

Paint형 전파 흡수체의 전파 흡수 성능 향상에 관한 연구

A Study on the Improvement of EM Wave Absorption Characteristics in Paint-type EM Wave Absorbers

제 승 훈 · 김 동 일 · 최 정 현

Seung Hun Che · Dong Il Kim · Jeong Hyun Choi

요 약

본 논문에서 Sendust, Mn-Zn, Ni-Zn, Ba, Sr Ferrite를 사용하여 페인트형 흡수체를 제작하였다. 지지재로서는 enamel, epoxy, urethane 페인트들을 사용하여 각각 흡수능을 측정하였다. 그리고 Al(OH)₃으로 코팅한 흡수체의 대역폭은 코팅을 하지 않은 것보다 더 넓어지는 것을 알 수 있다. 또 2 mm 두께의 적층형 흡수체는 X-band에서 대략 20 dB의 흡수능을 보여준다.

Abstract

In this research, we fabricated paint-type EM wave absorbers by using Mn-Zn, Ni-Zn, Ba, Sr Ferrite, and Sendust. To prepare the absorbers, enamel, epoxy and urethane paints were used as binders. We tested EM wave absorption of them. The band-width of EM wave absorbers coated with Al(OH)₃ was larger than non-coated EM wave absorbers. The fabricated EM wave absorbers show a reflection coefficient of 20 dB approximately at X-band for a 2 mm double-layer sample.

Key words : Al(OH)₃, TiO₂, EM Wave Absorber, Ferrite, Double-Layer Type EM Wave Absorbers

I. 서 론

현재 전자파 장애 대책을 위한 전파 흡수체는 선박의 레이다 허상 방지용, TV 고스트 방지용, 레이더 전파의 흡수를 위한 RAM 및 각종 전자기기로부터의 전파 누설 방지용 등으로 널리 사용된다. 이러한 전파 흡수체는 지금까지 조성 변화에 따른 흡수 특성 변화를 중심으로 전파 흡수체를 제작하고 있었다. 그러나 같은 조성을 갖는 시편일지라도 제작 과정에 따라 물리적, 전자기적 특성이 크게 변할 수 있으므로 제작과정에 따른 특성 변화도 함께 연구되지 않으면 안 될 중요한 연구 분야인 전파 흡수체는 주파수 의존 특성이 매우 커서 사용하고자 하는 주파수 대역에서 자기적, 전기적, 유전 손실이

큰 재료를 이용하거나 이들을 혼합하여 최대의 손실 특성을 나타내는 재료를 만드는 기술 개발이 필요하다. Mn-Zn ferrites와 Ni-Zn ferrites, Sr ferrites 및 Ba ferrites를 이용한 전파 흡수체에 관한 연구에서도 이러한 magnets가 전파 흡수체에 유용한 재료임을 보고한바 있다^{[1]~[3]}.

Sheet형 전파 흡수체는 지지재로 CPE나 silicon rubber를 사용하여 제작되어 시편의 유연성은 있으나 변형이 어려운 단점이 있다. 반면, paint형 전파 흡수체는 시편의 유연성은 없으나 변형이 필요없이 사용되어질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 선박이나 각종 전자기기에 기존의 sheet형 전파 흡수체 부착시의 단점을 보완하기 위해 paint형 전파 흡수체를 연구하게 되었다. 전파 흡수체에 대표적인 재료

「본 연구는 대학 IT 연구센터인 충남대학교 전자파환경기술연구센터의 지원으로 수행되었습니다(HITA-2005-(C1090-05020014)).」
한국해양대학교 전파공학과(Dept. of Radio Science, National Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20060224-013

· 수정완료일자 : 2006년 3월 23일

로 사용되어 오던 Mn-Zn ferrites를 사용하여 Paint형 전파 흡수체를 제작하여 그 특성을 조사하였으며 단층의 Paint형 전파 흡수체의 전파 흡수능 향상과 광대역화를 위하여 적층기법의 이용과 첨가제인 Al(OH)₃ 코팅에 따른 전파 흡수체의 전파 흡수능에 미치는 영향을 조사함으로써 페인트형 전파 흡수체의 전파 흡수능 향상과 광대역 가능성을 입증하고자 하였다.

II. 시편 제작 및 측정

본 연구에서는 페처리된 Mn-Zn ferrite와 sendust 등 각종 ferrite를 이용하여 각각에 enamel paint와 urethane paint, epoxy paint의 조성비를 변화시키면서 혼합하여 두께가 2 mm인 전파 흡수체를 제작하였다. 또한 Al(OH)₃, TiO₂의 코팅 효과가 전파 흡수능에 미치는 영향을 조사하기 위하여 Mn-Zn ferrite에 코팅하여 두께가 2 mm인 전파 흡수체를 제작하여 그 특성을 비교하였다. 그리고 페인트 도포 방법을 달리하여 흡수능을 조사하였다. 적층형 전파 흡수체를 사용하여 두께와 조성비를 제어하여 향상된 흡수능과 사용 주파수에 적합한 전파 흡수체를 개발하고자 하였다. 전파 흡수능 측정을 위해 편치를 이용하여 내경 3.05 mm, 외경 6.95 mm, 두께 1~4 mm의 도넛 형상을 갖게 하였다.

그림 1은 본 실험에서 반사계수 측정을 위해 사용한 network analyzer와 sample holder를 나타낸 것이다. 제작된 전파 흡수체의 전파 흡수능을 측정하기 위해서 샘플 홀더에 제작된 전파 흡수체의 샘플을 그림 1(b)와 같이 샘플 홀더에 삽입하여 그림 1의 (a) network analyzer를 이용하여 반사 계수를 측정하였다.

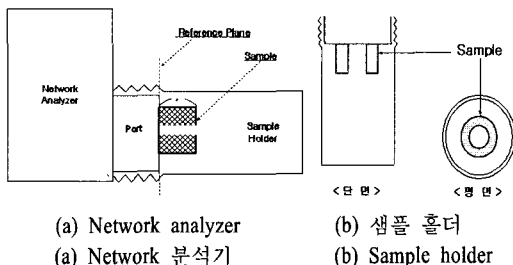


그림 1. 반사계수 측정 시스템
Fig. 1. Reflection coefficient measurement system.

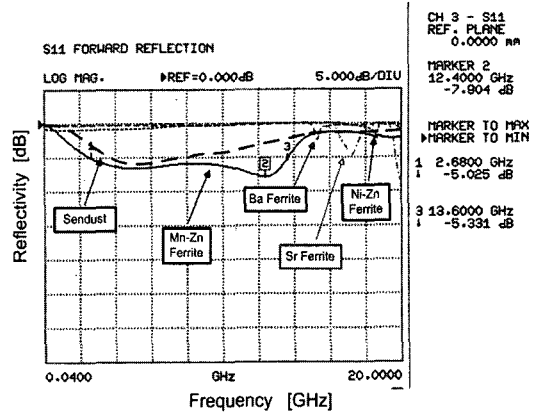


그림 2. Ferrite 변화에 따른 반사계수
Fig. 2. Reflection coefficient on the ferrite variation.

III. 측정 결과

3-1 자성 재료와 Paint 종류에 따른 전파 흡수능

그림 2에서와 같이 자성 재료를 이용한 전파 흡수체의 전파 흡수능과 전파 흡수 주파수는 자성 재료가 갖는 고유 특성 즉 투자율에 크게 의존한다. 따라서 본 연구에서는 다양한 자성 재료를 페인트와 혼합하여 그들의 전파 흡수 특성을 조사하였다. 그림 2는 기본적으로 자성 재료(Sendust, Mn-Zn, Ba, Sr, Ni-Zn) 종류별로 어떠한 흡수능을 가지는가를 실험하였다. 측정 결과는 Mn-Zn가 다른 자성 재료에 비해 우수한 흡수능을 보이고 있다. 본 연구에서는 우수한 전파 흡수능을 나타내는 페인트형 전파 흡수체의 개발을 위해 Mn-Zn ferrite를 중심으로 다양한 조건에서 실험을 실시하고 그 결과를 제시하고자 한다.

3-2 Mn-Zn Ferrite의 조성비에 따른 전파 흡수능

그림 3은 Mn-Zn ferrite를 60 wt%, 65 wt%, 70

표 1. 조성비에 대한 전파 흡수체의 정합 주파수 및 두께

Table 1. Matching frequency and thickness with various composition rate.

조성비(wt%)	두께(mm)	정합 주파수(GHz)
70:30	1.71	12.15
65:35	1.8	12.16
60:40	1.88	12.16

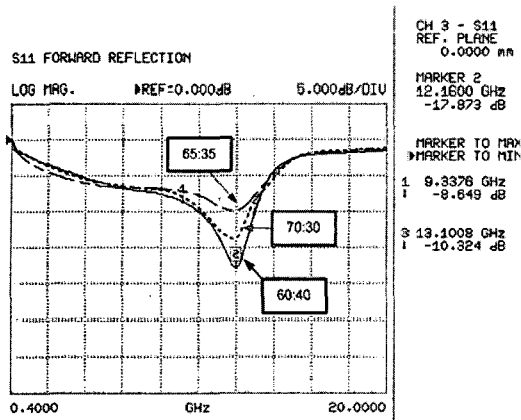


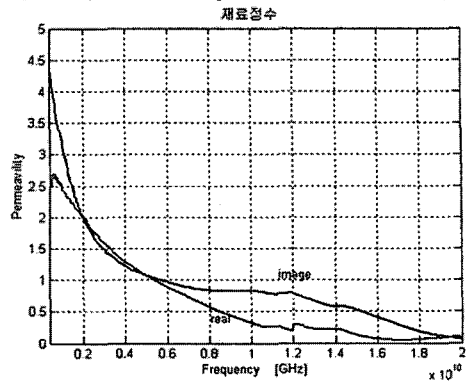
그림 3. 조성비에 대한 paint형 전파흡수체의 반사계수
Fig. 3. The reflection coefficient of paint-type absorber with various composition rate.

wt%의 비율로 변화시켜가면서 그에 따른 전파 흡수능을 나타낸 그림이다. 그림 3 및 표 1과 같이 두께를 조절하여 정합 주파수를 12.16 GHz에 맞추었다. 여기서 Mn-Zn ferrite : enamel paint=60 : 40 wt% 일 때 두께 1.88 mm와 정합 주파수 12.16 GHz에서 약 17.8 dB의 흡수능을 나타내고 있다. 그리고 그림 4는 각 조성비에 따른 재료 정수들을 측정하여 나타내었다.

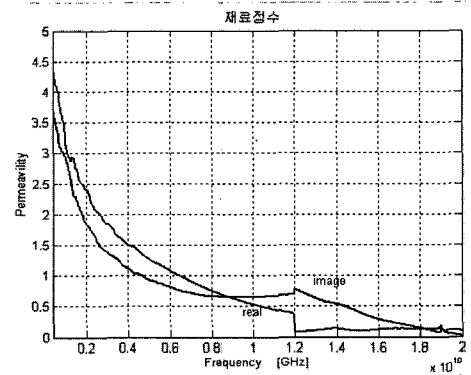
여기서 복소 비투자율의 허수부 μ'' 은 자기적 손실을 나타낸다. 자성 손실 재료를 이용한 전파 흡수체의 흡수능은 자기 손실과 매우 밀접한 관계가 있다. 또한 전파 흡수체의 흡수능은 $\tanh \delta = \mu'' / \mu' > 1$ 일 때 즉 투자율의 허수부가 실수부보다 큰 영역에서 효과적인 흡수능을 나타낸다고 보고되고 있다. 따라서 그림 4는 이들 시편에 대해서 주파수를 함수로 하는 투자율을 조사한 그래프로써 두 시편 모두 이 사실과 일치하고 있음을 알 수 있다.

3.3 코팅처리가 전파 흡수능에 미치는 영향

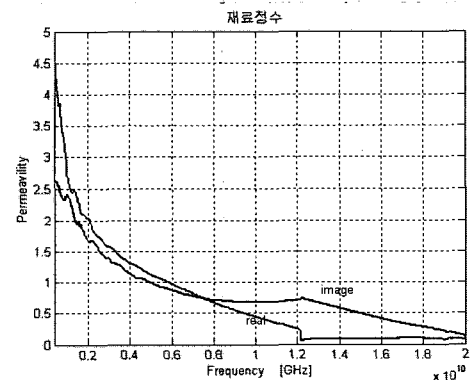
Mn-Zn ferrite의 표면에 비저항이 큰 $Al(OH)_3$ 과 TiO_2 을 코팅하여 전파 흡수의 대역폭의 증가를 꾀하였다. $Al(OH)_3$ 과 TiO_2 이 20 wt% 함유된 Mn-Zn을 지지재인 enamel paint에 분산시켜 시편 두께가 2 mm가 되도록 제작하여 그 반사 계수를 측정하였다. 그 결과는 그림 5에서 보인 바와 같이 $Al(OH)_3$ 과



(a) Mn-Zn : Enamel paint=70 : 30 wt%
(a) Mn-Zn : Enamel paint=70 : 30 wt%의 재료정수



(b) Mn-Zn : Enamel paint=65 : 35 wt%
(b) Mn-Zn : Enamel paint=65 : 35 wt%의 재료정수



(c) Mn-Zn : Enamel paint=60 : 40 wt%
(c) Mn-Zn : Enamel paint=60 : 40 wt%의 재료정수

그림 4. 조성비에 따른 흡수체의 복소 비투자율
Fig. 4. Complex magnetic permeability of the absorber with various composition rate.

TiO_2 첨가는 전파 흡수능에 영향을 미치는 것을 확

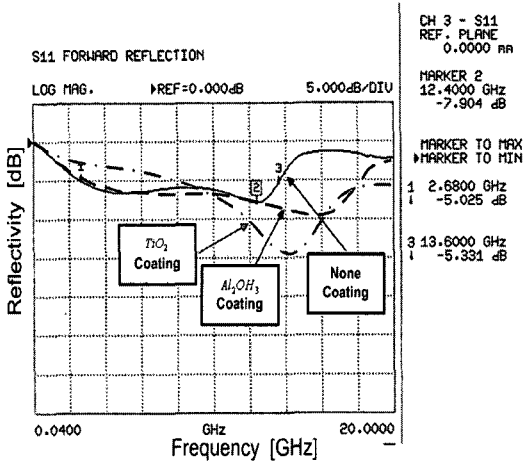


그림 5. 코팅 효과에 대한 반사 계수
Fig. 5. Reflection coefficient with coating effect.

인할 수 있었다. 이는 Mn-Zn에 Al(OH)₃과 TiO₂를 코팅함으로써 페라이트 표면의 비저항을 증가시키고 이로 인해 전파 흡수능이 변화한 것으로 생각된다.

3.4 적층형 전파 흡수체

두께 2 mm인 조성비 Mn-Zn ferrite : enamel paint=70 : 30 wt%와 Mn-Zn ferrite : urethane paint=70 : 30 wt%와 이들의 조성에 대해서 1 mm를 적층하여 두

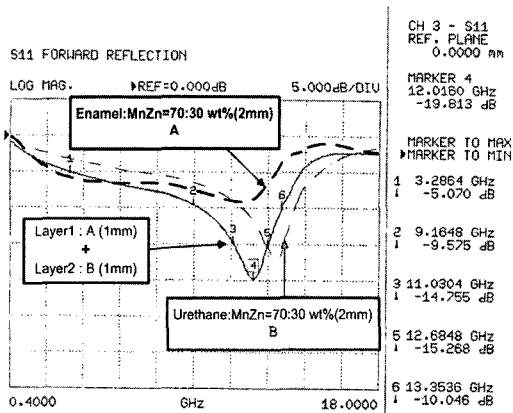


그림 6. 적층형 흡수체의 반사 계수
Fig. 6. Reflection coefficient of double-layer absorber.

께 2 mm로 만든 적층형 전파 흡수체의 전파 흡수능을 나타낸 것이다. 그림 6에서 보인 바와 같이 동일 두께에 대해서 적층한 전파 흡수체가 대부분의 주파수대역에서 적층을 하지 않은 Mn-Zn ferrite : enamel paint=70 : 30 wt%와 Mn-Zn ferrite : urethane paint=70 : 30 wt%보다 우수한 전파 흡수 특성을 나타내고 있다. 따라서 동일한 두께의 전파 흡수체에 대해서 각기 다른 주파수 분산 특성을 갖는 전파 흡수체를 적층함으로써 우수한 전파 흡수체를 제작할 수 있다.

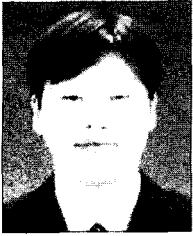
IV. 결 론

본 연구에서는 우수한 페인트형 전파 흡수체를 개발하기 위해 다양한 자성 재료와 다양한 페인트를 혼합하여 paint형 전파 흡수체를 제작하고 그들의 특성을 향상시키기 위해 비저항이 매우 높은 수산화 알루미늄과 티타니아를 자성체에 코팅하여 코팅 효과를 살펴보았으며 각기 다른 페인트형 전파 흡수체를 적층하여 전파 흡수 대역의 확대를 꾀하였다.

참 고 문 헌

- [1] Dong Il Kim, June Young 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*, vol. 2, no. 1, pp. 16-21, 2002.
- [2] 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.
- [3] Dong Il Kim, Su Joung Kim, and Jae Man Song, "Dependence of electromagnetic wave absorption properties on binders", *Journal of The Korean Physical Society*, vol. 43, no. 2, pp. 269-272, 2003.

제 승 훈



2004년 3월: 동의대학교 정보통신 공학과 (공학사)
2005년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] EMI/EMC 분석 및 대책, 고성능 전파흡수체의 개발, FDTD 이용한 전자장 수치해석,

마이크로파능동회로

최 정 현



2004년 3월: 동의대학교 정보통신 공학과 (공학사)
2006년 2월: 한국해양대학교 대학원 전파공학전공 (공학석사)
[주 관심분야] EMI/EMC 분석 및 대책, 고성능 전파흡수체의 개발, FDTD 이용한 전자장 수치해석,

마이크로파능동회로

김 동 일



1975년 2월: 한국해양대학교 (공학사)
1977년 2월: 한국해양대학교 전파공학전공 (공학석사)
1984년 3월: 일본 동경공업 전기전자공학과 (공학박사)
1975년 3월~1993년 9월: 한국해양대학교 조교~부교수

1990년 3월 10일: 산학협동상 대상 수상
1993년 12월 11일: 한국전자파학회 학술상 수상
1995년 4월 21일: 과학기술진흥 대통령 표창 수상
1998년 9월 30일: 한국향해학회 우수논문상 수상
1993년 10월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 교수
2002년 1월~2003년 12월: 한국전자파학회 회장(현재 명예회장)
2002년 1월~2003년 12월: IEEE EMC Korea Chapter Chairman
2002년 4월~현재: 한국향해항만학회 편집이사
[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 회로의 설계, CATV 전송회로의 설계, 고성능 전파흡수체의 개발, EMI/EMC 대책 등