

휴대전화용 전파흡수체에 있어서 페라이트 입자 크기의 제어에 따른 전파흡수특성

Absorption Properties according to Particle Size of Ferrite in EM Wave Absorber for Mobile Phone

송재만 · 김동일 · 김수정 · 옥승민 · 김보영 · 박우근 · 이영구* ·
윤현진 · 김기만 · 예병덕

Jae-Man Song · Dong Il Kim · Su-Jung Kim · Seung Min Ok · Bo Young Kim ·
Woo Keun Park · Young-Goo Lee* · Hyun-Jin Yoon · Ki Man Kim · Byeong-Deak Yea

요 약

Sheet형 전파흡수체를 제작하여 Mn-Zn 페라이트의 입자크기에 따른 전파흡수능의 관계를 조사하였다. 입자 크기가 증가함에 따라 정합주파수는 낮은 쪽으로 이동하였으며, 정합주파수에서 전파흡수능은 감소하였다. 하지만 휴대폰의 사용주파수인 0.8 GHz와 1.8 GHz에서는 입자의 크기가 큰 것으로 구성되어 있는 전파흡수체가 작은 입자로 구성되어 있는 전파흡수체보다 우수한 전파흡수능을 나타내었다. 따라서 휴대폰용 전파흡수체를 Mn-Zn 페라이트 파우더로 제작할 경우에는 입자의 크기가 큰 것이 바람직하다고 생각된다.

Abstract

In this study, we investigated the effect of particle size of Mn-Zn ferrite which is used as a material of electromagnetic wave absorber on electromagnetic wave properties. With increasing the particle size, the matching frequency is shifted toward lower frequency and the absorption ability of electromagnetic wave is decreased. We suggest that a sheet-type ferrite absorber composed of Mn-Zn ferrite with large particle is useful to compare with it composed of small particle size for mobile phone.

Key words : Electromagnetic Wave Absorber, Mn-Zn Ferrite, Matching Frequency, Particle Size, Mobile Phone

I. 서 론

고도 정보화 시대라 부르는 오늘날 우리들의 주변에는 다양한 형태의 전자 기기가 출현되어 사용되고 있으며, 사회구조가 다양화, 고도화됨에 따라 전파의 이용도가 날로 증가하고 있다. 이로 인해 전자파환경의 제어는 사회적으로 매우 중요한 관심사가 되었으며 이를 위해 많은 연구가 세계 각국에서 활발히 이루어지고 있다. 이와 같은 전자파환경제어

를 위한 연구 중 중요한 부분을 차지하고 있는 것이 전파흡수체에 관한 연구이다.

전파흡수체는 입사한 전파를 흡수해서 열로 변환하여, 반사파가 생기지 않게 하는 특수재료이다. 전파흡수체의 개발에 관한 역사는 세계 2차 대전까지 거슬러 올라가며 그 뒤 1960년대에 전파암실(전파무향실)이나 안테나의 지향성 개선 등에 널리 사용되어 왔다. 또한 최근에는 폭발적인 전자·통신기기의 사용증가로 인해 파생하는 전자파의 상호 간섭

「본 연구는 한국학술진흥재단(KRF-2001-005-E00015)지원으로 수행되었음.」

한국해양대학교(Korea Maritime Univ.)

*동국산업주식회사(DongKuk Industries)

· 논문 번호 : 20021121-162

· 수정완료일자 : 2002년 12월 31일

을 억제하기 위해 전자파 환경을 엄격히 규제함으로써 전파흡수체의 응용범위도 점차 넓어지고 있다. 따라서 전파압실을 비롯한 TV의 고스트(ghost)방지 대책, 전자렌지(microwave oven), 핵발전소의 제어 장치 등과 같이 일반 가정의 전자 기기에서부터 산업, 군사, 우주, 항공분야 등에 이용되는 각종 전자 기기에 이르기까지 각종 누설전자파에 관한 대책이 활발히 연구되고 있다^{[1],[2]}.

Ferrite는 일반적으로 크게 분류하여 Hexagonal 구조를 가지면서 보자력이 큰 Hard ferrite와 Spinel 구조를 가지면서 보자력이 작은 Soft ferrite로 분류되며, 일반 산업체에서 Hard ferrite는 영구자석으로 사용되는 반면, Soft ferrite는 코어 등에 사용되고 있다. 이 중에서 Ba ferrite 등 일부 Hard 페라이트가 전파흡수체에 이용되고 있으나 현재 Soft ferrite가 주로 전파흡수체로 사용되고 있다. Soft ferrite는 32개의 산소이온과 24개의 2가 전이원소가 Spinel 구조라는 결정형태를 이루고 있다. Spinel 구조는 산소를 매개로 한 2가 전이원소들간의 초교환 상호작용에 의하여 Ferri 자성을 가지는 것으로서, 이와 같은 Ferrite는 2가 전이원소의 종류와 입자의 크기에 따라 결정격자 등의 변화에 의해 Ferrite의 전자기적 특성이 달라지며, 또한 2가 전이원소를 몇 가지의 복합형으로 사용할 경우, 화학조성에 따라서 전자기적 특성이 변하게 된다.

본 논문에서는 휴대폰용 전파흡수체를 개발하기 위한 기초 연구로 벌크형 Mn-Zn ferrite를 분쇄시간을 달리하여 각각의 입자크기를 제어하고 이를 지지체인 CPE와 혼합하여 Sheet형 전파흡수체로 제작한 후 페라이트의 입자크기와 흡수능과의 상관관계를 알아보는데 그 목적이 있다.

II. 전파흡수체의 제작 및 측정

2-1 전파흡수체의 제작

본 연구에서는 $Fe_2O_3 : MnO : ZnO = 67.5 mol\% : 24 mol\% : 8.5 mol\%$ 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 연구실

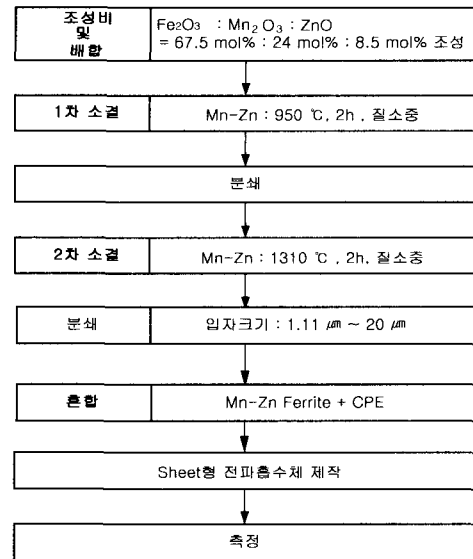


그림 1. 쉬트형 전파흡수체의 제작과정
Fig. 1. Preparation of sheet-type ferrite absorber.

에서 자체 제작한 Roller를 이용하여 두께 1 mm, 2 mm 및 3 mm의 Sheet형의 전파흡수체를 제작하였다. 이때 시편의 제작 온도는 70 ± 2 °C로 일정하게 유지되도록 하였다.

그림 1은 전파흡수체의 제작공정을 나타낸 것으로 원료를 일정하게 조성하여 질소 중 950 °C에서 2시간 동안 1차 소결을 하였고, 1차 소결후 다시 분쇄 및 혼합하여 1310 °C에서 2시간 동안 질소 중에서 2차 소결한 Mn-Zn ferrite를 분쇄기를 이용하여 Milling time을 달리하여 페라이트의 입자크기를 제어하였다.

2-2 측정

본 논문에서는 제작한 Sheet형 전파흡수체의 전자파흡수능을 측정하기 위해 펀치를 이용하여 내경 3.05 mm, 외경 6.95 mm인 토로이드 형상을 갖게 하였다. 그림 2와 3은 반사계수 측정법과 Sample Holder를 나타낸 것이다^[3].

III. 미세구조분석 및 전파흡수능 평가

3-1 분쇄시간에 따른 입자의 크기

표 1은 분쇄시간에 따른 페라이트 입자의 평균크기

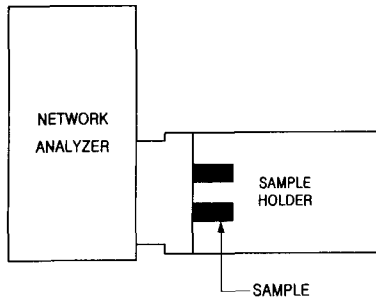


그림 2. 반사계수 측정법
Fig. 2. Measurement method of reflection coefficient.

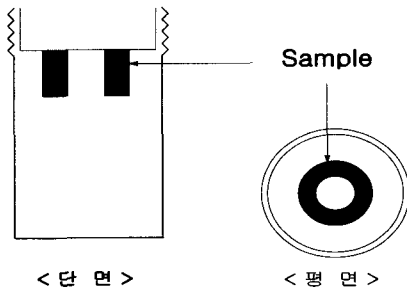


그림 3. Sample Holder
Fig. 3. Sample Holder.

기를 나타낸 것으로 분쇄시간의 증가와 더불어 페라이트 입자의 평균크기가 감소함을 보이고 있다. 그림 4는 표 1의 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 분포되어 있다.

표 1. 분쇄시간에 따른 평균입자의 크기
Table 1. Average size of ferrite particles depending on 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
F	60	1.8
G	120	1.3
H	240	1.1

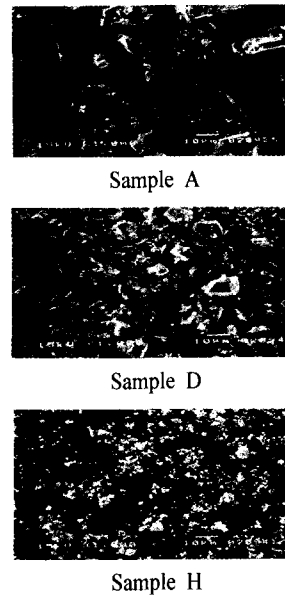


그림 4. 분쇄후 페라이트 분말의 SEM 사진
Fig. 4. SEM of ferrite particles after pulverizing.

그림 5는 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

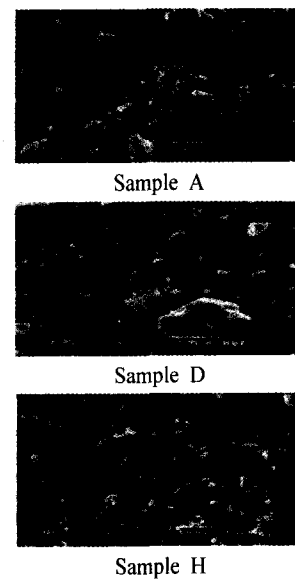


그림 5. Sheet형 전파흡수체의 표면
Fig. 5. SEM of surface in sheet-type electromagnetic wave absorber.

3-2 입자크기에 따른 전파흡수 특성

그림 6은 두께가 3 mm인 시편에 대하여 입자의 크기에 따른 정합주파수의 변화를 나타낸 것으로 입자의 크기가 증가함에 따라 정합주파수가 낮은 주파수 쪽으로 이동함을 나타내고 있다. Sheng-ping^[4] 등은 바륨(Ba) 페라이트 전파흡수체에서 입자크기가 5 μm와 65 nm 일 때 정합주파수가 입자의 크기가 작은 65 nm 일 때보다 높은 주파수 쪽으로 이동함을 보인 바 있으며, 본 실험의 그림 6에서도 같은 경향을 보이고 있다. 이와 같은 사실로부터 동일한 두께를 갖는 전파흡수체에서 입자의 크기를 제어함에 따라 정합주파수를 제어할 수 있음을 알

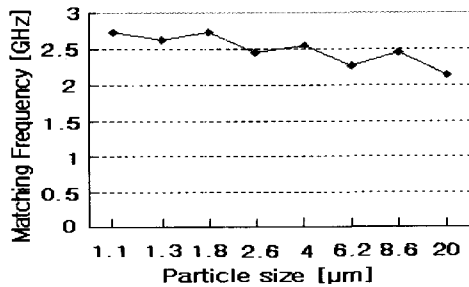


그림 6. 두께 3 mm인 시편에 대한 입자크기의 변화에 따른 정합주파수의 변화

Fig. 6. Variation of matching frequency as a function of the average size of particles in a sheet-type electromagnetic wave absorber with the thickness of 3 mm.

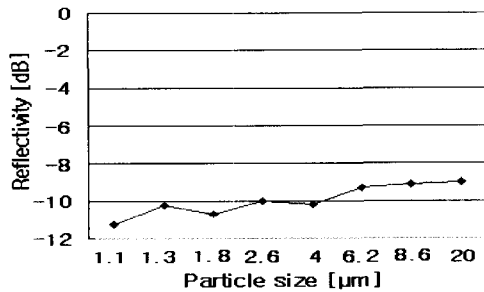
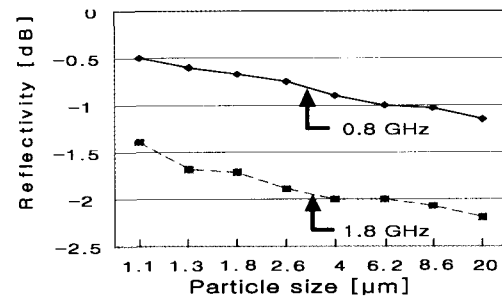


그림 7. 두께 3 mm인 시편에 대한 입자크기의 변화에 따른 정합주파수에서의 전파흡수능

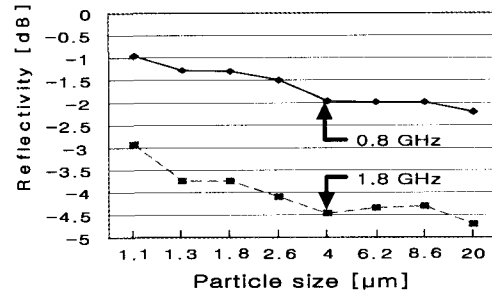
Fig. 7. Variation of absorption ability at matching frequency as a function of the average size of particles in a sheet-type electromagnetic wave absorber with the thickness of 3 mm.

수 있다.

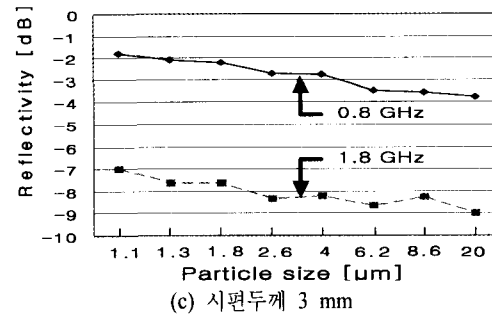
그림 7은 입자크기에 따른 정합주파수에서 전파흡수능의 변화를 나타낸 것으로 입자의 크기가 증가함에 따라 전파흡수능이 감소함을 보이고 있다. 이는 평균입자의 크기가 증가함에 따라 입자의 형상 및 크기가 넓게 분포되고 이로 인해 그림 5에서 보는 바와 같이 기공이 커짐에 따라 입사된 전자파 에너지를 열에너지로 분산시키는 효과가 감소하였기 때문으로 해석할 수 있다.



(a) 시편두께 1 mm



(b) 시편두께 2 mm



(c) 시편두께 3 mm

그림 8. 주파수 0.8 GHz와 1.8 GHz에서 입자크기에 따른 전파흡수능의 변화

Fig. 8. Absorption ability at 0.8 GHz and 1.8 GHz as a function of the average size of particles in a sheet-type electromagnetic wave absorber with the thickness of 1mm, 2 mm, and 3 mm.

그림 8은 이동통신기의 사용 주파수인 0.8 GHz와 1.8 GHz에서 입자크기에 따른 전파흡수능의 변화를 나타낸 것으로 시편의 두께가 각기 다른 1 mm, 2 mm 및 3 mm에서 모두 입자의 크기가 증가함에 따라 전파흡수능이 증가함을 보이고 있다. 이는 그림 6에서 보인 바와 같이 평균입자의 크기가 증가함에 따라 정합주파수가 2.75 GHz에서 2.2 GHz로 이동함에 따라 0.8 GHz와 1.8 GHz에서 더 좋은 전자파 흡수 성능을 보인 것으로 해석할 수 있다. 따라서 Mn-Zn 페라이트를 이용한 휴대폰용 전파흡수체의 개발을 위해서는 입자크기가 큰 원료를 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 휴대폰용 전파흡수체를 개발하기 위한 기초 연구로 대표적인 전파흡수체 재료인 Mn-Zn 페라이트의 입자크기가 흡수능에 미치는 영향을 조사하였다. 입자크기가 증가함에 따라 정합주파수는 낮은

주파수로 이동하고 정합주파수에서의 전파흡수능은 작아진다는 사실을 알았다. 또한 Mn-Zn 페라이트를 원료로 휴대폰용 전파흡수체를 제작하고자 할 때는 입자의 크기가 큰 것이 0.8 GHz와 1.8 GHz에서 보다 큰 전자파흡수능을 나타냄을 알았다.

참 고 문 헌

- [1] 정재우, "Cu-Ni-Zn 페라이트의 미세조직과 전자파흡수 특성", 한국재료학회지, 5(5), 1995년.
- [2] 김동일, "레이다용 고성능 전파흡수체의 개발", 전기통신학술 연구과제 보고서, 1991년 3월 25일.
- [3] 김동일, "전파흡수능 측정기법 연구", 국방과학연구소 기술 보고서, 1991년 3월.
- [4] S. Ruan, B. Xu, H. Suo, F. Wu, S. Xiang and M. Zhau, "Microwave absorptive behavior of ZnCo-substituted W-type Ba hexaferrite nanocrystalline composite material", *J. of MMM*, 212, pp. 175-177, 2000.

송 재 만



1985년 2월: 송실대학교 물리학과 (이학사)
 1987년 2월: 송실대학교 물리학과 (이학석사)
 1995년 8월: 송실대학교 물리학과 (이학박사)
 1990년 2월~1995년 8월: 송실대

학교 물리학과 강사
 1996년 3월~1997년 2월: 일본 나가사키대학 객원연구원
 1997년 2월~1997년 8월: 송실대학교 물리학과 강사
 1997년 10월~1998년 3월: (주)이수세라믹 생산기술연구소 선임연구원
 1998년 4월~2000년 3월: 일본 나가사키대학 객원교수
 2000년 9월~현재: 한국해양대학교 전임연구교수
 [주 관심분야] 전파흡수체 개발, 소프트 페라이트, 자성박막개발, Nanocomposite 자석 개발

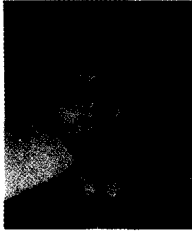
김 동 일



1975년 2월: 한국해양대학교 항해학과 (공학사)
 1977년 2월: 한국해양대학교 대학원 전파공학전공 (공학석사)
 1984년 3월: 일본 동경공업대학원 전기 전자공학과 (공학박사)
 1975년 3월~1993년 9월: 한국 해

양대학교 조교~부교수
 1990년 3월 10일: 산학협동상 대상 수상
 1993년 12월 11일: 한국전자파학회 학술상 수상
 1995년 4월 21일: 과학기술진흥 대통령 표창 수상
 1998년 9월 30일: 한국항해학회 우수논문상 수상
 1993년 10월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 교수
 2002년 1월~현재: 한국전자파학회 학회장
 [주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 회로의 설계, CATV 전송회로의 설계, 고성능 전파흡수체의 개발, EMI / EMC 대책 등

김 수 정



1999년 2월: 동의대학교 전자통신 공학과 (공학사)
 2000년 3월~현재: 한국해양대학교 대학원 전파공학과 석사과정
 [주 관심분야] 고성능 전파흡수체 개발, EMI / EMC 분석 및 대책

옥 승 민



2002년 2월: 군산대학교 전자공학과 (공학사)
 2002년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
 [주 관심분야] EMI / EMC 분석 및 대책, 고성능 전파흡수체의 개발

김 보 영



2002년 2월: 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학사)
 2002년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
 [주 관심분야] EMI / EMC 분석 및 대책, 방향성결합기의 최적설계에 관한 연구

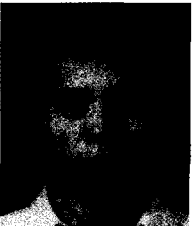
박 우 근



개발

1999년 8월: 동의대학교 산업기술 대학원 전기전자공학과 (공학사)
 2001년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학 박사과정
 현재: KBS 창원방송총국 기술국 부장
 [주 관심분야] 고성능 전파흡수체

이 영 구



근무

1984년 2월: 한남대학교 물리학과 (이학사)
 1986년 8월: 숭실대학 물리학과 (이학석사)
 2002년 3월: 경상대학교 전기전자 공학과 (공학박사)
 현재: 동국산업(주) 신소재사업부

[주 관심분야] 마이크로웨이브용 자성재료 및 수동소자, 페라이트 전파흡수체 설계 및 제작

윤 현 진



1990년 2월: 동아대학교 물리학과 (이학사)
 1994년 2월: 동아대학원 신소재물리학과 (이학석사)
 1999년 8월: 동아대학원 신소재물리학과 (이학박사)
 1994년 3월~2000년 8월: 동아대학교 기초과학지원 연구원 특별연구원, 물리학과 시간강사
 1998년 3월~2000년 8월: 동의대학교, 부산정보대학교 시간강사
 2000년 9월~2001년 2월: 한국기초과학지원연구원 인턴 연구원
 2001년 3월~현재: 한국해양대학교 연구전임교수
 [주 관심분야] 고성능 전파흡수체의 개발, 신소재개발

김 기 만



1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1990년 8월: 연세대학교 신호처리 전공 (공학석사)
 1995년 2월: 연세대학교 신호처리 전공 (공학박사)
 1995년 3월~1996년 8월: 연세대학교 의용공학교실 FELLOW
 1995년 8월~2001년 8월: 신호처리연구센터 DSP 단기강좌 강사
 1996년 9월~현재: 한국해양대학교 조교수
 [주 관심분야] 디지털신호처리

예 병 덕



1983년 2월: 한국해양대학 항해학과 (공학사)
 1985년 2월: 한국해양대학 대학원 항해학과 (공학석사)
 1996년 3월: 일본 鳥取大學 대학원 전기전자공학과 (공학석사)
 1999년 3월: 일본 鳥取大學 대학원 전기전자공학과 (공학박사)
 1991년 4월~현재: 한국해양대학교 해사대학 부교수
 [주 관심분야] 반도체 박막 센서, 신호처리, 광섬유 센서, 광통신