

Mn-Zn 페라이트-에폭시 나노복합체의 전자기적 특성 (Electromagnetic Properties of Mn-Zn Ferrite-Epoxy Nanocomposites)

여정구*, 김병호
고려대학교 재료공학과, 서울 136-701

제해준
한국과학기술연구원 재료연구부, 서울 139-791

1. 서론

최근 페라이트 자성체의 나노분말 혹은 나노구조체를 다양한 용도로 활용하기 위한 시도가 추진되고 있다. 페라이트 나노분말을 고분자기지나 비자성체에 혼합한 나노복합체를 제조하여 그 특성을 조사하려는 연구가 일부 진행되었으나,¹⁻³⁾ 이러한 복합체에 대한 연구는 아직 초기 단계 수준이다.

본 연구에서는 100 nm 이하의 페라이트 나노분말을 기계적 분쇄로 제조하여 에폭시와 혼합한 나노구조체를 준비하여 그 특성을 분석하고자 하였으며, 페라이트 분말이 고분자에 둘러싸임에 따라 발생하는 반자장 생성⁴⁾을 억제시키기 위하여 나노분말의 강한 응집체(hard agglomerate)를 만들어 복합체를 제조함으로써 입자간 강자성 교환 상호작용이 발생토록 하는 방법을 모색하였다. 따라서 일반적인 μm 크기의 Mn-Zn 페라이트 분말, 나노분말 및 응집분말들의 복합체를 제조하여 각각의 전자기적 특성을 비교 분석하고자 한다.

2. 실험방법

$\text{Mn}_{0.53}\text{Zn}_{0.42}\text{Fe}_{2.05}\text{O}_4$ 조성의 페라이트 하소분말을 볼 밀링하여 0.7 μm 크기의 페라이트 분말(1차 분말)과 60 nm 크기의 나노분말을 제조하였다. 응집분말은 나노분말 성형체를 질소분위기에서 600°C 열처리 하고 이를 재분쇄하여 준비하였다. 복합체에 충전되는 페라이트 분말의 부피비가 30 ~ 45 vol% 되게끔 에폭시와 혼합하여 복합체를 각각 준비하였다. 분말 및 복합체의 전자기적 특성은 VSM과 Network Analyzer를 사용하여 측정하였고, 물리적 특성은 입도분석기, XRD, SEM을 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

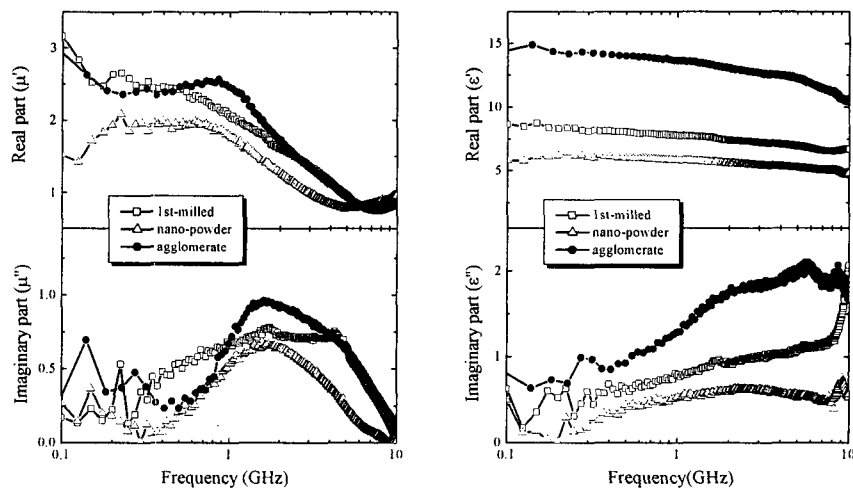


Fig.1. Frequency dependence of complex permeability and permittivity of 30 vol% ferrite-polymer composites of 1st-milled powder, nano-powder and nano-powder agglomerate.

Fig. 1에서 1차 분말, 나노분말 그리고 응집분말이 각각 30 vol%로 충전된 복합체에서의 복소투자율 및 복소유전율의 주파수 분산특성을 살펴보면, 나노분말 복합체의 투자율 실수부와 허수부 및 유전율 실수부와 허수부 모두 다른 복합체에 비해 가장 작게 나타났다. 그러나 응집분말 복합체의 투자율 실수부는 1차 분말 복합체와 비슷하게 나타났다. 이는 응집된 나노분말간의 교환상호작용에 의한 스핀 배열의 증가에 기인한 것으로 판단된다. 또한 응집분말 복합체의 투자율 허수부는 1 GHz 이상에서 가장 크게 나타났으며, 이는 random anisotropy model⁵⁾에서 Hc가 커지는 것과 관련된 것으로 생각된다.

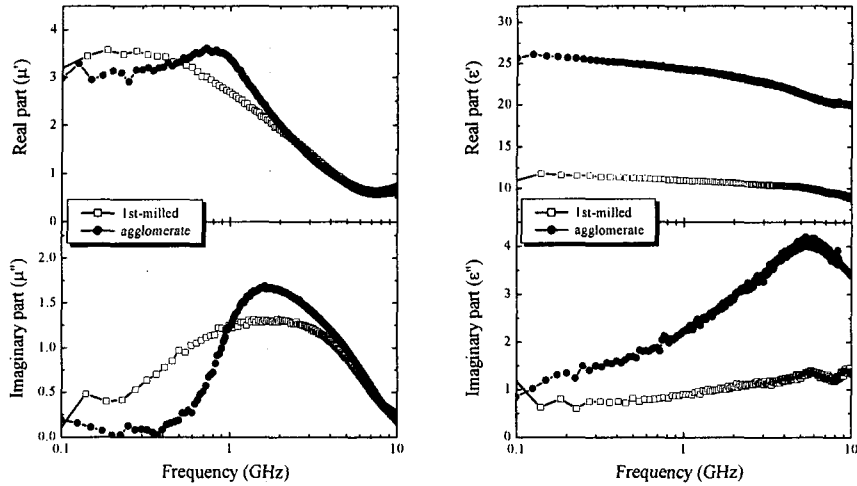


Fig. 2 Frequency dependence of complex permeability and permittivity of 45 vol% ferrite-polymer composites of 1st-milled powder and nano-powder agglomerate.

Fig. 2 에는 45 vol%의 분말 부피비로 제조된 1차 분말 복합체와 응집분말 복합체의 복소투자율 및 복소유전율의 주파수 분산특성을 비교하였다. 응집분말 복합체의 투자율 실수부는 1차 분말 복합체보다 고주파 특성을 보이며, 투자율 허수부는 1차 분말 복합체가 넓은 주파수영역에서 나타나는 반면에 응집분말 복합체는 500 MHz까지는 0에 가깝다가 1 GHz 이상에서 1차 분말 복합체보다 더 크게 나타났다. 복소유전율도 1차 분말 복합체에 비해 실수부와 허수부 모두 크게 나타났다.

4. 결론

나노분말의 응집체 분말로 제조된 페라이트-에폭시 나노복합체에서는 페라이트 분말간의 교환상호작용으로 인한 투자율 실수부 저하가 억제되며, 투자율 허수부는 고주파에서 더 커졌다. 복소유전율은 실수부 허수부 모두 커졌다. 이러한 자기손실과 유전손실의 증가는 전자파흡수체로의 응용 가능성을 제시하며, 또한 500 MHz 까지 자기손실이 거의 발생치 않는 특성은 고주파용 페라이트 칩인덕터용 소재로의 활용 가능성도 제시하고 있다.

5. 참고문헌.

- [1] J. Sláma, R. Dosoudil, R. Václavík and A. Gruková, *Magn. Magn. Mater.*, **254-255**, 195 (2003)
- [2] D. Vollath, D. V. Szabo and J. Fuch, *Nanostructured Materials*, **12**, 433 (1999)
- [3] H. Dong, F. Liu, C. P. Wong and Z. John Zhang, *9th Int'l Symposium on Advanced Packaging Materials*, 171 (2004)
- [4] T. Tsutaoka, M. Ueshima, T. Tokunaga and T. Nakamura, *J. Appl. Phys.*, **78**, 3983 (1995)
- [5] G. Herzer, *IEEE Trans. Magn.*, **26**, 1397 (1990)