

BaTi_{0.5}Co_{0.5}Fe₁₁O₁₉ 조성을 갖는 M형 바륨 페라이트의 Ka-밴드 전파흡수특성

김용진 · 김성수*

충북대학교, 신소재공학과, 산업과학기술연구소, 충북 청주시 흥덕구 개신동 12, 361-763

(2009년 8월 4일 받음, 2009년 9월 10일 최종수정본 받음, 2009년 9월 21일 게재확정)

Ka 대역 (26.5~40 GHz)용 전파흡수체의 자성손실재료 Ti-Co가 치환된 M형 바륨 페라이트(BaTi_{0.5}Co_{0.5}Fe₁₁O₁₉)를 제조하고, 페라이트-고무 복합체에서 자기적 성질 및 전파흡수특성에 관해 조사하였다. M형 바륨 페라이트에서 Ti-Co가 치환됨에 따라 보자력의 감소가 급격히 일어났다. 이는 c 축으로 강한 자기이방성을 갖던 M형 바륨 페라이트의 자기이방성이 a-b 면내 자기이방성으로 변화함에 기인한다. 이에 따라 자연공명주파수를 Ka 주파수 대역으로 이동시킬 수 있었고, 복소투자율의 주파수 분산특성의 제어가 가능하였다. Ti-Co가 치환된 M형 바륨 페라이트 복합체의 경우 Ka 대역에서 임피던스 정합조건을 만족시킬 수 있었다. 흡수대역폭 증가에 페라이트/고무 함량비(F/R)의 조절이 매우 중요함을 제시하였다. F/R = 4의 함량비에서 -20 dB 이하의 반사손실을 갖는 흡수대역폭이 7 GHz 정도로 매우 우수한 광대역 전파흡수특성을 보였다. F/R 비가 증가할수록 정합주파수 및 정합두께는 감소하였으나, 흡수대역폭은 줄어들었다.

주제어 : M형 바륨 페라이트, Ka 밴드, 전파흡수체, 강자성 공명

I. 서 론

정보통신 및 전자기기 급증에 의한 기존 위성통신 및 방송에 사용되던 C 대역(4~8 GHz)이나 Ku 대역(12~18 GHz) 주파수 자원이 포화상태에 달함에 따라 최근 주목받고 있는 주파수 대역으로 Ka 대역 위성통신을 중심으로 한 연구개발이나 일부 서비스가 눈앞에 다가오고 있다. Ka 대역이란 26.5~40 GHz 주파수 대역을 지칭하는 말로 지금까지 상용화하고 있는 C 대역이나 Ku 대역과는 달리 강우 감쇄가 단점이나 주파수 자원이 상대적으로 풍부하다는 장점이 있다. 이와 같은 특성 때문에 장거리 통신보다는 근거리 또는 실내통신, 초광대역 통신에 주로 이용되며, ITS(Intelligent Transport System)의 차량간 통신, 차량충돌 방지용 레이다, 무선 케이블 TV, 실내 WLAN(Wireless Local Area Network) 등에 그 응용이 확대될 것으로 보인다.

그러나 가용 주파수 자원이 밀리미터파 영역까지 확대되는 만큼 그 동안 주목하지 않았던 노이즈 스펙트럼이 이들 고주파 대역까지 확장되는 문제점을 야기 시킴에 따라 전자부품 및 기기의 소형화에 의한 회로의 밀집도가 커질수록, 그리고 전파 스펙트럼의 광역화가 이루어질수록 전자파 간섭 빈도가 커지기 때문에, 밀리미터파 대역에서 전자파 장애는 더욱 심각한 문제로 대두될 수 있다. 따라서 밀리미터파의 이용기술을 확대하고 환경적 측면에서 차세대 전파 자원의 효율적 관리를 위해서는 밀리미터파 대역에서 전파 감쇠기능이 우수한 전파흡수체의 개발이 절실히 요구되고 있다[1, 2].

일반적으로 이러한 전자파를 감소 또는 제거시키기 위한 방법으로는 불요불급한 전자파의 발생원 주위를 완전히 밀폐시키거나, 물체의 표면을 전자파 흡수가 가능한 재료로 대체시키는 방법이 있는데, 후자의 경우 전자파 흡수재료로 일반적으로 산화물 자성체인 페라이트(ferrite)가 사용된다[3-7]. 페라이트의 전자파 흡수재료로의 사용은 손실이 많은 자연공명주파수 이상의 영역에서 사용을 하기 때문에 재료의 화학조성에 따라서 그 사용 주파수가 달라지게 된다. 일반적으로 스피넬계 페라이트(spinel ferrite)는 낮은 자기이방성으로 인해 1 GHz 미만의 대역에서 자연공명주파수(natural resonance frequency)가 나타나는 반면, 높은 자기이방성을 갖는 육방정 페라이트(hexagonal ferrite)는 자연공명주파수가 대부분 1 GHz 이상에서 나타나기 때문에 GHz 이상의 대역에서 전파흡수체로 사용이 가능하다고 보고된 바 있다[3, 4].

이러한 육방정계 페라이트 중 M형은 자화용이축이 c 축과 일치하는 경우로 자기모멘트가 한 방향 즉, c 축으로 강하게 고정되어 있기 때문에, 외부 전파의 자장변화에 의한 자기모멘트의 진동이 어려워 고주파 대역인 Ka 대역(26.5~40 GHz)에서 자기손실을 기대할 수 없다. 이 때문에 전자파 흡수체로 사용할 수 없었지만, 여기에 Fe⁺³ 이온 대신에 비자성 또는 무시가 가능하거나 약한 자장을 띄는 Ti⁺⁴, Ir⁺⁴, Ru⁺⁴, Sn⁺⁴ 등의 4가 이온과 Co⁺², Zn⁺² 등의 2가 이온 등을 일정량 치환한 새로운 M형 육방정 페라이트는 자화용이축이 basal plane과 평행하게 되어 자기모멘트가 면내에 존재하려는 경향 외에는 특정 방향에 대한 선호도가 없어 외부 전파의 자장변화에 민감하게 대응할 수 있으며, 고주파 대역에서의 자기 손실도 크다고 보고되어 있다[8-10].

*Tel: (043) 261-2418, E-mail: sskim@chungbuk.ac.kr

본 연구에서는 밀리미터파 대역인 Ka 대역(26.5~40 GHz) 용 전파흡수체로서 M-type Ba-ferrite($BaFe_{12-2x}Ti_xCo_xO_{19}$)에 Ti-Co를 일정량($x = 0.5$) 치환시켜 페라이트-고무 복합체를 제조하고, 페라이트 함량을 변화시키며 Ka 대역에서 전파흡수 특성을 조사하였다. WR-28 사각도파관을 이용한 투과/반사법에 의해 재료정수인 복소유전율과 복소투자율의 주파수 분산 특성을 측정하였다. 이들 재료정수로부터 임피던스 정합주파수 및 정합두께를 도출하고, 그리고 계산된 반사손실 결과를 제시하였다.

II. 실험 방법

1. 분말 합성

$BaFe_{12-2x}Ti_xCo_xO_{19}$ ($x = 0.5$) 조성의 M형 바륨 페라이트 분말을 통상적인 세라믹 공정방법으로 제조하였다. 사용된 원료분말은 시약급의 순도를 갖는 $BaCO_3$, Fe_2O_3 , TiO_2 , Co_3O_4 이었다. 분말의 혼합은 습식방법을 이용하여 불밀에서 250 cc polyethylene 용기에 분말과 steel ball을 사용하여 10 시간 행하였으며, powder : 증류수 : ball의 무게비율을 100 : 140 : 200으로 하였다. 혼합 후 비중 차이로 인한 불균일한 침전을 방지하기 위해 hot plate에서 magnetic stirrer를 이용하여 교반건조를 행하였으며, 건조된 분말을 50 mesh(300 μm) 체를 사용하여 체가름 하였다. 1250 °C, 공기분위기에서 2시간 하소하였다. 이때 승온속도 및 냉각속도는 각각 300 °C/hr 로 행하였다. 하소입자의 불균일한 덩어리를 비교적 균일하고 작게 만듦과 동시에 원하는 입도를 얻기 위해 초기에는 유발에서 조분쇄하고, 그 다음에는 마모분쇄기 (attritor)를 이용하여 미분쇄하였다. 이때 분쇄조건은 분말 100 g을 기준으로 직경 3 mm인 steel ball 2 kg, 그리고 증류수 500 g을 섞어 attritor rod의 속도를 500 rpm으로 하였다. 합성한 M형 바륨 페라이트의 단일상 생성여부를 확인하기 위하여 X-선 회절분석을 하였다.

2. 복합체 시편 제조

M형 바륨 페라이트 분말을 실리콘 고무와 혼합하여 복합체를 제조하였다. 페라이트와 고무의 무게 비(F/R)를 3, 4, 5, 6으로 변화시켜 유발에서 균일하게 혼합한 후 Ka 대역 재료정수를 측정하기 위한 사각 도파관의 크기와 같은 가로 7.13 mm, 세로 3.51 mm 직사각형 형태의 몰드에 충전시킨 후, 일축 가압프레스를 이용하여 0.1 ton/cm² 정도의 압력에서 10 시간 성형하였다.

3. 자기적 성질 및 고주파 특성 분석

치환한 M형 바륨 페라이트의 포화자화(M_s) 값과 보자력

(H_c)을 vibrating sample magnetometer(VSM)을 이용하여 측정하였다. 복합체 시편의 전자파 흡수특성인 반사손실을 예측하기 위해서는 재료 고유의 복소투자율 및 복소유전율에 관한 자료가 필요한데, 이를 측정하기 위해서 Ka 대역(26.5~40 GHz)용 사각 도파관을 이용한 반사투과법(일명 S-parameter 법)에 의해 측정하였다. 측정된 투과계수(S_{21})와 반사계수(S_{11})를 이용하여 재료정수를 계산하였으며, 이때 사용한 장비는 Hewlett Packard 사의 8722D Vector Network Analyzer 와 WR-28 사각 도파관(가로 = 7.13 mm, 세로 = 3.51 mm)이었다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 합성 분말의 결정 구조

1250 °C에서 2시간 동안 하소한 M형 바륨 페라이트 분말 ($BaFe_{12-2x}Ti_xCo_xO_{19}$)의 단일상 생성여부를 확인하기 위해 치환하지 않은 순수한 M형 바륨 페라이트와 Ti-Co가 0.5 치환된 하소분말의 XRD 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 두 시편

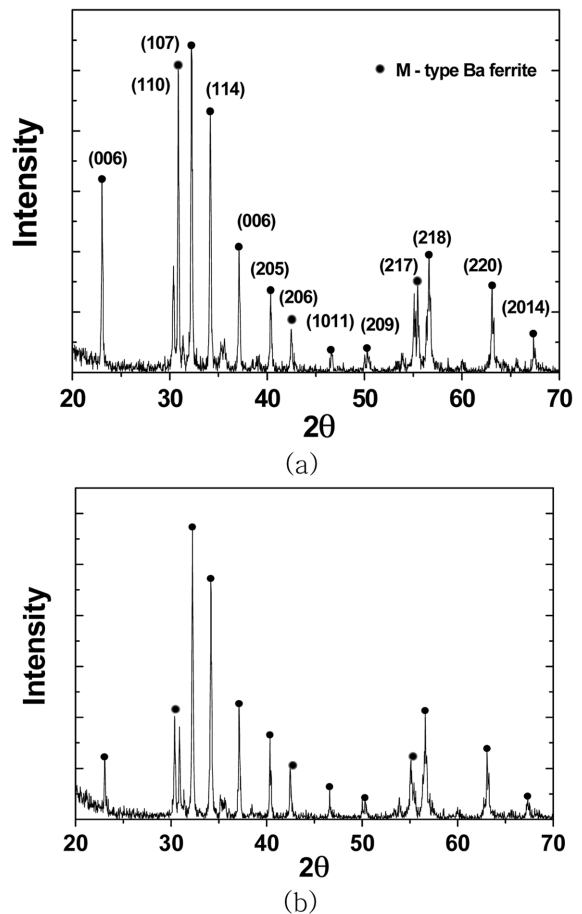


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of M-type hexagonal ferrites ($BaFe_{12-2x}Ti_xCo_xO_{19}$) calcined at 1250 °C: (a) $x = 0.0$, (b) $x = 0.5$.

모두 모두 JCPDS 파일 No. 27-1029의 M형 바륨 페라이트 X-선 회절 주 피크에 잘 일치한다. 이는 또한 850~900 °C 이상의 영역에서 M형 바륨 페라이트의 합성이 이루어지며, 1200 °C 이상의 온도에서 단일 상을 얻을 수 있다는 기존의 연구 결과와도 잘 일치하고 있다[11].

2. 자기적 성질 및 고주파 특성

Fig. 2는 순수한 M형 바륨 페라이트 분말과 Ti⁴⁺-Co²⁺ 이온을 x = 0.5 만큼 치환시킨 분말의 VSM 측정 결과이다. 5 μB(Bohr magneton)의 Fe³⁺ 이온 대신에 비자성 이온인 Ti⁴⁺ 이온과 약한 자장을 띄는 Co²⁺(3.75 μB) 이온의 치환량이 증가함에 따라, 순수한 M형 바륨 페라이트의 경우 포화자화 값이 63.84 emu/g, 보자력 2317 Oe인 것과는 달리 치환량이 0.5 일 때는 포화자화값이 63.58 emu/g, 보자력이 850 Oe으로 보자력의 감소가 뚜렷이 나타난다. 이와 같이 Ti-Co의 치환량이 증가함에 따라 보자력 값이 급격히 감소하는 이유는 c 축으로 강한 자기이방성을 갖는 M형 바륨 페라이트에 Ti-Co가 첨가되면서 자기이방성이 a-b plane 방향으로 변화하고,

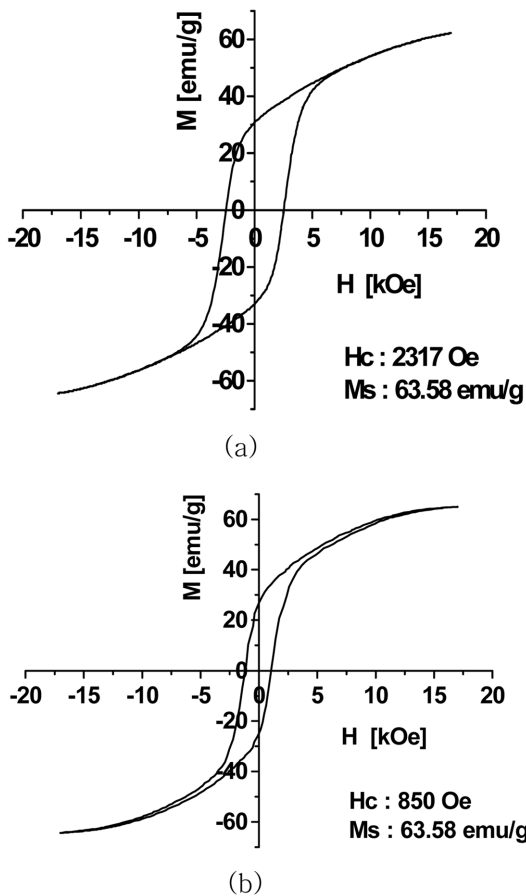


Fig. 2. Hysteresis loops of BaTi_xCo_xFe_{12-2x}O₁₉ hexaferrite powders: (a) x = 0.0, (b) x = 0.5.

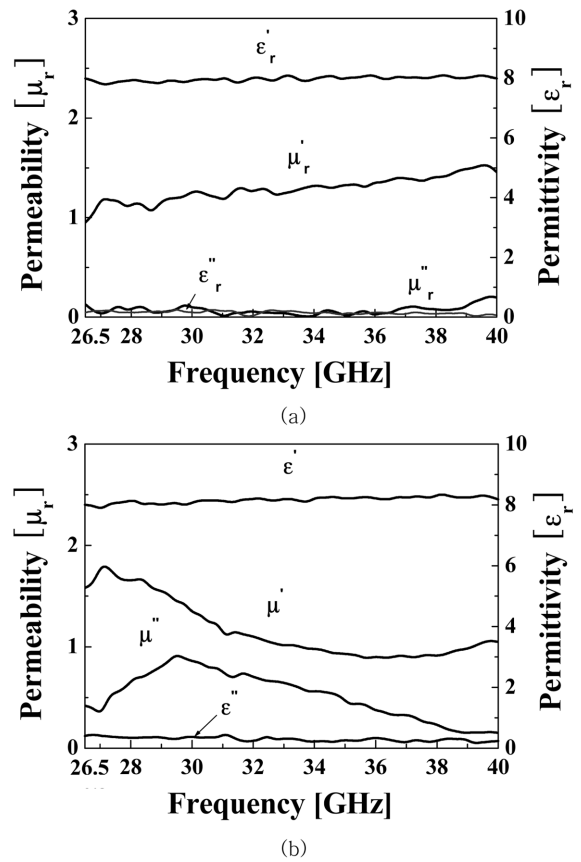


Fig. 3. Material constants of BaFe_{12-2x}Ti_xCo_xO₁₉ composite specimens (F/R = 4): (a) x = 0.0, (b) x = 0.5.

이에 따라 자기이방성이 감소하였기 때문이다[11-13].

Fig. 3은 순수한 M형 바륨 페라이트 분말과 Ti⁴⁺-Co²⁺ 이온을 x = 0.5 만큼 치환시킨 분말을 페라이트/고무의 무게 비가 4가 되도록 혼합하였을 때, Ka 대역인 26.5~40 GHz에서 재료정수의 주파수 분산특성을 보여준다. Fig. 3(a)의 순수한 M형 바륨 페라이트의 경우 복소투자율의 실수항(μ_r')은 1 정도의 값을 가지면서 주파수에 따라 약간 증가하는 경향을 보이는 반면, 자기손실인 허수항(μ_r'')은 거의 0에 가까운 값을 보이고 있다. 순수한 M형 바륨 페라이트의 이론적인 자연공명주파수가 47.6 GHz[14]인 것을 감안할 때, Ka 대역에서는 자연공명에 의한 자기손실이 나타나지 않음을 알 수 있다. 반면 Ti-Co가 치환되면 결정자기이방성이 감소하여 x = 0.5일 때 자연공명주파수는 Fig. 3(b)에서와 같이 Ka 대역(29.5 GHz)에 위치함을 알 수 있다. 이와 같은 Ti-Co 치환에 의한 자연공명주파수의 감소는 보자력 값의 감소에 의한 자기이방성의 감소에 기인한다. 복소유전율의 실수항(ϵ_r')은 8 정도의 값을 갖고, 허수항(ϵ_r'')은 무시할 정도로 작다. Ti-Co 치환이 이루어져도 이들 값은 크게 변화하지 않는다.

3. 임피던스 정합 및 전파흡수특성

단층형 전파흡수체의 임피던스 정합조건은 식 (1)로 표시되는 규격화 입력임피던스 Z 가 1일 때이며, 이 때의 변수는 $\mu_r', \epsilon_r', \mu_r'', \epsilon_r'', f$, 그리고 d 를 포함하여 6가지이다[3].

$$Z = \sqrt{\frac{\mu_r'}{\epsilon_r'}} \tanh \left[j \left(\frac{2\pi}{c} \right) \sqrt{\mu_r' \epsilon_r''} f \cdot d \right] \quad (1)$$

여기서 μ_r 은 복소투자율($\mu_r = \mu_r' - j\mu_r''$), ϵ_r 은 복소유전율($\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$), c 는 광속, f 는 주파수 그리고 d 는 흡수체의 두께이다. 주어진 유전율과 투자율에 대하여 $Z = 1$ 을 만족할 때의 정합주파수 및 정합두께를 계산하여 그림으로 나타낸 것이 임피던스 근 궤적도이다. 만일 어떤 시편의 재료정수인 복소투자율과 복소유전율 값을 알고 있다면 식 (1)을 만족하는 임피던스 근 궤적도에 적용시켜 정합조건과의 일치 여부를 판

단할 수 있으며 정합이 일어난다면 교점에서의 $f \cdot d$ 값으로부터 정합주파수와 정합두께를 알 수 있다[15-17].

페라이트/고무 무게 비가 4(F/R=4)인 복합체의 재료정수가 정합조건과 일치하는지를 확인하기 위해 정합조건 그래프인 임피던스 근 궤적도에 재료정수를 적용하고 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 순수한 M형 바륨 페라이트의 경우, Fig. 4(a)에서와 같이 유전을 실수항($\epsilon_r'' = 8.0$)과 복소투자율의 궤적이 교차하지 않기 때문에 임피던스 정합이 일어나지 않는다. 따라서 Ka 대역(26.5~40 GHz)에서 전파흡수능은 Fig. 5(a)에서와 같이 -10 dB 이하로 매우 열악하다. 반면에 Ti-Co의 치환량 0.5인 경우 Fig. 4(b)에서와 같이 바와 같이 유전율 실수항($\epsilon_r'' = 8.2$)과 복소투자율의 궤적이 교차함에 따라 임피던스 정합이 일어남을 알 수 있다. 유전율 실수항과 복소투자율 궤적이 접하는 부분이 넓은 주파수 대역에 걸쳐 있기 때문에 Fig. 5(b)에서와 같이 광대역 전파흡수특성을 보인다. 두께 0.7 mm에서 -20 dB 기준 흡수 대역폭은 29~36

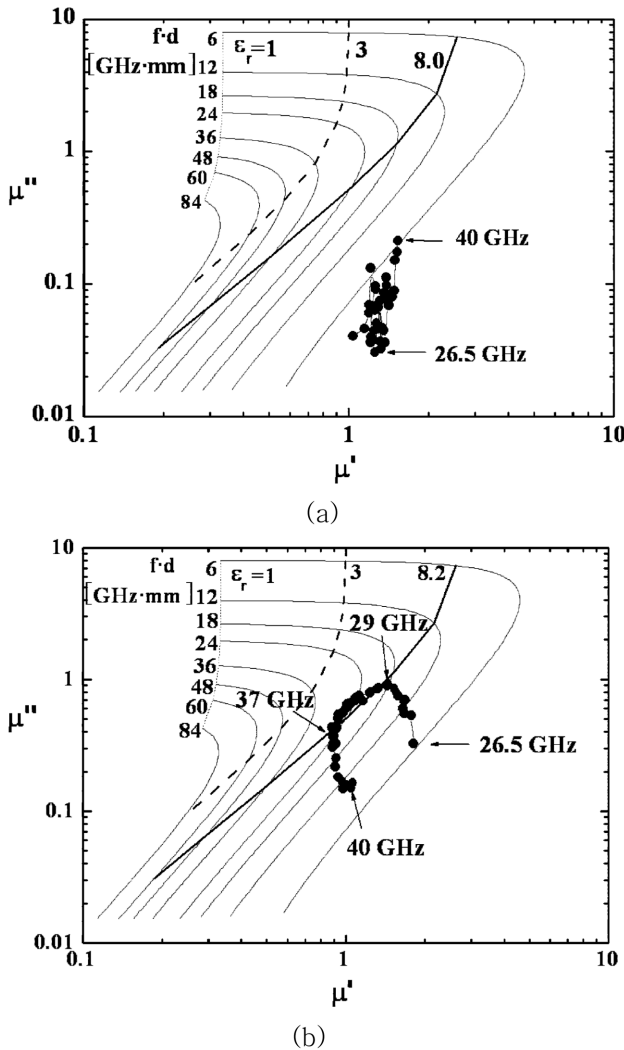


Fig. 4. Contour of complex permeability and permittivity of the composite specimens with $\text{BaFe}_{12-2x}\text{Ti}_x\text{Co}_x\text{O}_{19}$ (F/R=4) in the solution map of impedance matching: (a) $x = 0.0$, (b) $x = 0.5$.

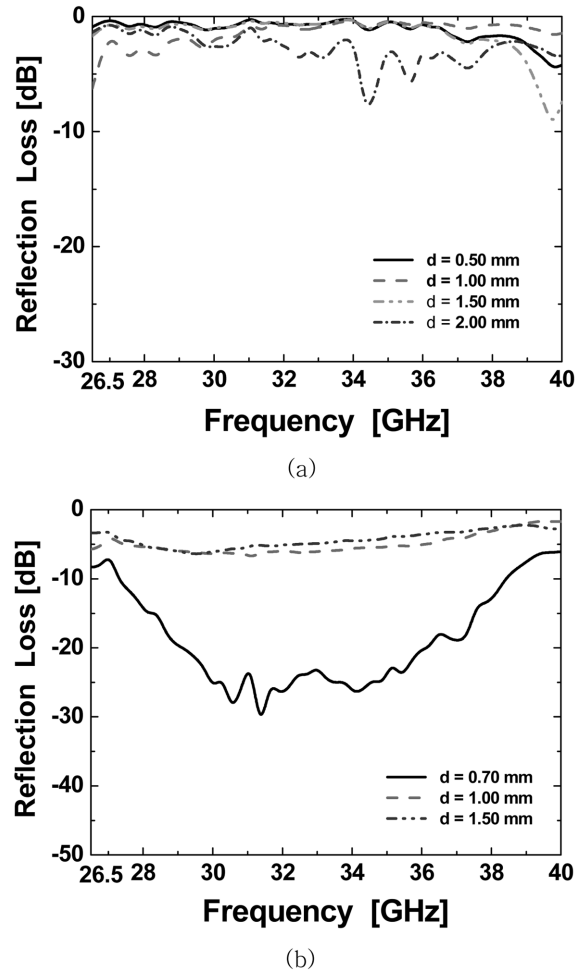


Fig. 5. Reflection loss determined in $\text{BaFe}_{12-2x}\text{Ti}_x\text{Co}_x\text{O}_{19}$ composite specimens (F/R=4); (a) $x = 0.0$, (b) $x = 0.5$.

GHz에 달한다.

4. 페라이트 함량 비에 따른 전파흡수특성

Fig. 6에 페라이트-고무 복합체에서 페라이트 함량 변화에 따른 정합조건의 변화를 확인하기 위해 Ti-Co의 치환량이 0.5인 페라이트 고무 복합체의 페라이트 함량 비 변화에 따른 복소투자율을 임피던스 근 궤적도에 나타내었다. 페라이트 함량비가 증가함에 따라 유전을 실수항과 복소투자율 값이 모두 증가하기 때문에 Fig. 6에서와 같이 임피던스 정합이 일어나는 주파수 대역은 저주파 대역으로 이동한다. F/R = 3인 경우 정합주파수는 $f_m = 31.9$ GHz인 반면 F/R = 6로 페라이트 함량이 증가하면 $f_m = 28.4$ GHz로 감소한다. 또한 페라이트 함량이 커질수록 유전율의 실수항과 복소투자율의 궤적이 중첩되는 주파수 대역이 점차 줄어들기 때문에 흡수대역폭은 감소할 것이 예상된다.

Fig. 6의 임피던스 근 궤적도를 통해 구해진 정합두께에서 무반사 조건을 만족하는 전자파 흡수체의 제조가 가능한지 여부를 확인하기 위하여 Fig. 7에 Ti-Co 치환량 $x = 0.5$ 인 시편의 F/R 혼합비율이 3, 4, 5, 6으로 변화할 때, 정합두께 (d_m)에서의 전자파 반사손실 값을 계산하였다. 페라이트 함량이 증가할수록 유전율 및 투자율이 증가하기 때문에 정합두께는 감소한다(F/R = 3인 경우 $d_m = 0.82$ mm, F/R = 6인 경우 $d_m = 0.63$ mm). 페라이트의 함량비가 F/R = 3, 4일 때는 유전을 실수항과 복소투자율의 궤적이 넓은 주파수 영역에서 만남에 따라 정합두께(각각 0.8 mm, 0.7 mm)에서 -20 dB 이상의 반사손실을 갖는 흡수대역폭이 7 GHz 정도로 넓은 대역에서 우수한 전자파 흡수특성을 나타내고 있다. 반면 F/R = 4 이상의 페라이트 함량에서는 복소투자율의 허수항 값이 급

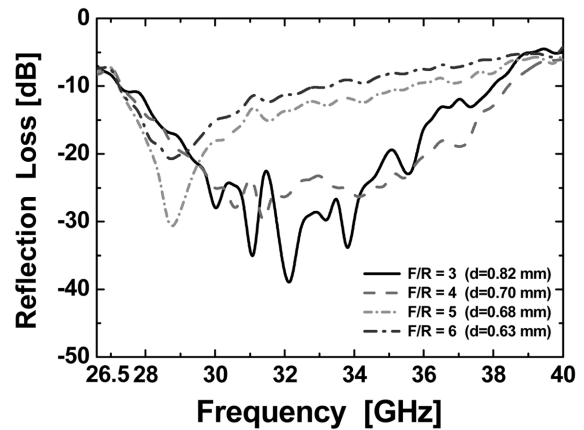


Fig. 7. Reflection loss determined in BaFe_{12-2x}Ti_xCo_xO₁₉ ($x = 0.5$) composite specimens at the first matching thickness.

격히 증가하여 유전손실을 포함한 유전율 실수항과 복소투자율의 궤적이 협소한 대역에서 만나기 때문에 -20 dB 이상의 반사손실을 갖는 흡수대역폭이 2 GHz 정도로 줄어들고 있음을 볼 수 있다. 흡수대역폭 측면에서 페라이트 함량의 조절이 중요함을 보여주는 결과이다.

IV. 결 론

Ka 대역(26.5~40 GHz)용 전파흡수체의 자성손실재로서 기존의 마이크로파 대역용 전파흡수체로 주로 이용되던 스페넬계 페라이트 대신 c 축으로 강한 자기이방성을 갖는 M형 바륨 페라이트에서 Ti-Co 치환효과에 따른 자기적 성질 변화 및 전파흡수특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Ti-Co가 치환된 M형 바륨 페라이트에서 치환량이 증가함에 따라 보자력의 감소가 급격히 일어났다. 이는 c 축으로 강한 자기이방성을 갖던 M형 바륨 페라이트의 자기이방성이 점차 a-b 면으로 변화함에 기인하며, 이에 따라 자연공명주파수를 Ka 주파수 대역으로 이동시킬 수 있었고, 복소투자율의 주파수 분산특성의 제어가 가능하였다.
2. Ti-Co가 치환된 M형 바륨 페라이트 복합체의 경우 Ka 대역에서 임피던스 정합조건을 만족시킬 수 있었다. 흡수대역폭 증가에 페라이트/고무 함량비(F/R)의 조절이 매우 중요함을 제시하였다. F/R = 4의 함량비에서 -20 dB 이하의 반사손실을 갖는 흡수대역폭이 7 GHz 정도로 매우 우수한 광대역 전파흡수특성을 보였다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

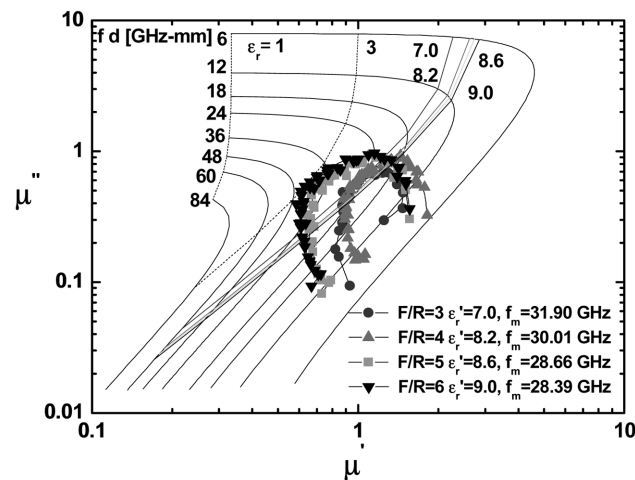


Fig. 6. Contour of complex permeability and permittivity of the composite specimens with BaFe_{12-2x}Ti_xCo_xO₁₉ ($x = 0.5$) in the solution map of impedance matching.

참고문헌

- [1] D. N. Heirman, IEEE 1996 International Symposium on EMC, Santa Clara, **August 19-23**, 12 (1996).
- [2] M. Stecher, IEEE 1996 International Symposium on EMC, Santa Clara, **August 19-23**, 24 (1996).
- [3] Y. Naito and K. Suetake, IEEE Trans. Micro. Theory and Tech., **19**(1), 65 (1971).
- [4] Y. Naito, J. Phys. IV, **7**, C₁-405 (1997).
- [5] W. Y. Lim, J. S. Baek, and S. H. Lee, J. Korean Mag. Soc., **14**(4), 120 (2004).
- [6] M. S. Kim, E. H. Min, and J. G. Koh, J. Korean Mag. Soc., **19**(2), 62 (2009).
- [7] H. S. Cho and S. S. Kim, J. Korean Mag. Soc., **18**(4), 136 (2008).
- [8] N. Dishovski, A. Petkev, Iv. Nedkov, and Iv. Razkazov, IEEE Trans. Mag., **30**(2), 969 (1994).
- [9] I. Nedkov, A. Petkov, and V. Karpov, IEEE Trans. Magn., **26**(5), 1483 (1990).
- [10] A. M. Abo, E. Ata, *et al.*, J. Mag. and Mag. Mat., **204**, 36 (1999).
- [11] M. Sugimoto, Properties of ferroplana-type hexagonal ferrite, Ferromagnetic Materials, vol. **3**, edited by E. P. Wohlfarth, North-Holland Pub. Amsterdam, pp. 393-440 (1982).
- [12] D. Autissier, A. Podemski, and C. Jacquioid, J. Phys. IV, **7**, C₁-409 (1997).
- [13] H. Vincent, E. Brando, and B. Sugg, J. of Solid State Chem., **120**, 17 (1995).
- [14] S. Sugimoto, K. Okayama, S. Kondo, H. Ota, M. Kimura, Y. Yoshida, H. Nakamura, D. Book, T. Kagotani, and M. Homma, *Mater. Trans., JIM*, **39**(10), 1080 (1998).
- [15] J. Y. Shin, Thesis for PhD Degree, Inha University, Korea (1995).
- [16] H. S. Cho, Thesis for Master Degree, Chungbuk National University, Korea (1999).
- [17] S. S. Kim, S. B. Jo, K. I. Kwon, K. K. Choi, J. M. Kim, and K. S. Churn, IEEE Trans. Magn., **27**(6), 5462 (1991).

Microwave Absorbing Properties of M-type Barium Ferrites with $\text{BaTi}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{11}\text{O}_{19}$ Composition in Ka-band Frequencies

Yong-Jin Kim and Sung-Soo Kim*

Department of Advanced Materials Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

(Received 4 August 2009, Received in final form 10 September 2009, Accepted 21 September 2009)

Magnetic and Ka-band absorbing properties have been investigated in Ti-Co substituted M-type barium hexaferrites with $\text{BaTi}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{11}\text{O}_{19}$ composition. The ferrite powders were prepared by conventional ceramic processing technique and used as absorbent fillers in ferrite-rubber composites. The magnetic properties were measured by vibrating sample magnetometer. The complex permeability and dielectric constant were measured by using the WR-28 rectangular waveguide and network analyzer in the frequency range 26.5~40 GHz. For the Ti-Co substituted M-hexaferrites, the ferromagnetic resonance is observed at Ka-band (29.4 GHz). The matching frequency and matching thickness are determined by using the solution map of impedance matching. A wide band microwave absorbance is predicted with controlled ferrite volume fraction and absorber thickness.

Keywords : M-type barium ferrite, Ka-band, microwave absorbers, ferromagnetic resonance