



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H05K 9/00 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년05월30일 10-0722798 2007년05월22일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2005-0106617	(65) 공개번호	10-2006-0052537
(22) 출원일자	2005년11월08일	(43) 공개일자	2006년05월19일
심사청구일자	2005년11월08일		

(30) 우선권주장	JP-P-2004-00323339	2004년11월08일	일본(JP)
	JP-P-2004-00323340	2004년11월08일	일본(JP)
	JP-P-2004-00323341	2004년11월08일	일본(JP)

(73) 특허권자 티디케이가부시기가이샤
일본 도쿄도 추오구 니혼바시 1쵸메 13반 1고

(72) 발명자 모리코시 히로키
일본 도쿄도 추오구 니혼바시 1쵸메 13반 1고 티디케이가부시기가이샤
내

와카야마 카즈히코
일본 도쿄도 추오구 니혼바시 1쵸메 13반 1고 티디케이가부시기가이샤
내

(74) 대리인 황이남

(56) 선행기술조사문헌	
JP10079302 A	JP10056292 A
JP07326508 A	JP12243615 A
JP06132692 A	JP06252586 A
JP09027693 A	

심사관 : 박승철

전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 전자파 흡수시트의 제조방법, 분체의 선별방법 및 전자파흡수시트

(57) 요약

본 발명은 전자파(電磁波) 흡수시트의 특성을 한층 더 향상시킬 수가 있는 전자파 흡수시트의 제조방법 등을 제공하는 것을 목적으로 한다.

분쇄공정을 거쳐서 분쇄 편평화(扁平化) 처리를 한 처리분말(PO)을 원심풍력식 선별장치(50)에 투입하고, 챔버(51) 내에서 선회하는 기류 중에서 작용하는 원심력과 항력(抗力)의 차에 의하여, 편평상 연자성 금속분말(扁平狀軟磁性金屬粉末)

(P1)과 미편평분말(P2)로 선별하도록 하였다. 그리고, 미편평분말(P2)을 제거하고, 편평상 연자성 금속분말(P1)을 사용하여 전자과 흡수시트를 형성하는 것에 의하여, 그 특성을 향상시킨다. 또, 선별된 미편평분말(P2)은 분쇄공정의 원료분말로서 재활용하는 것이 바람직하다.

대표도

도 4

특허청구의 범위

청구항 1.

전자과 흡수시트를 제조하는 방법으로서,

원료분말을 분쇄·편평화 처리하여 처리분말을 얻는 공정과,

상기 처리분말을 연자성 금속분말 (a)와, 상기 연자성 금속분말 (a)보다 어스펙트비가 작은 연자성 금속분말 (b)로 선별하는 공정과,

상기 연자성 금속분말 (a)의 표면에 절연막을 형성하는 공정과,

상기 절연막이 형성된 상기 연자성 금속분말 (a)를 퇴적시키고, 가압력을 부여하는 것에 의하여 상기 연자성 금속분말 (a)끼리를 접합시켜 시트형상 생성물을 생성시키는 공정과,

상기 시트형상 생성물을 열처리하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 하는 전자과 흡수시트의 제조방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 처리분말을 선별하는 공정은, 상기 처리분말을 챔버내에서 선회하는 기류중에 투입하여 실시하는 것을 특징으로 하는 전자과 흡수시트의 제조방법.

청구항 3.

제2항에 있어서,

상기 처리분말을 선별하는 공정에서는, 상기 챔버 내의 내주부로부터 상기 연자성 금속분말 (a)를 회수하고, 상기 챔버 내의 외주부로부터 상기 연자성 금속분말 (b)를 회수하는 것을 특징으로 하는 전자과 흡수시트의 제조방법.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 연자성 금속분말 (b)를, 상기 처리분말을 얻는 공정에 있어서의 상기 원료분말로서 재활용하는 것을 특징으로 하는 전자과 흡수시트의 제조방법.

청구항 5.

제1항에 있어서,

상기 열처리하는 공정은, 상기 시트형상 생성물을 열처리 로에 넣고, 평균 승온속도 $15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이하로 상기 열처리 로를 승온시켜, $400\sim 800^{\circ}\text{C}$ 의 열처리 온도에서 열처리하는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수시트의 제조방법.

청구항 6.

제5항에 있어서,

상기 열처리하는 공정에서는, 상기 열처리 온도까지의 평균 승온속도를 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이하로 하는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수시트의 제조방법.

청구항 7.

제5항에 있어서,

상기 열처리하는 공정에서는, 상기 열처리 온도를 $520\sim 590^{\circ}\text{C}$ 로 하는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수시트의 제조방법.

청구항 8.

제5항에 있어서,

상기 열처리하는 공정에서는, 상기 열처리 온도를 60분간 이상으로 유지하는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수시트의 제조방법.

청구항 9.

제5항에 있어서,

상기 열처리하는 공정에서는, 상기 열처리 온도를 소정의 시간 유지한 후, 평균 강온속도 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이하로 상기 열처리 로를 강온시키는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수시트의 제조방법.

청구항 10.

형상이 서로 다른 제1의 분체와 제2의 분체의 혼합물을 챔버내에서 선회하는 기류중에 투입하고,

상기 챔버내의 내주부로부터 상기 제1의 분체를 회수하고, 상기 챔버내의 외주부로부터 상기 제2의 분체를 회수하는 것에 의하여, 상기 제1의 분체와 상기 제2의 분체를 선별하는 것을 특징으로 하는 분체의 선별방법.

청구항 11.

제10항에 있어서,

상기 제1의 분체와 상기 제2의 분체에 대하여, 상기 선회하는 기류중에서 작용하는 원심력과 항력의 차이에 의하여, 상기 제1의 분체와 상기 제2의 분체를 선별하는 것을 특징으로 하는 분체의 선별방법.

청구항 12.

제10항에 있어서,

상기 제1의 분체는, 상기 제2의 분체보다 어스펙트비(比)가 큰 것을 특징으로 하는 분체의 선별방법.

청구항 13.

제10항에 있어서,

상기 혼합물은, 전자과 흡수시트에 있어서 전자과 흡수성능을 갖는 자성층의 원료가 되는 연자성 금속분말인 것을 특징으로 하는 분체의 선별방법.

청구항 14.

표면에 절연막을 갖는 편평상 연자성 금속분말이 그 두께 방향으로 층형상으로 적층됨으로써 형성된 자성층과,

절연재료로 형성된 절연층을 가지며,

상기 편평상 연자성 금속분말은, 어스펙트비가 160~1250인 것을 93wt% 이상 함유하는 것을 특징으로 하는 전자과 흡수시트.

청구항 15.

제14항에 있어서,

상기 편평상 연자성 금속분말의 40wt% 이상이 45~125 μm 의 입자지름을 갖는 것을 특징으로 하는 전자과 흡수시트.

청구항 16.

제15항에 있어서,

32 μm 이하의 입자지름을 갖는 상기 편평상 연자성 금속분말이 30wt%이하인 것을 특징으로 하는 전자과 흡수시트.

청구항 17.

제15항에 있어서,

32~45 μm 의 입자지름을 갖는 상기 편평상 연자성 금속분말이 25wt%이하인 것을 특징으로 하는 전자과 흡수시트.

청구항 18.

제15항에 있어서,

상기 편평상 연자성 금속분말의 두께가 $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 전자파 흡수시트.

청구항 19.

제15항에 있어서,

상기 편평상 연자성 금속분말의 보자력(H_c)이 6.50e 이하인 것을 특징으로 하는 전자파 흡수시트.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 전자 노이즈에 대한 대책부품 등으로 사용되는 전자파 흡수시트의 제조방법 등에 관한 것이다.

퍼스널컴퓨터, 게임기기 또는 휴대정보단말로 대표되는 디지털 전자기기를 비롯한 전자장치는, 회로의 고주파화, 고성능화에 따라서 고밀도화가 진행되고 있으며, 수동(受動)소자가 반도체소자 등의 노이즈를 방사하는 능동(能動)소자의 영향을 받기 쉽게 되어 있다. 종래, 이에 대한 대책으로서, 페라이트코어나 준(準)마이크로파 대역에 대응하는 전파흡수체가 이용되고 있으나, 전자기기의 소형화에 따라서, 노이즈에 대한 대책부품의 소형화, 박형화(薄型化), 고성능화가 요구되고 있다.

한편, EMC(Electromagnetic Compatibility)규격을 충족시키기 위하여, 100MHz 근방의 비교적 낮은 주파수에서의 노이즈 규격을 충족시키는 것이 중요한 과제로 되고 있으며, 이 대역에 대응하는 전파흡수체나 소형 EMI(Electromagnetic Interference)대책부품의 수요가 확대되고 있다.

이에 대응하여, 편평상 자성분말을 열처리하여 잔류응력을 저감시킨 후에 면내의 방향으로 배향시켜서, 유기결합제의 유리전이온도 T_g 이상의 온도에 있어서 시트면에 수직 방향으로 가압하는 것에 의하여, 공명주파수를 저주파화시켜, 100MHz 이하의 주파수에서 높은 투자율(透磁率)을 달성할 수 있는 복합자성체 시트의 제조방법이 제안되고 있다(예를 들면, 일본국 특개2000-4097호 공보 참조.). 그러나, 이와 같은 유기결합제와 편평상 자성분말의 복합자성체시트의 투자율은, 100MHz 에서 겨우 30정도로서, 고투자율을 얻는다는 것은 곤란하다.

또, 편평상태의 연자성 분말을 사용하며, 압출성형에 의해서 판형상으로 성형하는 것을 특징으로 하는 압분자심(壓粉磁心)의 제조방법도 제안되고 있다(예를 들면, 일본국 특개평 11-74140호 공보 참조.). 이 방법에서는, 편평상 연자성 분말이 압출방향으로 배향하기 때문에 투자율을 높게 할 수 있는 이점이 있으나, 두께가 0.4mm 보다도 얇은 시트로 제조하고자 하면, 협노즐(narrow nozzle)로 압출시키는 것과 동시에 텐션을 가해서 인출하여 얇게 할 필요가 있으며, 고투자율화 하는 것이 곤란해진다. 즉, 협노즐로부터의 압출시에 인출할 수 있을 정도의 유연성을 부여하기 위해서는 수지량을 많게 하여, 압출온도에 있어서의 점성을 낮출 필요가 있고, 이 때문에 자성분말의 충전량이 감소하여 고투자율을 얻을 수가 없기 때문이다.

또, 압출에 의하지 않고, 인쇄적층법이나 독터블레이드(doctor blade)법에 의하여 얇게 하는 방법도 제안되고 있다(예를 들면, 일본국 특개평 11-176680호 공보, 일본국 특개평 11-176680호 공보 참조.).

상기 일본국 특개평 11-176680호 공보에 개시되어 있는 것은, 어스펙트비가 $5 \sim 40$ 인 편평상의 연자성 금속분말과 바인더를 사용하여 인쇄적층법에 의해서 두께 $500 \mu\text{m}$ 이하의 시트를 제작하고, 이 시트를 두께 10mm 이하로 겹쳐서 다시 가압성형하고 이를 편칭하여 자심으로 하는 방법이다. 그러나, 이 방법을 사용하여도 용제(溶劑) 이외에 다량의 유기바인더를 사용하기 때문에, 연자성 금속분말의 점적율(占積率)을 75%보다 높게 하는 것이 곤란하고, 또, 성형에 수반하는 응력의 열화를 피할 수가 없으며, 잔류응력을 효과적으로 제거할 수 있는 열처리도 실시할 수 없기 때문에, 결과적으로 100MHz 부근의 고주파에 있어서 높은 투자율을 얻을 수가 없다.

또, 일본국 특개평 11-176680호 공보에는, 편평상 연자성 분말과 결합제, 용매로 이루어지는 슬러리 상태의 혼화물로 성막(成膜)을 실시하는 복합자성체의 제조방법이 개시되어 있다. 이 방법에 있어서, 응력 변형을 제거한 편평상 연자성 분말에 재차 응력변형을 가하지 않도록 복합자성체를 제조하는 것을 특징으로 하고 있으나, 이와 같이 편평분말 자체에 변형응력을 가하지 않는 방법으로서, 재료의 점적율을 크게 하는 것이 곤란할 뿐 아니라, 수지의 경화수축에 의한 응력발생을 원리적으로 피할 수가 없는 등의 결점을 가지고 있기 때문에, 100MHz부근의 고주파에서 높은 투자율을 얻는 것은 기대할 수가 없다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상술한 바와 같이 종래의 기술은, 모두 편평상 연자성 금속분말의 잔류응력을 작게 한 후, 성형공정에 있어서 이 편평상 연자성 금속분말에 과대한 응력이 가해지지 않도록 배려하는 것에 중점을 둔 기술사상에 기초한 것이며, 이와 같은 기술사상으로서의 실질적으로 금속분말의 점적율을 크게 할 수 없을 뿐 아니라, 성형체의 잔류응력이 작아지지 않는다는 2중의 결점을 가지고 있으며, 수십MHz~수GHz대역에 이르는 고주파에서의 복소투자율의 향상에 한계가 있었다.

이에 대하여, 본 발명자들은 일본국 특개 2002-289414호 공보에 있어서, 표면에 절연막이 형성된 편평상 연자성 금속분말을 압박접촉으로 접합시키고, 편평상 연자성 금속분말이 구성하는 연자성 금속상의 사이에, 절연막이 구성하는 절연상을 개재시키는 것에 의하여 구성된 복합자성체를 이미 제안한바 있다. 이와 같은 복합자성체에 의하면, 복합자성체에 대한 연자성 금속상의 점적율을 50%이상으로 할 수가 있으며, 또, 복합자성체를 두께가 5 μ m~0.4mm의 시트상으로 하는 것을 가능하게 하였다.

이와 같은 복합자성체에 있어서는, 그 특성의 향상이 항상 요망되고 있는바, 본 발명은, 이와 같은 기술적 과제를 기초로 하여 이루어진 것으로서, 전자파 흡수시트의 특성을 한층 더 향상시킬 수가 있는 전자파 흡수시트의 제조방법 등을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성

본 발명자들은, 특성의 향상을 목표로 하여, 상기와 같은 전자파 흡수시트의 제조과정의 각부분에 관하여 예의검토를 거듭하였다.

그 과정에서, 편평상 연자성 금속분말을 제작한 시점에 있어서, 이 편평상 연자성 금속분말에는 편평화가 충분하지 않은 것(이하, 이것을 「미편평분말」 이라고 칭한다)이 혼재되어 있으며, 이 미편평분말이 전자파 흡수시트의 특성을 열화시키는데 큰 영향을 미치게 하고 있다는 것을 발견하였다.

상기와 같은 발견으로 이루어진 본 발명의 전자파 흡수시트의 제조방법은, 원료분말을 분쇄·편평화처리하여 처리분말을 얻는 공정과, 상기 처리분말을 소정 이상의 어스펙트비를 가진 연자성 금속분말 (a)와, 소정 미만의 어스펙트비를 가진 연자성 금속분말 (b)로 분리 선별하는 공정과, 상기 연자성 금속분말 (a)의 표면에 절연막을 형성하는 공정과, 상기 절연막이 형성된 연자성 금속분말 (a)를 퇴적시키고 가압력을 부여하는 것에 의하여 연자성 금속분말 (a)끼리를 접합시켜 시트형상의 생성물을 생성시키는 공정과, 상기 시트형상 생성물을 열처리하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

이와 같이 하여, 처리된 분말로부터 상기 소정 미만의 어스펙트비의 연자성 금속분말 (b)를 제거하고, 상기 연자성 금속분말 (a)만을 사용하여 전자파 흡수시트를 만들게 함으로써 그 전자파 흡수시트의 특성을 한층 더 향상시킬 수가 있다.

그런데, 종래부터 편평상 연자성 금속분말의 제작공정에서는, 편평상 연자성 금속분말의 입도(粒度)를 균일하게 하기 위하여, 체 등을 사용하여 편평상 연자성 금속분말의 분급(分級)을 실시하였다. 그러나, 체에 의한 분급에 있어서는 편평상 연자성 금속분말 뿐 아니라, 미편평분말도 체를 통과해 버리므로 미편평분말의 제거가 곤란하였다.

그래서, 상기 처리분말을 선별하는 공정은, 처리분말을 챔버내에서 선회하는 기류중에 투입하여 실시하는 것이 바람직하다. 즉, 처리분말을 챔버내에서 선회하는 기류중에 투입하는 경우, 어스펙트비의 차이에 의하여 원심력에 대한 항력이 다르기 때문에, 어스펙트비가 작은 처리분말은 보다 큰 항력을 받는 어스펙트비가 큰 처리분말보다도 챔버내에서 외주쪽으로 용이하게 이동한다. 이에 의하여, 챔버내의 내주부로부터 연자성 금속분말 (a)를 회수하고, 챔버내의 외주부로부터는 연자성 금속분말 (b)를 회수할 수가 있게 된다.

또, 처리분말로부터 연자성 금속분말 (a)를 회수하고 남은 연자성 금속분말 (b)는 원료분말과 거의 동일한 형상을 유지하고 있다는 것을 알 수 있었다. 그래서, 이 연자성 금속분말 (b)를, 처리분말을 얻는 공정에 있어서의 원료분말로서 재이용할 수가 있다. 이에 의하여, 연자성 금속분말 (b)를 폐기하지 않고 유효하게 이용할 수가 있다.

또, 상기한 바와 같이 챔버내에서 선회하는 기류중에 투입하고, 원심력을 사용하여 선별을 실시한다는 기술사상은, 상기한 바, 연자성 금속분말 (a),(b)로만 한정되지 않고, 여러가지 분체의 선별에도 적용할 수가 있다.

즉, 본 발명은, 형상이 서로 다른 제1의 분체와 제2의 분체의 혼합물을 챔버내에서 선회하는 기류중에 투입하고, 챔버내의 내주부로부터 제1의 분체를 회수하고, 챔버내의 외주부로부터 제2의 분체를 회수하는 것에 의하여, 제1의 분체와 제2의 분체를 선별하는 것을 특징으로 하는 분체의 선별방법으로 할 수도 있다.

이 경우, 형상이 서로 다른 제1의 분체와 제2의 분체는, 제1의 분체와 제2의 분체에 대하여 기류중에서 작용하는 원심력과 항력의 차이에 의하여 제1의 분체와 제2의 분체를 선별할 수가 있다.

형상의 차이에 의하여 기류중에서 작용하는 항력이 다른 것이라면, 제1의 분체와 제2의 분체는 어떠한 것이라도 좋으나, 제1의 분체가 제2의 분체보다도 어스펙트비가 큰 것인 경우에, 본 발명은 특히 유효하다. 이와 같은 어스펙트비가 다른 제1의 분체와 제2의 분체를 챔버내에서 선회하는 기류중에 투입하면, 상기한 바와 같이, 원심력에 대한 항력의 차이때문에 어스펙트비가 작은 제2의 분체가 원심력에 의하여 챔버내에서 외주부로 용이하게 이동하며, 제2의 분체보다도 어스펙트비가 큰 제1의 분체는 챔버내의 내주부로부터 회수할 수가 있는 것이다.

또한, 상기 제1의 분체와 제2의 분체는 거의 동일한 질량을 가지고 있는 것이 바람직하다. 즉, 거의 동일한 지름과 재질의 원료분말을 편평화한 경우에 있어서의 선별방법으로서 본 방법을 유효하게 적용할 수가 있다. 물론, 혼합물로부터 어스펙트비가 큰 제1의 분체를 회수하는 경우 뿐 아니라, 어스펙트비가 작은 제2의 분체를 회수하는 것을 목적으로 하는 경우에도 본 방법은 유효하다.

또한, 상기와 같은 본 방법은, 혼합물이 전자과 흡수시트에 있어서 전자과 흡수성능을 갖는 자성층의 원료가 되는 연자성 금속분말이며, 편평상 연자성 금속분말을 편평화가 충분하지 않은 것으로부터 선별하는 경우에 특히 유효하다는 것은 물론이다.

또한, 본 발명에 있어서는, 기류를 이용하여 선별을 실시한다는 성질상, 완전한 선별이 가능하다고는 할 수가 없으며, 선별 후에 있어서, 다소의 연자성 금속분말 (a)와 연자성 금속분말 (b)의 혼재, 즉 제1의 분체와 제2의 분체의 혼재를 허용하는 것으로 한다.

또, 상기한 바와 같은 본 발명의 방법을 사용함으로써, 표면에 절연막을 갖는 편평상 연자성 금속분말이, 그 두께 방향으로 층상으로 적층되어 형성된 자성층과, 절연재료로 형성된 절연층을 가지며, 편평상 연자성 금속분말은 어스펙트비가 160~1250인 것을 93wt%이상 포함하는 것을 특징으로 하는 전자과 흡수시트를 얻을 수가 있다. 이와 같이, 어스펙트비가 높은 편평상 연자성 금속분말을 많이 함유하는 것에 의하여, 편평화가 충분하지 않은 미편평분말이 혼재되어 자성층이 형성된 경우와 비교하여 그 특성이 향상된다.

(실시예)

이하, 본 발명을 알맞은 실시형태를 통해서 더 상세히 설명한다.

도1(a)에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태에 있어서의 전자과 흡수시트(1)는 자성층(10)의 양면에 절연층(20)을 가진 구성으로 되어 있다. 여기서, 자성층(10)은 전체적으로 5~100 μ m의 두께를 가지고 있는 것이 바람직하다. 또, 절연층(20)은 전체적으로 50 μ m이하, 다시 15 μ m이하인 것이 더욱 바람직하다.

또, 도1(b)에 나타내는 바와 같이, 전자과 흡수시트(1)는, 자성층(10) 양측의 절연층(20)의 한쪽에, 이 절연층(20)이 자성층(10)과 접하는 측과는 반대측의 면에 접하도록 도전체층(30)을 갖게 하는 것도 가능하다. 이 도전체층(30)은 구리나 카본 등의 도전성 재료로 형성되는 것으로서, 전자과 흡수시트(1)를 접지시키기 위한 것이다. 이 경우, 도전체층(30)은 또 다른 절연층으로서의 절연층(20)에 의하여 피복된다.

도2에, 전자과 흡수시트(1)를 구성하는 자성층(10)을 모식적으로 나타낸다. 자성층(10)은 다수의 자성분말(11)이 소성변형되어 긴밀하게 얹혀서 형성되어 있다.

개개의 자성분말(11)은, 편평상 연자성 금속분말로 이루어지는 연자성 금속상(相)(12)과, 연자성 금속상(12)의 표면에 형성된 절연막으로 이루어지는 절연상(相)(13)으로 형성되는 복합자성체이다. 이에 의하여, 서로 접하는 연자성 금속상(12)의 사이에는 절연상(13)이 개재하게 된다. 이에 의하여, 자성층(10)은 표면에 절연막을 갖는 편평상 연자성 금속분말이, 그 두께 방향으로 층형상으로 적층되는 것에 의하여, 소정의 두께로 형성된 시트형상의 구성으로 되어 있다.

먼저, 연자성 금속상(12)을 구성하는 편평상 연자성 금속분말에 관해서 설명한다. 여기서, 편평상이란, 어스펙트비(분체의 긴지름의 최소두께에 대한 비)가 1보다 큰 것을 말하는 것으로 한다.

편평상 연자성 금속분말은, 퍼멀로이(Permalloy; 상품명)(Fe-Ni합금), 슈퍼퍼멀로이(Fe-Ni-Mo합금), 센더스트(Sendust)(Fe-Si-Al합금), Fe-Si합금, Fe-Co합금, Fe-Cr합금, Fe-Cr-Si합금 등이며, 그 어스펙트비의 바람직한 범위는 160~1250, 보다 바람직한 범위는 450~1250이다.

편평상 연자성 금속분말의 두께(압연 전의 두께)의 바람직한 범위는 0.1~1.0 μm , 보다 바람직한 범위는 0.2~0.5 μm 이다. 편평상 연자성 금속분말의 두께를 0.1 μm 미만으로 하는 것은 제조하는데 곤란하고 취급도 어려워진다. 또, 편평상 연자성 금속분말의 두께가 1.0 μm 를 넘으면, 고주파에서의 자기특성의 저하를 초래하게 됨으로 바람직하지 않다. 또, 편평상 연자성 금속분말을 압박접합시켜도, 두께는 거의 변화하지 않는다. 따라서, 편평상 연자성 금속분말이 압박접합된 후의 두께도 0.1~1.0 μm 의 범위로 된다.

또, 편평상 연자성 금속분말의 긴지름의 바람직한 범위는 16~125 μm , 보다 바람직한 범위는 45~125 μm 이다. 특히, 긴지름이 45~125 μm 의 범위에 있는 편평상 연자성 금속분말이 40wt%이상을 차지하는 편평상 연자성 금속분말을 사용하는 것이 바람직하다. 후술하는 실시예에 나타내는 바와 같이, 높은 투자율 특성을 얻기 위하여 긴지름이 45~125 μm 의 범위에 있는 것이 바람직하기 때문이다. 다만, 사용하는 편평상 연자성 금속분말의 모두가 그 긴지름이 45~125 μm 의 범위에 있을 필요는 없으며, 이것 또한 후술하는 실시예에 나타내는 바와 같이, 전체의 40wt% 이상을 차지하고 있으면 소망하는 투자율 특성을 얻을 수가 있다. 긴지름이 45~125 μm 의 범위에 있는 편평상 연자성 금속분말이 차지하는 비율은, 바람직하게는 50wt%이상, 더욱 바람직하게는 70wt%이상으로 한다. 40wt%이상인지 아닌지는 긴지름이 45~125 μm 의 범위에 있는 편평상 연자성 금속분말이 전체에서 차지하는 중량비로 판정하게 된다. 이 편평상 연자성 금속분말은, 최종적으로 45~125 μm 의 범위의 것이 40wt%이상 차지하고 있으면 좋다. 예를 들면, 후술하는 선별공정에서 이 조건을 충족하고 있지 않아도, 그 후에 체로 쳐서 분별하는 것으로 조건을 충족하게 되면 그것으로 충분하다.

다음에, 절연상(13)을 구성하는 절연막에 관하여 설명한다.

도2에 나타낸 바와 같이, 편평상 연자성 금속분말의 전체 표면에 균일하게 절연막이 형성되어 있는 것이 이상적이기는 하지만, 편평상 연자성 금속분말의 표면에 절연막이 형성되어 있지 않은 부분이 있어도 압박접합시킨 후에 절연상(13)으로서 기능할 수 있을 정도의 절연막이 형성되어 있으면 좋다.

편평상 연자성 금속분말과 절연재료를 혼합하고, 소정의 처리를 가하는 것에 의하여, 편평상 연자성 금속분말의 표면에 절연막이 형성된다. 절연재료로서는, 유기절연재료, 무기절연재료를 사용할 수가 있다. 보다 상세하게는, 무기폴리머계(系)의 페르하이드로 폴리실라잔 등의 폴리실라잔계의 재료가 바람직하며, 실란계나 티타네이트계의 커플링제, 무기절연체인 실리카졸, 티타니아졸, 마그네시아졸, 알루미늄아졸, 분말유리, 보론나이트라이드 등을 절연재료로서 사용할 수도 있으며, 이들을 페르하이드로 폴리실라잔과 조합하여 사용하여도 좋다.

또, 도1에 나타낸 절연층(20)은 절연재료로 형성되는 층이며, 예를 들면, 수지시트를 자성층(10)에 첩착시키거나, 또는 절연재료를 자성층(10)의 표면에 도포하는 것으로 형성된다.

전자과 흡수시트(1)의 표면에 전기절연성을 부여하기 위한 절연재료로서는, 수지가 적합하며, 그 중에서도 강도와 절연성, 그리고 난연성에 우수한 것이 바람직하다. 절연층(20)을 형성하는 재료의 구체적인 예로서는, 페놀수지, 유리아수지, 멜라민수지, 테프론(등록상표), 폴리이미드, 폴리염화비닐, 난연폴리에틸렌, 난연폴리프로필렌, 난연폴리스틸렌, 폴리페닐렌술폰, 난연PET, 난연PBT, 난연폴리올레핀, 실리콘수지, 에폭시수지 등의 수지가 있으며, 난연성을 향상시키기 위한 난연제를 첨가하는 경우에는, 비 할로젠계의 난연제를 사용하는 것이 바람직하다.

도3은, 본 실시형태에 있어서의 전자와 흡수시트(1)의 제조공정을 나타내는 도면이다.

우선, 분쇄공정에 있어서, 원료분말인 평균입자지름 10~100 μ m의 연자성 금속의 아토마이즈된 분말을 톨루엔 등의 유기용매중, 예를 들면, 교반밀을 사용하여 분쇄하여 두께 0.1~1.0 μ m, 어스펙트비 160~1250의 편평상 연자성 금속분말을 얻는다.

이와 같이 하여 얻어진 편평상 연자성 금속분말에는, 충분히 분쇄편평화되어 있지 않은 미편평분말이 포함되어 있다. 그래서, 분쇄공정 후의 처리분말(편평상 연자성 금속분말과 미편평분말이 혼재한 것)을, 편평상 연자성 금속분말과 미편평분말로 구분 선별한다(선별공정).

상기 선별에 있어서는, 도4에 나타내는 바와 같은 원심풍력식의 선별장치(50)를 사용하는 것이 바람직하다. 이 선별장치(50)는 평면으로 보아 대략 원형의 챔버(51)내에, 도시하지 않는 모터 등에 의하여 구동되는 로터(rotor)(52)를 구비하고 있다. 이 로터(52)에는, 원반형상의 테이블(53)이 일체적으로 설치되어 있다. 챔버(51)의 상부 중앙에는 호퍼(hopper)(54)로부터 스크류피더(55)에 의하여, 분쇄·편평화처리를 거친 처리분말(혼합물) PO를 테이블(53)의 중앙부에 낙하시켜서 공급하는 공급관(56)이 설치되어 있다.

테이블(53)의 상면에는, 중앙부에 원추형상의 볼록부(53a)가 설치되며, 이 볼록부(53a)의 외주측에 방사형상으로 연장되는 복수의 날개판(53b)이 설치되어 있다. 이에 의하여, 로터(52)가 회전구동되어 테이블(53)이 소정의 방향으로 회전하면, 공급관(56)으로부터 낙하공급되는 처리분말 PO는 원심력에 의하여 테이블(53)로부터 외주측으로 날려지게 되어 있다.

또, 챔버(51)에는, 챔버(51) 내로 기체를 불어 넣는 흡기구(57)와, 테이블(53)의 아래쪽에서 챔버(51)의 내주부에 개구부(58a)를 갖는 내주측 배출유로(58)와, 챔버(51)의 외주부에 개구부(59a)를 갖는 외주측배출유로(59)가 형성되어 있다. 챔버(51) 내에 있어서는 도시하지 않는 펌프 등으로 흡기구(57)로부터 에어 등의 기체를 챔버(51)내에 흡입시키면, 이 기체는 날개판(53b)을 구비한 테이블(53)의 회전에 의하여 챔버(51)내에서 소용돌이 형상으로 선회하는 흐름이 발생한다. 그리고, 그 기체는 내주측 배출유로(58)와 외주측 배출유로(59)로부터 외부로 배출된다.

이렇게 하여, 테이블로부터(53) 외주측으로 날려진 처리분말 PO는 기체의 흐름을 따라서 내주측 배출유로(58)와, 외주측 배출유로(59)로부터 외부로 배출되게 되어 있다. 이들 내주측 배출유로(58), 외주측 배출유로(59)에는 각각 회수용기(60, 61)가 부착되어 있으며, 배출된 처리분말 PO는 회수용기(60, 61)로 회수된다.

선별장치(50)에 있어서는, 테이블(53)로부터 외주측으로 날려진 처리분말 PO중에서, 어스펙트비(처리분말 PO의 긴지름과 최소두께의 비율=최대지름/최소두께)가 큰 편평상 연자성 금속분말(연자성 금속분말 (a), 제1의 분체) P1은 내주측 배출유로(58)에 흡입되며, 어스펙트비가 작고 충분히 편평화되어 있지 않은 미편평분말(연자성 금속분말 (b), 제2의 분체) P2는 외주측 배출유로(59)로부터 배출되게 되어 있다. 이렇게 하여 편평상 연자성 금속분말 P1과 미편평분말 P2를 선별할 수 있는 것이다.

여기서, 선별의 기준이 되는 어스펙트비는, 대체로 160으로 할 수가 있다. 즉, 어스펙트비 160이상의 처리분말 PO를 편평상 연자성 금속분말 P1으로 하고, 어스펙트비 160미만의 처리분말 PO를 미편평분말 P2로 하여 선별할 수가 있는 것이다.

이와 같은 선별을 검토한다. 이와 같은 구성의 선별장치(50)에 있어서, 테이블(53)로부터 외주측으로 날려진 처리분말 PO에는 챔버(51)의 외주측을 향하는 방향의 원심력과, 이에 상대하는 방향의 항력이 작용한다. 그래서,

원심력 F1은,

$$F1=m\omega^2 r$$

로 표시된다. 이 때, 챔버(51)내의 처리분말 PO는 모두 거의 동일한 지름의 원료분말로 형성되어 있기 때문에, 질량 m은 거의 균일하며, 또 테이블(53)의 반지름 r, 각속도 ω 도 일정함으로, 도5의 (a)와 (b)에 나타내는 바와 같이 편평상 연자성 금속분말 P1이거나, 미편평분말 P2이거나 작용하는 원심력 F1은 거의 동일하다.

한편, 항력F2는,

$$F2 \propto SU^2$$

로 표시된다. 챔버(51)내에 있어서의 기체의 유속 U 는 편평상 연자성 금속분말 P1이거나, 미편평분말 P2이거나 일정하다. 한편, 처리분말 PO의 입자의 투영면적 S 는, 편평상 연자성 금속분말 P1과 미편평분말 P2가 크게 다르다. 편평상 연자성 금속분말 P1은 기체의 흐름 중에서 그 자세가 여러가지로 변하기 때문에(나뭇잎과 같이 흔들린다), 그 자세에 따라서 흐름에 대한 투영면적 S 가 미편평분말 P2보다도 큰폭으로 커지는 타이밍이 있으며, 항력 $F2$ 가 증대한다.

이에 의하여, 테이블(53)로부터 외주측으로 날려진 처리분말 PO중에서, 항력 $F2$ 가 작은 미편평분말 P2는, 원심력 $F1$ 의 영향을 크게 받아 챔버(51)의 외주측에까지 용이하게 도달하여, 외주측 배출유로(59)로부터 배출된다. 이에 대하여, 편평상 연자성 금속분말 P1은 나뭇잎과 같이 흔들리면서 항력 $F2$ 의 영향을 크게 받기 때문에, 미편평분말 P2와 같이 챔버(51)의 외주측에까지 이동하지 않고, 테이블(53)의 외주부에 있어서 내주측 배출유로(58)를 향하는 기체의 흐름에 편승하여 내주측 배출유로(58)에 흡입된다.

이와 같이 하여, 선별장치(50)에 있어서 편평상 연자성 금속분말 P1과, 미편평분말 P2는 선별될 수 있다.

그리고, 내주측 배출유로(58)에 흡입된 편평상 연자성 금속분말 P1은, 회수용기(60)에 회수되어 후(後)공정에 공급되며, 외주측 배출유로(59)로부터 배출된 미편평분말 P2는 회수용기(61)로 회수된다. 그리고, 상기 회수용기(61)로 회수된 미편평분말 P2는, 분쇄공정의 원료분말로서 재활용하게 된다.

상기와 같이 선별된 선별 후의 편평상 연자성 금속분말 P1은, 분쇄공정 후, 열처리 공정으로 이동한다. 이 열처리 공정에서는 편평상 연자성 금속분말 P1에 대하여 불활성가스(예를 들면, 질소) 또는 수소중에서, 예를 들면 600℃에서 60분간의 열처리를 실시한다. 이에 의하여, 연자성 금속분말을 건조하고, 다시 연자성 금속분말을 편평화하기 위한 분쇄공정에 의한 변형이 제거됨과 동시에, 분쇄중에 연자성 금속분말 중에 혼입한 산소 및 탄소가 제거된다. 상기 열처리 공정은 필수적인 것은 아니지만, 편평상 연자성 금속분말 P1은 변형(자왜(磁歪))이 적은 편이 바람직하기 때문에, 후술하는 절연처리 공정에 앞서서 편평상 연자성 금속분말 P1에 열처리를 실시하여, 편평상 연자성 금속분말 P1의 변형을 제거해 두는 것이 바람직하다.

이어서, 혼합공정, 절연막 합성공정으로 이행한다. 이들 공정에서는 편평상 연자성 금속분말 P1과 절연재료(액상 또는 미세분말)를 혼합하고, 소정의 방법으로 절연막을 합성하여 절연처리분말, 즉 편평상 연자성 금속분말 P1의 표면에 절연막이 형성된 자성분말(11)을 제작한다. 이 절연막 합성공정은 절연재료의 종류에 따라서 처리의 방법이 다르다. 이하, 절연재료가 (1)페르하이드로폴리실라잔인 경우, (2)커플링제(실란계, 티타네이트계 등)인 경우, (3)그 밖의 산화물 졸, BN(보론나이트라이드)인 경우에 대하여 각각의 처리방법을 기술한다.

(1) 절연재료가 페르하이드로폴리실라잔인 경우에는, 분쇄반죽기, 탁상 혼합반죽기 등의 혼합장치를 사용하여 편평상 연자성 금속분말 P1과 페르하이드로폴리실라잔을 혼합한다. 혼합한 후, 예를 들면, 대기중 또는 질소중 300℃, 60분간 유지하는 열처리를 실시한다. 페르하이드로폴리실라잔은 대기중에서 열처리하면, SiO_2 로, 질소중에서 열처리하면 Si_3N_4 으로 전화한다.

(2) 절연재료가 커플링제(실란계, 티타네이트계 등)인 경우에는, 습식처리법을 사용하여 금속분말표면을 피복한다. 습식 처리는, 용제로 50~100배로 희석한 커플링제 중에서 편평상 연자성 금속분말 P1을 교반혼합하면서 용제를 날려서 표면 처리를 실시하는 방법이다.

(3) 절연재료가 그 밖의 산화물 졸, BN인 경우에는 혼합장치를 사용하여 편평상 연자성 금속분말 P1과 절연재료를 직접 혼합(건식혼합)한다.

이어서, 편평분말 퇴적공정으로 이행한다. 먼저, 편평분말 퇴적공정에서는, 자성분말(11)을 체로 치면서 낙하시켜 거의 균등하게 기관상에 퇴적시킨다. 이 때, 자성분말(11)을 체에 공급하는 것은 피더 등으로 자동적으로 실시할 수도 있다. 또 이 때, 체를 사용하지 않고 자성분말(11)을 스프레이에 의해서 기관상에 뿜어서 자성분말(11)을 기관상에 퇴적시키는 방법도 있다.

이 편평분말 퇴적공정에 있어서, 체의 그물코사이즈를 적당히 선택하여 절연처리분말의 입도를 변경하는 것에 의하여, 최종적으로 얻어지는 복합자성체의 자기특성을 임의의 범위로 설정하는 것이 가능하다. 여기서는, 절연처리분말의 입도(길이)가 45~125 μm 의 것이 40wt% 이상이 되도록 하는 것이 바람직하다.

이어서, 압연공정으로 이행한다. 이 압연공정에서는, 자성분말(11)이 대략 균일하게 퇴적된 기관위를 압연롤로 압연하고, 기관과 평행하는 방향으로 자성분말(11)을 배향시킨다. 이 때, 절연막이 형성된 편평상 연자성 금속분말 P1(자성분말(11))끼리 압박접합된다. 이에 의하여, 두께 5~100 μm 의 자성층(10)을 형성하는 자성시트(시트형상 생성물)를 얻을 수가 있다.

여기서, 압연 후의 자성시트에 있어서, 성형밀도(단위체적당 자성분말(11)의 중량)가 5.2g/cm³ 이상, 다시 5.5g/cm³ 이상이 되도록 기관상에 퇴적한 자성분말(11)을 압연하는 것이 바람직하다. 이에, 압연시에 있어서 압연롤에 가하는 하중(압력)을 조정한다.

자성층(10)을 형성하는 자성시트의 두께를 상기와 같이 5~100 μm 으로 하는 것은, 이하의 이유 때문이다. 즉, 시트의 두께가 5 μm 보다도 얇은 경우에는, 소결에 의하여 고주파에서 충분히 큰 투자율(透磁率)이 얻어지기 때문에, 복합자성체의 필요성이 작다. 한편, 시트의 두께가 100 μm 을 넘으면, 전기기기의 틀체내부의 좁은 공간에 자성층(10)을 갖는 전자파흡수시트(1)를 수납하는 것이 곤란해진다는 제약 조건 때문이다.

이들 편평분말 퇴적공정, 압연공정에서는 기관표면으로부터 3mm 이상 상방에 위치하는 체 등의 유지용기로부터 자성분말(11)을 자유낙하시켜서, 자성분말(11)을 면내로 배향시킨 상태로 압연을 실시함으로써, 압연 후의 배향도를 개선할 수가 있다.

또한, 압연을 예로 하여 압연공정을 설명하였으나, 이 공정은 압연으로 한정되는 것은 아니다. 편평상 연자성 금속분말 P1이 소성변형할 정도의 가압력을 부여하는 것이라면, 프레스가공 등 다른 가압성형의 방법을 사용하여도 좋으나, 가압의 점에 있어서 압연이 가장 바람직하다.

그 다음, 이 자성시트에 대하여 필요에 따라서 편칭가공을 실시하여도 좋다(편칭 가공공정).

이어서, 열처리 공정으로 이행한다. 열처리 공정에서는, 자성시트를 열처리 로에 넣어 열처리를 실시하고, 편평상 연자성 금속분말 P1의 소성변형 후의 잔류변형을 완화시킨다. 편평상 연자성 금속분말 P1의 현저한 산화를 피하기 위하여, 열처리 분위기를 Ar 등 불활성가스 분위기 중, 질소 또는 수소분위기 중에서 실시하는 것이 바람직하다.

또, 열처리온도(안정온도)의 바람직한 범위는 500~800℃, 보다 바람직한 범위는 500~620℃, 더욱 바람직한 범위는 520~590℃이다. 열처리온도가 500℃ 미만에서는 잔류변형의 완화효과가 적으며, 한편, 열처리온도가 800℃를 넘으면 편평상 연자성 금속분말의 표면에 형성된 절연막의 절연기능이 손상된다. 그리고, 열처리온도를 500~620℃, 다시 520~590℃의 범위로 하는 것에 의하여, 10MHz, 100MHz라는 주파수 대역에 있어서, 높은 투자율을 얻을 수가 있다.

열처리 시간(안정시간)은 40분 이상으로 하는 것이 바람직하며, 60분 이상으로 하는 것이 더욱 바람직하다. 그러나, 생산효율을 향상시킨다는 관점에서, 열처리 시간은 가능한 범위내에서 가급적 짧게 하는 것이 바람직하다. 따라서, 열처리 시간은 60분 정도로 하는 것이 좋다.

또, 열처리 온도에 도달하기까지의 평균승온속도는, 18℃/min 이하로 하는 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 15℃/min 이하, 더욱 바람직하게는 10℃/min 이하로 한다. 즉, 승온을 가급적 완만하게 실시하는 것에 의하여, 10MHz, 100MHz라는 주파수 영역에 있어서, 높은 투자율을 얻을 수가 있기 때문이다. 그러나, 이 경우에도, 생산효율을 향상시킨다는 관점에서 평균승온속도는 가능한 범위 내에서 가급적 높게 하는 것이 바람직하다.

열처리 후의 강온시간은, 상기의 열처리 온도로부터의 평균강온속도가 3℃/min 이하가 되도록 하는 것이 바람직하며, 다시 2℃/min 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. 이에 의하여, 열처리 로를 열어서 자성시트를 인출하는 소정의 온도(예를 들면, 60℃ 정도)까지, 약 160분 이상(3℃/min의 경우), 약 240분 이상(4℃/min의 경우)으로 할 수가 있다. 이와 같이, 강온을 가능한 한 완만하게 실시하는 것에 의하여, 10MHz, 100MHz라는 주파수 영역에 있어서 높은 투자율을 얻을 수가 있다. 한편, 이 경우에도 생산효율을 향상시킨다는 관점에서, 강온속도는 가능한 범위내에서 가급적 높게 하는 것이 바람직하다.

이상과 같은 공정을 거쳐서, 본 실시형태에 있어서의 두께 5~100 μm 의 시트형상 자성층(10)이 얻어진다.

이어서, 절연층 형성공정으로 이행한다. 이 공정에서는 자성층(10)의 양면에 절연층(20)을 형성한다.

이에, 미리 소정의 두께의 시트형상으로 형성된 절연시트를 자성층(10)에 첩부하는 것에 의하여, 이것을 절연층(20)으로 할 수가 있다. 이 때, 절연층(20)을 형성하는 절연시트는 상기한 바와 같은 재료로 형성하면 좋다.

절연층(20)을 형성하는 절연시트를 자성층(10)에 첩부시키기 위해서는, 단순하게는 시트형상의 자성층(10)의 표면, 또는 절연층(20)을 형성하는 절연시트에 도포한 접착제를 사용하면 좋다. 접착제로서는, 절연성, 내열성이 있는 에폭시계, 실리콘계가 바람직하다. 또한, 이온바 라미네이트필름과 같이 절연층(20)을 형성하는 절연시트의 표면에 접착제층을 형성해 두고, 이것을 시트형상의 자성층(10)에 압박부착하는 것도 가능하다. 이 경우, 시트형상의 자성층(10)을 절연층(20)에 압박부착할 때에 열을 가하는 것에 의하여, 절연층(20)의 접착제층을 용융시키는, 이온바 열압착방식을 채용할 수도 있다.

이 밖에, 절연층(20)을 형성하기 위하여, 상기한 바와 같은 재료를 자성층(10)의 표면에 직접 도포하고, 이것을 경화시키는 것도 가능하다. 즉, 절연재료에 의한 코팅에 의해서 절연층(20)을 형성하는 것이다.

이 경우에 사용하는 코팅제로서는, 실리콘레진계, 실리콘고무계, 에폭시계, 에폭시와 실리콘 복합계, 부티랄계, 아크릴계, 에틸셀룰로오스계, 폴리프로필렌계, 스티렌-부타디엔계, 폴리부틸렌계 등의 수지가 바람직하다. 또, 상술한 커플링제, 접착제를 사용할 수도 있다.

자성층(10)을 형성하는 자성시트표면에 절연층(20)으로서 수지층을 형성할 때에는, 자성층(10)을 형성하는 자성시트를 수지에 함침하거나, 자성층(10)을 형성하는 자성시트에 스프레이로 수지를 분무하는 등의 방법을 적당히 채용할 수가 있다. 자성층(10)을 형성하는 자성시트를 수지에 함침하는 경우에는, 수지를 톨루엔, 크실렌, 에탄올, 아세톤 등의 용액으로 희석하여 수지용액을 조정하고, 이 수지용액중에 자성층(10)을 형성하는 자성시트를 3~20분 정도 함침시키면 좋다.

이와 같은 절연층(20)을, 자성층(10)의 양면에 차례로 형성하는 것에 의하여, 도1에 나타난 전자과 흡수시트(1)가 얻어진다.

이상 설명한 바와 같이, 원심풍력식의 선별장치(50)를 사용하여 분쇄공정을 거쳐 분쇄편평화한 처리분말 PO를 편평상 연자성 금속분말 P1과 미편평분말 P2로 구분 선별할 수가 있기 때문에, 미편평분말 P2를 제거하고, 편평상 연자성 금속분말 P1을 사용하여 전자과 흡수시트(1)를 형성함으로써, 그 특성을 향상시킬 수가 있다.

또, 선별된 미편평분말 P2는, 분쇄공정의 원료분말로서 재활용할 수가 있다. 이에 의하여, 재활용된 미편평분말 P2도 다시 분쇄공정에서 분쇄편평화함으로써, 당초 투입한 원료분말로부터 얻어지는 편평상 연자성 금속분말 P1의 비율, 즉 생산수율을 향상시킬 수가 있다. 따라서, 원료를 효율적으로 이용할 수가 있으며, 코스트의 억제, 폐기물량의 저감 등이라는 면에서도 우수하다.

본 실시형태에 있어서의 연자성층(10)을 형성하는 자성시트는, 연자성 금속상(12), 즉, 편평상 연자성 금속분말의 점적율이 75%이상으로 할 수가 있다. 이렇게 함으로써, 양호한 자기특성을 얻을 수가 있다.

또, 본 발명에 의하여 얻어지는 연자성층(10)을 형성하는 자성시트의 단면을 관찰하면, 두께 0.1~1.0 μm 의 편평상 연자성 금속분말이 소성변형하고 있는 것, 편평상 연자성 금속분말이 층상으로 적층되어 있는 것이 확인되었다. 또, 개개의 편평상 연자성 금속분말은, 산화물 또는 질화물로 절연된 구조로 되어 있었다. 즉, 본 실시형태의 연자성층(10)을 형성하는 자성시트는, 층상의 연자성 금속상(12)의 사이에 절연상(13)이 개재되어 있는 구조로 되어 있는 것이 확인되었다. 그리고, 본 실시형태의 연자성층(10)을 형성하는 자성시트는, 작은 반자계(反磁界)와 작은 와전류를 동시에 달성할 수 있는 구조가 된다.

실시예 1

여기서, 상기와 같은 공정으로 자성시트(전자과 흡수시트(1))를 제작하고, 그 특성을 확인하였으므로 그 결과를 나타낸다.

도3의 공정도에서 설명한 바와 같이, 연자성 금속분말로서 물 아토마이저에 의한 평균입자지름 약 30 μm 의 2Mo퍼멀로이 분말(80Ni-2Mo-bal.Fe(mol%))을, 용매에 톨루엔을 사용한 매체 교반밀 중에서 35분 동안 분쇄편평화하여 처리분말을 얻었다.

얻어진 처리분말을 건조시킨 후, 분말을 주사형 전자현미경(SEM)으로 관찰하였다. 그 관찰영상을 도6에 나타낸다.

상기 도6에 나타내는 바와 같이, 처리분말은 편평상의 분말과, 거의 원료분말의 형상(구(球)형상)을 유지하고 있는 분말(이것이 미편평분말)이 혼재되어 있었다.

이어서, 처리분말에 대하여 절연상(13)을 형성하는 절연재료로서의 페르하이드로폴리실라잔(clariant japan 제품, 폴리실라잔 NL110A-20)을 사용하여 절연막 합성처리를 실시하였다. 이 때, 페르하이드로폴리실라잔의 편평형상 Mo퍼멀로이 분말에 대한 첨가량을 4.5중량%로 하였다. 그리고, 편평형상 Mo퍼멀로이분말과 페르하이드로폴리실라잔을 혼합기를 사용하여 실온에서 약 60분간 혼합하였다. 그 후, 대기중, 300℃에서 60분간 유지하고, 페르하이드로폴리실라잔을 SiO₂로 전화하여 편평상 Mo퍼멀로이분말의 표면에 절연막을 형성하였다.

다음에, 절연처리된 상기 편평상 분말을 스텐레스 기관의 상방 10~20mm의 위치에 있는 체(체 그물코 간격;125 μ m)로 치면서 거의 균등하게 스텐레스기관상에 퇴적시켰다. 이 스텐레스기관을 롤 지름50mm의 2단 냉간압연롤을 통과시켜서 압연하고, 각 편평상 분말을 상기 기관에 평행하는 방향으로 배향시켜, 두께 약 50 μ m의 시트형상으로 하였다.

이어서, 이 시트를 금속분말을 편평화할 때의 분쇄에 의한 변형, 압연할 때의 변형을 완화시키기 위하여 질소중에서 열처리하였다.

이와 같이 하여 얻어진 자성시트에 대하여 투자율을 측정하였다.

그 결과, 도7에 나타내는 바와 같이, 100MHz에서 μ' (μ' 는 복소투자율의 실수부분)이 80이하였다(도7 중, 「처리분말(혼재분말)」이라고 나타내었다.).

다음에, 상기과 동일하게 하여, 분쇄편평화하여 얻은 처리분말에 대하여, 도4에 나타낸 선별장치(50)와 동일한 구성을 갖는 원심식 풍력분급기(닛싱엔지니어링주식회사 제품, TC-25N)를 사용하여 선별처리를 실시하였다. 이 때, 로터의 회전수는 1200rpm, 챔버내에 흡입시킨 기체의 유량은 7m³/min으로 하고, 60~180분간 로터를 회전시켰다. 다만, 처리시간은 처리분말의 투입량에 따라서 변화한다.

로터의 정지 후, 내주측 배출유로를 통과하여 회수된 분말(이하, 「내주분말」이라고 칭한다)과 외주측 배출유로를 통과하여 회수된 분말(이하, 「외주분말」이라고 칭한다)을 각각 SEM으로 관찰하였다.

도8이 그 관찰영상을 나타내는 것이다.

도8(a)에 나타내는 바와 같이, 내주분말은 그 대부분이 편평상을 이루고 있는 분말로 구성되며, 도8(b)에 나타내는 바와 같이, 외주분말은 그 대부분이 거의 원료분말의 형상(구형상)을 유지한 분말로 구성되어 있는 것이 확인되었다. 이에 의하여, 도4에 나타낸 바와 같은 구성의 선별장치(50)를 사용함으로써, 편평상 연자성 금속분말(내주분말)과 미편평분말(외주분말)을 선별할 수 있다는 것이 확인되었다.

또, 내주분말과 외주분말의 비(중량비)를 계측한 결과, 대략 7:3이었다.

또 내주분말에 관하여 그 어스펙트비마다의 함유율을 체 분급기를 사용하여 측정한바, 그 결과를 도9에 나타낸다.

상기 도9에 나타내는 바와 같이, 내주분말은 어스펙트비가 160~1250의 것이 93%이상을 차지하고 있으며, 어스펙트비 160미만의 미편평분말을 거의 포함하지 않고 있는 것이 확인되었다.

이어서, 상기의 외주분말만을 사용하여, 상기과 동일하게 하여 절연막 합성처리, 퇴적처리, 압연처리, 열처리를 거쳐 자성시트를 제작하였다.

이 자성시트에 대하여 투자율을 측정하였다.

그 결과, 도7에 나타내는 바와 같이, 100MHz에서 μ' 가 50정도이며, 미편평분말에 의하여 투자율이 저하되는 것이 입증되었다(도7중, 「외주분말(미편평분말)」이라고 나타낸다.).

또, 상기의 내주분말만을 사용하여, 상기와 동일하게 하여 절연막 합성처리, 퇴적처리, 압연처리, 열처리를 거쳐 자성시트를 제작하였다.

상기 자성시트에 대하여 투자율을 측정하였다.

그 결과, 도7에 나타내는 바와 같이, 100MHz에서 μ' 가 100이상을 나타내며, 실용상 충분한 특성을 가지고 있었다. 이에 의하여, 미편평분말을 제거하고 편평상 연자성 금속분말을 많이 함유한 자성시트를 제작함으로써, 특성이 향상되는 것이 확인되었다(도7중, 「내주분말(편평상 연자성 금속분말)」이라고 나타내었다.).

또, 외주분말(미편평분말)에 관해서는, 재생재료로서 다시 상기와 동일한 공정을 거쳐 분쇄편평화한 후, 풍력분급기로 상기와 동일한 조건으로 선별처리를 실시하였다.

선별처리 후의 내주분말과 외주분말의 중량비는 대략 7:3이었다.

그리고, 선별처리 후에 회수된 내주분말을 사용하여 상기와 동일하게 하여 자성시트를 제작하고 그 특성을 확인한 결과, 100MHz에서 μ' 가 100이상을 나타내고 실용상 충분한 특성을 가지고 있으며, 재생재를 충분히 재활용할 수 있는 것이 확인되었다.

이에 의하여, 당초 투입한 원료의 90wt% 이상을 편평상 연자성 금속분말로서 이용할 수가 있으며, 자성시트를 제작할 수 있는 것이 확인되었다.

실시예 2

연자성 금속분말로서 물 아토마이저에 의한 평균입자지름 약 $30\mu\text{m}$ 의 2Mo퍼멀로이분말(80Ni-2Mo-bal.Fe(mol%))을, 용매에 톨루엔을 사용한 매체 교반밀 중에서 분쇄편평화하고, 평균입자지름(D50) 약 $110\mu\text{m}$, 두께 $0.2\sim0.6\mu\text{m}$, 어스펙트비 50~600의 편평상 연자성 금속분말(이하, 「편평상 분말」이라고 한다.)로 하였다.

그 후, 건조시킨 편평상 분말을 절연상(13)을 형성하는 절연재료로서의 페르하이드로폴리실라잔(clariant japan 제품, 폴리실라잔 NL110A-20)을 사용하여 절연막 합성처리를 실시하였다. 이 때, 페르하이드로폴리실라잔의 편평상 Mo퍼멀로이분말에 대한 첨가량을 4.5중량%로 하였다. 그리고, 편평상 Mo퍼머로이분말과 페르하이드로폴리실라잔을 혼합기를 사용하여 실온에서 약 60분간 혼합하였다. 그 후, 대기중 300°C 에서 60분간 유지하고, 페르하이드로폴리실라잔을 SiO_2 로 전산화하여 편평상 Mo퍼멀로이분말의 표면에 절연막을 형성하였다.

다음에, 절연처리된 상기 편평상 분말을 스텐레스기판의 상방 $10\sim20\text{mm}$ 의 위치에 있는 체(체 그물코; $125\mu\text{m}$)로 치면서, 거의 균등하게 스텐레스기판상에 퇴적시켰다. 이 스텐레스기판을 롤 지름 50mm 의 2단 냉간압연롤을 통과시켜서 압연하고, 각 편평상 분말을 상기 기판에 평행하는 방향으로 배향시켜 두께 약 $50\mu\text{m}$ 의 시트상으로 하였다.

이어서, 상기 시트를 금속분말을 편평화할 때의 분쇄에 의한 변형, 압연할 때의 변형을 완화하기 위하여 질소중에서 도 10~도 13에 나타내는 조건으로 열처리하였다.

이와 같이 하여 얻어진 자성시트에 대하여 10MHz, 100MHz 각각에 있어서의 투자율을 측정하였다. 그 결과를 도 10~도 13에 나타낸다.

도 10에 나타내는 바와 같이, 열처리 온도를 $550\sim600^{\circ}\text{C}$ 로 함으로써 10MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ' 이 200이상이 되며, 다시 열처리 온도를 $550\sim570^{\circ}\text{C}$ 의 범위로 하는 것에 의하여 10MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ' 이 200이상, 100MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ'' 도 100이상이 되는 것이 확인되었다.

또, 도 11에 나타내는 바와 같이, 열처리 시간은 45분 이상으로 함으로써, 10MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ' 이 200이상이 되며, 다시 60분 이상으로 함으로써 10MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ' 이 200이상, 100MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ'' 도 100이상이 되는 것이 확인되었다.

도12에 나타내는 바와 같이, 열처리 온도에 도달하기까지의 평균 승온속도를 15℃/min이하로 하는 것에 의하여, 100MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ 이 100이상이 되며, 다시 10℃/min이하로 하는 것에 의하여, 10MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ 가 200이상, 100MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ 도 100이상이 되는 것이 확인되었다.

도13에 나타내는 바와 같이, 열처리 후의 평균 강온속도를 2℃/min이하로 하는 것에 의하여, 10MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ 이 200이상, 100MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ 도 100이상이 되는 것이 확인되었다.

실시예 3

이어서, 실시예2와 동일하게 하여, 편평상 분말을 제작하여 절연처리한 후, 압연, 열처리하여 자성시트를 얻었다. 이 때, 압연공정에 있어서 성형밀도를 4.5~6.3g/cm³의 범위에서 변화시켰다.

또한, 열처리 조건은, 열처리 온도는 550℃, 580℃의 2가지로 하고, 열처리시간은 60분, 평균 승온속도는 5℃/min, 강온속도는 60℃까지 480분으로 하였다.

이와 같이 하여 제작한 각 자성시트에 대하여, 10MHz, 100MHz 각각에 있어서의 투자율을 측정하였다. 그 결과를 도14에 나타낸다.

도14에 나타내는 바와 같이, 압연공정에 있어서의 성형밀도를 5.2g/cm³이상으로 함으로써 10MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ 이 200이상, 100MHz의 주파수에 있어서의 투자율 μ 도 100이상이 되는 것이 확인되었다.

실시예 4

연자성 금속분말로서 물 아토마이저에 의한 평균 입자지름 약 30 μ m의 2Mo퍼멀로이분말(80Ni-2Mo-bal.Fe(mol%))을, 용매에 톨루엔을 사용한 매체 교반밀 중에서 분쇄편평화하였다. 분쇄시간을 변동시키는 것에 의하여, 도15에 나타내는 5종류(긴지름)의 편평상 연자성 금속분말(이하, 「편평상 분말」이라고 한다.)을 얻었다. 또한, 각 편평상 연자성 금속분말의 두께는 0.1~0.3 μ m의 범위에 있었다. 또, 도15는 각 입자지름의 범위에 있어서의 편평상 연자성 금속분말의 중량비(wt%)를 나타내고 있다.

얻어진 각 편평상 연자성 금속분말을 560℃로 60분간 열처리한 후에, 보자력(Hc, 이하 간단히 Hc로 함)을 측정하였다. 그 결과를 도16에 나타낸다.

분쇄, 편평화된 편평상 분말을 건조한 후, 절연상(13)을 형성하는 절연재료로서의 페르하이드로폴리실라잔(clariant japan 제품, 폴리실라잔 NL110A-20)을 사용하여, 편평상 분말에 절연막 합성처리를 실시하였다. 이 때, 페르하이드로폴리실라잔의 편평상 Mo퍼멀로이분말에 대한 첨가량을 4.5중량%로 하였다. 그리고, 편평상 Mo퍼멀로이분말과 페르하이드로폴리실라잔을 혼합기를 사용하여 실온에서 약 60분간 혼합하였다. 그 후, 대기중, 300℃에서 60분간 유지하고, 페르하이드로폴리실라잔을 SiO₂로 전산화하여 편평상 Mo퍼멀로이 분말의 표면에 절연막을 형성하였다.

다음에, 절연처리된 상기 편평상 분말을 거의 균등한 두께로 스텐레스기관상에 퇴적시켰다. 이 스텐레스 기관을 롤 지름 50mm의 2단 냉간압연롤을 통과시켜서 압연하고, 각 편평상 분말을 상기 기관에 평행하는 방향으로 배향시켜, 두께 약 50 μ m의 시트형상으로 하였다.

이어서, 압연할 때의 변형을 완화시키기 위하여, 상기 시트를 질소중에서 560℃, 60분간 열처리하였다.

이와 같이 하여 얻어진 시트에 있어서, 10MHz, 100MHz 각각에 있어서의 복소투자율의 실수부분(μ' , 이하 간단히 μ')을 측정하였다. 그 결과를 도16에 나타낸다. 또, 입자지름이 45~125 μ m의 범위에 있는 편평상 분말의 중량비(wt%)와 μ' 의 관계를 도17 및 도18의 그래프로 나타낸다.

그 후, 시트의 보강 및 절연성을 부가하기 위하여, 실온경화형 실리콘레진의 크실렌용액(20%)에 시트를 약 20분간 함침시킨 후 건조시켜서 전자파 흡수시트(1)를 형성하는 시트형상 물품을 얻었다.

도16~도18에 나타내는 바와 같이, 긴지름이 45~125 μ m의 범위에 있는 편평상 분말의 비율이 높아지면 μ' 이 높아지는 것을 알 수 있다. μ' 가 높은 편평상 분말은 Hc가 낮아지고, 반대로 μ' 이 높은 편평상 분말은 Hc가 높아져 μ' 가 열화한다. 그래서 본 발명에서는 입자지름이 45~125 μ m의 범위에 있는 편평상 분말의 비율을 40wt%이상으로 한다. 긴지름이 45~125 μ m의 범위에 있는 편평상 분말의 바람직한 비율은 50wt% 이상, 더욱 바람직한 비율은 70wt%이상이다.

각 편평상 분말의 Hc가 이와 같이 상이한 것은, 분쇄에 의한 내부 변형이 상이하기 때문이라고 해석된다. 즉, 각 편평상 분말은 상술한 바와 같이 분쇄시간이 상이하다. 본 실시예에서는, 변형 제거를 목적으로 하여 열처리를 실시하고 있으나, 이 열처리를 실시하는 것 만으로는 내부 변형을 충분히 제거할 수 없기 때문에, 분쇄시간이 길수록 Hc가 커진 것이다. 도19(a)에 도15의 No.1 및 도19(b)에 No.5의 편평상 분말의 외관을 나타내는 현미경사진을 나타낸다. No.1의 편평상 분말에 비하여 No.5의 편평상 분말은 각 입자의 주위가 떨어져 나갔거나, 또는 끝이 잘게 갈라진 이형상(異形狀)으로 되어 있다. 이것은, 도15의 No.1에서는 적절히 편평화가 이루어진 것에 대하여, 동 No.5는 편평화가 적절히 이루어진 후에 각 편평상 분말이 다시 분쇄되었기 때문에, 이상과 같이 이형상이 되었다고 해석 할 수 있다.

긴 지름이 0~32 μ m, 32~38 μ m 및 38~45 μ m의 범위에 있는 편평상 분말의 중량비와 μ' 의 관계를 도20 및 도21에 나타낸다. 각 입도의 편평상 분말의 비율이 작아짐에 따라 μ' 가 높아진다. μ' 가 가장 높은 No.1(도15, 16)의 경우, 긴지름이 0~32 μ m의 편평상 분말은 30wt%이하, 긴지름이 32~45 μ m의 편평상 분말은 25wt%이하의 값으로 되어 있다.

발명의 효과

본 발명의 전자과 흡수시트의 제조방법에 의하면, 분쇄·편평화처리 후의 처리분말로부터 어스펙트비가 작은 연자성 금속 분말 (b)를 제거하고, 어스펙트비가 큰 연자성 금속분말 (a)를 많이 포함시켜 전자과 흡수시트를 형성하는 것에 의하여, 종래보다 한층 높은 성능을 가진 전자과 흡수시트를 얻을 수가 있다.

또, 금속분말의 선별은, 선회하는 기류중에 처리분말을 투입하는 것에 의하여 용이하게 실시할 수가 있다.

또한, 선별하여 제거된 연자성 금속분말 (b)를 원료분말로서 재활용함으로써, 원료분말의 효율적인 이용을 가능하게 하여 코스트의 억제, 폐기물량의 저감 등의 효과도 얻을 수가 있다.

또, 본 발명의 분쇄의 선별방법에 의하면, 형상이 서로 다른 제1의 분체와 제2의 분체를, 선회하는 기류중에서 용이하게 선별할 수가 있게 된다.

도면의 간단한 설명

도1은, 본 실시형태에 있어서의 전자과 흡수시트의 구성을 나타내는 도면.

도2는, 전자과 흡수시트를 구성하는 자성층을 나타내는 도면이며, 편평상 연자성 금속분말(연자성 금속상(金屬相))의 표면에 절연막(절연상(絶縁相))이 형성된 상태를 나타내는 모식도.

도3은, 본 실시형태에 있어서의 제조공정도.

도4는, 편평상 연자성 금속분말과 미편평 분말의 선별에 사용하는 선별장치의 구성을 나타내는 도면으로서, (a)는 장치의 정단면도, (b)는 평단면도.

도5의 (a)는, 편평상 연자성 금속분말에 작용하는 원심력과 항력의 관계를 나타내는 도면이며, (b)는, 미편평 분말에 작용하는 원심력과 항력의 관계를 나타내는 도면.

도6은, 분쇄·편평화처리 후의 처리분말의 SEM상(像).

도7은, 선별처리 유·무의 차이에 의한 주파수-투자율 특성을 나타내는 도면.

도8의 (a)는, 선별 후, 선별장치의 내주측에서 회수된 처리분말의 SEM상, (b)는, 선별 후, 선별장치의 외주측에서 회수된 처리분말의 SEM상이다.

도9는, 실시예1에서 선별된 처리분말의 어스펙트비(aspect ratio)마다의 함유율을 나타내는 표.

도10은, 실시예2에서 얻어진 자성시트의 열처리 온도와 투자율의 관계를 나타내는 표.

도11은, 실시예2에서 얻어진 자성시트의 열처리시간과 투자율의 관계를 나타내는 표.

도12는, 실시예2에서 얻어진 자성시트의 열처리 승온속도와 투자율의 관계를 나타내는 표.

도13은, 실시예2에서 얻어진 자성시트의 열처리 강온속도와 투자율의 관계를 나타내는 표.

도14는, 실시예에 있어서 성형밀도와 투자율의 관계를 나타내는 도면.

도15는, 실시예3에서 사용된 연자성 금속분말의 입도(粒度)분포를 나타내는 표.

도16은, 실시예3에서 연자성 금속분말의 열처리 후의 보자력(Hc)의 측정결과를 나타내는 표.

도17은, 실시예3에서 얻어진 전자과 흡수시트에 있어서의 입자지름이 45~125 μm 의 범위에 있는 편평상 분말의 중량비와 μ' (10MHz)의 관계를 나타내는 그래프.

도18은, 실시예3에서 얻어진 전자과 흡수시트에 있어서의 입자지름이 45~125 μm 의 범위에 있는 편평상 분말의 중량비와 μ' (100MHz)의 관계를 나타내는 그래프.

도19의 (a)는, No.1의 편평상 분말이며, (b)는 No.5의 편평상 분말의 외관을 나타내는 현미경사진.

도20은, 실시예3에서 얻어진 전자과 흡수시트에 있어서의 입자지름이 0~32 μm , 32~38 μm 및 38~45 μm 의 범위에 있는 편평상 분말의 중량비와 μ' (10MHz)의 관계를 나타내는 그래프.

도21은, 실시예3에서 얻어진 전자과 흡수시트에 있어서의 입자지름이 0~32 μm , 32~38 μm 및 38~45 μm 의 범위에 있는 편평상 분말의 중량비와 μ' (100MHz)의 관계를 나타내는 그래프.

(부호의 설명)

1 ... 전자과 흡수시트 10 ... 자성층

11 ... 자성분말 12 ... 연자성 금속상

13 ... 절연상 20 ... 절연층

30 ... 도전체층 50 ... 선별장치

51 ... 챔버 52 ... 로터(rotor)

53 ... 테이블 58 ... 내주측 배출유로

59 ... 외주측 배출유로 60,61 ... 회수용기

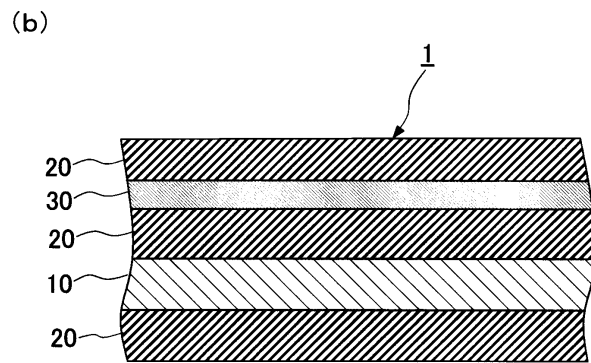
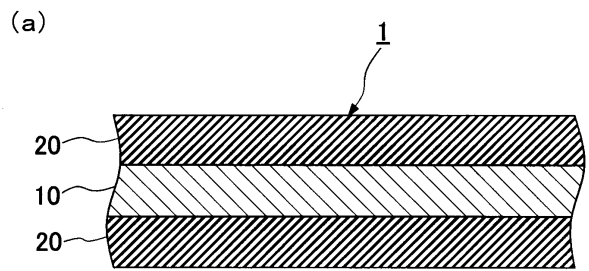
PO ... 처리분말(혼합물)

P1 ... 편평상 연자성 금속분말(연자성 금속분말 (a), 제1의 분체)

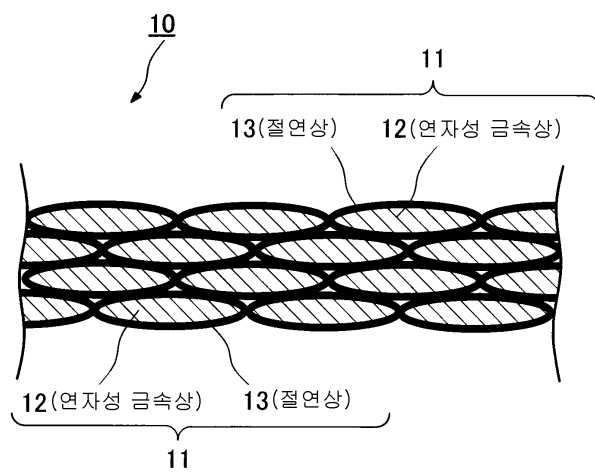
P2 ... 미편평분말(연자성 금속분말 (b), 제2의 분체)

도면

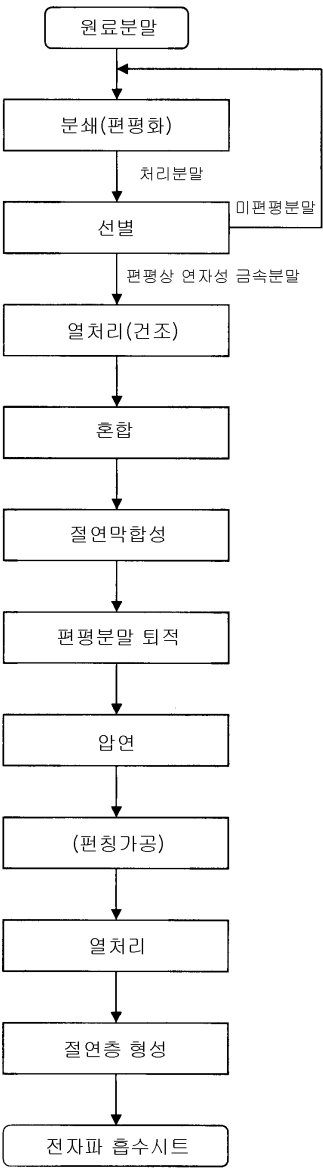
도면1



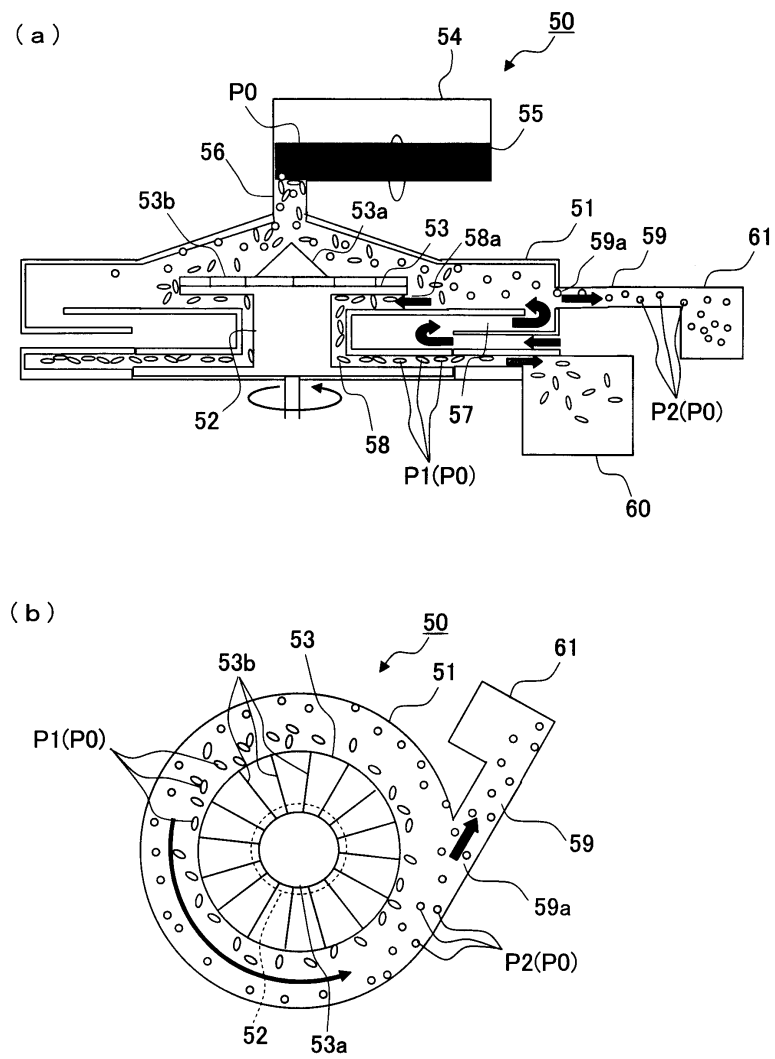
도면2



도면3

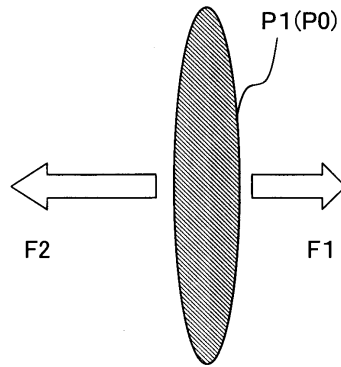


도면4

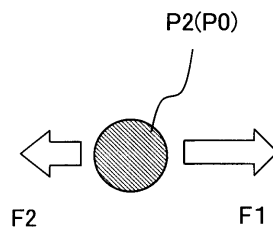


도면5

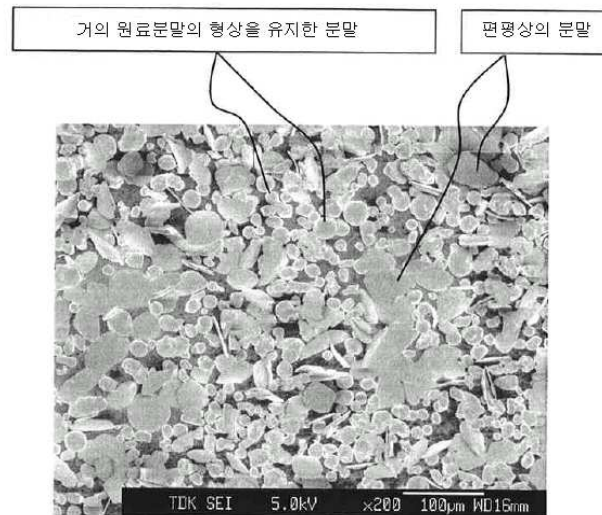
(a)



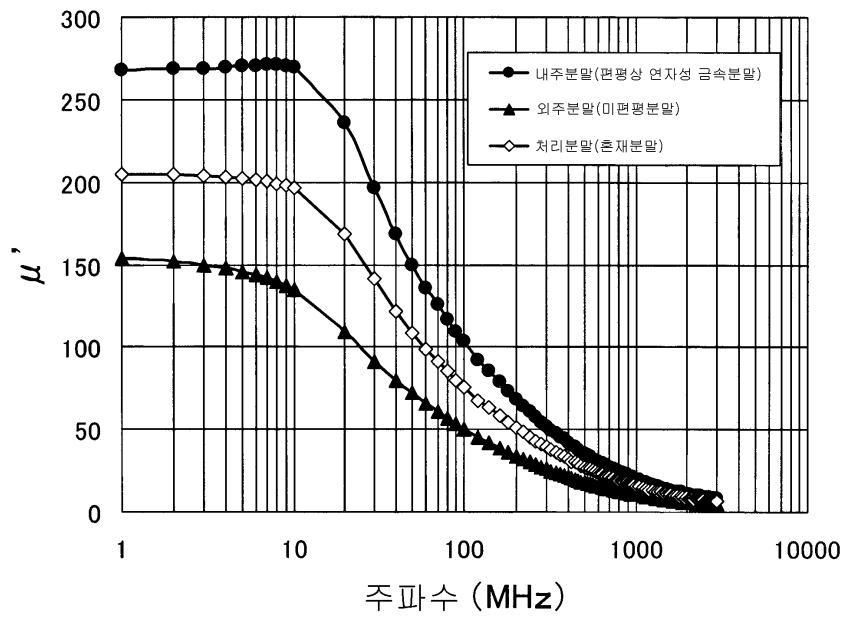
(b)



도면6

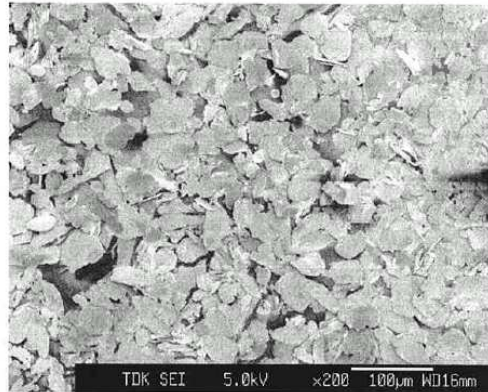


도면7

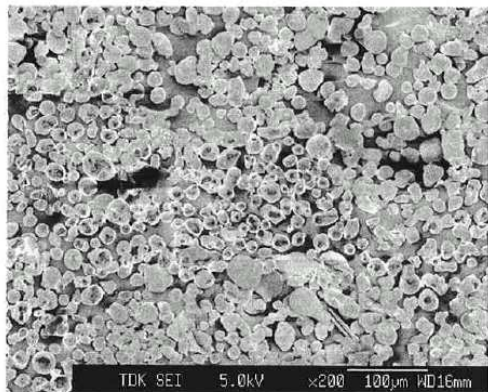


도면8

(a)



(b)



도면9

어스펙트비	0~160	160~320	320~380	380~450	450~1250
wt%	5.0	16.0	10.8	12.7	55.5

도면10

주파수 (MHz)	열처리온도 (°C)					
	450	550	570	600	640	700
10	142	211	231	224	132	148
100	73	100. 4	103. 2	98. 8	58. 3	48. 2

열처리시간 60min

도면11

주파수 (MHz)	열처리시간 (min)				
	30	45	60	75	90
10	188. 1	201. 2	210. 8	205. 9	207. 6
100	99. 2	99. 6	104. 8	101. 4	100. 4

열처리온도 550°C

도면12

주파수 (MHz)	평균승온속도 (°C/min)			
	5	10	15	20
10	215. 8	209. 2	187. 2	177. 7
100	113. 6	100. 8	101. 3	93. 2

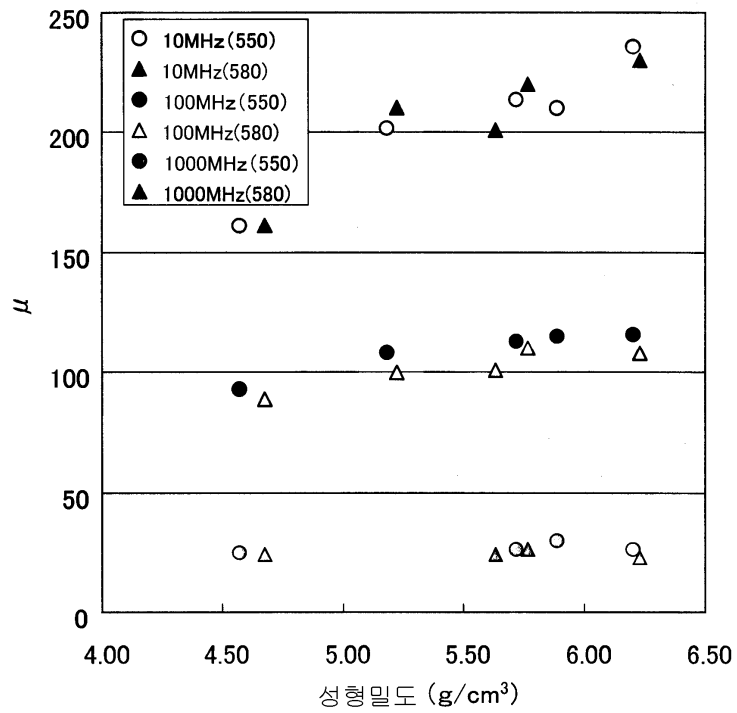
열처리온도 550°C, 열처리시간 60min

도면13

주파수 (MHz)	평균강온속도 (min)		
	1. 02 (60°C까지480min)	1. 81 (60°C까지270min)	8. 17 (60°C까지60min)
10	221. 1	216. 2	145. 5
100	101. 0	102. 0	83. 2

열처리온도 550°C, 열처리시간 60min

도면14



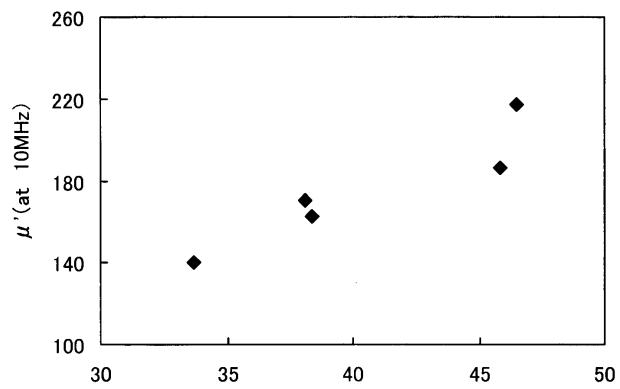
도면15

No.	wt%				
	0-32 μm	32-38 μm	38-45 μm	45-125 μm	>125 μm
1	29.46	10.96	12.67	46.48	0.43
2	27.48	13.69	12.38	45.82	0.64
3	34.05	11.54	15.79	38.39	0.23
4	33.72	13.84	14.02	38.09	0.33
5	36.54	15.67	13.93	33.70	0.15

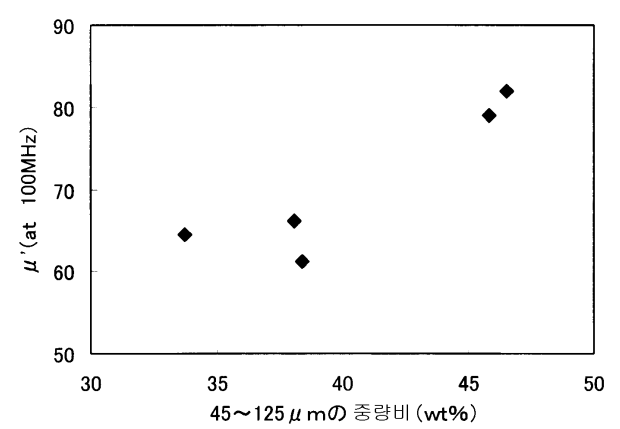
도면16

No.	μ'		Hc(Oe)
	10MHz	100MHz	
1	217	82	5.8
2	186	79	6.2
3	162	61	6.7
4	170	66	8.4
5	140	64	8.8

도면17

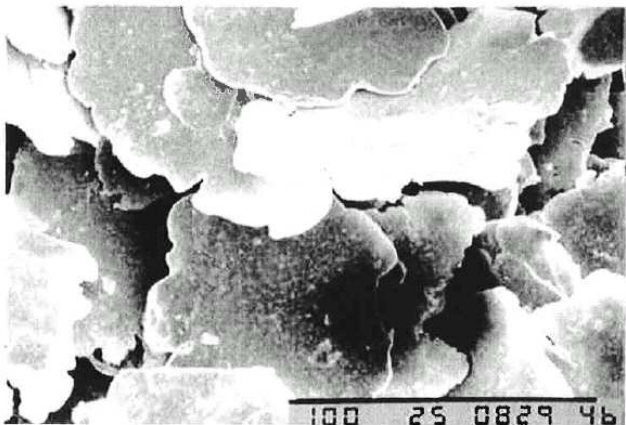


도면18



도면19

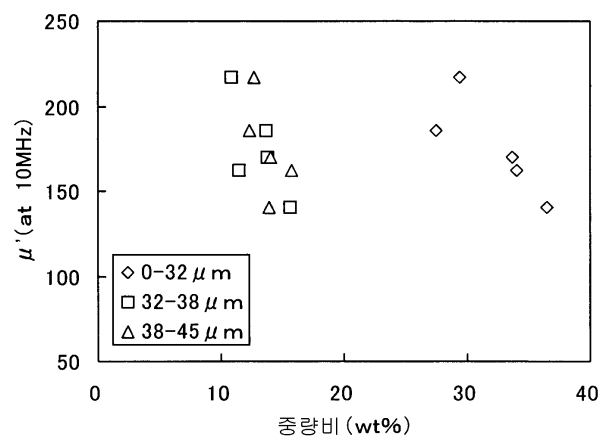
(a)



(b)



도면20



도면21

