

## 광대역형 Ferrite/Rubber 복합 전파흡수체의 제작 및 특성

김한근\*, 신광호, 조현철, 사공건  
(동아대학교 전기공학과)

### Fabrication of Ferrite/Rubber composite microwave absorber of wide-band type and its properties

Han-Geun Kim\*, Kwang-Ho Shin, Hyun-chul Cho, Geon Sa-gong  
(Dept. of Electrical Engr., Dong-A Univ)

**Abstract**

In this paper, the microwave absorption properties of two layered absorber were evaluated. The two layer absorber were composed of Ni-Zn ferrite/rubber absorber and Ferroplana/rubber absorber. The most absorption properties condition were obtained when the transforming layer and absorbing layer were Ferroplana/rubber absorber and Ni-Zn ferrite/rubber absorber, respectively. The optimal thickness of the transforming and the absorbing layer were 4(mm) and 1(mm), respectively.

**1. 서론**

EMI/EMC에 대한 문제의 중요성은 전기/전자 기기의 사용 중대, 통신 산업의 발달과 더불어 필연적으로 수반된다. 최근 일반 가정의 T.V., Radio와 같은 소비용품으로부터 산업, 군사, 우주, 항공 분야에 이르기까지 여러가지 전자파 장애(EMI) 현상이 나타나고 있다.<sup>1)</sup>

이러한 전자파 장애에 대한 대책으로는 송·수신 방법의 개선 등이 검토되고 있으나 근본적 대책으로는 전파흡수체로 불필요한 전자파를 흡수하여 열에너지로 변환시켜 반사파가 발생하지 않도록 하는 것이다.<sup>2)</sup>

전파흡수체는 층수에 따라 단층형, 2층형 및 다층형으로 분류되고 있는데 보통 단층형 전파흡수체에 관하여 연구가 진행되고 있다. 단층형 복합 전파흡수체는 특정 주파수에서 최대 반사감쇠량은 크나 사용 가능한 대역폭이 좁은 단점이 있다. 이를 개선하기 위하여 선진국에서 이에 대한 연구가 진행되고 있으나,<sup>3)</sup> 국내에서는 이들에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 흡수되는 주파수 대역폭을 광대역으로 하고자 C-band에서 흡수특성이 우수한 Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체와 X-band에서 우수한 흡수 특성을 지닌 Ferroplana/Rubber 복합형 흡수체를 제작하고자 공침법으로 화학적 조성이 균일하고 조미립인 Ni-Zn 페라이트 분말과 Ferroplana 분말을 제조하고<sup>4,5)</sup> 이들 분말을 고무와 복합화하여 2층형 구조의 전파흡수체를 제조한 후 C-X band에 있어서 두께의 변화(1-4mm) 및 구조 배치에 따른 전파흡수특성을 연구하였다.

**2. 2층형 전파흡수체의 이론**

2층형 전파흡수체의 구조는 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

그림에서와 같이 2층형 전파흡수체는 변성층과 흡수층으로 구성되어 있고, 흡수층 뒷면에는 금속단락판이 붙어 있다.<sup>6)</sup>

2층형 전파흡수체 표면에서의 규격화 임피던스( $Z_{in}$ )는 식 (1)과 같다.<sup>7)</sup>

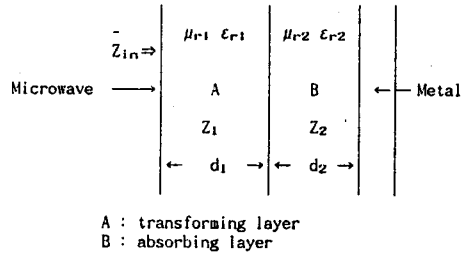


Fig. 1. Schematic diagram of two-layered absorber

$$Z_{in} = \frac{Z_1 + Z_2}{1 + Z_1 Z_2 / Z_c^2} \quad (1)$$

여기에서  $Z_1$ ,  $Z_2$  및  $Z_c$ 는 변성층, 흡수층의 규격화 임피던스 및 흡수층의 특성 임피던스로 식 (2), (3) 및 (4)로 나타낼 수 있다.<sup>7)</sup>

$$Z_1 = \sqrt{\mu_{r1}^* / \epsilon_{r1}^*} \tanh(j 2\pi d_1 / \lambda (\sqrt{\mu_{r1}^* \epsilon_{r1}^*})) \quad (2)$$

$$Z_2 = \sqrt{\mu_{r2}^* / \epsilon_{r2}^*} \tanh(j 2\pi d_2 / \lambda (\sqrt{\mu_{r2}^* \epsilon_{r2}^*})) \quad (3)$$

$$Z_c = \sqrt{\mu_{r2}^* / \epsilon_{r2}^*} \quad (4)$$

여기에서  $\mu_{r1}^*$ ,  $\epsilon_{r1}^*$  및  $d_1$ 는 변성층에서의 복소투자율, 복소유전율 및 두께,  $\mu_{r2}^*$ ,  $\epsilon_{r2}^*$  및  $d_2$ 는 흡수층에서의 복소투자율, 복소유전율 및 두께이며,  $\lambda$ 는 파장이다.

또한 반사감쇠량은 규격화 임피던스( $Z_{in}$ )의 함수로서 식 (5)으로 나타낸다.<sup>6)</sup>

$$\text{Reflection Loss(dB)} = 20 \log \left| \frac{Z_{in} - 1}{Z_{in} + 1} \right| \quad (5)$$

### 3. 시편제작 및 측정

2층형 전파흡수체를 제작하기 위해 사용된 Ni-Zn 페라이트 및 Ferroxpiana(Ni<sub>2</sub>ZY) 분말은 공침법으로 제조하였다.<sup>4-5)</sup>

900(°C)에서 1시간 열처리한 Ni-Zn 페라이트 분말과 1,100(°C)에서 1시간 열처리한 Ferroxpiana(Ni<sub>2</sub>ZY)분말을 사용하여, 각각 고무와 혼합한 다음 도우넛형 몰드(외경: 7mm, 내경: 3mm)에 넣고 2층형 복합형 흡수체를 제조하였다. 이때 고무에 대한 페라이트 분말의

혼합비(Ferrite/Rubber = F/R)는 4로 하였다. 또한 이들 복합형 흡수체 시편의 재료상수는 Network Analyser(HP8510B)와 Co-axial type의 7(mm) air line으로 C-X band(4~12GHz)에서 산란계수(S<sub>11</sub>, S<sub>21</sub>)를 측정하여 계산하였다.

Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체와 Ferroxpiana/Rubber 복합형 흡수체로 구성된 2층형 흡수체의 두께를 5mm로 제한하고, 각각 1(mm) 간격으로 변화시켰으며, 구성 배치도 변화시켜서 식 (1)과 (5)에 의해 반사감쇠량을 구하였다.

### 4. 결과 및 고찰

그림 2는 C-X band(4~12GHz)에서의 Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체와 Ferroxpiana/Rubber 복합형 흡수체의 복소유전율을 나타낸 것이다.

그림에서 복소유전율의 실수항( $\epsilon_r'$ )은 C-X band에서 Ferroxpiana/Rubber 복합형 흡수체는 6.8~7.0, Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체는 4.8~5.0로 일정한 값을 나타내었다. 그리고 복소유전율의 허수항( $\epsilon_r''$ )은 Ferroxpiana/Rubber 복합형 흡수체와 Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체 모두가 잭에 가까운 값을 나타내었다.

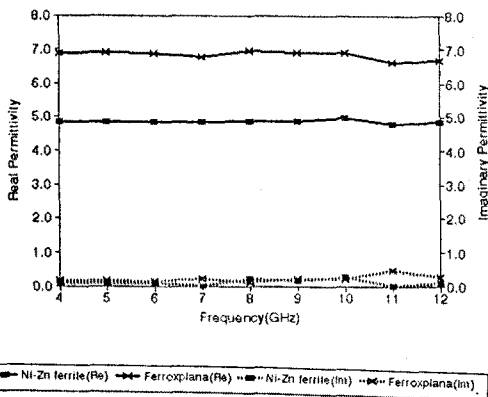


Fig. 2. The complex permittivity( $\epsilon_r^*$ ) of Ni-Zn ferrite/rubber and Ferroxpiana/rubber composite absorber

그림 3은 C-X band에 있어서 Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체와 Ferroxpiana/Rubber 복합형 흡수체의 복소투과율을 나타낸 것이다.

두 시편에서 주파수의 증가함에 따라 복소투과율의 실수항( $\mu_r'$ )은 감소하고 있으며, 그림에서 보듯이 Ferroxpiana/Rubber 복합형 흡수체가 Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체에 비하여 측정주파수 전 범위에서 걸쳐서  $\mu_r'$ 가 크게 나타났다.

일반적으로 페라이트는 공명현상 이상의 영역에서는 복소투과율의 실수항( $\mu_r'$ )과 허수항( $\mu_r''$ )이 감소하는데,<sup>9-10)</sup> 본 연구에서 제작한 Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체는 주파수가 증가함에 따라 감소하므로 이 주파수 영역(4~12GHz)은 공명 현상 이후의 주파수 영역임을 알 수 있다.

반면 Ferroxpiana/Rubber 복합형 흡수체는 7(GHz)까지는 증가하나, 그후의 주파수 영역에서 감소하므로 공명주파수가 7(GHz)부근임을 짐작할 수 있다.

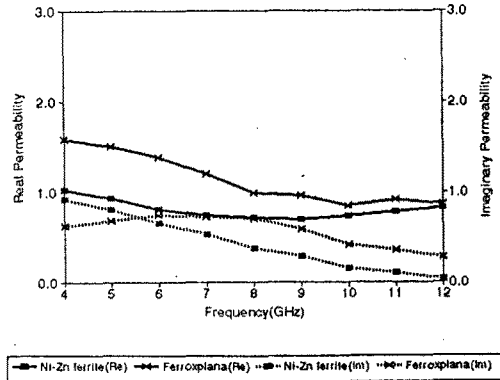


Fig. 3. The complex permeability( $\mu_r^*$ ) of Ni-Zn ferrite/rubber and Ferroxpiana/rubber composite absorber

그림 4는 변성층에 Ferroxpiana/Rubber 복합형 흡수체 시편의 두께를 2(mm), 흡수층에는 Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체 시편의 두께를 3(mm)로 구성한 시편(실선) 및 이들의 구성 배치를 서로 달린 경우(점선)의 2층형 흡수체의 반사감쇠량을 나타낸 것이다. 실선은 C-X band의 전 주파수영역에서 10(dB)이상을 나타낸 반면, 점선은 7.8(GHz)부터 10(dB)이상을 나타내었다.

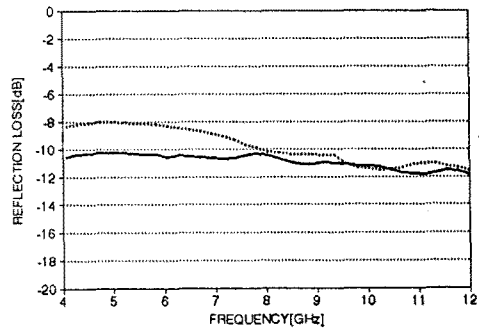


Fig. 4. The reflection loss of two layered absorber(the thickness of transforming layer : 3mm, the thickness of absorbing layer : 2mm)

그림 5은 그림 4과 같은 구성배치로 한 것으로 변성층의 두께를 4(mm), 흡수층의 두께를 1(mm)로 변화시킨 경우(실선) 및 구성배치를 서로 교체한 시편(점선)의 반사감쇠량을 나타낸 것이다. 실선에서 4(GHz)에서

15.4(dB), 12(GHz)에서 11(dB)로 나타났으며, 또 주파수가 증가할수록 반사감쇠량이 감소하였다.

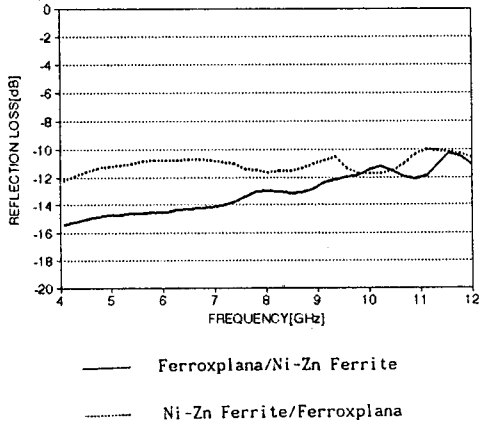


Fig. 5. The reflection loss of two layered absorber(the thickness of transforming layer : 4mm, the thickness of absorbing layer : 1mm)

## 5. 결론

Ni-Zn 페라이트/rubber 복합형 흡수체와 Ferroxpiana/rubber 복합형 흡수체로 구성되는 2층형 흡수체에 있어서 두께의 변화 및 구성배치에 따른 전파 흡수 특성을 요약하면 다음과 같다.

1. Ferroxpiana/Rubber 복합형 흡수체 시편 및 Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체 시편을 2층형으로 구성할 경우 변성층에 Ferroxpiana/Rubber 복합형 흡수체 시편, 흡수층에는 Ni-Zn 페라이트/Rubber 복합형 흡수체 시편으로 구성할 경우 우수한 흡수 특성을 얻을 수 있었다.
2. 변성층 및 흡수층의 두께를 1-4mm로 변화시켰을 경우 변성층의 두께는 4(mm), 흡수층은 1(mm)로 하였을 경우의 시편이 가장 우수한 전파 흡수 특성을 나타내었으며, C-X BAND(4~12GHz)의 전 주파수 범위에서 10(dB) 이상의 반사감쇠량을 나타내었다.

## 참고문헌

1. 清水康敬, "電磁波吸收遮蔽", 日經技術圖書, pp. 3-18, 1989.
2. 清水康敬, "電波吸收體", 電子通信學會誌, 技術展望(A), No. 5, pp. 546-548, 1985.
3. 官崎保光, "EMI 對應材料의 特性と 效果の Mechanism", 工業材料, Vol.36, No.4, p. 36, 1988.
4. 김한근, 박상하, 사공건, "Ferroxpiana Y-type(Ni<sub>2</sub>Y) 磁性 분체의 합성", 대한전기학회 학술대회, pp. 1140-1142, 1993.
5. Junzo Tasaki and Tatsuo Ito, "Magnetic Property of Coprecipitates from Mixed Solution of Ni<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, and Fe<sup>3+</sup>", FERRITES: Proceedings of the ICF3, pp. 20-22, 1980.
6. 內藤喜之, "電波吸收體", 오ム社, pp. 117-125, 1987.
7. 內藤喜之, 末武國弘, 武田欣一, "フェライト吸收壁の 一廣帯域化", 電子通信學會 마이크로波研究會資料, Vol. MW 67-61, pp. 1-10, 1968.
8. 內藤喜之, 水本哲彌, "電波吸收體コムフェライト へのカホ"ン添加效果", 電子通信學會論文誌, Vol. J69-C, No3, pp. 257-261, 1986.

9. 內藤喜之, 原忠一, 武者利光, "フェライト損失の一特性", 電子通信學會論文誌, Vol. 52-C, No. 9, pp. 631-636, 1969.
10. 內藤喜之, "フェライトを用いた電波吸收體", エレクトロニクセラミクス, No. 6, pp. 27-32, 1973.