

2.4 GHz 무선랜용 전파흡수체 개발

이대희* · 김동일* · 최창묵* · 제승훈*

*한국해양대학교 전파공학과

Development of EM Wave Absorber for Wireless LAN at 2.4 GHz

Dae Hee Lee · Dong Il Kim* · Chang-Mook Choi* · Seung-Hun Che**

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

요 약 : 최근에 무선랜은 편리함과 용도의 다양성으로 인해 가정이나 사무실 등에서 사용이 증대되고 있다. 이 무선랜의 주파수는 IEEE802.11b에 명시되어 있는 바와 같이 2.4 GHz대역을 사용하고 있지만 많은 전자기기들이 무선랜과 동일 주파수 대역을 사용하고 있으며, 특히 블루투스, 전자레인지, PDA 등과 같은 전자기기들을 같은 곳에서 사용할 경우 상호 간섭 문제가 발생할 수 있다. 그러나 이러한 문제는 전파흡수체를 사용하여 제거할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 2.4 GHz 무선랜용 전파흡수체 개발을 위한 연구를 수행하였으며, 측정된 재료정수를 이용 시뮬레이션을 하고 그 값을 토대로 Sendust, $Al(OH)_3$, 그리고 CPE를 이용해서 2층형 전파흡수체를 두께 1.5 mm로 제작한 결과 무선랜 사용 주파수인 2.4 GHz에서 전파흡수능 10 dB 이상을 얻었다.

핵심용어 : 무선랜, 재료정수, 전파흡수능, 전파흡수체, $Al(OH)_3$, CPE, IEEE802.11b, Sendust

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 Sendust, $Al(OH)_3$, and CPE. The double-layered EM wave absorber with thickness of 1.5 mm has absorption ability more than 10 dB at 2.4 GHz.

KEY WORDS : Absorption ability, Double-layered, EM wave absorber, IEEE 802.11b, Sendust, Wireless LAN.

1. 서 론

최근에 무선랜의 편리함과 용도의 다양성으로 인해 가정이나 사무실 등에서 사용이 증대되고 있다. 이 무선랜의 주파수는 IEEE 802.11b에 명시되어 있는 바와 같이 2.4 GHz대역을 사용하고 있다[1]-[3]. 하지만 많은 전자기기들이 무선랜과 동일 주파수 대역을 사용하고 있으며, 특히 블루투스, 전자레인지, PDA 등과 같은 전자기기들을 같은 곳에서 사용할 경우 상호 간섭 문제가 발생할 수 있다[4],[5]. 실제로 정보통신부와 사업자들이 시험한 결과 켜진 전자레인지 가까이서 무선랜을 이용하면 통신 장애를 일으킨다는 보고도 있다[6]. 이와 아울러 이들로부터 누설되는 불요전자파에 의한 전자파 장애(EMI)에 대하여 지대한 관심이 기울여 지고 있다[7]. 이러한 전자파 장애

에 대한 적절한 대책이 없는 제품은 세계 시장에 나설 수 없으며 전자파 장애에 대한 기준마저도 점점 강화되고 있는 추세이다[8]. 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 사용하고자하는 주파수 대역에서 유전 손실 또는 자성 손실이 큰 재료를 이용하거나 이들을 혼합하여 최대의 손실 특성을 나타내는 재료를 만드는 기술 개발이 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 Sendust를 지지체인 CPE(Chlorinated Polyethylene)와 혼합한 전파흡수체를 제작하여 그 특성을 조사하였으며, 또한 $Al(OH)_3$ 를 첨가하여 전자파 흡수에 미치는 영향도 조사하였다. 그리고 Sendust, $Al(OH)_3$ 를 이용한 무선랜

용 전파흡수체를 개발하였다.

II. 전파흡수체 설계 이론

그림 1의 두께 d 인 전파흡수체에서 입사파와 반사파의 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 입력임피던스이다.

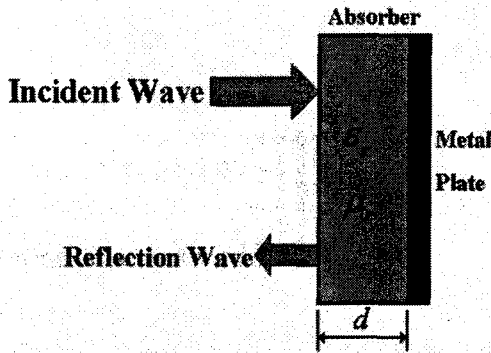


그림 1. EM wave absorber

평면파의 수직입사에 대한 매질 내 정규화 입력임피던스 z 는 식 (2)처럼 주어진다[9][10].

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

여기서, λ 는 입사한 평면파의 자유공간상의 파장이며, ϵ_r 는 복소 비유전율(ϵ_r/ϵ_0), μ_r 는 복소 비투자율(μ_r/μ_0)이다. 또한 완벽한 전파흡수체가 되기 위해서는 z 가 1이 되는 것으로 전파흡수체의 완전정합 조건은 식 (3)과 같다.

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

III. 재료정수 측정

III-1. 전파흡수체 샘플 제작

본 논문에서 전파흡수체의 주재료로는 자성재료인 Sendust

에 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 를 혼합하였고, 지지재료는 CPE를 사용하였다. 전파흡수체의 제작과정은 Sendust : $\text{Al}(\text{OH})_3$: CPE = 75 : 5 : 20와 Sendust : $\text{Al}(\text{OH})_3$: CPE = 85 : 5 : 10를 각각 믹서를 이용하여 혼합하고 본 연구실에서 자체 제작한 Open Roller를 이용하여 두께 1 mm, 2 mm인 Sheet형 전파흡수체 샘플을 제작하였다. 이때 Open Roller의 표면온도는 전파흡수능에 영향을 미치기 때문에 70°C의 균일한 온도를 유지하였다[11].

그림 2는 전파흡수체 샘플 제작 과정이다.

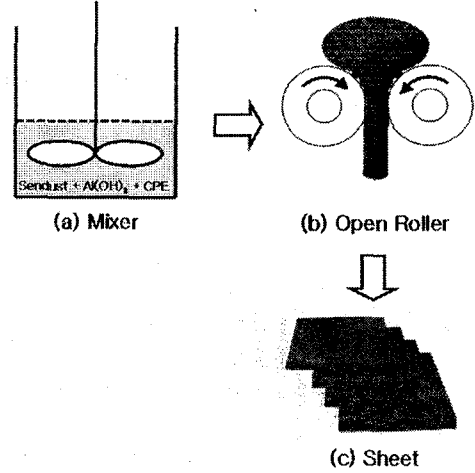


그림 2. Manufacturing process of absorber

III-2. 재료정수 측정법 ($l-2l$ 법)

재료정수 측정은 길이 l 의 변화에 의한 측정법을 사용하였다. 그림 3과 같이 종단을 단락 시키고 길이가 각각 $l, 2l$ 인 시료를 삽입하여 시료의 전면에서 들어다 본 입력임피던스를 측정하여 각각 Z_1, Z_2 로 한다.

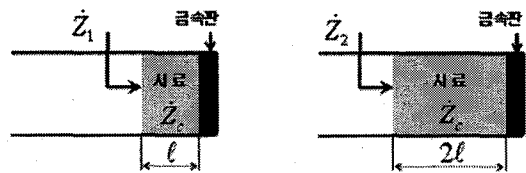


그림 3. 시료의 길이를 l 및 $2l$ 로 하여 측정하는 경우

$Z_L = 0$, 길이는 l 이라고 두면 Z_1, Z_2 은 식 (4), (5)와 같이 된다.

$$Z_1 = Z_c \tanh(\gamma l) \quad (4)$$

$$Z_2 = Z_c \tanh(\gamma 2l) \quad (5)$$

따라서, 특성임피던스 Z_c 와 전파상수 γ 를 이용하여 샘플 전파흡수체의 ϵ_r, μ_r 를 구할 수 있다[9][12].

III-3. 측정시스템 구성

그림 4와 같은 Sample Holder에 전파흡수체 시료를 제작하여 삽입한 후 그림 5와 같이 Anritsu사의 ME7808A Vector Network Analyzer에 연결하여 S-parameter를 측정하였다. 그리고 측정 데이터를 MATLAB 프로그램을 이용하여 재료정수인 복소 비유전율 ϵ_r 와 복소 비투자율 μ_r 을 계산하였다.

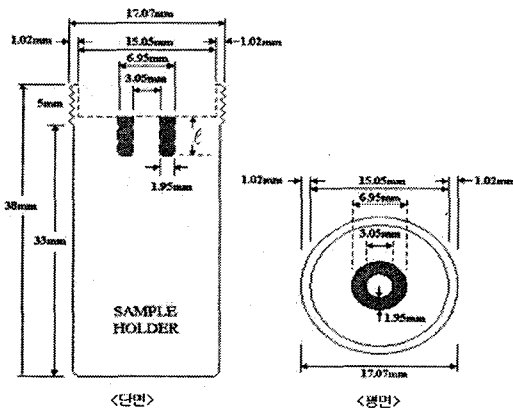


그림 4. Sample Holder

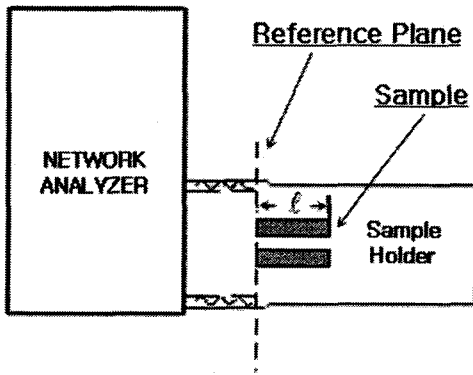


그림 5. Measurement System

IV. 제작된 전파흡수체의 반사계수

IV-1. Sendust 변화량에 따른 전파흡수체의 반사계수

그림 6은 Sendust : CPE = 75 : 25 wt% , Sendust : CPE = 80 : 20 wt% , Sendust : CPE = 85 : 15 wt%로 혼합하여 시편 두께가 1 mm가 되도록 제작하여 그 반사계수를 측정한 것이다.

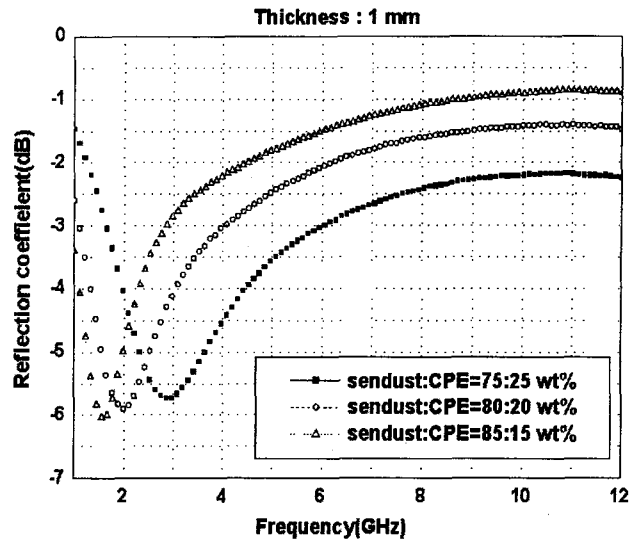


그림 6. Sendust 변화량에 따른 반사계수

그림 6과 같이 조성비 Sendust : CPE = 75 : 25 wt%인 샘플은 2.9 GHz에서 반사계수 -5.8 dB, 조성비 Sendust : CPE = 80 : 20 wt%인 샘플은 2 GHz에서 반사계수 -6 dB, 조성비 Sendust : CPE = 85 : 15 wt%인 샘플은 1.8 GHz에서 반사계수 -6.15 dB의 특성을 보였다.

IV-2. Al(OH)₃의 첨가량 변화에 따른 전파흡수체의 반사계수

그림 7, 8, 9는 Al(OH)₃의 첨가량에 따른 반사계수의 변화를 나타낸 것이다.

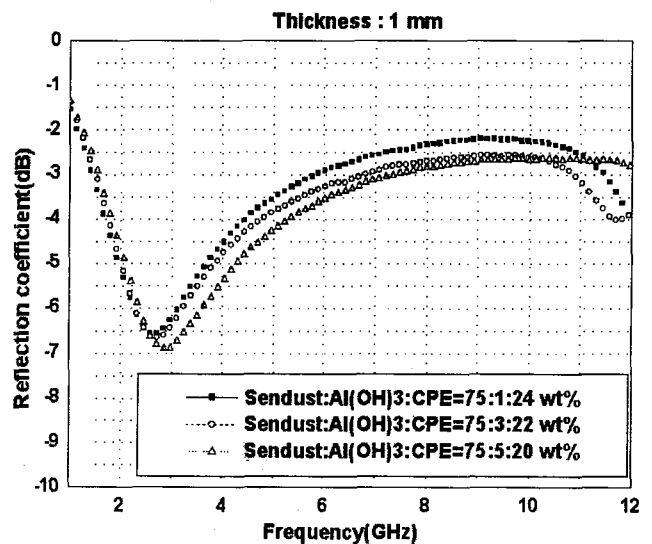


그림 7. Al(OH)₃의 첨가량에 따른 반사계수의 변화(1)

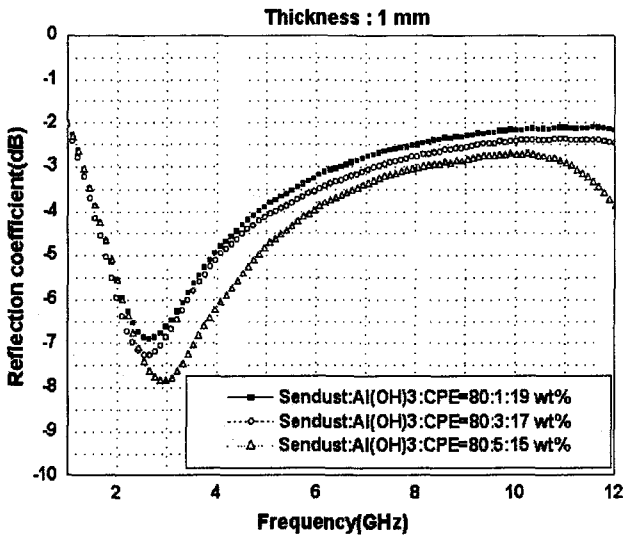


그림 8. Al(OH)₃의 첨가량에 따른 반사계수의 변화(2)

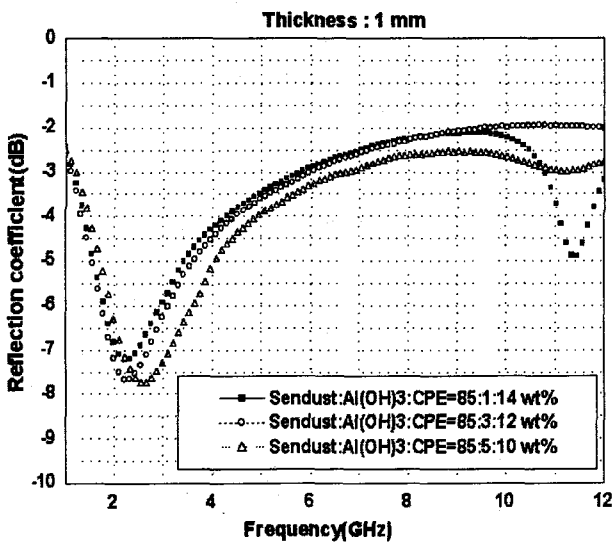


그림 9. Al(OH)₃의 첨가량에 따른 반사계수의 변화(3)

그림 7, 8, 9에서 알 수 있듯이 Al(OH)₃를 첨가한 것이 전파 흡수능에 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 Sendust에 Al(OH)₃를 첨가함으로써 정합 주파수와 전파 흡수능을 제어할 수 있음을 의미 한다. 제작된 전파 흡수체의 샘플 두께가 1 mm인 경우 혼합된 Al(OH)₃의 중량비가 5 wt%일 때 각각 가장 우수한 반사계수 특성을 나타내고 있다.

V. 적층에 의한 전파흡수체의 반사계수

5.1 반사계수 시뮬레이션 결과

앞에서 측정된 결과를 참고로 하여 전파흡수체의 반사계수 특성이 가장 좋은 Al(OH)₃의 첨가량이 5 wt%일 때의 경우를

서로 적층 하였다[9][12][13]. 도체판으로부터 조성비 Sendust : Al(OH)₃ : CPE = 75 : 5 : 20 wt%, 두께 1 mm, 조성비 Sendust : Al(OH)₃ : CPE = 85 : 5 : 10 wt%, 두께 0.5 mm 인 적층형 전파흡수체 샘플을 만들었고 이 샘플에서 측정된 재료정수를 이용하여 시뮬레이션한 결과 총 두께 1.5 mm, 정합주파수 2.4 GHz에서 반사계수가 -10 dB 이상이 예측되었다. 이 전파흡수체 샘플의 복소비투자율을 그림 10, 11에 나타내었고 시뮬레이션 결과는 그림 12에 나타내었다.

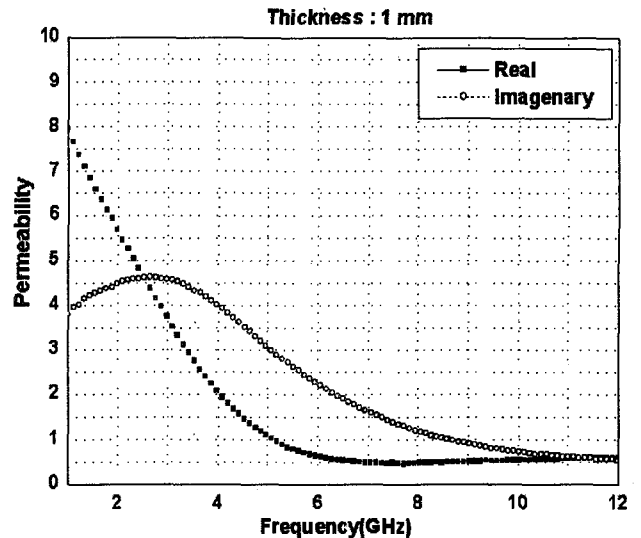


그림 10. Sendust : Al(OH)₃ : CPE = 75 : 5 : 20 wt% 전파흡수체의 복소비투자율

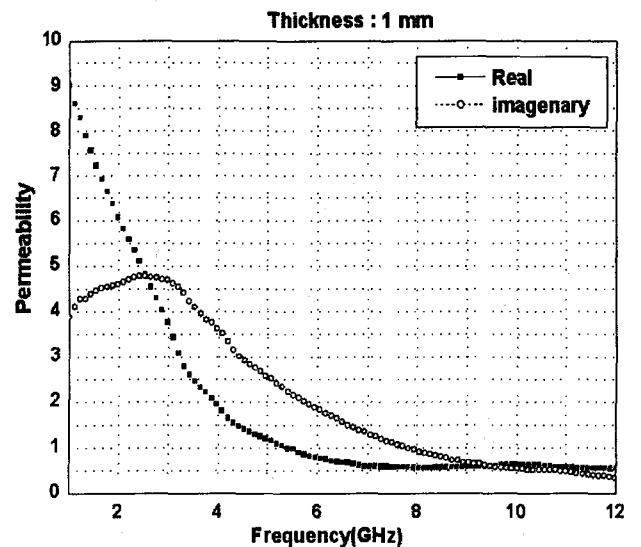


그림 11. Sendust : Al(OH)₃ : CPE = 85 : 5 : 10 wt% 전파흡수체의 복소비투자율

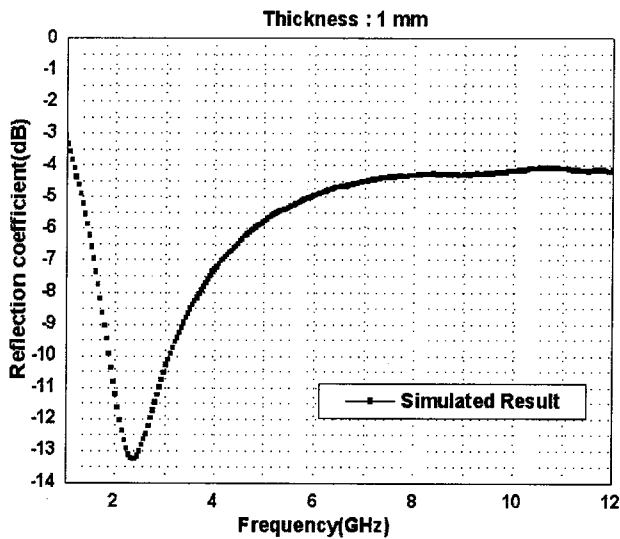


그림 12. 재료정수를 이용하여 설계한 두께 1.5 mm 전파흡수체의 예측 반사계수

5.2 반사계수 실측정 결과

시뮬레이션한 결과를 토대로 조성비 Sendust : Al(OH)₃ : CPE = 75 : 5 : 20 wt% 두께 1 mm, 조성비 Sendust : Al(OH)₃ : CPE = 85 : 5 : 10 wt% 두께 0.5 mm 즉, 총 두께 1.5 mm로 전파흡수체를 실제 제작하여 반사계수를 측정 한 결과, 그림 13과 같이 측정 되었으며, 무선랜의 상용 주파수인 2.4 GHz에서 반사계수는 -10 dB 이상이 측정 되었다.

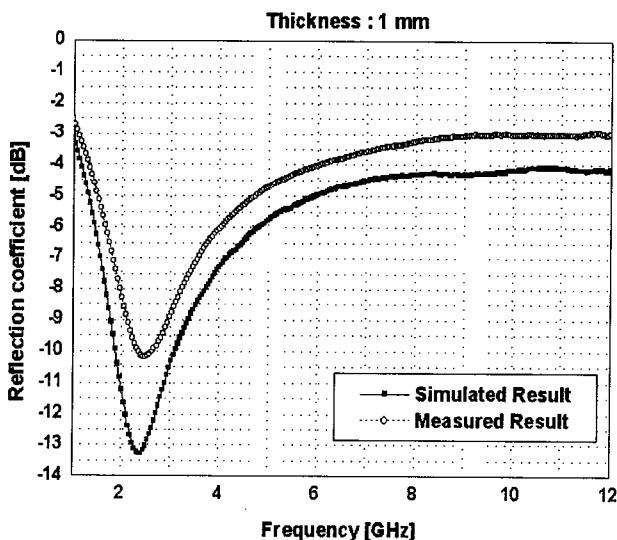


그림 13. 전파흡수체의 예측 및 실측 반사계수 비교

5.3 비교분석

샘플 전파흡수체에서 측정된 재료정수로 시뮬레이션을 이용

하여 설계한 전파흡수체의 예측 반사계수와 실제 제작되어 측정된 반사계수를 비교해 본 결과 전반적으로 패턴이 일치하는 것을 알 수 있다.

VI. 결 론

무선랜의 주파수는 IEEE 802.11b에 명시되어 있는 바와 같이 2.4 GHz대역을 사용하고 있다. 하지만 많은 전자기기들이 무선랜과 동일 주파수 대역을 사용하고 있으며, 특히 블루투스, 전자레인지, PDA 등과 같은 전자기기들을 같은 곳에서 사용할 경우 상호 간섭을 일으켜 오작동 및 데이터 손실과 같은 현상이 발생할 수 있기 때문에 전파흡수체를 사용하여 대책을 수립하지 않으면 신뢰성을 잃을 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 무선랜용 전파흡수체 개발을 위해 연구가 수행되었으며, 측정된 복소 비유전율과 복소 비투자율을 이용하여 시뮬레이션 한 값을 토대로 무선랜용 전파흡수체를 제작하였고, 그 결과 도체판으로부터 조성비 Sendust : Al(OH)₃ : CPE = 75 : 5 : 20 wt% 두께 1 mm와 조성비 Sendust : Al(OH)₃ : CPE = 85 : 5 : 10 wt% 두께 0.5 mm인 적층형 전파흡수체가 총 두께 1.5 mm, 2.4 GHz에서 전파흡수능 10 dB 이상을 얻었다.

사 사

“이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임”
(KRF-2005-005-J00502)

참 고 문 헌

- [1] Jason S. King, "An IEEE 802.11 Wireless LAN Security White Paper". October 22, 2001
- [2] IEEE STD 802.11b, IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, 1999
- [3] Stephen V. Sailiga, Ph.D. "An Introduction to IEEE 802.11 Wireless LANs", Radio Frequency Integrated Circuits (RFIC) Symposium, 2000
- [4] Masamitsu TOKUDA, Kouhei ICHIKAWA, Yasuo HONMA, Masayuki KITORA, "Radio Wave Interference Test Method for Wireless Communication System by Opened Parallel Wired Cell", IEICE TRANS. COMMUN, VOL. E88-B, NO.8 AUGUST 2005
- [5] Yuji MAEDA, Kazuhiro TAKAYA, Nobuo KUWABARA, "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 MARCH 2000
- [6] 김재섭 정보통신전문 기자(2002), "전자레인지 옆 무선랜 안돼!", 한겨레 과학IT
- [7] Shuichi NITTA, "The Future of EMC Technology", IEICE TRANS. COMMUN., VOL. E83-B, NO.3 MARCH 2000
- [8] 성동기 기자(2000), "전자파기준 국제수준으로 높여 ". 동아일보
- [9] 김동일(2006), 전파흡수체 공학, 대영사
- [10] O. Hashmoto(1997), Introduction to Wave Absorber, Tokyo:Morikita Shuppan
- [11] Sang-Hyun Moon, Seung-Jae Shin, Jae-Man Song, Dong-Il Kim, 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
- [12] Y. Natio(1987), Electromagnetic Wave Absorbers, Tokyo:New Ohm
- [13] Chang-Mook Choi, Dong Il Kim, Dong-Han Choi, 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. 207-300, October, 2006