

SI-93-06

Ferroxplana/Rubber 복합형 전파흡수체의 제작 및 특성
 Fabrications and Properties of Ferroxplana/Rubber Composite
 for Electromagnetic wave Absorbers

박 상하*, 사공 건
 동아대학교 전기공학과

S. H. Park*, G. Sa-Gong
 Dept. of Electrical Engr., Dong-A Univ.

Abstract

In this paper, the permeability(μ_r' , μ_r''), permittivity(ϵ_r' , ϵ_r'') and absorption properties of Ferroxplana/Rubber composites were investigated. The composite specimens were prepared by molding and curing the mixtures of matrix rubber and Ni₂Y ferroxplana powders which were synthesized by coprecipitated method. The permeability(μ_r') of specimen was decreased in the range of 8~12.5(GHz) and the permeability(μ_r'') and permittivity(ϵ_r' , ϵ_r'') were increased. The optimum thickness of electromagnetic wave absorber(F/R=4, 1,200(°C)), utilizing the Smith chart, was about 3.0(mm). The Figure of Merit was 93(%)

용하려는 연구가 제안되고 있으며 이중 Y형은 우수한 전파흡수특성을 나타내고 있다. (1, 5-6)

상용 전파흡수체는 소결형과 자성 분말과 고분자 매질을 사용하여 제작한 복합형으로 분류하고 있으며, 그 특성은 주로 자성 분말의 특성에 의해 결정된다. (1) 그리고 전파흡수체를 평가하는 인자는 정합주파수(f_m), 정합두께(d_m), 성능지수(F) 등이 있는데 이러한 인자는 전자기적 특성과 밀접한 관계가 있다.

따라서 본 연구에서는 Ferroxplana 분말과 실리콘 고무를 복합화하여 X-band영역에서 열처리 온도(1,000~1,200°C)와 혼합비(F/R: Ferroxplana/Rubber)에 따른 복합형 전파흡수체를 제작하고, 그들의 재료정수(복소 투자율: μ_r^* , 복소 유전율: ϵ_r^*)의 주파수 분산 및 전파흡수특성을 연구하였다.

1. 서론

최근 전자 통신 기술의 발달과 전자 기기의 다양화로 전파 환경이 현저하게 악화되고 있다. (1-2) 그러므로 전자파 공해에 대한 대책 중 하나는 전파흡수특성을 지닌 재료를 사용하여 불필요한 전파를 흡수, 열에너지로 변환시켜 반사파가 생성되지 않도록 하는 것이다. (3-4)

따라서 전파흡수체의 기본 소재는 손실율이 큰 자성 재료와 유전 재료 그리고 카본, 금속 섬유와 같은 도전 재료를 사용하는데 이들 재료 중에서 자성재료는 마이크로파 영역에서 우수한 전파흡수 특성을 나타내는 페라이트가 이용되고 있다. 특히 최근에는 보다 높은 초고주파대의 전파흡수체로 육방정 페라이트를 이

2. 시료 제작 및 측정

전파흡수체용 Ferroxplana Ni₂Y 분말은 공침법에 의해 제조하였으며, (7) 분말은 1,000, 1,100, 1,200(°C)에서 2시간 열처리한 다음 고무와 혼합하여 도우넛형 몰드(외경:7mm, 내경:3mm)에 넣고 복합형 전파흡수체 시편을 제조하였다. 이때 고무에 대한 Ferroxplana 분말의 혼합비(F/R)는 중량비로 2, 3, 4로 변화시켰다. 그리고 복합형 시편의 재료정수, 전파흡수능 및 정합두께는 Network Analyzer(HP8510B)와 co-axial type의 7(mm) air line을 사용하여 X-band인 8~12.5(GHz)범위에서 반사계수(S_{11} , S_{21})를 측정하여 계산하였다.

이때 반사감쇠량(reflection loss)은 아래 식 (1)에서 측정된 복소 투자율과 유전율의 값으로 부터 계산

하며, 규격화 입력 임피던스 \bar{Z}_{in} 은 식(2)와 같다.^{3,8)}

$$\text{Reflection loss [dB]} = 20 \log \left| \frac{\bar{Z}_{in} - 1}{\bar{Z}_{in} + 1} \right| \quad (1)$$

$$\bar{Z}_{in} = \sqrt{\frac{\mu_r^*}{\epsilon_r^*}} \tanh \left(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r^* \cdot \mu_r^*} \cdot d \right) \quad (2)$$

여기에서 μ_r^* 은 복소 투자율, ϵ_r^* 은 복소 유전율, d 는 전파흡수체의 두께, λ 는 파장을 나타낸다.

한편 전파흡수 성능을 가늠하기 위한 척도로 성능지수(Figure of Merit) F는 다음과 같다.

$$F(\%) = \frac{\text{Band width}}{\text{Total Band width}} \times 100(\%) \quad (3)$$

여기서, 분모는 X-Band 전체 주파수 대역폭을 말하며, 분자는 허용하는 반사계수(10dB)가 차지하는 대역폭을 의미한다.

3. 측정 결과

그림 1은 복합형 전파흡수체 시편의 제조시 사용된 실리콘 고무의 재료정수(복소 투자율: μ_r^* , 복소 유전율: ϵ_r^*)의 X-Band(8~12.5GHz)에 있어서 주파수 의존성을 나타낸 것이다. 실리콘 고무는 X-Band에서 투자율의 실수부 $\mu_r' \approx 1$ 이고 허수부 $\mu_r'' \approx 0$ 이었으며, 유전율의 실수부 $\epsilon_r' \approx 2.6$, 허수부 $\epsilon_r'' \approx 0.04$ 의 일정한 값을 나타내었다.

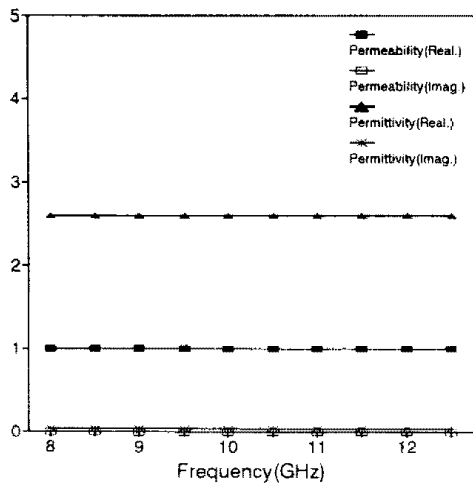


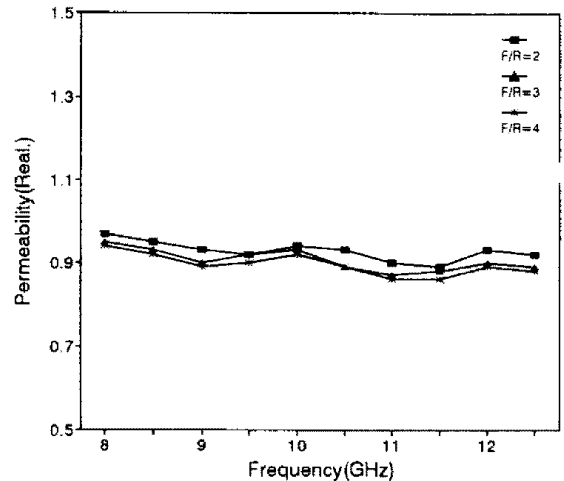
Fig. 1. The frequency dependence of material constants of silicone rubber

그림 2(a), (b), (c)는 Ferroplana/Rubber 복합형 흡수체에 있어서 Ferroplana 분말의 열처리 온도가 1,000(°C)일 때 혼합비(F/R)에 따른 재료정수(복소 투자율 및 유전율)들의 주파수 분산특성을 나타낸 것이다.

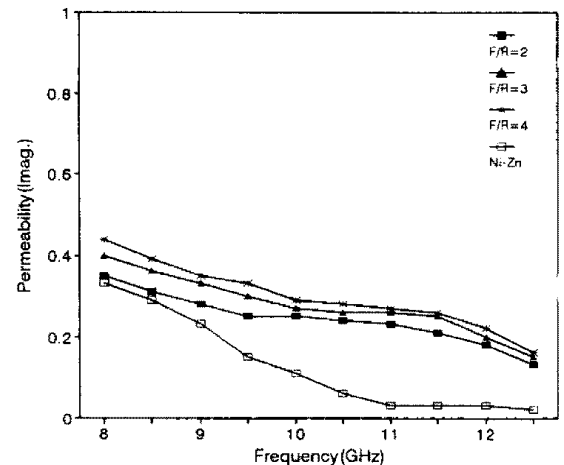
그림 2(a)는 투자율 실수항(μ_r')의 주파수 분산 특성을 나타낸 것으로 혼합비가 증가할수록 투자율은 감소하였다. 이는 공명주파수 이상에서는 투자율이 감소하기 때문이며, X-Band에서는 주파수에 따라서 거의 일정한 값을 나타내었다.

그림 2(b)는 투자율 허수항(μ_r'')의 주파수 분산 특성을 나타낸 것이다. 혼합비가 증가할수록 투자율의 허수항은 증가하였다. 이는 공명주파수 이상에서 투자율의 허수항이 증가하는 주파수 영역에 있기 때문이다. 또한 주파수가 증가할수록 투자율 허수항은 감소하는데 이는 자기 쌍극자가 초고주파(X-Band)의 교번 전계에 따른 진동을 할 수 없기 때문으로 생각되며 동일한 주파수 영역에서의 스피넬계 페라이트의 급격한 감소와는 달리 완만한 감소를 나타내었다.

그림 2(c)는 유전율 실수항(ϵ_r') 및 허수항(ϵ_r'')의 주파수 분산 특성을 나타낸 것이다. 혼합비가 증가할수록 유전율은 실수항과 허수항 모두 증가하였다.



(a) μ_r' vs. frequency



(b) μ_r'' vs. frequency

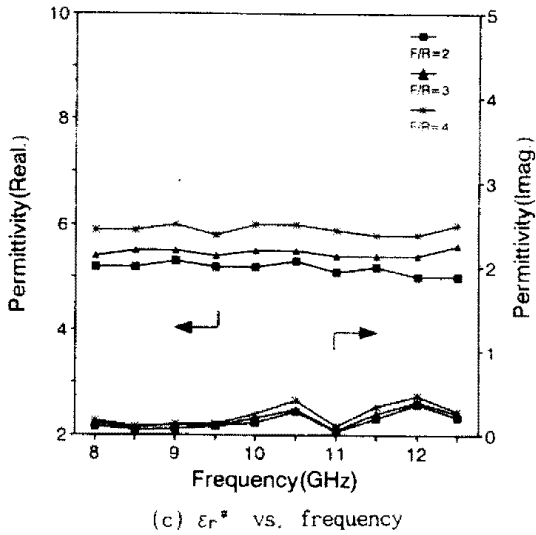


Fig. 2. Frequency dependence of Ni_2Y composites dependent on the F/R ratio

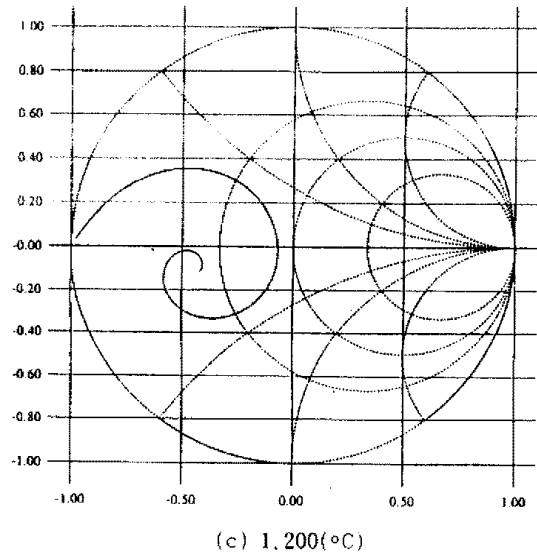


Fig. 3. Smith charts for optimum thickness ($F/R=4$) dependent on the calcine temperature.

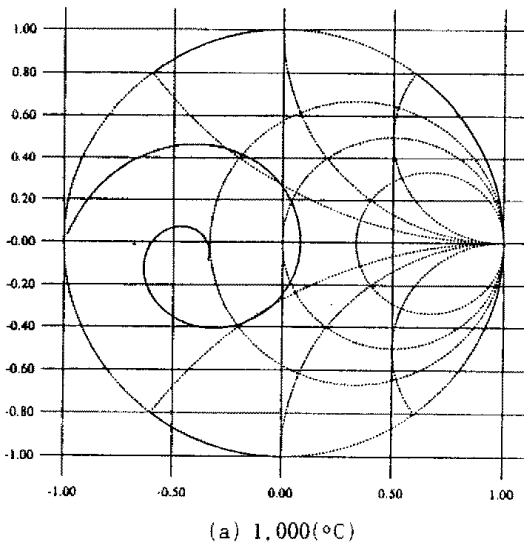


그림 3은 1,000, 1,100, 1,200(°C)에서 각각 열처리 한 Ferroplana Ni_2Y 분말과 고무와의 혼합비 $F/R=4$ 인 경우에 있어서 정합두께(d_m)를 구하기 위한 Smith chart인데 복합형 흡수체의 반사감쇄량이 10(dB) 이상이 되기 위한 정합두께는 각 온도에서 각각 3.2, 3.2 및 3.0(mm)이었다.

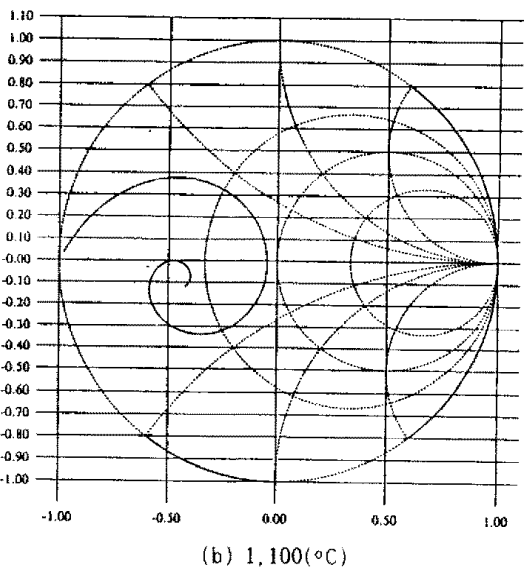
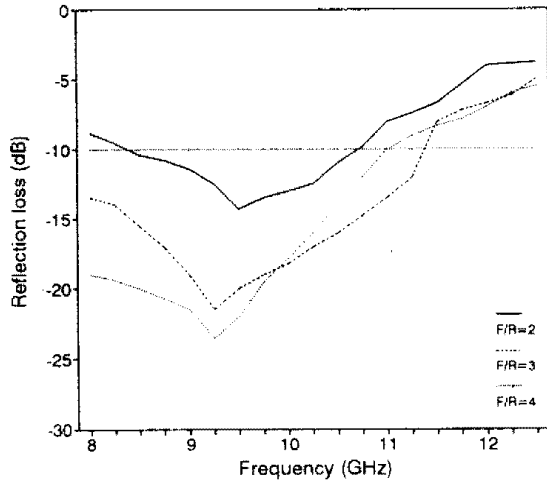


그림 4는 1,000, 1,100, 1,200(°C)에서 각각 열처리 한 복합형 흡수체의 혼합비에 대해 식 (1)에서 구한 반사감쇄량을 나타낸 것이다. 이때 정합주파수(f_m)는 9.44(GHz)이며 최대 반사감쇄량과 정합 두께를 표 1에 요약하였다.

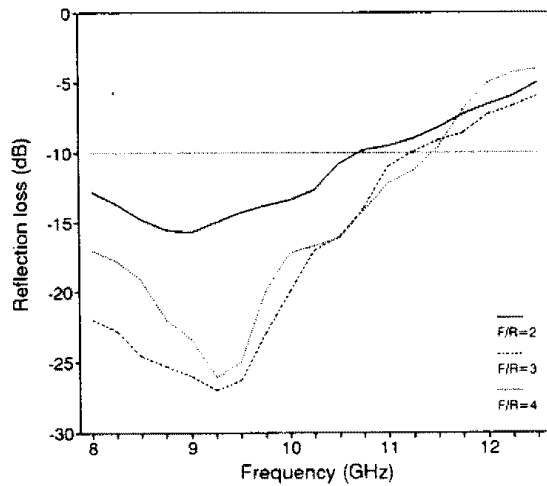
식 (3)에서 구한 성능지수 F 는 1,200(°C)에서 열처리 한 $F/R=4$ 인 복합체가 93(%)로 가장 높게 나타났다.

Table.1. Maximum reflection loss values and optimum thickness in X-band of Ni_2Y composites dependent on the F/R ratio.

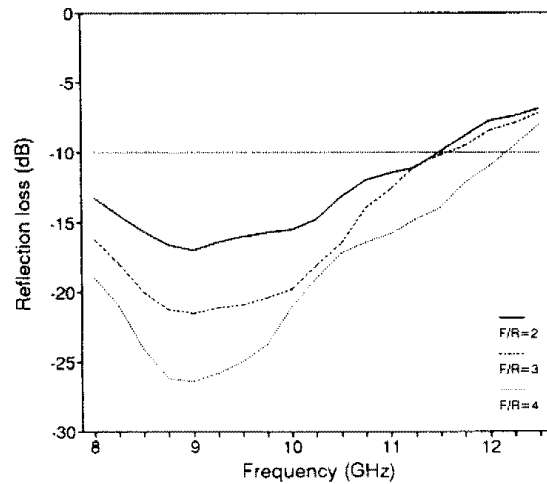
F/R	Temp. (dB/mm)		
	1,000(°C)	1,100(°C)	1,200(°C)
2	14 / 7.1	14 / 3.5	16 / 3.2
3	20 / 3.3	27 / 3.3	20 / 3.2
4	22 / 3.2	27 / 3.2	23 / 3.0



(a) 1,000(°C)



(b) 1,100(°C)



(c) 1,200(°C)

Fig. 4. Absorption properties vs. frequency of Ni_2Y composites dependent on the F/R ratio

4. 결론

Ferroxplana Ni_2Y 분말과 실리콘 고무로 제작한 복합형 전파흡수체의 특성을 요약하면 다음과 같다.

- 1,000(°C)에서 열처리한 Ferroxplana 분말과 실리콘 고무를 복합화한 흡수체에 있어서 F/R의 비가 증가할수록 투자율의 실수항(μ_r')은 감소하나, 투자율의 허수항(μ_r'') 및 유전율(ϵ_r' , ϵ_r'')은 증가하였다.
- 1,000, 1,100, 1,200(°C)에서 각각 열처리한 F/R=4인 경우의 복합체에 있어서 반사감쇄량이 10(dB) 이상이 되기 위한 정합 두께는 각각 3.2, 3.2 및 3.0 (mm)이었다.
- X-band에서 복합형 전파 흡수체의 성능지수 F는 1,200(°C)에서 열처리한 F/R=4인 복합체가 93(%)로 가장 높게 나타났으며, 초고주파용 자성 분말로 Ferroxplana Ni_2Y 가 사용될 수 있음을 알았다.

참고문헌

- 1) 内藤 喜之, "電波吸收體", オーム社, 東京, 1987.
- 2) 乾哲司, "電波吸收體", エレクトロニク・セラミクス, pp.18~24 (1985).
- 3) 關江雄, "電波吸收體と電波暗室", CMC, 1989.
- 4) Y. Narumiya et al., "Development of Magnetic Ferrite: Control and Application of Losses", Ame. Cer. Bull., 66[10], pp.1469~1474 (1987).
- 5) M.B. Amin and J.R. James, "Techniques for utilization of Hexagonal Ferrite in Radar Absorbers", Radio Elec. Eng., 51(5) pp.209~218 (1981).
- 6) 山本孝子, 菊地道男, 引地智, 大槻正太郎, "Y type ferroxplana による電波吸收體の開発", Tokin Tech. Rev., 7 pp.40~48 (1974).
- 7) 박 상하, 김 한근, 사공 건, "Ferroxplana Y-type (Ni_2Y) 磁性 분체의 합성", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1140~1142 (1993).
- 8) 内藤喜之, 水本哲彌, "電波吸收體 ゴムフェライトへのカボン添加效果", 電子通信學會論文誌, Vol. J69-C, No3, pp.257~261 (1986).