

Sendust를 이용한 적층형 전파흡수체의 개발

류재민* · 김동일* · 세송훈*

*한국해양대학교 전파공학과

Development of Multi-layer Electromagnetic wave Absorbers Using Sendust

Jae Min Ryu* · Dong Il Kim* · Seung Hun Che*

*Dept. of Radio Science & Eng. Korea Maritime Univ.

요 약 : 본 논문에서는 센더스트를 이용한 적층형 전파흡수체를 제안하였다. 적층형 센더스트 전파흡수체는 S-Band에서 10 dB 대역폭이 확장되었다. 그리고 우리는 적층형 센더스트 전파흡수체에 수산화알루미늄의 혼합 효과를 연구하였다. 그 결과, 수산화알루미늄을 혼합한 적층형 센더스트 전파흡수체는 수산화알루미늄을 혼합하지 않은 적층형 센더스트 전파흡수체와 비교해서 S-Band에서 10 dB 대역폭이 확장하였다.

핵심용어 : 다층형, 전파흡수능

ABSTRACT : In this paper, Multi-layer EM wave absorbers using Sendust are presented. The bandwidth of the Multi-layer Sendust EM wave absorbers over 10 dB is extended in S-Band. And we investigated the mixing effects of $Al(OH)_3$ on Multi-layer Sendust EM wave Absorbers. As a result, the Multi-layer Sendust EM wave absorbers mixed with $Al(OH)_3$ showed a extended bandwidth over 10 dB compared with non-mixed Multi-layer Sendust EM wave absorbers in S-Band.

KEY WORDS : EM wave absorbers, Multi-layer

1. 서론

현대과학의 눈부신 발전은 전기·전자기기의 고주파화, 소형화, 디지털화, 콤팩트화를 이끌었으며 이로 인해 인류는 매우 편리한 생활을 영위하고 있다. 그러나 이와 같은 현대과학의 고도성장파 함께 이들 첨단화된 전자기기에서 방사되는 전자파가 전자기기 상호간 또는 인체에 악영향을 준다는 연구결과가 발표되면서 이를 해결하고자 하는 노력이 많은 연구자들에 의해 이루어지고 있다.

그리고 전자파 장해문제를 해결하기 위해서는 외부에서 들어오는 불필요한 전자파를 흡수하여 열로 변환하는 전파흡수체의 개발이 매우 효과적이다. 이러한 전파흡수체는 주파수 의존 특성이 매우 커서 사용하고자 하는 주

파수 대역에서 자기적, 전기적, 그리고 유전손실이 큰 재료를 이용하거나 이들을 혼합 하여 최대의 손실특성을 나타내는 재료를 만드는 기술 개발이 필요하다.

이와 같은 연구개발은 전기적 손실이나 유전적 손실에 비해 자성손실이 크기 때문에 주로 자성재료를 기초로 하여 이루어지고 있다[1,2,3,5].

본 연구에서는 S-Band에서 10dB 대역폭을 증가시키기 위하여 Sendust 전파흡수체를 성분비를 달리해서 적층하여 대역폭 확장을 꾀하였고, Sendust와 $Al(OH)_3$ 을 각각 성분비를 달리하여 혼합한 후 전파흡수체를 적층하여 S-Band에서 10dB 대역폭을 증가시키는 방법을 연구하였다.

2 전파흡수체의 제작 및 측정

2-1 전파흡수체의 해석이론

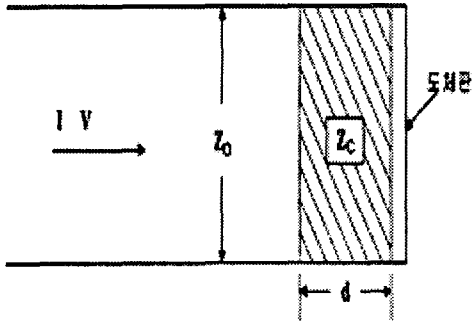


그림 1. 전파흡수체가 설치된 분포정수선로

그림 1은 전파흡수체가 설치된 분포정수선로이고 그림과 같이 분포정수선로상의 한 끝에 흡수체를 설치한 경우, 흡수체 표면을 바라다본 입력 임피던스는 식 (1)과 같이 된다.

$$Z_{in} = Z_C \frac{Z_L + Z_C \tanh \gamma d}{Z_C + Z_L \tanh \gamma d} \quad (1)$$

그리고 부하를 도체판으로 생각하면 $Z_L = 0$ 이므로

$$Z_{in} = Z_C \tanh \gamma d \quad (2)$$

가 된다. 여기서 Z_C 는 전파흡수체 내부의 특성 임피던스이며, 식 (2)를 Z_0 와의 비율로 Z_{in} 을 정규화하면

$$\hat{z}_{in} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh(j\omega \sqrt{\epsilon_r \mu_r} d) \quad (3)$$

로 되며, 입사한 전파의 완전 흡수조건은 $\hat{z}_{in} = 1$ 이 된다. 그리고 반사계수와 감쇠량은 다음과 같다.

$$\Gamma = S_{11} = \frac{\hat{z}_{in} - 1}{\hat{z}_{in} + 1} \quad (4)$$

$$\alpha = -20 \log |S_{11}| \text{ [dB]} \quad (5)$$

2-2 다층형 전파흡수체의 제작

본 논문에서 제안하는 전파흡수체는 Sendust와 지지체인 CPE를 각각 80 : 20 wt%, 75 : 25 wt%, 70 : 30 wt%로 혼합 후 Open roller의 표면온도를 70 °C로 조

절하여 Sheet형 전파흡수체를 제작하였다. 이렇게 제작된 전파흡수체를 성분비를 달리해서 적층하여 전파흡수능을 측정한 뒤 S-Band에서 10dB 대역폭을 증가시키기 위해서 Sendust와 $Al(OH)_3$ 을 64 : 16 wt%, 60 : 15 wt%, 56 : 14 wt%로 각각 혼합한 후 앞의 중량비 순서대로 지지체인 CPE와 80 : 20 wt%, 75 : 25 wt%, 70 : 30 wt%로 각각 혼합하여 Open roller의 표면온도가 70 °C일 때 Sheet형 전파흡수체를 제작하여 적층 후 전파흡수능을 측정하였다.

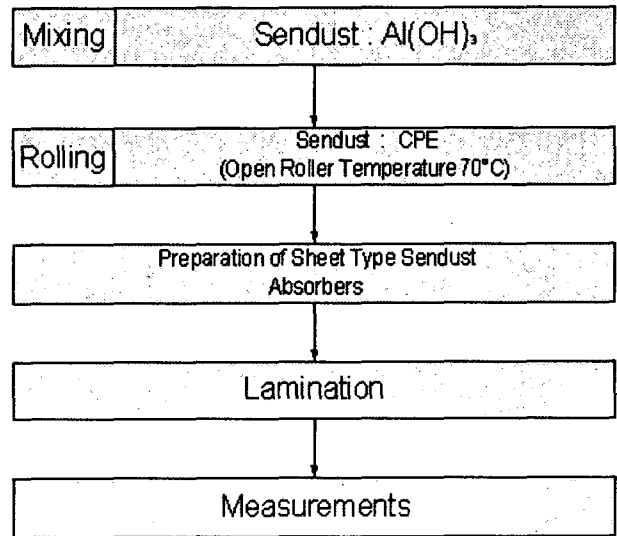


그림 2에는 이와 같은 시편의 제작 공정을 나타내었으며, 이렇게 제작한 Sheet형 전파흡수체의 전파흡수능을 측정하기 위해 펀치를 이용하여 내경 3.05 mm, 외경 6.95 mm, 두께 2 mm에서 6 mm의 형상을 갖게 하였다. 그림 3과 4는 반사계수 측정을 위해 사용한 Network analyzer와 Sample holder를 나타낸 것이다.[4,6]

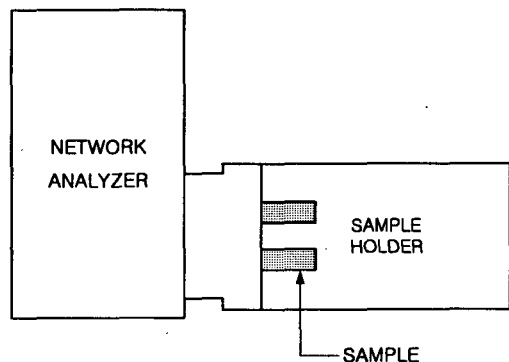


그림 3. 반사계수 측정 시스템

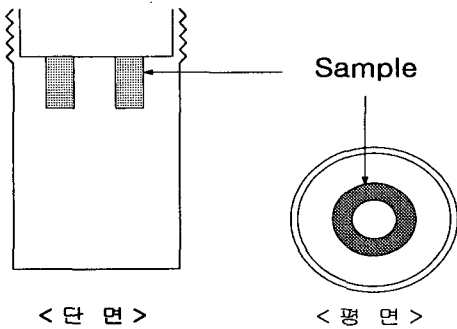
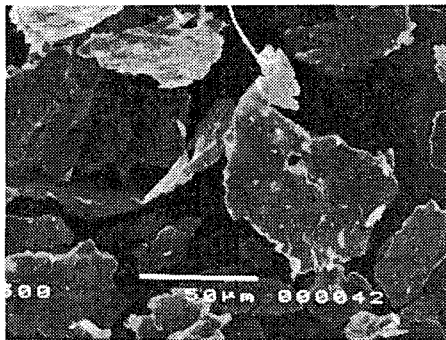


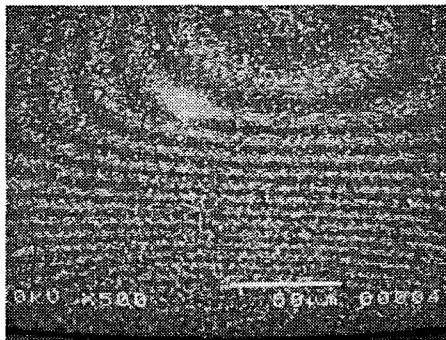
그림 4. Sample holder

3. 결과 및 고찰

3-1 적층형 전파흡수체의 특성



(a) Sendust powder



(b) Al(OH)₃ powder

그림 5. Sendust와 Al(OH)₃의 표면 SEM 사진

그림 5는 Sendust와 Al(OH)₃ 입자의 크기를 전자현미경으로 나타낸 것이다.

그림 6은 Sendust를 적층하여 제작된 두께 4 mm의 전파흡수체의 주파수에 따른 전파흡수능을 나타낸 것이

다. 그림에서 보인 바와 같이 Sendust만을 이용해 제작한 전파흡수체에 비해 Sendust를 적층한 전파흡수체의 전파흡수능이 S-Band에서 10 dB 이상을 만족하는 주파수가 확장되었음을 보이고 있다. 따라서 단층형 Sendust 전파흡수체보다 다층형 Sendust 전파흡수체의 전파흡수 대역폭과 전파흡수능이 증가함을 확인하였다. 그림 7.C에서 적층순서는 그림의 아랫면을 도체판으로 향하게 하여 적층하였다.

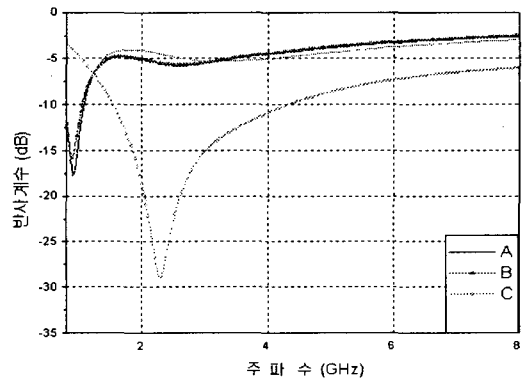


그림 6. 전파흡수능

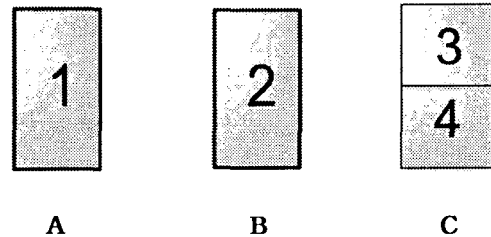


그림 7. 단층형 전파흡수체와 적층형 전파흡수체

표 1. 전파흡수체의 조성비

	Sendust	CPE	두께 [mm]
1	75	25	4
2	70	30	4
3	75	25	2
4	70	30	2

표 2. 10dB bandwidth

	10dB bandwidth [GHz]	두께 [mm]
A	0.8~1(0.2)	4
B	0.8~1(0.2)	4
C	1.5~4.1(2.6)	4

3-2 Al(OH)₃ 혼합한 적층형 전파흡수체의 특성

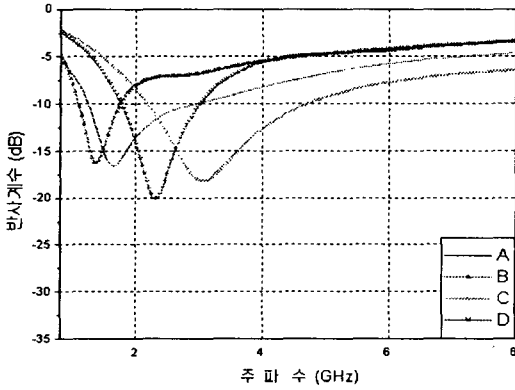


그림 8. 적층 순서에 따른 전파 흡수능

그림 8은 Sendust에 Al(OH)₃을 혼합하여 제작된 두께 3mm의 전파흡수체의 주파수에 따른 전파흡수능을 나타낸 것이다. 그림에서 보인 바와 같이 Sendust만을 이용해 적층한 전파흡수체에 비해 Sendust에 Al(OH)₃을 혼합하여 적층한 전파흡수체의 S-Band에서 10dB 대역폭이 향상됨을 보이고 있다. 따라서 Sendust ferrite에 비저항이 큰 수산화알루미늄을 혼합하여 적층함으로써 Sendust의 전파흡수특성을 제어할 수 있음을 알 수 있다. 그림 9에서 적층순서는 그림의 아랫면을 도체판으로 향하게 하여 적층하였다.

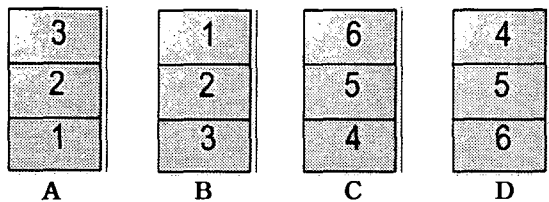


그림 9. 적층 순서

표 3. 적층을 위한 전파흡수체의 조성비

	Sendust	Al(OH) ₃	CPE	두께 [mm]
1	80	0	20	1
2	75	0	25	1
3	70	0	30	1
4	64	16	20	1
5	60	15	25	1
6	56	14	30	1

표4. 10dB bandwidth

	10dB bandwidth [GHz]	두께 [mm]
A	1.1~2.9(1.8)	3
B	1~1.9(0.9)	3
C	2.1~4.3(2.2)	3
D	1.9~3(1.2)	3

4. 결론

본 연구에서는 전파 흡수체의 흡수능 제어를 위하여 적층에 의한 방법과 Sendust에 Al(OH)₃ 혼합을 이용하여 전파흡수체를 제작하고 이들의 전파흡수특성을 조사하였다.

먼저 흡수체의 두께가 4mm일 때 단층형 Sendust 전파흡수체는 0.8GHz에서 1GHz까지 0.2GHz만 10dB 대역폭을 만족하였지만 다층형 Sendust 전파흡수체의 경우 S-Band를 포함하는 1.5GHz에서 4.1GHz까지 2.6GHz가 10dB 대역폭을 만족하였다. 그리고 흡수체의 두께가 3mm일 때 수산화알루미늄을 혼합하지 않은 적층형 센더스트 전파흡수체는 10dB 대역폭을 1.1에서 2.9GHz까지 1.8GHz와 1에서 1.9GHz까지 0.9GHz를 각각 만족하였고 수산화 알루미늄을 혼합한 적층형 센더스트 전파흡수체의 경우는 10dB 대역폭을 2.1에서 4.3GHz까지 2.2GHz를 1.9에서 3GHz까지 1.2GHz를 각각 만족하였다.

참고 문헌

[1] Dong Il Kim, Jae Young Bae, Jun Yong Son, Young Su Won and Jae Man Song, "A Study on Fabrication and Evaluation of Ferrite Wave Absorber", Journal of The Korean Electromagnetic Engineering Society, vol. 1 no. 1. pp. 95-99, 2001

[2] Dong Ha Choi, Dong Il Kim and Jae Man Song, "Dependence of Electromagnetic Wave Absorption Properties on Binders", Journal of The Korean Physical, vol. 42, no. 6, pp. 799. 802, 2003.

[3] A. Verma, R. G. Mendiratta, T. C. Goel and D. C. Dube, "Microwave Studies on Strontium Ferrite Based absorbers", Journal of Electroceramics, vol. 8, pp. 203-208, 2002.

[4] H. Naito, Electromagnetic Wave Absorbers, New

Ohm, Tokyo, 1987.

- [5] Dong Il Kim, June Yong Son, Young Su Won, Dong Woo Ku, Ki Man Kim, Jae Man Song and Byung Deok Bae, "A Study on Broadband Design of EM Wave Absorber for Anechoic Chamber", Journal of The Korean Electromagnetic Engineering Society, vd. 2, no. 1, pp. 16-21, 2002.
- [6] Dong Han Choi, "A Study on Multi-Layer Electromagnetic Wave Absorber using Natural Lacquer as a Binder", Dept. of Radio Sciences & Engineering Graduate School, Korea Maritime Univ, 2006.