

GHz 대역용 복합형 Sr 페라이트 전파 흡수체의 개발

김동일* · 문상현* · 신승재* · 송재만** · 김기만*

*한국해양대학교 전파공학과, **한국해양대학교 산업기술연구소

Development of Composite Sr Ferrite EM Wave Absorbers for GHz Frequency

Dong Il Kim* · Sang Hyun Moon* · Sung Jae Shin* · Jae Man Song** · Ki Man Kim*

*Dept. of Radio Science, National Korea Maritime University

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

요 약 : 폐 처리된 스트론튬(Sr) 페라이트를 사용하여 GHz 대역용 전파흡수체를 개발하였다. 도전손실제인 카본의 첨가에 따른 전파흡수능의 변화와 시편 제작시 제작온도 변화에 따른 전파흡수능의 변화를 조사하였다. 이와 같은 실험을 실시하여 스트론튬(Sr) 페라이트 : 실리콘(silicone) 고무 : 카본(carbon) = 80 : 13.6 : 6.4 wt%인 시편을 70°C에서 제작하여 두께 2 mm인 시편에 대하여 9.4 GHz에서 -24 dB, 두께 3 mm인 시편에 대하여 5.5 GHz에서 -23 dB인 우수한 전파흡수체를 개발하였다.

핵심용어 : 스트론튬(Sr) 페라이트, 전파흡수체, 카본(carbon), 시편제작온도, 재활용 페라이트

Abstract : We prepared EM wave absorbers by using recycled Sr ferrite for GHz frequency, and investigated the effects of carbon additions and preparation temperatures on their EM wave absorption properties. A Sr ferrite EM wave absorber with the ratio of Sr ferrite : silicon rubber : carbon = 80 : 13.6 : 6.4 wt% prepared at 70°C showed -24 dB at 9.4 GHz and -23 dB at 5.5 GHz for 2 mm and 3 mm thickness, respectively.

Key words : Sr ferrite, EM wave absorber, Carbon, Preparation temperature, Recycled ferrite

1. 서 론

전기·전자기기의 고주파화, 소형화, 디지털화, 컴팩트화에 따른 전자파 장애 문제가 사회적 관심사로 등장하면서 이를 해결하고자 하는 노력이 많은 연구자들에 의해 이루어지고 있다. 전자파 장애 문제를 해결하기 위해서는 외부에서 들어오는 불필요한 전자파를 흡수하여 열로 변환하는 전파 흡수체의 개발이 매우 유효하다.

이러한 전파 흡수체는 주파수 의존 특성이 매우 커서 사용하고자 하는 주파수 대역에서 자기적, 전기적, 그리고 유전손실이 큰 재료를 이용하거나 이들을 혼합하여 최대의 손실특성을 나타내는 재료를 만드는 기술 개발이 필요하다.

이와 같은 연구개발은 전기적 손실이나 유전적 손실에 비해 자성손실이 크기 때문에 주로 자성재료를 기초로 하여 이루어지고 있다. (Kim et al., 2002 ; Kim et al., 2001 ; Kim et al., 2003 ; Choi et al., 2003). 자성재료 중에서도 지금까지는 스피넬형인 망간징크(Mn-Zn) 페라이트와 니켈징크(Ni-Zn) 페라이트가 MHz 대역을 커버하는 주요 자성 손실재료 연구의 대상이 되어 왔다. 그러나 GHz 대역에서 스피넬형 페라이트는 자기적 손실의 급격한 감소로 인해 우수한 전파흡수체로서의 기능을 나타내지 못한다. 그러나 바륨(Ba) 페라이트나 스트론튬(Sr) 페라이트와 같은 하드(Hard) 페라이트는 자연공명 주파수에서 자기적 손실이 증가하며 이러한 성질을 이용하여 최근 Satoshi et al., (1998)은 바륨(Ba) 페라이트를 GHz 대역에서 유효한 전파흡수체로서 개발을 위해 연구하였다. 그 후 매우 최근에 Verma, A. et al., (2002)은 최초로 스트론튬(Sr) 페라이트를 기초로 하여 GHz 대역에서 전파흡수 기능을 갖게 하기 위해 스트론튬(Sr) 페라이트에 코발트(Co)와 티타늄(Ti)을 첨가하여 두께 3 mm의 전파흡수체를 개발하여 11.5 GHz에서 $SrCo_{0.3}Ti_{0.3}Fe_{11.4}O_{19}$ 일 때 최대 -36.5 dB의 특성을 나타냄을 보고하였다.

전자기기의 급격한 고주파화 추세를 감안하면 이와 같은 GHz 대역용 전파흡수체의 개발에 관한 연구는 매우 중요하다. 그러나 아직까지는 스트론튬(Sr) 페라이트나 바륨(Br) 페라이트

전자기기의 급격한 고주파화 추세를 감안하면 이와 같은 GHz 대역용 전파흡수체의 개발에 관한 연구는 매우 중요하다. 그러나 아직까지는 스트론튬(Sr) 페라이트나 바륨(Br) 페라이트

* 대표저자 : 김동일(총신회원), dikim@kmaritime.ac.kr 051)410-4314
* msh4984@hotmail.com 051)410-4932
* citadal@hotmail.com 051)410-4932
* kimkim@mail.hhu.ac.kr 051)410-4423
** songjm97@hanara.kmaritime.ac.kr 051)410-4785

트에 코발트(Co)와 티타늄(Ti)과 같은 첨가제를 첨가하여 조절하고 이때 자기이방성의 변화에 따른 전파흡수능의 개선을 꾀하는 연구에 치우쳐 있어 보다 다양한 각도에서의 연구개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 환경 개선을 고려하여 폐 처리된 스트론튬(Sr) 페라이트를 이용하여 복합형 전파흡수체를 제작하였다. 이때 바인더와 혼합 할 때 도전 손실제인 카본(Carbon)을 첨가하여 전파흡수능의 개선을 꾀하였으며 시편의 제작온도에 따른 전파흡수체의 전파흡수능도 함께 연구하였다. 본 연구는 환경적인 측면을 고려하여 폐 처리된 스트론튬(Sr) 페라이트를 이용하여 우수한 GHz 대역용 전파흡수체를 개발하였는데 그 의의가 크다 하겠다.

2. 시편제작 및 측정

본 연구에서는 $Fe_2O_3 : Sr_2CO_3 = 82.1 : 17.9$ wt%의 조성비를 갖는 스트론튬(Sr) 페라이트를 진동 밀(Vibration mill)을 이용하여 분쇄한 후 지지체인 실리콘 고무와 혼합하여 오픈롤러(Open roller)를 이용하여 쉬트(Sheet)형 전파흡수체를 제작하였다. 이때 도전손실을 이용하여 전파 흡수능을 개선하기 위해 카본(Carbon)을 적정량 첨가하였다. 또한 시편을 제작하는데 있어 시편제작 온도변화에 따른 전파 흡수능을 조사하기 위해 30 °C, 50 °C, 70 °C로 오픈롤러(Open roller)의 표면온도를 제어하면서 시편을 제작하였다.

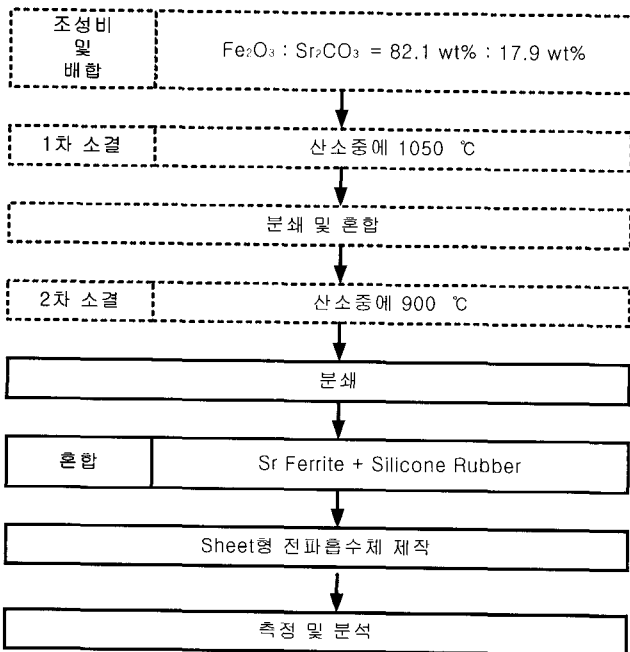


Fig. 1 Manufacturing Process of Sr ferrite EM wave absorbers.

Fig. 1에는 시편의 제작 공정을 나타내었다. 이렇게 제작한 전파 흡수체는 Fig. 2에 나타낸 측정 시스템을 이용하여 측정하였다. 제작한 쉬트(Sheet)형 전파 흡수체의 전파 흡수능을 측정

하기 위해 편치를 이용하여 내경 3.05 mm, 외경 6.95 mm, 두께 1 mm, 2 mm, 3 mm의 형상을 갖게 하였다. Fig. 2와 3은 반사 계수 측정을 위해 사용한 네트워크 어날라이저(Network analyzer)와 샘플홀더(Sample holder)를 나타낸 것이다.

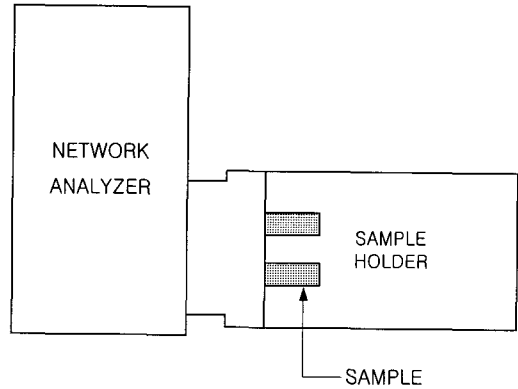


Fig. 2 Reflection coefficient measurement system.

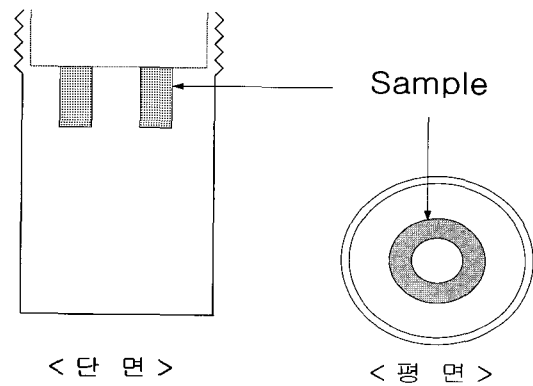


Fig. 3 Sample holder.

3. 결과 및 고찰

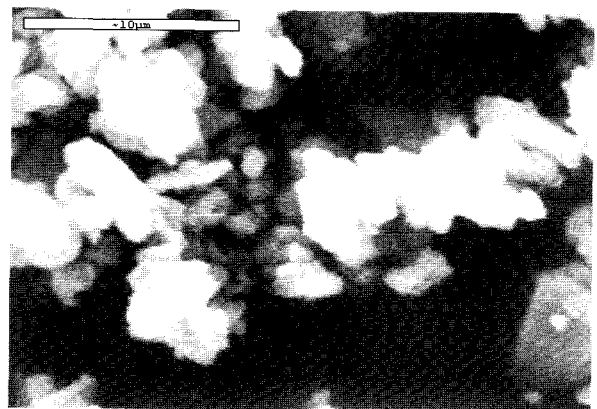
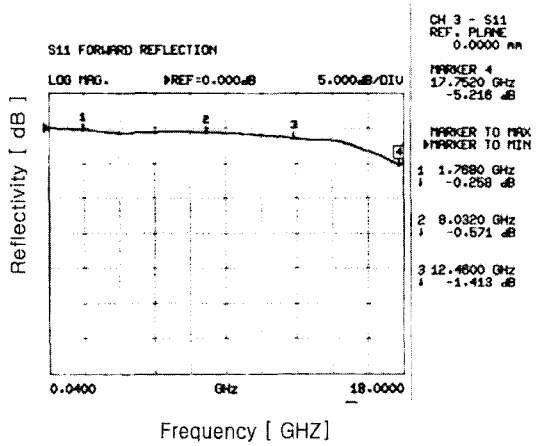
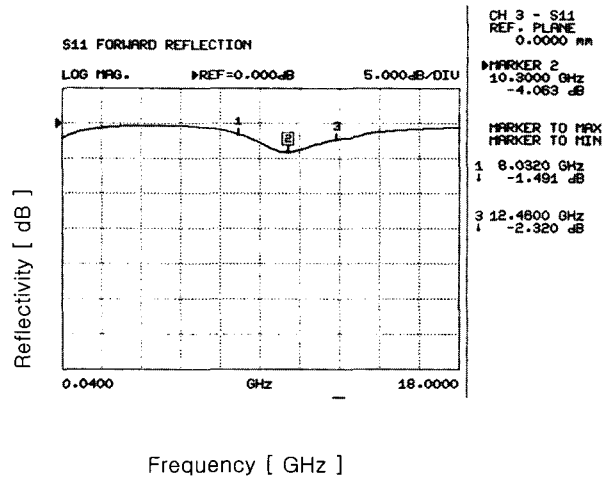


Fig. 4 SEM micrograph of Sr ferrite after pulverization.

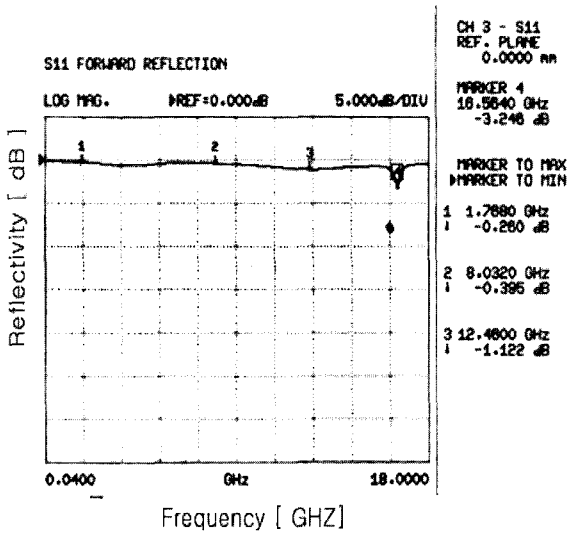
Fig. 4는 소결형 스트론튬(Sr) 페라이트를 분쇄한 후 입자들의 형상을 관찰하기 위해 SEM 사진을 살펴본 것으로 침상의 스트론튬(Sr)과 구상의 철(Fe)이 혼합되어 있음을 보이고 있다.



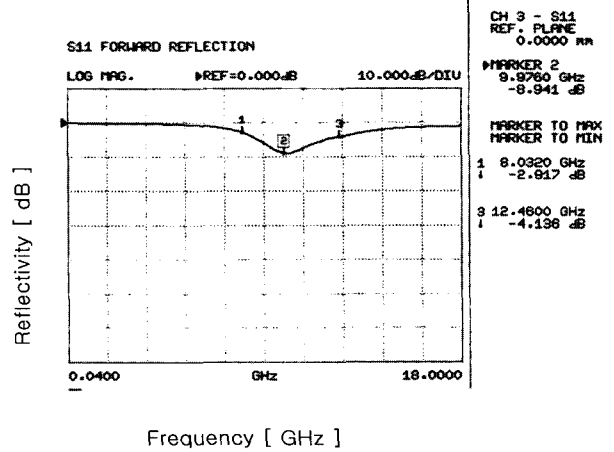
(a) $t = 1$ mm



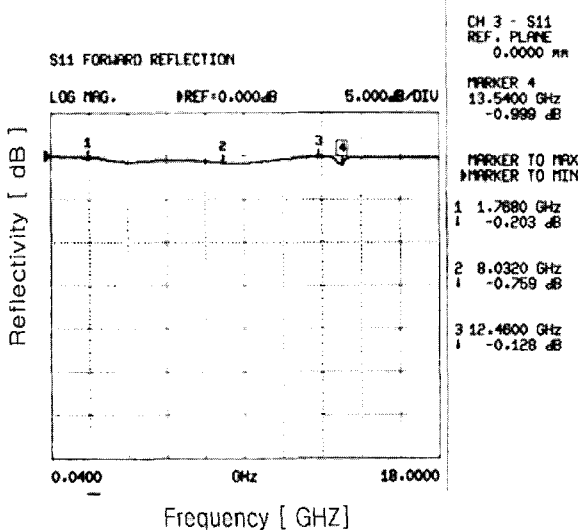
(a) Sr ferrite : Silicone rubber : carbon = 80 : 16.8 : 3.2 wt%



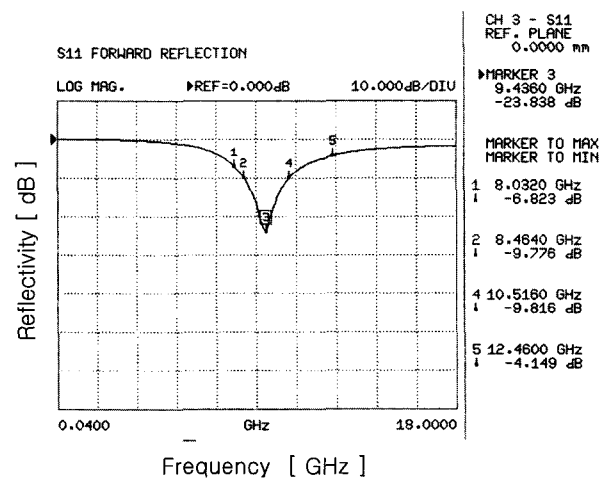
(b) $t = 2$ mm



(b) Sr ferrite : Silicone rubber : carbon = 80 : 15.2 : 4.8 wt%



(c) $t = 3$ mm

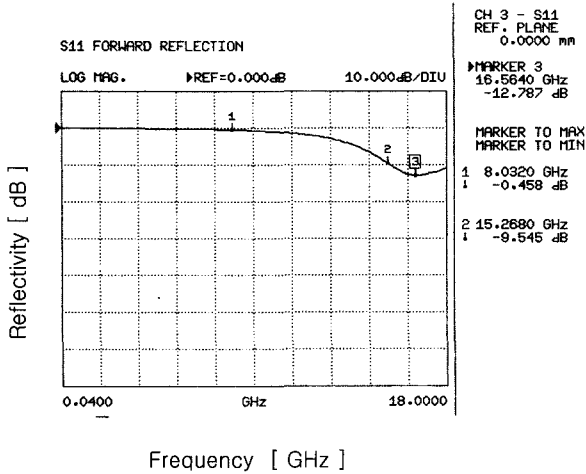


(c) Sr ferrite : Silicone rubber : Carbon = 80 : 13.6 : 6.4 wt%

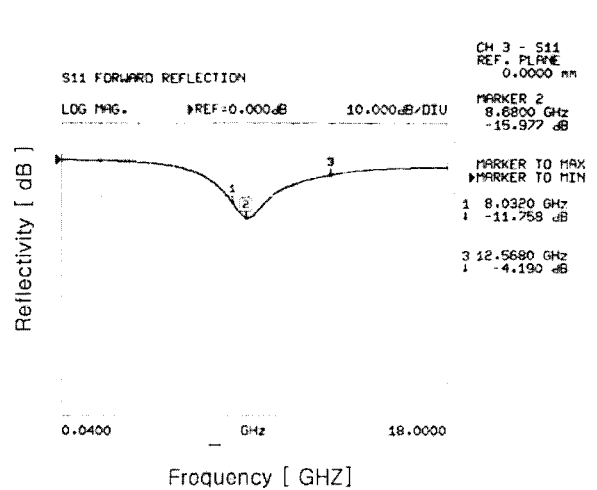
Fig. 5 Reflectivity of samples with the ratio of Sr ferrite : Silicone rubber = 80 : 20 wt% for (a) $t=1$ mm, (b) $t=2$ mm, and (c) $t=3$ mm.

Fig. 6 Reflectivity as a function of frequency for samples with a thickness of 2 mm, which have different carbon amounts of (a) 3.2 wt% (b) 4.8 wt% and (c) 6.4 wt%.

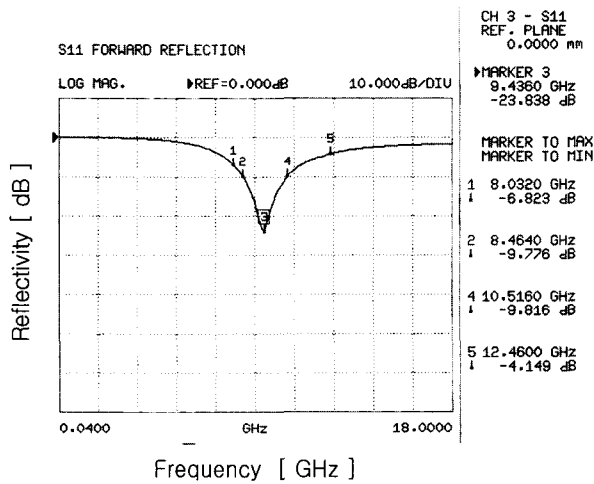
GHz 대역용 복합형 Sr 페라이트 전파 흡수체의 개발



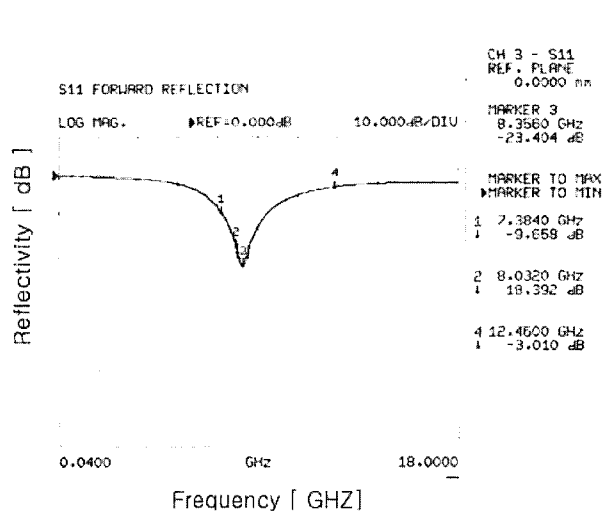
(a) 시편두께 1 mm



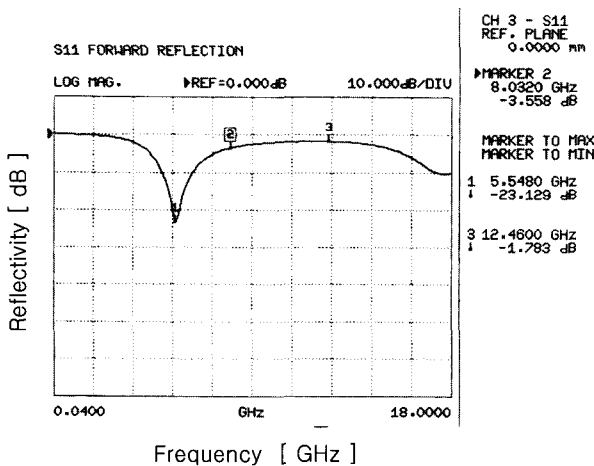
(a) 30 °C



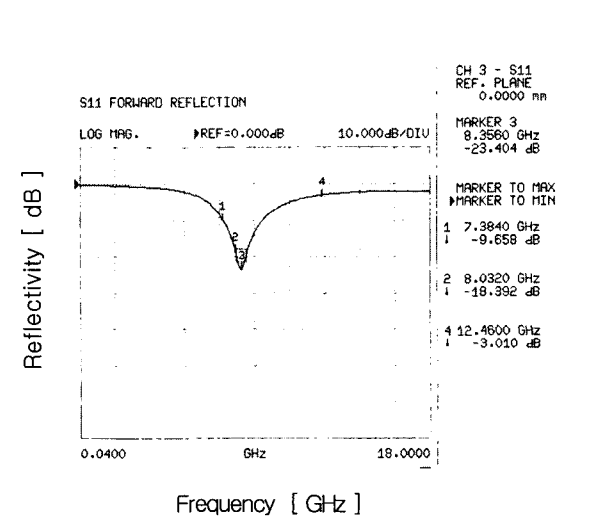
(b) 시편두께 2 mm



(b) 50 °C



(c) 시편두께 3 mm



(c) 70 °C

Fig. 7 Reflectivity as a function of frequency for samples with composition of Sr ferrite : Silicon rubber : Carbon = 80 : 12.8 : 7.2 wt% which have different thickness of (a) 1 mm (b) 2 mm and (c) 3 mm, respectively.

Fig. 8 Reflectivity as a function of frequency for samples with the thickness of 2 mm which are prepared at different temperatures of (a) 30 °C, (b) 50 °C, and (c) 70 °C.

Fig. 5는 스트론튬(Sr) 페라이트와 실리콘 고무의 혼합비율 80 : 20 wt%로 하여 혼합한 후 전파 흡수능을 시편의 두께 변화에 따라 조사한 것으로 시편의 두께가 1 mm 일 때 20 GHz 이상의 고주파에서 흡수능을 나타내며 2 mm와 3 mm인 시편에 대해서는 조사한 주파수 범위에서 전파 흡수능을 나타내지 않고 있다.

Fig. 6은 스트론튬(Sr) 페라이트의 전파흡수능에 카본(Carbon)이 미치는 영향을 조사한 것으로 카본(Carbon)의 첨가량이 증가함에 따라 9.4 GHz를 중심으로 전파 흡수능이 급격히 증가하여 Sr ferrite : Silicone rubber : Carbon = 80 : 13.6 : 6.4 wt%일 때 9.4 GHz에서 23.8 dB의 흡수능을 나타내고 있다. 카본(Carbon)은 도전 손실이 우수한 재료로 알려져 있는바 스트론튬(Sr) 페라이트의 자성 손실과 카본(Carbon)의 도전 손실이 함께 작용하여 위와 같은 우수한 전파 흡수능을 나타내는 것으로 해석할 수 있다.

Fig. 7은 Sr ferrite : Silicone rubber : Carbon = 80 : 13.6 : 6.4 wt% 일 때 각각의 시편 두께에 따른 전파 흡수능을 나타낸 것으로 시편의 두께가 2 mm 일 때 9.4 GHz에서 23.8 dB, 두께가 3 mm인 시편은 5.5 GHz에서 23.1 dB인 우수한 전파 흡수능을 나타냄을 보이고 있다.

Fig. 8은 Sr ferrite : Silicone rubber : Carbon = 80 : 13.6 : 6.4 wt%의 조성비를 갖는 2 mm 두께의 시편에 대해 시편의 제작온도 변화에 따른 전파 흡수능을 나타낸 것으로 시편의 제작온도가 증가함에 따라 전파 흡수능이 향상됨을 보이고 있다. 이는 쉬트(Sheet)형 전파 흡수체를 제작함에 있어 시편의 제작온도가 전파 흡수능에 미치는 영향을 나타낸 것으로 우수한 전파 흡수능을 나타내는 전파 흡수체를 개발하기 위해서는 반드시 전파 흡수체의 제작온도가 고려되어야 함을 나타낸다.

4. 결 론

본 연구에서는 GHz 대역용 전파 흡수체를 개발하는데 있어 이제까지 전파 흡수체의 자성재료로 이용되어 오던 망간징크(Mn Zn) 페라이트나 니켈징크(Ni Zn) 페라이트와 같은 소프트 페라이트 재료를 벗어나 자연공명 주파수에서 자기적 손실이 증가하는 하드(Hard) 페라이트를 이용하였다. 특히 본 연구에서는 자연환경 보호측면을 고려하여 스트론튬(Sr) 페라이트를 이용하여 GHz 대역용 전파 흡수체를 개발하고자 하였으며 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

스트론튬(Sr) 페라이트를 이용한 전파흡수체의 제작은 본 논문이 최초로, 본 논문은 스트론튬(Sr) 페라이트를 분쇄한 후 바인더와 혼합할 때 도전 손실재를 첨가하는 비교적 간단한 제조방법으로 우수한 GHz 대역용 전파 흡수체를 개발하였다는 데 의의가 있다. 이와 같은 실험을 통해 Sr ferrite : Silicon rubber : Carbon = 80 : 13.6 : 6.4 wt%인 시편을 70°C에서 제작하여 두께 2 mm인 시편에 대하여 9.4 GHz에서 24 dB, 두께 3 mm인 시편에 대하여 5.5 GHz에서 23 dB인 우수한 전파흡수체를 개발하였다.

후 기

이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2003-005-D0005) 또한 본 연구는 대학 IT 연구센터인 충남대학교 전자파환경기술 연구센터의 지원과 2002년도 Brain Busan 21 사업에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] Verma, A., Mendiratta, R. G., Goel, T. C. and Dube, D. C. (2002), "Microwave Studies on Strontium Ferrite Based absorbers", Journal of Electroceramics, vol. 8, pp. 203-208.
- [2] Choi, D. H., Kim, D. I. and Song, J. M.(2003), "Dependence of Electromagnetic Wave Absorption Properties on Binders", Journal of The Korean Physical Society, vol. 42 no. 6, pp. 799-802.
- [3] Kim, D. I., Bae, J. Y., Son, J. W., Y. Y. S, and Song, J. M.(2001), "A Study on Fabrication and Evaluation of Ferrite Wave Absorber", Journal of The Korean Electromagnetic Engineering Society, vol. 1, no. 1, pp. 95-99.
- [4] Kim, D. I., Son, J. Y., Won, Y. S., Ku, D. W., Kim, K. M., Song, J. M., and Bae, B. D.(2002), "A Study on Broadband Design of EM Wave Absorber for Anechoic Chamber", Journal of The Korean Electromagnetic Engineering Society, vol. 2. no. 1, pp. 16-21.
- [5] Kim, D. I., Kim, S. J. and Song, J. M.(2003), "Dependence of Preparation Temperature of the Microwave Absorber Preparation in Absorber for Mobile Phone", Journal of The Korean Physical Society, vol. 43 no. 2, pp. 269-272.
- [6] Sugimoto, S., Okayama, K. Kondo, S. Ota, H. Kimura, M., Yoshida, Y. Nakamura, H. Book. D, Kagotani. T, and Homma. M (1998), "Barium M-type Ferrite as an Electromagnetic Microwave Absorber in the GHz Range", Journal of Materials Transactions, JIM, vol. 39, no. 10, pp. 1080-1083.

원고접수일 : 2004년 2월 3일
 원고채택일 : 2004년 6월 17일