

Ni-Zn페라이트의 전파 흡수특성에 미치는 V₂O₅의 영향
The Effect of V₂O₅ Additive on the Electromagnetic Wave
Absorption Properties of Ni-Zn Ferrite.

조 재원* : 명지대학교
문 현욱 : 명지대학교
신 용진 : 명지대학교
박 현재 : 한국통신
김 경용 : 한국과학기술원
Jae Won Cho : Myoung University
Hyun Wook Moon : Myoung University
Yong Jin Shin : Myoung University
Hun Jae Park : KT
Keyng Yong Kim : KIST

I. 서론

전자파흡수체(electromagnetic wave absorber)는 입사된 전자파를 흡수하여 열로 변환하기 때문에 반사파를 생기지 않게 한다. 산업적으로는 전파암실, TV전파 및 레이더 전파의 반사방지, 전자기기로 부터의 누설전파 방지, 안테나 특성개량 등에 전자파 흡수체가 응용되고 있다.

특히 이러한 전파들은 VHF대이기 때문에 이 주파수에 대한 전자파흡수체로는 소결페라이트가 가장 우수하다. 페라이트 전자파흡수체는 자성손실을 이용하고 있기 때문에 VHF대역에서 상당히 뛰어난 전파흡수 효과를 갖고 있으며, 10mm이하의 두께로 넓은 주파수 대역에 걸쳐 전자파를 흡수한다.

전자파흡수 재료의 기술적인 문제로서 요구되는 성능은 감쇄량 20dB(반사율 1%이하)이상의 전자파를 흡수하는 것이 바람직하며, 박층화, 경량화, 광대역화, 구조제형 전자파흡수체의 개발이 요망되고 있다.

본 연구에서는 소결페라이트에서 액상소결이 가능한 V₂O₅를 첨가제로 하여 소결온도를 낮추고, 첨가량에 따른 미세구조와 투자율의 분산관계를 조사하였다. 첨가량이 전자기적 특성에 미치는 영향을 관찰하였고, 이들 특성이 전자파 흡수특성에 미치는 영향 및 흡수체의 박층화 가능성을 조사하였다.

II. 실험방법

1. 시편 준비 및 측정

본 실험에서 사용한 페라이트의 기본적인 화학식은

Ni_{0.38}Zn_{0.54}Fe₂O₄로 고정하고, 첨가제로서 V₂O₅를 0.5, 1, 3, 5wt% 첨가했다. 원료를 명량하여 20시간 습식 분쇄한 후 건조를 하였다. 900°C, 2시간 하소한 다음 첨가제를 넣고, PVA 5wt%를 첨가하여 20시간 습식분쇄하여 충분히 건조한 다음, 원통형 몰드를 사용하여 600Kg/cm²의 압력으로 성형하였다. 소결은 850~1000°C/3hr동안 대기분위기에서 저온 소결하여 수축률, 밀도, XRD분석을 하고, 동축형 측정장치(HP85051-60007)와 Network analyzer (HP8510B)를 사용하여 복소유전율, 복소투자율 및 전자파 감쇄량을 측정한 후 SEM분석을 통해 미세구조를 관찰하였다.

초투자율의 측정시편은 토로이달형으로 만들어 코일을 20회 감아서 Q값을 측정(HP4194A)하여 초투자율을 구했다. 소결체의 밀도측정은 Archimedes법에 의한 KLS 3114의 측정방법을 적용했다.

2. 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 전자기 특성 측정

측정 시스템은 HP8510B Network analyzer, IBM-PC, XY plotter로 구성되어 있으며, 먼저 Network analyzer를 calibration한 후 길이를 측정한 샘플을 7mm 50Ω Airline에 삽입하고 측정 주파수대를 컴퓨터에 입력시킨다. 샘플의 S 파라메타(S₁₁, S₁₂)를 측정하여 유전율과 투자율을 계산하여, 계산한 유전율, 투자율 값으로 시뮬레이션에 의하여 감쇄량을 구했다.

III. 결과 및 고찰

그림 1은 Ni-Zn페라이트에 V₂O₅를 첨가하여 소결한 시편의 소결밀도를 나타낸 것이다. V₂O₅는 용점이 690°C이므로

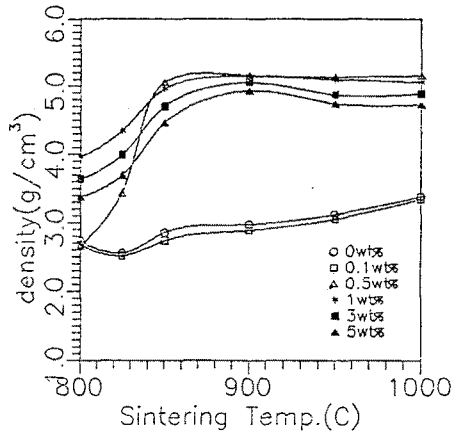


그림 1. Bulk densities of sintered Ni-Zn ferrite (V_2O_5)

850°C 부근의 소결온도에서 치밀화가 일어났으며, 이는 페라이트의 손실의 원인이 되는 결정성장을 촉진하는 소결조제(sintering catalyzer)로서, 또는 용제(flux)로서 작용하는 것으로 생각된다.¹⁾

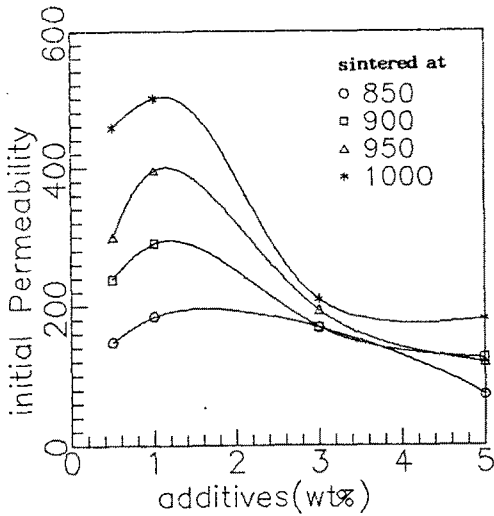


그림 2. Relation of additives and permeability of Ni-Zn ferrite (V_2O_5)

그림 2는 V_2O_5 를 첨가하여 850~1000°C 부근의 소결온도에서 소결한 시편의 초투자율의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 1wt%까지는 증가하나 그 이후는 감소하고, 또한 소결온도의 상승과 함께 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 첨가량이 증가할수록 결정립이 조대 성장하면서 결정립 때문에 기공이 형성되므로, 자벽이 동시에 피닝(Pinning)역활을 하기 때문에 투자율이 크게 감소하는 것으로 생각된다.²⁾

그림 3은 950°C에서 소결한 시편의 X-선 회절패턴을 나타낸 것으로서 스피넬(spinel)상과 $\alpha-Fe_2O_3$ 상이 소량 나타

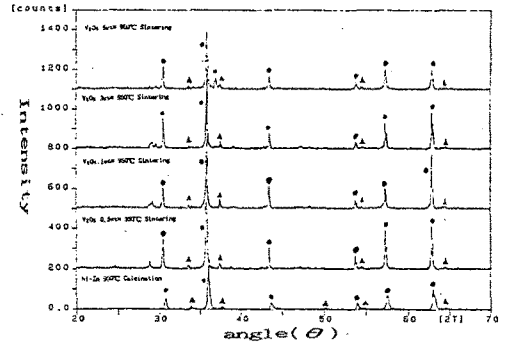
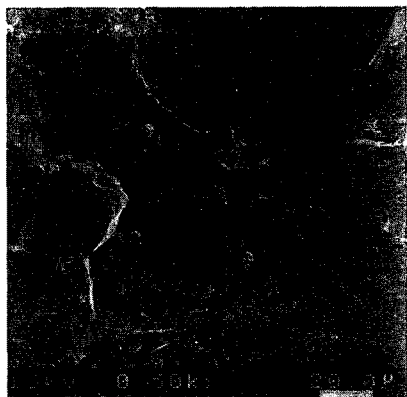


그림 3. X-ray diffraction pattern of an Ni-Zn ferrite (V_2O_5)

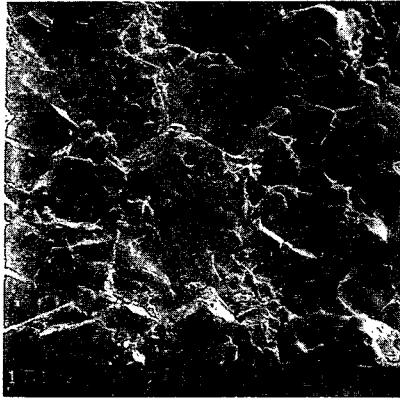
났다. 이 소량의 $\alpha-Fe_2O_3$ 에 의하여 투자율이 감소하는 것으로 판단된다.³⁾



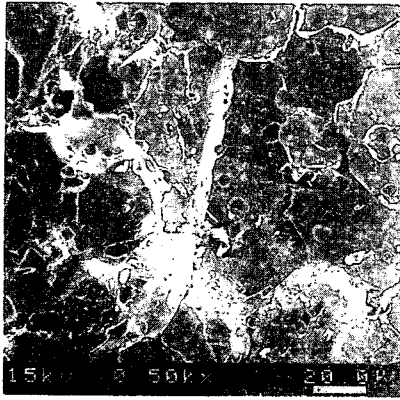
(a) 0.5wt% V_2O_5



(b) 1.0wt% V_2O_5



(d) 5wt% V₂O₅



(c) 3wt% V₂O₅

그림 4. SEM micrographs of Ni-Zn ferrite (950°C)

그림 4는 950°C에서 소결한 시편의 첨가량에 따른 미세 구조의 변화를 나타낸 것이다. 첨가량이 증가할 수록 입자의 조대성장 및 기공의 증가를 볼 수 있으며 이는 투자율 감소의 원인으로 생각된다.

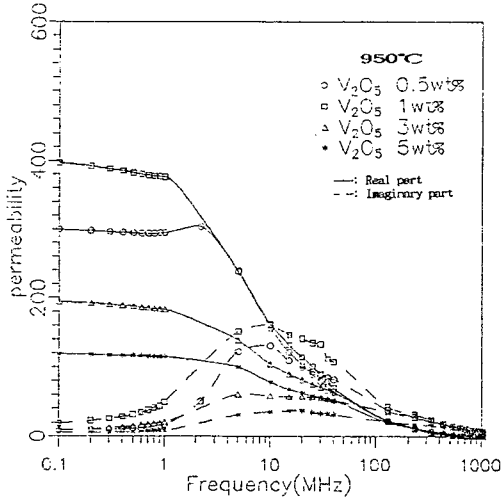


그림 5. Frequency dependency of initial permeability of Ni-Zn ferrite (V₂O₅)

그림 5는 950°C에서 소결한 V₂O₅의 첨가량에 따른 투자율의 주파수 의존성을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와같이 Snoek의 한계에 의해 투자율 곡선의 공명현상은 초투자율이 커질수록 낮은 주파수대로 이동해 가는 것을 알 수 있다.^{4, 5)}

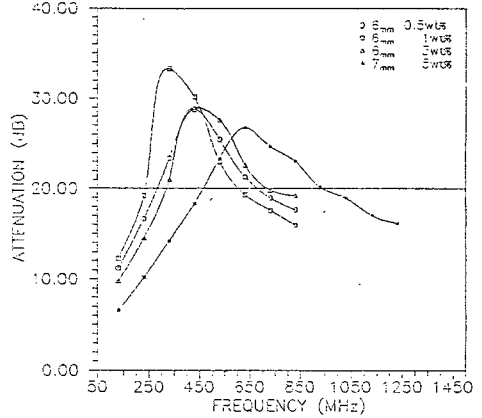


그림 6. Frequency dependency of attenuation of sintered Ni-Zn ferrite (950°C)

그림 6은 950°C에서 소결하여 V₂O₅의 첨가량에 따른 전자파의 흡수특성을 나타낸 것으로서 표 1에 각 시료의 두께에 따른 흡수특성을 정리하였다.

표 1. Frequency range of electromagnetic wave absorption by sample thickness

V ₂ O ₅ 850°C	0.5wt%	5mm(420~880)	6mm(320~800)	7mm(350~500)
	1wt%	5mm(520~840)	6mm(320~860)	7mm(320~650)
	3wt%	6mm(570~1050)	7mm(420~950)	8mm(420~710)
	5wt%	7mm(600~1150)	8mm(520~950)	9mm(520~750)
V ₂ O ₅ 900°C	0.5wt%	5mm(330~900)	6mm(300~800)	
	1wt%	6mm(200~300)	7mm(200~300)	
	3wt%	7mm(900~2000)	8mm(730~1500)	9mm(700~1200)
	5wt%	6mm(500~900)	7mm(400~850)	8mm(420~600)
V ₂ O ₅ 950°C	0.5wt%	6mm(300~680)	7mm(250~600)	8mm(240~450)
	1wt%	5mm(320~500)	6mm(250~600)	7mm(230~500)
	3wt%	6mm(320~700)	7mm(350~690)	
	5wt%	7mm(500~1000)	8mm(420~870)	9mm(500~800)
V ₂ O ₅ 1000°C	0.5wt%	5mm(220~500)	6mm(200~500)	7mm(230~300)
	1wt%	5mm(250~750)	6mm(230~700)	
	3wt%	6mm(380~650)	7mm(300~750)	8mm(320~550)
	5wt%	7mm(450~870)	8mm(400~850)	9mm(420~700)

IV. 결론

Ni-Zn페라이트에 V₂O₅를 첨가하여 그 전자파 흡수특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. V₂O₅의 첨가량이 2wt%이상에서는 입자의 조대성장으로 투자율이 감소하였다.
2. 투자율의 주파수 의존성은 Snoek의 한계에 의하여 투자율과 공명주파수는 서로 반비례함을 확인하였다.
3. 850°C 및 950°C에서 소결한 첨가량 3wt% V₂O₅의 경우, 흡수두께 7mm에서 대역폭은 420MHz~950MHz 및 900MHz~2GHz를 얻을 수 있었다.

참고문헌

- 1) Y. Smchijo, N. Tsuya, and K. Suzuki: "Initial Permeability of Vanadium-Doped Manganese-Zinc Ferrite", J. Appl. Phys. 32(3) 386S~87S March (1961).
- 2) J. Kulicowski: "Sintering of Ni-Zn Ferrites in the presence of V_2O_5 ", Soviet Power Met. metal Ceram. 12(7) 579~99 (1973).
- 3) W. Heister: "Magnetic Properties and Grain Structure of Mn-Zn Ferrite", J. Appl. Phys. Suppl. 30(4) 225~247 (1959).
- 4) J. Smit and H.P.J. Wijn: "Ferrite", Philips' Technical Library, 229~236 (1965).
- 5) TDK Corporation: "With Ferrite, 16(1988).