

# 선박용 레이더의 허상 방지용 PAINT형 전파흡수체의 개발

정재현<sup>+</sup> · 김동일<sup>++</sup> · 송재만<sup>+++</sup> · 최정현<sup>++++</sup>

## Development of Paint-type EM Wave Absorbers for Radar Used in Ships

Jae-Hyun Jung<sup>+</sup>, Dong-Il Kim<sup>++</sup>, Jae-Man Song<sup>+++</sup>, Jung-Hyun Choi<sup>++++</sup>

**Abstract** : We prepared paint-type and sheet-type EM wave absorbers with Mn-Zn Ferrite, Ni-Zn Ferrite, Ba Ferrite, Sr Ferrite, and Sendust against ghosts of a mater in ships. To prepare the absorbers, enamel paint and epoxy paint were used as binders. The prepared EM wave absorber's absorption properties were investigated. The prepared EM wave absorbers have 6 dB over in 2 GHz~ 4 GHz. We compared properties of wave absorption between paint-type and spray-type

**Key words** : EM wave absorber, Mn-Zn ferrite, Ni-Zn ferrite, Ba ferrite, Sr ferrite, Sendust, Enamel paint, Epoxy paint, Paint-type, Spray-type

### 1. 서 론

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. 전자파 장애문제를 해결하기 위해서는 외부에서 들어오는 불필요한 전자파를 흡수하는 전파흡수체의 개발이 효과적이며, 이와 같은 연구는 전기적 손실이나 유전적 손실에 비해 자성 손실이 큰 ferrite 같은 자성재료를 기초로 하여 이루어지고 있다.<sup>[1]-[4]</sup>

전파흡수체는 입사한 전자파를 흡수해서 열로 변환하여 반사파가 생기지 않게 하는 특수재료이다. 이러한 전파흡수체는 전파암실용, TV의 고스트(ghost)방지용 및 전자레인지(microwave oven)용 전파흡수체를 비롯하여 휴대폰을 비롯한 통신 장비용 전파흡수체에 이르기까지 각종 전자기기로부터 누설되는 전자파를 억제하는 용도로 활발히 이용되고 있다. 최근에는 교량 또는 선박의 마스트등에 의한 레이더의 허상 방지용 전파흡수체 및 군사적으로는 레이더에 탐지되지 않는 전함 또는 항공기의 제작을 위한 전파흡수체의 개발이 미국을 비롯한 선진국을 중심으로 활발히 행해지고 있다. 이와 같이 전파흡수체는 민생용에서 산업, 군사용에 이르기까지 그 응용범위가 광범위하여 많은 연구가 이루어고 있으며, 지금까지는 주로 Soft ferrite인 Mn-Zn ferrite나 Ni-Zn ferrite를 중심으로 연구개발이 이루어지고 있다.

최근에는 고주파대역에서의 전자·통신기기의 사용이 증가함에 따라 GHz이상의 고주파 대역에서 전자파 장애

+ 정재현(한국해양대학교 전파공학과), E-mail:uckku@naver.com, Tel: 051)410-4932

++ 김동일(한국해양대학교 전파공학과)

+++ 송재만(한국해양대학교 전파공학과 부설 산업기술연구소)

++++ 최정현(한국해양대학교 전파공학과)

대책에 관한 문제가 주요 관심사로 등장하고 있으며, 이에 GHz대역에서 자기적인 손실이 크게 증가하는 Hard ferrite인 Sr ferrite나 Ba ferrite가<sup>[5]-[6]</sup> 우수한 전파흡수특성을 나타내고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 Soft ferrite와 Hard ferrite를 이용하여 기존의 Sheet형 전파흡수체가 아닌 선박 레이다 허상 방지용 Paint형 및 Spray형 전파흡수체를 제작하고 그 결과를 보고한다.

## 2. 전파흡수체의 제작 및 측정

### 2.1 전파흡수체의 해석이론

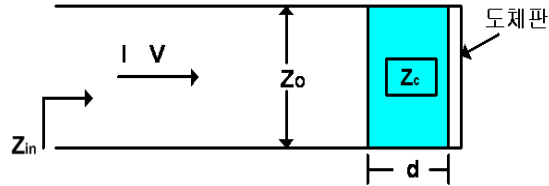


Fig. 1 Distributed line with a EM wave absorber

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

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

로 되며, 부하를 도체판으로 생각하면  $Z_L = 0$

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

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

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

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

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

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

## 2.1 전파흡수체의 제작

본 연구에서는 Mn-Zn Ferrite, Ni-Zn Ferrite, Ba Ferrite, Sr Ferrite, Sendust를 Enamel Paint 와 Epoxy Paint에 각각 70 : 30 wt% 혼합비로 균일하게 혼합하여 알루미늄박 위에 두께가 일정하게 칠하고 자연 건조시켜 Paint형 전파흡수체를 제작하였다. Spray형 전파흡수체는 Paint형 전파흡수체와 동일한 조건에서 제작하였으며 Spray로 분사를 위해 신나를 첨가하여 고르게 분산시킨 후 알루미늄박에 두께가 균일하게 분사시켰다.

## 2.2 전파흡수체의 흡수능 측정

전파흡수능 측정을 위해 펀치를 이용하여 내경 3.05mm, 외경 6.95mm, 두께 2mm의 토로이드 형상을 갖게 하였다. Fig. 2와 3은 본 실험에서 반사계수 측정을 위해 사용한 Network Analyzer와 Sample Holder를 나타낸 것이다. 제작된 전파흡수체의 전파흡수능을 측정하기 위해서 Fig. 3에 나타난 샘플 홀더(Holder)에 제작된 전파흡수체의 샘플(Sample)을 삽입하여 Fig. 2와 같이 Network Analyzer를 이용하여 반사계수를 측정하였다.

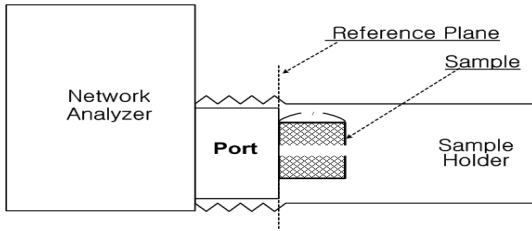


Fig. 2 Reflection coefficient measurement system

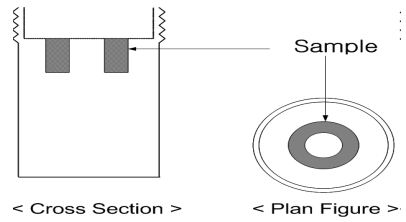


Fig. 3 Sample Holder

## 3. 측정결과

### 3.1 자성재료의 종류에 따른 전파흡수능

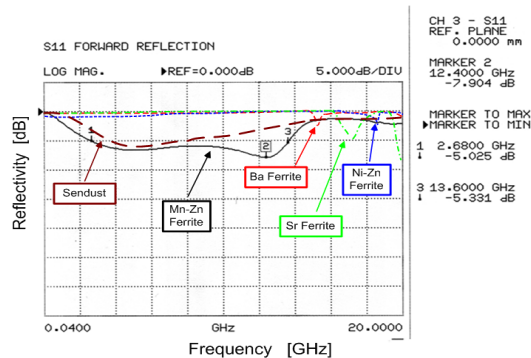


Fig. 4 Reflection coefficient as a function of frequency for a sample of 2mm prepared with various magnetic materials

자성재료를 이용한 전파흡수체의 전파흡수능과 전파흡수 주파수는 자성재료가 갖는 고유특성 즉 투자율에 크게 의존한다. 따라서 본 연구에서는 다양한 자성재료를 페인트와 혼합하여 그들의 전파흡수 특성을 조사하였다.

Fig. 4에는 Mn-Zn Ferrite : Enamel Paint, Ni-Zn Ferrite : Enamel Paint, Ba Ferrite : Enamel Paint, Sr Ferrite : Enamel Paint, Sendust : Enamel Paint를 각각 70 : 30 wt%로 혼합하여 두께가 동일한 2 mm가 되도록 제작하여 그 반사계수의 측정 결과를 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 Enamel Paint를 결합 재료 하여 Mn-Zn ferrite를 혼합한 흡수체의 경우 12.4 GHz에서 약 7 dB의 전파 흡수능을 나타내었으며, 2.8 GHz ~ 13.6 GHz의 넓은 주파수 범위에서 5 dB 이상의 전파흡수능을 나타내고 있다. 또한 Sendust를 혼합한 전파흡수체는 이들과 비교할 때 비교적 저주파에서 우수한 전파흡수능을 나타내고 있으나 그 밖의 전파흡수체는 측정된 주파수 범위에서 매우 낮은 전파흡수특성을 나타내고 있다.

따라서 본 연구에서는 우수한 전파 흡수능을 나타내는 페인트형 전파흡수체의 개발을 위해 Mn-Zn ferrite를 중심으로 다양한 조건에서 실험을 실시하고 그 결과를 제시하고자 한다.

### 3.2 Mn-Zn Ferrite의 조성비에 따른 전파흡수능

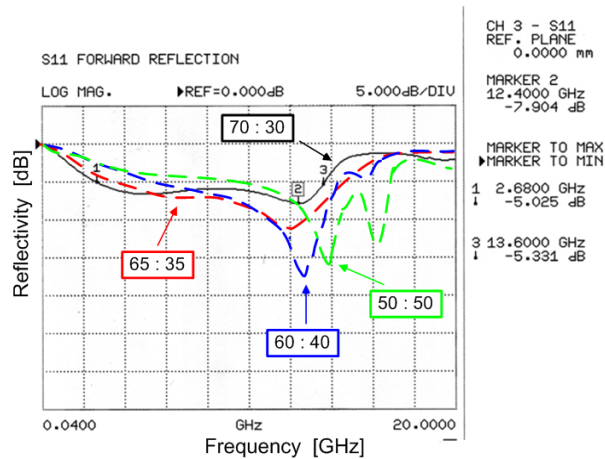


Fig. 5 Reflection coefficient as a function of frequency for sample of 2mm with Mn-Zn ferrite

Fig. 5는 Mn-Zn ferrite를 50 wt%, 60 wt%, 65 wt%, 70 wt%의 비율로 변화시켜가면서 그에 따른 전파 흡수능을 나타낸 그림이다. Mn-Zn Ferrite : Enamel Paint = 60 : 40 wt% 일 때 중심주파수가 13 GHz에서 약 16.5 dB의 흡수능을 나타내었으며 Mn-Zn Ferrite에 대해서 Enamel Paint의 혼합비가 증가함에 따라 흡수 주파수 대역이 고주파로 이동하는 현상을 나타내고 있다. 따라서 페인트형 전파흡수체에서는 고체형 전파흡수체나 시트형 전파흡수체와 비교하여 Mn-Zn Ferrite와 Enamel Paint의 혼합량을 제어함으로써 사용 주파수에 적합한 전파흡수체를 손쉽게 만들 수 있을 것으로 생각한다.

### 3.3 Paint 종류에 따른 전파흡수능

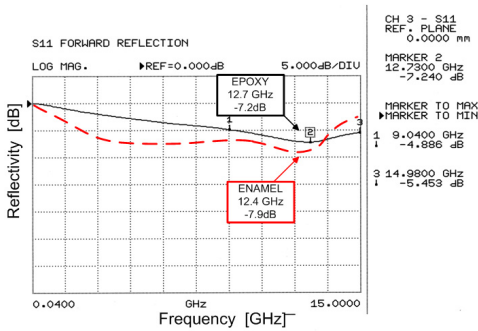


Fig. 6 Reflection coefficient as a function of frequency for sample of 2mm with Mn-Zn : Enamel(Epoxy) = 70 : 30 wt%

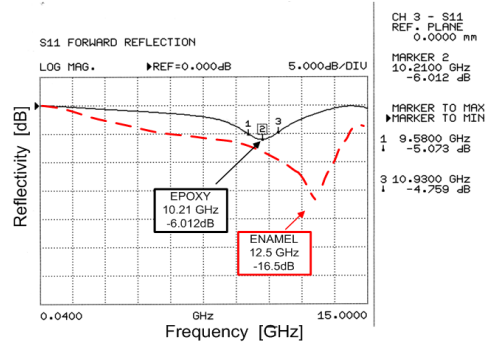


Fig. 7 Reflection coefficient as a function of frequency for sample of 2mm with Mn-Zn : Enamel(Epoxy) = 60 : 40 wt%

Fig. 6은 Mn-Zn ferrite를 Enamel paint와 Epoxy Paint를 각각 70 : 30 wt%로, Fig. 7은 60 : 40wt% 혼합하여 두께가 2 mm인 전파흡수체의 전파 흡수능을 각각 나타낸 그림이다. Fig. 6과 7에 나타낸 바와 같이 전파흡수능은 같은 Mn-Zn 페라이트에 대해서 Paint의 종류에 따라 전파흡수특성이 크게 달라짐을 보이고 있다. 따라서 페인트 종류의 변화가 전파흡수특성에 미치는 영향에 대한 연구가 앞으로 진행되어야 할 것으로 생각한다.

### 3.4 Paint 형과 Spray형의 전파흡수능 비교

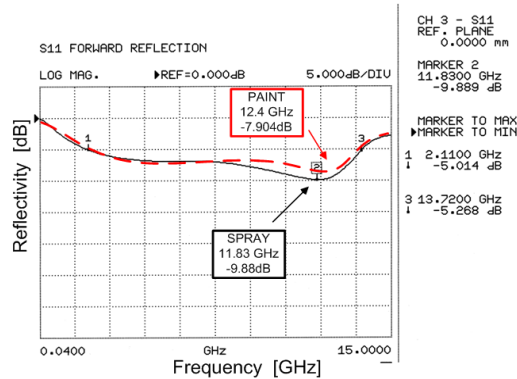


Fig. 8 Comparison of EM wave absorption between paint-type and spray-type

전파흡수체는 사용 용도에 따라 고체형, Paint형, Spray형 중 적합한 용도의 것을 사용하는 것이 바람직하다. 따라서 Fig. 8에는 Paint형 전파흡수체와 Spray형 전파흡수체의 전파흡수특성을 비교하여 나타내었다.

Fig. 8에서 나타낸 바와 같이 Mn-Zn ferrite : Enamel Paint = 70 : 30 wt%의 Paint형과 Spray형 전파흡수체에 대해서 Spray형 전파흡수체와 Paint형 전파흡수체가 유사한 흡수능을 나타냄을 알

수 있었다. Spray형의 전파흡수체의 제작에 있어 조건은 모두 동일하며 다만 Spray형의 경우 분사 효과를 높이기 위해 신나를 첨가하였다. 이것이 고주파에서 전파흡수능에 영향을 주었는지에 대해서는 앞으로 연구가 진행되어야 할 것으로 생각한다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 선박 레이다 허상 방지용으로 적합한 전파흡수체를 개발하기 위해 Mn-Zn Ferrite, Ni-Zn Ferrite, Ba ferrite, Sr Ferrite, Sendust 자성체를 이용하여 Enamel Paint와 Epoxy Paint에 혼합하여 paint형 전파흡수체를 제작하고 그들의 특성을 조사하였으며 사용 용도의 확장을 위해 Spray형 전파흡수체를 제작하여 그들의 특성을 비교하였다. 본 연구에서 개발한 전파흡수체는 2 GHz ~ 14 GHz의 매우 넓은 주파수 대역에서 6 dB 이상의 전파흡수능을 나타낸다.

## 후 기

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

본 연구는 대학IT연구센터인 충남대학교 전자과환경기술연구센터의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [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.
- [4] Dong Han Choi, Dong Il Kim and Jae Man Song,"Dependence of Electromagnetic Wave Absorption Properties on Binders", Journal of The Korean Physical Society, vol. 42, no. 6, pp. 799-802, 2003
- [5] Satoshi Sugimoto, Katsumi Okayama, Sin-ichi Kondo, Hiroyasu Ota, Masafumi Kimura, Yoshiyuki Yoshida, Hajime Nakamura, David Book, Toshio Kagotani and Motofumi Homma, "Barium M-type Ferrite as an Electromagnetic Microwave Absorber in the GHz Range", Journal of Materials Transactions, JIM, vol. 39, no. 10, pp. 1080-1083, 1998.
- [6] 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.