

UHF대역 RFID 리더 간섭방지용 전파흡수체 개발

박수훈* · 최창묵** · 송영만*** · 김동일† · 정지원**** · 김기만*****

*, **, ***한국해양대학교 전파공학과, †, ****, *****한국해양대학교 교수

Development of the EM Wave Absorber for Preventing RFID Reader Interference in UHF band

Soo-Hoon Park* · Chang-Mook Choi** · Young-Man Song*** · Dong-Il Kim† ·

Ji-Won Jung**** · Ki-Man Kim*****

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

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

요 약 : 본 논문에서는 UHF대역 RFID 통신 시스템 간에 발생하는 리더 간섭을 방지하기 위한 전파흡수체를 설계 및 제작하였다. 먼저 자성손실 재료인 Amorphous와 지지체인 CPE(Chlorinated Polyethylene)를 이용하여 조성비별 전파흡수체 샘플을 제작하였고, 이 전파흡수체 샘플로부터 구한 재료정수를 이용하여 시뮬레이션을 한 결과, 최적의 조성비가 Amorphous : CPE = 80 : 20 wt.% 임을 확인하였다. 그리고 시뮬레이션 결과를 토대로 전파흡수체를 실제제작하여 전파흡수능을 비교·분석하였다. 그 결과 Amorphous : CPE = 80 : 20 wt.%의 조성비 일 때, 두께 4 mm의 전파흡수체가 860 MHz~960 MHz의 주파수 범위에서 전파흡수능 20 dB 이상의 특성을 얻음으로써 UHF대역의 RFID 리더 간섭을 억제할 수 있음을 확인하였다.

핵심용어 : 리더 간섭, 전파흡수체, 재료정수, Amorphous, RFID, UHF

Abstract : In this paper, the EM wave absorber was designed and fabricated for preventing Reader Interference of RFID communication system in UHF band. We fabricated several samples in different composition ratios of Amorphous and CPE(Chlorinated Polyethylene). Absorption abilities were simulated in accordance with different thicknesses of the prepared absorbers and changed complex relative permittivity and permeability due to composition ratio. The mixing ratio of Amorphous and CPE was searched as 80 : 20 wt.% by experiments and simulation. Then the EM wave absorber was fabricated and tested using the simulated data. As a result, the developed EM wave absorber has a thickness of 4 mm and absorption ability was over 20 dB in frequency range of 860 MHz~960 MHz. Therefore, it was confirmed that the developed absorber can be used for suppressing RFID reader interference in UHF band.

Key words : reader interference, EM wave absorber, material constant, Amorphous, RFID, UHF

1. 서 론

RFID(Radio Frequency IDentification) 기술은 적용 분야별로 125 kHz의 저주파 대역에서 5.8 GHz의 마이크로파 대역에 이르기까지 다양한 주파수 대역을 사용하고 있으나, 전자기파 방식을 이용하는 UHF(860 MHz~960 MHz)대역 RFID 기술이 원거리 인식과 데이터의 고속 전송 가능으로 항만·유통·물류 분야와 모바일 RFID 분야에서 널리 사용되고 있다(이외, 2007).

이와 같이 UHF RFID 시스템의 보급은 지속적으로 확대될 것으로 전망하고 있으며, 다수의 리더가 동일 지역에 존재하

는 밀집 리더(dense mode) 환경이 일반화 될 예정이다. 이에 따라 기존의 저주파 RFID 시스템에서는 크게 고려하지 않았던 주파수 간섭 문제가 매우 심각하게 대두되고 있는 상황이다(Engels and Sarma, 2002). RFID 시스템에서 발생할 수 있는 주파수 간섭으로는 태그 간섭(tag interference), 다중 리더-태그 간섭(multiple reader-to-tag interference), 리더 간섭(reader-to-reader interference)의 3가지 종류가 있다.

그중 리더 간섭은 동일한 환경에 존재하는 리더가 동시에 동일 주파수 혹은 인접하는 주파수를 사용함으로써 발생하는 주파수 간섭으로, 동일 채널 간섭(co-channel interference) 및 인접 채널 간섭(adjacent-channel interference)으로 분리할 수

* 대표저자 : 박수훈(정회원), namemg2@nate.com 010)3120-9977

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

*** 정회원, ymans12@nate.com 010)9026-3510

**** 정회원, jwjung@hhu.ac.kr 011)9319-4425

***** 정회원, kimkim@hhu.ac.kr 011)9654-44230

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

있으며, 동일 채널 간섭의 경우, 수 백 미터 떨어진 리더 간에도 영향을 미칠 수 있으므로 RFID 시스템에서 가장 심각한 간섭이라 할 수 있다(Leong et al., 2006).

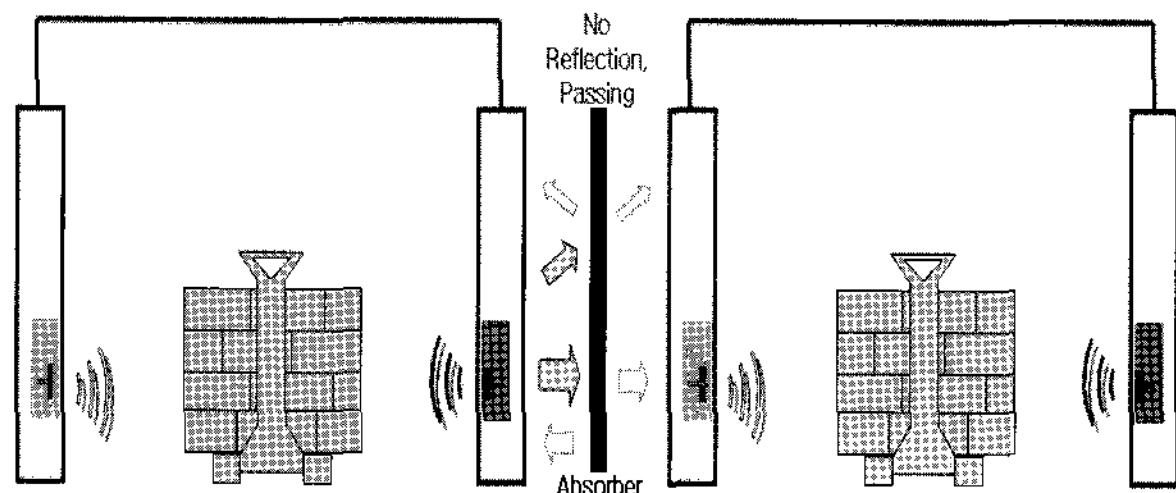


Fig. 1 Application of EM wave absorber for reader to reader interference

이러한 리더 간섭들은 RFID 시스템이 통신을 함에 있어 인식을 저하나 통신거리 감소 등을 일으켜 RFID 시스템의 정상적인 작동을 불가능하게 만든다. 이러한 문제점들은 Fig. 1과 같이 Reader와 Reader간의 통신 환경에 적절한 전파흡수체를 사용하여 불필요한 간섭을 막음으로써, 복잡한 통신환경에 의한 기존의 dense mode 방지용 통신 알고리즘으로 해결 불가능했던 문제점을 근본적으로 해결할 수 있다.

따라서 본 논문은 UHF 대역 RFID 리더 간섭 방지용 전파흡수체를 개발하기 위한 연구로써, 기존의 전파흡수체 재료와 차별된 자성 재료인 Amorphous를 제안하였으며 지지재인 CPE와 혼합하여 각 조성비별 전파흡수체 샘플을 제작하고, 각 조성비별 샘플로부터 재료정수를 계산하여 시뮬레이션 한 후 최적의 조성비 샘플로부터 이론적 설계를 하였다. 그리고 전파흡수체 설계를 바탕으로 UHF 대역 RFID 리더 간섭 방지용 전파흡수체를 실제 제작하여 설계 전파흡수능과 실측 전파흡수능을 비교·분석 하였다.

2. 전파흡수체 설계 이론

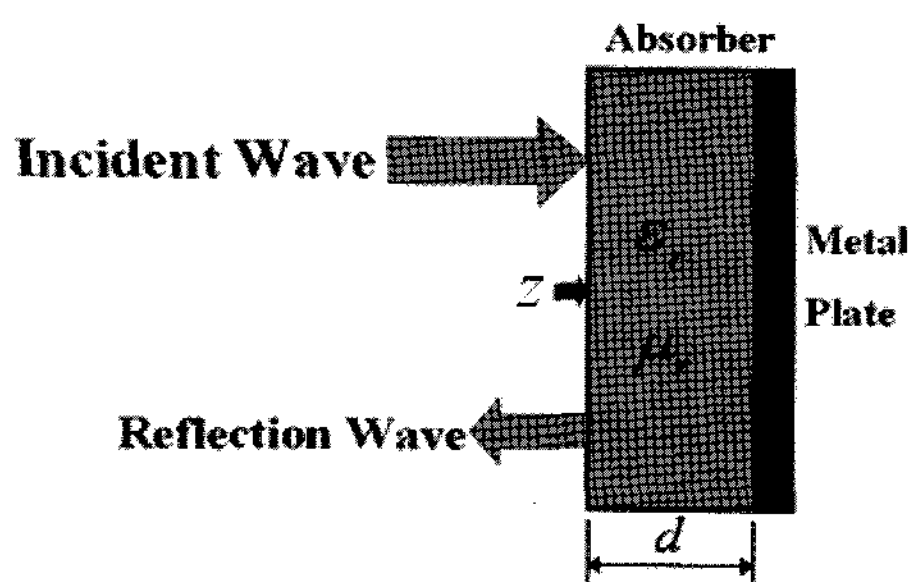


Fig. 2 Single layered EM wave absorber

Fig. 2와 같이 두께 d 인 전파흡수체의 후면에 금속판이 놓인 경우, 전파흡수체 전면에서의 입사파와 반사파의 반사손실(Return Loss)은 식 (1)처럼 나타낼 수 있다.

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

여기서, z 는 정규화 입력임피던스이다.

평면파의 수직입사에 대한 정규화 입력임피던스 z 는 식 (2)처럼 주어진다(Hashimoto, 1997; Naito, 1984; 김, 2006).

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

여기서, λ 는 입사한 평면파 파장이며, ϵ_r 는 복소비유전율 ($\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$), μ_r 는 복소비투자율 ($\mu_r = \mu_r' - j\mu_r''$)이다. 또한 완전한 전파흡수체가 되기 위해서는 z 가 1이 되는 것으로 전파흡수체의 완전정합 조건은 식 (3)과 같다(Choi et al., 2006).

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

따라서 전파흡수체 샘플로부터 복소비유전율과 복소비투자율을 계산하고, 이 값을 식 (3)에 대입하여 전파흡수체 두께 d 를 결정함으로써 전파흡수체를 설계할 수 있다.

3. 전파흡수체 제작 과정에 따른 측정 결과 및 특성 분석

3.1 전파흡수체 재료 탐색

전파흡수체 재료는 손실에 기인하는 항에 따라서 크게 도전손실재료, 유전손실재료, 자성손실재료로 분류할 수 있다. 특히 전자기기의 사용주파수가 고주파 화됨에 따라 GHz 대역 이상의 전파를 흡수할 수 있는 전파흡수체 재료가 필요하게 되어 주로 ferrite 같은 자성손실 재료를 이용한 연구가 활발히 수행되고 있다. 특히 Mn-Zn ferrite나 Ni-Zn ferrite 같은 soft ferrites와 Sr ferrite나 Ba ferrite 같은 hard ferrites가 GHz 대역에서 자기적 손실이 증가되어 전파흡수체 재료로서 널리 이용되고 있다. 하지만 이러한 스피넬형 ferrite 계열의 재료는 주파수 한계(Snoek's Limit)가 문제로 되어 오고 있다(Snoek, 1948). 따라서 본 논문에서는 연자성 금속 화합물인 Amorphous를 전파흡수체 재료로 제안하였으며, SEM 사진은 Fig. 3과 같다.

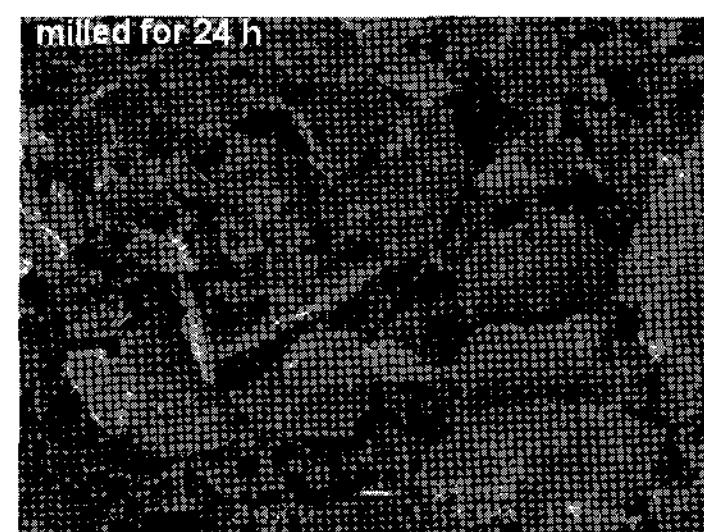


Fig. 3 The SEM photographs of amorphous

3.2 전파흡수체 샘플 제작

본 논문에서는 전파흡수체의 주재료로 자성 손실재료인 Amorphous를 사용하였으며, 지지재료는 CPE를 사용하였다. 전파흡수체 샘플 제작 과정은 Fig. 4과 같다. 먼저 Amorphous와 CPE의 조성비를 60 : 40 wt.%, 70 : 30 wt.%, 80 : 20 wt.%로 하고, 각각을 믹서를 이용하여 혼합한 후 본 연구실에서 자체 제작한 Open roller를 이용하여 두께 1 mm, 2 mm의 Sheet형 전파흡수체 샘플을 제작하였다.

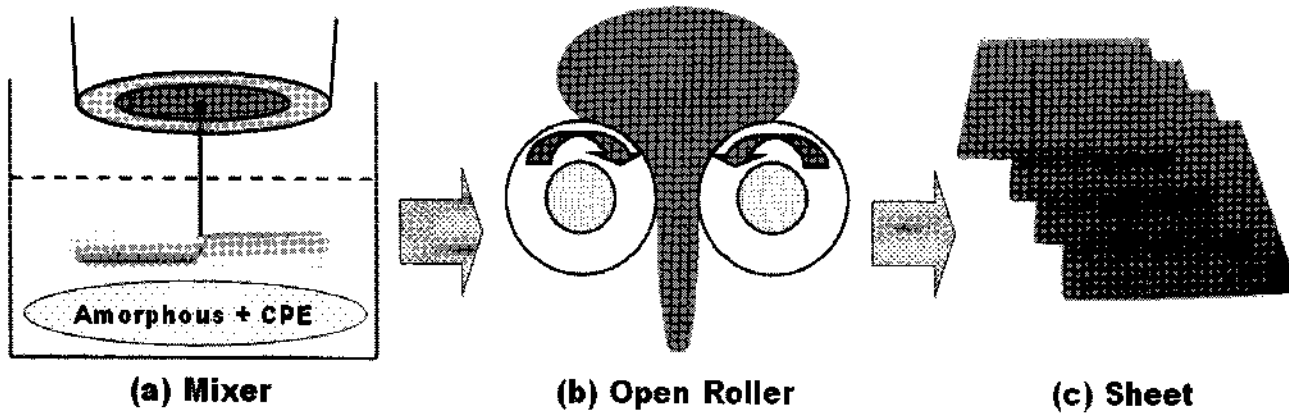


Fig. 4 Manufacturing process of an EM wave absorbers

3.3 측정 시스템

Fig. 5와 같이 Sample Holder에 펀칭 작업을 통해 전파흡수체 샘플을 삽입한 후, Fig. 6과 같이 HP사의 8753D Network Analyzer에 연결하여 반사계수를 측정하였다. 그리고 MATLAB 프로그램을 이용하여 조성비별 샘플의 입력 임피던스를 계산하고, $l-2l$ 법(Hashimoto, 1997)으로 재료정수인 복소비유전율과 복소비투자율을 계산하였다.

3.4 샘플의 전파흡수능 및 재료정수

Fig. 7은 Amorphous와 CPE의 조성비별 두께가 2 mm인 전파흡수체 샘플로부터 측정된 반사계수를 나타내고 있으며, 저주파대역에서 가장 우수한 전파흡수능을 보이는 샘플의 조성비는 Amorphous : CPE = 80 : 20 wt.%이다.

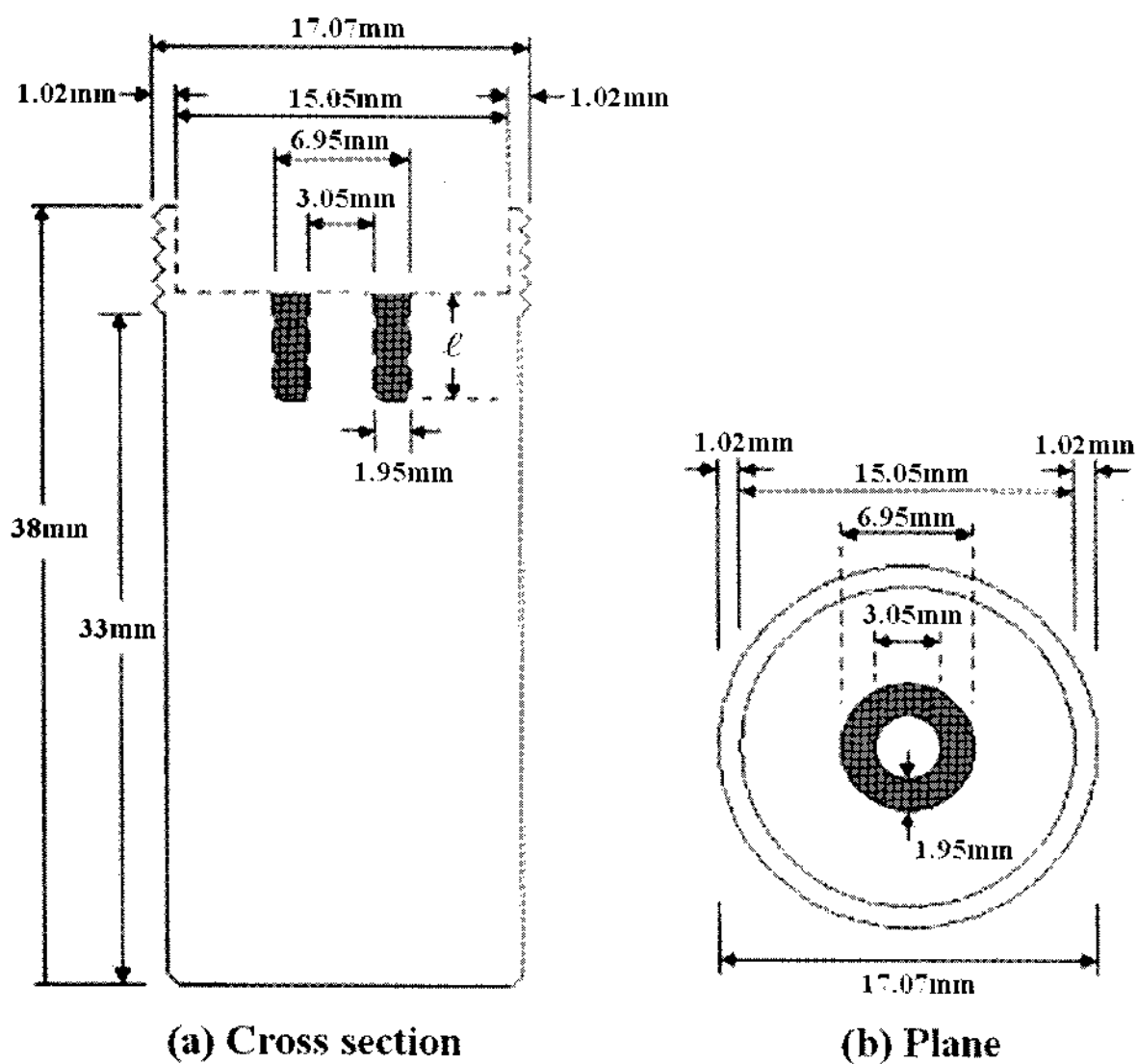


Fig. 5 An sample holder

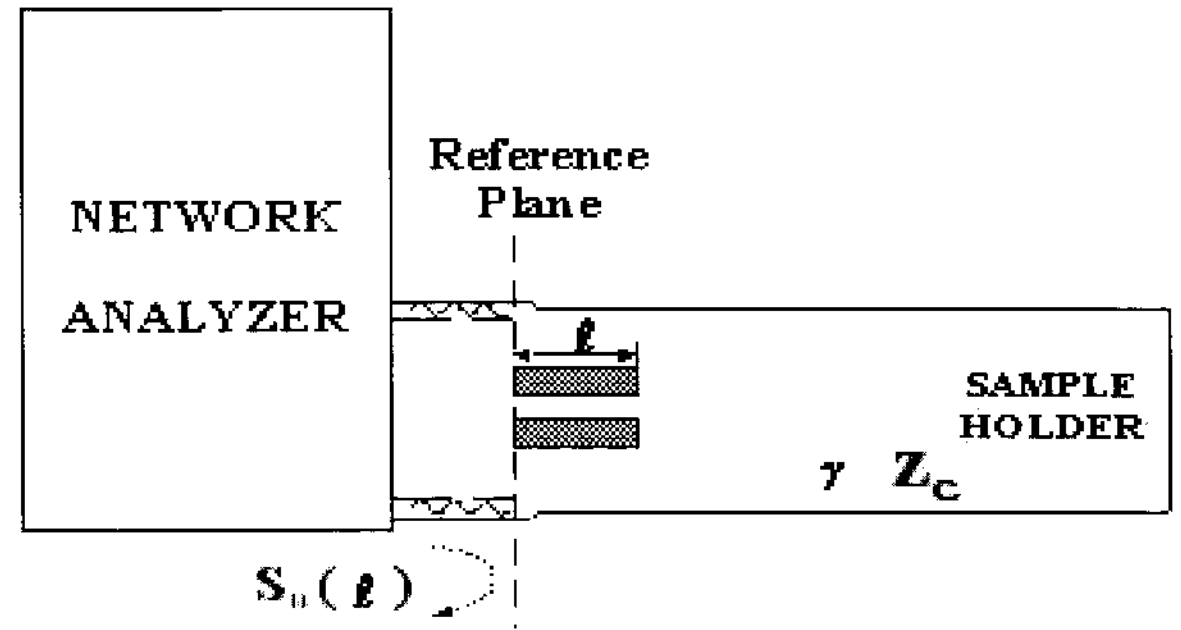


Fig. 6 Measurement system

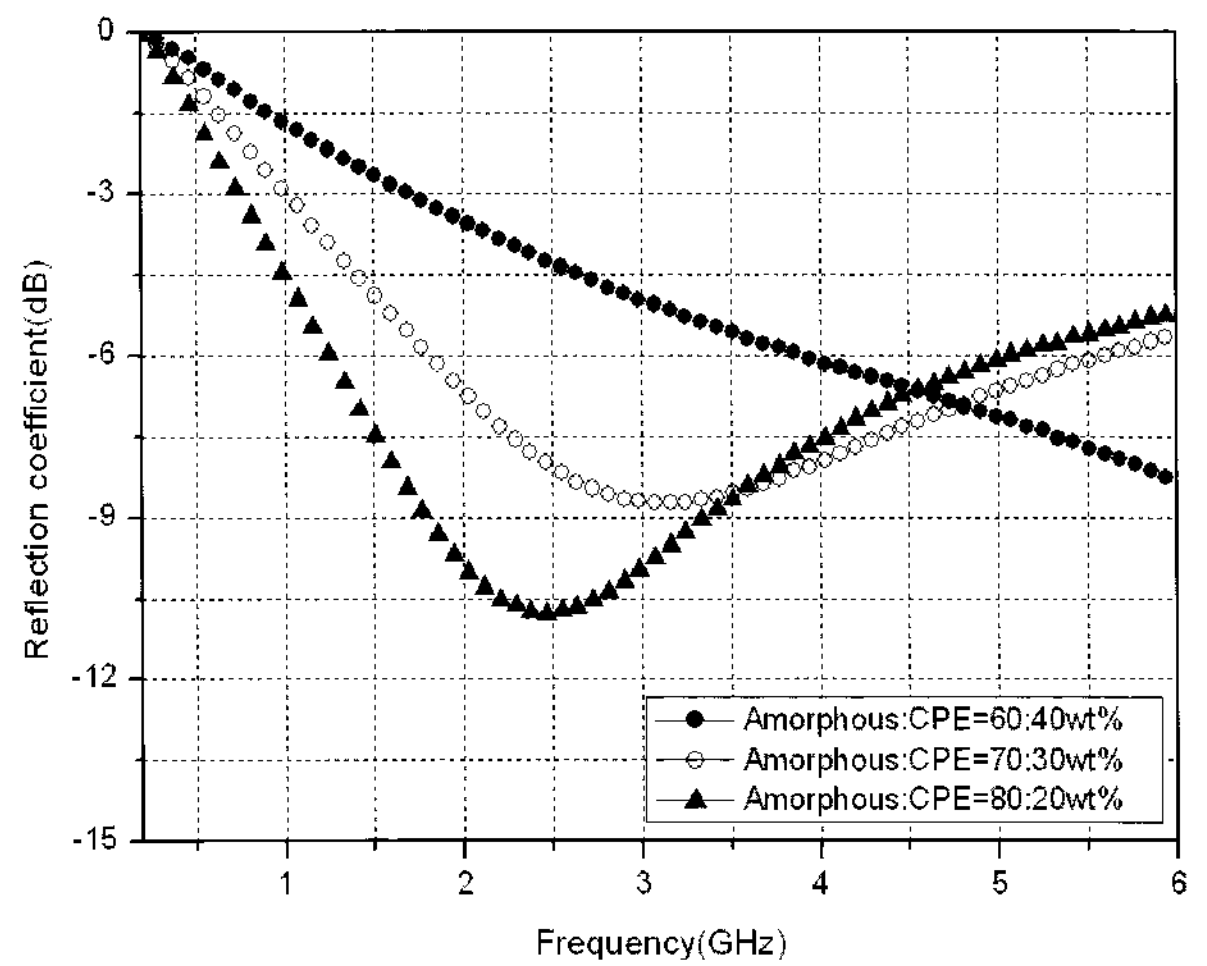


Fig. 7 Reflection coefficients of samples with different composition ratio (Thickness : 2 mm)

Fig. 8에서 Fig. 10은 조성비별 전파흡수체 샘플의 복소비투자율을 나타낸 것으로 Amorphous : CPE의 함량 비 중 Amorphous의 함량이 증가 할수록 복소비투자율의 실수부 초기 값이 증가하며, 손실에 기여하는 허수부의 피크 값(f_r)이 증가하고 저주파로 이동하였다. 또한 Snoek은 f_r 과 μ_i 의 관계를 식 (4)와 같이 제안하였다(Snoek, 1948; Kwon et al., 1995).

$$f_r(\mu_i - 1) = (3/4) \gamma M_s \quad (4)$$

여기서, γ 는 자기 회전비(gyro-magnetic ratio)이고, M_s 는 포화 자화강도(saturation magnetization)이다.

식 (4)로부터 f_r 와 μ_i 는 반비례 관계임을 알 수 있으며, Fig. 8에서 Fig. 10과 같이 Amorphous : CPE의 함량 비 중 Amorphous의 함량이 증가 할수록 μ_i 가 증가하는 반면 공진 주파수(f_r)는 점점 낮아지고 있어 식 (4)를 잘 만족하는 동시에 Fig. 7의 결과 잘 뒷받침 하고 있다.

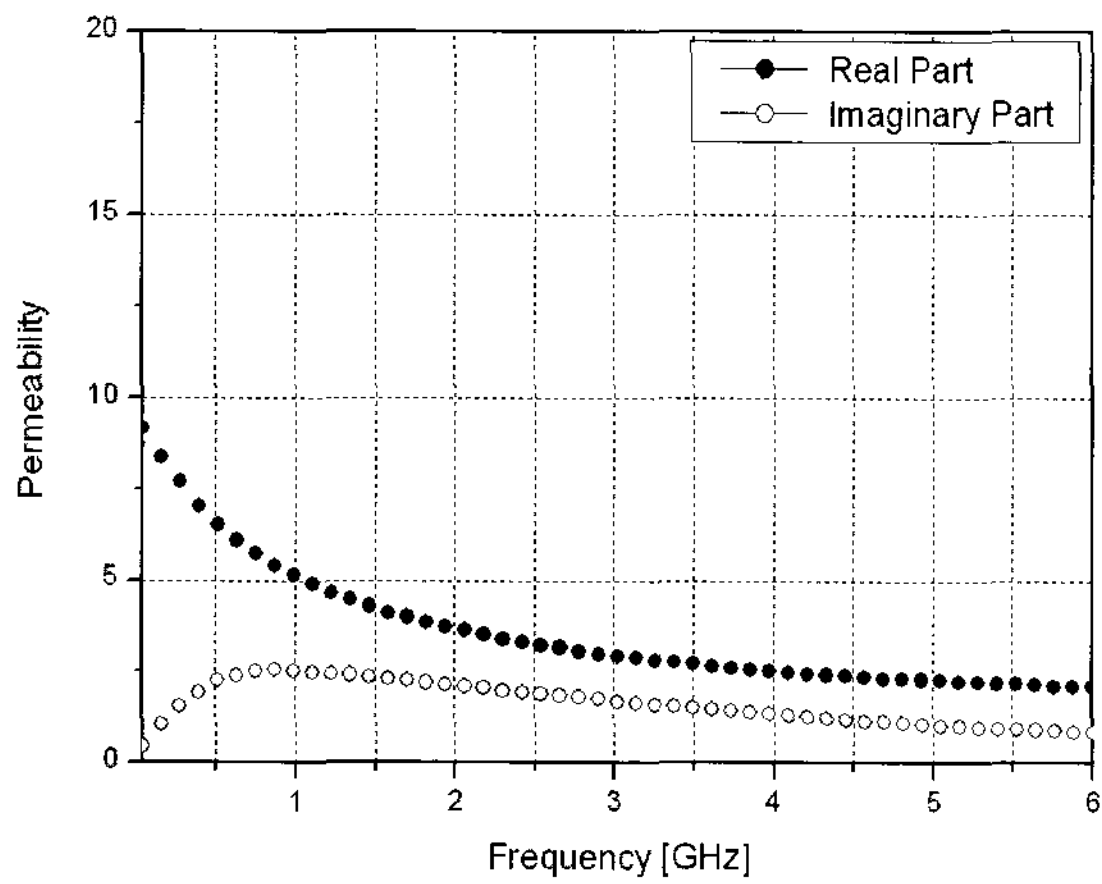


Fig. 8 Complex relative permittivity of sample (Amorphous : CPE = 60 : 40 wt.%)

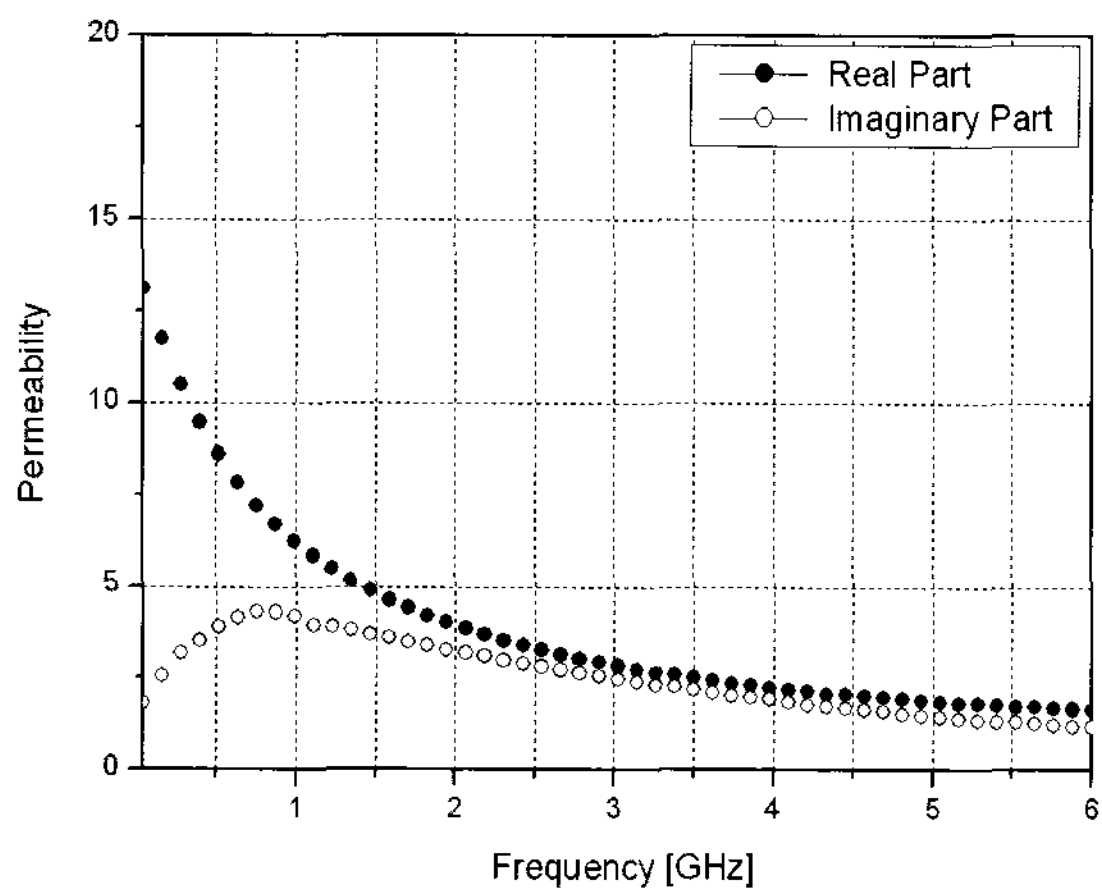


Fig. 9 Complex relative permittivity of sample (Amorphous : CPE = 70 : 30 wt.%)

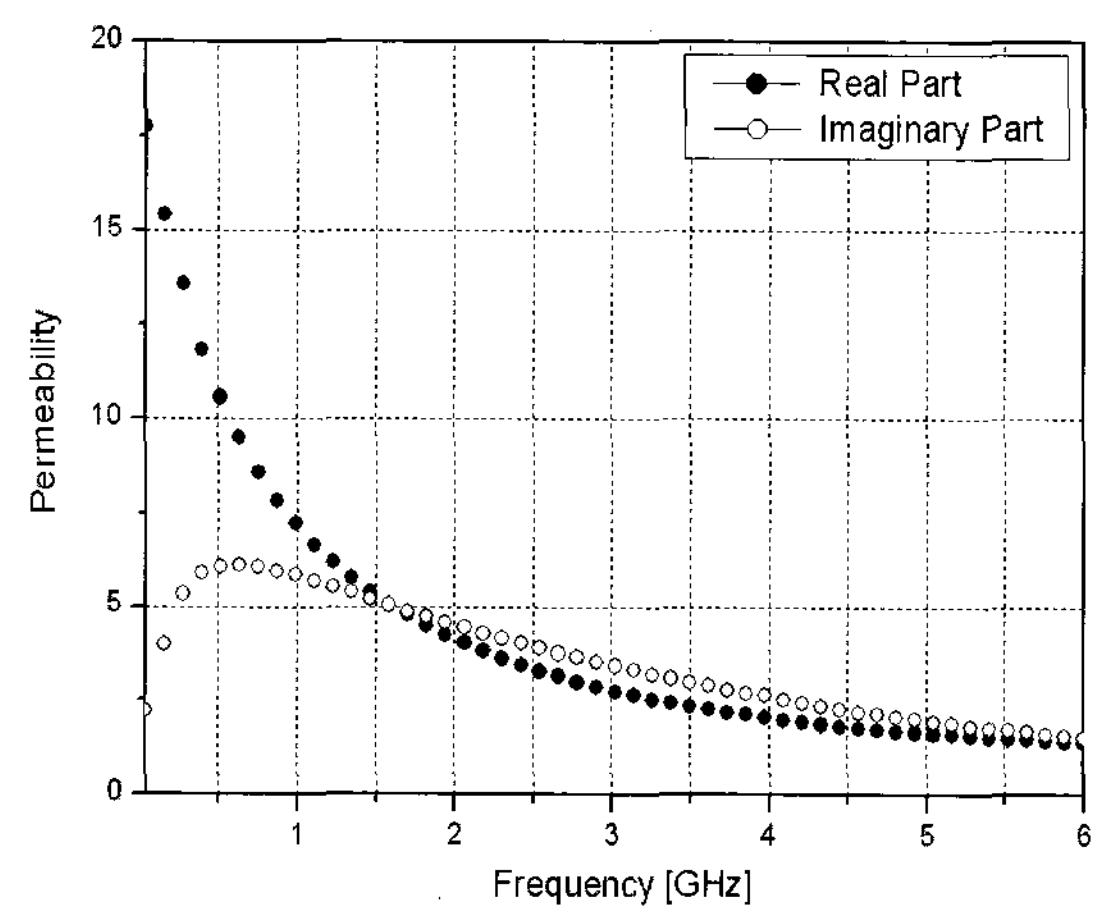


Fig. 10 Complex Relative Permittivity of Sample (Amorphous : CPE = 80 : 20 wt.%)

3.5 시뮬레이션

Fig. 11은 각 전파흡수체 샘플의 반사계수와 재료정수를 이용하여 MATLAB 프로그램으로 중심주파수를 900 MHz로 고

정시키고 시뮬레이션을 한 결과이다. 모든 성분비의 전파흡수체가 목표 흡수능을 만족하고 있으나 가격적인 측면과 설치 무게를 고려하여 가장 박형화된 동시에 목표 흡수능을 만족하는 전파흡수체의 선택이 필요하다.

따라서 주파수 범위 860 MHz ~ 960 MHz 에서 전파흡수능 20 dB 이상 즉, 리더 간섭을 일으키는 전파를 99% 흡수하여 리간 간섭을 최소화 할 수 있는 최적화된 전파흡수체의 설계치는 조성비와 두께가 각각 Amorphous : CPE = 80 : 20 wt.%와 4 mm 였다.

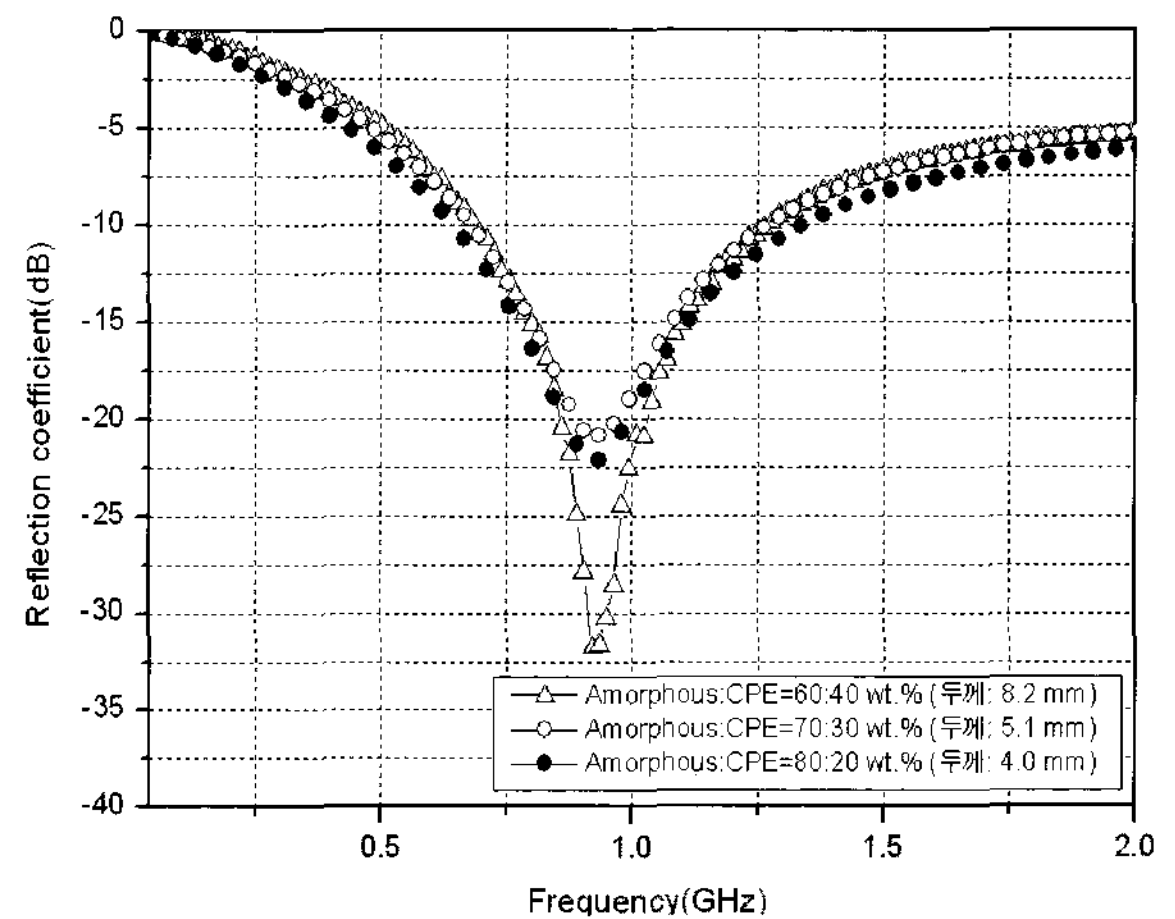


Fig. 11 EM wave absorber ability of samples with different composition ratio at center frequency 900 MHz(Simulation)

3.6 전파흡수체 제작 및 측정 결과 비교

설계된 전파흡수체를 토대로 Fig. 4와 같은 방법으로 실제 전파흡수체를 조성비 Amorphous: CPE = 80 : 20 wt.%, 두께 4 mm로 제작하고, Fig. 6과 같은 측정 시스템으로부터 반사계수를 측정한 결과를 Fig. 12에 나타내었다. RFID 시스템의 ISM 주파수 대역인 860 MHz ~ 960 MHz에서 전파흡수능은 20 dB 이상으로 측정되었으며, 시뮬레이션값과 실측값이 잘 일치하였다.

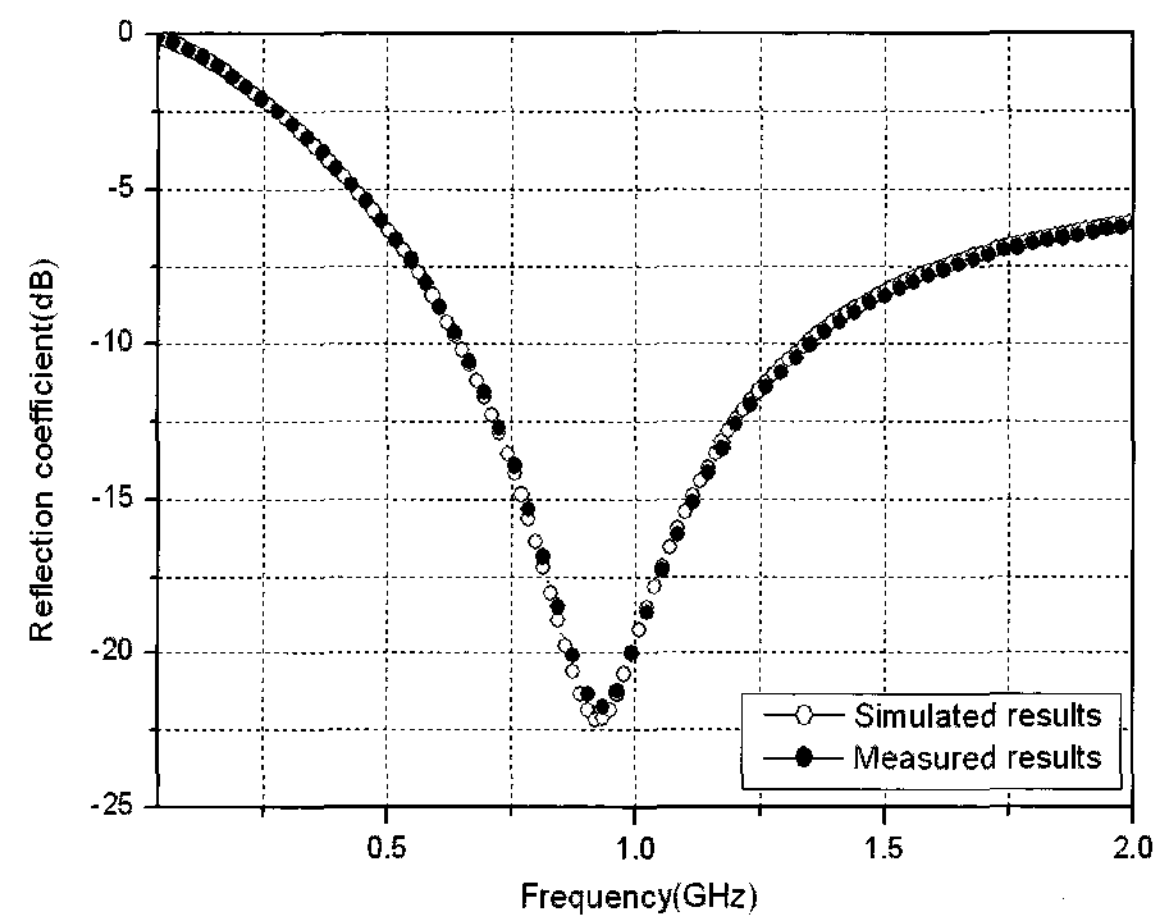


Fig. 12 Comparisons of simulated and measured results (Thickness : 4 mm)

4. 결 론

최근, 많은 관심을 갖고 있는 UHF 대역(860 MHz ~ 960 MHz) RFID 시스템은 전자기파 방식을 이용하여 원거리 인식과 데이터의 고속 전송 가능으로 항만·유통·물류 분야와 모바일 RFID 분야에서 널리 사용되고 있다. 하지만 UHF 대역 RFID 시스템의 지속적인 보급으로 다수의 리더가 동일 지역에 존재하는 밀집 리더(dense mode) 환경이 일반화되어, 주파수 간섭(리더 간섭) 문제가 심각하게 대두되고 있다.

따라서 본 논문에서는 리더간의 간섭을 막을 수 있는 전파 흡수체 개발에 관한 연구를 하였다. 자성 손실재료인 Amorphous를 이용하여 최적의 조성비가 Amorphous : CPE = 80 : 20 wt.%임을 확인하고, 측정된 재료정수를 이용하여 시뮬레이션 한 결과를 토대로 UHF대역 RFID 리더 간섭 방지용 전파흡수체를 제작한 결과 조성비 Amorphous : CPE = 80 : 20 wt.%일 때, 두께 4 mm의 전파 흡수체가 860 MHz ~ 960 MHz의 주파수 범위에서 전파흡수능 20 dB 이상의 특성을 얻음으로써 UHF대역의 RFID 리더 간섭을 억제할 수 있음을 확인하였다. 향후 과제로 실제 RFID 시스템 적용환경에서 본 전파흡수체를 사용하여 수신 전력의 SINR비가 향상됨을 확인하는 동시에 리더 간섭이 발생하는 RFID 시스템 통신 환경에 전파흡수체를 적용하여 리더 간섭 방지를 확인하는 것을 남겨둔다.

후 기

이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국 학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2005-005-J00502)

참 고 문 헌

- [1] 김동일(2006), "전파흡수체 공학", 대영사, pp. 176-203.
- [2] 이윤덕, 김도윤, 윤현구, 육종관, 장병준(2007), "리더 간섭에 의한 RFID 시스템의 인식 거리 감소에 관한 연구", 한국전자과학기술회전자파기술지, 제 18 권 제 7 호, pp. 63-69.
- [3] Choi, C. M., Kim, D. I., Choi, D. H., and Li, R.(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. 297-300.
- [4] Engels, D. W. and Sarma, S. E.(2002), "The reader collision problem", IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, vol. 3, pp. 92-97.
- [5] Hashimoto, O.(1997), "Introduction to Wave Absorber", Tokyo:Morikita Shuppan, pp. 79-81.
- [6] Kwon, H. J., Shon, H. J. and Hur, W. D.(1995), "The Microwave Absorbing Characteristics of Ferrite Grid Absorber", Journal of Korea Magnetics Society, vol 5.
- [7] Leong, K. S., Ng, M. L., R. Grasso, A., and Cole, P. H.(2006), "Synchronization of RFID readers for dense RFID reader environments", International Symposium on Applications and Internet Workshop(SAINT'06), pp. 48-51.
- [8] Naito, Y.(1987), "Electromagnetic Wave Absorbers", Tokyo:New Ohm, pp. 69-76.
- [9] Snoek, J. L.(1948), "Dispersion and Absorption in Magnetic Ferrite at Frequency above one Mc/s", Physica, vol. 14, pp. 207-217.

원고접수일 : 2007년 12월 17일

심사완료일 : 2008년 5월 15일

원고채택일 : 2008년 5월 16일