

Carbon을 이용한 다층형 전파흡수체에 관한 연구

최윤석* · 김동일* · 제승훈*

*한국해양대학교 전파공학과

A Study on Multi-layer EM Wave Absorbers using Carbon

Yun Seok Choi · Dong Il Kim* · Seun Hun Che**

**Department of Radio Science and Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea*

요 약 : 본 논문에서는 carbon을 이용한 다층형 전파흡수체에 관해 연구하였다. 측정되어진 복소비유전율을 이용하여 각층의 두께와 적층순서를 변화시켜 다층형 전파흡수체를 설계하였다. 도체판으로부터 조성비 carbon : CPE = 50 : 50 wt%, carbon : CPE = 45 : 55 wt%, carbon : CPE = 40 : 60 wt% 의 순서로 각각 0.7 mm 인 전파흡수체를 제작하였다. 결과로서, 2층형 전파흡수체는 9.4 GHz 에서 30.6 dB 를 나타냈다. 3층형 전파흡수체는 두께 2.1 mm 이고 정합주파수는 9 GHz 에서 14.6 dB 를 보였으며 8 GHz에서 12 GHz 까지 10 dB를 만족하였다.

핵심용어 : Carbon, 다층형 전파흡수체, 복소비유전율

ABSTRACT : *This paper deals with basic research for development of EM wave absorbers for multi-layer using carbon. The multi-layered type EM wave absorber was simulated and designed by using the measured complex relative permittivity by changing the thickness and layer, which was fabricated based on the simulated design. The fabricated EM wave absorber consists of 0.7 mm first layer sheet facing metal with composition ratio of carbon : CPE = 50 : 50 wt% and 0.7 mm second layer sheet with carbon composition ratio of carbon : CPE = 45 : 55 wt% and 0.7 mm third layer sheet with carbon composition ratio of carbon : CPE = 40 : 60 wt%. As a result, the optimized absorption ability of the 3-layered type EM wave absorber with thickness of 2.1 mm was obtained by 14.6 dB at 9 GHz. It has been a bandwidth from 8 GHz to 12 GHz of 10 dB in reflectivity.*

KEY WORDS : Carbon, multi-layer EM wave absorber, complex relative permittivity

* escape831@hanmail.net 051)410-4932

* dikim@hhu.ac.kr 051)410-4314

* cheseunghun@hanmail.net 051)410-4932

1. 서 론

전파흡수체는 손실 재료에 따라 도전손실 재료, 자성손실재료, 유전손실재료로 나뉜다. 도전손실재료에는 도전성섬유를 부직포 형태로 짜서 만든 베나 산화인듐 방울을 증착한 유전체 시트 등이 있고, 자성손실재료에는 대표적인 재료로는 Mn-Zn 페라이트, Ni-Zn 페라이트 Sendust 등이 있고 1 GHz에서 9 GHz 정도까지 비교적 넓은 흡수특성을 보인다[1]. 유전손실재료는 carbon이 대표적인 재료이다. carbon은 페라이트에 비해 무게가 가볍고 수 GHz 에서 수십 GHz 까지 넓은 흡수특성을 보이기 때문에 가장 널리 이용되는 재료이다. 우수한 전파흡수체로서 요구되어지는 특성은 광대역화, 박형화, 경량화이다. 특히 전기·전자 통신기기의 사용주파수가 확장됨에 따라 유해 전자파 스펙트럼의 광대역화 문제가 발생되면서 광대역 전파흡수체의 필요가 더욱 절실해 지고 있다. 본 연구에서는 흡수능의 광대역화에 초점을 맞춰서 각각 다른 정합 주파수를 가지는 조성비 carbon : CPE = 40 : 60 wt%, carbon : CPE = 45 : 55 wt%, carbon : CPE = 50 : 50 wt%의 복소 비유전율을 계산하고 시뮬레이션을 통해 적층시 각층의 적층 순서와 두께를 설계 하였으며, 실제작한 후 설계 값과 측정값을 비교 분석 하였다.

2. 설계 이론 및 실험 방법

2.1 다층형 전파흡수체 설계 이론

Fig. 1 은 2개 이상의 전파흡수체를 적층한 구조와 등가전송선로를 나타낸 그림이다. 특성임피던스(Z_0)와 전파상수는 (γ) 식(1)과 식(2)으로 구해진다[2].

$$Z_c = Z_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tag{1}$$

$$\gamma = j(2\pi f/c) \sqrt{\mu_r \epsilon_r} \tag{2}$$

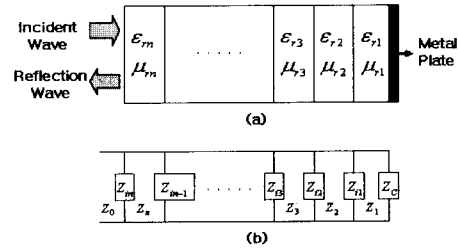


Fig. 1 (a) Plane wave incident on the electro magnetic wave absorber, (b) equivalent transmission line

입력임피던스 (Z_i)는 다음과 같은 식으로 얻을 수 있다.

$$Z_{i1} = Z_{a1} \tanh \gamma_1 d_1 \tag{3}$$

$$Z_{i2} = Z_{a2} \frac{Z_{i1} + Z_{a2} \tanh \gamma_2 d_2}{Z_{a2} + Z_{i1} \tanh \gamma_2 d_2} \tag{4}$$

$$Z_{in} = Z_{cn} \frac{Z_{in-1} + Z_{cn} \tanh \gamma_n d_n}{Z_{cn} + Z_{in-1} \tanh \gamma_n d_n} \tag{5}$$

반사계수 Γ 와 입력임피던스 Z_{in} 의 관계는 다음식과 같다.

$$\Gamma = S_{11} = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \tag{6}$$

따라서, 반사감쇠량 α 는 식(7) 과 같다.

$$\alpha = -20 \log |S_{11}| [dB] \tag{7}$$

2.2 실험 방법

도전 손실재료인 carbon과 바인더인 CPE와의

조성비를 달리하여 carbon : CPE = 40 : 60 wt%, carbon : CPE = 45 : 55 wt%, carbon : CPE = 50 : 50 wt%의 시편을 각각 제작하였다. carbon은 자성손실재료가 아니기 때문에 재료정수 측정시 복소 비유전율만 계산하여 적층 시 각 층의 최적 두께 및 흡수능을 예측 하였으며 이를 제작하여 예측결과와 비교 분석하였다[3].

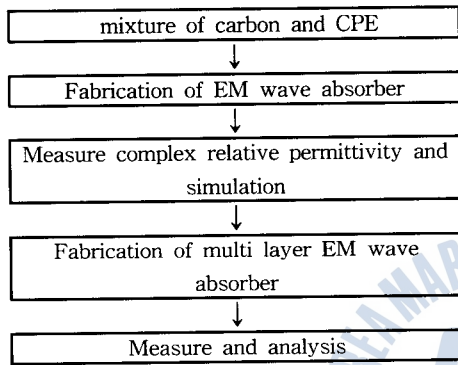


Fig. 2 Manufactured process of Multi-layer EM wave absorber

3. 측정 방법

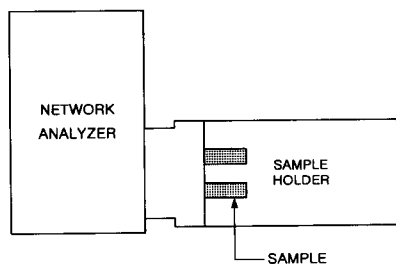


Fig. 3 Reflection coefficient measurement system

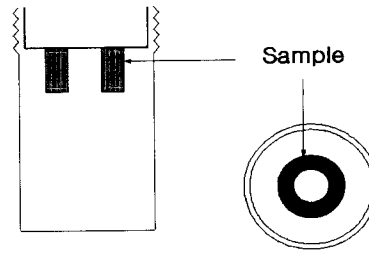


Fig. 4 The shape of sample and sample holder

Fig. 3과 Fig. 4는 반사계수를 측정하기 위해 사용한 Network Analyzer (Model ; WILTRON 360B)와 Sample Holder다. 전자파 흡수능 측정을 위해 편치를 이용하여 내경 3.05 mm, 외경 6.95 mm의 도넛 모양으로 측정 시료를 제작하였다. 제작된 시료를 Fig. 4의 Sample Holder에 삽입하고 Fig. 3의 Network Analyzer에 밀착 고정시킨 다음 One-Port Method 로 반사계수 측정을 하였다[4]. 재료정수는 Y. Naito의 One-Port Method L-2L법을 사용하였다[5][6].

4. 결과 및 고찰

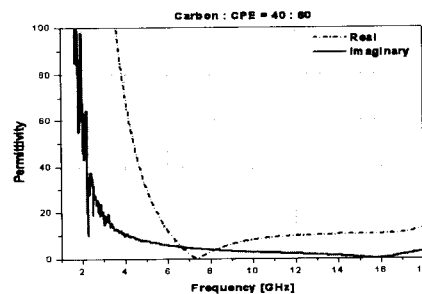


Fig. 5 Relative Permittivity (carbon : CPE = 40 : 60 wt%)

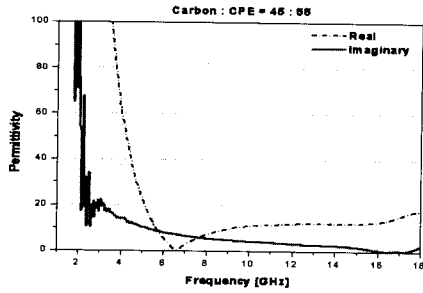


Fig. 6 Relative Permittivity (carbon : CPE = 45 : 55 wt%)

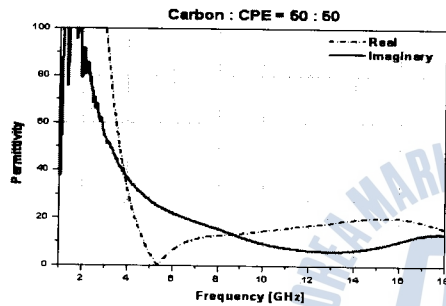


Fig. 7 Relative Permittivity (carbon : CPE = 50 : 50 wt%)

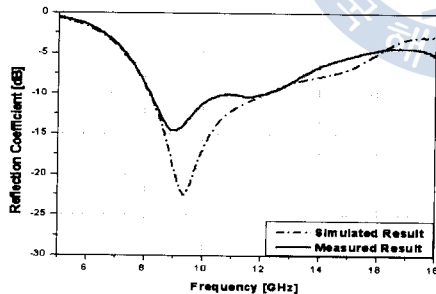


Fig. 8 Reflection coefficient of manufactured Multi-layer absorber

Fig. 5-7은 L-2L법을 이용하여 carbon : CPE = 40 : 60 wt%, carbon : CPE = 45 : 55 wt%, carbon : CPE = 50 : 50 wt%의 재료정수를 측정된 그림이다. 측정된 재료정수를 이용하여 적층시 각층의 최적 두께와 적층 순서를 예측하였다. Fig. 5-7에서 carbon의

비율이 증가할수록 전체적으로 허수부 역시 증가함을 보인다. 특히 Fig. 7에서는 허수부의 증가폭이 두드러진다. Fig. 8 은 시뮬레이션을 통해 설계한 다층형 전파흡수체와 실제 제작하여 측정한 실측 반사계수를 비교한 그림이다. 예측한 결과와 실측한 결과가 거의 일치함을 볼 수 있으며 제작된 흡수체는 도체판에서부터 조성비 carbon : CPE = 50 : 50 wt% 두께 0.7 mm 의 sheet, 조성비 carbon : CPE = 45 : 55 wt% 인 두께 0.7 mm 의 sheet 그리고 carbon : CPE = 40 : 60 wt% 두께 0.7 mm 순으로 적층하였다. 총 두께 2.1 mm 로서 정합주파수 9 GHz에서 14.6 dB 를 나타내었고 8 GHz 에서 X-Band 전 대역을 10 dB 이상 만족하였다.

5. 결 론

X-Band 레이더의 허상방지용 전파흡수체를 개발하기 위해 도전손실재료인 carbon과 지지재인 CPE를 사용하여 조성비 carbon : CPE = 45 : 55 wt%, carbon : CPE = 40 : 60 wt%, carbon : CPE = 40 : 60 wt% 를 제작하였다. 제작된 시편의 재료정수를 구하고 이를 무반사조건식에 대입하여 적층 두께 및 적층 순서를 변화시켜 최적의 다층형 전파흡수체를 설계하였다. 설계 반사계수와 측정 반사계수가 잘 일치하였으며, 결과적으로 두께 2.1 mm, 8 GHz에서 12 GHz 까지 X-Band 전 대역을 흡수능 10 dB 이상 만족하는 전파흡수체를 개발 하였다.

후 기

이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2005-005-J00502)

참 고 문 헌

- [1] 김동일, 정세모 외. “카아본-페라이트 전파 흡수체의 특성”. 대한전자공학회 논문지, 제26권 제11호, pp. 92-97, Nov. 1989.
- [2] Seung Jae Shin, Sang Hyun Moon, Dong Il Kim, Jae Man Song, Li Rui, “Development of Electromagnetic Wave Absorbers”. 2004년도 추계 마이크로파 및 전파학술대회 논문집, pp. 496-499, Sep. 2004.
- [3] 김동일, 옥승민, 문상현, 신승재, 송재만, “X-Band 용 전파흡수체의 개발”, 2003년도 대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집, 제 26권 제1호, pp. 306-309, Jul. 2003
- [4] 김동일. “전파흡수능 측정기법 연구”. 국방과학연구소 기술보고서, Mar. 1991.
- [5] Y. Naito, Electromagnetic Wave Absorber, Tokyo : New Ohm, Jun. 1987.
- [6] CISPR11. “TSM radio frequency equipment electromagnetic disturbance characteristics limits & methods of measurement”, IEC, pp.12-15, 1997.

원고접수일 : 2006년 12월 26일

원고채택일 : 2007년 1월 24일

