DBpia

論 文

Ni-Zn ferrite의 Ni/Zn비 변화에 따른 EMI 비드 필터 특성 연구

正會員 李 宰 榮* 正會員 金 旺 燮* 正會員 孫 容 培* 正會員 金 敬 龍*

A Study on the Properties of EMI filter for the Ni/Zn ratio of Ni-Zn Ferrite

Jae Young Lee*, Wang Seob Kim*, Yong Bae Son*, Kyeong Yong Kim* *Regular Members*

ABSTRACT

The properties of ferrite bead, a low-pass filter, are determined by the frequency dispersion of the complex permeability. In this study, frequency dispersion of complex permeability of the Ni-Zn ferrites with different Ni/Zn ratio were investigated. Relationship between the behavior of filter and dispersion of complex permeability of a ferrite was studied. As a result, it was concluded that the compositions for Ni/Zn ratio of 0.41~0.47, having high initial permeability and good sensitivity, were favorable as a ferrite bead filter.

要 約

저역 통과 필터인 페라이트 비드의 특성은 페라이트의 복소투자율의 주파수 분산거동에 의해서 결정된다. 본 실험에서는 Ni-Zn페라이트의 Ni/Zn 비 변화에 따른 복소투자율에 주파수 분산거동을 조사하고 이것이 필터의 삽입감쇠 거동에 미치는 영향을 고찰하였다. 본 실험의 결과 초투자율이 비교적 크고 필터로서의 민감도도 우수한 Ni/Zn 비가 0.41~0.47인 조성이 페라이트 비드필터용으로 가장 적합함을 알 수 있었다.

I. 서 론

현대 전자통신기술의 급속한 발전에 의해 전자파를 사용하는 기기가 다양화 되고 고도화됨에 따라 전자파 환경이 현저히 악화되었다. 따라서 최근에는 EMI(electromagnetic interference)대책 또는 불요전자파에 대한 대책의 일환으로서 회로, 전송방법, 대책재료 및 부품의 검토가 활발히 진행되고 있다.

EMI 대책은 크게 접지(grounding), 차폐(shielding), 여파(filtering)등으로 크게 나눌 수 있다. 이중 필터는 선별주파수에 따라 고역통과(high-pass), 대

*韓國科學技術研究院 세라믹스공정실
論文番號 : 93-85

www.dbpia.co.kr

역통과(band-pass), 저역통과(low-pass) 및 대역억제(band-reject)용으로 나눌 수 있다.

페라이트 비드는 필터 중 저역통과용으로 사용되는 것으로서 회로 상에 삽입하여 노이즈를 제거시키는 1차적 수단으로서 널리 사용되고 있다.[1] 최근 들어 EMI대책의 중요성이 부각되면서 국내에서도 페라이트 비드에 대한 연구가 진행되고 있다.[2,3]

본 연구에서는 제조공정이 안정되어 있는 Ni-Zn 페라이트의 Ni/Zn비를 변화시키면서 복소투자율의 주파수 분산거동과 필터로서의 특성과의 관계를 조사하고 필터로서 사용하기에 가장 적절한 조성을 선정하였다.

Ⅱ. 실험 방법

본 실험에 사용된 ferrite 조성을 Table 1에 나타내었다. 사용한 원료는 일본 고 순도화학제품으로 순도는 99% 이상이었다.

Table. 1. Compositions of ferrite powder (mol %).

Lot No.	Fe_2O_3	NiO	ZnO
1	50.0	14.0	36.0
2	50.0	14.5	35.5
3	50.0	15.0	35.0
4	50.0	15.5	34.5
5	50.0	16.0	34.0
6	50.0	16.5	33.5
7	50.0	17.0	33.0
8	50.0	20.0	30.0
9	50.0	25.0	25.0

조성에 따라 각 분말을 평량한 후 24시간 ball mill 한 다음 80℃로 유지된 오븐에서 충분히 건조하였다. 건조된 분말은 5℃/min으로 승온하여 80-85%정도 spinel화가 일어나는 950℃에서 2시간 유지하여 하소하였다. 하소한 분말에 binder로 PVA 5%수용액을 10wt. %첨가한 후 12시간동안 재분쇄한 후 건조하였다.

건조한 분말을 200mesh seive에 통과시켜 과립화한 후 650kg/㎠의 압력으로 일축성형하여 toroidal형태의 시편을 제작하였다. 성형된 시편을 5℃/min의 속도로 승온하여 600℃에서 2시간 유지하여 binder를 제거한 후 소결수축율 곡선이 최대치에 도달하는 1200℃에서 2시간동안 소결하였다.

소결된 toroidal형태의 시편을 외경, 두께 및 폭을 측정하고 0.35㎜의 에나멜선을 균일한 간격으로 20회 감고 다음 측정에 사용하였다.

복소투자율은 impedance analyser(HP4194A)를 이용하여 인덕턴스를 측정한 후 계산에 의해 구했다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

Ni-Zn계 페라이트의 경우 Fe_2O_3가 화학양론적인 조성보다 부족한 경우 포화자기모우멘트에 기여하는 Fe^{3+}이온의 감소로 초투자율이 감소하며 과다한 Fe_2O_3의 첨가는 자기이방성의 증가를 가져와 투자율이 감소한다고 알려져 있다.[4] 따라서 본 실험에서는 화학양론적 조성인 Fe_2O_3 50mol%를 기준으로 Ni/Zn비를 0.25-4.0까지 변화시키면서 주파수에 따른 투자율분산거동을 조사하고 그에 따른 filter로서의 응용을 살펴 보았다.

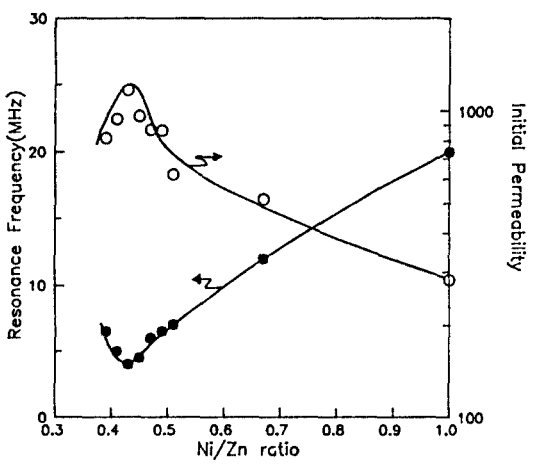

Fig. 1. Initial permeabilities and resonance frequencies of Ni-Zn ferrite with different Ni/Zn ratio.

Fig. 1은 Ni/Zn비에 따른 초투자율과 공진 주파수의 변화를 나타낸 것이다. 본 실험의 조성범위에서 초투자율은 Ni/Zn 비가 증가함에 따라 증가하다가 0.43일때 최대값을 나타내며 Ni/Zn 감소하였다. 공진

www.dbpia.co.kr

주파수의 경우는 초투자율과 반대되는 경향을 나타내는데 이는 Snoek의 법칙[5]에 따라 초투자율이 클수록 공진주파수는 낮은 주파수 대역으로 이동하기 때문이다.

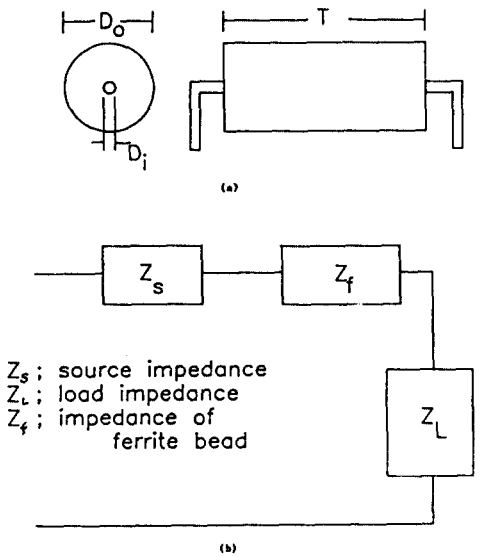

Fig. 2. Schematic representation of a ferrite bead filter.
(a) shape of a ferrite bead filter
(b) diagram of electric circuit with filter.

어떤 투자율을 갖는 페라이트를 사용하여 Fig. 2 (a)와 같은 비드(bead)형 필터를 제조할 때 비드의 크기가 파장에 비해 작다면 인덕턴스(L)성분이 임피던스에 주로 기여하기 때문에 필터의 임피던스는 다음과 같이 표현된다.[6]

$$Z = j\omega L \quad \cdots\cdots (1\text{-}1)$$
$$= j\omega L_o\mu' + \omega L_o\mu'' \quad \cdots\cdots (1\text{-}2)$$
$$= \omega L_o(j\mu' + \mu'') \quad \cdots\cdots (1\text{-}3)$$
$$= R + jX \quad \cdots\cdots (1\text{-}4)$$

여기서 L_o는 $(\mu_o/2\pi)\cdot T\cdot \ell n(Do/Di)$로 주어지는 상수항이며 D_o, D_i, T는 각각 페라이트 비드의 외경, 내경 및 길이이다.

Fig. 3은 복소투자율이 주파수 분산을 나타내는 페라이트로 비드를 제작하였을 때 비드의 임피던스변화를 도식화한 것이다. 영역(i)은 투자율 실수부가 주파수에 거의 무관하게 일정하고 허수부의 크기는

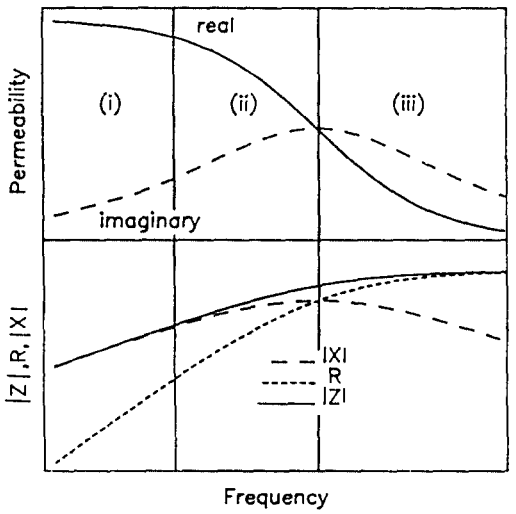

Fig. 3. Relationship between the complex permeability and the impedance of a ferrite bead filter.

상대적으로 매우 작은 영역으로서 이 영역에서의 임피던스의 크기(Ω)는 임피던스 허수부에 크게 의존한다. 영역(ii)는 투자율 실수부가 주파수가 증가함에 따라 감소하고 허수부는 증가하여 최고점에 도달하기까지 변화하는 영역으로서 이 영역에서의 임피던스의 크기는 임피던스 허수부의 감소와 실수부의 증가에 의해 영향을 받아서 주파수에 따른 임피던스 크기의 증가가 둔화되는 영역이다. 영역(iii)는 투자율 실수부와 허수부가 모두 주파수 증가에 따라 감소하는 영역으로서 이에 따라 주파수 증가에 의한 임피던스의 크기의 증가가 크게 둔화되어 포화치에 도달하고 그 이후에는 감소하는 경향을 나타낸다. 영역(i)에서는 투자율은 크지만 주파수가 낮기 때문에 임피던스의 크기가 작고 영역(iii)에서는 주파수는 높지만 투자율이 감소하기 때문에 페라이트 비드 필터는 영역(ii)에 해당하는 주파수 범위에서 유효하다.

Fig. 4는 Ni/Zn비를 변화시킨 시편을 길이 10㎜, 외경 3.5㎜, 내경 1.5㎜의 비드로 제작하였을 때 임피던스값이 주파수에 따라 변화하는 것을 나타낸 것이다. 같은 크기의 비드일 경우 비교적 저주파 대역에서는 투자율이 큰 조성이 큰 임피던스 치를 나타낸다. 그러나 투자율이 큰 조성일 수록 전술한 바와 같이 공진이 저주파 대역에서 발생하기 때문에 임피던스 곡선의 기울이가 둔화되는 영역도 저주파대역으로 이동된다. 그러므로 통상페라이트 비드가 필터로

www.dbpia.co.kr

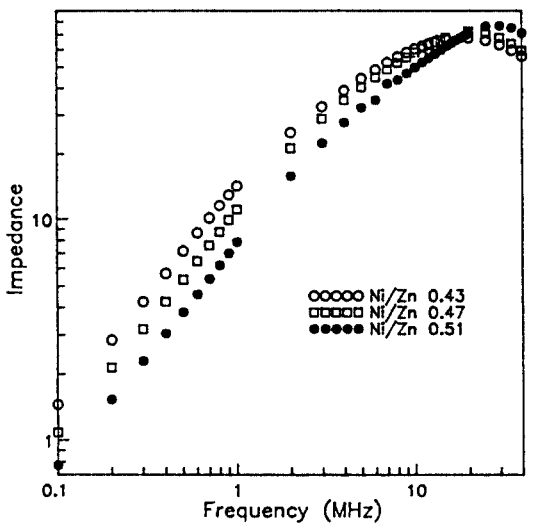

Fig. 4. Impedance curves as a function of frequency with different Ni/Zn ratio.

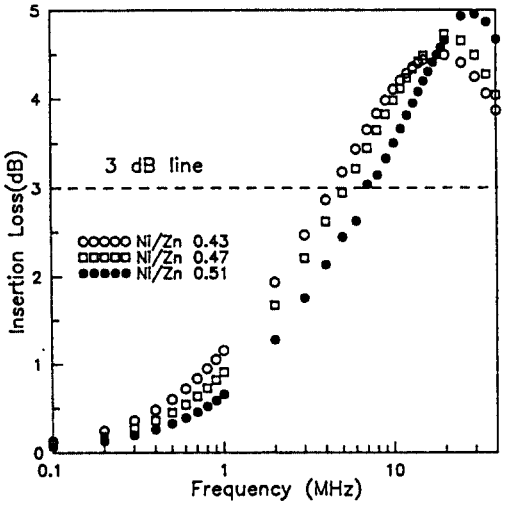

Fig. 5. Insertion loss as a function of frequency with different Ni/Zn ratio.

사용되는 1MHz~10MHz 대역에서 보면 공진주파수가 높은 조성일수록 주파수 증가에 따른 임피던스 곡선의 기울기가 커지는 경향을 알 수 있다.

이상적인 저주파 대역 통과 필터(low-pass filter)로서 사용되기 위해서는 특정 주파수에서 임피던스가 커서 그 이상의 주파수 신호는 통과시키지 말아야 한다. 이러한 관점에서 보면 투자율 실수부가 큰 조성일수록 비드의 소형화에 유리하다. 그러나 민감도(sensitivity)라는 관점에서 보면 임피던스 곡선의 변화가 큰 조성일수록 유리하다. 식 (1-2)에서도 알 수 있듯이 임피던스는 비드의 크기(형상)에도 의존하는 값이기 때문에 비드의 크기가 제한 요소가 아닌 응용에서는 초투자율이 비교적 작은(공진주파수가 높은) 조성이 유리할 수도 있다. 이것은 페라이트 비드를 Fig.2(b)와 같이 회로에 장착하였을 때의 삽입손실(insertion loss)변화를 살펴보면 더욱 명확하다. 임피던스가 Z_F인 페라이트 비드를 source와 load 임피던스가 각각 Z_S, Z_L인 회로에 삽입시킨 경우 삽입손실은 다음과 같이 주어진다.

$$\text{insertion loss(dB)} = 20 \cdot \log \frac{Z_S + Z_L + Z_F}{Z_S + Z_L} \quad \cdots(2)$$

Fig. 5는 Ni/Zn 비를 변화시킨 시편을 길이 10㎜㎜, 외경 3.5㎜, 내경 1.5㎜의 비드로 제작하여 source 및 load 임피던스가 각각 50Ω인 회로에 장착하였을 때 삽입감쇠를 나타낸 것이다. 일반적으로 삽입감쇠가 3dB인 주파수를 필터의 차단주파수(cut-off frequency)라고 정의한다. Insertion ioss는 Fig.4에 나타난 임피던스 곡선의 변화와 같은 경향을 보이고 이에 따라 같은 크기일 때 차단주파수는 초투자율이 큰 조성일 수록 낮아지는 경향을 보인다. 각 조성의 삽입감쇠 곡선과 3dB 선과의 교점, 즉 차단주파수에

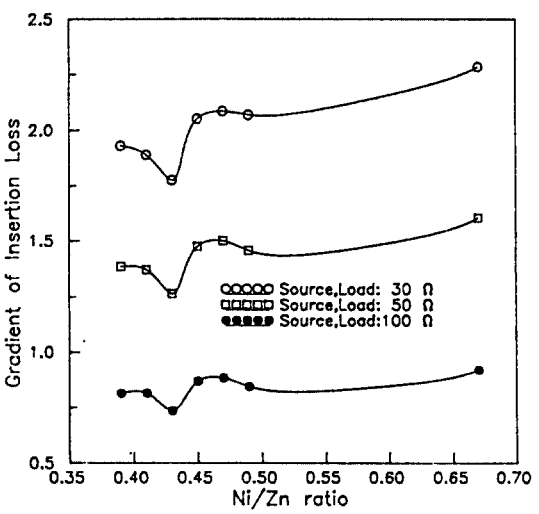

Fig. 6. Gradient of insertion loss at cut-off frequency in terms of Ni/Zn ratio.

www.dbpia.co.kr

서 임피던스값의 주파수에 따른 변화율을 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 1에 공진주파수 거동과 비교하여 보면 차단주파수에서 삽입감쇠 곡선의 기울기는 초투자율이 작은, 즉 공진주파수가 높은 조성일 수록 증가하는 경향을 나타낸다. 이러한 경향은 source와 load impedance가 변화하여도 같은 경향을 나타내지만 모든 조성에서 source와 load impedance가 작을수록 삽입감쇠곡선의 기울기가 증가하는 것을 알 수 있다. 이상의 내용을 종합하면 초투자율도 비교적 크면서 민감도도 우수한 Ni/Zn 비가 0.41~0.47의 조성이 페라이트 비드용으로 가장 적합한 조성임을 알 수 있었다.

Ⅳ. 결 론

본 실험을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 본 실험의 조성범위에서 초투자율은 Ni/Zn 비가 증가함에 따라 증가하다가 0.43일 때 최대값을 나타내며 Ni/Zn 비가 그 이상 증가하면 감소하였다. 공진주파수의 경우는 초투자율과 반대되는 경향을 나타내었다.
2. 같은 크기의 비드일 경우 비교적 저주파 대역에서는 투자율이 큰 조성이 큰 임피던스를 나타낸다. 그러나 투자율이 큰 조성일 수록 임피던스 곡선의 기울기가 둔화되는 영역도 저주파대역으로 이동된다.
3. 같은 크기의 비드일 경우 차단주파수는 초투자율이 큰 조성일수록 낮아지는 경향을 보인다. 그러나 차단주파수에서의 삽입감쇠 곡선의 기울기는 초투자율이 작은, 즉 공진주파수가 높은 조성일수록 증가하는 경향을 나타낸다. 이러한 경향은 source와 load impedance가 변화하여도 같은 경향을 나타내지만 모든 조성에서 source와 load impedance가 작을수록 삽입감쇠곡선의 기울기가 증가하는 것을 알 수 있다.
4. 이상의 내용을 종합하면 초투자율도 비교적 크면서 민감도도 우수한 Ni/Zn 비가 0.41~0.47의 조성이 페라이트 비드용으로 가장 적합한 조성임을 알 수 있었다.

REFERENCES

1. 민강찬, 노이즈 종합대책, 성안당, p.37(1991).
2. J.C.Park, H.Choi, B.H.Kim, W.S.Kim and K.Y.Kim, "A Study on a EMI Filter at High Frequency Range," Kor. Appl. Phys., 5(5), 507 (1992).
3. J.C.Park, B.H.Kim, W.S.Kim and K.Y.Kim, "Effects of Additives on Electromagnetic Properties in EMI Noise Filters for High Frequency Region," J.Kor. Ceram. Soc. 29(8), 639(1992).
4. C.Guillaud, C.Villers, A.Marais and M.Paulus, Solid State Physics, vol.3, Academic Press, p. 71(1960).
5. J.L.Snoek, "Dispersion and Absorption in Magnetic Ferites at Frequencies above One Megacycle," Physica 14, 207(1948).
6. 小西良弘, マイクロ波回路の基礎とその應用, 종합전자출판사, p.343(1990).

www.dbpia.co.kr

李 宰 榮(Jae Young Lee) 정회원
1967년생

1989년 : 고려대학교 재료공학과 학사
1991년 : 고려대학교 재료공학과 석사
1992년 ~ 현재 : 한국과학기술연구원 세라믹스공정실 근무중

金 旺 燮(Wang Seob Kim) 정회원
1957년생

1985년 : 고려대학교 재료공학과 학사
1987년 : 고려대학교 재료공학과 석사
1987년 ~ 1990년 : 삼성종합기술원 주임연구원
1990년 ~ 현재 : 한국과학기술연구원 세라믹스공정실 근무중
1991년 ~ 현재 : 고려대학교 재료공학과 박사과정 재학중

孫 容 培(Yong Bae Son) 정회원
1955년생

1978년 : 서울대학교 요업공학과 학사
1982년 : 한국과학원 재료공학과 석사
1982년 ~ 현재 : 한국과학기술연구원 근무중
1987년 ~ 현재 : 한국과학원 재료공학과 박사과정 재학중
현재 : 한국과학기술연구원 세라믹공정실 선임연구원

金 敬 龍(Kyeong Yong Kim) 정회원
1951년생

1974년 : 울산공대 재료공학과 학사
1976년 : 고려대학교 재료공학과 석사
1983년 : 노스캐롤라이나 주립대 재료공학과 박사
1984년 : 플로리다 주립대 Post Dr.
1985년 5월 ~ 현재 : 한국과학기술연구원 근무중
현재 : 한국과학기술연구원 세라믹스공정실 책임연구원

www.dbpia.co.kr