

전파흡수체용 바륨페라이트 복합소재의 특성

요업기술원 부품공정팀 남중희*, 김원기, 박상진, 김효태
(주)뮤 인더스트리 허남팔

PROPERTIES OF Ba-FERRITE COMPOSITE MATERIALS FOR MICROWAVE ABSORBER

KICET Component Processing Lab. J.-H. NAM*, W.-K. KIM, S.-J. Park, H.-T. KIM
MUE Industry N.-P. HUR

1. 서론

일반적으로 육방정 페라이트는 보자력(high coercivity)이 높은 특성을 가지므로 영구자석용, 기록재료용 등으로 광범위하게 사용되어온 재료[1]이며, 복소투자율 및 복소유전율이 매우 낮고 자기이방성이 높기 때문에 자연공명주파수가 1 GHz 이상에서 형성되어 전파흡수체용 소재로도 활용되고 있다[2]. 이 중에서 M형 육방정 페라이트는 자화용이축이 c-축에 강한 배향성을 갖기 때문에 외부전자기파에 의한 자기모멘트의 변화가 거의 없어서 고주파 대역에서의 자기손실이 발생되기 힘든 특성으로 인해 전파흡수체로의 응용을 기대할 수 없지만, Fe^{3+} 자리에 비자성이온 또는 약한 자기모멘트를 갖는 Ti^{4+} , Ir^{4+} , Sn^{4+} 등과 Co^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} 등의 이온을 치환첨가하면 자화용이축이 basal plane(a, b-axis)과 평행한 축으로 바뀌게 되어 전파흡수체로서의 활용이 가능하게 되며, 고밀도 자기 기록재료로도 사용될 수 있다. 한편으로는 전파흡수체의 특성을 향상시키기 위해 재료정수를 제어할 필요가 있는데, 복소투자율 뿐만 아니라 복소유전율의 변화도 1 GHz 이상의 고주파수 대역에서의 전자파 흡수에 큰 영향을 미치므로 이러한 요구조건을 만족하기 위한 소재의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

이 연구에서는 기계적 합금화(mechanical alloying, 이하 MA)공정을 이용하여 M형 육방정 페라이트인 $BaO \cdot 5.6Fe_2O_3$ 와 강자성 세라믹스인 $BaTiO_3$ 를 기본 소재로 하는 magnetics/dielectrics 나노 복합 소재를 제조하여 미세구조 및 자기특성 변화를 관찰하였으며, 전파흡수능 평가를 위하여 고분자 복합체를 제조하여 복소투자율 및 복소유전율로부터 반사손실을 계산하였다. 또한, 제조된 복합소재의 특성에 미치는 MA 공정 및 annealing 영향에 대하여 검토하였다.

2. 실험방법

출발 물질로는 Barium Ferrite 분말(MUE Industry사, 이하 BF)과 Barium Titanate 분말(Ferro사, 이하 BT)을 사용하여 기계적 합금화를 시도하였으며, 이때 기본 조성은 BF 분말에 대해 BT 분말을 0~20 wt.% 첨가하여 준비하였다. 또한, Planetary Mill을 이용하여 40 h 동안 MA 공정 처리하였으며, 각각 준비된 시료에 대하여 900 °C와 1,000 °C에서 3 h 동안 annealing하였다.

제조된 복합분말의 특성은 TGA, XRD, FE-SEM, VSM, TEM, Mossbauer Spectroscopy 등을 이용하여 분석하였으며, 재료정수 측정은 Network Analyzer를 이용하였고, 시편은 silicon rubber와의 복합체의 형태로 제조하였으며, composite powder/silicone rubber와의 혼합비율은 4/1(중량비)로 고정하여 toroid형으로 성형하였다.

3. 실험결과

BF 분말에 BT를 일정 중량비(0~20 wt.%)로 첨가하여 각 공정(as mixed, high-energy milling)에 따라 시편을 제조하였으며, annealing 영향에 대해서도 그 결과를 고찰하였다. High-energy milling한 시료의 경우 XRD pattern을 분석해 보면, BT 첨가량이 증가하면서 BF phase 보다는 BT phase dominant인 것으로 결과가 얻어졌다. 또한, BT 첨가량에 따른 격자상수 변화를 계산한 결과, 대체로 Fig. 1 (b)에 나타낸 바와 같이, BT 첨가량에 따라 BF의 격자 상수가 증가함을 알 수 있었다. 900°C에서 annealing한 경우, 준안정상의 BF+BT composite로부터 BF phase 안정상으로 변태함에 기인한 BF phase dominant한 XRD pattern이 얻어졌으며, BT의 첨가량이 증가하더라도 격자상수는 거의 일정한 경향을 나타내었다.

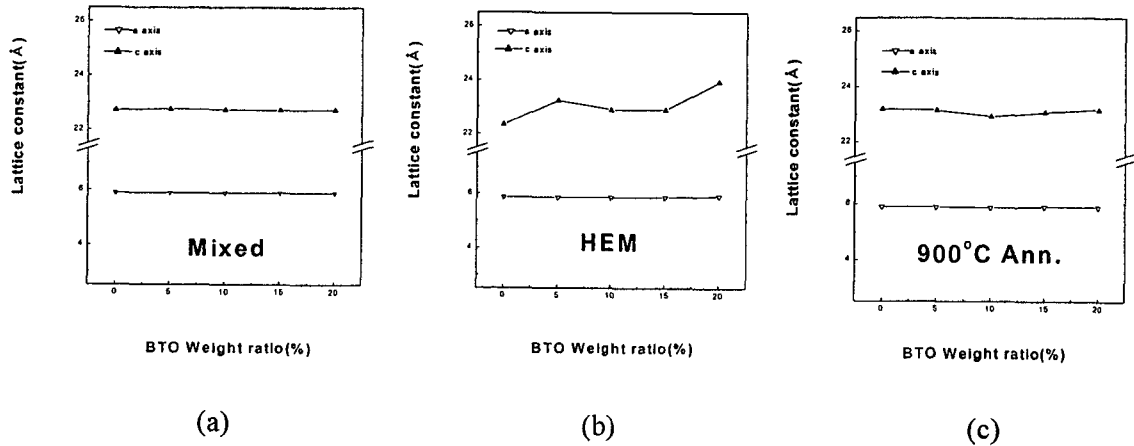


Fig. 1. Lattice constants of Ba-ferrite composite with BaTiO₃ powders with preparation condition ; (a) as mixed, (b) MA samples (high-energy milling for 40 h), (c) annealed at 900°C.

이러한 복합소재의 입자 미세구조를 TEM으로 검토한 결과, mechanochemical effect에 기인한 nanosized particle agglomeration을 관찰할 수 있었으며, HRTEM으로 관찰한 결과 BF particles에 BT가 부분적으로 alloying된 구조가 형성되었음을 확인할 수 있었다. Annealing후의 자기특성을 측정된 결과, BT의 첨가량이 증가함에 따라 포화자화값은 감소하였으나, 보자력은 거의 변화가 없이 일정한 경향을 나타내었다.

한편, 복합소재의 재료정수를 측정하여 계산한 반사손실을 Fig. 2에 나타내었는데, BF에 BT를 일정량 첨가하여 high-energy milling한 경우 비교적 우수한 전파흡수능이 얻어짐을 알 수 있었다.

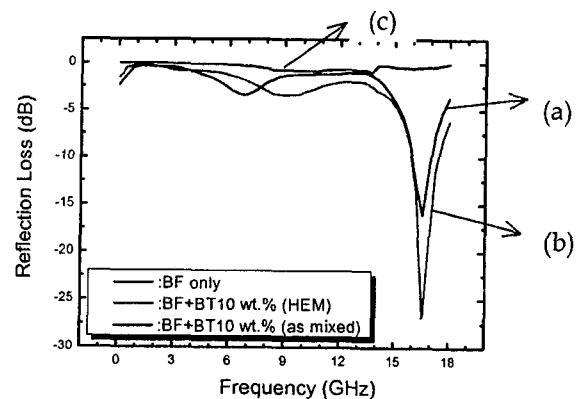


Fig. 2. Reflection loss of Ba-ferrite and its composites with BaTiO₃ powders with preparation condition ; (a) BF only, (b) BF+BT 10wt.% prepared by MA, (c) BF+BT 10wt.% as mixed.

4. 참고문헌

- [1] H. Kojima, Ferromagnetic Materials (Vol. 3, Ed. Wohlfarth), p. 305(1982).
- [2] Y. Naito, "Ferrite electromagnetic wave absorbers," J. Phys. IV, Vol. 7, C1-405 (1997).