

Ni-Zn 페라이트 소결체의 전파흡수특성

충북대학교 한대희
김성수

Microwave Absorbing Properties of
Sintered Ni-Zn Ferrites

Chungbuk National University D.H.Han
S.S.Kim

1. 서론

Ni-Zn 페라이트 소결체는 1 GHz 미만의 저주파 대역에서 전파흡수특성이 우수한 것으로 알려져 있다 [1]. 이러한 특성 때문에 Ni-Zn 페라이트 소결체는 UHF/VHF 대역에서 전파장해 제거용 전파흡수체로 널리 사용되고 있다. 전파흡수체의 일반적 설계이론에 따르면 전파흡수특성은 재료의 복소투자율 및 복소유전율의 주파수 분산특성에 의해 지배된다 [2]. 본 연구에서는 UHF/VHF 대역에서 임피던스 정합이 일어나는 복소투자율 및 복소유전율의 허용 범위를 계산하고, 이러한 재료정수의 조합을 갖는 Ni-Zn 페라이트 소결체의 화학조성 및 열처리 조건에 대해 조사하였다.

2. 실험방법

시편은 통상적인 세라믹 가공방법에 의해 제조하였다. 화학양론적 조성 ($Ni_{1-\delta}Zn_{\delta}OFe_2O_3$) 에서 Zn 고용량 (δ)에 따른 재료정수의 주파수 분산특성을 알아보기 위해 δ 를 0.2-0.7 범위에서 변화시켰으며, 비화학양론적 조성에서 철과잉이 주파수 분산특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 $(Ni_{0.5}Zn_{0.5}O)_{1-y}(Fe_2O_3)_{1+y}$ 조성을 택해 y 를 변화시켰다. 내경 3 mm, 외경 9 mm, 높이 2.5 mm인 성형체를 1250 °C 에서 2 시간 동안 소결하여 시편을 제조하였다. 소결한 시편을 내경 3 mm, 외경 7 mm, 두께 2 mm로 가공한 후, 투과/반사법에 의해 재료정수와 전파흡수능을 측정하였다. 측정 주파수 범위는 130 MHz - 1 GHz 이었다.

3. 실험결과 및 고찰

100 MHz - 1 GHz 주파수 범위에서 다음 식의 임피던스 정합조건을 만족하는 복소투자율 및 복소유전율의 허용 범위를 계산하여 도식화 하였다.

$$\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh\left[j \frac{2\pi d}{\lambda} \sqrt{\mu_r \epsilon_r}\right] = 1 \quad (1)$$

여기서, μ_r : 복소 투자율, ϵ_r : 복소 유전율, d : 흡수체 두께, λ : 파장이다. 페라이트 소결체의 유전상수 (ϵ_r')가 100을 넘지 않는다고 가정하고, 흡수체 두께를 5 mm로 잡았을 때, 상기 주파수 범위에서 정합 조건을 만족하기 위한 복소투자율 ($\mu_r' - j\mu_r''$)의 허용 범위는 1(at 1 GHz) $\langle \mu_r' \rangle < 20$ (at 100 MHz), 1(at 1 GHz) $\langle \mu_r'' \rangle < 100$ (at 100 MHz)가 됨을 예측할 수 있었다. 즉, $\mu_r'' \gg \mu_r'$ 인 관계를 유지하면서 주파수 증가에 따라 μ_r' 과 μ_r'' 모두 감소하는 분산특성을 보일 때, 임피던스 정합에 의한 무반사 흡수체를 얻을 수 있다. 화학양론적 조성 ($Ni_{1-\delta}Zn_{\delta}O$)(Fe_2O_3)의 경우, $\delta=0.5$ 인 페라이트에서 μ_r' 및 μ_r'' 이 가장 크게 나타났으며, 이를 기준으로 $\delta < 0.5$ 인 조성에서는 μ_r' 의 감소가 현저하고, $\delta > 0.5$ 인 조성에서는 μ_r'' 의 감소가 현저히 일어났다. 유전상수는 δ 가 커질 수록 약간 증가하는 경향을 보였다. 이러한 재료정수 결과를 임피던스 근 궤적도에 도식화한 결과 δ 가 증가할 수록 정합 주파수는 고주파 대역으로 이동하고, 정합두께는 감소하는 경향을 보였다. 철 과잉조성 ($Ni_{0.5}Zn_{0.5}O$)(Fe_2O_3) $_{1-y}$ 의 경우, y 가 증가할 수록 μ_r' 및 μ_r'' 은 감소하는 반면, ϵ_r' 은 증가하는 결과를 얻었다. 특히, ϵ_r' 의 증가는 질소분위기에서 소결한 시편에서 더욱 현저히 나타났다. 이러한 재료정수의 변화에 의해 정합주파수는 저주파 대역으로 이동하고, 정합두께는 증가하는 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과로부터 정합주파수의 조절에 철 과잉조성이 매우 효과적임을 제시할 수 있다.

4. 결론

(1) 화학양론적 조성의 Ni-Zn 페라이트 [$(Ni_{1-\delta}Zn_{\delta}O)(Fe_2O_3)$]에서 $\delta=0.5$ 를 기준으로 $\delta < 0.5$ 인 조성에서는 μ_r' 의 감소가 현저하고, $\delta > 0.5$ 조성에서는 μ_r'' 의 감소가 현저히 일어났다. 이에 따라 δ 가 증가할수록 정합주파수는 고주파 대역으로 이동하고, 정합두께는 감소하는 경향을 보였다.

(2) 철 과잉조성의 Ni-Zn 페라이트 [$(Ni_{0.5}Zn_{0.5}O)(Fe_2O_3)$] $_{1-y}$ 에서 y 가 증가할수록 μ_r' 및 μ_r'' 은 감소하고, ϵ_r' 은 현저히 증가하였다. 이에 따라 y 가 증가할 수록 정합주파수는 저주파 대역으로 이동하고, 정합두께는 증가하는 결과를 얻었다.

5. 참고문헌

- [1] 清水康敬, “電磁波の吸収と遮蔽”, 日經技術圖書株式會社, 東京, (1989).
- [2] S.S.Kim et al, “Complex Permeability and Permittivity and Microwave Absorption of Ferrite-Rubber Composite in X-band Frequencies”, IEEE Trans. on Mag. 27(6), 5462-5464 (1991).