted powder. BaPbO₃ was synthesized with BaCO₃, BaO, PbO, and PbO₂ and analyzed by XRD. YBCO superconductor was prepared by use of sol-gelled YBCO powder and additive BaPbO₃ and its critical temperature and transition temperature were shown as 91.9 K, 3.7 K respectively in case 20 wt.% BaPbO₃ was added to pure sol-gelled YBCO powder.

Key Words : YBa₂Cu₃O_x(YBCO), Sol-gel, superconducting powder, BaPbO₃, Critical Temperature,

1. 서론

1986년 Bednorz와 Muller에 의해 발견되기 시작한 YBa₂Cu₃O_x(YBCO) 산화물 초전도는 금속계 초전도선재와 비교하여 높은 임계온도를 가지며 우수한 자기 특성을 갖는다[1]. 이러한 이점을 이용한 YBCO 산화물 고온초전도 기술은 국내외에서 미래 전력 산업의 중요한 분야로 인식되고 있다. 초전도 응용기술 분야에서 현재 가장 실용화에 근접하고 있는 초전도 벌크(bulk) 및 초전도선재 제조기술은 초전도 특성을 개선시키기 위하여 다양한 첨가제를 사용하고 있다. 첨가제로 사용하는 대표적인 원소로는 Ag, 알칼리 금속, 희토류계 원소 및 페로브스카이트 구조를 갖는 화합물 등이 사용되고 있다[2-4]. 첨가제의 사용에 따른 YBCO 초전도체의 물리적 특성의 변화 또한 주 관심 분야로 대두되고 있고, 이에 따른 다양한 제작 조건 및 방법이 연구되고 있다. 본 논문에서는 YBCO-BaPbO₃ 초전도체 제작을 위하여 제작 온도를 낮추기 위하여 졸-겔(sol-gel)법을 이용하였으며, 또한 그 특성을 개선하기 위하여 첨가제로 사용한 BaPbO₃를 고상합성법으로 제작, 이용하여 YBCO-

BaPbO₃ 초전도체의 특성 개선을 위한 연구를 수행하였다.

2. 실험 및 방법

2.1 Sol-gel법을 이용한 YBCO 분말의 제작

실험에 사용된 YBCO 분말의 제작을 위하여 먼저 Y₂O₃, Ba(NO₃)₂, CuO를 Y : Ba : Cu = 1 : 2 : 3의 몰비로 칭량한 후, Y와 Ba 질산 용액과 구연산 용액에 Ba(NO₃)₂를 희석한 용액을 제작하였고, pH 조절을 위해서는 NH₃-H₂O를 첨가하였다. 제작된 용액은 용제의 증발을 위하여 머플(muffle)형로에서 90℃와 300℃의 온도로 열처리과정을 수행하였다. 이 과정을 통하여 졸에서 겔의 상태로 용액이 변화하며 600℃의 열처리 과정을 통하여 재(ash) 상태로 제작하였다. YBCO 초전도 분말 제작 단계로 880℃에서 3 시간 동안 소결처리를 수행하였다. 산소흡착과정으로는 400℃에서 20 시간을 냉각 과정에서 처리하였다. 제작된 펠렛 형태의 시편은 충분한 시간 동안 분쇄 과정을 수행하여 1 μm 이하의 입자 크기를 갖는 분말로 제작하였다. 그림 1은 졸-겔법을 이용하여 제작한 YBCO 분말

의 제작 흐름도이다.

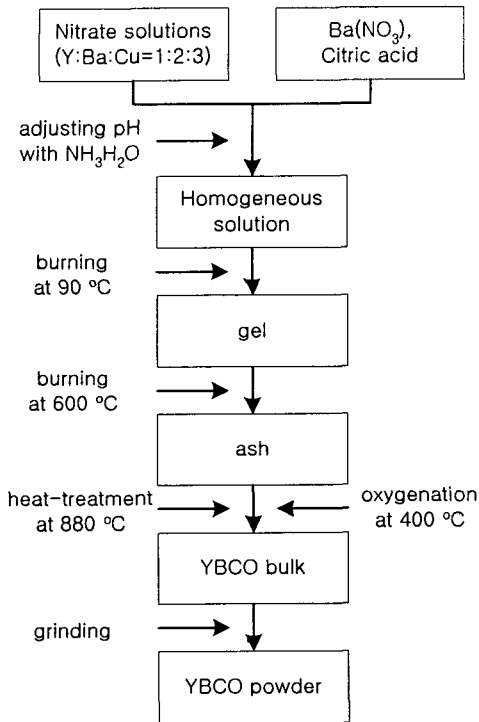


그림 1. 졸-겔법을 이용한 YBCO 분말 제작

2.2 첨가제 BaPbO₃의 제작

BaPbO₃ 첨가제는 BaCO₃, PbO와 BaO, PbO₂를 각각 이용하여 몰비를 계산하여 제작하였고, 또한 PbOx의 휘발성을 고려하여 5 wt.%의 PbOx를 더 첨가한 시편을 제작하여 분석을 수행했다. BaCO₃와 PbO를 이용하여 제작한 BaPbO₃는 5g의 중량이 되도록 충분한 혼합 과정을 거쳐 800°C에서 열처리를 수행하였고, PbO를 5% 더 첨가한 시편 또한 동일한 조건에서 제작하였다. BaO와 PbO₂를 이용하여 제작한 BaPbO₃ 역시 동일한 조건으로 제작하였다. 제작된 시편은 XRD를 이용하여 비교, 분석하였다.

2.3 YBCO-BaPbO₃ 초전도체

YBCO에 BaPbO₃가 첨가된 초전도체를 제작하기 위하여 졸-겔법을 이용하여 제작한 YBCO 분말에 10 wt.%, 20 wt.%, 30 wt.%의 BaPbO₃를 각각 첨가하여 전체 중량이 5 g이 되도록 하여 5 ton/cm²의 압력으로 성형하여 펠렛을 제작하였다. 제작된 시편은 최고 830°C, 4 시간 동안의 소결 과정을 거쳤고, 400°C, 10 시간의 산소흡착과정을 수

행하였다.

3. 결과 및 고찰

선행 실험의 연구 결과[5,6]를 바탕으로 제작한 그림 2는 졸-겔법을 이용하여 제작한 재 상태의 분말을 소결 및 산소흡착과정과 분쇄 과정을 마친 후의 YBCO 분말의 SEM 사진으로써 분말의 크기가 1 μm 이하의 분포를 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 이 분말의 특성을 XRD 분석을 통하여 확인한 결과 그림 3에서와 같이 표준 XRD 데이터와 비교하여 동일한 주 피크를 갖는 것을 확인할 수 있었다. 졸-겔법을 이용하여 제작한 YBCO 분말은 880°C의 소결 온도를 가짐으로써 기존의 고상합성법과 비교하여 상대적으로 낮은 온도에서 동일한 특성을 갖는 분말의 합성이 가능함을 확인하였다.

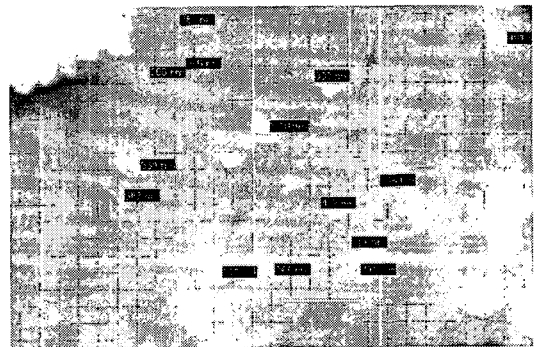


그림 2. 졸-겔법으로 제작한 YBCO 분말의 SEM 사진

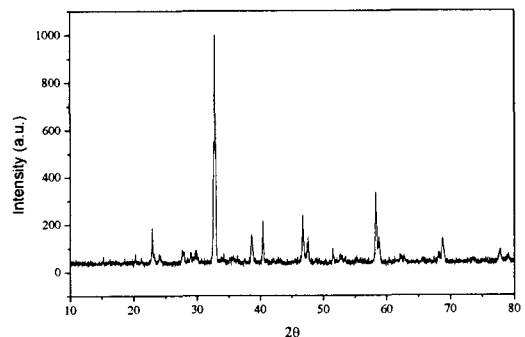


그림 3. 졸-겔법으로 제작한 YBCO 분말의 XRD 분석

그림 4는 BaPbO₃ 제작을 위하여 BaCO₃와 PbO를 혼합하여 800°C의 소결조건으로 제작, 분쇄한 후

제작한 분말의 XRD 분석 데이터로써 BaPbO₃의 주피크를 확인할 수 있었다. 그림에서와 같이 분말 내에 액상이 존재하였다. 이 결과를 바탕으로 소결 온도의 문제와 PbO의 증발에 의한 결함에 따른 화학양론적 문제를 고려해야 할 것으로 사료되어 동일한 조건에서 PbO를 5% 더 첨가하여 제작한 시편과 비교하였다. 그림 5는 동일한 소결 조건으로 PbO를 5% 더 첨가하여 제작한 BaPbO₃ 분말의 XRD 분석 데이터이다. 그림 4와 비교하여 상대적으로 액상이 감소함을 확인할 수 있었고 BaPbO₃의 주피크가 상대적으로 우수함을 확인할 수 있었다.

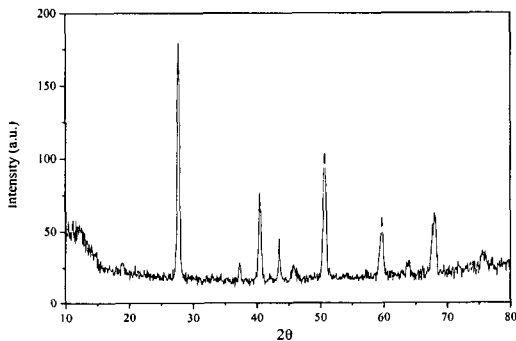


그림 4. BaCO₃와 PbO를 이용하여 합성한 BaPbO₃ 분말의 XRD 분석

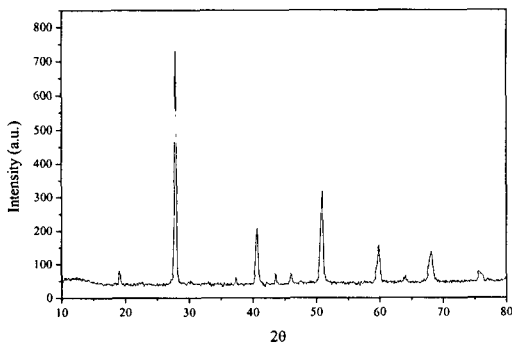


그림 5. BaCO₃, PbO와 5%의 PBO를 과량 첨가하여 합성한 BaPbO₃ 분말의 XRD 분석

BaPbO₃의 새로운 합성 조건으로 BaO와 PbO₂를 이용하여 제작하였다. PbO의 경우와 마찬가지로 5%의 PbO₂를 더 첨가하였으며, 소결 온도 조건으로는 900°C로 설정하였다. 소결 온도 조건을 높여준 이유는 PbO에 비하여 PbO₂의 녹는점이 높기 때문이다. 그림 6은 BaO와 PbO₂를 이용하여 제작한

BaPbO₃ 분말의 XRD 분석 데이터로써 BaCO₃와 PbO를 이용하여 제작한 분말과 유사한 결과를 확인할 수 있었다.

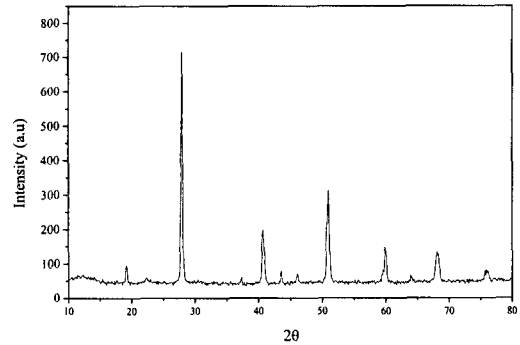


그림 6. BaO, PbO₂와 5%의 PBO₂를 과량 첨가하여 합성한 BaPbO₃ 분말의 XRD 분석

YBCO 초전도체의 특성 향상을 위하여 졸-겔법으로 제작한 YBCO 분말과 BaPbO₃를 10~30 wt.% 첨가하여 시편을 제작하였다. 그림 7~9는 YBCO에 각각 10, 20, 30 wt.%의 BaPbO₃를 첨가하여 제작한 시편의 XRD 데이터로써 YBCO와 BaPbO₃간의 반응이 없음을 확인할 수 있다. YBCO 주피크 특성은 큰 변화가 없으며 상대적으로 BaPbO₃의 첨가량에 따라 피크 특성이 증가하는 것을 관찰할 수 있다. 이는 기존의 연구결과[7]에서 보고된 바와 같이 YBCO와 BaPbO₃간의 반응성이 거의 없으며 YBCO의 본래 특성에는 영향을 끼치지 않음을 의미한다.

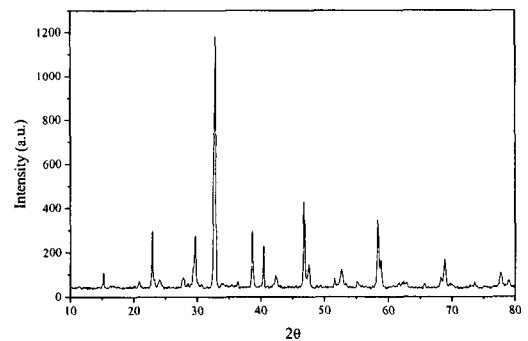


그림 7. YBCO 분말에 10 wt.%의 BaPbO₃를 첨가하여 제작한 분말의 XRD 분석

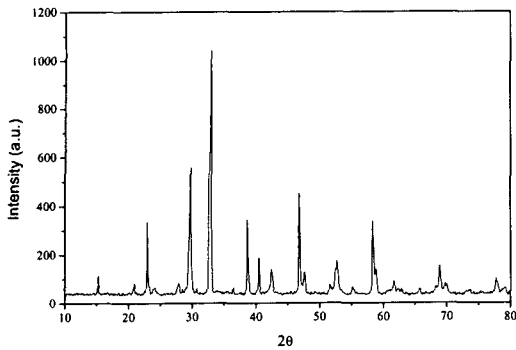


그림 8. YBCO 분말에 20 wt.%의 BaPbO₃을 첨가하여 제작한 분말의 XRD 분석

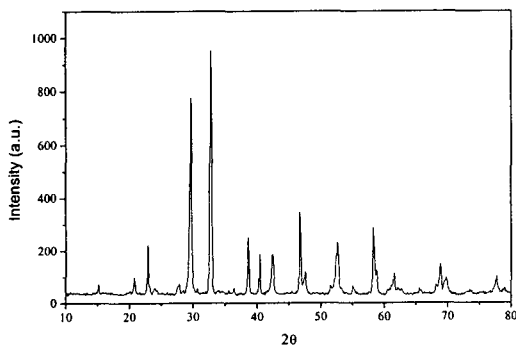


그림 9. YBCO 분말에 30 wt.%의 BaPbO₃을 첨가하여 제작한 분말의 XRD 분석

YBCO와 10~30 wt.%의 BaPbO₃를 첨가하여 제작한 펠렛 형태의 시편의 임계온도(T_c)를 측정 한 결과 졸-겔법으로 제작한 YBCO 시편 및 YBCO와 BaPbO₃를 10, 20, 30 wt.% 첨가한 시편의 임계온도는 각각 91.2, 91.2, 91.9, 90.45 K의 값을 나타냈고, 전이온도(ΔT_c)는 각각 0.75, 6, 3.7, 6.73 K로 나타났다. 임계온도에 있어서는 20 wt.%의 BaPbO₃를 첨가한 시편에서 순수한 YBCO와 비교하여 큰 차이가 관찰되지 않았다. BaPbO₃ 첨가량의 증가에 따른 전이온도의 증가 현상은 기존의 연구보고와 마찬가지로 BaPbO₃의 비초전도성에 기인한 것으로 판단된다.

4. 결론

YBCO 초전도체 제작 공정의 개선을 위하여 졸-겔법을 적용, 제작한 YBCO 분말은 기존의 고상합성법과 비교하여 상대적으로 낮은 소결온도를 나타냈으며 특성 또한 양호한 것으로 나타났다.

YBCO 초전도체의 특성 향상을 위하여 첨가한 BaPbO₃는 BaCO₃와 PbO를 이용한 경우 800℃, BaO와 PbO₂를 이용한 경우 900℃의 소결조건으로 양호한 BaPbO₃를 합성할 수 있었다. 또한 졸-겔법으로 제작한 YBCO 분말에 초전도체의 특성 향상을 위하여 첨가한 BaPbO₃는 YBCO 초전도 특성에 임계온도에는 큰 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었고 20 wt.%의 BaPbO₃의 첨가량을 가질 때 91.9 K의 임계온도를 나타냈으며, 3.7 K의 전이온도로 비교적 우수한 결과를 확인하였다.

참고문헌

1. J.G. Bednorz and K.A. Müller, "New High- T_c Superconductor", J. of Phys., Vol. 64, p. 189, 1986.
2. I. Nedkov and A. Veneva, "Alkali Metals Impurities Influence on the Magnetic and Electric Properties of YBCO", J. of Appl. Phys., Vol. 75, No. 10, p. 6726, 1994.
3. A.G. Mamalis, S.G. Ovchinnikov, M.I. Petrov, D.A. Balaev, K.A. Shaihtudinov, D.M. Gohfeld, S.A. Khharlamova, and I.N. Votta, "Composite materil on High- T_c Superconductors and BaPbO₃, Ag basis", Physica C, Vol. 364-365, p. 174, 2001.
4. W.T. Fu and D.J.W. Ijdo, "A Comparative study on the structure of ABO₃ (A=Ba, Sr)", Solid State Reactions, Vol. 95, No. 9, pp. 581, 1995.
5. D.W. Soh and Z.G. Fan, "Fine YBaCuO Superconducting Powder prepared by Sol-gel method", 산업기술연구소논문집, Vol. 22, p. 3701.
6. Z.G. Fan and D.W. Soh, "Preparaion of Submicron YBaCuO Powder by Sol-gel Method", 한국전기전자재료학회, 하계학술대회 논문집, Vol. 4, No. 1, p. 557, 2003.
7. J.Y. Kim, S.Y. Lee, I.S. Yang, T.G. Lee, S.S. Yom, K.B. Kim, and J.H. Kim, "Raman and Infrared spectroscopy of YBa₂Cu₃O_{7- δ} -BaPbO₃", Physica C, Vol. 308, p. 60, 1998.