Al_2O_3를 첨가한 Cu-Ni-Zn 페라이트의 미세조직과 전자파 흡수특성
(Microstructure and Absorbing Properties of Eletromagnetic Wave on Cu-Ni-Zn Ferrite Added Al_2O_3)

한양대학교 정 재 우*, 이 완 재

1. 서 론 : 반도체 기술과 디지틀 기술이 급속히 발달함에 따라 전자산업이 눈부시게 발전하고 있으며, 이로 인한 전자파 공해는 날로 심각한 문제가 되고 있다. 전자파 공해는 불요 전자파(Electromagnetic Interference; EMI)로 인해 야기되며 이를 해결하기 위해서는 전자파 흡수능력이 높은 재료의 개발이 요구되고 있다. 전자파흡수체로서는 페라이트가 가장 우수하며, 이러한 페라이트의 흡수특성을 나타내는 재료정수인 투자율과 유전율이 동일조성에서도 미세조직이 큰 영향을 미치고 있다. 즉 큰입자는 사용주파수 대역이 높아지면 자벽(domain wall)의 이동 속도가 빨라지므로, 이로 인한 자벽의 이동이 위상의 변화에 대응하지 못한다[1,2]. 따라서 페라이트 입자의 크기가 작고, 일정하여야 전자파흡수특성이 향상된다.

미세하고 균일한 조성의 혼합분말은 유기산염 열분해법[3]으로 비교적 쉽게 제조할 수 있다. 이 제조법의 장점은 제조공정이 단순하며, 고가의 원료를 사용하지 않고도 용이하게 합성페라이트분말을 얻을 수 있다.

본 연구에서는 Cu-Ni-Zn 페라이트를 유기산염 열분해법으로 합성분말을 제조하고, 소결시 입자성장을 억제하기 위하여 Al_2O_3를 첨가하였다. 소결체의 미세조직은 Al_2O_3 첨가량과 소결온도와의 관계로 관찰하였다. 전자파흡수특성은 투과반사법으로 재료정수를 측정하고, 전자파 흡수능을 계산하여 구하였으며, Al_2O_3첨가량, 입자크기와의 상관 관계로 조사 검토하였다.

2. 실험방법 : 원료분말로는 Fe_2O_3, CuO, NiO, ZnO분말을 사용하여 $Cu_{0.12}Ni_{0.32}Zn_{0.59}Fe_{1.98}O_4$의 화학양론 조성이 되도록 칭량하고, Al_2O_3분말(입도 2㎛)을 0~1wt% 첨가하여 유기산염 열분해법으로 합성분말을 제조하였다. 하소는 500~900℃에서 1시간씩 대기중에서 하였다. 하소한 후 분쇄한 분말크기를 Laser 입도분석기로 측정하고, 형상을 SEM으로 관찰하였으며, X-ray diffractometer로 스피넬량을 조사하였다. 성형성을 양호하게 하기 위하여 윤활제로 PVA를 2%첨가하였다. 100MPa의 압력으로 OD 9mmϕ×ID 3.5mmϕ×H 8mm의 코어형 시편으로 성형한 후 1100~1250℃에서 1시간동안 대기중에서 소결하였다. 소결체의 밀도를 수중부유법(ASTM B-328)으로 측정하고, 광학현미경과 SEM으로 소결체의 조직을 관찰하였으며, X-ray Diffractometer로 스피넬량을 조사하였다. 전자파흡수특성은 HP8720 Network analyzer를 이용하여 투과반사법으로 S-parameter를 측정하여 페라이트의 복소유전율과 복소투자율을 계산하였으며[4], 이들 값으로부터 흡수능을 α(dB)=$20\log|S_{11}|=20\log|(Z-1)/(Z+1)|$, 단 $Z=\sqrt{\mu_r/\varepsilon_r}\times\tanh(j\omega\sqrt{\mu_r\varepsilon_r}\times d)$ 식을 사용하여 계산하였다[5].

3. 결과 및 고찰 : 하소 후 유자막으로 분쇄한 분말을 Laser 입도분석기에 의하여 측정한 결과 약 15㎛이며, SEM으로 관찰하면 약 0.1㎛이하의 미립자가 다수 뭉쳐진 상태이었다. 하소후 스피넬량은 하소온도가 상승할 수 록 증가하였으며, 700℃의 경우 약 80%가 되었다. 소결후의 치밀화정도와 스피넬량은 700℃로 대기중에서 1시간 하소한 경우가 가장 양호하였다. 소결체의 밀도는 소결온도가 상승하면 증가하였으며, Al_2O_3를 첨가하지 않고 1250℃에서 1시간 소결한 시편이 4.95g/cm^{3}로 가장 높은 밀도값을 나타내었으며, 0.75wt% Al_2O_3를 첨가하고 1100℃에서 1시간 소결한 시편이 3.5g/cm^{3}로 가장 낮은 값을 나타내었다.

소결체에는 α-Fe_2O_3상은 나타나지 않고, 스피넬상만이 존재하였으며, 격자정수값은 평균 8.3716Å이었다. 1250℃에서 소결한 시편의 미세조직은 Al_2O_3를 첨가하지 않은 경우 아주 미세한 입자와 조대한 입자들이 혼재하고 있으며, 0.25와 0.50wt% Al_2O_3를 첨가한 경우에도 비슷한 양상을 나타내지만, 0.75와 1.0wt% Al_2O_3를 첨가한 경우에는 입자크기의 차이는 적게 나타났

다. 이것은 Al_2O_3의 첨가에 의해 입자의 성장이 억제되었다고 생각된다.

복소유전율과 복소투자율값은 소결온도가 낮고 Al_2O_3를 첨가하지 않은 경우가 높은 값을 나타내었으나, 소결온도가 상승하면 이들 값은 더욱 높아지며, Al_2O_3를 0.5wt%이상 첨가한 경우 최고값을 나타내었다. 1250℃에서 소결한 경우 1.0wt% Al_2O_3에서 상대복소유전율은 9.5+j0.15이고, 상대복소투자율은 50MHz에서 62+j84이였다. 소결온도가 높아지면 Al_2O_3에 의한 페라이트의 입자성장 억제 효과가 커서 미세화되었기 때문에 높은 값이 얻어졌다고 생각된다. 투자율의 허수부가 실수부보다 큰 경우가 전자파의 흡수가 잘 일어나며, 이러한 구간은 각 소결온도에서 측정주파수 대역인 50~2000MHz 전구간에 걸쳐 나타나며, 특히 1250℃ 소결한 경우가 큰차이를 나타내었다. 이것은 1250℃에서 소결한 시편의 전자파흡수특성이 높게 얻어질 것으로 생각된다. 전자파흡수능은 소결온도가 1250℃이고, 0.0wt% Al_2O_3인 경우에 시편의 두께가 4mm일때 측정 주파수 전역에서 6dB이상의 값이 얻어졌고, 시편의 두께가 3mm이하가 되면 100MHz이하의 주파수대에서 흡수능이 급격히 떨어졌다. 따라서 시편의 두께를 4mm이상으로 조절하면 광대역의 특성을 갖는 전자파 흡수체로서 사용이 가능하리라고 생각된다.

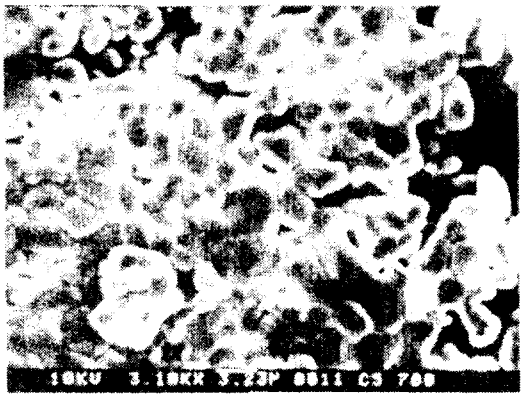

Fig. SEM microstructure of Cu-Ni-Zn ferrite sintered at 1200℃ for 1hr. in air.

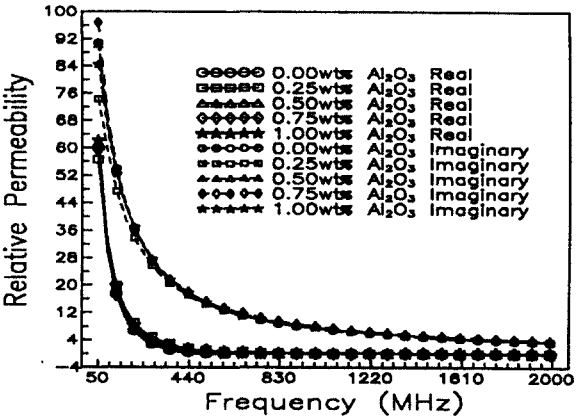

Fig. Relative permeability versus frequency on Cu-Ni-Zn ferrite sintered at 1250℃.

4. 결 론 : 전자파흡수체로서 사용되는 Cu-Ni-Zn 페라이트에 Al_2O_3를 첨가하여 미세조직과 전자파흡수특성과의 관계를 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 1) 하소는 700℃에서 1시간 동안 대기중에서 행하는 경우가 소결체 치밀화와 입자 미세화에 최적의 조건이다. 2) 소결온도가 상승할 수 록 밀도가 증가하였으며, 동일 소결온도에서는 Al_2O_3의 첨가에 의하여 밀도가 약간 감소하였다. 3) 재료정수인 복소유전율과 복소투자율은 소결온도가 높고 Al_2O_3 첨가량이 증가할 수 록 높은 값을 나타내었다. 4) 전자파 흡수능은 시편의 두께가 4mm이상이 되면 50~2000MHz 전 주파수 대역에서 거의 일정한 특성을 나타내었다.

5. 참고문헌 :

1) 内藤 喜之 : 電波吸收體, 新OHM文庫, (1987) 2, 56
2) 清水 康敬, 杉浦 行, 石野 健, 乾 哲司 : 電磁波の吸收と遮蔽, 日經技術圖書株式會社, (1989) 3, 121
3) T.Asaka, Y.Okazawa and K.Tachikawa : J.Japan Inst. Metals, 56 (1992) 715
4) Hewlett Packard : Measuring Dielectric Constant with the HP8510 Netwok Analzer, Product Note No. 8510-3
5) Y.Naito and K.Suetake : IEEE Trans. Micro. Theory and Tech., MTT-19 (1971) 65