

論文91-28A-12-3

# 전파흡수체에 의한 구형 공동 공진기의 방사노이즈 억제 방법에 관한 연구

(A Study on the Method to Suppress Radiation-Noise with  
Electromagnetic Wave Absorber in the Rectangular Cavity Resonator)

金 敬 龍\*, 金 旺 燮\*

(Kyung Yong Kim and Wang Sup Kim)

## 要 約

전자기기의 금속 케이스 내에 발생하는 불요모드에 의한 기기의 성능 저하를 막기 위해 전파흡수체를 케이스 내에 부착하여 불요모드를 억제하는 방법은 연구하였다. 이를 위해 제조된 전파흡수체는 450~1150MHz 대역에서 20dB 이상의 감쇠특성을 갖는다. 실제 케이스 내에서 발생하는 불요모드의 감쇠량을 측정하기 위해  $TE_{101}$ ,  $TE_{102}$  모드의 공진주파수가 각각 900MHz, 1250MHz가 되도록 구형 공동 공진기를 제작하였다. 실험 결과 전파흡수체의 부착위치에 따라 감쇠모드가 크게 달라졌으며 20dB 이상의 감쇠효과를 얻을 수 있었다.

## Abstract

A method for suppressing unwanted resonance modes by attaching an electromagnetic wave absorber onto a metal case was studied to prevent performance deterioration of electronic devices. The electromagnetic wave absorber fabricated for this study had an attenuation characteristics above 20dB in the frequency band from 450MHz to 1150MHz. A rectangular cavity resonator whose resonance frequencies of  $TE_{101}$ ,  $TE_{102}$  modes were 900MHz, 1250MHz, respectively, was made to measure attenuation for the electromagnetic wave absorber-metal assembly. The result showed that the resonance mode for high attenuation was sensitive to the location of electromagnetic wave absorber, and the attenuation characteristics above 20dB could be obtained when electromagnetic wave absorber was properly positioned.

## I. 서 론

전자통신 기술이 발전함에 따라 전파의 이용이 확대되어 전파환경을 현저하게 악화시켰다. 이러한 전파환경의 악화는 고층 빌딩등에 의한 TV전파의 수신장애, 교량등에 의한 선박용 레이더의 허상, 각종

산업현장에서의 전자장비 사용시 전파장애에 의한 오동작 등을 초래하여 사회문제화 되고 있다.<sup>1)2)</sup> 외부에서 들어오는 불필요한 전파로 인해 사용중인 전자기기 및 전자기기를 이용한 기계 장치들의 오동작 사례가 빈번하게 발생하고 있다. 이에 따라 외부에서 들어오거나 내부에서 발생하는 불요전자파를 제거하기 위하여 전파흡수 특성을 지닌 재료의 이용이 많이 연구되고 있다. 대표적인 전파흡수재료는 페라이트와 같은 자성 재료로서 이것의 자기 손실을 이

\*正會員, 韓國科學技術研究院 세라믹스 研究團  
(Division of Ceramics, KIST)  
接受日: 1991年 7月 22日

용하여 전자파를 열로 변환시켜 반사를 방지하는 것이다.

전자기기에서 발생하는 노이즈에 대하여 회로의 개선, PCB의 디자인 개선, 회로내에 노이즈 제거 필터의 사용등으로 대처하고 있으나 완전하지 못하여 방사노이즈가 방출되게 된다. 일반적으로 전자제품은 도체로 둘러 싸인 케이스로 만들어져 있다. 이러한 케이스는 외부에서 들어오는 전자파를 방지하는 효과가 있으나, 공진기와 같이 동작되기 때문에 내부에서 발생한 불요전자파에 의한 이상공진을 일으켜 불요모드가 발생하는 경우가 있다. 본 연구에서는 이러한 불요전자파 및 모드에 의한 성능 저하를 막기 위하여 케이스 내부에 전파흡수체를 부착하여 이러한 불요모드를 감소시키고자 하였다.

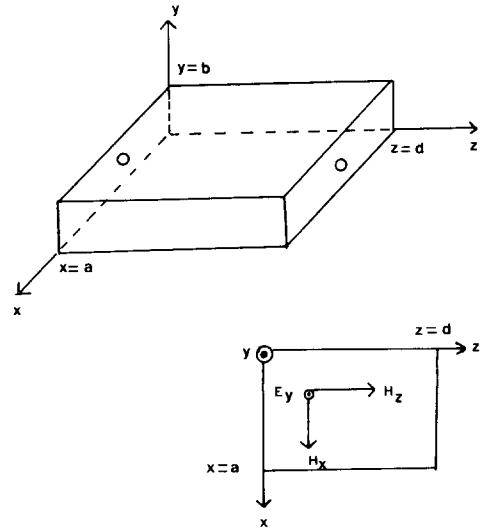


그림 1. 구형 공동 공진기의 모식도  
Fig. 1. Schematic representation of rectangular cavity resonator.

### II. 이론적 배경

그림1과 같이 구형(矩形) 도파관의 양단면을 도체판으로 막아 완전히 도체로 둘러 싸이게 하면 공진기로 작동한다. 이를 구형 공동 공진기라 한다. 이때 도파관 파장  $\lambda_g$ 에 대해서 단락판 사이의 거리  $d$ 가  $\lambda_g/2$ 의 정수배가 되도록 하면 공진이 일어나며 이때의 주파수를 공진주파수라 한다. 단면이  $x=a$ ,  $y=b$ 로 이루어 지고 진행 방향이  $z$ 축인 도파관의 파수(wave number)  $k_z$ 는 다음과 같다.

$$k_z^2 = k_o^2 - \left[ \frac{m\pi}{a} \right]^2 - \left[ \frac{n\pi}{b} \right]^2 \quad (1)$$

이 때  $k_o$ 는  $\omega\sqrt{\mu \cdot \epsilon}$  이다. 따라서 공진이 일어나기 위해서는 다음을 만족하여야 한다.

$$k_z \cdot d = p\pi \quad (2)$$

식(1)과 (2)를 이용하여 공진주파수  $f_{mnp}$ 와 공진파장  $\lambda_{mnp}$ 를 구하면 다음과 같다.<sup>3)</sup>

$$f_{mnp} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu\epsilon}} \sqrt{\left[ \frac{m\pi}{a} \right]^2 + \left[ \frac{n\pi}{b} \right]^2 + \left[ \frac{p\pi}{d} \right]^2} \quad (3)$$

$$\lambda_{mnp} = \frac{2}{\sqrt{\left[ \frac{m}{a} \right]^2 + \left[ \frac{n}{b} \right]^2 + \left[ \frac{p}{d} \right]^2}} \quad (4)$$

그리고 그림1과 같은 구형 공동공진기를 Maxwell 방정식에 경계조건 및 공진조건을 이용하여  $TE_{mnp}$  공진 모드의 전자계를 구하면 다음과 같다.<sup>4)</sup>

$$E_x = \frac{j \cdot \omega \cdot \mu \cdot k_y}{k_o^2} \cdot H_{mnp} \cdot \cos k_x x \cdot \sin k_y y \cdot \sin k_z z$$

$$E_y = \frac{-j \cdot \omega \cdot \mu \cdot k_x}{k_o^2} \cdot H_{mnp} \cdot \sin k_x x \cdot \cos k_y y \cdot \sin k_z z$$

$$H_x = \frac{-k_z \cdot k_x}{k_o^2} \cdot H_{mnp} \cdot \sin k_x x \cdot \cos k_y y \cdot \cos k_z z \quad (5)$$

$$H_y = \frac{-k_z \cdot k_y}{k_o^2} \cdot H_{mnp} \cdot \cos k_x x \cdot \sin k_y y \cdot \cos k_z z$$

$$H_z = H_{mnp} \cdot \cos k_x x \cdot \cos k_y y \cdot \sin k_z z$$

여기서  $k_x = \frac{m\pi}{a}$ ,  $k_y = \frac{n\pi}{b}$ ,  $k_z = \frac{p\pi}{d}$ ,  $k_o = \sqrt{k_x^2 + k_y^2 + k_z^2}$  이다.

한편 공진기내의 도체벽에서의 전력손실  $p_1$ 은 다음과 같다.

$$p_1 = \frac{R_s}{2} \oint_s |H_t|^2 ds \quad (6)$$

여기서  $R_s$ 는 도체벽의 표면 저항율이고  $H_t$ 는 공진기벽에 접선 방향인 자계 성분이며,  $s$ 는 공진기의 내도체벽으로 채곡면이다.

따라서 식(6)을 그림1과 같은 공진기의  $TE_{101}$ ,  $TE_{102}$  모드에 대해 식을 쓰면 다음과 같다.

$$P_1 = 2R_s \left[ \int_0^a \int_0^b |H_x|^2 dx dy + \int_0^a \int_0^d |H_z|^2 dy dz + \int_0^a \int_0^d \left\{ |H_x|^2 + |H_z|^2 \right\} dx dz \right] \quad (7)$$

III. 실험방법

실험에 사용된 페라이트의 조성은 예비실험을 통하여 UHF 대역에서 우수한 전파감쇠 특성을 발휘하는  $Ni_{0.15}Mn_{0.32}Zn_{0.53}Fe_2O_4$ 로 결정하였다. 각 원료를 평량한 후 Ethanol 용매 중에서 24시간 ball milling 하여 80°C oven에서 충분히 건조하였다. 건조한 분말을 900°C에서 1시간 하소한 후 재분쇄하여 내경 3mm, 외경 7mm의 동축형으로 성형한 후 질소분위기에서 1150°C 1시간 소결하였다.

제조된 전파흡수체의 특성은 동축형 측정장치 (HP 85051-60007)에 전파흡수체를 넣어 Network analyzer (HP 8510B)를 사용하여 측정하였다.

측정된 전파흡수체의 감쇠특성과 주파수와의 관계를 그림2에 나타내었다. 두께가 6mm일 경우 450~1150MHz의 주파수 범위에서 20dB 이상의 전파흡수 특성을 얻을 수 있었다. 따라서 공진기 속에 부착시킬 시편의 두께를 6mm로 하였고, 크기는 5cm×5cm로 가공하였다.

이러한 전파흡수체를 크기가 a=20cm, b=10cm, d=30cm인 공진기내에 부착시키고 TE모드를 여기시킨 다음 감쇠량을 Network Analyzer를 이용하여 측정하였다.

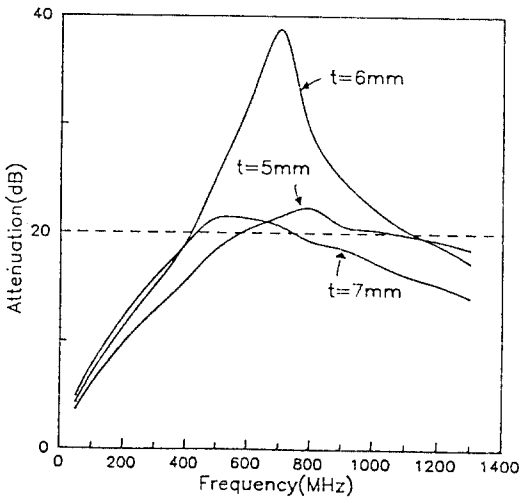


그림 2. 두께를 달리 하였을 때의 주파수에 대한 반사감쇠량의 변화

Fig. 2. Relation between attenuation curve and frequency with different thickness.

IV. 결과 및 고찰

그림1과 같은 공진기의 크기가 a=20cm, b=10cm, d=30cm일 경우, TE<sub>101</sub>, TE<sub>102</sub> 모드의 공진주파수를 식(3)을 이용하여 계산하면 다음과 같다.

$$f_{101} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \sqrt{\left[\frac{\pi}{20}\right]^2 + \left[\frac{\pi}{30}\right]^2} = 900MHz \quad (8)$$

$$f_{102} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \sqrt{\left[\frac{\pi}{20}\right]^2 + \left[\frac{\pi}{15}\right]^2} = 1.25GHz \quad (9)$$

이러한 공진기를 제작하고 발신부 및 수신부의 안테나를 직각으로 구부러서 TE모드의 전계방향과 일치시켜 TE모드를 여기시킨 다음 Network Analyzer (HP 8510B)를 이용하여 공진모드를 측정하였다. 그림3에 측정 결과를 나타내었다. 공진주파수는 약 900MHz, 1.25GHz로 계산값과 유사하였다.

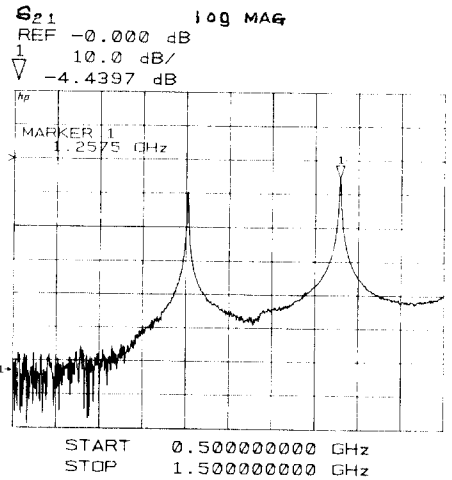


그림 3. 실험에 사용한 구형 공동 공진기의 공진 모드

Fig. 3. Resonance mode of experimental rectangular cavity resonator.

이러한 공진기내에 전파흡수체를 x=0인 y-z평면에 부착한다면 전력손실은 식(7)에서 두번째 항만 고려하면 된다. 그러므로 전력손실 P<sub>1</sub>은 다음과 같다.

$$P_1 = R_a \left[ \int_0^b \int_0^d |H_z|^2 dydz \right] \quad (10)$$

이 때  $R_a$ 는 전파흡수체에 의한 손실저항이라고 생각할 수 있다. 그러므로 전력손실은  $TE_{mnp}$ 의 전자계중  $H_z$  성분만 고려하면 된다.

$x=0$ 에서  $TE_{101}$ ,  $TE_{102}$  모드의  $H_z$ 성분을 쓰면 다음과 같다.

$$TE_{101}; H_z = H_{101} \cdot \sin \frac{\pi}{d} \cdot z \tag{11}$$

$$TE_{102}; H_z = H_{102} \cdot \sin \frac{2\pi}{d} \cdot z \tag{12}$$

식(11)과 (12)에서 보면  $H_z$  성분의 크기가  $TE_{101}$ 모드에서는  $z=d/2$ 일 때,  $TE_{102}$  모드에서는  $z=d/4, 3d/4$ 일 때 가장 크다. 따라서 감쇠시키고자 하는 모드에 따라 전파흡수체의 부착 위치가 달라짐을 알 수 있다. 그림4는 5cm×5cm의 전파흡수체를  $z=d/2$ 에 부착했을 경우 감쇠 특성이다.  $TE_{101}$  모드는 약 25dB의 감쇠가 되었으나  $TE_{102}$  모드는 3dB 정도 밖에 나타나지 않았다. 그림5는 같은 크기의 전파 흡수체를  $z=d/4$ 에 부착하였을 경우의 실험 결과이다. 이 경우는  $TE_{102}$  모드가 20dB 이상의 감쇠특성을 나타내었으며  $TE_{101}$  모드는 17dB 정도의 감쇠가 일어났다. 이 경우  $TE_{101}$  모드가  $z=d/4$ 에서도 상당히 큰  $H_z$  성분을 가지기 때문에 17dB 정도의 비교적 큰 감쇠가 일어남을 알 수 있다.

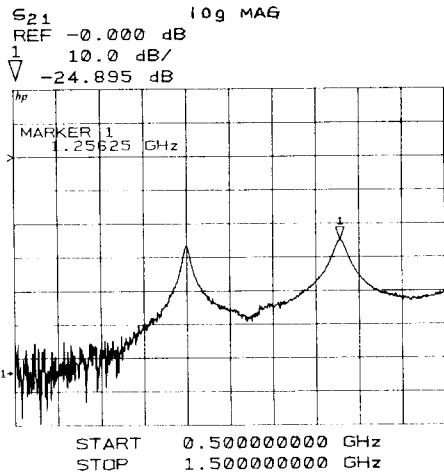


그림 4. 전파흡수체를 구형 공동 공진기의  $z=d/2$  위치에 부착하였을 때의 감쇠 특성

Fig. 4. Attenuation characteristics of ferrite absorber attached at  $z=d/2$  in rectangular cavity resonator.

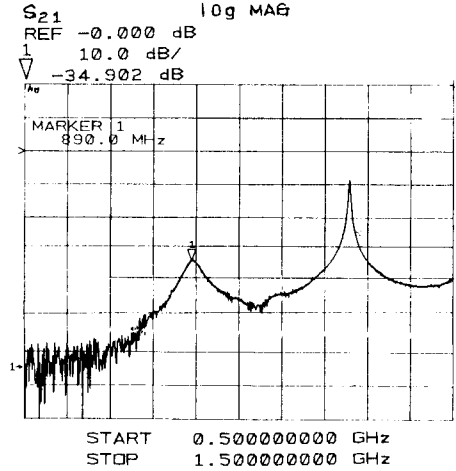


그림 5. 전파흡수체를 구형 공동 공진기의  $z=d/4$  위치에 부착하였을 때의 감쇠특성

Fig. 5. Attenuation characteristics of ferrite absorber attached at  $z=d/4$  in rectangular cavity resonator.

V. 결 론

450 - 1150MHz의 주파수 대역에서 20dB 이상의 감쇠특성을 갖는 페라이트 전파흡수체를 제조하였다. 이 전파흡수체를 이용하여 금속 케이스에 발생하는 불요모드에 의한 전자기기의 성능 저하를 감소시키고자 하였다. 이러한 실험을 위해 공진기의  $TE_{101}$ ,  $TE_{102}$  모드의 공진 주파수가 각각 900MHz, 1250MHz를 갖도록 구형 공동 공진기를 제작하였다. 이러한 공진기 내에 5cm×5cm 크기의 전파흡수체를 부착시켰을 경우 부착 위치에 따라 감쇠되는 모드가 크게 달라짐을 알 수 있었다. 실험결과  $z=d/2$  위치에 부착하였을 경우 감쇠량은  $TE_{101}$  모드는 약 25dB,  $TE_{102}$ 모드는 3dB 정도였으며,  $z=d/4$  위치에 부착하였을 경우  $TE_{102}$  모드가 20dB 이상,  $TE_{101}$  모드는 17dB 정도의 감쇠가 일어났다. 이상의 결과로부터 억제하고자 하는 불요모드에 따라 전파흡수체의 부착 위치를 조절해야 하며, 제작된 전파흡수체는 방사노이즈에 의해 케이스 내에 발생하는 불요모드를 20dB 이상 억제할 수 있음을 알 수 있다.

參 考 文 獻

[1] 石野建, "페라이트를 이용한 전자차폐재료," Electronic ceramics, vol. 19 (95), pp. 22, 1988.

- [2] 宮崎保光, "EMI 대응재료의 특성과 효과의 Mechanism," 공업재료, vol. 36(4), pp. 36, 1988.
- [3] J. D. Kraus, Electromagnetics, McGrawHill, pp, 597-602, 1984.
- [4] 박기우, 박한규, 초고주파공학, 청문각, pp. 6-8, 1987.

---

著 者 紹 介

---

金 敬 龍 (正會員) 第28卷 A編 第 8 號 參照  
현재 한국과학기술연구원  
세라믹스 연구부 근무중

金 旺 夔 (正會員) 第28卷 A編 第 8 號 參照  
현재 고려대학교 공과대학  
재료공학과 박사과정 재학중.