

# MnZn-Ferrite와 Sendust를 이용한 2.4 GHz 무선LAN용 전파흡수체 개발

이대희\* · 최창묵\*\* · 최동한\*\*\* · † 김동일\*\*\*\*

\*, \*\*한국해양대학교 전파공학과, \*\*한국해양대학교부설 산업기술연구소, \*\*\*\*한국해양대학교 전파공학과 교수

## Development of the EM Wave Absorber Using MnZn-Ferrite and Sendust for Wireless LAN at 2.4 GHz

Dae-Hee Lee\* · Chang-Mook Choi\*\* · Dong-Han Choi\*\*\* · † Dong-Il Kim\*\*\*\*

\*, \*\*Graduate school of National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

\*\*\*Research Institute of Industrial Technology, National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

\*\*\*\*Department of Radio Science and Engineering, National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

**요 약** : 최근, 무선LAN은 용도의 다양성과 편리함 때문에 가정이나 사무실 등에서 많이 사용되고 있다. 무선LAN의 주파수 범위는 IEEE.802.11b에 명시되어 있는 바와 같이 2.4GHz를 사용한다. 그러나 이 주파수 대역에서 사용되는 전자기기들이 많이 있으며, 이 전자기기들을 같은 곳에서 사용할 경우 상호 간섭을 일으켜 오작동 및 데이터 손실과 같은 현상이 발생할 수 있다. 이 문제는 전파흡수체를 사용하여 해결하는 것이 가장 효과적이다. 따라서 본 논문에서는 2.4GHz 무선LAN용 전파흡수체 개발을 위한 연구를 수행하였다. 재료로는 MnZn-Ferrite, Sendust, CPE(Chlorinated Polyethylene)를 사용하였으며, 측정된 재료정수를 이용 시뮬레이션을 하고 그 값을 토대로 전파흡수체를 제작하였다. 그 결과 MnZn-Ferrite : Sendust : CPE = 64 : 16 : 20 wt.%의 조성비에서 두께가 3.7 mm인 전파흡수체가 무선LAN 사용 주파수인 2.4 GHz에서 약 17 dB 이상의 흡수능 특성을 보였다.

**핵심용어** : 재료정수, 전파흡수능, 전파흡수체, IEEE802.11b

**Abstract** : Recently, wireless LANs are often applied in home or office because of its various of convenience. Frequency range of wireless LANs specified by IEEE 802.11b is at 2.4 GHz. The bluetooth, the microwave oven, and the PDA(Personal Digital Assistants) uses ,however, the same frequency band. So problems will be produced in these environments, such as multi-pass interference and system-to-system interference. These problems can be eliminated by using EM wave absorber. In this paper, we designed and fabricated EM wave absorber using MnZn-Ferrite, Sendust, and CPE(Chlorinated Polyethylene). The EM wave absorber with the ratio of material (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.

**Key words** : Absorption ability, EM wave absorber, IEEE 802.11b

### 1. 서 론

최근에 무선LAN은 편리함과 용도의 다양성으로 인해 가정이나 사무실 등에서 사용이 증대되고 있다. 이 무선LAN의 주파수는 IEEE 802.11b에 명시되어 있는 바와 같이 2.4 GHz대역을 사용하고 있다(King, 2001)(IEEE STD 802.11b, 1999)(Stephen, 2000). 그러나 많은 전자기기들이 무선LAN과 같은 주파수 대역을 사용하고 있어서, 특히 블루투스, 전자레인지, PDA 등과 같은 전자기기들을 같은 곳에서 사용할 경우 상호 간섭 문제가 발생할 수 있다(Tokuda, 2005)(Yuji, 2000). 실제로 정보통신부와 사업자들이 시험한 결과에서 보면 작동

되는 전자레인지 가까이서 무선LAN을 이용하면 통신 장애를 일으킬 수도 있다는 보고도 있다(김, 2002). 이와 더불어 이들로부터 누설되는 불요전자파에 의한 전자파 장애(EMI)에 대하여 지대한 관심이 기울어 지고 있다(Shuichi, 2000). 이러한 전자파 장애에 대한 적절한 대책이 없는 제품은 세계 시장에 나설 수 없으며, 전자파 장애에 대한 기준마저도 점차 강화되고 있는 추세이다(성, 2000). 이를 고려하여 불요전자파에 대한 영향을 최소화하기 위해 전파흡수체에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전파흡수체는 전파를 흡수해서 열에너지로 변환하여 반사파가 생기지 않게 하는 특수재료이다. 이러한 전파흡수체는 주파수 의존 특성이 매우 커서 사용하고자 하는

\* 대표저자 : 이대희(정회원), beerhalf@naver.com 016)592-0650

\*\* 종신회원, nav-sun@hanmail.net 010)5077-1864

\*\*\* 정회원, livedong@hanmail.net 016)845-6041

† 교신저자 : 김동일(종신회원), dikim@hhu.ac.kr 011)582-4343

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-Ferrite와 Sendust를 지지체인 CPE(Chlorinated Polyethylene)와 혼합한 전파흡수체를 제작하여 그 특성을 조사하였다. 그리고 이를 이용하여 무선 LAN용 전파흡수체를 설계하고 실제 제작하여 비교·분석하였다.

## 2. 전파흡수체 설계 이론

Fig. 1의 두께  $d$ 인 전파흡수체에서 입사파와 반사파의 반사 손실(Return Loss,  $RL$ )은 식 (1)처럼 나타낼 수 있다.

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

여기서,  $z$ 는 정규화 입력임피던스이다.

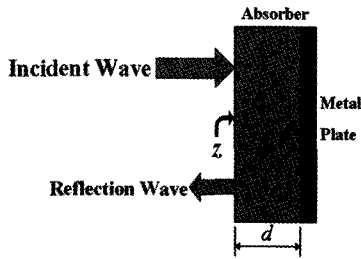


Fig. 1 EM wave absorber

평면파의 수직입사에 대한 매질 내 정규화 입력임피던스  $z$ 는 식 (2)처럼 주어진다(김, 2006)(O, 1997).

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

여기서,  $\lambda$ 는 입사한 평면파의 자유공간상의 파장이며,  $\epsilon_r$ 는 복소비유전율( $\epsilon/\epsilon_0$ ),  $\mu_r$ 는 복소비투자율( $\mu/\mu_0$ )이다. 또한 완벽한 전파흡수체가 되기 위해서는  $z$ 가 1이 되는 것으로 전파흡수체의 완전정합 조건은 식 (3)과 같다.

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

## 3. 실험 및 결과

### 3.1 전파흡수체 샘플 측정

Fig. 2와 같은 Sample Holder에 전파흡수체 샘플을 제작하

여 삽입한 후, Fig. 3와 같이 Wiltron사의 Model 360B Vector Network Analyzer에 연결하여 S-parameter를 측정하였다. 그리고 측정 데이터를 MATLAB 프로그램을 이용하여 재료 정수인  $\epsilon_r$ 과  $\mu_r$ 을 계산하였다.

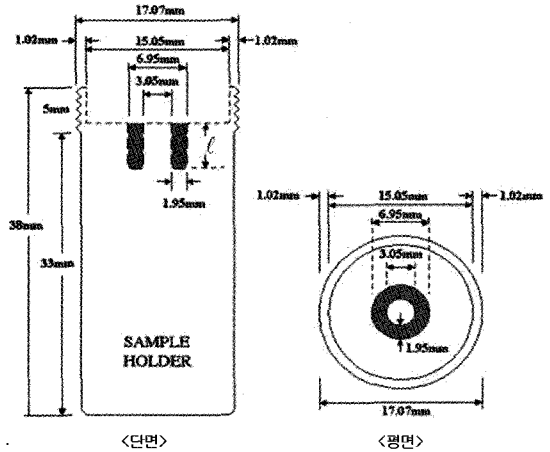


Fig. 2 Sample Holder

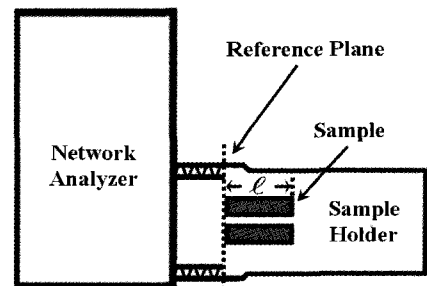


Fig. 3 Measurement System

### 3.2 조성비별 반사계수 측정분석

Fig. 4~Fig. 6은 MnZn-Ferrite에 Sendust를 혼합한 후 조성비 변화에 따른 반사계수의 특성을 나타낸 것이다. 두께는 3 mm로 하였으며, 지지재로는 CPE(Chlorinated Polyethylene)를 사용하였다.

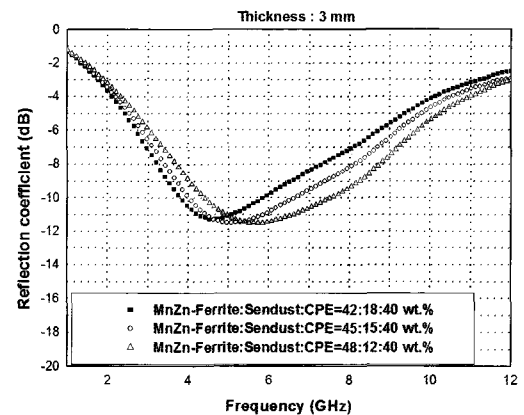


Fig. 4 Reflection coefficient as a function of frequency for MnZn-Ferrite with Sendust content(1)

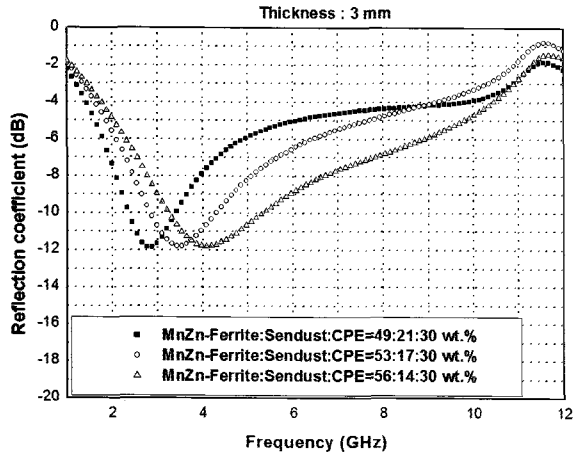


Fig. 5 Reflection coefficient as a function of frequency for MnZn-Ferrite with Sendust content(2)

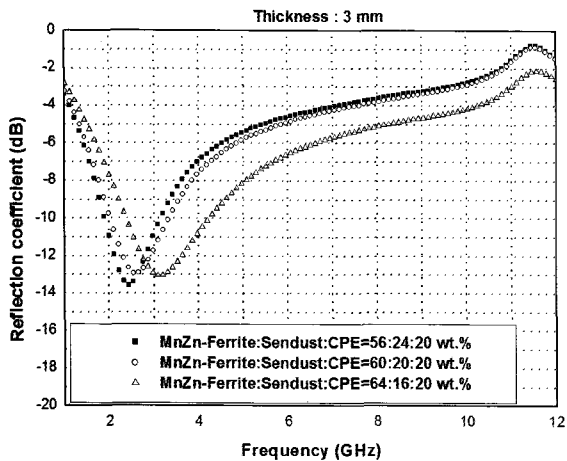


Fig. 6 Reflection coefficient as a function of frequency for MnZn-Ferrite with Sendust content(3)

Table 1 Characteristic as a function of frequency for MnZn-Ferrite with Sendust content(1)

조성비 [wt.%]	특성	주파수 [GHz]	두께 [mm]	반사계수 [dB]
Fig. 4	42 : 18 : 40	4.65	3	-11.3
	45 : 15 : 40	4.98	3	-11.5
	48 : 12 : 40	5.88	3	-11.5
Fig. 5	49 : 21 : 30	2.83	3	-11.9
	53 : 17 : 30	3.51	3	-11.8
	56 : 14 : 30	4.27	3	-11.7
Fig. 6	56 : 24 : 20	2.43	3	-13.6
	60 : 20 : 20	2.61	3	-12.9
	64 : 16 : 20	3.13	3	-13.1

Fig. 4~Fig. 6에서 알 수 있듯이 MnZn-Ferrite에 Sendust의 첨가량을 증가시킬수록 정합주파수가 보다 낮은 주파수 대

역으로 이동한다. 다시 말해서 이것은 특성이 다른 두 자성재료인 MnZn-Ferrite에 Sendust의 첨가량을 조절함으로써 정합주파수와 전파흡수능을 제어할 수 있음을 의미하며, 이 특성 결과는 Table 1에 도시하였다.

### 3.3 전파흡수체 설계결과 및 실측정결과 비교분석

앞에서 측정된 전파흡수체 샘플의 조성비별 각각의 재료정수( $\epsilon_r, \mu_r$ )를 구해서 원하는 정합 주파수인 2.4 GHz에 정합시키기 위해서 시뮬레이션을 하였으며, Fig. 7과 Fig. 8에 시뮬레이션에 이용한 전파흡수체 샘플의 재료정수( $\epsilon_r, \mu_r$ ) 값을 도시하였다.

여기서, 실수부는 에너지 축적, 허수부는 에너지 손실에 관계되는 파라미터이다.

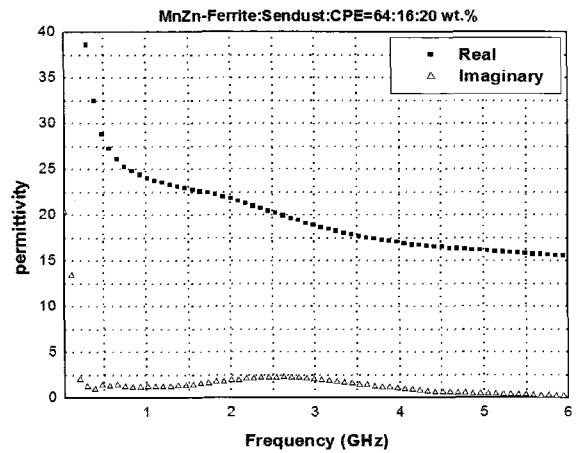


Fig. 7 The measured complex relative permittivity

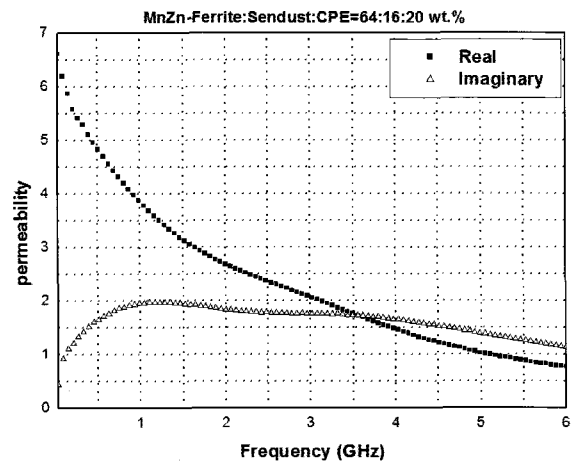


Fig. 8 The measured complex relative permeability

시뮬레이션 한 결과 조성비가 MnZn-Ferrite : Sendust : CPE = 64 : 16 : 20 wt.% 일 때, 두께 3.7 mm의 전파흡수체 샘플이 2.4 GHz에서 반사계수 -16 dB의 특성이 예측되었고, 이렇게 예측된 시뮬레이션 결과를 토대로 전파흡수체를 제작하여 측정을 한 결과 조성비가 MnZn-Ferrite : Sendust :

CPE = 64 : 16 : 20 wt.% 일 때, 두께가 3.7 mm의 전파흡수체가 2.4 GHz에서 반사계수 -17 dB의 특성을 보였다. Fig. 9는 2.4 GHz에서 전파흡수체의 시뮬레이션값과 실측값을 비교한 그래프이다.

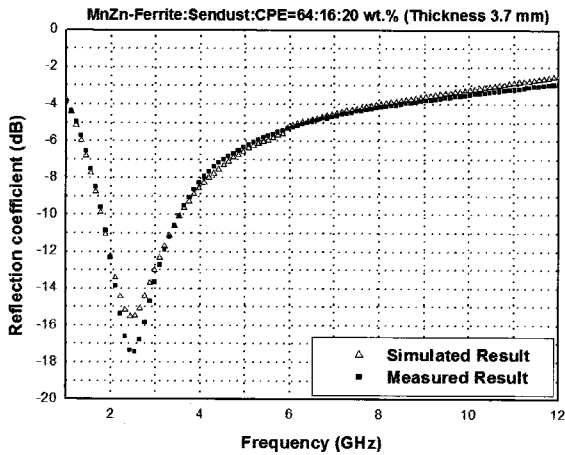


Fig. 9 Compared simulation and measurement

#### 4. 결론

본 논문에서는 2.4 GHz의 무선LAN용 전파흡수체 개발을 위한 연구가 수행되었으며, 측정된  $\epsilon_r$ 과  $\mu_r$ 을 이용하여 시뮬레이션을 한 값을 토대로 전파흡수체를 제작하였다. 그 결과 조성비가 MnZn-Ferrite : Sendust : CPE = 64 : 16 : 20 wt.% 일 때, 두께가 3.7 mm인 전파흡수체가 2.4 GHz에서 반사계수 -17 dB의 특성을 보였다.

#### 후 기

이 논문은 교육인적자원부의 2단계 BK21 사업 지원으로 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

[1] 김동일(2006), "전파흡수체 공학", 대영사  
 [2] 김재섭 (2002), "전자레인지 옆 무선랜 안돼!", <http://www.hani.co.kr>, 한겨레 과학IT.  
 [3] 성동기 (2000), "전자파기준 국제수준으로 높여, <http://www.naver.com>", 동아일보(네이버 뉴스)

[4] Choi, C. M., Kim, D. I., Choi, D. H., Li, Rui. (2006), "Development of Broad-Band Electromagnetic Wave Absorber for X-band Sensors in Double-layered Type Using Carbon", 12th IAIN World Congress, vol. 1, pp. 207-300.  
 [5] IEEE STD 802.11b(1999), "IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specification".  
 [6] King, J. S.(2001), "An IEEE 802.11 Wireless LAN Security White Paper".  
 [7] Masamitsu, T, Kouhei, I, Yasuo, H., Masayuki, K., (2005), "Radio Wave Interference Test Method for Wireless Communication System by Opened Parallel Wired Cell", IEICE TRANS. COMMUN, vol. E88-B, NO.8  
 [8] Moon, S. H., Shin, S. J., Song, J. M., Kim, D. I., Kim, K. M.. (2003), "Development of composite a ferrite EM wave absorbers for GHz frequency", J. Korea Electromagnetic Engineering Soc., vol. 14, no. 12, pp. 1329-1334.  
 [9] Hashimoto, O. (1997), "Introduction to Wave Absorber", Tokyo:Morikita Shuppan  
 [10] Shuichi, Nitta, (2000), "The Future of EMC Technology", IEICE TRANS. COMMUN. vol. E83-B, NO.3  
 [11] Sailga, S. V., Ph.D.(2000), "An Introduction to IEEE 802.11 Wireless LANs", Radio Frequency Integrated Circuits (RFIC)Symposium.  
 [12] Natio, Y. (1987), "Electromagnetic Wave Absorbers, Tokyo:New Ohm"  
 [13] Maeda, Y., Takaya, K., Nobuo, (2000), "Requirements for Controlling Coverage of 2.4-GHz-Band Wireless LANs by Using Partition with Absorbing Board", IEICE TRANS. COMMUN, vol. E83-B, NO.3

원고접수일 : 2007년 7월 4일

원고채택일 : 2007년 10월 16일