

PCB상의 노이즈 제거용 전파흡수체의 특성 평가에 관한 연구

A Study on the Evaluating Characteristics of EM Wave Absorber for Noise Suppression from PCB

김동일 · 최동수 · 윤상길 · 유건석

Dong Il Kim · Dong Soo Choi · Sang Gil Yoon · Gun Suk Yoo

요 약

최근 급성장하고 있는 정보처리 속도의 고속화와 IC 기술의 고집적화에 따른 소형화와 모바일화는 대부분 GHz 대의 높은 주파수를 이용하며, 인접 소자 또는 배선 간의 상호 간섭, 배선을 통한 노이즈의 전도 및 방사를 유발하여 EMC(Electromagnetic Compatibility) 대책 기술의 주요 과제로 대두되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 전파흡수체 및 차폐재의 개발이 활발히 진행 중이며, 이를 적절한 위치에 부착시킴으로써 PCB상에서의 전자파 노이즈 방사를 감소시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 EMC 대책 기술 중 전파흡수체를 이용한 PCB 기관상의 불요 전자파 노이즈 억제용 전파흡수체의 특성 파악을 위하여 마이크로스트립 라인법을 이용하여 전파흡수체를 측정하여 재료 정수의 복소비 투자율의 변화에 따른 노이즈 억제 효과의 변화를 비교·분석하였다. 우선 자성 재료인 Amorphous와 Sendust를 지지체인 CPE를 이용하여 조성비별 샘플을 제작하여 측정하였다. 자성 재료의 투자율의 값은 높은 허수부의 값을 가지며, 손실 탄젠트의 값이 큰 재료일수록 우수한 노이즈 특성이 나타남을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we analyzed and evaluated noise suppression characteristic of EM wave absorber. We fabricated several absorber samples in different ratios of Sendust and Amorphous with CPE(Chlorinated Polyethylene) as binder and calculated material constants by measured S-parameter. Then, we confirmed that the noise suppression characteristic of EM wave absorbers using microstrip line. A microstrip line with EM wave absorber placed on its top was used to evaluate the conduction noise suppression. As a result, noise suppression effect show different characteristic by changing relative permeability. Therefore, EM wave absorber using Sendust show excellent characteristic. In particular the maximum power absorption over 90 % in 1.7 GHz to over 6 GHz has obtained when composition of Sendust:CPE=80:20 wt.%.

Key words : EMC, EM Wave Absorber, Sendust, Amorphous, Noise Suppression Characteristic

I. 서 론

현재 전자파 공학의 발전으로 사람들은 생활의 편리함을 누리고 있다. 특히 지금은 고도 정보화 사회라 불릴 만큼 각종 정보기기가 사회에 널리 보급

되면서 정보 교환량도 급속도로 늘어났지만 전파 사용의 밀집도가 높아지면서 전자파 환경을 더욱 악화시키고 있다. 전자기기에서도 외부로부터의 불요 전자파에 의해 오작동을 일으켜 인명에 치명적인 장애를 주는 등 심각한 사회적 문제를 야기하고 있는 것

「본 연구는 중소기업청과 부산광역시가 지원하는 2008년도 산학협력실지원사업의 지원으로 이루어졌습니다.」

한국해양대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20090309-025

· 수정완료일자 : 2009년 6월 12일

으로 보고되고 있다^[1]. 대부분의 전자기기는 전자 부품이 PCB 위에 실장되는 형태로 구성되어 있는데, 최근의 실장밀도는 더욱 높아지고 있으며, 이 때문에 동일 기판 내의 전자회로 상호간의 간섭이 증가하여 회로의 오작동이 빈번히 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 전파흡수체 및 차폐재의 개발이 활발히 진행 중이며, 이를 적절한 위치에 부착하여 실제 PCB 상에서의 전자파 노이즈 방사를 감소시킨다^[2]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 전파흡수체 및 차폐재의 개발이 활발히 진행 중이며, 이를 적절한 위치에 부착시킴으로써 PCB상에서의 전자파 노이즈 방사를 감소시킬 수 있다. 이전까지는 전자파 차폐재를 이용함으로써 전자파 노이즈의 방사를 억제할 수 있었으나, 차폐의 경우 차폐재에 의한 반사로 인해 내부 간섭을 일으키게 되어 2차적인 피해가 나타나게 된다. 따라서 전파흡수체를 사용함으로써 PCB로부터 방사되는 전자파 노이즈를 제거하기 위한 근본적인 해결책이 될 것으로 기대된다.

따라서 본 논문에서는 EMC 대책 기술 중 전파흡수체를 이용한 PCB 기판상의 불요 전자파 노이즈 억제용 전파흡수체의 특성 파악을 위하여 마이크로 스트립라인법을 이용하여 자성 재료인 Amorphous와 Sendust 전파흡수체를 제작·측정하여 재료 정수의 복소비 투자율을 변화에 따른 노이즈 억제 효과의 변화를 비교·분석하였다.

II. 전파흡수체 샘플 제작 및 재료 정수 측정

2-1 전파흡수체 샘플 제작

본 논문에서는 자성 재료인 Amorphous와 Sendust 전파흡수체 샘플을 제작하여 특성을 비교하였고, 표 1에 나타내었다. 전파흡수체 제작은 먼저 Amorphous 또는 Sendust를 지지재인 CPE와 조성비를 달리하여 각각 믹서로 혼합하고, 본 연구실에서 자체 제작한

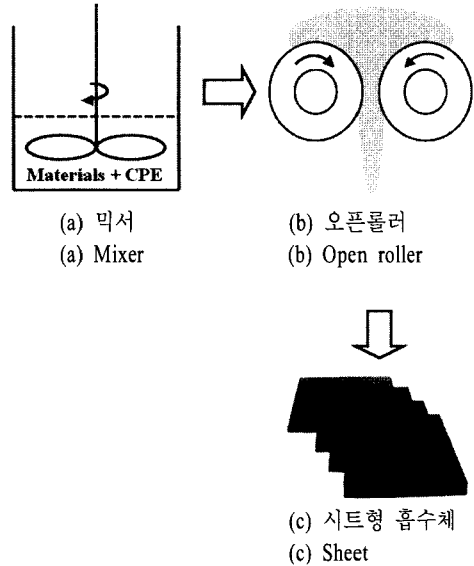


그림 1. 전파흡수체 제작 과정
Fig. 1. Manufacturing process of absorber.

open roller를 이용하여 두께 1 mm, 2 mm sheet형 전파흡수체 샘플을 제작하였다. 이때 open roller의 표면온도는 전파 흡수능에 영향을 미치기 때문에 70 °C의 균일한 온도를 유지하였다^[7].

2-2 재료 정수 측정 시스템 구성

그림 3과 같은 sample holder에 전파흡수체 샘플을 제작하여 삽입한 후, 그림 4와 같이 HP사의 MODEL 8753D Vector Network Analyzer에 연결하여 S-parameter를 측정하였다. 그리고 측정 데이터를 MATLAB 프로그램을 이용하여 복소비 유전율(ϵ_r)과 복소비 투자율(μ_r)을 계산하였다^{[3]~[5]}. 복소비 유전율(ϵ_r)과 복소비 투자율(μ_r)은 $l-2l$ 법을 사용하여 계산하였다. 이를 다음에 나타낸다.

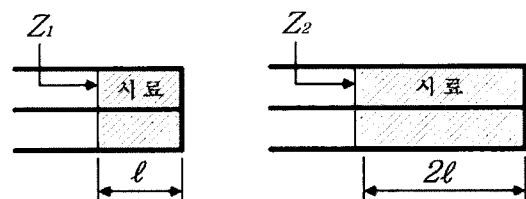
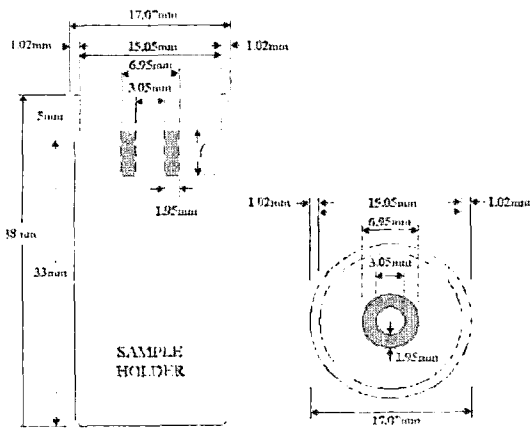


그림 2. $l-2l$ 법
Fig. 2. $l-2l$ 법 method.

표 1. 재료의 특성

Table 1. Characteristic of materials.

명칭	조성식
Amorphous	Fe _{73.5} Cu ₁ Nb ₃ Si _{13.5} B ₉ at.%
Sendust	Fe-Si-Al



(a) 단면 (a) Cross Section Figure
(b) 평면 (b) Plane figure

그림 3. 샘플 홀더
F.g. 3. Sample holder.

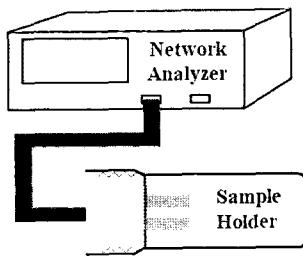


그림 4. 측정 시스템
F.g. 4. Measurement system.

$$\epsilon_r = -j \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \frac{\gamma}{z_c} \quad (1)$$

$$\mu_r = -j \frac{\lambda}{2\pi} \cdot z_c \cdot \gamma \quad (2)$$

2-3 재료 정수 측정 결과

그림 6과 그림 7는 Sendust 전파흡수체 sample과 Amorphous 전파흡수체 sample을 각각의 조성비에 따라 측정된 복소비 투자율을 나타내었다. 조성비의 함량이 증가할수록 복소비 투자율의 실수부 초기 값이 증가하며, 손실에 기여하는 허수부의 피크값이 증가하고 저주파로 이동하였다. 자성 손실 재료의 손실 향을 나타내는 복소비 투자율의 허수값은 조성비에 따라 큰 변화를 보이며, Sendust 및 Amorphous 전파흡수체 sample의 경우 조성비 80:20 wt.% 인 경우 허수부의 값이 가장 큰 값을 가졌으며, 손실 탄젠트

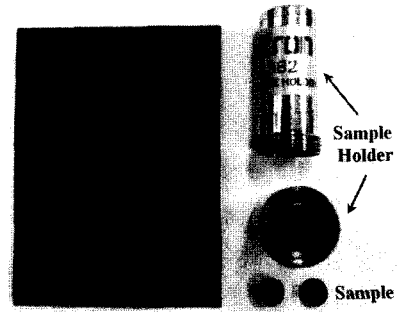


그림 5. 제작된 전파흡수체, 샘플 홀더, 샘플
Fig. 5. A photo of the absorber, sample holder, sample.

값인 $\tan \delta = \mu_r'' / \mu_r'$ 값은 Sendust 전파흡수체 샘플의 경우 약 2~6 GHz 대역에서 $\tan \delta \geq 1$ 인 값을 가졌다. 또한, Amorphous 전파흡수체 샘플의 경우 약 1.5~6 GHz 대역에서 $\tan \delta \geq 1$ 인 값을 가졌다.

III. 노이즈 억제 특성

3-1 측정 시스템

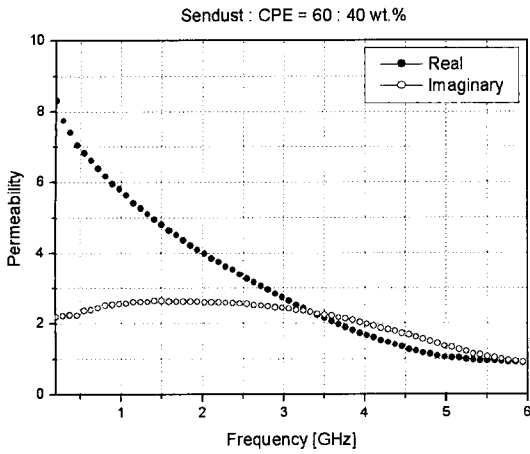
본 논문에서는 마이크로스트립 라인법(MSL)법을 사용하여 노이즈 억제 특성을 측정하였다. 그림 8에 나타난 바와 같이 전파흡수체 sample을 마이크로스트립 라인 위에 배치하고 전파흡수체에 의해 열로 변화하는 전류의 반사 특성(S_{11}) 및 투과 특성(S_{21})을 network analyzer로 측정하였으며, 노이즈 억제 효과 (P_{loss}/P_{in})는 식 (1)에서 산출하였다^[8]. 측정 샘플의 크기는 선로를 덮는 길이는 변화에 따라 S_{21} 은 선로를 덮는 길이에 비례하여 현저히 줄어든다. 선로를 덮는 샘플의 길이를 고정하고 폭을 변화시켰을 때 S_{11} 과 S_{21} 은 약간의 변화가 보이나 그 영향은 아주 미미하다^[9]. 본 논문에서는 선로의 폭과 길이를 각각의 sample의 크기를 $50 \times 50 \text{ mm}^2$, 두께를 1 mm로 일정하게 하여 측정하였다.

노이즈 억제 효과는 입사 전력(P_{in})에 대한 흡수 전력(P_{loss})의 비로 정의되고, 다음 식으로 주어진다^[8].

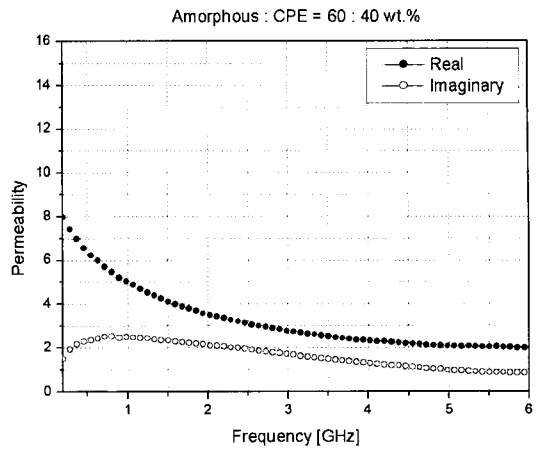
$$P_{loss}/P_{in} = 1 - \{|S_{11}|^2 + |S_{21}|^2\} \quad (3)$$

3-2 측정 결과

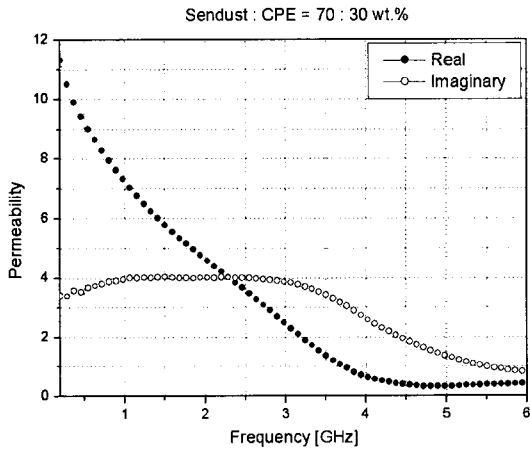
그림 9는 Sendust 전파흡수체와 Amorphous 전파흡수



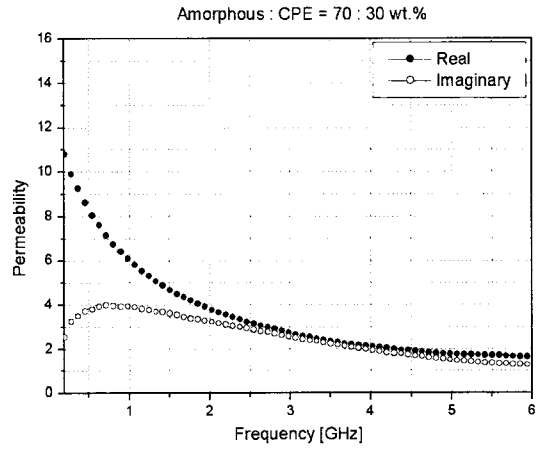
(a) Sendust:CPE=60:40 wt.%



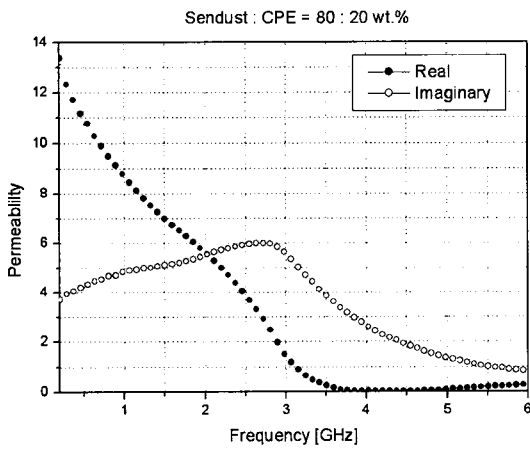
(a) Amorphous:CPE=60:40 wt.%



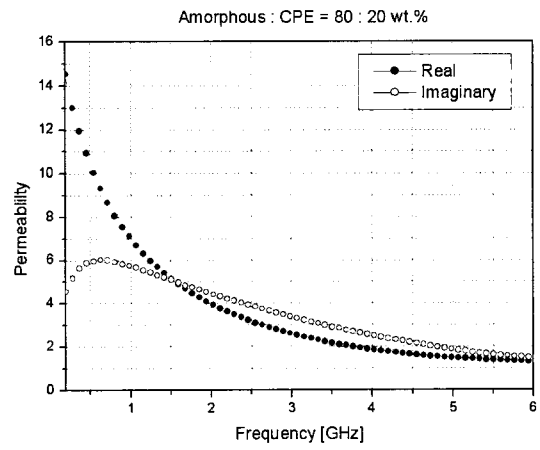
(b) Sendust:CPE=70:30 wt.%



(b) Amorphous:CPE=70:30 wt.%



(c) Sendust:CPE=80:20 wt.%



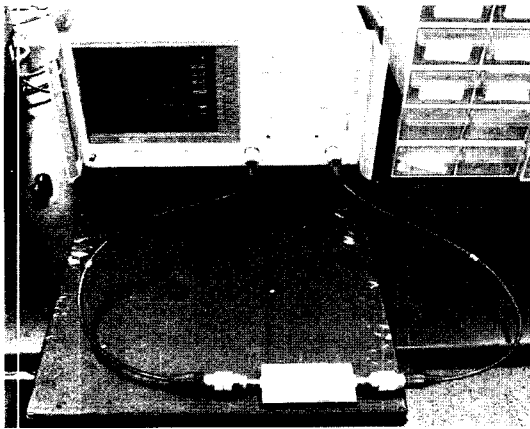
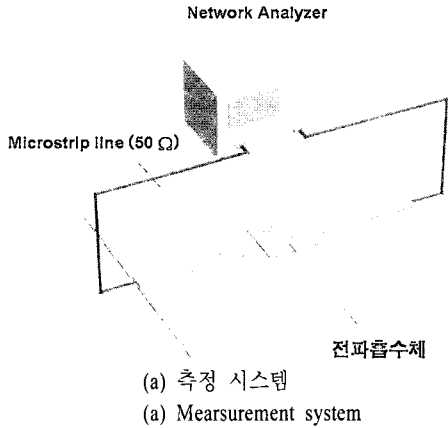
(c) Amorphous:CPE=80:20 wt.%

그림 6. Sendust 전파흡수체 샘플의 조성비에 따른 복소비 투자율

Fig. 6. Complex relative permeability of Sendust EM wave absorber.

그림 7. Amorphous 전파흡수체 샘플의 조성비에 따른 복소비 투자율

Fig. 7. Complex relative permeability of the Amorphous EM wave absorber.



(b) 실제 측정
(b) Measurement

그림 8. 노이즈 억제 특성 측정 시스템의 구성
Fig. 8. Measurement system of noise suppression characteristic.

수체 sample을 그림 7과 같은 측정 시스템을 이용하여 측정한 S -parameter를 통해 식 (3)으로부터 노이즈 흡수량을 측정하였다. 측정 주파수는 30~6 GHz까지 이다.

Amorphous 전파흡수체 sample의 경우 S_{11} 특성은 거의 모든 대역에서 -20 dB 이하의 값을 보였으며, S_{21} 특성의 경우 주파수가 증가할수록 감소하였으며, Amorphous의 함량이 80 wt.%일 때 6 GHz에서 -19 dB의 특성을 보였다. 그림 9는 Amorphous 전파흡수체 sample의 노이즈 억제 특성을 나타낸 그래프이며, 노이즈 흡수율은 주파수가 높아질수록 증가하였으며, 주파수 1.8 GHz에서 50%, 주파수 4.5 GHz 이상에서 약 90% 이상의 흡수율을 보였다.

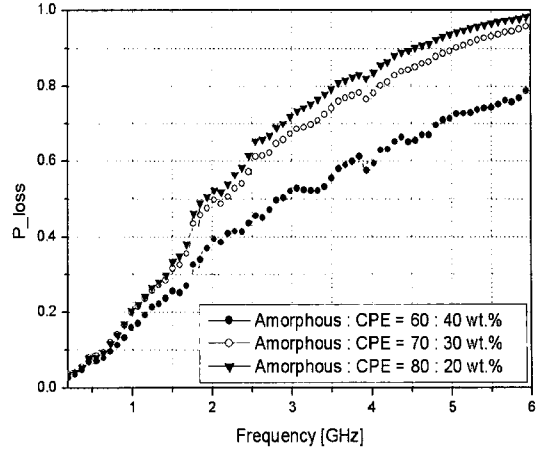


그림 9. Amorphous 전파흡수체 샘플의 노이즈 억제 특성

Fig. 9. Noise suppression characteristic of Amorphous EM wave absorber samples.

Sendust 전파흡수체 sample의 경우, S_{11} 특성은 -15 ~ -20 dB의 레벨을 유지하였으며, 이는 Amorphous 전파흡수체보다 표면반사량이 증가한 것으로 보인다. 투과 특성인 S_{21} 의 경우는 2 GHz 대역에서 -20 dB의 이상의 값을 가졌으며, 3.4 GHz에서 -45 dB의 투과 특성을 나타내었다. S_{21} 특성의 경우 주파수 30 MHz~4 GHz 대역에서는 감소하였으며, 4 GHz 이상의 주파수에서는 다시 증가하는 결과를 보였으며, 2.5~5.5 GHz 대역에서 -30 dB 이상의 아주 낮은 투과 특성을 보였다. Sendust 전파흡수체 샘플의 노이즈

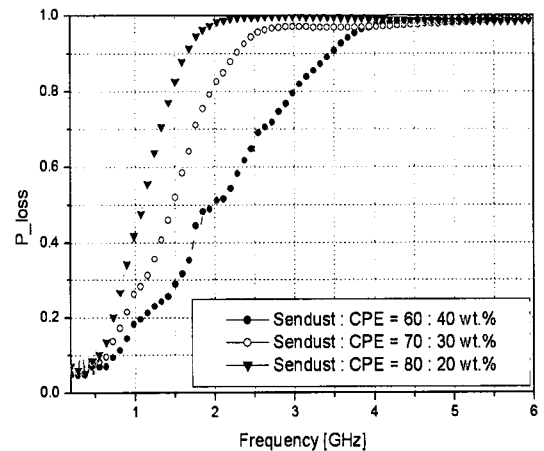


그림 10. Sendust 전파흡수체 샘플의 노이즈 억제 특성
Fig. 10. Noise suppression characteristic of Sendust EM wave absorber samples.

억제 특성을 그림 8에 나타내었으며, 노이즈 흡수율은 주파수가 높아질수록 높아지며 주파수 1.2 GHz에서 약 50 %, 1.8 GHz 이상에서 90 % 이상의 흡수율을 보였다.

그림 6, 7을 비교하였을 때, 손실에 기인하는 허수부의 값의 피크값은 증가하며, Sendust 전파흡수체와 Amorphous 전파흡수체의 허수부 피크값은 비슷한 값을 가졌으나, 실수부 값의 경우 Sendust 전파흡수체의 경우는 낮은 값을 가지므로 큰 손실 탄젠트 값을 가졌으나, Amorphous 전파흡수체의 경우 상대적으로 낮은 손실 탄젠트의 값을 가졌다. 이는 노이즈 억제 특성의 결과에서 확연한 차이로 드러난다. 그림 8, 9에서 보는 바와 같이 Sendust 전파흡수체의 경우 큰 노이즈 억제 효과를 가짐을 확인할 수 있었으나, 투자율의 변화에 따라 큰 차이를 보이며, 허수부의 피크값에 의해 영향을 받지만, 허수부와 실수부에 따른 손실 탄젠트 $\tan \delta = \mu'' / \mu'$ 값에 의해 크게 영향을 받는 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 고주파 회로에서 발생하는 노이즈의 흡수율을 해석하는 방법의 하나로서 마이크로스트립 선로를 이용하여 Sendust 전파흡수체와 Amorphous 전파흡수체 Sample의 재료 정수의 변화에 따른 노이즈 억제 특성을 확인하였다. 측정에 사용한 전파흡수체의 크기는 가로 50 mm, 세로 50 mm, 두께 1 mm로 일정하게 하여 측정하였으며, 자성 재료의 투자율의 허수부의 값과 실수부의 값의 차이에 따라 노이즈 흡수율은 큰 차이를 보임을 확인하였다. 조성비가 Sendust:CPE=80:20 wt.% sample의 경우에 가장 좋은 특성을 보였으며, 1.8~6 GHz 이상의 대역에서 90 % 이상의 흡수율을 갖는 가장 좋은 노이즈 억제 효과를 보였다. 이는 Amorphous에 비해 Sendust가 노이즈 억제용 전파흡수체 재료로서 적합하다고 할

수 있으며, 이를 이용하여 노이즈 억제용 전파흡수체의 개발이 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 김동일, "전파흡수/차폐재", 한국전자과학회지 전자과학기술, 9(2), p. 1, 1998년 6월.
- [2] 공성식, 안형태, 정삼영, "전자파 장애 방지 국제 표준기술 작업 동향", 한국전자과학회지 전자과학기술, 14 (4), pp. 81-91, 2003년 10월.
- [3] 김동일, 전파흡수체공학, 대영사, 2006년.
- [4] Y. Naito, *Electromagnetic Wave Absorbers*, Tokyo: New Ohm, 1987.
- [5] Hashimoto, *Introduction to Wave Absorber*, Tokyo: Morikita Shuppan, 1997.
- [6] Chong-Mook Choi, Dong Il Kim, Dong-Han Choi, and Rui Li, "Development of broad-band electromagnetic wave absorber for X-band sensors in double-layered type using carbon", *12th IAIN World Congress*, vol. 1, pp. 297-300, Oct. 2006.
- [7] Sang-Hyun Moon, Seung-Jae Shin, Jae-Man Song, Dong-Il Kim, and Ki-Man Kim, "Development of composite Ba ferrite EM wave absorbers for GHz frequency", *J. Korea Electromagnetic Engineering Soc.*, vol. 14, no. 12, pp. 1329-1334, Dec. 2003.
- [8] Shiehiro Ohnuma, Hideaki Nagura, Hiroyasu Fuhimori, and Tsuyoshi Masumoto, "Noise suppression effect of nanogranular Co based magnetic thin films at gigahertz frequency", *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 40, no. 4, pp. 2712-2715, Jul. 2004.
- [9] 김선태, 김선홍, 김성수, "마이크로스트립 라인에서 유한요소법을 이용한 전도노이즈 흡수체의 성능 해석", 한국자기학회지, 17(6), pp. 242-245, 2007년 12월.

김 동 일



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

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

윤 상 길



2007년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
2007년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] EMI/EMC 분석 및 대책, 고성능 전파흡수체의 개발 등

최 동 수



2009년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
2009년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] EMI/EMC 분석 및 대책, 고성능 전파흡수체의 개발, 투과형 전파흡수체 개발 등

유 건 석



2008년 8월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
2008년 9월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] EMI/EMC 분석 및 대책, 고성능 전파흡수체의 개발 등