

# 전파무향실용 페라이트 전파흡수체의 설계

°이창우\*, 김동일\*, 김하근\*

\*한국해양대학교

## A Design of Ferrite Electromagnetic Wave Absorber for Anechoic Chamber

°Chang Woo Lee\*, Dong Il Kim\*, Ha Guen Kim\*

\*Korea Maritime University

E-mail : dikim@hanara.kmaritime.ac.kr

### 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 it the alone 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 (practically use urethane foam, etc.) on the ferrite tile. Therefore, an air layer is formed 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 600 MHz in bandwidth.

Accordingly, in this paper, a broadened electromagnetic wave absorber will be designed, which has the reflection characteristics less than -20 dB from 30 MHz to 6000 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 11 mm and with the frequency band from 30 MHz to 6000 MHz under the above tolerance limits.

The purpose of this research 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 TV ghost, etc.

### 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 EMI(전자파장해 ; Electromagnetic Interference) / EMC(전자파 양립성 ; 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, 20dB(99%) 이상의 전파흡수능을 가지는 주파수 대역이 30MHz에서 1000MHz 정도의 성능이 요구되고 있으며, 앞으로는 30MHz에서 5000MHz 이상의 성능인 것이 요구될 전망이다.[3][10]

이와 같은 전파흡수체를 사용하는 전파무향실은 페라이트 소결체에 카본스티를을 적층한 복합형 전파흡수체가 사용되고 있으며, TDK에서는 두께 7 mm, 주파수 50MHz에서 400MHz대역에서 20dB(99%) 이상의 전파흡수능을 가지는 페라이트타일과 두께 75 cm의 카본스티를을 적층하여 전파무향실용으로 사용하고 있다. 또한 Nisshinbo Tempest의 경우는 30MHz에서 800MHz 대역에서 20dB 이상의 전파흡수체능을 가진 Grid형 전파흡수체를 개발하여 양산하고 있다.[3][6][10]

따라서, 본 연구에 있어서는 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 하는 것에 목표를 두고 있으며, 개발성공시, 국내 기술의 획기적인 전환점을 이룰 것으로 전망된다.

I - 2 연구목적

본 연구의 목적은 30MHz에서 6000MHz의 초광대역에 걸쳐 반사감쇠량 20dB(전파흡수능 99%) 이상의 전파흡수능을 가지며, 제작이 용이한 고성능 전파흡수체를 개발함으로써, 전기·전자기로부터 방사되는 전자파를 측정하기 위한 전파무향실을 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 정방향 페라이트 기등을 가지는 페라이트 전파흡수체를 삽입하는 형태인데 이는 기존의 페라이트 단체(동일 재료)로 이루어진 2층 페라이트가 주파수대역이 30MHz에서 3600MHz이었던 점에 착안하여, 복소투자율의 주파수분산특성이 서로 다른 종류의 페라이트를 2층형 또는 3층형으로 구성되면서 전체 두께가 11mm 이하이고, 제작이 용이한 새로운 형상의 전파흡수체를 제안, 설계·제조하는 것이다. 본 연구진이 제안한바 있는 등가재료정수 제어방법을 창의적으로 활용하여 유효 주파수대역을 30MHz에서 6000MHz까지 광대역화함은 물론, 제작이 용이한 새로운 형상의 전파흡수체를 설계하고자 한다.

II. 등가재료정수

II- 1 등가유전율

Fig.2.1과 같이 y방향으로 폭 w, x방향으로 두 평판 사이의 간격이 g인 평행판 전송선로에서 z 방향으로 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 나온다.

금속판에서 y방향의 폭 w, z방향의 길이 a의 구역에 있는 전하를 Q, 평행도체판간의 총 용량을 C, 전송선로에 채워진 물질의 유전율을 ε이라고 하면 다음 관계가 성립한다.[17]

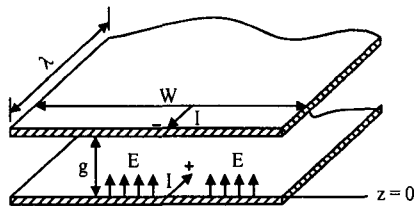


Fig.2.1. A Parallel Plate Transmission

$$Q = CV \tag{2.1}$$

$$V = gE_x \tag{2.2}$$

$$\rho = \epsilon E_x = \frac{\epsilon V}{g} \tag{2.3}$$

$$Q = w \times a \times \rho = \epsilon \frac{wa}{g} V \tag{2.4}$$

따라서, 단위길이당 용량은 식(2.5)과 같다.

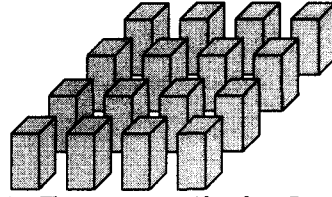


Fig.2.2. An Eletromagnetic Absorber Composed of Periodic Arrays of Square Ferrite Cylinder

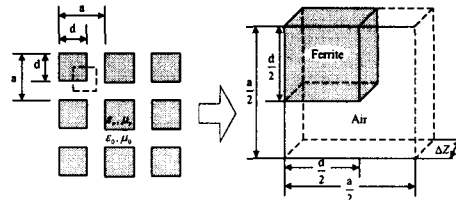


Fig.2.3. A Model for Calculation of Equivalent Material Constants

$$\frac{C}{a} = \frac{\epsilon w}{g} \tag{2.5}$$

Fig.2.1.를 이용하여 Fig.2.3. 같은 합성용량 모델을 만들 수 있으며, 총 합성용량 C는 아래와 같이 계산할 수 있다.[15][16] 여기서,

$$C_{A1} = \epsilon_0 \Delta z,$$

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

$$C_{F3} = \frac{d\epsilon_0 \Delta z}{a}$$

$$C = \left\{ \frac{(a-b)\epsilon_0 \epsilon_r \Delta z}{a + (a-d)\epsilon_r} + \frac{d\epsilon_0}{a} \right\} \epsilon_0 \Delta z \tag{2.6}$$

따라서, Fig.2.3에서 Δz의 두께를 가지는 구조에 대한 등가유전율 ε<sub>eq</sub>는 식(2.8)과 같이 계산할 수 있다.

$$\epsilon_{eq} = \frac{C}{\epsilon_0 \Delta z} \tag{2.7}$$

$$\epsilon_{eq} = \frac{(a-b)\epsilon_0 \epsilon_r \Delta z}{a + (a-d)\epsilon_r} + \frac{d\epsilon_0}{a} \tag{2.8}$$

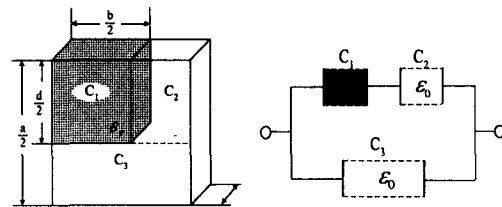


Fig.2.4. A Synthesized Capacitance Model

II- 2 등가 투자율

이 평행판 또한, Fig.2.1.에서 L을 자기인덕턴스

라고 하면,  $ga$  구역을 자르는 자속은 식 (2-6)과 같이 주어진다. 전송선로에서 아래쪽 판에서는  $+z$  방향으로, 위쪽판에서는  $-z$  방향으로 흐르는 전류를  $I$ ,  $+y$  방향으로 유가되는 자계를  $H$ , 자속밀도를  $B$ , 전송선로에 채워진 물질의 투자율을  $\mu$ ,  $ga$ 를 자르는 자속을  $\Phi$ , 평행도체판간의 총 합성인덕턴스를  $L$ 이라고 하면 다음 관계가 성립한다.

$$H = \frac{I}{w} \quad (2.9)$$

$$B = \frac{\mu}{w} I \quad (2.10)$$

$$\Phi = B \times g \times a = \mu \frac{g}{w} I \quad (2.11)$$

$$L \frac{dI}{dt} = \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.12)$$

식(2.12)는 정상전류에서 식(2.13)와 같다.

$$L = \frac{\Phi}{I} = \mu \frac{ga}{w} \quad (2.13)$$

따라서, 단위길이당 인덕턴스는 식(2.14)과 같이 주어진다.

$$\frac{L}{a} = \frac{g\mu}{w} \quad (2.14)$$

Fig.2.2.를 이용하여 위와 같은 방법으로 Fig.2.4. 같은 합성인덕턴스 모델을 만들 수 있다. 총 합성인덕턴스  $L$ 은 아래와 같이 계산할 수 있다. 여기서,

$$L_{A1} = \mu_0 \Delta z$$

$$L_{F2} = \frac{(a-d) \mu_0 \mu_r \Delta z}{d}$$

$$L_{F3} = \frac{d \mu_0 \mu_r \Delta z}{a}$$

$$L = \left\{ \frac{(a-d) \mu_r \mu_0 \Delta z}{d + (a-b) \mu_r} + \frac{d \mu_r}{a} \right\} \mu_0 \Delta z \quad (2.15)$$

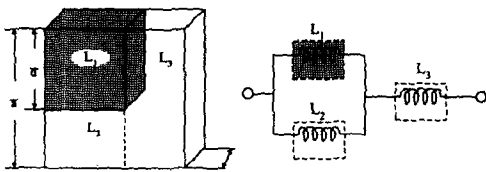


Fig.2.5 A Synthesized Inductance Model

따라서, Fig.2.2과 같은 구조에 대한 등가투자율  $\mu_{eq}$ 는 식(2.17)와 같이 주어진다.

$$\mu_{eq} = \frac{L}{\mu_0 \Delta z} \quad (2.16)$$

$$\mu_{eq} = \frac{(a-d) \mu_r \mu_0 \Delta z}{d + (a-b) \mu_r} + \frac{d \mu_r}{a} \quad (2.17)$$

상기 설명한 방법을 등가재료정수법이라고 한다.

### III. 전파무향실 전파흡수체의 설계 III-1 공기부가 포함된 사각형 구조의 삽입형 전파흡수체 설계

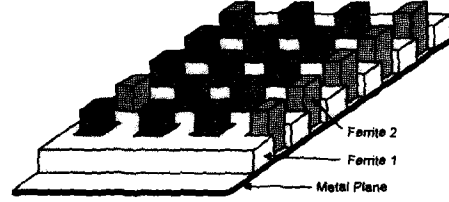


Fig.3.1. The Typical Shape of Electromagnetic Wave Absorber Inserting Ferrite Cylinder with Air.

Fig.3.1과 같은 구조를 가지며 기존의 격자형 전파흡수체 형태에 공기부분이 포함된 사각기둥 구조를 가진 형태를 삽입한 형태를 이루고 있다. 사용한 재료정수는 초투자율 2000, 2500 및 3000을 사용하였고, 비유전율은 14를 사용하였다.

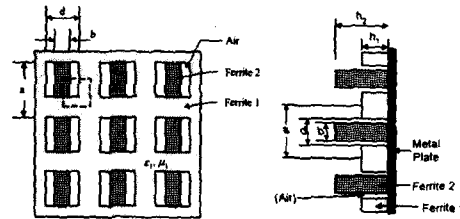


Fig.3.2. Top View & Side View of Fig.3.1

Fig.3.2의 구조는 X축 및 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.3.1의 1층 및 2층의 합성용량과 합성인덕턴스를 앞의 등가재료정수법을 이용하여 계산할 수 있으며, 1층의 합성용량  $C$ 와 등가유전율  $\epsilon_{eff}$ , 합성인덕턴스  $L$ 과 등가투자율  $\mu_{eff}$ 는 아래와 같이 구할 수 있다.

$$C = \left\{ \frac{d \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2}}{b \cdot \epsilon_{r1} + (d-b) \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2} + (a-d) \cdot \epsilon_{r2}} + \frac{(a-d) \cdot \epsilon_{r1}}{a} \right\} \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta z \quad (3.1)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{d \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2}}{b \cdot \epsilon_{r1} + (d-b) \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2} + (a-d) \cdot \epsilon_{r2}} + \frac{(a-d) \cdot \epsilon_{r1}}{a} \quad (3.2)$$

$$L = \frac{b \cdot \mu_0 \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2} \cdot \Delta z}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(d-b) \cdot \mu_0 \cdot \mu_{r1} \cdot \Delta z}{(a-d) + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \mu_0 \cdot \mu_{r1} \cdot \Delta z}{a} \quad (3.3)$$

$$\mu_{eff} = \frac{b \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(d-b) \cdot \mu_{r1}}{(a-d) + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \mu_{r1}}{a} \quad (3.4)$$

2층의 합성용량 C와 등가유전율  $\epsilon_{eff}$ , 합성인덕턴스 L과 등가투자율  $\mu_{eff}$ 도 같은 방법으로 아래와 같이 구할 수 있다.

$$C = \frac{d \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r2} \cdot \Delta z}{(a-b) \cdot \epsilon_{r2} + b} + \frac{(a-d) \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta z}{a} \quad (3.5)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{d \cdot \epsilon_{r2}}{(a-b) \cdot \epsilon_{r2} + b} + \frac{a-d}{a} \quad (3.6)$$

$$L = \left\{ \frac{b \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d} + \frac{a-b}{a} \right\} \cdot \mu_0 \cdot \Delta z \quad (3.7)$$

$$\mu_{eff} = \frac{b \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d} + \frac{(a-b)}{a} \quad (3.8)$$

Table.3.1 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	h1	h2	
K1 = 2,000 fm = 3.1MHz $\epsilon = 14$	20	14.9	12.2	7.5	10	30~5,430MHz
K2 = 2,500 fm = 2.1MHz $\epsilon = 14$						

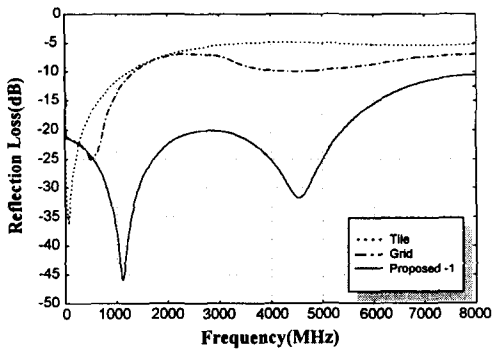


Fig.3.3 The Characteristic of the Electromagnetic

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

Fig.3.4와 같은 구조를 가지며 기존의 격자형 전파흡수체 형태에 정방형기둥 구조를 가진 페라이트를 삽입한 형태를 이루고 있다. 사용한 재료 정수는 초투자율 2000, 2500 및 3000을 사용하였고, 비유전율은 14를 사용하였다.

Fig.3.5의 구조는 X축 및 Y축이 대칭의 구조를 한 부분만을 해석하여도 전체의 특성을 파악할

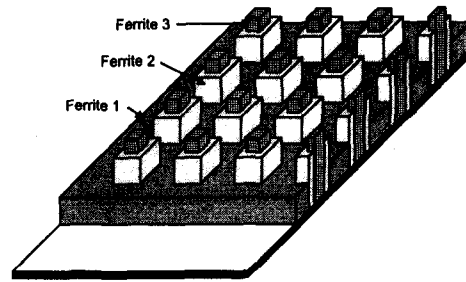


Fig.3.4 The Typical Shape of Electromagnetic Wave Absorber Inserting Ferrite Cylinder by 2-time.

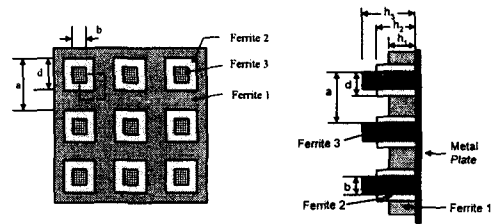


Fig.3.5 Top View & Side View.

수 있다. 또한 3층의 구조를 가지므로 1층, 2층 및 3층의 구조를 각각 해석하여 등가회로를 구성한다. 재료정수법을 이용하여 Fig.3.4의 1층, 2층 및 3층의 합성용량 C와 등가유전율  $\epsilon_{eff}$ , 합성인덕턴스 L과 등가투자율  $\mu_{eff}$ 를 계산할 수 있다.

$$C = \left\{ \frac{b \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}}{(b \cdot \epsilon_{r2} + (d-b) \cdot \epsilon_{r3}) \cdot \epsilon_{r1} + (a-d) \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2}}{(a-d) \cdot \epsilon_{r2} + d \cdot \epsilon_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \epsilon_{r1}}{a} \right\} \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta z \quad (3.9)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{b \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}}{(b \cdot \epsilon_{r1} + (d-b) \cdot \epsilon_{r3}) \cdot \epsilon_{r1} + (a-d) \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \epsilon_{r1} \cdot \epsilon_{r2}}{(a-d) \cdot \epsilon_{r2} + d \cdot \epsilon_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \epsilon_{r1}}{a} \quad (3.10)$$

$$L = \left\{ \frac{b \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}}{b \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2} + \mu_{r1} \cdot \mu_{r3} \cdot (d-b) + \mu_{r2} \cdot \mu_{r3} \cdot (a-d)} + \frac{(d-b) \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \mu_{r1}}{a} \right\} \cdot \mu_0 \cdot \Delta z \quad (3.11)$$

$$\mu_{eff} = \frac{b \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}}{b \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2} + \mu_{r1} \cdot \mu_{r3} \cdot (d-b) + \mu_{r2} \cdot \mu_{r3} \cdot (a-d)} + \frac{(d-b) \cdot \mu_{r1} \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d \cdot \mu_{r1}} + \frac{(a-d) \cdot \mu_{r1}}{a} \quad (3.12)$$

2층의 합성용량 C와 등가유전율  $\epsilon_{eff}$ , 합성인덕턴스 L과 등가투자율  $\mu_{eff}$ 도 같은 방법으로 아래와 같이 구할 수 있다.

$$C = \frac{b \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3} \cdot \Delta z}{(b \cdot \epsilon_{r2} + (d-b) \cdot \epsilon_{r3}) + (a-d) \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r2} \cdot \Delta z}{(a-d) \cdot \epsilon_{r2} + d} + \frac{a-d}{a} \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta z \quad (3.13)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{b \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}}{(b \cdot \epsilon_{r2} + (d-b) \cdot \epsilon_{r3}) + (a-d) \cdot \epsilon_{r2} \cdot \epsilon_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \epsilon_{r2}}{(a-d) \cdot \epsilon_{r2} + d} + \frac{a-d}{a} \quad (3.14)$$

$$L = \left\{ \frac{b \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}}{b \cdot \mu_{r2} + (d-b) \cdot \mu_{r3} + (a-d) \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d} + \frac{a-d}{a} \right\} \cdot \mu_0 \cdot \Delta z \quad (3.15)$$

$$\mu_{eff} = \frac{b \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}}{b \cdot \mu_{r2} + (d-b) \cdot \mu_{r3} + (a-d) \cdot \mu_{r2} \cdot \mu_{r3}} + \frac{(d-b) \cdot \mu_{r2}}{(a-d) \cdot \mu_{r2} + d} + \frac{a-d}{a} \quad (3.16)$$

3층의 합성용량 C와 등가유전율  $\epsilon_{eff}$ , 합성인덕턴스 L과 등가투자율  $\mu_{eff}$ 도 같은 방법으로 아래와 같이 구할 수 있다.

$$C = \frac{b \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r3} \cdot \Delta z}{(a-b) \cdot \epsilon_{r3} + b} + \frac{(a-b) \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta z}{a} \quad (3.17)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{b \cdot \epsilon_{r3}}{(a-b) \cdot \epsilon_{r3} + b} + \frac{a-b}{a} \quad (3.18)$$

$$L = \left\{ \frac{b \cdot \mu_{r3}}{(a-b) \cdot \mu_{r3} + b} + \frac{a-b}{a} \right\} \cdot \mu_0 \cdot \Delta z \quad (3.19)$$

$$\mu_{eff} = \frac{b \cdot \mu_{r3}}{(a-b) \cdot \mu_{r3} + b} + \frac{a-b}{a} \quad (3.20)$$

Table.3.2 Design Results of Electromagnetic Wave Absorbers Inserting Ferrite Cylinder by 2-time.

Measured materials constants parameters	Absorber Dimension(mm)						Band width with the tolerance limits of -20dB
	a	d	b	h1	h2	h3	
K1 = 2,000 fm = 3.1MHz $\epsilon = 14$	20	15.6	10.5	6.4	7.5	9.6	30~8,040MHz
K2 = 2,500 fm = 2.5MHz $\epsilon = 14$							
K2 = 3,000 fm = 2.1MHz $\epsilon = 14$							

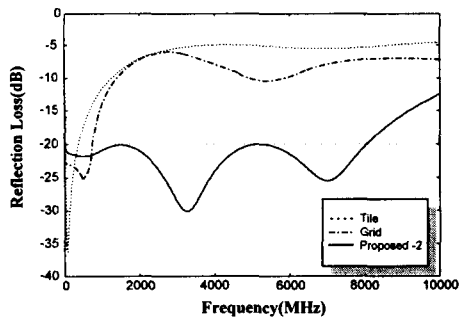


Fig.3.6 The Characteristic of the Electromagnetic Wave Absorber

#### IV. 결 론

서로 다른 종류의 페라이트를 삽입한 형태의 2층 및 3층구조를 구성하면서도 제작이 용이한 기둥구조 페라이트 삽입형 전파흡수체를 제안하여 설계함으로써 30MHz에서 8GHz의 주파수대역에서 20dB 이상의 반사감쇠량을 가지는 페라이트를 개발하였다. 특히, 기존의 단일 페라이트 기둥구조 2층형 전파흡수체의 제작 시 생기는 제작의 어려움을 해결하였다.

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

첫 번째 경우는 기존의 격자형 페라이트 형태에 공기부분이 포함된 직사각형 기둥구조의 페라이트를 삽입하여 전체 두께는 최대 10mm 정도로 30MHz에서 5,430MHz의 주파수 대역에서 20dB 이상의 반사감쇠량을 나타내었다. 이는 타일형 페라이트의 특성보다 14배, 격자형 페라이트 보다 7배의 우수한 특성을 보였다.

두 번째 경우는 기존의 격자형 페라이트 형태를 삽입한 뒤, 정방형 기둥구조의 페라이트를 한번 더 삽입한 구조를 가진 형태로서 전체 두께는 최대 9.6mm 정도로 30MHz에서 8,040MHz의 주파수 대역에서 20dB 이상의 반사감쇠량을 나타내었다. 이는 타일형 페라이트의 특성보다 20배, 격자형 페라이트 보다 10배의 우수한 특성을 보였다. 위의 설계·제안된 전파흡수체의 제작은 현재의 기술로 문제가 되지 않을 것으로 생각된다. Ferrite 1, Ferrite 2 및 Ferrite 3의 세가지 재료를 사용하여 여러가지 경우로 계산한 결과, 세 경우 모두가 설계상의 기술이 많은 비중을 차지함을 알 수 있었다. 이는 기존의 전파무향실의 경우, 전파흡수체의 두께가 3m 이상이 필요한 경우와는 달리, 최대 10mm 미만의 두께로 30MHz에서 8GHz의 주파수 대역에서 20dB 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·전자기로부터 방사되는 전자파를 측정하기 위한 전파무향실, GTEM Cell 및 EMC / EMI 대책용으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### V. 참고문헌

- [1] 김동일, 전상엽, "EMI/EMC 대책용 광대역화 전파흡수체의 개발에 관한 연구", 한국향해학회지 제15권 제4호, pp.13-35, 1991. 12.
- [2] 정세모, 김동일, 김민석, "전파반무향실의 평가에 관한 연구", 한국향해학회지 제19권 제1호, pp.9-16, 1995.
- [3] 김동일, 이창우, 전상엽, 정세모, "초광대역특성을 갖는 정방형 페라이트 기둥구조의 전파흡수체 설계법", 한국향해학회지 제19권 제2호,

- pp.99-106, 1995.
- [4] 정세모, 김동일, 전상엽, "초광대역 특성을 가지는 Ferrite 전파흡수체의 설계법", 연세대학교 전자통신공동연구소 논문집, 제2권, 제1호, pp.125-132, 1996.
- [5] 정세모, 김동일, 김민석, "전파반무향실의 수직면파에 대한 특성평가", 한국향해학회지, 제20권 제3호, pp.107-115, 1996.
- [6] 정세모, 김동일, "합정 스텔스 재료의 개발현황", 제2회 해군해양과학심포지엄 논문집, pp.131-152, 1996.
- [7] 정세모, 김동일, 전상엽, "제2층에 십자형 슬롯을 가지는 2층형 초광대역 전자파흡수체의 개발", 한국전자파학회 종합학술대회 논문집, pp.8-12, 1995.
- [8] 정세모, 김동일, 전상엽 "Design of Improved Grid Type Electromagnetic Wave Absorber Using Exponentially Tapered Ferrite", '96 KJJC-EMCT, 한일합동 학술발표회 논문집, pp.627-630, 1996.
- [9] 정세모, 김동일, 전상엽, "십자형 광대역 페라이트 전파흡수체의 설계", 한국향해학회지 한·중국학술심포지엄 및 추계학술발표회 논문집, pp.125-134, 1996.
- [10] 강덕근, "새로운 전자파장해관련 기준 제/개정", 전파진흥지, pp.11-16, 1996. 11.
- [11] 김동일, 전상엽, "Design of Improved Grid Type Electromagnetic Wave Absorber Using Exponentially Tapered Ferrite", '96 KJJC-EMCT, 한일합동 학술발표회 논문집, pp.627-630, 1996.
- [12] 김동일, 전상엽, "Super Wide-Band Electromagnetic Wave Absorber with Exponentially Tapered Ferrite Arrays", 대한전자공학회 논문집, 제34D권 제4호, 1997.
- [13] 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.
- [14] Y. Naito et al., "Anechoic chamber fitted with ferrite grid or ferrite multi-layer electromagnetic wave absorbers", EMC'94 ROMA, pp.229-234, Sep. 1994.
- [15] C. L. Holloway and E. F. Kuester, "A low-frequency model for wedge or pyramid absorber arrays-II: Computed and measured results", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 36, No.4, Nov. 1994.
- [16] G. N. Dulner, "Thermal conductivity of mixtures with interpenetrating components", J.Engr. Phys., vol.19, No.3, pp.1195-1206, Sept. 1970
- [17] H. Takahashi, Waves , Maruzen Publishing Co., Tokyo, Japan, 1973