

---

# 전파무향실용 페라이트 전파흡수체의 설계

김동일\*, 이창우\*, 김하근\*, 전상엽\*\*, 정세모\*

## Design of Ferrite Electromagnetic Wave Absorber for Anechoic Chamber

Dong Il Kim\*, Chang-Woo Lee\*, Ha-Guen Kim\*, Sang-Yup Jun\*\*, Se-Mo Chung\*

### Abstract

Electromagnetic wave absorbers for anechoic chamber are needed to broaden the useful frequency bandwidth, reduce the thickness, and decrease the weight. There are various absorbers proposed for the above conditions, but they could not decisively solve the above requirements. The Electromagnetic wave absorber made by a conventional ferrite tile has, for example, broadened the useful frequency bandwidth by the way of forming air layer. Therefore, an air layer is formed absorber between a reflection plate and a sintered Ni-Zn ferrite tile of 7 mm in thickness, which has reflectivity less than -20 dB from 30 MHz to 450 MHz in frequency band, far narrower than the aimed bandwidth.

The purpose of this paper is on the development of a universal anechoic chamber for measuring radiated electromagnetic wave or immunity of electronic equipments, GTEM-cell, wall material for prevention of TV ghost, etc. Accordingly, in this paper, a broadened electromagnetic wave absorber is designed, which has the reflection characteristics less than -20 dB from 30 MHz to 5,430 or 8,000 MHz in the bandwidth. Then we will design a super broadband electromagnetic wave absorber by inserting square Ferrite Cylinders Type with the thickness less than 23.5 mm in three-layered type and with the frequency band from 30 MHz to 5,430 ~ 8,000 MHz under the above tolerance limits.

---

\* 한국해양대학교

\*\* 한국해양수산연수원

※ 본 연구는 1997년도 한국과학재단의 특정기초과제(과제번호 : 97-01-01-04-01-2)의 연구지원에 의하여 이루어졌음.

접수일자 : 1999년 2월 13일

## I. 서 론

### I - 1 연구배경

최근의 전자통신기술의 발달은 인간의 생활을 윤택하게 해주는 반면, 전자파 발생요인의 증가와 함께 심화되고 있는 전자파장해에 대한 대책이 사회적으로 큰 관심을 끌고 있다. 이에 대한 대책으로, 국제적으로는 CISPR, 미국에서는 FCC, ANSI 등의 규제를 만들게 되었으며, 우리나라에서도 전자통신용장비의 전자파장해(EMI : Electromagnetic Interference) / 전자파 양립성(EMC : Electromagnetic Compatibility) 규제를 만들어 수출에 대비하고 있다. 따라서 EMI/EMC 규제에 대비하여 전파무향실(전파암실)용 전파흡수체의 수요가 급격하게 증가되고 있는 실정이다. 특히, EMI/EMC 규제와 관련하여 전기·전자 기기에서의 방사파를 측정하기 위한 전파무향실용 전파흡수체가 국제규격기준(ANSI C634-1991, CISPR A SEC 109, 또는 IEC 801-3)을 충분히 만족시키기 위해서는, 20 dB(99%) 이상의 전파흡수능을 가지는 주파수 대역이 30 MHz~1000 MHz정도의 성능이 요구되고 있으며, 앞으로는 30 MHz~5,000 MHz이상의 성능인 것이 요구될 전망이다[1],[2].

이와 같은 전파흡수체를 사용하는 전파무향실은 페라이트 소결체에 카본스티를을 적층한 복합형 전파흡수체가 사용되고 있으며, TDK에서는 두께 7 mm, 주파수 30 MHz~400 MHz대역에서 20 dB (99%) 이상의 전파흡수능을 가지는 페라이트 타일과 두께 75 cm의 카본스티를을 적층하여 전파무향실용으로 사용하고 있다. 또한 Nisshinbo Tempest의 경우는 30 MHz~800 MHz 대역에서 20 dB 이상의 전파흡수능을 가진 Grid형 전파흡수체를 제조한 바 있다[3].

따라서, 본 논문에서는 서로 다른 종류의 페라이트를 삽입형으로 구성하면서도 제작이 용이한 기둥구조 페라이트 삽입형 전파흡수체를 제안하여 설계함으로써 초광대역을 실현하고, 기존의 단일 페라이트 기둥구조 2층형 전파흡수체의 제작시 생기는 제작의 어려움을 해결하여 전기·전자기기로부터 방사되는 전자파를 측정하기 위한 전파무향실, GTEM Cell, 건물로부터 TV 전자파의 반사를 막기 위한 벽재등에 널리 활용될 수 있도록 하고자 한다.

### I - 2 연구목적

본 논문은 30 MHz에서 5,430 MHz 또는 8,000 MHz의 초광대역에 걸쳐 반사감쇠량 20 dB 이상의 전파흡수능을 가지며, 제작이 용이한 고성능 전파흡수체를 개발하고자 한다.

나아가서, 전기·전자기기로부터 방사되는 전자파를 측정하기 위한 전파무향실을 위의 전파흡수체로 구성한 경우, 성능이 국제규격을 충분히 만족시키는 물론 GTEM Cell이나 건물로부터 TV 전자파의 반사를 막기 위한 벽재 등으로 널리 활용될 수 있도록 하는 데 목표를 두고 있다.

연구의 방법은 기존의 격자형 페라이트 전파흡수체에 정방형 페라이트 기둥을 가지는 페라이트 전파흡수체를 삽입하는 형태인데 이는 기존의 페라이트 단체(동일 재료)로 이루어진 페라이트를 2층으로 적층하여 주파수대역이 30 MHz에서 3,600 MHz이었던 점에 착안하여, 복소투자율의 주파수분산특성이 서로 다른 종류의 페라이트를 2층형 또는 3층형으로 구성하면서 전체 두께가 23.5 mm 이하이고, 제작이 용이한 새로운 형상의 전파흡수체를 제안, 설계·제조하는 것이다. 등가재료정수 제어방법을 창의적으로 활용하여 유효 주파수대역을 30 MHz에서 5,430 MHz 또는 8,000 MHz까지 광대역화함은 물론, 제작이 용이한 새로운 형상의 전파흡수체를 설계하고자 한다[5].

## II. 등가재료정수

### II - 1 등가유전율

Fig. 1과 같이 y방향으로 폭 W, x방향으로 두 평판 사이의 간격이 g인 평행판 전송선로에서 z방향으로 전류가 흐르는 경우, z방향의 단위길이당 용량과 인덕턴스를 계산한다. 이때 z = 0에서 평행판 사이의 전위차 V(t)는 일정하며 정상전류가 흐르는 것으로 한다. 아래쪽의 판을 +, 위쪽의 판을 -로 하면 전기장은 +x 방향으로 형성된다.

금속판에서 y방향의 폭 W, z방향의 길이 a의 구역에 있는 전하를 Q, 평행도체판간의 총 용량을 C, 전송선로에 채워진 물질의 유전율을  $\epsilon$ 이라고 하면 다음 관계가 성립한다[5].

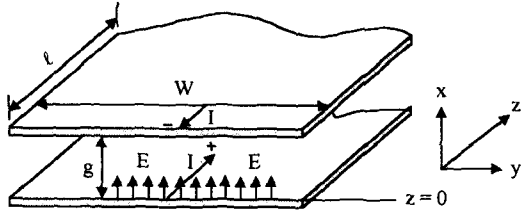


Fig. 1. A Parallel Plate Transmission.

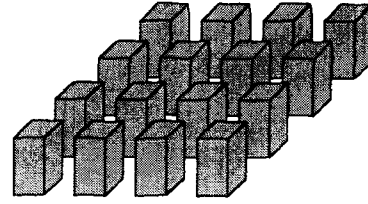


Fig. 2. An Elettromagnetic Absorber Composed of Periodic Arrays of Square Ferrite Cylinder.

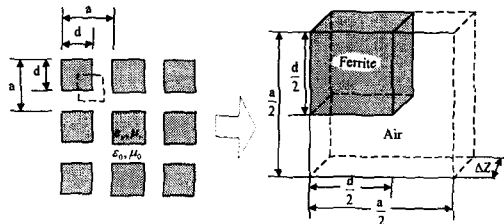


Fig. 3. A Model for Calculation of Equivalent Material Constants.

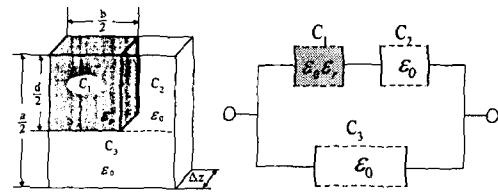


Fig. 4. A Synthesized Capacitance Model.

$$Q = CV \dots\dots\dots (1)$$

$$V = gE_x \dots\dots\dots (2)$$

$$\rho = \epsilon E_x = \frac{\epsilon V}{g} \dots\dots\dots (3)$$

$$Q = W \times a \times \rho = \epsilon \frac{Wa}{g} V \dots\dots\dots (4)$$

Fig. 2와 같은 기둥 모양의 전파흡수체를 Fig. 1의 평행한 도체판 사이에 있다고 가정하고, 이 전파흡수체의 가장 기본이 되는 부분은 Fig. 3 과 같이 된다. 그리고, Fig. 3의 합성용량은 Fig. 4로 계산 할 수 있다. 따라서, 단위길이당 용량은 식(5)와 같다.

$$\frac{C}{a} = \frac{\epsilon W}{g} \dots\dots\dots (5)$$

Fig. 1을 이용하여 Fig. 4와 같은 합성용량 모델을 만들 수 있으며, 총 합성용량 C는 아래와 같이 계산할 수 있다. 여기서,

$$C_{A1} = \epsilon_0 \Delta z, \quad C_{F2} = \frac{(a-d) \epsilon_0 \epsilon_r \Delta z}{a},$$

$$C_{F3} = \frac{d \epsilon_0 \Delta z}{a} \dots\dots\dots (6)$$

$$C = \left\{ \frac{(a-b) \epsilon_0 \epsilon_r \Delta z}{a + (a-d) \epsilon_r} + \frac{d \epsilon_0}{a} \right\} \epsilon_0 \Delta z$$

따라서, Fig. 3에서 Δz의 두께를 가지는 구조에 대한 등가유전율  $\epsilon_{eq}$ 는 식(8)과 같이 계산할 수 있다.

$$\epsilon_{eq} = \frac{C}{\epsilon_0 \Delta z} \dots\dots\dots (7)$$

$$\epsilon_{eq} = \frac{(a-b) \epsilon_0 \epsilon_r \Delta z}{a + (a-d) \epsilon_r} + \frac{d \epsilon_0}{a} \dots\dots\dots (8)$$

### II- 2 등가 투자율

또한, Fig. 1에서 L을 자기인덕턴스라고 하면, ga 구역을 자르는 자속은 식(9)와 같이 주어진다. 전송선로에서 아래쪽 판에서는 +z방향으로, 위쪽판에서는 -z방향으로 흐르는 전류를 I, +y방향으로 유기되는 자계를 H, 자속밀도를 B, 전송선로에 채워진 물질의 투자율을  $\mu$ , 단면 ga를 자르는 자속을  $\phi$ , 평행도체판간의 총 합성인덕턴스를 L이라고 하면 다음 관계가 성립한다.

$$H = \frac{I}{W} \dots\dots\dots (9)$$

$$B = \frac{\mu}{W} I \dots\dots\dots (10)$$

$$\phi = B \times g \times a = \mu \frac{g}{W} I \dots\dots\dots (11)$$

$$L \frac{dI}{dt} = \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots(12)$$

식(12)는 정상전류에서 식(13)과 같다.

$$L = \frac{\Phi}{I} = \mu \frac{ga}{W} \dots\dots\dots(13)$$

따라서, 단위길이당 인덕턴스는 식(14)과 같이 주어진다.

$$\frac{L}{a} = \frac{g\mu}{W} \dots\dots\dots(14)$$

Fig. 1을 이용하여 위와 같은 방법으로 Fig. 5와 같은 합성인덕턴스 모델을 만들 수 있다. 총 합성인덕턴스 L은 아래와 같이 계산할 수 있다. 여기서,

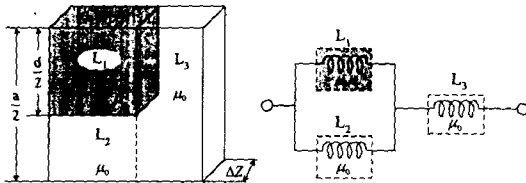


Fig. 5. A Synthesized Inductance Model.

$$\begin{aligned} L_{A1} &= \mu_0 \Delta z \\ L_{F2} &= \frac{(a-d) \mu_r \mu_0 \Delta z}{d} \\ L_{F3} &= \frac{d \mu_0 \mu_r \Delta z}{a} \end{aligned} \dots\dots\dots(15)$$

$$L = \left\{ \frac{(a-d) \mu_r \mu_0 \Delta z}{d + (a-b) \mu_r} + \frac{d \mu_r}{a} \right\} \mu_0 \Delta z$$

따라서, Fig. 2와 같은 구조에 대한 등가투자율  $\mu_{eq}$ 는 식(17)과 같이 주어진다.

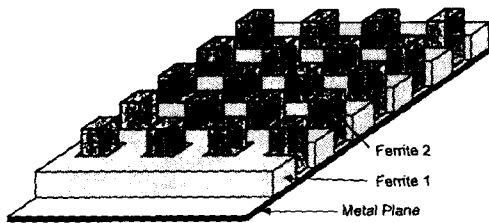


Fig. 6. The Typical Shape of Electromagnetic Wave Absorber Inserting Ferrite Cylinder with Air.

$$\mu_{eq} = \frac{L}{\mu_0 \Delta z} \dots\dots\dots(16)$$

$$\mu_{eq} = \frac{(a-d) \mu_r \mu_0 \Delta z}{d + (a-b) \mu_r} + \frac{d \mu_r}{a} \dots\dots\dots(17)$$

상기 설명한 방법을 등가재료정수법이라고 한다[5].

### III. 전파무향실 전파흡수체의 설계

#### III- 1 공기부가 포함된 사각형 구조의 삽입형 전파흡수체 설계

Fig. 6과 같은 구조를 가지며 기존의 격자형 전파흡수체 형태에 공기부분이 포함된 사각기둥구조를 가진 형태를 삽입한 형태를 이루고 있다. 사용한 재료정수는 초투자율을 각각 2000, 2500 및 3000, 비유전율은 14로 하였다.

Fig. 7의 구조는 x축과 y축이 대칭의 구조를 한 부분만을 해석하여도 전체의 특성을 파악할 수 있다. 또한 2층의 구조를 가지므로 1층과 2층의 구조를 각각 해석하여 등가회로를 구성하였다. 재료정수법을 이용하여 Fig. 6의 1층 및 2층의 합성용량과 합성인덕턴스를 앞의 등가재료정수법을 이용하여 계산할 수 있으며, 1층의 합성용량 C와 등가유전율  $\epsilon_{eff}$ 를 식(18)과 식(19)로 나타낼 수 있다. 또한 합성인덕턴스 L과 등가투자율  $\mu_{eff}$ 는 아래와 같이 식(20)과 식(21)식으로 구할 수 있다.

$$C = \left\{ \frac{d \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2}}{b \cdot \epsilon_{r1} + (d-b) \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2} + (a-d) \cdot \epsilon_{r2}} + \frac{(a-d) \cdot \epsilon_{r1}}{a} \right\} \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta z \dots\dots\dots(18)$$

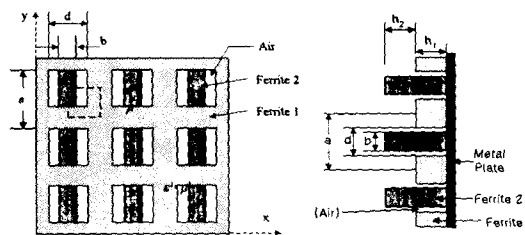


Fig. 7. Top View & Side View of Fig. 6.

$$\epsilon_{eff} = \frac{d \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2}}{b \cdot \epsilon_{r1} + (d-b) \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2} + (a-d) \cdot \epsilon_{r2}} + \frac{(a-d) \cdot \epsilon_{r1}}{a} \dots (19)$$

$$L = \frac{b \cdot \mu_0 \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2} \cdot \Delta z}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(d-b) \cdot \mu_0 \cdot \mu_{r1} \cdot \Delta z}{(a-d) + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \mu_0 \cdot \mu_{r1} \cdot \Delta z}{a} \dots (20)$$

$$\mu_{eff} = \frac{b \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(d-b) \cdot \mu_{r1}}{(a-d) + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \mu_{r1}}{a} \dots (21)$$

2층의 합성용량 C와 등가유전율  $\epsilon_{eff}$ 를 식(22)와 식(23)으로 나타내고, 또한 합성인덕턴스 L과 등가투자율  $\mu_{eff}$ 도 같은 방법으로 아래와 같이 식(24)와 식(25)로 구할 수 있다.

$$C = \frac{d \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r2} \cdot \Delta z}{(a-b) \cdot \epsilon_{r2} + b} + \frac{(a-d) \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta z}{a} \dots (22)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{d \cdot \epsilon_{r2}}{(a-b) \cdot \epsilon_{r2} + b} + \frac{a-d}{a} \dots (23)$$

$$L = \left\{ \frac{b \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d} + \frac{a-b}{a} \right\} \cdot \mu_0 \cdot \Delta z \dots (24)$$

$$\mu_{eff} = \frac{b \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d} + \frac{(a-b)}{a} \dots (25)$$

### III-2 페라이트재료가 다른 삼입형 3층구조의 전파흡수체 설계

Fig. 8과 같은 구조를 가지며 기존의 격자형 전파흡수체 형태에 정방형기둥 구조를 가진 페라이트를 삽입한 형태를 이루고 있다. 사용한 재료정수는 초투자율을 각각 2000, 2500 및 3000, 비유전률은 14로 하였다.

Fig. 9의 구조는 x축과 y축이 대칭의 구조를 한 부분만을 해석하여도 전체의 특성을 파악할 수 있다. 또한 3층의 구조를 가지므로 1층, 2층 및 3층의 구조를 각각 해석하여 등가회로를 구성한다. 재료정수법을 이용하여 Fig. 9의 1층의 합성용량 C와 등가유전율  $\epsilon_{eff}$ , 합성인덕턴스 L과 등가투자율  $\mu_{eff}$ 를

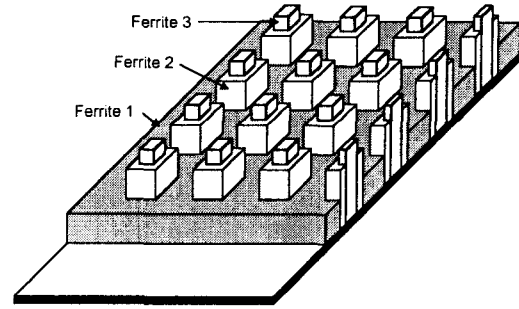


Fig. 8. The Typical Shape of Electromagnetic Wave Absorber Inserting Ferrite Cylinder in 3-layered Type.

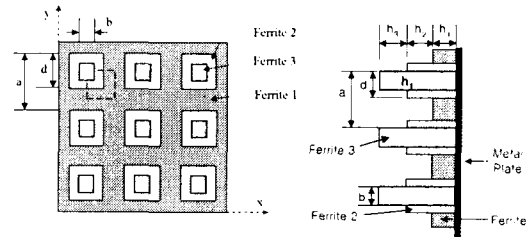


Fig. 9. Top View & Side View for Fig. 8.

식(26)에서 식(29)까지로 계산할 수 있다.

$$C = \left\{ \frac{b \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}}{(b \cdot \epsilon_{r2} + (d-b) \cdot \epsilon_{r3}) \cdot \epsilon_{r1} + (a-d) \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2}}{(a-d) \cdot \epsilon_{r2} + d \cdot \epsilon_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \epsilon_{r1}}{a} \right\} \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta z \dots (26)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{b \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}}{(b \cdot \epsilon_{r1} + (d-b) \cdot \epsilon_{r3}) \cdot \epsilon_{r1} + (a-d) \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2}}{(a-d) \cdot \epsilon_{r2} + d \cdot \epsilon_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \epsilon_{r1}}{a} \dots (27)$$

$$L = \left\{ \frac{b \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}}{b \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2} + \mu_{r1} \cdot \mu_{r3} \cdot (d-b) + \mu_{r2} \cdot \mu_{r3} \cdot (a-d)} + \frac{(d-b) \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \mu_{r1}}{a} \right\} \cdot \mu_0 \cdot \Delta z \dots (28)$$

$$\mu_{eff} = \frac{b \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}}{b \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2} + \mu_{r1} \cdot \mu_{r3} \cdot (d-b) + \mu_{r2} \cdot \mu_{r3} \cdot (a-d)} + \frac{(d-b) \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \mu_{r1}}{a} \dots (29)$$

2층의 합성용량 C와 등가유전율  $\epsilon_{eff}$ , 합성인덕턴스 L과 등가투자율  $\mu_{eff}$ 도 같은 방법으로 아래와 같이 식(30)에서 식(33)까지로 구할 수 있다.

$$C = \frac{b \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3} \cdot \Delta z}{\{b \cdot \epsilon_{r2} + (d-b) \cdot \epsilon_{r3}\} + (a-d) \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r2} \cdot \Delta z}{(a-d) \cdot \epsilon_{r2} + d} + \frac{a-d}{a} \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta z \quad (30)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{b \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}}{\{b \cdot \epsilon_{r2} + (d-b) \cdot \epsilon_{r3}\} + (a-d) \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \epsilon_{r2}}{(a-d) \cdot \epsilon_{r2} + d} + \frac{a-d}{a} \quad (31)$$

$$L = \left\{ \frac{b \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}}{b \cdot \mu_{r2} + (d-b) \cdot \mu_{r3} + (a-d) \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d} + \frac{a-d}{a} \right\} \cdot \mu_0 \cdot \Delta z \quad (32)$$

$$\mu_{eff} = \frac{b \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}}{b \cdot \mu_{r2} + (d-b) \cdot \mu_{r3} + (a-d) \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d} + \frac{a-d}{a} \quad (33)$$

3층의 합성용량 C와 등가유전율  $\epsilon_{eff}$ , 합성인덕턴스 L과 등가투자율  $\mu_{eff}$  도 같은 방법으로 아래와 같이 식(34)에서 식(37)까지로 구할 수 있다.

$$C = \frac{b \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r3} \cdot \Delta z}{(a-b) \cdot \epsilon_{r3} + b} + \frac{(a-b) \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta z}{a} \quad (34)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{b \cdot \epsilon_{r3}}{(a-b) \cdot \epsilon_{r3} + b} + \frac{a-b}{a} \quad (35)$$

$$L = \left\{ \frac{b \cdot \mu_{r3}}{(a-b) \cdot \mu_{r3} + b} + \frac{a-b}{a} \right\} \cdot \mu_0 \cdot \Delta z \quad (36)$$

$$\mu_{eff} = \frac{b \cdot \mu_{r3}}{(a-b) \cdot \mu_{r3} + b} + \frac{a-b}{a} \quad (37)$$

#### IV. 결과 및 고찰

다른 종류의 페라이트를 삽입한 형태의 2층 및 3층 구조를 구성하면서도 제작이 용이한 기동구조 페라이트 삽입형 전파흡수체를 제안하여 설계함으로써 각각 30 MHz에서 5,430 MHz 및 8,000 MHz의 주파수대역에서 20 dB 이상의 반사감쇠량을 가지는 전파흡수체를 설계하였다. 특히, 기존의 단일 페라이트 기동구조 2층형 전파흡수체의 제작시 생기는 제작의 어려움을 해결하였다.

Table 1. Design Results of Electromagnetic Wave Absorbers Inserting Ferrite Cylinder with Air.

Measured materials constants parameters	Absorber Dimension(mm)					Band width with the tolerance limits of -20dB
	a	d	b	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	
K1 = 2,000 f <sub>m</sub> = 3.1MHz ε = 14	20	14.9	12.2	7.5	10	30~5,430MHz
K2 = 2,500 f <sub>m</sub> = 2.1MHz ε = 14						

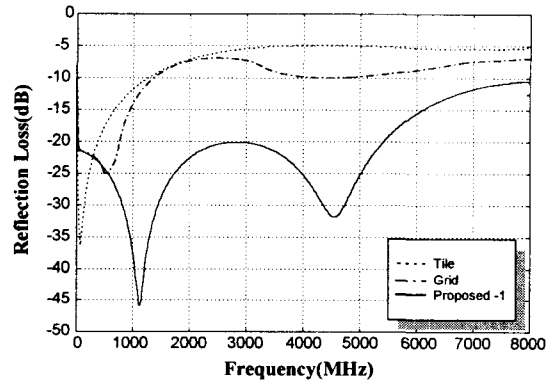


Fig. 10. The Characteristic of the Electromagnetic Wave Absorber in Table 1.

제안한 이론을 바탕으로 초투자율 2,000, 2,500 및 3,000 인 Ni-Zn 계 페라이트 재료를 사용하여 계산한 결과, 아래와 같은 결과를 나타내었다.

이는 기존의 격자형 페라이트 형태에 정방형 기동 구조의 페라이트를 한번 또는 두 번을 삽입한 구조를 가진 형태로서 2층 및 3층의 구조를 가진다. 2층형 구조일 때의 전체 두께는 17.5 mm 이고, 3층형 구조일 때는 전체 두께가 23.5 mm 정도로 이 때의 전파흡수능이 30 MHz에서 5,430 MHz 및 8,040 MHz의 주파수 대역에서 20 dB 이상의 반사감쇠량을 나타내었다.

Table 1은 등가재료 정수법을 사용하여 Ferrite 1의 초투자율 K1은 2,000, Ferrite 2의 초투자율 K2

는 2,500으로 하고 유전율은 14, 주기 a는 20 mm, 폭 b는 12.2 mm, 홈의 폭 d는 14.9 mm, 1층의 높이  $h_1$ 은 7.5 mm 2층의 높이  $h_2$ 는 10 mm로 하여 계산한 것으로 30 MHz에서 5,430 MHz의 주파수 대역에서 반사감쇠량 20 dB 이상의 값을 얻었다.

Table 2. Design Results of Electromagnetic Wave Absorbers Inserting Ferrite Cylinder in 3-layered Type.

Measured materials constants parameters	Absorber Dimension(mm)						Band width with the tolerance limits of -20dB
	a	d	b	$h_1$	$h_2$	$h_3$	
K1 = 2,000 $f_m$ = 3.1 MHz $\epsilon$ = 14	20	15.6	10.5	6.4	7.5	9.6	30 ~ 8,040MHz
K2 = 2,500 $f_m$ = 2.5 MHz $\epsilon$ = 14							
K3 = 3,000 $f_m$ = 2.1 MHz $\epsilon$ = 14							

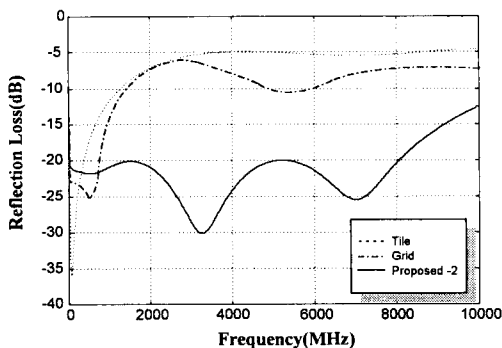


Fig. 11. The Characteristic of the Electromagnetic Wave Absorber in Table 2.

Table 2는 등가재료 정수법을 사용하여 Ferrite 1의 초투자율 K1은 2,000, Ferrite 2의 초투자율 K2는 2,500, Ferrite 3의 초투자율 K3는 3,000으로 하고 유전율은 14, 주기 a는 20 mm, 폭 b는 12.2 mm, 홈의 폭 d는 15.6 mm, 3층의 폭 b는 10.5 mm, 1층의 높이  $h_1$ 은 6.4 mm, 2층의 높이  $h_2$ 는 7.5 mm, 3층의 높이  $h_3$ 는 9.6 mm로 하여 계산한 것으로 30 MHz에서 8,040 MHz의 주파수 대역에서 반사감쇠량 20 dB 이상의 값을 얻었다.

Fig. 10과 Fig. 11은 각각 Air가 있는 기둥 삽입형 전파흡수체의 2층 구조와 정방형 기둥 삽입형 전파흡수체 3층 구조를 기존의 Tile과 Grid형 전파흡수

체를 등가재료 정수법을 사용하여 반사감쇠량이 20 dB 이상이 되는 주파수 대역을 비교한 것이다.

2층구조의 경우는 타일형 페라이트의 특성보다 14배, 격자형 페라이트보다 7배의 우수한 특성을 보였다. 3층 구조의 경우는 타일형 페라이트의 특성보다 20배, 격자형 페라이트보다 10배의 우수한 특성을 보였다.

## V. 결 론

본 논문에서 설계·제안된 전파흡수체의 제작은 다양한 재료를 사용할 수 있는 장점이 있으며, 제작에 있어서 기술상의 문제도 없을 것으로 생각된다. 여러 가지 재료를 사용하여 계산한 결과, 설계상의 기술이 많은 비중을 차지함을 알 수 있었다. 이는 기존의 전파무향실의 경우, 전파흡수체의 두께가 3 m 이상이 필요한 경우와는 달리, 전체두께가 17.5 mm 및 23.5 mm 미만의 두께로 30 MHz에서 5,430~8,040 MHz의 주파수 대역에서 20 dB 이상의 반사감쇠량을 가지게 됨으로써 주파수 대역폭, 공간적인 효율성, 가격경쟁력 및 제작의 용이성 등으로 비교할 때 세계에서 가장 우수한 전파흡수체가 될 것으로 사료된다. 위와 같은 결과는 전기·전자기기로부터 방사되는 전자파를 측정하기 위한 전파무향실, GTEM Cell 및 EMC/EMI 대책용으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] 김동일, 이창우, 전상엽, 정세모, “초광대역특성을 갖는 정방형 페라이트 기둥구조의 전파흡수체 설계법”, 한국향해학회지, 제19권, 제2호, pp. 99-106, 1995.
- [2] 강덕근, “새로운 전자파장해관련 기준 제/개정”, 전파진흥지, pp. 11-16, 1996. 11.
- [3] 김동일, 전상엽, 정세모, “제2층에 십자형 슬롯을 가지는 2층형 초광대역 전자파흡수체의 개발”, 한국전자파학회 종합학술대회 논문집, pp. 8-12, 1995.
- [4] 정세모, 김동일, 전상엽, “십자형 광대역 페라이트 전파흡수체의 설계”, 한국향해학회지, 한·중국학술심포지엄 및 추계학술발표회 논문집,

pp.125-134, 1996.

[5] Dong Il Kim, M. Takshashi, H. Anzai, S. Y. Jun, "Electromagnetic Wave Absorber with Wide-Band Frequency Characteristics Using Exponentially Tapered Ferrite", IEEE Trans. EMC, VOL. 38, NO. 2, pp. 173-177, 1996.

[6] 김동일, 전상엽, "Design of Improved Grid Type Electromagnetic Wave Absorber Using Exponentially Tapered Ferrite", '96 KJJC-EMCT, 한일합동학술발표회 논문집, pp. 627- 630, 1996.



김 동 일(Dong Il Kim)

1975년 2월 한국해양대학교 항해학과 졸업(공학사)

1977년 2월 한국해양대학교 대학원 전파공학전공(공학석사)

1984년 3월 일본 동경공업대학원 전기전자공학과(공학박사)

1975년 3월~1993년 9월 한국해양대학교 조교~부교수

1993년 10월~현재 한국해양대학교 전파공학과 교수

1990년 3월 10일 산학협동상 대상 수상

1993년 12월 11일 한국전자파학회 학술상 수상

1995년 4월 21일 과학기술진흥 대통령 표창 수상

1998년 9월 30일 한국항해학회 우수논문상 수상

\* 주관심분야 : 마이크로파 및 밀리미터파 회로의 설계, CATV 전송회로의 설계, 고성능 전파흡수체의 개발, EMI/EMC 대책 등



이 창 우(Chang-Woo Lee)

1991년 2월 부경대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1995년 2월 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(석사과정)

1995년 3월~현재 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과(박사과정)



김 하 근(Ha Guen Kim)

1998년 3월 한국해양대학교 공과대학 전파공학과 졸업(공학사)

현재 : 한국해양대학교 대학원 전파공학과(석사과정)



전 상 엽(Sang-Yup Jun)

1982년 2월 한국해양대학교 항해학과 졸업(공학사)

1992년 2월 한국해양대학교 대학원 선박 운항학 전공(공학석사)

1997년 8월 한국해양대학교 대학원 전자통신공학 전공(공학박사)

1989년 4월~현재 한국해양수산연수원 항해학과 부교수

\* 주관심분야 : 전파흡수체, 항법시스템 등



정 세 모(Se-Mo Chung)

1959년 5월 한국해양대학교 항해학과 졸업(이학사)

1967년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1971년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1976년 9월 동경공업대학 대학원 전자물리공학과 졸업(공학박사)

1964년 10월~현재 한국해양대학교 해사수송과학부 교수

\* 주관심분야 : 전파항법, 위성항법시스템 등