

복합형 전파흡수체에 있어 시편제작 온도에 따른 전파흡수 특성

송재만* · 김동일** · 김수정** · 옥승민** · 문상현** · 신승재**
한국해양대학교 산업기술연구소*, 한국해양대학교 전파공학과**

Microwave Absorption Properties in Composite Microwave Absorber by Control of Preparing Temperature

Jae-Man Song* · Dong Il Kim** · Su-Jung Kim** · Seung-Min Ok** ·
Sang-Hyun Moon** · Seung-Jae Shin**

*Research Institute of Industrial Technology Korea Maritime Univ.

**Dept. of Radio Sciences & Eng., Korea Maritime Univ.

요약 : 우수한 휴대용용 전파흡수체를 개발하기 위해 실리콘을 지지체로 한 Mn-Zn 페라이트를 개발하여 전파흡수능을 조사하였다. 본 연구에서는 시편의 제작온도가 전파흡수능에 미치는 영향을 연구하였으며 온도가 증가함에 따라 $\tan \delta > 1$ 을 나타내는 주파수가 저주파로 이동하는 경향을 나타내었고 이로 인해 70 ℃에서 제작한 1 mm 두께의 전파흡수체가 휴대전화의 중심사용 주파수인 1.8 GHz 부근에서 3.4 dB인 우수한 흡수능을 나타내었다.

핵심 단어 : 휴대전화, 전파흡수체, 실리콘, Mn-Zn 페라이트, 시편제작 온도

Abstract Mn-Zn ferrite microwave absorbers mixed with silicon for mobile phone were prepared and the effect of preparation temperature of specimens on absorption ability was studied. A sample with the thickness of 1 mm prepared at 70 ℃ showed excellent absorption ability of 3.4 dB at 1.8 GHz which is a frequency band for mobile phone. A loss factor of $\tan \delta > 1$ is shifted toward lower frequency as increasing preparation temperature of specimens.

Key Words : Mobile phone, Microwave absorber, Silicon, Mn-Zn ferrite, Preparation temperature

1. 서론

정보화 시대라고 불리는 오늘날 편리함과 많은 정보를 공유하고자 하는 현대인의 욕구가 날로 증가하고있다. 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 같이 과학의 발달은

인류에게 많은 문명의 이기를 주고 있지만 동시에 전파환경 악화문제라고 하는 새로운 과제를 제시하고 있다. 예를 들어 TV의 고스트(Ghost)문제에 의한 수신장애, 전자렌지로부터 방사하는 인체에 유해한 전자파 문제, 그리고 최첨단 전자기기 등에서 발생하는 전자파 장애로 인한 기기 상호간의 오동작 문제 등은 최근 사회적으로 중요한 관심사로 대두되어 이를 해결하고자 하는 노력이 활발히 이루어지고 있으며 일부에서는 많은 성과를 이루고 있다. 이와 같은 성과에도 불구하고 휴대전화에서 발생하는 유해 전자파에 대한 우려가 잇따라 발표되면서 이를 해결하고자 하는 연구가 지속적으로 이루어지고 있다(최, 1996, 上野, 1998, Katsuka, 1997, Kim, 2001, Bae, 2001). 현재 휴대전화 산업은 우리경제의 한 축을 이루고 있을 정도로 그 규모가 성장하였으며 또한 우리나라의 휴대전화 이용자 수는 전체 인구의 과 반이 넘는 것으로 조사되고

* songjm97@hanara.kmaritime.ac.kr, 051) 410-4785

** 중신회원 dikim@kmaritime.ac.kr, 051) 410-4314

** kim_hunk2@hotmail.com, 051) 410-4932

** osmhero@hanmail.net, 051) 410-4932

** msh4984@hotmail.com, 051) 410-4932

** subscriber@orgio.net, 051) 410-4932

있고 특히 청소년층도 폭넓게 이용하고 있는 것으로 발표되고 있다. 따라서 휴대전화에서 발생하는 유해전자파에 대한 대책은 휴대전화 산업이 우리 경제에서 차지하는 비중과 국민건강을 고려할 때 매우 절실하다고 생각된다. 뿐만 아니라 이와 같은 전파흡수체의 기술개발은 통신수단이 매우 중요한 선박의 안전성확보에도 크게 기여하리라 생각된다.

현재 이와 같은 대책을 위한 주된 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 특성 변화도 함께 연구되지 않으면 안될 중요한 연구분야이지만 아직 이와 같은 연구는 활발히 이루어지고 있다고 보기에는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 복합형 전파흡수체를 제작하는데 있어 시편의 제작온도가 전파흡수능에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

2. 전파흡수체의 제작 및 측정

2.1 전파흡수체의 제작

본 연구에서는 $Fe_2O_3 : MnO : ZnO = 67.5 \text{ mol\%} : 24 \text{ mol\%} : 8.5 \text{ mol\%}$ 의 조성비를 갖는 Mn-Zn ferrite를 지지재인 실리콘과 87 : 13 Wt%의 혼합비로 혼합하여 본 연구실에서 자체 제작한 Roller를 이용하여 두께 1 mm의 Sheet형 전파흡수체를 제작하였다. 시편을 제작하는데 있어 온도 이외에 다른 조건은 가능한 한 모두 같게 하였으며 제작온도는 본 실험실의 제작 조건을 고려하여 10 °C, 30 °C, 50 °C, 그리고 70 °C로 하였다.

Table. 1은 전파흡수체의 제작공정을 나타낸 것으로 원료를 일정하게 조성하여 질소 중 950 °C에서 2시간 동안 1차 소결을 하였고, 1차 소결 후 다시 분쇄 및 혼합하여 1310 °C에서 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 복합형 전파흡수체를 펀치를 이용하여 내경 3.05 mm, 외경 6.95 mm, 두께 1 mm의 형상을 갖게 하였다. Fig. 1과 2는 본 실험에서 반사계수 및 복소투자율 측정을 위해 사용한 Network analyzer와 Sample holder를 나타낸 것이다.

Table 1 Fabrication of Microwave absorber

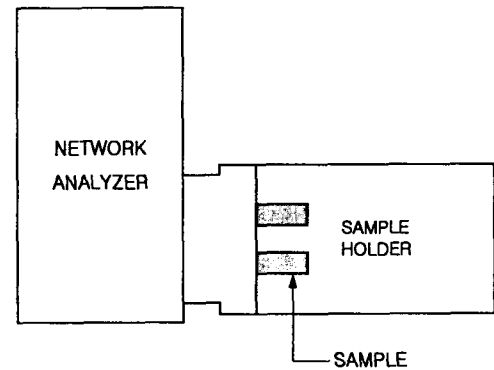
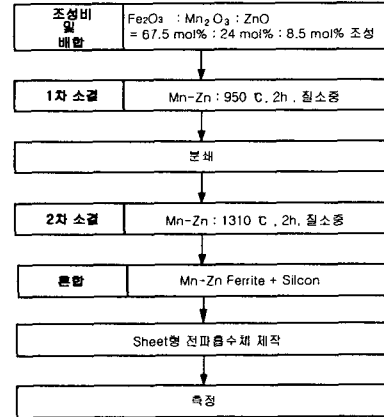


Fig. 1 Reflection coefficient measurement system

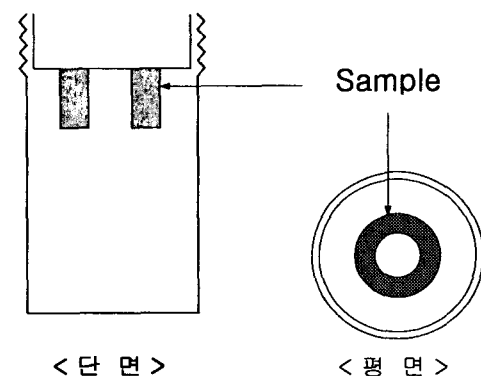


Fig. 2 Sample Holder

3. 미세구조분석 및 전파흡수능 평가

3.1 미세구조 관찰

Fig. 3은 시편의 표면을 전자현미경(SEM)을 통하여 관찰한 사진으로 시편 제작온도에 관계없이 대부분의 입자들이 20 μm 이하의 크기를 갖고 균일하게 혼합되어 있음을 보이고 있다.

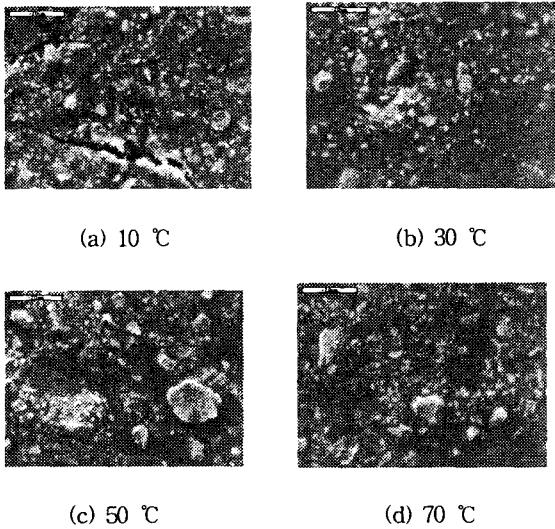
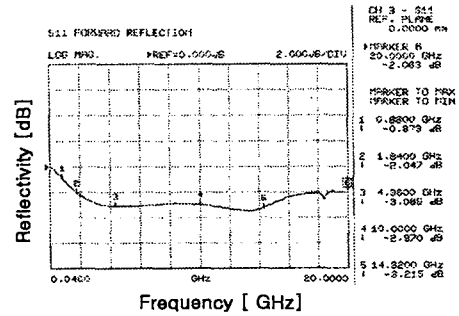


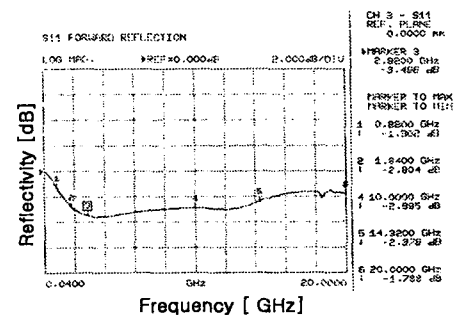
Fig. 3. Surface of specimens prepared at (a) 10 °C, (b) 30 °C, (c) 50 °C, and 70 °C, respectively.

3.2 전파흡수능 평가

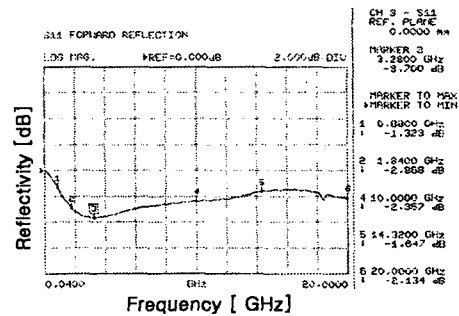
Fig. 4는 시편의 제작온도를 각기 10 °C, 30 °C, 50 °C, 그리고 70 °C로 달리하였을 때의 전파흡수능을 나타낸 것으로 휴대전화의 중심사용 주파수인 1.8 GHz에서의 흡수능은 온도가 증가함에 따라 각각 2.0 dB, 2.8 dB, 3.0 dB, 그리고 3.4 dB로 증가함을 보이고 있다. 이에 대한 원인을 규명하고자 자성재료의 손실에 영향을 크게 미치는 것으로 보고되고 있는 투자율을 조사하였으며(橋本, 1997) 이를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5는 시편의 제작온도가 각각 10 °C, 30 °C, 50 °C, 그리고 70 °C일 때 주파수를 함수로 하는 투자율을 나타낸 것으로 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, 1990)을 잘 만족하고 있음을 알 수 있다.



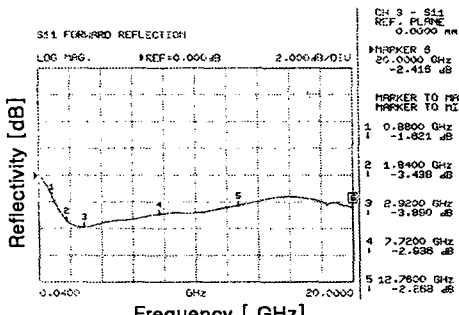
(a) 10 °C



(b) 30 °C



(c) 50 °C

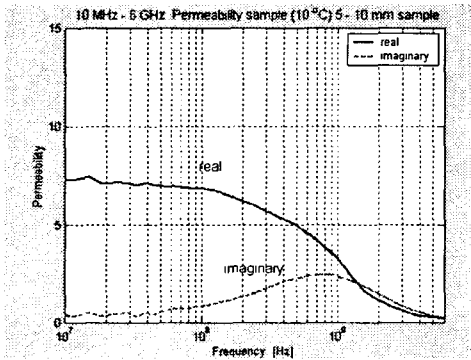


(d) 70 °C

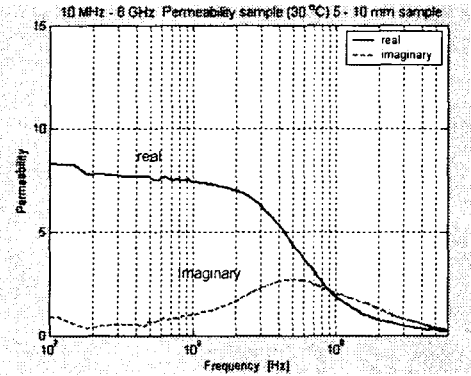
Fig. 4. Reflectivity as a function of frequency for a specimen prepared at 10 °C, 30 °C, 50 °C, and 70 °C.

페라이트를 자성손실재료로 한 전파흡수체의 흡수능은 자기 손실 $\tan \delta = (\mu'' / \mu')$ 매우 밀접한 관계가 있으며 $\tan \delta > 1$ 일 때 흡수능을 나타낸다(Hashimoto, 1983). Fig. 5의 (a), (b), (c), 그리고 (d)에서 $\tan \delta > 1$ 를 나타내는 주파수는 각각 1.5 GHz, 800 MHz, 750 MHz, 400 MHz로 시편의 제작온도가 증가함에 따라 저주파로 이동함을 보이고 있다. 또한 Fig. 6은 Fig. 4에 나타낸 점 1($f=0.8$ GHz)과 점 2($f=1.8$ GHz)를 직선으로 연결한 기울기를 나타낸 것으로 시편의 제작온도가 증가함에 따라 기울기가 증가함을 보이고 있다, 따라서 Fig. 4에서 나타낸 시편의 제작온도가 증가함에 따라 1.8 GHz 부근에서 흡수능이 증가하는 현상은 시편의 제작온도가 증가함에 따라 $\tan \delta > 1$ 를 나타내는 주파수가 변화하기 때문이라고 생각된다.

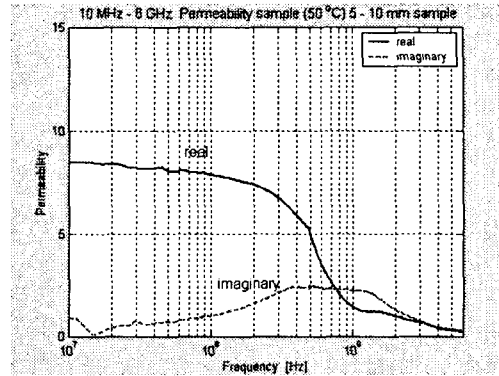
Fig. 7은 시편의 제작온도에 따른 전파흡수능을 휴대전화의 중심사용 주파수인 1.8 GHz에서 나타낸 것으로 70 °C에서 제작한 시편의 경우 1.8 GHz에서 3.4 dB인 매우 우수한 전파흡수능을 나타내고 있으며 이는 지금까지 발표된 특성 중 가장 우수한 특성으로 휴대폰에서의 실질적인 응용이 기대된다.



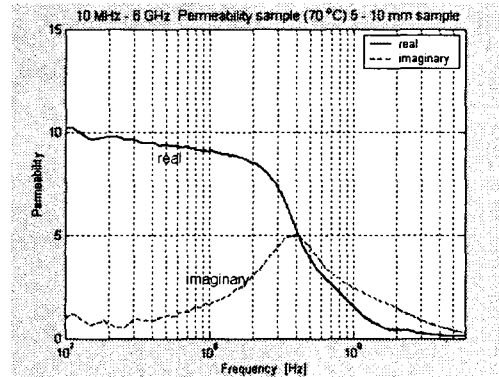
(a) 10 °C



(b) 30 °C



(c) 50 °C



(d) 70 °C

Fig. 5 Permeability as a function of frequency for a specimen prepared at 10 °C, 30 °C, 50 °C, and 70 °C.

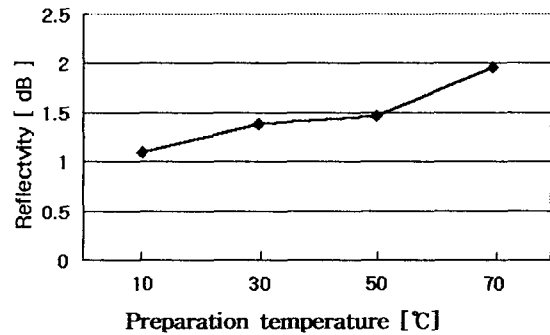


Fig. 6 Gradient of a line between a point of 1 at 0.8 GHz and a point of 2 at 1.8 GHz showed at fig. 4.

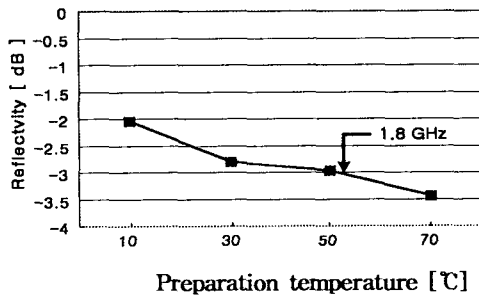


Fig. 7 Reflectivity measured at 1.8 GHz as a function of preparation temperature.

4. 결론

본 연구는 우수한 전파흡수특성을 갖는 휴대전화용 전파 흡수체를 개발하는데 있어 시편의 제작온도가 흡수능에 미치는 영향을 조사한 것으로, 시편의 제작온도가 증가함에 따라 페라이트의 자성손실과 관계 있는 $\tan \delta > 1$ 을 나타내는 주파수가 저주파쪽으로 이동하고 이로 인해 휴대전화의 중심사용 주파수인 1.8 GHz에서 시편의 제작온도가 증가함에 따라 흡수능이 증가하는 모습을 나타내었다. 이와 같은 연구결과를 기초로 본 연구에서는 두께 1 mm로 1.8 GHz에서 3.4 dB의 매우 우수한 전파흡수능을 나타내는 전파흡수체를 개발하였으며 이는 휴대전화에 실질적인 응용이 기대된다. 따라서 복합형 전파흡수체를 개발하는데 있어 흡수체의 제작온도가 매우 중요함을 알 수 있다.

후 기

「본 연구는 한국학술진흥재단(KRF-2001-005-E00015), 2002년도 Brain Busan 21사업의 지원으로 수행되었음.」

참고문헌

[1] 최형도, 김왕섭, 전인수, 문탁진(1996), “복합재료를 이용한 1.9 GHz용 전자파흡수체 설계(I)”, Polymer(Korea), Vol. 20, No. 4, pp. 658-663.

[2] 上野秀典, 近藤隆俊, 吉門進三(1998), “複合電波吸收材料の開発と評價”, 日本應用磁氣學會誌, Vol. 22, No. 4-2, pp. 881-884

[3] 橋本修(1997), “電波吸收体入門”, 森北出版社, p. 13
Y. Kotsuka(1997), “Ferrite 電波吸收体”, 日本應用磁氣學會誌, Vol. 21, No. 10, pp. 1159-1166

[4] A. Goldman(1990) “Modern ferrite technology”, Van

Nostrand Reinhold, p. 75

[5] Dong Il Kim, Jae-Young Bae, June-Young Son, Young-Soo Won, and Jae-Man Song(2001), “A Study on Fabrication and Evaluation of Ferrite Electromagnetic Wave Absorber”, Journal of the Korean Electromagnetic Engineering Society, Vol. 1, No. 1, pp. 95-99.

[6] Doae-Hwan Bae, Dong Il Kim, and Jae-Man Song(2001), “Development of Improved EMC Filter for EFT in Power Supply”, Journal of the Korean Electromagnetic Engineering Society, Vol. 1, No. 1, pp. 100-104.

[7] Y. Hashimoto(1983), “The application of ferrite as an absorber”, Jap. J. Appl. Phys., Vol. 6, No. 3, pp. 175-177.