

# 표준형 피라미드타입 초광대역 전파흡수체의 설계에 관한 연구

김대훈\* · 손준영\* · 김동일\*\*

\*한국해양대학교 전파공학과 대학원, \*\*한국해양대학교 전파·정보통신공학부 교수

## A Study on Design of the standard pyramidal EM Wave absorber with super wide band chracteristics

*Dae-Hun Kim\* · June-Young Son\* · Dong-Il Kim\*\**

*\*Dept. of Radio Science & Engineering, Graduate school of Korea Maritime University*

*\*\*Division of Radio and Information Communication Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea*

**요 약 :** 국제 규격을 충족하는 전파무향실을 구축하기 위하여 광대역성을 가지는 페라이트 전파흡수체에 피라미드형 카본 혼입 발포 유전체 전파흡수체를 부착시킨 초광대역성 전파흡수체의 설계 방법을 제안하였다. 기존의 페라이트 전파흡수체는 흡수능 20 dB 이상을 만족하는 주파수 대역이 30 MHz에서 6 GHz 였으나 본 논문에서 제안하는 페라이트 전파흡수체 위에 피라미드형 유전체 전파흡수체를 적층시킨 전파흡수체는 흡수능 20 dB 이상을 만족하는 주파수 대역이 30 MHz에서 18 GHz까지 확장되어 국제규격을 충족시키는 전파흡수체를 개발하였다.

**핵심용어 :** 피라미드형, 광대역 전파흡수체, 카본 혼입 우레탄

**ABSTRACT :** *In this paper, a super wide-band EM wave absorber was designed by attaching pyramidal type absorber on the broadband ferrite absorber. The ferrite absorber in hemisphere type in cutting cone-shaped absorber was used, the band-width of which was brodbanded by attaching pyramidal type carbon urethane absorber on the ferrite absorber. As a result, the bandwidth has been broadened from 30 MHz to 18 GHz, which that of ferrite absorber has 30 MHz - 6 GHz band-width.*

**KEY WORDS :** pyramidal type, broadband EM wave absorber, carbon intermixed urethane foam

### 1. 서 론

오늘날 전자 통신 기술의 발달은 일상생활을 편리하게 해 주는 반면, 전자파 사용의 증대로 인해 전자자기간의 간섭으로 인한 오동작 등과 같은 전자파장해 현상이 심각한 사회 문제로 대두되고 있다. 따라서 전자파장해에 대한 대책이 중요한 과제로 부각되었고, 그 대책을 위해 EMI, EMS의 측정이 보다 더 중요해졌다. 국제적으로는 CISPR, 미국에서는 FCC, ANSI 등의 규제를 만들게 되었으며, 우리나라에서도 전자통

만들어 수출에 대비하고 있다[2]. 이러한 전자파장해 대책을 위한 EMI/EMS 측정 공간으로서 전파무향실(Anechoic Chamber)이 필요하게 되었고 다목적 전파 무향실을 위한 광대역 전파흡수체가 필요하게 되었다. 기존의 국제규격기준(ANSI C634-1991, CISPER A SEC109, 또는 IEC 801-3)을 충분히 만족시켜야하는 주파수 대역이 30 MHz에서 1 GHz 정도였으나 1998년 11월 6일 CISPER(국제 무선 장해 특별 위원회)에서는 논의 되어왔던 방사 측정 주파수의 범위를 CISPER11[3]에서 18 GHz까지 대역을 확장시켰다[4][5].

이러한 전자파 무향실 구축을 만족시키는 광대역 흡수능 구축하기

표준형 피라미드타입 초광대역 전파흡수체의 설계에 관한 연구

의 전파흡수능을 가지는 전파흡수체가 요구되지만, 기존의 전파 흡수체인 타일형 페라이트(Tile Ferrite)는 흡수대역이 30 MHz에서 400 MHz이고 격자형 페라이트(Grid Ferrite)는[6] 흡수대역이 30 MHz에서 870 MHz로 국제규격을 만족시키지 못하는 문제점이 있다[7][8][9]. 본 연구에서는 위와 같은 문제점 해결을 위한 초광대역 특성의 범용 전파흡수체를 개발하기 위하여, 광대역 Ferrite 흡수체 위에 피라미드형 유전체 전파 흡수체를 부착한 복층형 초광대역 전파흡수체를 설계하였다. 시뮬레이션을 통해 최적의 설계 패러미터를 구하고 실측을 통해 이를 확인하였다.

## 2. 복층 전파흡수체의 해석

### 2.1 복층 전파흡수체의 형상

제안한 전파흡수체를 Fig. 1에 나타내다. Fig. 2는 제안한 전파 흡수체의 측면도와 평면도를 나타낸 것이다. Fig. 1과 Fig. 2는 본 연구실에서 기존에 제작한 흡수체에 피라미드 타입 전파 흡수체를 부착한 모습을 나타낸다.

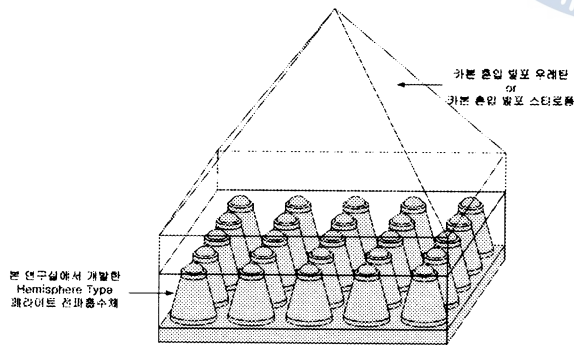


Fig 1 A cross-eyed of designed EM Wave Absorber.

### 2.2 페라이트 전파흡수체의 해석

페라이트 전파흡수체의 다층형 모델이 Fig. 3에 나타나있다.

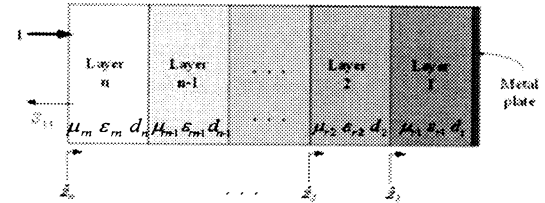


Fig 3 Multi-layered Model of Ferrite EM Wave Absorber.

첫째 단에서의 정규화 된 임피던스는

$$\hat{z}_1 = \sqrt{\frac{\mu_{r1}}{\epsilon_{r1}}} \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\mu_{r1}\epsilon_{r1}} d_1) \quad (1)$$

여기서  $\epsilon_r$ : 각 층에서의 등가유전율

$\mu_r$ : 각 층에서의 등가투자율

$d$ : 각 층의 길이

임의의 단에서의 정규화 된 임피던스는

$$\hat{z}_i = \sqrt{\frac{\mu_{ri}}{\epsilon_{ri}}} \frac{\hat{z}_{i-1} + \sqrt{\frac{\mu_{ri}}{\epsilon_{ri}}} \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\mu_{ri}\epsilon_{ri}} d_i)}{\sqrt{\frac{\mu_{ri}}{\epsilon_{ri}}} + \hat{z}_{i-1} \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\mu_{ri}\epsilon_{ri}} d_i)} \quad (2)$$

최종단에서의 정규화 된 임피던스는

$$\hat{z}_n = \sqrt{\frac{\mu_{rn}}{\epsilon_{rn}}} \frac{\hat{z}_{n-1} + \sqrt{\frac{\mu_{rn}}{\epsilon_{rn}}} \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\mu_{rn}\epsilon_{rn}} d_n)}{\sqrt{\frac{\mu_{rn}}{\epsilon_{rn}}} + \hat{z}_{n-1} \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\mu_{rn}\epsilon_{rn}} d_n)} \quad (3)$$

### 2.3 피라미드형 카본 우레탄 흡수체의 해석

전파흡수체 설계 시 등가재료정수법[6]을 사용하였으며 본 연구에서 제안된 탄소함유 피라미드의 경우는 유전체 이므로 등가

정전용량을 계산하고 그것으로부터 총 합성용량 C를 구할 수 있다.

$$C_1 = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{d/2 \cdot \Delta z}{d/2} = \epsilon_0 \epsilon_r \Delta z \quad (4)$$

$$C_2 = \frac{d/2 \epsilon_0 \Delta z}{(1/2)(a-d)} = \frac{d \epsilon_0 \Delta z}{(a-d)} \quad (5)$$

$$C_3 = \frac{(1/2)(a-d) \epsilon_0 \Delta z}{a/2} = \frac{(a-d) \epsilon_0 \Delta z}{a} \quad (6)$$

$$C = \left\{ \frac{(a-d)}{a} + \frac{\epsilon_r d}{(a-d)\epsilon_r + d} \right\} \epsilon_0 \Delta z \quad (7)$$

따라서, Fig. 1에서  $\Delta z$ 의 두께를 가지는 구조에 대한 등가 유전율  $\epsilon_{eq}$ 는

$$\epsilon_{eq} = \frac{C}{\epsilon_0 \Delta z} \quad (8)$$

$$\epsilon_{eq} = \frac{(a-d)}{a} + \frac{\epsilon_r d}{(a-d)\epsilon_r + d} \quad (9)$$

와 같이 계산 할 수 있다.

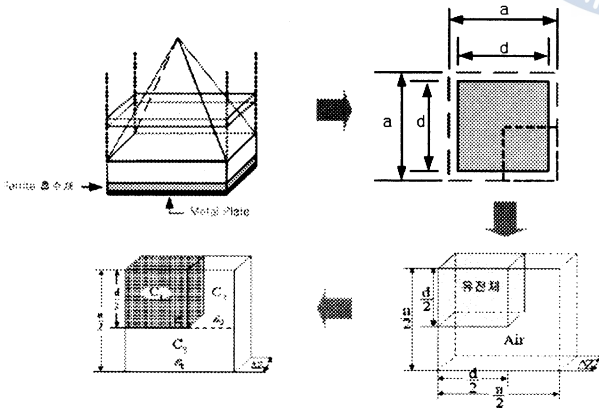
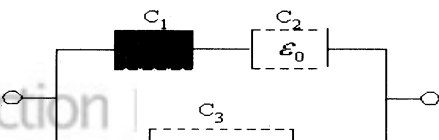


Fig 4 A Capacitance Model for Calculation of Equivalent Constants.



## 2.4 다층형 해석모델에 의한 복층형 전파흡수체의 해석

다음은 각 층의 등가 모델에 대하여 임피던스 및 반사계수를 구하는 과정이다. 첫 단계에 걸리는 임피던스 값을 계산하여 계속적으로 계산하면 최종 단계에서 계산되는 임피던스의 값은 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

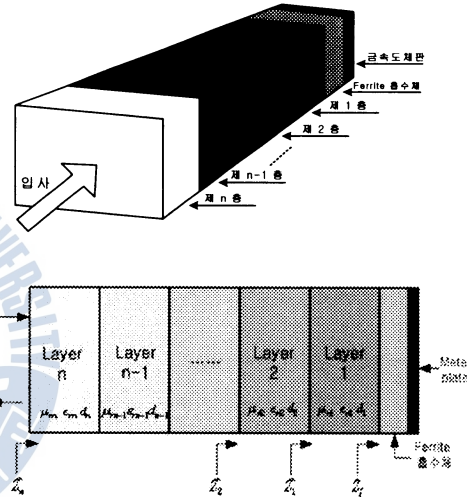


Fig 6 Multi-layered Model of Pyramidal EM Wave Absorber.

첫 단계의 임피던스는 다음과 같으며

$$\hat{z}_1 = \frac{\hat{z}_f + \sqrt{\frac{1}{\epsilon_{r1}}} \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_{r1}} d_1)}{\sqrt{\frac{1}{\epsilon_{r1}} + \hat{z}_f \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_{r1}} d_1)} \quad (10)$$

이어서 계산되는 최종 값은 다음 식과 같다.

$$\hat{z}_n = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_{rn}}} \frac{\hat{z}_{n-1} + \sqrt{\frac{1}{\epsilon_{rn}}} \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_{rn}} d_n)}{\sqrt{\frac{1}{\epsilon_{rn}} + \hat{z}_{n-1} \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_{rn}} d_n)} \quad (11)$$

이렇게 구해진 최종 임피던스의 값으로 반사계수를 구할 수

### 3. 시뮬레이션 결과 및 분석

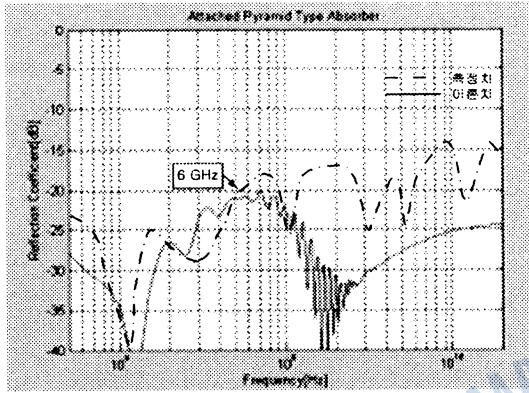


Fig 7 Frequency Characteristics of Hemisphere Type EM Wave Absorber.

Fig. 7은 원추절단형 위에 반구를 부착시킨 페라이트 전파흡수체의 특성을 나타내는 그래프이다. 실선은 시뮬레이션 한 이론치를 나타내고 점선은 실제 측정치를 나타낸다. 20 dB 이상의 흡수능을 나타내는 최대주파수는 약 6 GHz인 것을 알 수가 있다.

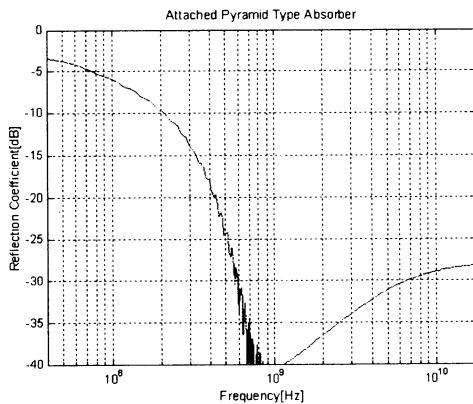


Fig 8 Simulated Frequency Characteristic of Pyramidal EM Wave Absorber (Height : 10 cm).

다음으로 피라미드의 높이를 10 cm, 탄소함유량을 24 %로 고정을 한 뒤 그 특성을 알아보기 위하여 시뮬레이션을 해보았다. Fig. 8은 그 이론치를 나타내는 그래프이다.

시뮬레이션에 사용된 탄소함유량에 따른 유전율은 참고문헌을

주파수가 18 GHz로써 페라이트 전파흡수체보다 광대역화 되었음을 알 수 있다.

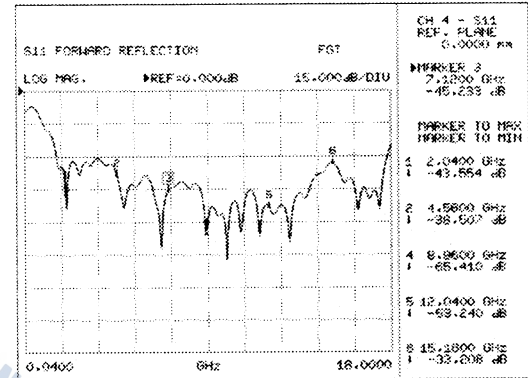


Fig 9 Measured Frequency Characteristic of Pyramidal EM Wave Absorber (Carbon Content : 24 %)

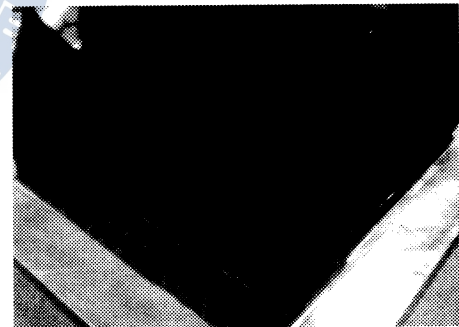


Fig 10 A Fabricated Model.

### 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 전파 암실용 전파흡수체로서 기존에 사용하는 흡수체의 흡수능을 초광대역화 시킬 수 있는 부착형 피라미드타입 전파 흡수체를 제안하였다. 페라이트 전파흡수체는 20 dB 이상의 흡수능을 가지는 주파수 대역이 6 GHz인 반면 페라이트 전파흡수체 위에 본 논문에서 제안하는 피라미드형 전파흡수체를 부착 하였을 시에는 20 dB 이상의 흡수능을 가지는 주파수 대역이 18 GHz로써 초광대역화 됨을 알 수가 있었다. 본 논문에서는 페라이트 전파흡수체로 단독으로 사용하는 경우의 한점 선계를 한 후 피라

## 후 기

이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2003-005-D00006)

## 참 고 문 헌

- [1] "A Study on Absorption Characteristics of Hemisphere Type on Cutting Cone Shaped Absorber for Obliquely Incident EM Waves" June Young Son and Dong Il Kim, APMC 03, pp.53-56,2003. 11. 4-7.
- [2] 김동일, 전상엽, "EMI/EMC 대책용 광대역화 전파흡수체의 개발에 관한 연구" 한국향해학회지 제 15권 제 4호, pp.13-35, 1991. 12.
- [3] CISPR/B/RVC, CISPR II, 1998. 11. 8.
- [4] 김동일, 이창우, 전상엽, 정세모, "초광대역특성을 갖는 정방형 페라이트 기둥구조의 전파흡수체 설계법", 한국향해학회지 제19권 제2호, pp.99-106, 1995.
- [5] 강덕근, "새로운 전자과장해관련 기준 제/개정", 전파진흥지, pp.11-16, 1996. 11.
- [6] Y.Naito et al., "Characteristics of grid ferrite electromagnetic wave Absorber", IECE of Japan, Vol. J76-B-II, No.11, pp.898-905, Nov. 1993.
- [7] 김동일, 전상엽, 정세모, "제2층에 십자형 슬롯을 가지는 2층형 초광대역 전파흡수체의 개발", 한국전자과학회 종합학술대회 논문집, pp.8-12, 1995.
- [8] Dong Il Kim, Michiharu Takahashi, Hiroki Anzai, Sang Yup Jun, "Electromagnetic wave absorber with wide-band frequency characteristics using exponentially tapered ferrite", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol.38, No.2 pp.173-177, May 1996.
- [9] 김동일, 전상엽, "십자형슬롯을 가지는 적층형 초광대역 페라이트 전파흡수체의 설계", 한국전자과학회 논문지, 제7권, 제4호, pp.346-352, 1996.
- [10] Christopher L. Holloway, Ronald R. Delyser, Robert F. German, Paul Mckenna, and Motohisa Kanda, "Comparison of Electromagnetic Absorber Used in Anechoic and Semi-Anechoic Chambers for Emissions and Immunity Testing of Digital Device." IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, VOL.39, NO. 1, p.33~47, Feb. 1997.

원고접수일 : 2004년 12월 31일

원고채택일 : 2005년 1월 12일

