

(Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄ 페라이트의 nonstoichiometry (δ)와 자기적 특성

서울대학교 강 선 호*, 유 한 일

NONSTOICHIOMETRY (δ) AND MAGNETIC PROPERTIES
OF (Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄ FERRITE

Seoul National University S. -H. Kang* and H. -I. Yoo

1. 서 론

스피넬 페라이트, (M_xFe_{1-x})_{3-δ}O₄ (M=Mg, Mn, Zn 등)의 전·자기적 특성은 페라이트의 금속 이온 조성 (x) 뿐만 아니라 nonstoichiometry (δ)에도 큰 영향을 받는다[1,2].

본 연구에서는 고주파용 페라이트, (Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄의 nonstoichiometry (δ)를 고온에서 온도와 산소 activity (a_{O₂}=P_{O₂}/atm)의 함수로 측정하였고, 고체 전기 화학적 방법으로 여러 가지의 nonstoichiometry를 갖는 (Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄ 페라이트를 제조하여, nonstoichiometry가 초투자율, 자기손실 등의 자기적 특성을 미치는 영향을 알아보았다.

2. 실험방법

치밀한 다결정의 (Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄ 페라이트를 통상적인 요업체 제조 공정에 의해 제조하였고, 고상 전하 적정법에 의해 nonstoichiometry (δ)를 측정하였다. 전하 적정을 위하여 제작한 전기 화학 전지를 Fig. 1에 나타내었다. 열처리 조건을 달리한 (Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄ 페라이트의 초투자율과 자기 손실을 impedance/gain-phase analyzer (HP model 4291A)로 1 MHz~1.8 GHz의 주파수 범위에서 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

(Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄ 페라이트의 nonstoichiometry (δ) 측정결과를 Fig. 2에 나타내었다. Fe_{3-δ}O₄를 비롯한 스피넬 페라이트의 결합구조는 Frenkel 형으로, nonstoichiometry는 다음과 같은 산소 activity 의존성을 갖는 것으로 알려져 있다[3,4].

$$\delta = [V]^{\circ} \cdot a_{O_2}^{2/3} - [I]^{\circ} \cdot a_{O_2}^{-2/3} \quad (1)$$

위의 식에서 [V][°]와 [I][°]는 산소 activity에는 무관한 상수이다. Fig. 2의 실선은 실험결과를 식 (1)에 맞춘 결과로, 이론적인 예측과 실험결과가 잘 일치한다.

서로 다른 nonstoichiometry를 갖도록 열처리 조건을 달리한 (Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄ 페라이트의 초투자율과 자기 손실을 Fig. 3과 4에 나타내었다. Fig. 3과 4로부터 nonstoichiometry가 (Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄ 페라이트의 자기적 특성에 상당한 영향을 미침을 알 수 있다.

4. 결 론

(Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄ 페라이트의 nonstoichiometry는 고온에서 산소 activity에 대하여 sine-hyperbolic 거동을 보이고, Frenkel 형 결합을 가정하여 유도한 이론적 예측과 잘 일치하였다. 또한 nonstoichiometry가 (Mg_{0.22}Mn_{0.07}Fe_{0.71})_{3-δ}O₄ 페라이트의 초투자율, 자기 손실 등 자기적 성질에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] T. Tanaka, Jap. J. Appl. Phys. 17(2), 349(1978).
- [2] P. K. Gallagher, E. M. Gyorgy, and D. W. Johnson, Jr., Am. Ceram. Soc. Bull. 57(9), 812(1978).
- [3] R. Dieckmann, Ber. Bunsenges. Phys. Chem. 86, 112(1982).
- [4] S. -H. Kang and H. -I. Yoo, Solid State Ionics 86-88, 751(1996).

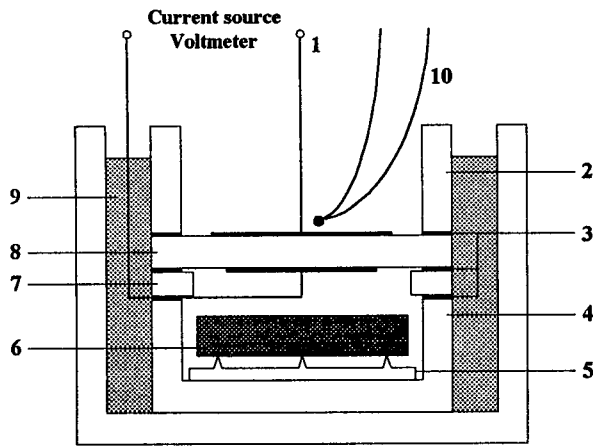


Fig. 1. Schematic diagram of the coulometric titration cell.
1, Pt-lead wire; 2, YSZ ring; 3, Pt-paste; 4, alumina cup;
5, alumina sauce; 6, ferrite specimen; 7, alumina ring;
8, YSZ disk; 9, silicate glass; 10, S-type thermocouple

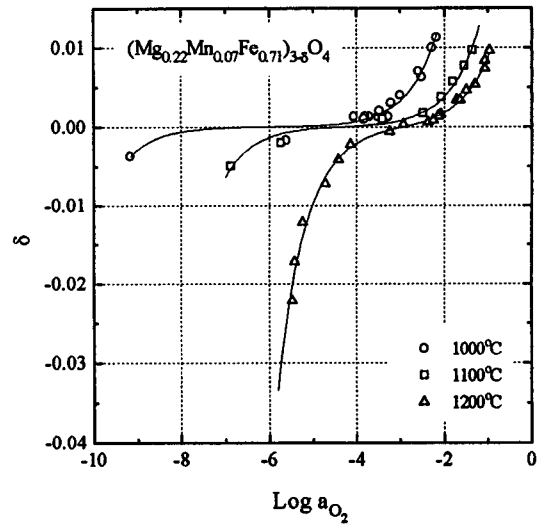


Fig. 2. Nonstoichiometry, δ , of $(\text{Mg}_{0.22}\text{Mn}_{0.07}\text{Fe}_{0.71})_{3-\delta}\text{O}_4$ vs. oxygen activity, a_{O_2} , at 1000, 1100, and 1200°C

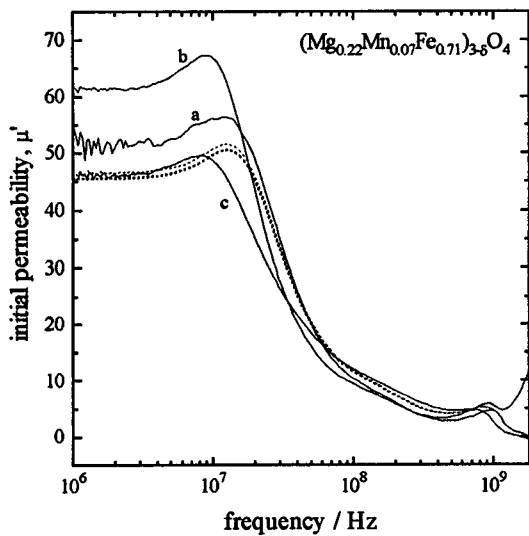


Fig. 3. Initial permeability of $(\text{Mg}_{0.22}\text{Mn}_{0.07}\text{Fe}_{0.71})_{3-\delta}\text{O}_4$.
(a) $\delta=0.0033$, (b) $\delta=0.0008$, and (c) $\delta=-1.0 \times 10^{-5}$
Dotted lines are initial permeability measured before heat-treatment.

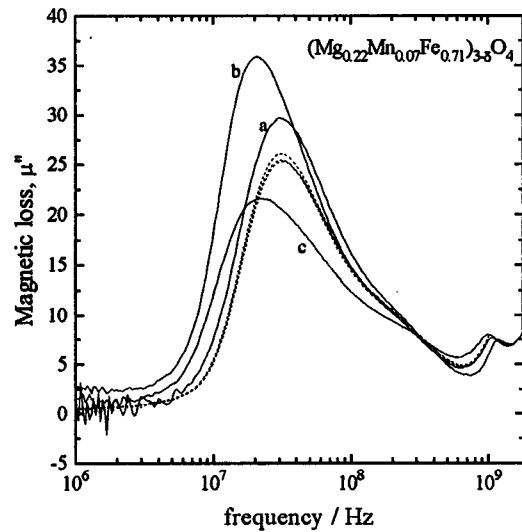


Fig. 4. Magnetic loss of $(\text{Mg}_{0.22}\text{Mn}_{0.07}\text{Fe}_{0.71})_{3-\delta}\text{O}_4$.
(a) $\delta=0.0033$, (b) $\delta=0.0008$, and (c) $\delta=-1.0 \times 10^{-5}$
Dotted lines are magnetic loss measured before heat-treatment.