尖端技術 어디까지 왔나

電波吸收體 (1)

金 弘 球
〈KIET 責任研究員〉

目 次

Ⅰ. 머리말
Ⅱ. 複合 페라이트의 特性
Ⅲ. 電波吸收體 기술동향
Ⅳ. 맺는말
〈고딕은 이번 號, 명조는 다음 號〉

Ⅰ. 머리말

과거 電波吸收體의 중요한 용도는 電波暗室의 吸收壁이였다. 吸收體로는 카본粉末을 적당한 재료(예를들면 發泡우레탄)에 혼합시킨 것으로 가벼우면서도 넓은 영역에 우수한 특성을 나타내었다.

최근에는 屋外의 마이크로波 測定에서 2次輻射防止, 船舶 마스트 등에서 발생하는 레이더의 僞像防止對策으로서 薄型 廣帶域 電波吸收體의 요구가 커지며, 이에따라 페라이트의 磁氣緩和現象에 착안한 새로운 磁氣的 전파흡수체가 개발되고 있다.

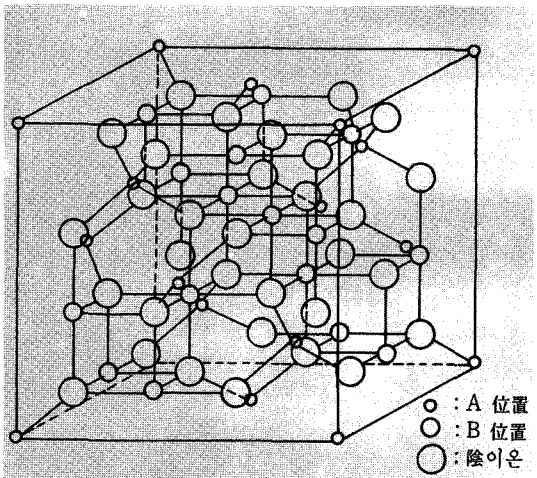
종래, 非磁性體 중에 페라이트를 분산시킨 複合 페라이트는 永久磁石으로 사용된 고무磁石이 유일한 例이며, 최근에는 소프트 페라이트를 사용한 複合페라이트가 마이크로波 영역에서 커다란 磁氣損失로 전파흡수체의 우수한 특성을 발휘하고 있다.

Ⅱ. 複合 페라이트의 特性

페라이트는 일반적으로 酸化鐵(Fe_2O_3)을 주성분으로 하고 있으며, 공업적으로는 常溫부근에는 強磁性을 나타내고 있다. 페라이트는 磁石으로 사용되는 하드 페라이트와 코일 등의 磁芯으로 많이 쓰이는 소프트 페라이트로 분류되며, 전파흡수체의 재료로 사용되는 것은 소프트 페라이트이다.

소프트 페라이트는 $M^{+2}O \cdot Fe_2O_3$의 일반식으로 표기할 수 있으며, 立方晶의 결정구조를 갖는다. 〈그림 1〉에 페라이트의 결정구조를 나타냈는데, 그림에서 알 수 있듯이 鐵 또는 2價金屬이온의 주위를 酸素이온이 4 또는 8配位로 위치하고 있다. 즉 페라이트의 磁氣的 성질은 2價金屬이온의 종류, 鐵과 2價金屬이온의 位置 관계 등에 의해서 변화한다. 현재로는 사용목적에 따라 수백종류의 磁氣特性이 다른 페라이트가 電子資料로 사용되고 있다.

그러나 전파흡수체로 사용되는 페라이트에 한정해서 생각하면, 전파흡수체의 특성은 페라이트의 磁氣損失에 의존하고 있으므로, 여기서는 페라이트의 磁氣損失特性, 즉 자기손실도 고려한 複素透磁率($\dot{\mu}=\mu'-j\mu''$)의 實數部(일반

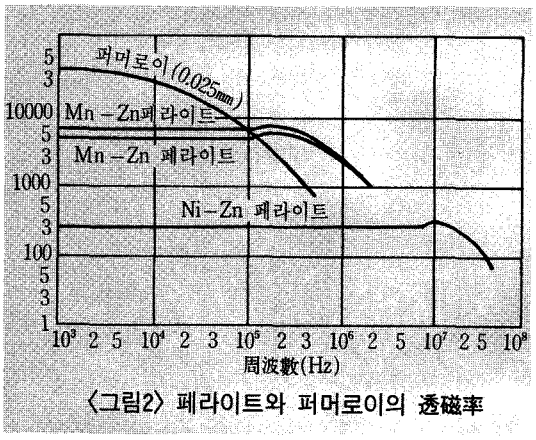


〈그림1〉 페라이트의 結晶構造

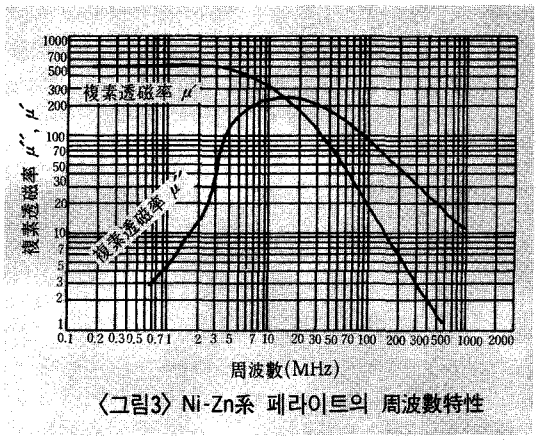
적 의미로 透磁率)과 虛數部(損失項)를 중심으로 기술하고자 한다.

페라이트는 산화물 자성재료이기 때문에 금속 자성재료에 비해서 固有抵抗이 높은 것이 특징이다. 즉 금속 자성재료가 약 $10^{-6}\Omega\cdot$cm인데 비하여 $10^{2}\sim10^{7}\Omega\cdot$cm의 固有抵抗을 가지고 있으므로, 磁芯材料로 사용하는 경우, 使用周波數에 따라서 페라이트의 종류를 선정하면, 渦電流損失이 전혀 없는 磁芯을 얻을 수 있다.

〈그림2〉에는 퍼머로이(금속자성재료), Mn－Zn系 페라이트, Ni-Zn系 페라이트 複素透磁率의 實數部(이하 透磁率로 표기)의 周波數特性을 나타내는 고유저항이 낮은 퍼머로이는 주파



〈그림2〉 페라이트와 퍼머로이의 透磁率



〈그림3〉 Ni-Zn系 페라이트의 周波數特性

〈표1〉 Mn-Zn 系 페라이트의 複合化에 따른 磁氣特性의 변화

구 분	焼結페라이트	複合 페라이트
透磁率(1KHz)	2500	15
飽和磁束密度 (H=150Oe)	4700 gauss	2300 gauss

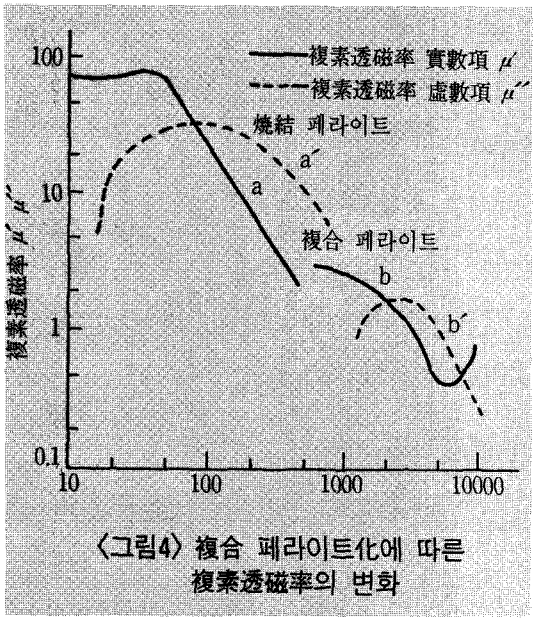
수와 함께 투자율이 저하한다. 그 원인은 渦電流때문이며, 이에 반하여 Mn-Zn계 페라이트는 약 10^{5}Hz까지, Ni－Zn계 페라이트는 약 10^{7}Hz까지 거의 일정한 투자율의 값을 나타내나, 그후는 화학조성으로 결정되는 磁氣共鳴에 의한 緩和型의 감소가 생긴다.

이 완화현상에 착안해서 개발된 것이 페라이트 전파흡수체이며, 〈그림3〉은 100MHz 帶에서 TV Ghost 防止用으로 실용화되고 있는 Ni－Zn계 페라이트의 複素透磁率의 주파수 특성을 나타내고 있다.

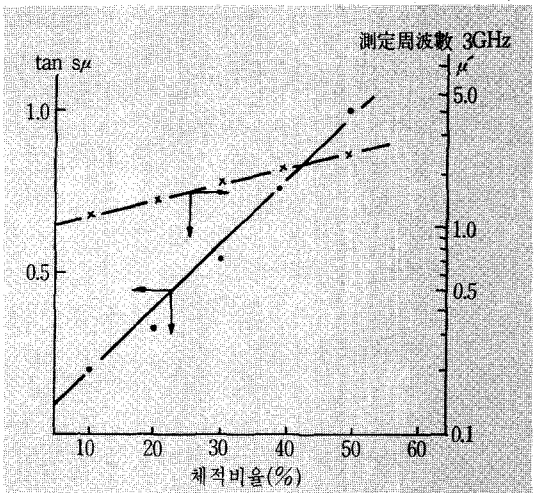
한편 페라이트를 고무 또는 플라스틱중에 혼합 분산시킨, 소위 복합 페라이트는 透磁率이 떨어지므로 磁芯材料로는 적합치 않다.

일례로 〈표 1〉에 Mn－Zn계 페라이트를 고무와 複合化시킨 경우의 특성치를 나타냈는데, 투자율이 磁芯材料로서 적합치 않다.

다른 한편, 전파흡수체로 複素透磁率의 주파수 특성을 살펴보면, 1000MHz 이상의 마이크로파 영역에서 複合 페라이트는 특징있는 거동이 나타났다. 그 대표적인 예로 〈그림4〉에 Ni-Zn系 페라이트의 複素透磁率 變化를 나타냈는데, a는 焼結페라이트, b는 고무와 混合된



〈그림4〉 複合 페라이트化에 따른 複素透磁率의 변화



〈그림5〉 Mn-Zn系 페라이트의 체적 비율과 tan Su, u′의 관계

複合 페라이트이다.

焼結페라이트는 거의 100MHz 부근에서 磁氣共鳴이 관측되여 큰 損失이 나타났는데 반해서, 같은 페라이트를 분말로 하여 고무와 혼합시킨 複合 페라이트에서는 3000MHz 부근에서 磁氣共鳴이 관측되여 큰 損失이 나타났다

이 현상은 소프트 페라이트를 複合化하므로써 얻을 수 있는 특징이므로 마이크로파 영역에서 뛰어난 전파흡수특성을 나타낼 것으로 기대된다.

1. 페라이트의 함유량과 磁氣特性

〈그림5〉에 Mn-Zn系 페라이트에 대해서 混合比率과 磁氣特性의 관계를 나타냈다. 이 관계에 의하면 복합 페라이트의 磁氣損失은 체적혼합율에 비례하므로, 전파흡수체(電波漏洩 防止用 전파 흡수체)에서는 페라이트의 혼합비율을 높게 할 필요가 있다.

여기서 페라이트와 樹脂 또는 고무를 혼합하는 경우의 혼합비율에 대해서 서술하고자 한다.

복합 페라이트에 사용되는 페라이트는 일반적으로 焼結體를 분쇄시킨 분말이며,볼 밀, 해머 밀 등을 사용해서 분쇄하면 平均粒子徑으로 10μ 이하의 粉體를 얻을 수 있다.

분말을 액체와 혼합하는 경우에는 일반적으로 분말을 球體로 생각할 때, 그것을 最密充塡한 경우, 球의 체적과 틈사이의 체적비율이 혼합비율의 한계로 생각된다. 이 球體 모델을 사용하면 球의 체적과 틈새의 체적 비율은 거의 6 : 4가 된다. 따라서 분말이 球라고 할 때, 혼합비율의 上限은 체적비율로 60%가 된다. 물론 분말의 형상이 球形이 아닌 경우에는 이 값이 달라진다. 실험적으로는 70%까지의 체적비율의 혼합이 가능하다.

그러나 공업적으로는 다음과 같은 이유로 혼합비율이 낮아진다. 그 이유로는 ①혼합에 많은 시간이 걸리는 것과 ②기계적 성질의 劣化때문이다.

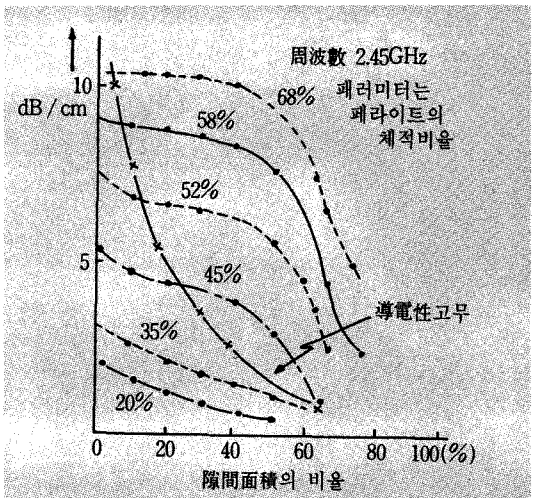
②의 이유는 혼합비율이 上限하기 때문에 粉體粒子가 완전히 수지 또는 고무에 피복되지 않으므로, 粒子 사이의 결합이 약해지기 때문이다.

이상과 같이 페라이트 분말을 수지 또는 고무 중에 혼합 분산할 때의 혼합비율은 체적비율의 70% 이하로 한정되며, 전술한 전파흡수체(전파누설 방지용 흡수체)에 있어서는 페라이트의 혼합비율을 높일 것이 요구되며, 기계적 성질을 손상시키지 않고, 전기적 특성

을 향상시키는 연구가 粒子徑, 粒度分布의 調整, 界面活性劑의 이용 등에 의해서 행해지고 있다.

복합 페라이트의 磁氣損失만을 이용한 전파흡수체의 대표적 응용예가 전자레인지의 전파누설 방지용 가스켓인데, 이것에는 Ni-Zn系 페라이트 또는 Mn-Zn系 페라이트와 고무 또는 플라스틱을 혼합한 복합 페라이트가 사용되고 있다.

이 복합페라이트는 전파흡수효과가 뛰어날 뿐 아니라 〈그림6〉과 같이 電波收束效果과 갖고 있으므로 종래의 電導性 고무가스켓과 같이 완전 밀폐상태가 필요없고, 다소 빈틈이 생겨도 電波漏洩防止의 효과가 있으며, 전자레인지를 포함한 마이크로波帶의 전파누설 방지용 흡수체로서 현재 〈표 2〉와 같이 각종 복합 페라이트가 실용화되고 있다.



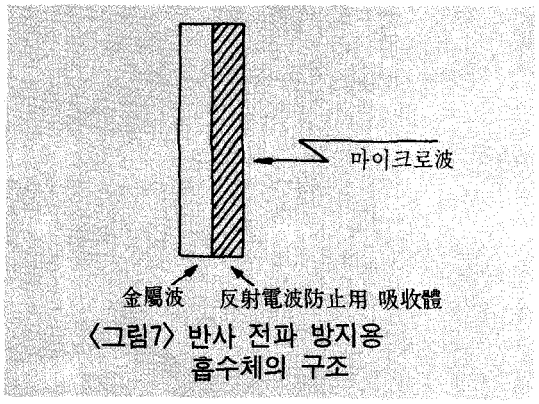
〈그림6〉 電波收束效果의 一例

2. 複素透磁率의 周波數特性

앞서 설명한 바와 같이 복합페라이트는 마이크로파 영역에서 磁氣緩和現象이 관측되며,

〈표 2〉 전파누설방지용 복합페라이트 전파흡수체

Material	IR-B 006	IR-B 006 PE	IR-B 006P	IR-B 006M	IR-B 005H	IR-B 005S
Highlight	Flexible	Flexible	Rigid	Rigid	Hard High tempera ture resistance	Flexible High tempera ture resistance
Frequencyrange	500MHz and up	500MHz and up	500MHz and up	500MHz and up	500MHz aNd up	500MHz and up
Basic Composition	Ferrites in chloroprene rubber	Ferrites in poly ethylene chloride rubber	Ferrites in poly propylene resin	Ferrites in poly amide resin	Ferrites in unsaturated polyester	Ferrites in silicon rubber
color and surface	Black smooth	Black smooth	Black smooth or mat	Black smooth or mat	Black smooth or mat	Black
Cover		Coverless	Coverless	Coverless	Coverless	
Operating temperature	Up to 100℃	Up to 100℃	Up to 65℃	Up to 150℃	Up to 200℃	Up to 300℃
Manufacturing process	Extrusion Compression	Extrusion	Injection	Injection	Compression	Compression
Oil resistance	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Spilled food resistance	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Density	3.3	3.2	2.9	3.0	3.4	3.3
Tensile strenght	10kg / ㎠ and higher	10kg / ㎠ and higher	10kg / ㎠ and higher	10kg / ㎠ and higher	10kg / ㎠ and higher	10kg / ㎠ and higher
Flexial strenght	N / A	N / A	1.5kg / ㎟ and higher	1.5kg / ㎟ and higher	1.5kg / ㎟ and higher	N / A



〈그림7〉 반사 전파 방지용 흡수체의 구조

큰 損失이 나타난다. 고주파영역에서의 자기손실은 히스테리시스 損失, 渦電流 損失 등을 생각할 수 있으며, 일반적으로 磁氣共鳴이 일어나는 周波數 W는 W=əHi로 주어진다.

W : 共鳴周波數

Hi : 內部磁場(異方性 磁場)

ə : 磁氣 回轉比(定數)

이 式으로부터 Hi가 변화하면 共鳴周波數가 변화하고, Hi의 制御에 따라 希望하는 周波數의 磁氣共鳴을 얻는 것이 가능하다.

복합페라이트의 內部磁場 Hi는 페라이트의 種類, 粒子徑, 混合비율 등에 따라서 변화한다.

反射防止用 電波吸收體는 〈그림 7〉과 같이 金屬板 등의 導體가 뒷면에 구조로, 흡수체 표면에서 無反射되기 위한 設計式은 단지 損失만 생각하는 전파누설 방지용 흡수체와 달리, 自由空間의 電氣磁氣的 性質과 〈그림7〉에 나타난 구조로서의 전기자기적 성질을 외부에도 동일하게 요구되므로(전파의 반사방지를 위해) 상당히 복잡하게 된다.

흡수체 표면에서의 反射係數 T는 일반적으로 다음과 같은 식으로 주어진다.

$$\dot{T}_0=\frac{\dot{T}_0-e^{-2\ ird}}{1-\dot{T}_0e^{-2\ ird}}$$

단,

$$\dot{T}_0=\frac{\sqrt{\dot{\mu}/\dot{\varepsilon}}-1}{\sqrt{\dot{\mu}/\dot{\varepsilon}}+1}$$

$$j=\frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\dot{\mu}\dot{\varepsilon}}$$

여기서 $\dot{\mu}=\dot{\mu}-j\dot{\mu}'$

$\dot{\varepsilon}=\varepsilon'-j\dot{\varepsilon}'$

d는 두께이다.

따라서 목적으로 하는 주파수 범위에서 흡수체의 두께 d를 일정하게 한 경우, T가 최소가 되는 $\dot{\mu}$와 $\dot{\varepsilon}$의 주파수 특성이 요구된다. 일반적으로 복합페라이트에서 ε의 주파수 특성은 거의 일정한 값을 나타내므로 실용상은 $\dot{\mu}$의 주파수 특성에 착안해서 재료를 선택한다. 〈계속〉

KIPA通信 發刊案內

本會는 매월 10일 特許界 뉴스지 KIPA 通信을 發刊하고 있습니다.

國內外 特許界 뉴스를 보다 신속하게 알려 드리기 위해 發刊하는 KIPA通信의 많은 애독을 바랍니다. 會員社에는 무료 提供되고 있습니다.

海外 特許情報 發刊案內

本會는 年4回 季刊으로 海外 特許情報를 發刊하고 있습니다.

4·6倍版 200面 내외로 發刊되는 이 刊行物에는 海外 特許制度를 비롯하여 각종特許情報가 실려있습니다.

會員社는 無料配布되고 있습니다.

신간 **발명入門**

규 격 : 국판234면
가 격 : 3,500원
발 간 : 한국발명특허협회