

실내 무선 LAN 전자파 환경 대책용 전파 흡수체에 관한 연구

A Study on the EM Wave Absorber for the Electromagnetic Environment of Indoor Wireless LAN

윤상길 · 김동일 · 이대희 · 최창묵

Sang Gil Yoon · Dong Il Kim · Dae Hee Lee · Chang-Mook Choi

요 약

최근, 실내 무선 LAN은 편리함과 용도의 다양성으로 인해 가정이나 사무실 등에서 사용이 증대되고 있으며, IEEE 802.11a와 IEEE 802.11b에 명시되어 있는 바와 같이 5.2 GHz와 2.4 GHz의 주파수 대역을 사용하고 있다. 그러나 실내 공간에서 무선 LAN 기기들을 사용할 경우, 벽·천정·바닥·책상 등에 의해서 반사파가 발생하고, 이들 반사파의 다중 반사는 통신 속도 저하와 데이터 손실과 같은 문제점을 발생시킨다. 이러한 문제점은 전파 흡수체를 사용하여 해결하는 것이 가장 효과적이다. 따라서 본 논문에서는 MnZn-ferrite, sendust, carbon을 이용하여 전파 흡수체를 제작하였으며, 지지재로는 CPE(Chlorinated Polyethylene)를 이용하였다. 제작된 전파 흡수체 측정 결과, 조성비가 MnZn-ferrite : sendust : CPE=64 : 16 : 20 wt.%일 때, 두께가 3.7 mm인 전파 흡수체가 2.4 GHz에서 17 dB의 전파 흡수 특성을 보였고, 조성비가 MnZn-ferrite : carbon : CPE=40 : 15 : 45 wt.%일 때, 두께가 3.8 mm인 전파 흡수체가 5.2 GHz에서 23 dB의 전파 흡수 특성을 보였다.

Abstract

Recently, wireless LAN are often applied in home or office because of its various of convenience. Frequency range of wireless LAN specified by IEEE 802.11a is at 5.2 GHz and IEEE 802.11b is 2.4 GHz. But in offices with wireless LAN devices, reflection of waves against walls, ceilings, floors and desks made of metal creates multipath problems that reduce communication speed and lose data. These problems can be solved by using EM wave absorber. In this paper, we designed and fabricated EM wave absorbers using MnZn-ferrite, sendust, carbon and CPE(Chlorinated Polyethylene). The EM wave absorber with the ratio of MnZn-Ferrite : sendust : CPE=64 : 16 : 20 wt.% has thickness of 3.7 mm and absorption ability more than 17 dB at 2.4 GHz and the EM wave absorber with the ratio of MnZn-ferrite : carbon : CPE=40 : 15 : 45 wt.% has thickness of 3.8 mm and absorption ability more than 23 dB at 5.2 GHz

Key words : Absorption Ability, Carbon, EM Wave Absorber, MnZn-Ferrite, Sendust

I. 서 론

최근, 실내 무선 LAN은 편리함과 용도의 다양성으로 인해 가정이나 사무실 등에서 사용이 증대되고 있으며, IEEE 802.11a와 IEEE 802.11b에 명시되어 있

는 바와 같이 5.2 GHz와 2.4 GHz의 주파수 대역을 사용하고 있다^[1]. 그러나 실내 공간에서 무선 LAN 기기들을 사용할 경우 벽·천정·바닥·책상 등에 의해서 반사파가 발생하고, 이들 반사파의 다중 반사는 통신 속도 저하와 데이터 손실과 같은 문제점

「이 논문은 교육인적자원부의 2단계 BK21 사업 지원으로 수행되었음.」

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

· 논문 번호 : 20070704-070

· 수정완료일자 : 2007년 8월 28일

을 발생시킨다. 이와 더불어 이러한 불요전자파에 의한 전자파 장애(EMI)에 대해서도 지대한 관심이 기울여 지고 있으며^[2], 이와 같은 불요전자파에 대한 영향을 최소화하기 위해 전파 흡수체에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전파 흡수체는 전파를 흡수해서 열에너지로 변환하여 반사파가 생기지 않게 하는 특수재료이다. 이러한 전파 흡수체는 주파수의 존 특성이 매우 커서 사용하고자 하는 주파수 대역에서 유전 손실 또는 자성 손실이 큰 재료를 이용하거나 이들을 혼합하여 최대의 손실 특성을 나타내는 재료를 만드는 기술 개발이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 MnZn-ferrite, sendust, carbon을 주재료로 사용하고, 지지재는 CPE(Chlorinated Polyethylene)를 사용하여 전파 흡수체 시트를 제작·분석하였으며, 이를 이용하여 실내 무선 LAN용 전파 흡수체를 설계하고 실제 제작하여 비교·분석하였다.

II. 전파 흡수체 설계 이론

그림 1의 두께 d 인 전파 흡수체에서 반사 손실(Return Loss)은 식 (1)처럼 나타낼 수 있다.

$$RL = -20 \log_{10} \left| \frac{z-1}{z+1} \right| \quad (1)$$

여기서, z 는 정규화 입력 임피던스이다.

평면파의 수직입사에 대한 매질 내 정규화 입력 임피던스 z 는 식 (2)처럼 주어진다^{[6]~[8]}.

$$z = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r} \tanh\left(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r \mu_r} d\right)} \quad (2)$$

여기서, λ 는 입사한 평면파의 자유공간상의 파장이

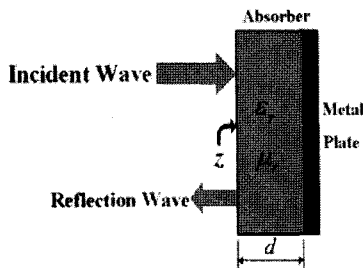


그림 1. 전파 흡수체
Fig. 1. EM wave absorber.

며, ϵ_r 는 복소비 유전율(ϵ/ϵ_0), μ_r 는 복소비 투자율(μ/μ_0)이다. 또한 완벽한 전파 흡수체가 되기 위해서는 z 가 1이 되는 것으로 전파 흡수체의 완전 정합 조건은 식 (3)과 같다^[3].

$$\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r} \tanh\left(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r \mu_r} d\right)} = 1 \quad (3)$$

III. 재료 정수 측정

3-1 전파 흡수체 샘플 제작

전파 흡수체 제작은 먼저 MnZn-ferrite, sendust, CPE와 MnZn-ferrite, carbon, CPE를 조성비를 달리하여 각각 믹서로 혼합하고, 본 연구실에서 자체 제작한 open roller를 이용하여 두께 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm의 sheet형 전파 흡수체 샘플을 제작하였다. 이때 open roller의 표면 온도는 전파 흡수능에 영향을 미치기 때문에 70 °C의 균일한 온도를 유지하였다^[4].

3-2 측정 시스템 구성

그림 3과 같은 sample holder에 전파 흡수체 샘플을 제작하여 삽입한 후, 그림 3과 같이 WILTRON사의 MODEL 360B Vector Network Analyzer에 연결하

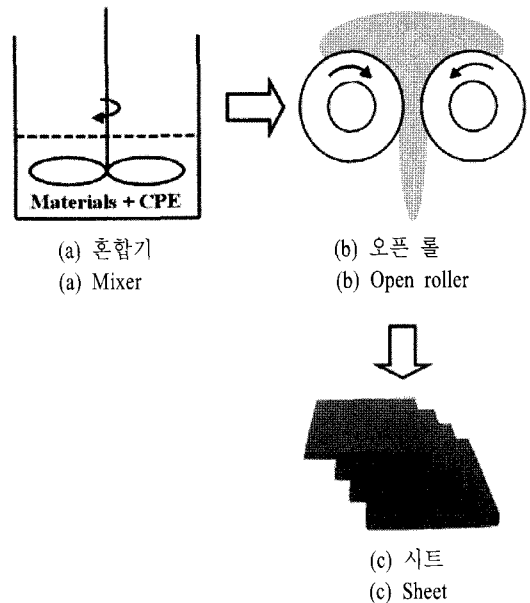


그림 2. 전파 흡수체 제작 과정
Fig. 2. Manufacturing process of absorber.

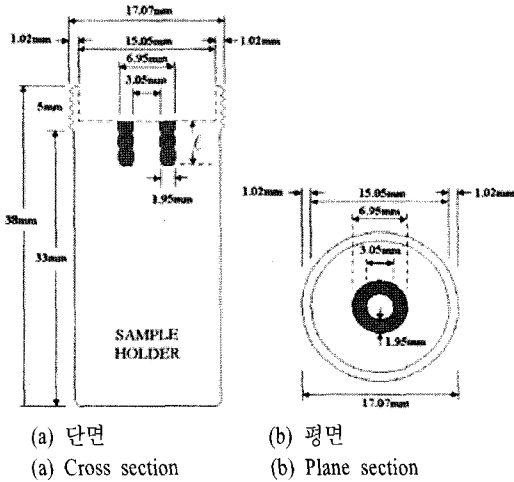


그림 3. 샘플 홀더
Fig. 3. Sample holder.

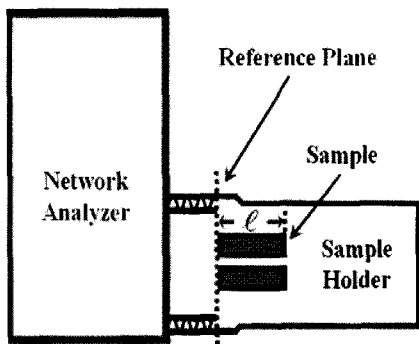


그림 4. 측정 시스템
Fig. 4. Measurement system.

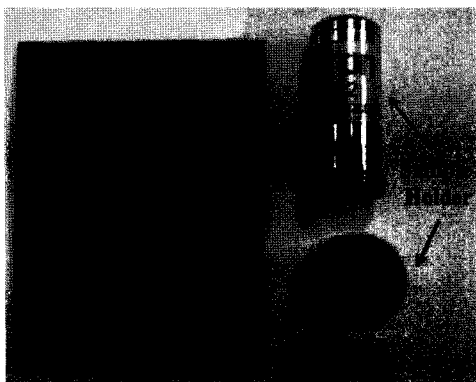


그림 5. 제작된 전파 흡수체, 샘플 홀더, 샘플
Fig. 5. A photo of the absorber, sample holder, sample.

여 S -parameter를 측정하였다. 그리고 측정 데이터를 MATLAB 프로그램을 이용하여 복소비 유전율(ϵ_r)과 복소비 투자율(μ_r)을 계산하였다.

3-3 재료 정수 측정 결과

MnZn-ferrite, sendust, CPE의 조성비별 두께 3 mm의 샘플로부터 측정된 반사 계수는 그림 6~8에 나타내었고, MnZn-ferrite, carbon, CPE의 조성비별

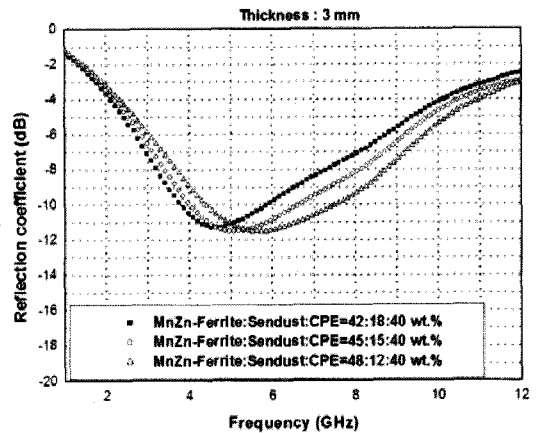


그림 6. MnZn-ferrite와 sendust의 조성비에 따른 반사 계수(1)

Fig. 6. Reflection coefficient as a function of frequency for MnZn-ferrite with sendust content (1).

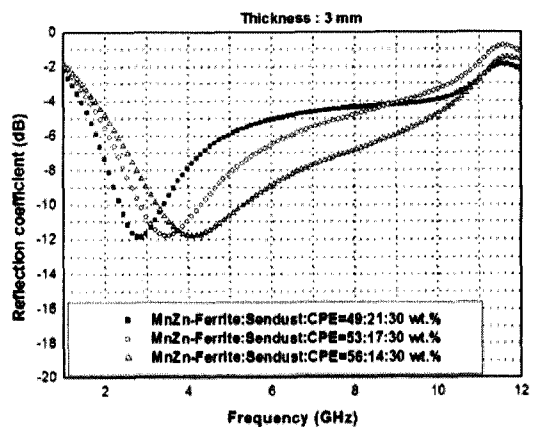


그림 7. MnZn-ferrite와 sendust의 조성비에 따른 반사 계수(2)

Fig. 7. Reflection coefficient as a function of frequency for MnZn-ferrite with sendust content (2).

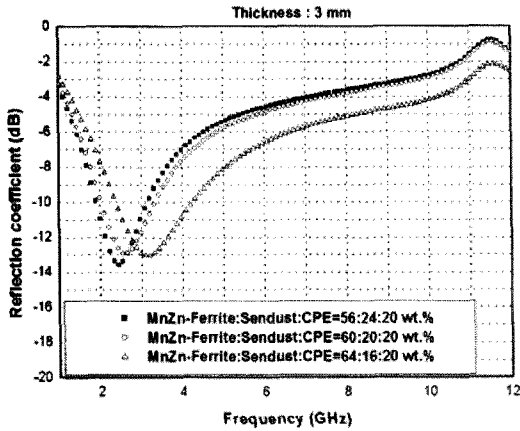


그림 8. MnZn-ferrite와 sendust의 조성비에 따른 반사 계수(3)

Fig. 8. Reflection coefficient as a function of frequency for MnZn-ferrite with sendust content(3).

두께 4 mm의 샘플로부터 측정된 반사 계수는 그림 9~11에 나타내었다. 이들 중 2.4 GHz와 5.2 GHz 대역에서 가장 우수한 반사 계수를 보이는 샘플은 각각 MnZn-ferrite : sendust : CPE=64 : 16 : 20 wt.%와 MnZn-ferrite : carbon : CPE=40 : 15 : 45 wt.%의 샘플이다^[5].

따라서 본 논문에서는 주파수 대역 2.4 GHz와 5.2 GHz 실내 무선 LAN용 전파 흡수체를 설계할 때 각각 MnZn-ferrite : sendust : CPE=64 : 16 : 20 wt.%와

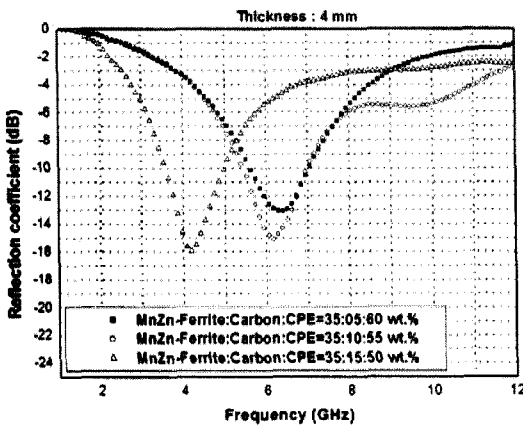


그림 9. MnZn-ferrite와 carbon의 조성비에 따른 반사 계수(1)

Fig. 9. Reflection coefficient as a function of frequency for MnZn-ferrite with carbon content (1).

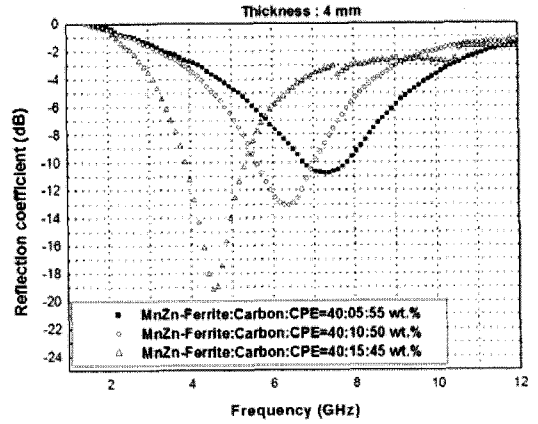


그림 10. MnZn-ferrite와 carbon의 조성비에 따른 반사 계수(2)

Fig. 10. Reflection coefficient as a function of frequency for MnZn-ferrite with carbon content(2).

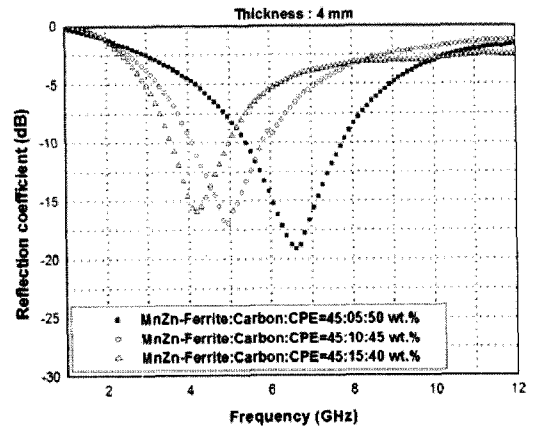
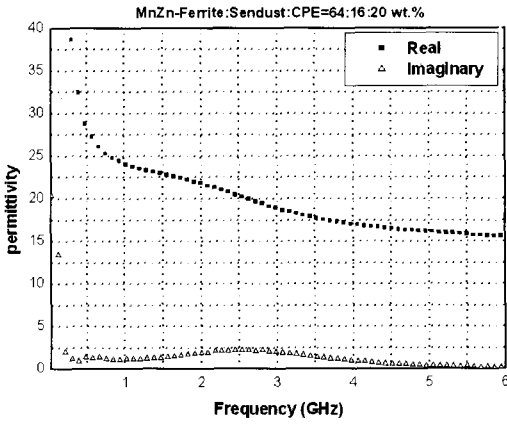


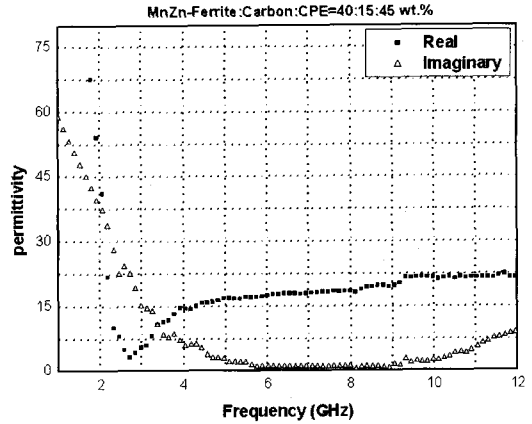
그림 11. MnZn-ferrite와 carbon의 조성비에 따른 반사 계수(3)

Fig. 11. Reflection coefficient as a function of frequency for MnZn-ferrite with carbon content(3).

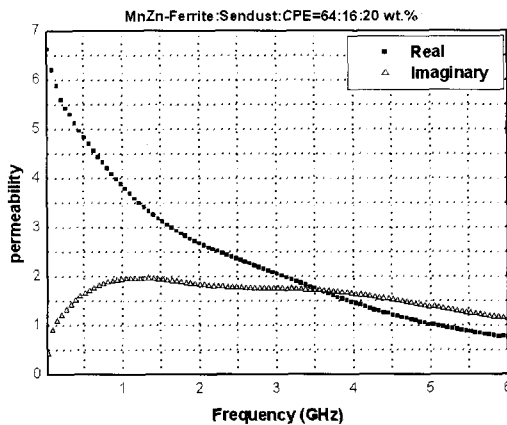
MnZn-ferrite : carbon : CPE=40 : 15 : 45 wt.%의 조성비를 이용하였다. 전파 흡수체 샘플의 재료정수(복소비 유전율과 복소비 투자율)는 1-2] 법^{[6]-[8]}을 이용하여 계산하였으며, MnZn-ferrite와 sendust를 이용하여 제작한 샘플의 복소비 유전율과 복소비 투자율은 그림 12에 나타내었고, MnZn-ferrite와 carbon을 이용하여 제작한 샘플의 복소비 유전율과 복소비 투자율은 그림 13에 나타내었다.



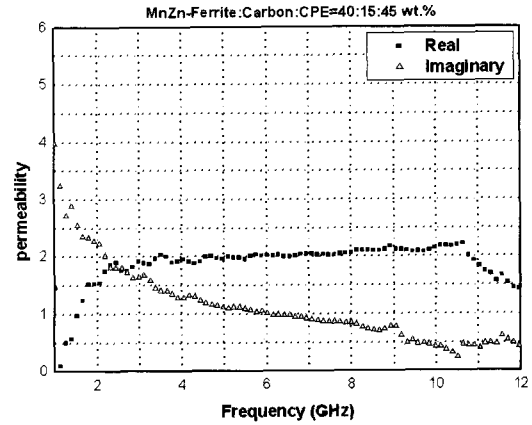
(a) 복소비 유전율
(a) Complex relative permittivity



(a) 복소비 유전율
(a) Complex relative permittivity



(b) 복소비 투자율
(b) Complex relative permeability



(b) 복소비 투자율
(b) Complex relative permeability

그림 12. 측정된 복소비 유전율과 복소비 투자율 (MnZn-ferrite : sendust : CPE=64 : 16 : 20 wt.%)

Fig. 12. The measured complex relative permittivity and complex relative permeability(MnZn-ferrite : sendust : CPE=64 : 16 : 20 wt.%).

그림 13. 측정된 복소비 유전율과 복소비 투자율 (MnZn-ferrite : carbon : CPE=40 : 15 : 45 wt.%)

Fig. 13. The measured complex relative permittivity and complex relative permeability(MnZn-ferrite : carbon : CPE=40 : 15 : 45 wt.%).

IV. 전파 흡수체 실측정 결과 비교 분석

4-1 시뮬레이션 결과

두 가지 경우의 실내 무선 LAN용 전파 흡수체 설계 시 최적의 조성비인 MnZn-ferrite : sendust : CPE =64 : 16 : 20 wt.%와 MnZn-ferrite : carbon : CPE=40 : 15 : 45 wt.% 샘플로부터 계산된 각각의 재료정수를 이용하여 시뮬레이션한 결과 MnZn-ferrite와 sen-

dust를 이용한 전파 흡수체는 두께가 3.7 mm일 때, 2.4 GHz에서 반사 계수 -16 dB의 특성이 예측되었고, MnZn-ferrite와 carbon을 이용한 전파 흡수체는 두께가 3.8 mm일 때, 5.2 GHz 대역에서 반사 계수 -26 dB의 특성이 예측되었다.

4-2 실측정 결과

이렇게 예측된 시뮬레이션 결과를 토대로 전파 흡수체를 실제 제작하여 측정을 한 결과 MnZn-ferrite :

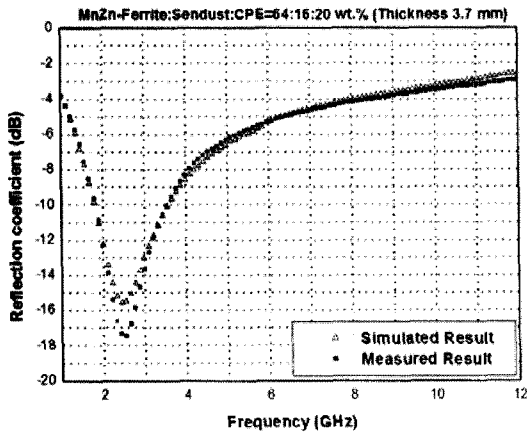


그림 14. 시뮬레이션과 실측정 비교(1)
Fig. 14. Compared simulation and measurement(1).

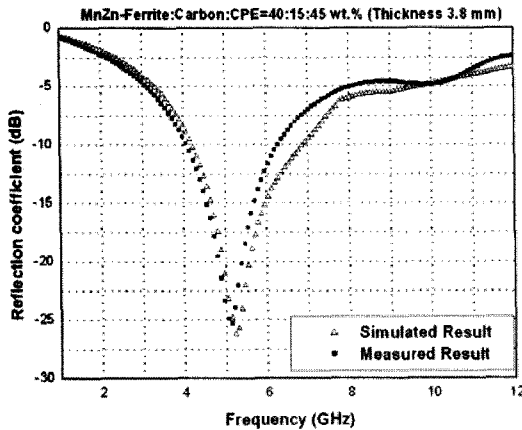


그림 15. 시뮬레이션과 실측정 비교(2)
Fig. 15. Compared simulation and measurement(2).

sendust : CPE=64 : 16 : 20 wt.%와 MnZn-ferrite : carbon : CPE=40 : 15 : 45 wt.%의 조성비를 가지는 전파 흡수체가 각각 2.4 GHz에서 반사 계수 -17 dB, 5.2 GHz에서 반사 계수 -23 dB의 특성을 보였다.

시뮬레이션 결과와 실측정 결과가 잘 일치하였으며, 두 가지 경우를 각각 그림 14와 그림 15에 비교하여 나타내었다.

V. 결 론

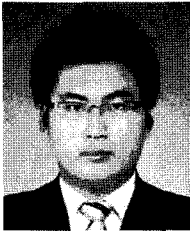
본 논문에서는 2.4 GHz와 5.2 GHz의 실내 무선

LAN용 전파 흡수체 개발을 위한 연구가 수행되었으며, 측정된 복소비 유전율과 복소비 투자율을 이용하여 시뮬레이션을 한 값을 토대로 전파 흡수체를 실제 제작하였다. 그 결과 조성비 MnZn-ferrite : sendust : CPE=64 : 16 : 20 wt.% 일 때, 두께가 3.7 mm인 전파 흡수체가 2.4 GHz에서 17 dB의 전파 흡수 특성을 보였고, 조성비가 MnZn-ferrite : carbon : CPE=40 : 15 : 45 wt.%일 때, 두께가 3.8 mm인 전파 흡수체가 5.2 GHz에서 23 dB의 전파 흡수 특성을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] Stephen V. Sailiga, "An introduction to IEEE 802.11 wireless LANs", *Radio Frequency Integrated Circuits(RFIC) Symposium*, 2000.
- [2] Shuichi Nitta, "The future of EMC technology", *IEICE Trans. Commun.*, vol. E83-B, no. 3, Mar. 2000.
- [3] Chang-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.
- [4] Sang-Hyun Moon, Seung-Jae Shin, Jae-Man Song, Dong-Il Kim, and Ki-Man Kim, "Development of composite a ferrite EM wave absorbers for GHz frequency", *Journal of Korea Electromagnetic Engineering Soc.*, vol. 14, no. 12, pp. 1329-1334, Dec. 2003.
- [5] 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.
- [6] O. Hashimoto, *Introduction to Wave Absorber*, Tokyo: Morikita Shuppan, 1997.
- [7] Y. Natio, *Electromagnetic Wave Absorbers*, Tokyo: New Ohm, 1987.
- [8] 김동일, 전파 흡수체 공학, 대영사, pp. 184-190, 2006년 2월.

윤 상 길



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

이 대 희



2006년 2월: 동의대학교 전자공학과 (공학사)
2006년 2월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] EMI/EMC 분석 및 대책, 고성능 전파 흡수체의 개발, FDTD를 이용한 전자장 수치해석 등

김 동 일



1975년 2월: 한국해양대학교 항해학과 (공학사)
1977년 2월: 한국해양대학교 전파공학전공 (공학석사)
1984년 3월: 일본 동경공업대학원 전기전자공학과 (공학박사)
1975년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 조교~교수

1990년 3월: 산학협동상 대상 수상
1993년 12월: 한국전자파학회 학술상 수상
1995년 4월: 과학기술진흥 대통령 표창 수상
1998년 9월: 한국항해학회 우수논문상 수상
2002년 1월~2003년 12월: 한국전자파학회 학회장
[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 회로의 설계, CATV 전송회로의 설계, 고성능 전파 흡수체의 개발, EMI/EMC 대책 등

최 창 목



1996년: 해군사관학교 기계공학과 (공학사)
2001년: 군사과학대학원 해양공학과 (공학석사)
2005년~현재: 한국해양대학교 전파공학과 박사과정
[주 관심분야] 전파 흡수체 설계, EMI/EMC 대책, 전파항법 시스템 등