

휴대전화기의 불요전자파 억제용 전파흡수체의 개발에 관한 연구

김동일* · 문상현* · 신승재* · 송재만**

*한국해양대학교 전파공학과, **한국해양대학교 산업기술연구소

Development of EM Wave Absorber against EMI from Mobile Phones

Dong Il Kim · Sang Hyun Moon* · Seung Jae Shin* · Jae-Man Song***

**Dept. of Radio Science & Eng, Korea Maritime University*

***Research Institute of Industrial Technology Korea Maritime University*

요 약 : 우수한 휴대전화기용 전파흡수체를 개발하기 위해 Mn-Zn 페라이트의 입자크기, 시편의 제작온도 그리고 알루미늄과 카본이 전파흡수능에 미치는 영향 등을 조사하였다. 이와 같은 연구를 통하여 휴대전화기의 중심사용 주파수인 1.8 GHz 에서 반사율이 4.11 dB 인 전파흡수체를 개발하였다. 본 연구에서 개발한 전파흡수체는 두께가 1 mm이고 유연성이 우수하므로 휴대전화기용 전파흡수체로서 실용이 기대된다.

핵심용어 : 전파흡수체, Mn-Zn 페라이트, 입자크기, 제작온도, 알루미늄, 카본

ABSTRACT : We Investigated the effect of the ferrite particle size, preparation temperature, and the addition of Al and carbon on EM(electromagnetic) wave absorption properties to prepare superior EM wave absorber for mobile phones. We developed a EM wave absorber below -4.11 dB in reflectivity at the frequency of 1.8 GHz which is the frequency used mobile phones. It is expected that the developed EM wave absorber will be used as a EM wave absorber because they are 1 mm thickness and good flexibility..

KEY WORDS : Electromagnetic wave absorber, Mn-Zn Ferrite, Particle size, Preparation temperature, Al, Carbon

1. 서 론

정보화 시대라고 불리는 오늘날 편리함과 많은 정보를 공유하고자 하는 현대인의 욕구가 날로 증가하고 있다. 이와 같은 현대인의 욕구를 충족시키기 위해 전파공학을 기초로 전자공학, 재료공학 등의 발달에 힘입어 노트북, PDP(Plasma Display Panel), 휴대전화 등 다양한 전자 기기가 최근 급속히 보급되어 우리 인류는 그 어느 때 보다도 많은 정보를 공유하며 윤택한 생활을 즐기고 있다. 이와 동시에 전파환경악화문제라고 하는

해로 인한 기기 상호간의 오동작 문제 등은 최근 사회적으로 중요한 관심사로 대두되어 이를 해결하고 자 하는 노력이 활발히 이루어지고 있다. 그 중에서 휴대전화에서 발생하는 유해 전자파에 대한 우려가 잇따라 발표되면서 이를 해결하고자 하는 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

현재 이와 같은 대책을 위한 연구는 주원료로 이용되는 페라이트의 조성변화에 따른 흡수특성변화를 중심으로 이루어지고 있다. 그러나 같은 조성을 갖는 시편일지라도 제작과정에 따라 물리적, 전자기적 특성이 크게 변할 수 있으므로 제작과정에 따른 특성변화도 함께 연구되어야 하며 이와 같은 중요한 연구 분야

과 카본이 전파흡수능에 미치는 영향에 대하여 조사하여 우수한 전파흡수능을 갖는 전파흡수체를 개발하고자 한다.[1]

2. 전파흡수체의 제작 과정 및 측정

2.1 전파흡수체의 제작

본 연구에서는 첫째로, Fe₂O₃ : MnO : ZnO = 67.5 mol% : 24 mol% : 8.5 mol%의 조성비를 가지며 투자율이 2500인 Mn-Zn ferrite를 이용하여 1.11 μm 에서 20 μm 까지 8단계로 페라이트 입자크기를 제어하였다. 이렇게 각기 입자크기가 다른 페라이트 파우더를 CPE(Chloride poly ethylene)에 혼합하여 본 연구실에서 자체 제작한 Roller를 이용하여 두께 1mm의 Sheet형의 전파흡수체를 제작하였다. 이때 시편의 제작 온도는 70±2℃ 로 일정하게 유지되도록 하였다.

둘째로, 같은 조성비를 갖는 Mn-Zn Ferrite를 지지체인 실리콘과 87: 13 wt%의 혼합비로 혼합하여 두께 1 mm의 Sheet형 전파흡수체를 제작하였다. 시편을 제작하는데 있어 온도 이외에 다른 조건은 가능한 한 모두 같게 하였으며 제작온도는 본 실험실의 제작온도는 본 실험실의 제작 조건을 고려하여 10 ℃, 30 ℃, 50 ℃, 그리고 70 ℃로 하였다.

셋째로, 같은 조성비를 갖는 Mn-Zn Ferrite를 지지체인 실리콘과 87: 13 wt%에 Al을 첨가와 Carbon의 변화를 이용하여 두께 1 mm의 Sheet형 전파흡수체를 제작하였다.

Table 1은 전파흡수체의 제작공정을 나타낸 것으로 원료를 일정하게 조성하여 질소 중 950 ℃에서 2시간 동안 1차 소결을 하였고, 1차 소결 후 다시 분쇄 및 혼합하여 1310 ℃에서 2시간 동안 질소 중에서 2차 소결하였다. 이렇게 소결한 Mn-Zn 페라이트를 실리콘과 합성하여 각기 다른 온도에서 시편을 제작하고 그 특성을 조사하였다.

2.2 측정

본 논문에서는 제작한 Sheet형 전파흡수체를 펀치를 이용하여 내경 3.05 mm, 외경 6.95 mm, 두께 1 mm의 형상을 갖게 하였다. Fig. 1과 Fig. 2는 본 실험에서 반사계수 및 복소투자율 위해 사용한 Network Analyser와 Sample Holder를 나타낸 것이다. [2]

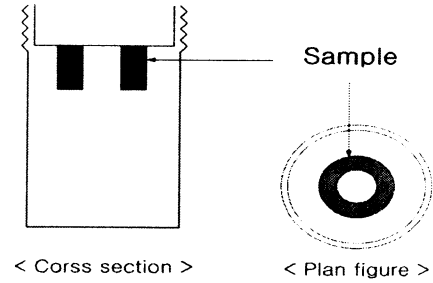
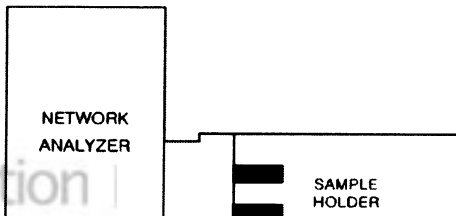
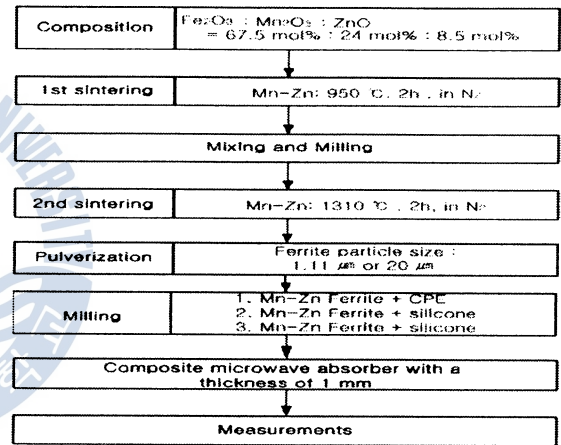


Fig. 2 Sample holder.

Table 1 Preparation of the sheet-type ferrite absorber.



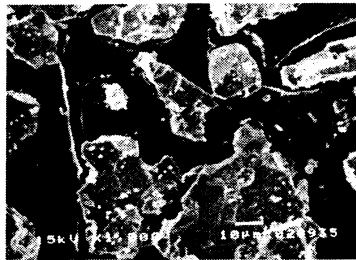
3. 페라이트입자의 크기가 전파흡수능에 미치는 영향

3.1 분쇄시간에 따른 입자의 크기

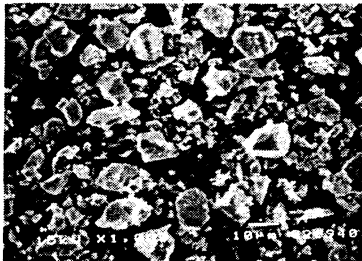
Table 2은 분쇄시간에 따른 페라이트 입자의 평균크기를 나타낸 것으로 분쇄시간의 증가와 더불어 페라이트 입자의 평균크기가 감소함을 보이고 있다.[3]

Table 2 Dependence of the average size of ferrite particles on the pulverization time.

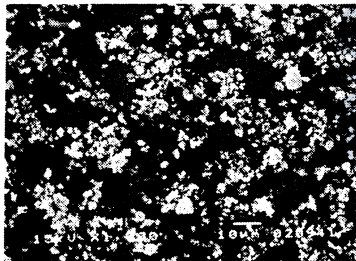
Sample	Milling time [min]	Particle size [μm]
A	1	20
B	5	8.7
C	10	6.2
D	15	4
E	30	2.6



Sample A



Sample D



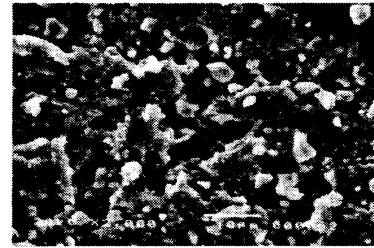
Sample H

Fig. 3. SEM micrographs of ferrite particles after pulverizing.

Fig. 3은 Table 2의 시편들 중 Sample A, Sample D, Sample H의 SEM 사진을 나타낸 것으로 평균입자 크기가 증감함에 따라 페라이트 분말의 형상 및 크기가 불규칙한 것을 알 수 있다. 즉, 평균입자의 크기가 증가할수록 분말의 입자크기가 널리 분포되어있다.



Sample A



sample H

Fig. 4 SEM micrographs of a surface in sheet-type electromagnetic wave absorber.

Fig. 4는 Sheet형 전파흡수체를 제작한 후 시편의 표면을 나타낸 사진이다. 사진에서 검은색 부분은 기공을 나타낸 것으로 평균입자의 크기가 증가할수록 입자들의 결합이 조밀하지 못하여 기공 또한 커짐을 알 수 있다.

3.2 입자크기에 따른 전파흡수능

Fig. 5은 두께가 3mm인 시편에 대하여 입자의 크기에 따른 정합주파수의 변화를 나타낸 것으로 입자의 크기가 증가함에 따라 정합주파수가 낮은 주파수 쪽으로 이동함을 나타내고 있다. Shengping[4]

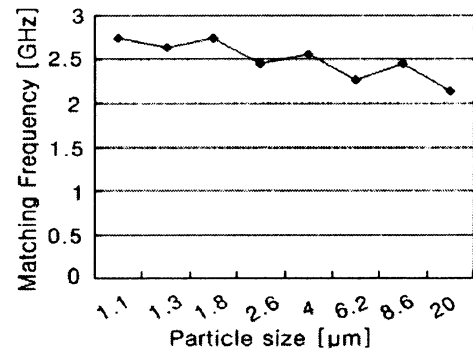
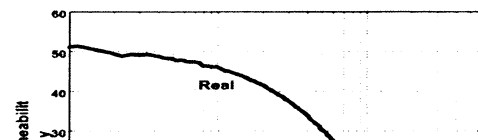


Fig. 5 Matching frequency as a function of the average size of the particles in a sheet-type electromagnetic wave absorber with a thickness of 3 mm.

이와 같은 사실로부터 동일한 두께를 갖는 전파흡수체에서의 입자의 크기를 제어함에 따라 정합주파수를 제어할 수 있다.



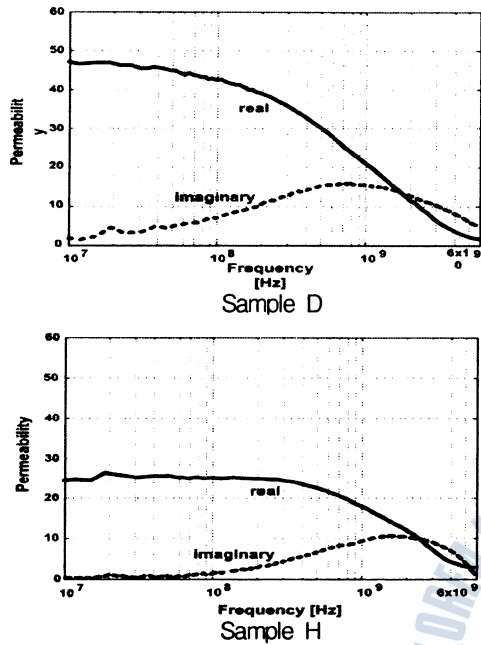


Fig. 6 Permeability in samples A, D, and H as functions of the frequency.

Fig. 6는 투자율을 나타내는 그림이다. 초 투자율의 증가와 함께 resonance frequency가 저주파쪽으로 이동함을 알 수 있다. 또한, 이것은 Snoek's law에 따름을 알 수 있다. 이의 결과로 볼 때 Fig. 5의 결과와 일치함을 알 수 있다.

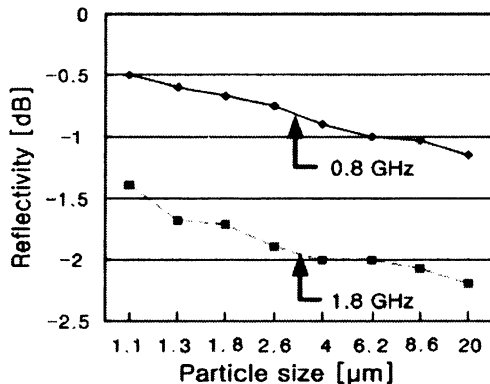
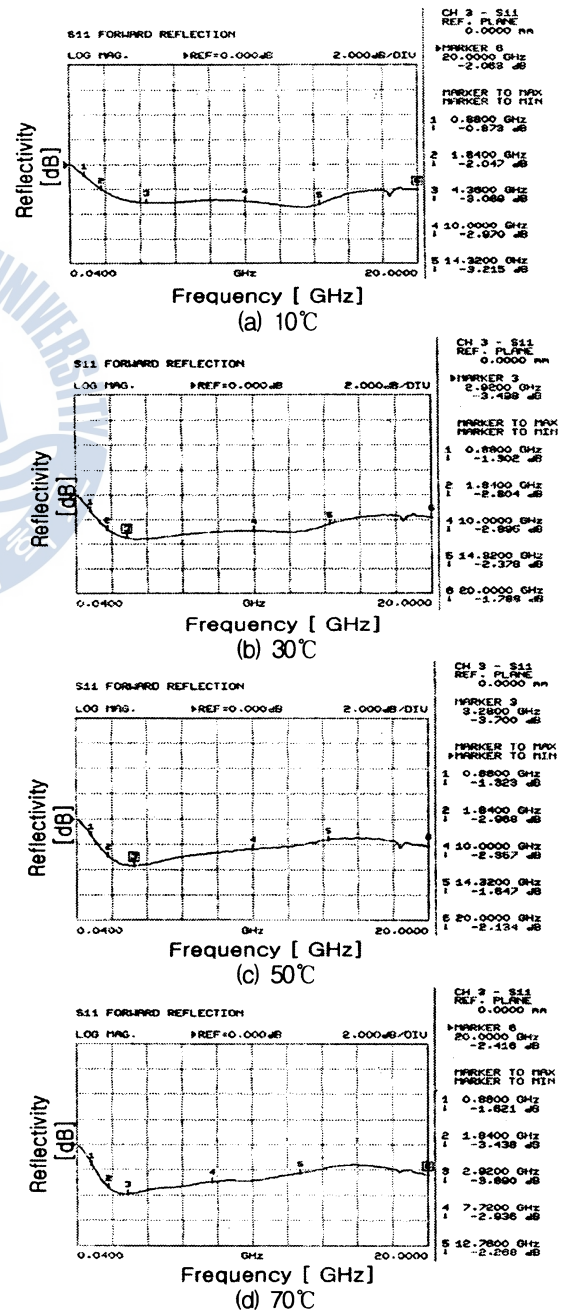


Fig. 7 Reflectivities at 0.8 GHz and 1.8 GHz as functions of the average size of the particles in a sheet-type electromagnetic wave absorber with thicknesses of 1mm.

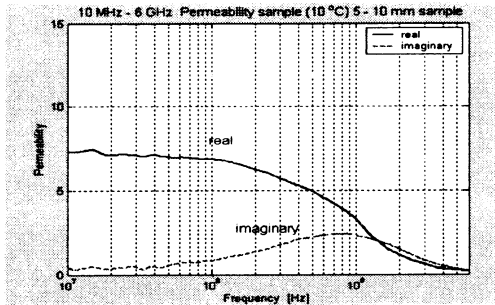
위의 그림에서 알 수 있듯이 휴대전화기용 전파흡수체는 시편의 두께가 1mm에서 입자의 크기가 증가함에 따라 전파흡수능이 증가함을 보이고 있다. 따라서 Mn-Zn Ferrite를 이용한 휴대전화기용 전파흡수체를 개발하기 위해서는 입자크기가 큰

4.1 시편제작온도에 따른 전파흡수능 평가

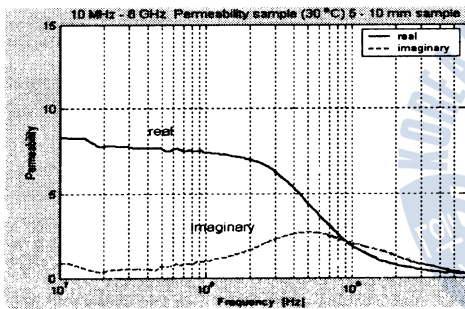
Fig. 8은 시편의 제작온도를 각기 10℃, 30℃, 50℃, 그리고 70℃로 달리 하였을 때의 전파흡수능을 나타낸 것이다. 휴대전화의 중심사용 주파수인 1.8 GHz에서의 흡수능은 온도가 증가함에 따라 각각 2.0 dB, 2.8 dB, 3.0 dB, 3.4 dB로 증가함을 보이고 있다.



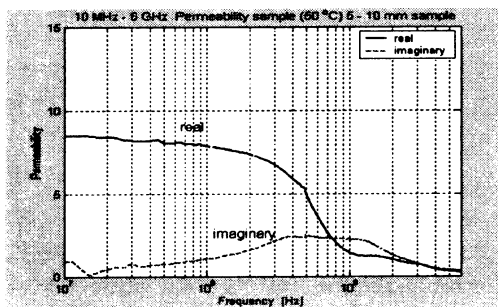
자성재료인 Mn-Zn Ferrite가 손실에 어떤 영향을 미치는지 조사하기 위해 재료정수법을 이용하여 투자율을 측정하였다.



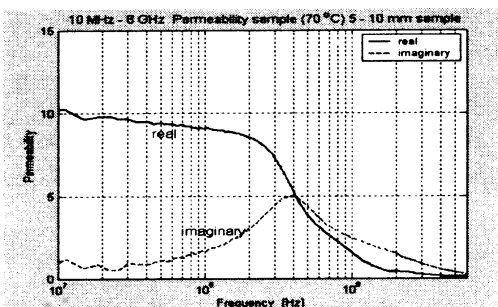
(a) 10°C



(b) 30°C



(c) 50°C



(d) 70°C

시편의 제작 온도가 증가함에 따라 실수부의 값이 증가하고 높은 투자율을 갖는 고온에서 제작한 시편일수록 보다 낮은 주파수에서 투자율의 실수값이 급격한 감소를 보이고 있는데, 이는 Snoek의 법칙(Goldman[5], 1990)을 잘 만족하고 있음을 알 수 있다. 그리고 또한 자기손실 $\tan \delta = (\mu'' / \mu')$ 과 매우 밀접한 관계가 있으며 $\tan \delta > 1$ 일 때 흡수능을 나타낸다(Hashimoto[6], 1983). Fig. 9에서 $\tan \delta > 1$ 를 나타내는 주파수는 각각 1.5 GHz, 800 MHz, 750 MHz, 400 MHz로 시편의 제작온도가 증가함에 따라 저주파로 이동함을 보이고 있다.[7]

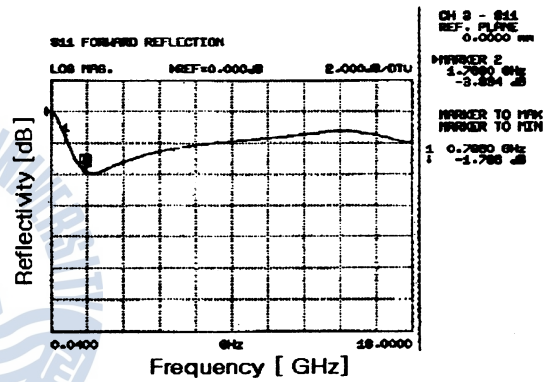


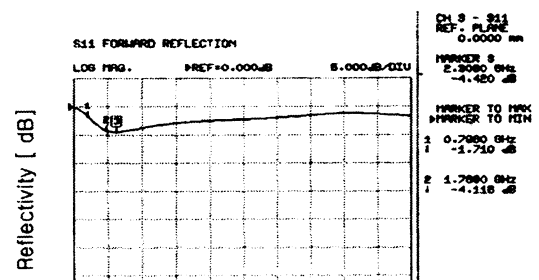
Fig. 10 Reflectivity as a function of frequency for a specimen prepared at 70°C with a ferrite particle size of 20 μm .

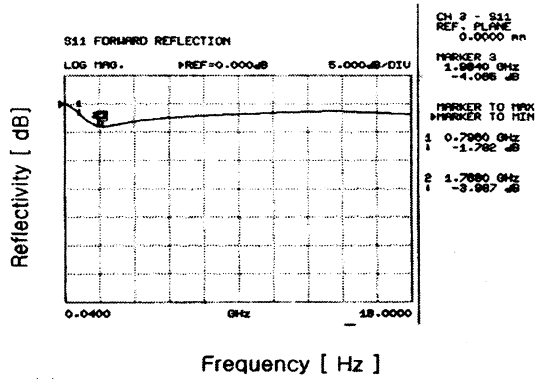
이는 Fig. 8에서 온도가 증가함에 따라 1.8 GHz에서 우수한 전파흡수능을 보이는 결과와 일치한다.

따라서 위 결과를 종합하여 입자크기가 20 μm 인 Mn-Zn 페라이트를 70°C에서 제작하여 그 결과를 Fig. 10에 나타내었다. Fig. 10에 나타낸 바와 같이 1.8 GHz에서 약 3.8 dB인 우수한 전파흡수체를 개발하였다.

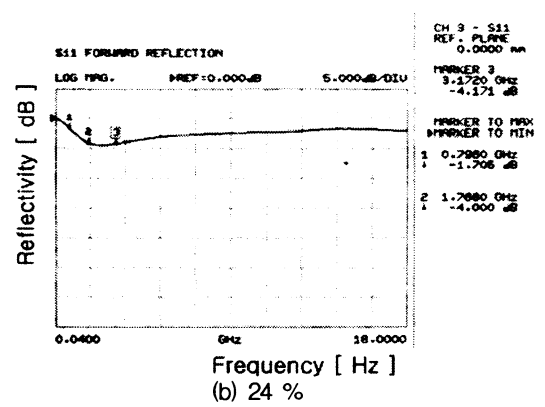
5. 알루미늄과 카본이 전파흡수능에 미치는 영향

5.1 알루미늄양의 변화에 따른 전파흡수능

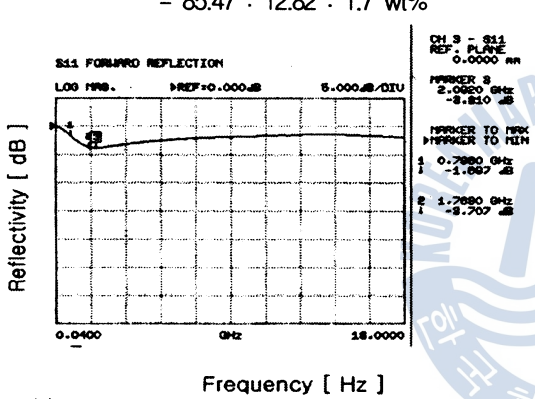




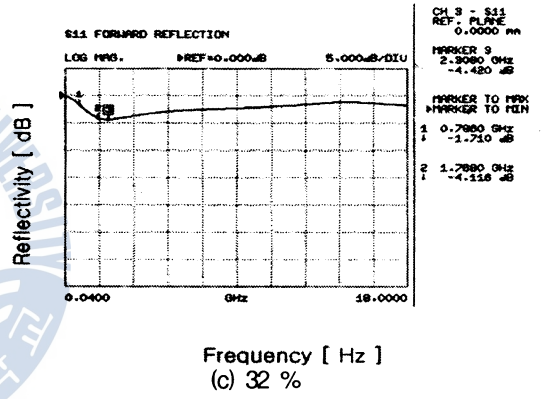
(b) MnZn Ferrite : Carbon Silicon Rubber : Al = 85.47 : 12.82 : 1.7 wt%



(c) 24 %



(c) MnZn Ferrite : Carbon Silicon Rubber : Al = 84.47 : 12.71 : 2.54 wt%



(c) 32 %

Fig. 11 Reflectivity at the matching frequency as a aluminum.

위의 그림은 Al이 0.8 wt% 첨가된 시편 Fig. 11 (a)는 1.8 GHz에서 4.116 dB, 1.7 wt% 첨가된 (b)는 3.987 dB, 2.54 wt % 첨가된 (c)는 3.7.7 dB를 각각 나타내고 있다. 이는 Al이 첨가되지 않은 Fig. 10과 함께 비교하면 Al이 0.8 wt% 첨가되었을 때 가장 우수한 전파흡수능을 나타내는 것이다. 이에 대한 원인은 추후 시편의 도전률 등을 조사하여 좀더 구체적으로 밝히고자 한다.

5.2 Carbon의 변화에 따른 전파흡수능의 변화

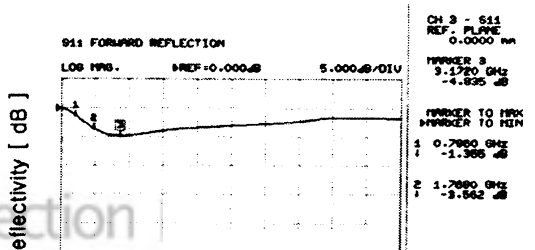


Fig. 12 Reflectivity at the matching frequency as a Carbon.

도전손실제(σ)인 Carbon이 전파흡수능에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하였다. 전자파의 에너지 손실은 도전손실, 유전체손실 및 자성손실에 의해 발생한다. 그림에 나타난 바와 같이 Carbon의 첨가량이 증가함에 따라 1.8 GHz에서 전파흡수능의 증가함을 보이고 있다. 이는 도전손실의 증가에 기인하는 것으로 생각되는 보다 구체적인 원인은 추후 도전손실 등을 조사하여 발표하기로 한다. 이상의 결과로부터 휴대전화기용 전파흡수체를 제작하는데 있어 적정량의 Al과 Carbon은 전파흡수능에 기여함을 알 수 있다.

6. 결과 및 추후연구

본 연구에서는 우수한 휴대전화기용 전파흡수체의 개발을 위해 페라이트 입자의 크기, 시편제작온도, Al과 Carbon의 첨가효과를 조사한 것으로 다음과 같은 사실을 알았다.

1. 페라이트입 입자크기를 제어함으로써 전파흡수능을 향상시킬 수 있다
2. 시편의 제작온도를 제어함으로써 전파흡수능을 향상시킬 수 있다.


발하였다. 이는 지금까지 개발된 전파흡수체중 가장 우수한 성능을 나타내는 것으로 휴대전화기에 적용이 기대된다.

추후 연구 분야로서는 Al과 Carbon 첨가에 따른 전파흡수능의 변화 기구를 구체적으로 밝히고자 한다.

- 사 사 -

본 연구는 대학 IT연구센터인 충남대학교
전자과환경기술연구센터의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 
- [1] Y. Natio 전파흡수체 오음사, 1987
 - [2] 김동일, “전파흡수능 측정기법 연구”. 국방과학연구소 기술 보고서. 1991. 3. 25
 - [3] Jae-Man Song and Hyun-jin Toon, Dong Il Kim, Su-jung-Jung Kim, Seung-Min Ok, Bo-Young Kim and Ki-Man Kim, "Dependence of Electromagnetic Wave Absorption on Ferrite Particle Size in Sheet-type Absorbers", Journal of Korean Physical Society, Vol. 42, No. 5, pp. 671-675, May 2003. (SCI)
 - [4] S. Ruan, B. Xu, H. Suo, F. Wu, S. Xiang, and .Zhou "Microwave absorptive behavior of ZnCo-substituted W-type Ba hexaferrite nanocrystalline composite material", J. of MMM, 212, pp. 175-177, 2000
 - [5] A. Goldman(1990) "Modern ferrite technology", Van Nostrand Reinhold, p. 75
 - [6] Y. Hashimoto(1983), "The application of ferrite as an absorber", Jap, J. Appl. Phys. Vol. 6, No. 3, pp. 175-177
 - [7] 김동일, 옥승민, 김수정, 문상현, 신승재, 송재만, “휴대전화용 전파흡수체에 있어 시편제작온도에 따른 전파흡수 특성”, 2003년 제 1회 산업기술연구소 학술강연회 논문집, pp. 107-111, 2003. 4. 24.

