



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년12월20일  
(11) 등록번호 10-1688318  
(24) 등록일자 2016년12월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01F 27/255 (2006.01) B22F 1/00 (2006.01)  
H01F 1/153 (2006.01) H01F 1/20 (2006.01)  
H01F 41/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01F 27/255 (2013.01)  
B22F 1/00 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0074058  
(22) 출원일자 2015년05월27일  
심사청구일자 2015년05월27일  
(65) 공개번호 10-2015-0140567  
(43) 공개일자 2015년12월16일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2014-118198 2014년06월06일 일본(JP)  
JP-P-2015-078963 2015년04월08일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2014103265 A\*  
JP2010118486 A\*  
JP2005294458 A\*  
JP2006324458 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
알프스 덴키 가부시카가이사  
일본국 도쿄도 오타구 유키가야 오츠카마치 1번 7고  
(72) 발명자  
나카바야시 료  
일본 도쿄도 오타구 유키가야오츠카마치 1방 7고  
알프스 그린 디바이스 가부시카가이사 나이  
다카하시 도시오  
일본 도쿄도 오타구 유키가야오츠카마치 1방 7고  
알프스 그린 디바이스 가부시카가이사 나이  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 임영국

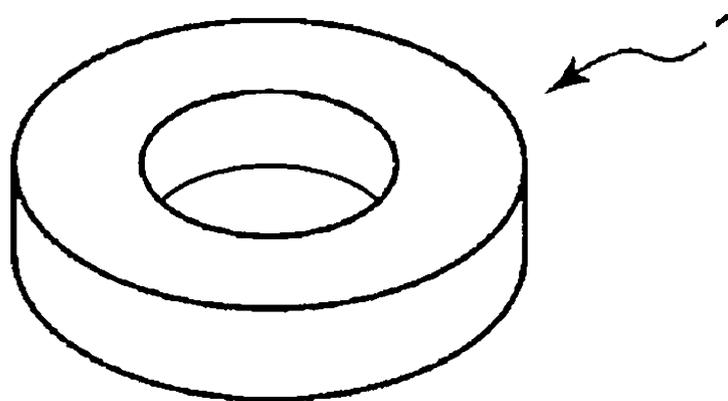
(54) 발명의 명칭 압분 코어, 상기 압분 코어의 제조 방법, 상기 압분 코어를 구비하는 전자·전기 부품, 및 상기 전자·전기 부품이 실장된 전자·전기 기기

(57) 요약

(과제) 결정질 자성 재료의 분말 및 비정질 자성 재료의 분말을 함유하는 압분 코어로서, 1 MHz 이상의 고주파 대역에 있어서도 우수한 자기 특성을 구비하는 압분 코어를 제공한다.

(해결 수단) 결정질 자성 재료의 분말 및 비정질 자성 재료의 분말을 함유하는 압분 코어로서, 실효 최대 자속 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



밀도( $B_m$ )가 15 mT인 조건에서 측정되는 철손( $P_{cv}$ )(단위 :  $\text{kW/m}^3$ )의 주파수( $f$ )(단위 : kHz) 의존성을, 2개의 상수  $k_h$  및  $k_e$ 를 이용하여 하기 식(1)에 의해 나타냈을 때에,

$$P_{cv} = k_h \times f \times B_m^{1.6} + k_e \times f^2 \times B_m^2 \quad (1)$$

한쪽의 상수  $k_h$ 가  $1.5 \times 10^{-3} \text{ kW/m}^3/\text{kHz}/(\text{mT})^{1.6}$  이하, 또한 다른 쪽의 상수  $k_e$ 가  $3.0 \times 10^{-7} \text{ kW/m}^3/(\text{kHz})^2/(\text{mT})^2$  이하인 압분 코어.

(52) CPC특허분류

*H01F 1/153* (2013.01)

*H01F 1/20* (2013.01)

*H01F 41/0246* (2013.01)

(72) 발명자

**사토 게이이치로**

일본 도쿄도 오타쿠 유키가야오츠카마치 1방 7고

알프스 그린 디바이스 가부시키키가이샤 나이

**고지마 아키노리**

일본 도쿄도 오타쿠 유키가야오츠카마치 1방 7고

알프스 그린 디바이스 가부시키키가이샤 나이

**미즈시마 다카오**

일본 도쿄도 오타쿠 유키가야오츠카마치 1방 7고

알프스 그린 디바이스 가부시키키가이샤 나이

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

결정질 자성 재료의 분말 및 비정질 자성 재료의 분말을 함유하는 압분(壓粉) 코어로서,

실효 최대 자속 밀도( $B_m$ )가 15 mT인 조건에서 측정되는 철손( $P_{cv}$ )(단위 :  $\text{kW/m}^3$ )의 주파수( $f$ )(단위 : kHz) 의존성을, 2개의 상수  $k_h$  및  $k_e$ 를 이용하여 하기 식(1)에 의해 나타냈을 때에,

$$P_{cv} = k_h \times f \times B_m^{1.6} + k_e \times f^2 \times B_m^2 \quad (1)$$

상기 상수  $k_h$ 는  $1.5 \times 10^{-3} \text{ kW/m}^3/\text{kHz}/(\text{mT})^{1.6}$  이하, 또한

상기 상수  $k_e$ 는  $3.0 \times 10^{-7} \text{ kW/m}^3/(\text{kHz})^2/(\text{mT})^2$  이하인 것을 특징으로 하는 압분 코어.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 결정질 자성 재료의 분말의 함유량과 상기 비정질 자성 재료의 분말의 함유량의 총합에 대한 상기 결정질 자성 재료의 분말의 함유량의 질량 비율은, 5 질량% 이상 40 질량% 이하인 것인 압분 코어.

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 결정질 자성 재료는, Fe-Si-Cr계 합금, Fe-Ni계 합금, Fe-Co계 합금, Fe-V계 합금, Fe-Al계 합금, Fe-Si계 합금, Fe-Si-Al계 합금, 카르보닐철 및 순철로 이루어지는 군으로부터 선택된 1종 또는 2종 이상의 재료를 포함하는 것인 압분 코어.

**청구항 5**

제4항에 있어서, 상기 결정질 자성 재료는 카르보닐철로 이루어지는 것인 압분 코어.

**청구항 6**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 비정질 자성 재료는, Fe-Si-B계 합금, Fe-P-C계 합금 및 Co-Fe-Si-B계 합금으로 이루어지는 군으로부터 선택된 1종 또는 2종 이상의 재료를 포함하는 것인 압분 코어.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 비정질 자성 재료는 Fe-P-C계 합금으로 이루어지는 것인 압분 코어.

**청구항 8**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 결정질 자성 재료의 분말은 절연 처리가 실시된 재료로 이루어지는 것인 압분 코어.

**청구항 9**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)은 6  $\mu\text{m}$  이하인 것인 압분 코어.

**청구항 10**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 결정질 자성 재료의 분말 및 상기 비정질 자성 재료의 분말을, 상기 압분 코

에 함유되는 다른 재료에 대하여 결합시키는 결합 성분을 함유하는 압분 코어.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 상기 결합 성분은, 수지 재료에 기초하는 성분을 포함하는 것인 압분 코어.

**청구항 12**

제11항에 기재된 압분 코어의 제조 방법으로서,

상기 결정질 자성 재료의 분말 및 상기 비정질 자성 재료의 분말 및 상기 수지 재료로 이루어지는 바인더 성분을 포함하는 혼합물의 가압 성형을 포함하는 성형 처리에 의해 성형 제조물을 얻는 성형 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 압분 코어의 제조 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 성형 공정에 의해 얻어진 상기 성형 제조물은 상기 압분 코어인 것인 압분 코어의 제조 방법.

**청구항 14**

제12항에 있어서, 상기 성형 공정에 의해 얻어진 상기 성형 제조물을 가열하는 열처리에 의해 상기 압분 코어를 얻는 열처리 공정을 포함하는 것인 압분 코어의 제조 방법.

**청구항 15**

제1항 또는 제2항에 기재된 압분 코어, 코일 및 상기 코일의 각각의 단부에 접속된 접속 단자를 구비하는 전자·전기 부품으로서,

상기 압분 코어의 적어도 일부는, 상기 접속 단자를 통해 상기 코일에 전류를 흘렸을 때에 상기 전류에 의해 생긴 유도 자계 내에 위치하도록 배치되어 있는 것인 전자·전기 부품.

**청구항 16**

제15항에 기재된 전자·전기 부품이 실장된 전자·전기 기기로서,

상기 전자·전기 부품은 상기 접속 단자에 의해 기판에 접속되어 있는 것인 전자·전기 기기.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 압분(壓粉) 코어, 상기 압분 코어의 제조 방법, 상기 압분 코어를 구비하는 전자·전기 부품, 및 상기 전자·전기 부품이 실장된 전자·전기 기기에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 하이브리드 자동차 등의 승압 회로나, 발전, 변전 설비에 이용되는 리액터, 트랜스나 초크 코일 등에 사용되는 압분 코어는, 다수의 연자성 분말을 압분 성형하고, 얻어진 성형체를 열처리함으로써 얻을 수 있다. 하기 특허 문헌 1에는 압분 코어의 일례가 개시되어 있다.

[0003] 또한, 특허문헌 1에는, 종래보다 코어 강도 및 절연 저항이 높으며, 또한 코어 손실이 적은 인덕터로서, 90~98 mass%의 비정질 연자성 분말과 2~10 mass%의 결정질 연자성 분말의 배합비로 이루어지는 혼합 분말과, 절연성 재료의 혼합물이 고화된 것을 포함하는 자심(압분 코어)을 구비하는 인덕터가 개시되어 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0004] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 일본 특허 공개 제2010-118486호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 최근, 압분 코어를 이용한 인덕터 등의 전자·전기 부품은, 동작 주파수의 고주파화에 대응할 것이 요구되고 있다. 그런데, 특허문헌 1에는, 자심(압분 코어)을 이용한 토로이달 코어의 코어 손실을 평가할 때의 여자 조건은 300 kHz에 머물러 있고, 1 MHz 이상의 고주파 대역에 있어서, 결정질 연자성 분말 및 비정질 연자성 분말을 함유하는 재료가 자심(압분 코어)의 재료로서 적절한지의 여부는 전혀 밝혀지지 않았다.

[0006] 본 발명은, 결정질 자성 재료의 분말 및 비정질 자성 재료의 분말을 함유하는 압분 코어로서, 1 MHz 이상의 고주파 대역에 있어서도 우수한 자기 특성을 구비하는 압분 코어를 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명은, 이러한 압분 코어의 제조 방법을 제공하는 것, 이러한 압분 코어를 구비하는 전자·전기 부품, 및 이러한 전자·전기 부품이 실장된 전자·전기 기기를 제공하는 것도 과제로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 상기 과제를 해결하기 위해 본 발명자들이 검토한 결과, 실효 최대 자속 밀도( $B_m$ )가 15 mT인 조건에서 측정되는 철손( $P_{cv}$ )(단위 :  $\text{kW/m}^3$ )의 주파수( $f$ )(단위 : kHz) 의존성을 표현하는 식에 있어서 이용되는 2개의 상수의 범위를 정해진 범위로 함으로써, 1 MHz 이상의 고주파 대역에 있어서도 우수한 자기 특성을 구비하는 압분 코어를 제공하는 것이 가능하다는 새로운 지견을 얻었다.

[0008] 이러한 지견에 의해 완성된 발명은 다음과 같다.

[0009] 본 발명의 일양태는, 결정질 자성 재료의 분말 및 비정질 자성 재료의 분말을 함유하는 압분 코어로서, 실효 최대 자속 밀도( $B_m$ )가 15 mT인 조건에서 측정되는 철손( $P_{cv}$ )(단위 :  $\text{kW/m}^3$ )의 주파수( $f$ )(단위 : kHz) 의존성을, 2개의 상수  $k_h$  및  $k_e$ 를 이용하여 하기 식(1)에 의해 나타냈을 때에,

[0010] 
$$P_{cv}=k_h \times f \times B_m^{1.6} + k_e \times f^2 \times B_m^2 \quad (1)$$

[0011] 상기 상수  $k_h$ 가  $1.5 \times 10^{-3} \text{ kW/m}^3/\text{kHz}/(\text{mT})^{1.6}$  이하, 또한 상기 상수  $k_e$ 가  $3.0 \times 10^{-7} \text{ kW/m}^3/(\text{kHz})^2/(\text{mT})^2$  이하인 압분 코어이다.

[0012] 상수  $k_h$ ,  $k_e$ 가 상기 범위 내에 있음으로써, 주파수( $f$ )의 상승에 따른 압분 코어의 철손( $P_{cv}$ )의 상승의 정도가 완만해진다. 이 때문에, 1 MHz 이상의 고주파가 되더라도, 압분 코어의 철손( $P_{cv}$ )이 잘 높아지지 않는다.

[0013] 상기 결정질 자성 재료의 분말의 함유량과 상기 비정질 자성 재료의 분말의 함유량의 총합에 대한 상기 결정질 자성 재료의 분말의 함유량의 질량 비율은, 5 질량% 이상 40 질량% 이하인 것이 바람직하다. 이러한 질량 비율이 상기 범위 내에 있음으로써, 압분 코어의 절연 저항의 향상이나 저주파 대역에서의 철손( $P_{cv}$ )의 저감이 보다 안정적으로 실현된다.

[0014] 본 발명의 다른 일양태는, 결정질 자성 재료의 분말 및 비정질 자성 재료의 분말을 함유하는 압분 코어로서, 상기 결정질 자성 재료의 분말의 함유량과 상기 비정질 자성 재료의 분말의 함유량의 총합에 대한 상기 결정질 자성 재료의 분말의 함유량의 질량 비율은, 5 질량% 이상 40 질량% 이하인 것을 특징으로 하는 압분 코어이다. 이러한 질량 비율이 상기 범위 내에 있음으로써, 압분 코어의 철손( $P_{cv}$ )의 저감이 안정적으로 실현된다.

[0015] 상기 결정질 자성 재료는, Fe-Si-Cr계 합금, Fe-Ni계 합금, Fe-Co계 합금, Fe-V계 합금, Fe-Al계 합금, Fe-Si계 합금, Fe-Si-Al계 합금, 카르보닐철 및 순철로 이루어지는 군으로부터 선택된 1종 또는 2종 이상의 재료를 포함하고 있어도 좋다.

[0016] 상기 결정질 자성 재료는 카르보닐철로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0017] 상기 비정질 자성 재료는, Fe-Si-B계 합금, Fe-P-C계 합금 및 Co-Fe-Si-B계 합금으로 이루어지는 군으로부터 선

택된 1종 또는 2종 이상의 재료를 포함하고 있어도 좋다.

- [0018] 상기 비정질 자성 재료는 Fe-P-C계 합금으로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0019] 상기 결정질 자성 재료의 분말은 절연 처리가 실시된 재료로 이루어지는 것이 바람직하다. 상기 범위 내에 있으므로, 압분 코어의 절연 저항의 향상이나 저주파 대역에서의 철손( $P_{cv}$ )의 저감이 보다 안정적으로 실현된다.
- [0020] 상기 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)은 6  $\mu\text{m}$  이하인 것이 바람직한 경우가 있다. 이러한 메디안 직경(D50)이 6  $\mu\text{m}$  이하인 것에 의해, 상수  $k_e$ 가 저감되기 쉬워지는 경우도 있다. 상기 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)은 5  $\mu\text{m}$  이하인 것이 바람직한 경우가 있다. 이러한 메디안 직경(D50)이 5  $\mu\text{m}$  이하인 것에 의해, 고주파 대역에서의 철손( $P_{cv}$ )이 저감되기 쉬워지거나, 직류 중첩 특성이 향상되기 쉬워지거나 하는 경우도 있다.
- [0021] 상기 결정질 자성 재료의 분말 및 상기 비정질 자성 재료의 분말을, 상기 압분 코어에 함유되는 다른 재료에 대하여 결합시키는 결합 성분을, 상기 압분 코어가 함유하고 있어도 좋다.
- [0022] 상기 결합 성분은, 수지 재료에 기초하는 성분을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0023] 본 발명의 다른 일양태는, 상기 압분 코어의 제조 방법으로서, 상기 결정질 자성 재료의 분말 및 상기 비정질 자성 재료의 분말 및 상기 수지 재료로 이루어지는 바인더 성분을 포함하는 혼합물의 가압 성형을 포함하는 성형 처리에 의해 성형 제조물을 얻는 성형 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 압분 코어의 제조 방법이다. 이러한 제조 방법에 의해, 상기 압분 코어를 보다 효율적으로 제조하는 것이 실현된다.
- [0024] 상기 제조 방법은, 상기 성형 공정에 의해 얻어진 상기 성형 제조물이 상기 압분 코어여도 좋다. 혹은, 상기 성형 공정에 의해 얻어진 상기 성형 제조물을 가열하는 열처리에 의해 상기 압분 코어를 얻는 열처리 공정을 포함하고 있어도 좋다.
- [0025] 본 발명의 또 다른 일양태는, 상기 압분 코어, 코일 및 상기 코일의 각각의 단부(端部)에 접속된 접속 단자를 구비하는 전자·전기 부품으로서, 상기 압분 코어의 적어도 일부는, 상기 접속 단자를 통해 상기 코일에 전류를 흘렸을 때에 상기 전류에 의해 생긴 유도 자계 내에 위치하도록 배치되어 있는 전자·전기 부품이다. 이러한 전자·전기 부품이 인덕턴스 소자인 경우에는, 상기 압분 코어의 우수한 특성에 기초하여, 고주파화와, 우수한 직류 중첩 특성 및 저손실을 양립시키는 것이 가능하다.
- [0026] 본 발명의 또 다른 일양태는, 상기 전자·전기 부품이 실장된 전자·전기 기기로서, 상기 전자·전기 부품은 상기 접속 단자에 의해 기판에 접속되어 있는 전자·전기 기기이다. 이러한 전자·전기 기기로서, 전원 스위칭 회로, 전압 승강 회로, 평활 회로 등을 구비한 전원 장치나 소형 휴대 통신 기기 등이 예시된다. 본 발명에 관련된 전자·전기 기기는, 상기 전자·전기 부품을 구비하기 때문에, 소형화·고속화에 대응하기 쉽다.

**발명의 효과**

- [0027] 상기 발명에 관련된 압분 코어는, 1 MHz 이상의 고주파 대역에 있어서도 자기 특성이 우수하다. 또한, 본 발명에 의하면, 상기 압분 코어의 제조 방법, 상기 압분 코어를 구비하는 전자·전기 부품, 및 이 전자·전기 부품이 실장된 전자·전기 기기가 제공된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0028] 도 1은, 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어의 형상을 개념적으로 도시한 사시도이다.
- 도 2는, 조립(造粒) 가루를 제조하는 방법의 일례에 있어서 사용되는 스프레이 드라이어 장치 및 그 동작을 개념적으로 도시한 도면이다.
- 도 3은, 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어를 구비하는 전자·전기 부품인 토로이달 코어의 형상을 개념적으로 도시한 사시도이다.
- 도 4는, 본 발명의 다른 일 실시형태에 관련된 압분 코어를 구비하는 전자·전기 부품인 인덕턴스 소자의 전체 구성을 일부 투시하여 도시한 사시도이다.
- 도 5는, 도 4에 도시한 인덕턴스 소자를 실장 기판 상에 실장한 상태를 도시한 부분 정면도이다.
- 도 6은, 실시예에서의 철손( $P_{cv}$ )의 주파수 의존성의 측정 결과를 도시한 그래프이다.

- 도 7은, 상수  $k_h$ 의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다.
- 도 8은, 상수  $k_e$ 의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다.
- 도 9는, 100 kHz 및 2 MHz에서의 철손 변화율의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다.
- 도 10은, 표 2 및 4에 기초하는, 절연 저항의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다.
- 도 11은, 주파수가 100 kHz인 경우에서의 철손( $P_{cv}$ )의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다.
- 도 12는, 주파수가 1 MHz인 경우에서의 철손( $P_{cv}$ )의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다.
- 도 13은, 주파수가 2 MHz인 경우에서의 철손( $P_{cv}$ )의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다.
- 도 14는, 주파수가 3 MHz인 경우에서의 철손( $P_{cv}$ )의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다.
- 도 15는, 중첩 전류의 인가 전(초기)의 인덕턴스(L)의 값( $L_0$ )에 대한 인덕턴스(L)의 변화량( $\Delta L$ )의 비율( $\Delta L/L_0$ )이 30%가 되었을 때의 인가 전류치( $I_{sat}$ )의, 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0029] 이하, 본 발명의 실시형태에 대해 상세히 설명한다.
- [0030] 1. 압분 코어
- [0031] 도 1에 도시한 본 발명의 일실시형태에 관련된 압분 코어(1)는, 그 외관이 링형으로서, 결정질 자성 재료의 분말 및 비정질 자성 재료의 분말을 함유한다. 본 실시형태에 관련된 압분 코어(1)는, 이들 분말을 포함하는 혼합물의 가압 성형을 포함하는 성형 처리를 구비하는 제조 방법에 의해 제조된 것이다. 한정되지 않는 일례로서, 본 실시형태에 관련된 압분 코어(1)는, 결정질 자성 재료의 분말 및 비정질 자성 재료의 분말을, 압분 코어(1)에 함유되는 다른 재료(동종의 재료인 경우도 있고, 이종의 재료인 경우도 있음)에 대하여 결합시키는 결합 성분을 함유한다. 이하, 이들 성분에 대해 설명한다.
- [0032] (1) 결정질 자성 재료의 분말
- [0033] 본 발명의 일실시형태에 관련된 압분 코어(1)가 함유하는 결정질 자성 재료의 분말을 부여하는 결정질 자성 재료는, 결정질일 것(일반적인 X선 회절 측정에 의해, 재료 종류를 특정할 수 있을 정도로 명확한 피크를 갖는 회절 스펙트럼이 얻어질 것), 및 강자성체일 것을 만족하는 한, 구체적인 종류는 한정되지 않는다. 결정질 자성 재료의 구체예로서, Fe-Si-Cr계 합금, Fe-Ni계 합금, Fe-Co계 합금, Fe-V계 합금, Fe-Al계 합금, Fe-Si계 합금, Fe-Si-Al계 합금, 카르보닐철 및 순철을 들 수 있다. 상기 결정질 자성 재료는 1종류의 재료로 구성되어 있어도 좋고 복수 종류의 재료로 구성되어 있어도 좋다. 결정질 자성 재료의 분말을 부여하는 결정질 자성 재료는, 상기 재료로 이루어지는 군으로부터 선택된 1종 또는 2종 이상의 재료인 것이 바람직하고, 이들 중에서도, 카르보닐철을 함유하는 것이 바람직하고, 카르보닐철로 이루어지는 것이 보다 바람직하다.
- [0034] 본 발명의 일실시형태에 관련된 압분 코어(1)가 함유하는 결정질 자성 재료의 분말의 형상은 한정되지 않는다. 분말의 형상은 구(球)형이어도 좋고 비구형이어도 좋다. 비구형인 경우에는, 인편(鱗片)형, 타원 구형, 액적형, 바늘형과 같은 형상 이방성을 갖는 형상이어도 좋고, 특별한 형상 이방성을 갖지 않는 부정형이어도 좋다. 부정형의 분체의 예로서, 구형의 분체의 복수가, 서로 접하여 결합하고 있거나, 다른 분체에 부분적으로 매몰되도록 결합하고 있거나 하는 경우를 들 수 있다. 이러한 부정형의 분체는, 카르보닐철에 있어서 관찰되기 쉽다.
- [0035] 분말의 형상은, 분말을 제조하는 단계에서 얻어진 형상이어도 좋고, 제조된 분말을 2차 가공함으로써 얻어진 형상이어도 좋다. 전자의 형상으로는, 구형, 타원 구형, 액적형, 바늘형 등이 예시되고, 후자의 형상으로는 인편형이 예시된다.
- [0036] 본 발명의 일실시형태에 관련된 압분 코어(1)가 함유하는 결정질 자성 재료의 분말의 입경은 한정되지 않는다. 이러한 입경을, 매디안 직경(D50)(레이저 회절 산란법에 의해 측정된 연자성 분말의 입경의 체적 분포에서의 체적 누적치가 50%일 때의 입경)에 의해 규정하면, 통상, 1  $\mu\text{m}$  내지 20  $\mu\text{m}$ 의 범위가 된다. 취급성을 높이는 관점, 압분 코어에서의 결정질 자성 재료의 분말의 충전 밀도를 높이는 관점 등으로부터, 결정질 자성 재료의 분말의 매디안 직경(D50)(본 명세서에 있어서, 「제1 매디안 직경(d1)」이라고도 함)은, 1  $\mu\text{m}$  이상 15  $\mu\text{m}$  이하로 하는 것이 바람직하고, 1  $\mu\text{m}$  이상 10  $\mu\text{m}$  이하로 하는 것이 보다 바람직하고, 1  $\mu\text{m}$  이상 5  $\mu\text{m}$  이하로 하는 것이 특히

바람직하다.

- [0037] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어(1)에서의 결정질 자성 재료의 분말의 함유량은, 압분 코어(1)가 후술하는 철손(Pcv)에 관한 조건을 만족하도록, 압분 코어(1)에서의 비정질 자성 재료의 함유량과의 관계에서 설정된다.
- [0038] 결정질 자성 재료의 분말의 적어도 일부는 절연 처리가 실시된 재료로 이루어지는 것이 바람직하고, 결정질 자성 재료의 분말은 절연 처리가 실시된 재료로 이루어지는 것이 보다 바람직하다. 결정질 자성 재료의 분말에 절연 처리가 실시되어 있는 경우에는, 압분 코어의 절연 저항이 향상되는 경향을 볼 수 있다. 또한, 고주파 대역뿐만 아니라, 저주파 대역에 있어서도 철손(Pcv)이 저하되는 경향을 볼 수 있는 경우가 있다.
- [0039] 결정질 자성 재료의 분말에 실시하는 절연 처리의 종류는 한정되지 않는다. 인산 처리, 인산염 처리, 산화 처리 등이 예시된다.
- [0040] 결정질 자성 재료의 분말은 절연 처리가 실시된 재료로 이루어지는 경우에는, 결정질 자성 재료의 분말의 함유량과 비정질 자성 재료의 분말의 함유량의 총합에 대한 결정질 자성 재료의 분말의 함유량의 질량 비율(단위 : 질량%, 본 명세서에 있어서, 「제1 혼합 비율」이라고도 함)은, 5 질량% 이상 40 질량% 이하인 것이 바람직하다. 제1 혼합 비율이 상기 범위 내인 것에 의해, 고주파 대역 및 저주파 대역에 있어서 철손(Pcv)이 저하되기 쉬워지는 경향을 볼 수 있다. 제1 혼합 비율은, 5 질량% 이상 35 질량% 이하인 것이 보다 바람직하고, 5 질량% 이상 30 질량% 이하인 것이 더욱 바람직하고, 5 질량% 이상 25 질량% 이하인 것이 특히 바람직하고, 10 질량% 이상 20 질량% 이하인 것이 매우 바람직하다.
- [0041] (2) 비정질 자성 재료의 분말
- [0042] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어(1)가 함유하는 비정질 자성 재료의 분말을 부여하는 비정질 자성 재료는, 비정질일 것(일반적인 X선 회절 측정에 의해, 재료 종류를 특정할 수 있을 정도로 명확한 피크를 갖는 회절 스펙트럼이 얻어지지 않을 것), 및 강자성체, 특히 연자성체일 것을 만족하는 한, 구체적인 종류는 한정되지 않는다. 비정질 자성 재료의 구체예로서, Fe-Si-B계 합금, Fe-P-C계 합금 및 Co-Fe-Si-B계 합금을 들 수 있다. 상기 비정질 자성 재료는 1종류의 재료로 구성되어 있어도 좋고, 복수 종류의 재료로 구성되어 있어도 좋다. 비정질 자성 재료의 분말을 구성하는 자성 재료는, 상기 재료로 이루어지는 군으로부터 선택된 1종 또는 2종 이상의 재료인 것이 바람직하고, 이들 중에서도, Fe-P-C계 합금을 함유하는 것이 바람직하고, Fe-P-C계 합금으로 이루어지는 것이 보다 바람직하다.
- [0043] Fe-P-C계 합금의 구체예로서, 조성식이,  $Fe_{100-a-b-c-x-y-z-t}Ni_aSn_bCr_cP_xC_yB_zSi_t$ 로 표시되고, 0 원자% ≤ a ≤ 10 원자%, 0 원자% ≤ b ≤ 3 원자%, 0 원자% ≤ c ≤ 6 원자%, 6.8 원자% ≤ x ≤ 10.8 원자%, 2.2 원자% ≤ y ≤ 9.8 원자%, 0 원자% ≤ z ≤ 4.2 원자%, 0 원자% ≤ t ≤ 7 원자%인 Fe기 비정질 합금을 들 수 있다. 상기 조성식에 있어서, Ni, Sn, Cr, B 및 Si는 임의의 첨가 원소이다.
- [0044] Ni의 첨가량 a는, 0 원자% 이상 6 원자% 이하로 하는 것이 바람직하고, 0 원자% 이상 4 원자% 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. Sn의 첨가량 b는, 0 원자% 이상 2 원자% 이하로 하는 것이 바람직하고, 1 원자% 이상 2 원자% 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. Cr의 첨가량 c는, 0 원자% 이상 2 원자% 이하로 하는 것이 바람직하고, 1 원자% 이상 2 원자% 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. P의 첨가량 x는, 8.8 원자% 이상으로 하는 것이 바람직한 경우도 있다. C의 첨가량 y는, 5.8 원자% 이상 8.8 원자% 이하로 하는 것이 바람직한 경우도 있다. B의 첨가량 z는, 0 원자% 이상 3 원자% 이하로 하는 것이 바람직하고, 0 원자% 이상 2 원자% 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. Si의 첨가량 t는, 0 원자% 이상 6 원자% 이하로 하는 것이 바람직하고, 0 원자% 이상 2 원자% 이하로 하는 것이 보다 바람직하다.
- [0045] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어(1)가 함유하는 비정질 자성 재료의 분말의 형상은 한정되지 않는다. 분말의 형상의 종류에 관해서는 결정질 자성 재료의 분말의 경우와 동일하기 때문에 설명을 생략한다. 제조 방법의 관계에서 비정질 자성 재료는 구형 또는 타원 구형으로 하는 것이 용이한 경우도 있다. 또한, 일반적으로서 비정질 자성 재료는 결정질 자성 재료보다 경질이기 때문에, 결정질 자성 재료를 비구형으로 하여 가압 성형 시에 변형되기 쉽도록 하는 것이 바람직한 경우도 있다.
- [0046] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어(1)가 함유하는 비정질 자성 재료의 분말의 형상은, 분말을 제조하는 단계에서 얻어진 형상이어도 좋고, 제조된 분말을 2차 가공함으로써 얻어진 형상이어도 좋다. 진자의 형상으로는, 구형, 타원 구형, 바늘형 등이 예시되고, 후자의 형상으로는, 인편형이 예시된다.

- [0047] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어(1)가 함유하는 비정질 자성 재료의 분말의 입경은 한정되지 않는다. 이러한 입경을 메디안 직경(D50)에 의해 규정하면, 통상, 1  $\mu\text{m}$  내지 20  $\mu\text{m}$ 의 범위가 된다. 취급성을 높이는 관점에서, 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)(본 명세서에 있어서, 「제2 메디안 직경(d2)」이라고도 함)을, 1  $\mu\text{m}$  이상으로 하는 것이 바람직하고, 2  $\mu\text{m}$  이상으로 하는 것이 보다 바람직하고, 3  $\mu\text{m}$  이상으로 하는 것이 특히 바람직하다.
- [0048] 압분 코어(1)에서의 비정질 및 결정질의 자성 재료의 분말의 충전 밀도를 높이는 관점 등으로부터, 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)을, 15  $\mu\text{m}$  이하로 하는 것이 바람직하고, 12  $\mu\text{m}$  이하로 하는 것이 보다 바람직하고, 6  $\mu\text{m}$  이하로 하는 것이 특히 바람직하다. 또한, 압분 코어(1)의 높은 절연 저항과 낮은 철손(Pcv)을 실현하기 위해서는, 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)을 6  $\mu\text{m}$  이하로 하는 것이 바람직한 경우가 있다. 압분 코어(1)의 우수한 직류 중첩 특성과 고주파 대역에서의 낮은 철손(Pcv)을 실현하는 관점에서, 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)을 5  $\mu\text{m}$  이하로 하는 것이 바람직한 경우가 있다.
- [0049] 제1 메디안 직경(d1)과 제2 메디안 직경(d2)의 관계는 한정되지 않는다. 일반적으로, 비정질 자성 재료는 결정질 자성 재료보다 경질이기 때문에, 제1 메디안 직경(d1)을 상대적으로 작게 하여, 비정질 자성 재료의 분말이 충전되었을 때에 생기는 공극부를 결정질 자성 재료의 분말을 충전하기 쉽도록 하는 것이 바람직한 경우도 있다. 이 경우에 있어서, d1/d2는 0.8 이하로 하는 것이 바람직하고, 0.5 이하로 하는 것이 보다 바람직한 경우도 있다.
- [0050] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어(1)에서의 비정질 자성 재료의 분말의 함유량은, 압분 코어(1)가 후술하는 철손(Pcv)에 관한 조건을 만족하도록, 압분 코어(1)에서의 결정질 자성 재료의 함유량과의 관계에서 설정된다.
- [0051] (3) 철손(Pcv)의 주파수 의존성
- [0052] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어(1)는, 철손(Pcv)(단위 :  $\text{kW}/\text{m}^3$ )의 주파수(f)(단위 : kHz) 의존성에 관해, 다음의 관계를 만족한다. 즉, 실효 최대 자속 밀도( $B_m$ )가 15 mT인 조건에서 측정되는 철손(Pcv)의 주파수(f) 의존성을, 2개의 상수  $k_h$  및  $k_e$ 를 이용하여 하기 식(1)에 의해 나타냈을 때에, 한쪽의 상수  $k_h$ 가  $1.5 \times 10^{-3} \text{ kW}/\text{m}^3/\text{kHz}/(\text{mT})^{1.6}$  이하, 또한 다른 쪽의 상수  $k_e$ 가  $3.0 \times 10^{-7} \text{ kW}/\text{m}^3/(\text{kHz})^2/(\text{mT})^2$  이하이다.
- [0053] 
$$P_{cv} = k_h \times f \times B_m^{1.6} + k_e \times f^2 \times B_m^2 \quad (1)$$
- [0054] 또, 본 명세서에 있어서, 상수  $k_h$ ,  $k_e$ 는, 철손(Pcv)의 1 MHz 내지 3 MHz의 범위에서의 주파수(f) 의존성에 기초하여, 산출되는 것으로 한다.
- [0055] 상수  $k_h$ ,  $k_e$ 가 상기 범위 내에 있음으로써, 주파수(f)의 상승에 따른 철손(Pcv)의 상승의 정도가 완만해져, 1 MHz 이상의 고주파가 되더라도, 철손(Pcv)이 잘 높아지지 않는다. 철손(Pcv)의 주파수(f) 의존성을 보다 안정적으로 양호하게 하는 관점에서, 상수  $k_h$ 는,  $1.0 \times 10^{-3} \text{ kW}/\text{m}^3/\text{kHz}/(\text{mT})^{1.6}$  이하인 것이 바람직하고,  $0.8 \times 10^{-3} \text{ kW}/\text{m}^3/\text{kHz}/(\text{mT})^{1.6}$  이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기 관점에서, 상수  $k_e$ 는,  $2.8 \times 10^{-7} \text{ kW}/\text{m}^3/(\text{kHz})^2/(\text{mT})^2$  이하인 것이 바람직하고,  $2.7 \times 10^{-7} \text{ kW}/\text{m}^3/(\text{kHz})^2/(\text{mT})^2$  이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0056] 철손(Pcv)의 주파수(f) 의존성을 보다 안정적으로 양호하게 하는 관점에서는, 상수  $k_h$ ,  $k_e$ 의 하한은 한정되지 않는다. 통상, 상수  $k_h$ 는  $1.0 \times 10^{-4} \text{ kW}/\text{m}^3/\text{kHz}/(\text{mT})^{1.6}$  이상이고, 상수  $k_e$ 는  $1.0 \times 10^{-7} \text{ kW}/\text{m}^3/(\text{kHz})^2/(\text{mT})^2$  이상이다.
- [0057] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어(1)에서의, 결정질 자성 재료의 분말의 함유량과 비정질 자성 재료의 분말의 함유량의 관계가, 상기 상수  $k_h$ ,  $k_e$ 에 미치는 영향은, 다음과 같다.
- [0058] 기본적인 경향으로서, 제1 혼합 비율(결정질 자성 재료의 분말의 함유량과 비정질 자성 재료의 분말의 함유량의 총합에 대한 결정질 자성 재료의 분말의 함유량의 질량 비율)이 높을수록, 2개의 상수  $k_h$ ,  $k_e$  모두 높아진다. 따라서, 제1 혼합 비율이 높을수록, 철손(Pcv)은 높아지는 경향을 갖는다.

- [0059] 제1 혼합 비율의 변화와 상수  $k_h$ ,  $k_c$ 의 변화의 관계를 상세히 확인하면, 이 관계에는 비선형성이 확인되고, 그 경향은, 제1 혼합 비율이 낮을수록 현저하다. 즉, 제1 혼합 비율이 40 질량% 정도 이하인 경우에는, 제1 혼합 비율이 증가하더라도, 2개의 상수  $k_h$ ,  $k_c$  모두 증가의 정도는 비교적 적다. 상기 식(1)에 의하면, 2개의 상수  $k_h$ ,  $k_c$ 가 낮을수록, 실효 최대 자속 밀도( $B_m$ ) 및 주파수( $f$ )가 높아지더라도 철손( $P_{cv}$ )은 잘 증대되지 않는다. 이 때문에, 제1 혼합 비율이 낮은 쪽이, 철손( $P_{cv}$ )의 상승을 억제하는 기능(이하, 「철손 억제 기능」이라고도 함)이 효과적으로 발휘되기 쉽다. 이 철손 억제 기능이 보다 효과적으로 발휘되기 쉬워지는 관점에서, 제1 혼합 비율은, 35 질량% 이하인 것이 바람직하고, 30 질량% 이하인 것이 보다 바람직하고, 20 질량% 이하인 것이 특히 바람직하다. 또한, 직류 중첩 특성을 향상시키기 위해, 제1 혼합 비율은 5 질량% 이상인 것이 바람직하고, 10 질량% 이상인 것이 보다 바람직하고, 15 질량% 이상인 것이 특히 바람직하다. 압분 코어(1)가 철손 억제 기능이 발휘되는 것과 직류 중첩 특성을 향상시키는 것을 겸비하는 관점에서, 제1 혼합 비율은, 5 질량% 이상 40 질량% 인 것이 바람직하고, 15 질량% 이상 30 질량%인 것이 보다 바람직하다.
- [0060] 제1 혼합 비율이 높아지면, 기본적인 경향으로서 철손( $P_{cv}$ )은 증가하는 바, 그 증대의 경향은 다음과 같은 주파수 의존성을 갖는다. 즉, 임의의 제1 혼합 비율인 경우의 철손( $P_{cv}$ )을 제1 혼합 비율이 0 질량%인 경우(비정질 자성 재료의 분말뿐인 경우)의 철손( $P_{cv}$ )으로 규격화한 철손 변화율은, 제1 혼합 비율이 높아질수록 커지지만, 철손 변화율의 증대의 정도는, 주파수가 높을수록 완만해진다. 후술하는 실시예에 있어서 개시하는 바와 같이, 2 MHz에서의 철손 변화율의 증대의 제1 혼합 비율 의존성은, 100 kHz에서의 철손 변화율의 증대의 제1 혼합 비율 의존성의 절반 정도가 된다. 따라서, 본 발명의 일실시형태에 관련된 압분 코어(1)를 구비하는 전자·전기 부품은, 고주파 대역에서 사용되는 용도의 경우일수록, 철손( $P_{cv}$ )의 영향이 잘 생기지 않게 된다.
- [0061] (4) 결착 성분
- [0062] 결착 성분은, 본 실시형태에 관련된 압분 코어(1)에 함유되는 결정질 자성 재료의 분말 및 비정질 자성 재료의 분말(본 명세서에 있어서, 이들 분말을 「자성 분말」이라고 총칭하는 경우도 있음)을 고정하는 것에 기여하는 재료인 한, 그 조성은 한정되지 않는다. 결착 성분을 구성하는 재료로서, 수지 재료 및 수지 재료의 열분해 잔사(殘渣)(본 명세서에 있어서, 이들을 「수지 재료에 기초하는 성분」이라고 총칭함) 등의 유기계의 재료, 무기계의 재료 등이 예시된다. 수지 재료로서, 아크릴 수지, 실리콘 수지, 에폭시 수지, 페놀 수지, 요소 수지, 멜라민 수지 등이 예시된다. 무기계의 재료로 이루어지는 결착 성분은 물유리 등 유리계 재료가 예시된다. 결착 성분은 1종류의 재료로 구성되어 있어도 좋고, 복수의 재료로 구성되어 있어도 좋다. 결착 성분은 유기계의 재료와 무기계의 재료의 혼합체여도 좋다.
- [0063] 결착 성분으로서, 통상, 절연성의 재료가 사용된다. 이에 따라, 압분 코어(1)로서의 절연성을 높이는 것이 가능해진다.
- [0064] 2. 압분 코어의 제조 방법
- [0065] 상기 본 발명의 일실시형태에 관련된 압분 코어(1)의 제조 방법은 특별히 한정되지 않지만, 다음에 설명하는 제조 방법을 채용하면, 압분 코어(1)를 보다 효율적으로 제조하는 것이 실현된다.
- [0066] 본 발명의 일실시형태에 관련된 압분 코어(1)의 제조 방법은, 다음에 설명하는, 성형 공정을 포함하고, 열처리 공정을 더 포함하고 있어도 좋다.
- [0067] (1) 성형 공정
- [0068] 우선, 자성 분말, 및 압분 코어(1)에 있어서 결착 성분을 부여하는 성분을 포함하는 혼합물을 준비한다. 결착 성분을 부여하는 성분(본 명세서에 있어서, 「바인더 성분」이라고도 함)이란, 결착 성분 자체인 경우도 있고, 결착 성분과 상이한 재료인 경우도 있다. 후자의 구체예로서, 바인더 성분이 수지 재료로서, 결착 성분이 그 열분해 잔사인 경우를 들 수 있다.
- [0069] 이 혼합물의 가압 성형을 포함하는 성형 처리에 의해 성형 제조물을 얻을 수 있다. 가압 조건은 한정되지 않고, 바인더 성분의 조성 등에 기초하여 적절히 결정된다. 예컨대, 바인더 성분이 열경화성의 수지로 이루어지는 경우에는, 가압과 함께 가열하여, 금형 내에서 수지의 경화 반응을 진행시키는 것이 바람직하다. 한편, 압축 성형의 경우에는, 가압력이 높기는 하지만, 가열은 필요 조건이 되지 않고, 단시간의 가압이 된다.
- [0070] 이하, 혼합물이 조립 가루로서, 압축 성형을 행하는 경우에 관해, 보다 상세히 설명한다. 조립 가루는 취급성이 우수하기 때문에, 성형 시간이 짧고 생산성이 우수한 압축 성형 공정의 작업성을 향상시킬 수 있다.

[0071] (1-1) 조립 가루

[0072] 조립 가루는, 자성 분말 및 바인더 성분을 함유한다. 조립 가루에서의 바인더 성분의 함유량은 특별히 한정되지 않는다. 이러한 함유량이 과도하게 낮은 경우에는, 바인더 성분이 자성 분말을 유지하기 어려워진다. 또한, 바인더 성분의 함유량이 과도하게 낮은 경우에는, 열처리 공정을 거쳐 얻어진 압분 코어(1) 중에서, 바인더 성분의 열분해 잔사로 이루어지는 결착 성분이, 복수의 자성 분말을 서로 다른 것으로부터 절연하기 어려워진다. 한편, 상기 바인더 성분의 함유량이 과도하게 높은 경우에는, 열처리 공정을 거쳐 얻어진 압분 코어(1)에 함유되는 결착 성분의 함유량이 높아지기 쉽다. 압분 코어(1) 중의 결착 성분의 함유량이 높아지면, 압분 코어(1)의 자기 특성이 저하되기 쉬워진다. 그렇기 때문에, 조립 가루 중의 바인더 성분의 함유량은, 조립 가루 전체에 대하여, 0.5 질량% 이상 5.0 질량% 이하가 되는 양으로 하는 것이 바람직하다. 압분 코어(1)의 자기 특성이 저하될 가능성을 보다 안정적으로 저감시키는 관점에서, 조립 가루 중의 바인더 성분의 함유량은, 조립 가루 전체에 대하여, 1.0 질량% 이상 3.5 질량% 이하가 되는 양으로 하는 것이 바람직하고, 1.2 질량% 이상 3.0 질량% 이하가 되는 양으로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0073] 조립 가루는, 상기 자성 분말 및 바인더 성분 이외의 재료를 함유해도 좋다. 그와 같은 재료로서, 윤활제, 실란 커플링제, 절연성의 필러 등이 예시된다. 윤활제를 함유시키는 경우에 있어서, 그 종류는 특별히 한정되지 않는다. 유기계의 윤활제여도 좋고, 무기계의 윤활제여도 좋다. 유기계의 윤활제의 구체예로서, 스테아르산아연, 스테아르산알루미늄 등의 금속 비누를 들 수 있다. 이러한 유기계의 윤활제는, 열처리 공정에서 기화되어, 압분 코어(1)에는 거의 잔류하고 있지 않은 것으로 생각할 수 있다.

[0074] 조립 가루의 제조 방법은 특별히 한정되지 않는다. 상기 조립 가루를 부여하는 성분을 그대로 혼련하고, 얻어진 혼련물을 공지된 방법으로 분쇄하거나 하여 조립 가루를 얻어도 좋고, 상기 성분에 분산매(물을 일례로서 들 수 있음)를 첨가하여 이루어지는 슬러리를 조제하고, 이 슬러리를 건조시켜 분쇄함으로써 조립 가루를 얻어도 좋다. 분쇄 후에 체(篩)분리나 분급을 행하여, 조립 가루의 입도 분포를 제어해도 좋다.

[0075] 상기 슬러리로부터 조립 가루를 얻는 방법의 일례로서, 스프레이 드라이어를 이용하는 방법을 들 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 스프레이 드라이어 장치(200) 내에는 회전자(201)가 설치되고, 장치 상부로부터 슬러리(S)를 회전자(201)를 향해 주입한다. 회전자(201)는 정해진 회전수에 의해 회전하고 있고, 장치(200) 내부의 챔버에서 슬러리(S)를 원심력에 의해 작은 물방울형으로서 분무한다. 또한 장치(200) 내부의 챔버에 열풍을 도입하고, 이에 따라 작은 물방울형의 슬러리(S)에 함유되는 분산매(물)를, 작은 물방울 형상을 유지한 채로 휘발시킨다. 그 결과, 슬러리(S)로부터 조립 가루(P)가 형성된다. 이 조립 가루(P)를 장치(200)의 하부로부터 회수한다. 회전자(201)의 회전수, 스프레이 드라이어 장치(200) 내에 도입하는 열풍 온도, 챔버 하부의 온도 등 각 파라미터는 적절히 설정하면 된다. 이들 파라미터의 설정 범위의 구체예로서, 회전자(201)의 회전수로서 4000~6000 rpm, 스프레이 드라이어 장치(200) 내에 도입하는 열풍 온도로서 130~170℃, 챔버 하부의 온도로서 80~90℃를 들 수 있다. 또한 챔버 내의 분위기 및 그 압력도 적절히 설정하면 된다. 일례로서, 챔버 안을 에어(공기) 분위기로 하고, 그 압력을 대기압과의 차압으로 2 mmH<sub>2</sub>O(약 0.02 kPa)로 하는 것을 들 수 있다. 얻어진 조립 가루(P)의 입도 분포를 체분리 등에 의해 더욱 제어해도 좋다.

[0076] (1-2) 가압 조건

[0077] 압축 성형에서의 가압 조건은 특별히 한정되지 않는다. 조립 가루의 조성, 성형품의 형상 등을 고려하여 적절히 설정하면 된다. 조립 가루를 압축 성형할 때의 가압력이 과도하게 낮은 경우에는, 성형품의 기계적 강도가 저하된다. 이 때문에, 성형품의 취급성이 저하되고, 성형품으로부터 얻어진 압분 코어(1)의 기계적 강도가 저하되는 문제가 생기기 쉬워진다. 또한, 압분 코어(1)의 자기 특성이 저하되거나 절연성이 저하되거나 하는 경우도 있다. 한편, 조립 가루를 압축 성형할 때의 가압력이 과도하게 높은 경우에는, 그 압력에 견딜 수 있는 성형 금형을 제조하는 것이 곤란해진다. 압축 가압 공정이 압분 코어(1)의 기계 특성이나 자기 특성에 악영향을 미칠 가능성을 보다 안정적으로 저감시키고, 공업적으로 대량 생산을 용이하게 행하는 관점에서, 조립 가루를 압축 성형할 때의 가압력은, 0.3 GPa 이상 2 GPa 이하로 하는 것이 바람직하고, 0.5 GPa 이상 2 GPa 이하로 하는 것이 보다 바람직하고, 0.8 GPa 이상 2 GPa 이하로 하는 것이 특히 바람직하다.

[0078] 압축 성형에서는, 가열하면서 가압을 행해도 좋고, 상온에서 가압을 행해도 좋다.

[0079] (2) 열처리 공정

[0080] 성형 공정에 의해 얻어진 성형 제조물이 본 실시형태에 관련된 압분 코어(1)여도 좋고, 다음에 설명하는 바와

같이 성형 제조물에 대하여 열처리 공정을 실시하여 압분 코어(1)를 얻어도 좋다.

- [0081] 열처리 공정에서는, 상기 성형 공정에 의해 얻어진 성형 제조물을 가열함으로써, 자성 분말 사이의 거리를 수정하는 것에 의한 자기 특성의 조정 및 성형 공정에서 자성 분말에 부여된 왜곡을 완화시켜 자기 특성의 조정을 행하여, 압분 코어(1)를 얻는다.
- [0082] 열처리 공정은 상기한 바와 같이 압분 코어(1)의 자기 특성의 조정이 목적이기 때문에, 열처리 온도 등의 열처리 조건은, 압분 코어(1)의 자기 특성이 가장 양호해지도록 설정된다. 열처리 조건을 설정하는 방법의 일례로서, 성형 제조물의 가열 온도를 변화시키고, 승온 속도 및 가열 온도에서의 유지 시간 등 다른 조건은 일정하게 하는 것을 들 수 있다.
- [0083] 열처리 조건을 설정할 때의 압분 코어(1)의 자기 특성의 평가 기준은 특별히 한정되지 않는다. 평가 항목의 구체예로서 압분 코어(1)의 철손(Pcv)을 들 수 있다. 이 경우에는, 압분 코어(1)의 철손(Pcv)이 최저가 되도록 성형 제조물의 가열 온도를 설정하면 된다. 철손(Pcv)의 측정 조건은 적절히 설정되고, 일례로서, 주파수 100 kHz, 최대 자속 밀도 100 mT으로 하는 조건을 들 수 있다.
- [0084] 열처리시의 분위기는 특별히 한정되지 않는다. 산화성 분위기의 경우에는, 바인더 성분의 열분해가 과도하게 진행될 가능성이나, 자성 분말의 산화가 진행될 가능성이 높아지기 때문에, 질소, 아르곤 등의 불활성 분위기나, 수소 등의 환원성 분위기에서 열처리를 행하는 것이 바람직하다.
- [0085] 3. 전자·전기 부품
- [0086] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 전자·전기 부품은, 상기 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어(1), 코일 및 이 코일의 각각의 단부에 접속된 접속 단자를 구비한다. 여기서, 압분 코어(1)의 적어도 일부는, 접속 단자를 통해 코일에 전류를 흘렸을 때에 이 전류에 의해 생긴 유도 자계 내에 위치하도록 배치되어 있다.
- [0087] 이러한 전자·전기 부품의 일례로서, 도 3에 도시된 토로이달 코일(10)을 들 수 있다. 토로이달 코일(10)은, 링형의 압분 코어(토로이달 코어)(1)에, 피복 도전선(2)을 권취함으로써 형성된 코일(2a)을 구비한다. 권취된 피복 도전선(2)으로 이루어지는 코일(2a)과 피복 도전선(2)의 단부(2b, 2c) 사이에 위치하는 도전선의 부분에 있어서, 코일(2a)의 단부(2d, 2e)를 정의할 수 있다. 이와 같이, 본 실시형태에 관련된 전자·전기 부품은, 코일을 구성하는 부재와 접속 단자를 구성하는 부재가 동일한 부재로 구성되어 있어도 좋다.
- [0088] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 전자·전기 부품은, 상기 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압분 코어(1)와는 상이한 형상을 갖는 압분 코어를 구비한다. 그와 같은 전자·전기 부품의 구체예로서, 도 4에 도시된 인덕턴스 소자(20)를 들 수 있다. 도 4는, 본 발명의 일 실시형태에 관련된 인덕턴스 소자(20)의 전체 구성을 일부 투시하여 도시한 사시도이다. 도 4에서는, 인덕턴스 소자(20)의 하면(실장면)이 위를 향한 자세로 도시되어 있다. 도 5는, 도 4에 도시한 인덕턴스 소자(20)를 실장 기판(100) 상에 실장한 상태를 도시한 부분 정면도이다.
- [0089] 도 4에 도시한 인덕턴스 소자(20)는, 압분 코어(3)와, 압분 코어(3)의 내부에 매립된 코일로서의 공심(空芯) 코일(5)과, 용접에 의해 공심 코일(5)에 전기적으로 접속되는 접속 단자로서의 한쌍의 단자부(4)를 구비하여 구성된다.
- [0090] 공심 코일(5)은, 절연 피막된 도선을 나선형으로 권취하여 형성된 것이다. 공심 코일(5)은, 권취부(5a)와 권취부(5a)로부터 인출된 인출 단부(5b, 5b)를 갖고 구성된다. 공심 코일(5)의 권취수는 필요한 인덕턴스에 따라 적절히 설정된다.
- [0091] 도 4에 도시한 바와 같이, 압분 코어(3)에 있어서, 실장 기판에 대한 실장면(3a)에, 단자부(4)의 일부를 수납하기 위한 수납 오목부(30)가 형성되어 있다. 수납 오목부(30)는, 실장면(3a)의 양측에 형성되어 있고, 압분 코어(3)의 측면(3b, 3c)을 향해 개방되어 형성되어 있다.
- [0092] 압분 코어(3)의 측면(3b, 3c)으로부터 돌출되는 단자부(4)의 일부가 실장면(3a)을 향해 절곡되어, 수납 오목부(30)의 내부에 수납된다.
- [0093] 단자부(4)는, 박판형의 Cu 기재로 형성되어 있다. 단자부(4)는 압분 코어(3)의 내부에 매설되어 공심 코일(5)의 인출 단부(5b, 5b)에 전기적으로 접속되는 접속 단부(40)와, 압분 코어(3)의 외면에 노출되고, 상기 압분 코어(3)의 측면(3b, 3c)으로부터 실장면(3a)에 걸쳐 순서대로 절곡 형성되는 제1 곡절부(曲折部)(42a) 및 제2 곡절부(42b)를 갖고 구성된다. 접속 단부(40)는, 공심 코일(5)에 용접되는 용접부이다. 제1 곡절부(42a)와 제2 곡절부(42b)는, 실장 기판(100)에 대하여 땀납 접합되는 땀납 접합부이다. 땀납 접합부는, 단자부(4) 중의 압분 코

어(3)로부터 노출되어 있는 부분으로서, 적어도 압분 코어(3)의 외측으로 향해지는 표면을 의미한다.

- [0094] 단자부(4)의 접속 단부(40)와 공심 코일(5)의 인출 단부(5b)는, 저항 용접에 의해 접합되어 있다.
- [0095] 도 5에 도시한 바와 같이, 인덕턴스 소자(20)는, 실장 기관(100) 상에 실장된다.
- [0096] 실장 기관(100)의 표면에는 외부 회로와 도통하는 도체 패턴이 형성되고, 이 도체 패턴의 일부에 의해, 인덕턴스 소자(20)를 실장하기 위한 한쌍의 랜드부(110)가 형성되어 있다.
- [0097] 도 5에 도시한 바와 같이, 인덕턴스 소자(20)에 있어서는, 실장면(3a)이 실장 기관(100)측으로 향해지고, 압분 코어(3)로부터 외부에 노출되어 있는 제1 곡절부(42a)와 제2 곡절부(42b)가 실장 기관(100)의 랜드부(110)와의 사이에서 뿔납층(120)에 의해 접합된다.
- [0098] 납땜 공정은, 랜드부(110)에 페이스트형의 뿔납이 인쇄 공정에서 도포된 후에, 랜드부(110)에 제2 곡절부(42b)가 대면하도록 하여 인덕턴스 소자(20)가 실장되고, 가열 공정에서 뿔납이 용융된다. 도 4와 도 5에 도시한 바와 같이, 제2 곡절부(42b)는 실장 기관(100)의 랜드부(110)에 대향하고, 제1 곡절부(42a)는 인덕턴스 소자(20)의 측면(3b, 3c)에 노출되어 있기 때문에, 필렛형의 뿔납층(120)은, 랜드부(110)에 고착되고, 뿔납 접합부인 제2 곡절부(42b)와 제1 곡절부(42a)의 쌍방의 표면에 충분히 펼쳐져 고착된다.

[0099] 4. 전자·전기 기기

[0100] 본 발명의 실시시형태에 관련된 전자·전기 기기는, 상기 본 발명의 실시시형태에 관련된 압분 코어를 구비하는 전자·전기 부품이 실장된 것이다. 그와 같은 전자·전기 기기로서, 전원 스위칭 회로, 전압 승강 회로, 평활 회로 등을 구비한 전원 장치나 소형 휴대 통신 기기 등이 예시된다.

[0101] 전원 스위칭 회로, 전압 승강 회로, 평활 회로 등은, 일반적으로 소형화함에 따라, 고주파화되고, 손실을 증대시킨다. 본 발명의 실시시형태에 관련된 전자·전기 부품이 인덕턴스 소자(20)인 경우에는, 고주파화와, 우수한 직류 중첩 특성 및 저손실을 양립시키는 것이 가능하다. 그렇기 때문에, 전자·전기 기기가 소형화·고속화(고주파화)로 진화한 경우에도, 종래와 마찬가지로 고효율 회로의 실현이 용이해지고, 전자·전기 기기의 소비 전력을 증가시키지 않는 것이 가능해진다.

[0102] 이상 설명한 실시시형태는, 본 발명의 이해를 쉽게 하기 위해 기재된 것으로서, 본 발명을 한정하기 위해 기재된 것이 아니다. 따라서, 상기 실시시형태에 개시된 각 요소는, 본 발명의 기술적 범위에 속하는 모든 설계 변경이나 균등물도 포함하는 취지이다.

[0103] 예컨대, 본 발명의 실시시형태에 관련된 압분 코어는, 결정질 자성 재료의 분말 및 비정질 자성 재료의 분말을 함유하는 압분 코어로서, 결정질 자성 재료의 분말의 함유량과 비정질 자성 재료의 분말의 함유량의 총합에 대한 결정질 자성 재료의 분말의 함유량의 질량 비율이, 5 질량% 이상 40 질량% 이하인 것을 특징으로서 구비하고 있어도 좋다. 그리고, 상기 특징을 구비하는 압분 코어가, 또한 상기 식(1)에 관련된 전술한 특징(한쪽의 상수  $k_h$ 가  $1.5 \times 10^{-3} \text{ kW/m}^3/\text{kHz}/(\text{mT})^{1.6}$  이하이며, 또한 다른 쪽의 상수  $k_e$ 가  $3.0 \times 10^{-7} \text{ kW/m}^3/(\text{kHz})^2/(\text{mT})^2$  이하인 것)을 구비하고 있어도 좋다.

[0104] 실시예

[0105] 이하, 실시예 등에 의해 본 발명을 더욱 구체적으로 설명하지만, 본 발명의 범위는 이들 실시예 등에 한정되지 않는다.

[0106] (실시예 1)

[0107] (1) Fe기(基) 비정질 합금 분말의 제작

[0108] 물 아토마이즈법을 이용하여,  $\text{Fe}_{71}\text{원자}\#\text{Ni}_{6}\text{원자}\#\text{Cr}_{2}\text{원자}\#\text{P}_{11}\text{원자}\#\text{C}_{8}\text{원자}\#\text{B}_{2}\text{원자}\#$ 의 조성이 되도록 칭량하여 얻어진 비정질 자성 재료의 분말을 자성 분말로써 제작했다. 제1 혼합 비율(결정질 자성 재료의 분말의 함유량과 비정질 자성 재료의 분말의 함유량의 총합에 대한 결정질 자성 재료의 분말의 함유량의 질량 비율)은 0 질량%였다.

[0109] 얻어진 자성 분말의 입도 분포는, 니키소사 제조의 「마이크로트랙 입도 분포 측정 장치 MT3300EX」를 이용하여 체적 분포로 측정했다. 그 결과, 체적 분포에 있어서 50%가 되는 입경인 메디안 직경(D50)은 5  $\mu\text{m}$ 였다.

[0110] (2) 조립 가루의 제작

- [0111] 상기 자성 분말을 97.2 질량부, 아크릴 수지 및 페놀 수지로 이루어지는 절연성 결합체를 2~3 질량부, 및 스테아르산아연으로 이루어지는 윤활제 0~0.5 질량부를, 용매로서의 물에 혼합하여 슬러리를 얻었다.
- [0112] 얻어진 슬러리를, 도 2에 도시된 스프레이 드라이어 장치(200)를 이용하여, 전술한 조건에서 조립(造粒)하여, 조립 가루를 얻었다.
- [0113] (3) 압축 성형
- [0114] 얻어진 조립 가루를 금형에 충전하고, 면압 0.5~1.5 GPa로 가압 성형하여, 외경 20 mm×내경 12 mm×두께 3 mm의 링 형상을 갖는 성형체를 얻었다.
- [0115] (4) 열처리
- [0116] 얻어진 성형체를, 질소 기류 분위기의 노 내에 배치하고, 노 내 온도를, 실온(23℃)으로부터 승온 속도 10℃/분으로 최적 코어 열처리 온도인 200~400℃까지 가열하고, 이 온도에서 1시간 유지하고, 그 후, 노 내에서 실온까지 냉각시키는 열처리를 행하여, 압분 코어로 이루어지는 토로이달 코어를 얻었다.
- [0117] (실시예 2 및 3)
- [0118] 자성 분말을 조제할 때에, 실시예 1에 있어서 사용한 비정질 자성 재료의 분말과, 절연 처리가 실시된 카르보닐철로 이루어지는 결정질 자성 재료의 분말(메디안 직경(D50) : 4.3 μm)을 혼합하고, 제1 혼합 비율이, 실시예 2에서는 10 질량%, 실시예 3에서는 20 질량%가 되는 자성 분말을 이용한 것 이외에는, 실시예 1과 동일하게 하여, 토로이달 코어를 제조했다.
- [0119] (실시예 4)
- [0120] 자성 분말을 조제할 때에, 실시예 1에 있어서 사용한 비정질 자성 재료의 분말 대신에, 실시예 2 등에서 사용한, 절연 처리가 실시된 카르보닐철을 전량 이용한 것, 즉 자성 분말의 제1 혼합 비율을 100 질량%로 한 것 이외에는, 실시예 1과 동일하게 하여, 토로이달 코어를 제조했다.
- [0121] (실시예 5, 6 및 7)
- [0122] 자성 분말을 조제할 때에, 실시예 1에 있어서 사용한 비정질 자성 재료의 분말과, 절연 처리가 실시된 카르보닐철로 이루어지는 결정질 자성 재료의 분말(메디안 직경(D50) : 4.3 μm)을 혼합하고, 제1 혼합 비율이 다음의 값이 되는 자성 분말을 이용한 것 이외에는, 실시예 1과 동일하게 하여, 토로이달 코어를 제조했다.
- [0123] 실시예 5     5 질량%
- [0124] 실시예 6     15 질량%
- [0125] 실시예 7     30 질량%
- [0126] (실시예 8 내지 12)
- [0127] 자성 분말을 조제할 때에, 실시예 2 내지 4에 있어서 사용한 결정질 자성 재료의 분말 대신에, 절연 처리가 실시되지 않은 카르보닐철로 이루어지는 결정질 자성 재료의 분말(메디안 직경(D50) : 4.3 μm)을 이용하여, 이 결정질 자성 재료의 분말과, 실시예 1에 있어서 조제한 비정질 자성 재료의 분말을 혼합하고, 제1 혼합 비율이 다음의 값이 되는 자성 분말을 이용한 것 이외에는, 실시예 1과 동일하게 하여, 토로이달 코어를 제조했다.
- [0128] 실시예 8     5 질량%
- [0129] 실시예 9     10 질량%
- [0130] 실시예 10    20 질량%
- [0131] 실시예 11    30 질량%
- [0132] (실시예 12)
- [0133] 자성 분말을 조제할 때에, 실시예 1에 있어서 사용한 비정질 자성 재료의 분말 대신에, 실시예 8 등에서 사용한, 절연 처리가 실시되지 않은 카르보닐철을 전량 이용한 것, 즉 자성 분말의 제1 혼합 비율을 100 질량%로 한 것 이외에는, 실시예 1과 동일하게 하여, 토로이달 코어를 제조했다.
- [0134] (실시예 13)

- [0135] 메디안 직경(D50)이 6  $\mu\text{m}$ 인 것 이외에는 실시예 1의 제조 방법과 동일하게 하여 비정질 자성 재료의 분말을 조제했다. 이 비정질 자성 재료의 분말을 이용하고, 실시예 1과 동일하게 하여, 토로이달 코어를 제조했다.
- [0136] (실시예 14 및 15)
- [0137] 실시예 13에서 조정한 메디안 직경(D50)이 6  $\mu\text{m}$ 인 비정질 자성 재료의 분말과, 실시예 2 등에서 사용한, 절연 처리가 실시된 카르보닐철로 이루어지는 결정질 자성 재료의 분말(메디안 직경(D50) : 4.3  $\mu\text{m}$ )을 혼합하고, 제1 혼합 비율이 다음의 값이 되는 자성 분말을 이용한 것 이외에는, 실시예 1과 동일하게 하여, 토로이달 코어를 제조했다.
- [0138] 실시예 14 10 질량%
- [0139] 실시예 15 20 중량%
- [0140] (시험예 1) 철손(Pcv)의 측정
- [0141] 실시예 1 내지 15에 의해 제작한 토로이달 코어에 피복 구리선을 각각 1차측 15회, 2차측 10회 감아 얻어진 토로이달 코일에 관해, BH 애널라이저(이와사키 통신기사 제조 「SY-8218」)를 이용하여, 실효 최대 자속 밀도( $B_m$ )를 15 mT으로 하는 조건에서, 철손(Pcv)(단위 :  $\text{kW}/\text{m}^3$ )의 주파수 의존성(측정 주파수 범위 : 100 kHz~3 MHz)을 측정했다. 그 결과의 일부를 표 1에 기재한다. 상기 조건에서 측정된 각 철손(Pcv)에서의 1~3 MHz의 범위의 주파수 의존성의 결과로부터, 2개의 상수  $k_h$ ,  $k_e$ 를 구했다. 결과를 표 2 내지 4에 기재한다. 또, 표 2 내지 4에서는, 제1 혼합 비율이 낮은 실시예로부터 제1 혼합 비율이 높은 실시예로 순서대로 배열하여 표시했다. 또한, 실시예 1과 같이, 대비를 쉽게 하기 위해 복수회 표시한 실시예도 있다. 표 2 내지 4에 기재한 100 kHz, 1 MHz, 2 MHz 및 3 MHz의 각 철손(Pcv)은, 실효 최대 자속 밀도( $B_m$ )를 각각 100 mT, 25 mT, 15 mT 및 15 mT으로 하는 조건에서 측정된 결과이다.
- [0142] (시험예 2) 투자율의 측정
- [0143] 실시예에 의해 제작한 토로이달 코어에 피복 구리선을 각각 1차측 40회, 2차측 10회 감아 얻어진 토로이달 코일에 관해, 임피던스 애널라이저(HP사 제조 「4192A」)를 이용하여, 100 kHz의 조건에서, 초투자율  $\mu$  및 직류 전류를 중첩하고, 그것에 의한 직류 인가 자장이 5500 A/m일 때의 비투자율  $\mu$  5500을 측정했다. 결과를 표 2 내지 4에 기재한다.
- [0144] (시험예 3) 직류 중첩 특성의 측정
- [0145] 실시예에 의해 제작한 토로이달 코어로부터 형성된 토로이달 코일을 이용하여, JIS C2560-2에 준거하여, 직류 전류를 토로이달 코일에 중첩했다. 중첩 전류의 인가 전(초기)의 인덕턴스(L)의 값( $L_0$ )에 대한 인덕턴스(L)의 변화량( $\Delta L$ )의 비율( $\Delta L/L_0$ )이 30%가 되었을 때의 인가 전류치( $I_{\text{sat}}$ )(단위 : A)에 의해, 직류 중첩 특성을 평가했다. 결과를 표 2 내지 4에 기재한다.
- [0146] (시험예 4) 절연 저항의 측정
- [0147] 실시예에 의해 제작한 토로이달 코어의 절연 저항(단위 :  $\Omega$ )을 표면 2단자법으로 측정했다. 결과를 표 2 및 4에 기재한다.

표 1

주파수 (kHz)	철손 P <sub>CV</sub> (kW/m <sup>3</sup> )			
	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4
100	2.2	4.1	5.4	22.3
200	2.0	5.3	9.1	45.8
400	1.9	9.4	16.8	94.6
1000	28.7	49.1	65.0	298.2
1200	42.5	66.9	87.7	379.6
1400	68.6	98.8	120.6	471.3
1600	85.5	120.9	147.1	559.8
1800	129.4	160.1	188.6	673.4
2000	154.0	182.3	223.2	773.8
2200	205.8	238.3	274.2	899.3
2400	260.5	285.4	333.5	1026.1
2600	297.9	333.7	388.6	1147.7
2800	372.4	411.4	465.5	1307.2
3000	415.4	455.5	513.8	1432.0

[0148]

표 2

실시예	제1 혼합 비율 (%)	코어 밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	k <sub>a</sub> (kW/m <sup>3</sup> /kHz/(m <sup>3</sup> ) <sup>1/2</sup> )	k <sub>b</sub> (kW/m <sup>3</sup> /kHz <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )	P <sub>CV</sub> (100kHz) (kW/m <sup>3</sup> )	P <sub>CV</sub> (1MHz) (kW/m <sup>3</sup> )	P <sub>CV</sub> (2MHz) (kW/m <sup>3</sup> )	P <sub>CV</sub> (3MHz) (kW/m <sup>3</sup> )	μ	μ5500	I <sub>sat</sub> (A)	철손 저항 (Ω)	비교
실시예 1	0	5.416	1.00E-06	2.56E-07	230	133	154	415	28.5	23.0	11.4	1.56E+11	본 발명에 비교예
실시예 5	5	5.494	1.00E-06	2.35E-07	415	193	173	482	29.2	23.9	11.7	2.56E+11	본 발명에 비교예
실시예 2	10	5.605	1.00E-06	2.34E-07	566	255	182	455	30.5	24.7	12.0	2.51E+11	본 발명에 비교예
실시예 6	15	5.676	5.95E-05	2.36E-07	725	312	207	499	30.8	25.9	12.5	2.48E+11	본 발명에 비교예
실시예 3	20	5.731	9.00E-05	2.44E-07	838	352	223	514	31.2	26.4	13.0	2.01E+11	본 발명에 비교예
실시예 7	30	5.889	3.83E-04	2.61E-07	1097	471	282	617	32.5	27.7	13.7	2.32E+11	본 발명에 비교예
실시예 4	100	6.524	2.72E-03	4.04E-07	2246	1141	774	1432	36.7	33.8	18.0	3.43E+07	본 발명에 비교예

[0149]

표 3

제1 운영 비율 (%)	표의 열도 (g/cm <sup>3</sup> )	k <sub>1</sub> (kW/m <sup>2</sup> )(Hz)/(m <sup>2</sup> ) <sup>1/2</sup>	k <sub>2</sub> (kW/m <sup>2</sup> )(Hz)/(m <sup>2</sup> ) <sup>1/2</sup>	Fcv (100Hz) (kW/m <sup>2</sup> )	Fcv (14Hz) (kW/m <sup>2</sup> )	Fcv (20Hz) (kW/m <sup>2</sup> )	Fcv (30Hz) (kW/m <sup>2</sup> )	μ	μ500	I <sub>act</sub> (A)	총량 지향 (G)	비고	
실시예 1	0	5.416	1.00E-06	2.56E-07	230	133	154	415	28.5	23.0	11.4	1.56E+11	비고예
실시예 2	5	5.488	1.00E-06	1.96E-07	461	191	141	361	28.5	24.0	12.5	1.24E+11	본 발명에
실시예 3	10	5.582	7.06E-05	2.07E-07	662	285	184	434	30.1	25.0	12.2	1.72E+11	본 발명에
실시예 10	20	5.734	3.23E-04	2.40E-07	1026	445	256	553	32.2	26.9	12.5	8.55E+10	본 발명에
실시예 11	30	5.874	6.22E-04	2.61E-07	1379	578	325	679	32.2	27.6	13.4	1.77E+10	본 발명에
실시예 12	100	6.541	2.82E-03	7.39E-07	2487	1453	1091	2133	44.7	37.5	11.2	6.11E+05	비고예

표 4

제1 혼합 비율 (%)	코어 밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	$k_1$ (kW/m <sup>2</sup> )/(Hz <sup>2</sup> /(m <sup>2</sup> ) <sup>1/2</sup> )	$k_2$ (kW/m <sup>2</sup> )/(Hz <sup>2</sup> /(m <sup>2</sup> ) <sup>1/2</sup> )	Pcv (100kHz) (kW/m <sup>2</sup> )	Pcv (1MHz) (kW/m <sup>2</sup> )	Pcv (2MHz) (kW/m <sup>2</sup> )	Pcv (3MHz) (kW/m <sup>2</sup> )	$\mu$	$\mu$ 500	Isat (A)	절연 저항 (Ω)	직교	
실시예 13	0	5.412	1.00E-06	3.18E-07	189	224	249	605	33.0	23.6	8.5	3.35E+11	비교예
실시예 14	10	5.579	1.43E-04	2.92E-07	491	299	277	625	34.0	25.0	9.2	3.35E+11	본 발명에
실시예 15	20	5.635	3.47E-04	2.96E-07	753	406	302	694	32.7	25.8	10.8	3.20E+11	본 발명에
실시예 4	100	6.524	2.72E-03	4.04E-07	2246	1141	774	1432	36.7	33.8	18.0	3.43E+07	비교예

[0151]

[0152]

도 6~15는, 상기 결과를 그래프화한 것이다. 구체적으로는, 도 6은, 실시예에서의 철손(Pcv)의 주파수 의존성의 측정 결과를 도시한 그래프이다. 도 7은, 상수  $k_1$ 의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다. 도 8은, 상수  $k_2$ 의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다. 도 9는, 100 kHz 및 2 MHz에서의 철손 변화율(임의의 제1 혼합 비율에서의 철손(Pcv)을 제1 혼합 비율이 0 질량%인 경우의 철손(Pcv)으로 규격화한 값)의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다. 또, 도 9에 있어서, 철손 변화율은 토로이달 코어에 피복 구리선을 각각 1차측 40회, 2차측 10회 권취하고, 100 kHz의 것은  $B_m=100$  mT으로 측정하고, 2 MHz의 것은  $B_m=15$  mT으로 측정한 것이다. 도 10은, 절연 저항의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다. 도 11 내지 14는, 주파수가, 각각, 100 kHz(도 11), 1 MHz(도 12), 2 MHz(도 13) 및 3 MHz(도 14)인 경우에서의 철손(Pcv)의 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다. 또, 측정시의  $B_m$ 은 각 그래프 내에 표시한 대로이며, 100 kHz의 경우에는 100 mT, 1 MHz의 경우에는 25 mT, 및 2 MHz의 경우에는 15 mT이었다. 도 15는, 중첩 전류의 인가 전(초기)의 인덕턴스(L)의 값( $L_0$ )에 대한 인덕턴스(L)의 변화량( $\Delta L$ )의 비율( $\Delta L/L_0$ )이 30%가 되었을 때의 인가 전류치(Isat)의, 제1 혼합 비율에 대한 의존성을 도시한 그래프이다.

[0153]

표 1~4 및 도 6~15에 기초하여, 다음 사항을 이해할 수 있다.

[0154]

(A) 상기 식(1)을 만족하도록 조제된 자성 분말을 함유하는 압분 코어는, 넓은 주파수 대역에 있어서, 특히 1

MHz 이상의 고주파 대역에 있어서, 우수한 자기 특성(철손( $P_{cv}$ ), 초투자율, 직류 중첩 특성)을 갖는다.

- [0155] (B) 도 7 및 도 8로부터  $k_e$ ,  $k_h$ 에 관해서는 제1 혼합 비율이 30 중량% 이하이면 낮은 값을 유지하고, 20 중량% 이하이면 더욱 낮은 값으로 되어 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 제1 혼합 비율은 30 중량% 이하, 바람직하게는 20 중량% 이하이면, 고주파 영역에서의 철손( $P_{cv}$ )의 증대를 억제하는 효과가 기대되는 것을 알 수 있다. 반대로 제1 혼합 비율이 30 중량%를 초과하면  $k_e$ ,  $k_h$ 는 상승하는 경향을 볼 수 있고, 그 결과, 고주파 영역에서의 철손( $P_{cv}$ )이 크게 증대되는 것으로 생각할 수 있다. 또한, 도 15로부터 제1 혼합 비율이 10 중량%를 초과하면 인가 전류치(Isat)가 향상되고, 15 중량% 이상에서 더욱 커지는 것을 알 수 있다.
- [0156] (C) 자성 분말의 제1 혼합 비율이 높아지면 철손( $P_{cv}$ )이 증가하는 기본 경향이 있지만, 주파수가 높을수록, 제1 혼합 비율이 높아지더라도 철손( $P_{cv}$ )이 잘 증가하지 않는다. 이 경향을 도 9로부터 확인할 수 있다. 도 9에 의하면, 100 kHz의 경우에는, 제1 혼합 비율이 10%일 때에는 철손 변화율이 2.5이고, 제1 혼합 비율이 20%일 때에는 철손 변화율이 3.6인 데 대하여, 2 MHz인 경우에는, 제1 혼합 비율이 20%라도 철손 변화율의 증가는 1.4 정도에 머문다. 따라서, 본 실시형태에 관련된 압분 코어를 갖는 전자·전기 부품은, 고주파 회로에 있어서 사용된 경우에 그 효과가 보다 현재화되기 쉽다. 또한, 소형 경량의 전자·전기 기기에서의 전자 회로는 고주파화되어 있기 때문에, 모바일용의 DC-DC 컨버터 등에도 적합하다.
- [0157] (D) 도 10에 도시된 바와 같이, 절연 처리가 실시된 결정질 자성 재료의 분말을 포함하는 자성 분말을 이용한 경우에는, 절연 처리가 실시되지 않은 결정질 자성 재료의 분말을 포함하는 자성 분말을 이용한 경우와 비교하여, 압분 코어의 절연 저항이 높아지는 경향을 볼 수 있었다.
- [0158] (E) 도 11에 도시된 바와 같이, 절연 처리가 실시된 결정질 자성 재료의 분말을 포함하는 자성 분말을 이용한 경우에는, 절연 처리가 실시되지 않은 결정질 자성 재료의 분말을 포함하는 자성 분말을 이용한 경우와 비교하여, 저주파 대역에서 철손( $P_{cv}$ )이 적은 것을 알 수 있다. 이 점은 도 7에 도시된 상수  $k_h$ 의 주파수 의존성으로부터도 이해할 수 있다.
- [0159] (F) 도 8에 도시된 상수  $k_e$ 의 주파수 의존성에 관해서는, 절연 처리가 실시된 결정질 자성 재료의 분말을 포함하는 자성 분말을 이용한 경우와, 절연 처리가 실시되지 않은 결정질 자성 재료의 분말을 포함하는 자성 분말을 이용한 경우는 동등한 결과가 얻어졌다. 이 결과에 기초하면, 절연 처리가 실시된 결정질 자성 재료의 분말을 포함하는 자성 분말을 이용한 경우와, 절연 처리가 실시되지 않은 결정질 자성 재료의 분말을 포함하는 자성 분말을 이용한 경우는, 고주파 대역에서의 철손( $P_{cv}$ )이 동등한 것으로 상정된다. 그런데, 도 12 내지 14에 도시된 바와 같이, 절연 처리가 실시된 결정질 자성 재료의 분말을 포함하는 자성 분말을 이용한 경우 쪽이, 절연 처리가 실시되지 않은 결정질 자성 재료의 분말을 이용한 경우보다, 고주파 대역에서의 철손( $P_{cv}$ )이 적은 결과가 되었다.
- [0160] (G) 절연 처리가 실시된 결정질 자성 재료를 자성 분말이 함유하는 경우에 있어서, 자성 분말에 함유되는 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)이 5  $\mu\text{m}$ 일 때에는, 자성 분말에 함유되는 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)이 6  $\mu\text{m}$ 일 때보다, 고주파 대역에서의 철손( $P_{cv}$ )이 낮아지는 경향을 볼 수 있었다(도 12 내지 14). 이 경향은 고주파가 될수록 현저했다. 또한, 메디안 직경(D50)이 5  $\mu\text{m}$ 인 비정질 자성 재료의 분말을 이용하면, 메디안 직경(D50)이 6  $\mu\text{m}$ 인 비정질 자성 재료의 분말을 이용했을 때보다, 직류 중첩 특성이 양호해지는 경향을 볼 수 있었다(도 15). 한편, 절연 처리가 실시된 결정질 자성 재료를 자성 분말이 함유하는 경우에 있어서, 자성 분말에 함유되는 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)이 6  $\mu\text{m}$ 일 때에는, 자성 분말에 함유되는 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)이 5  $\mu\text{m}$ 일 때보다, 절연 저항이 높아지는 경향을 볼 수 있었다(도 10). 따라서, 본 실시예에 의해, 압분 코어에 요구되는 특성에 따라, 자성 분말에 함유되는 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)을 제어하는 것이 유효한 것이 확인되었다.
- [0161] (H) 이상의 결과로부터, 절연 처리가 실시되었는지의 여부에 관계없이, 비정질 자성 재료의 분말 및 결정질 자성 재료의 분말로 이루어지는 자성 분말을 이용함으로써, 고주파 대역에서의 철손( $P_{cv}$ )이 적어지는 것이 확인되었다. 또한, 결정질 자성 재료가 절연 처리가 실시된 재료로 이루어지는 자성 분말을 이용한 경우에는, 저주파 대역에 있어서도 철손( $P_{cv}$ )이 작아지는 것이 확인되었다. 또한, 자성 분말에 함유되는 비정질 자성 재료의 분말의 메디안 직경(D50)을 제어함으로써 압분 코어의 자기 특성이나 전기 특성을 조정할 수 있는 것도 확인되었다.

**산업상 이용가능성**

[0162] 본 발명의 압분 코어를 이용한 전자·전기 부품은, 하이브리드 자동차 등의 승압 회로나, 발전, 변전 설비에 이

용되는 리액터, 트랜스나 초크 코일 등으로서 적합하게 사용될 수 있다.

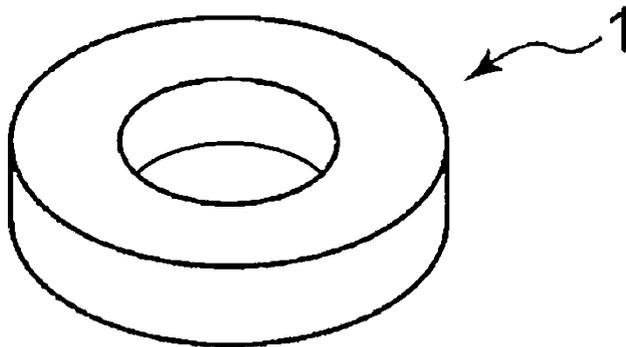
**부호의 설명**

[0163]

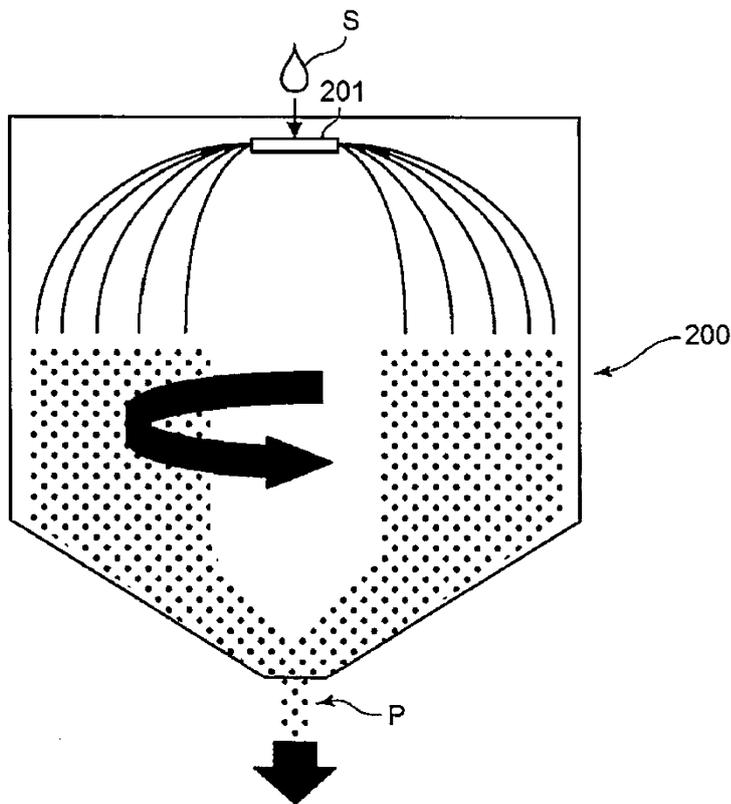
1 : 압분 코어(토로이달 코어), 10 : 토로이달 코일, 2 : 피복 도전선, 2a : 코일, 2b, 2c : 피복 도전선(2)의 단부, 2d, 2e : 코일(2a)의 단부, 20 : 인덕턴스 소자, 3 : 압분 코어, 3a : 압분 코어(3)의 실장면, 3b, 3c : 압분 코어(3)의 측면, 4 : 단자부, 5 : 공심 코일, 5a : 공심 코일(5)의 권취부, 5b : 공심 코일(5)의 인출 단부, 30 : 수납 오목부, 40 : 접속 단부, 42a : 제1 곡절부, 42b : 제2 곡절부, 100 : 실장 기판, 110 : 랜드부, 120 : 땀납층, 200 : 스프레이 드라이어 장치, 201 : 회전자, S : 슬러리, P : 조립 가루

**도면**

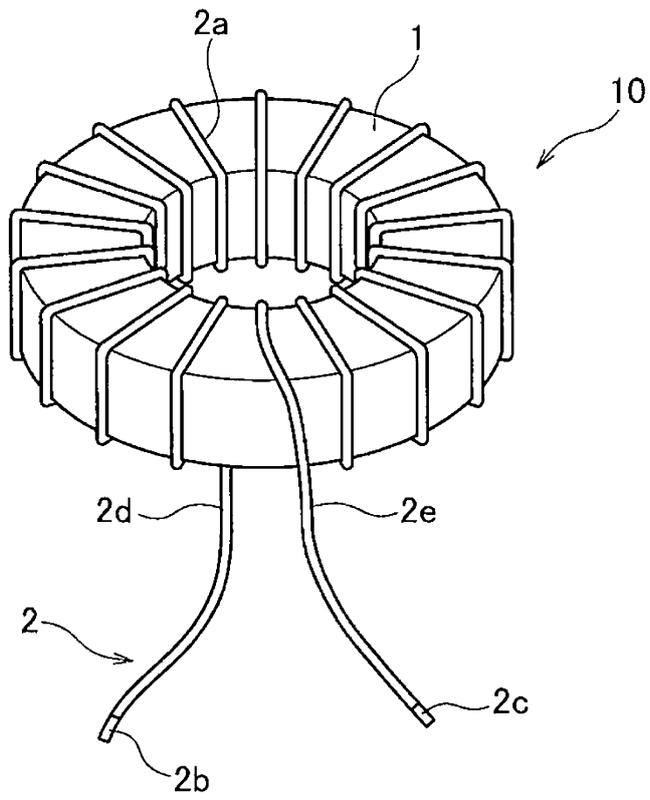
**도면1**



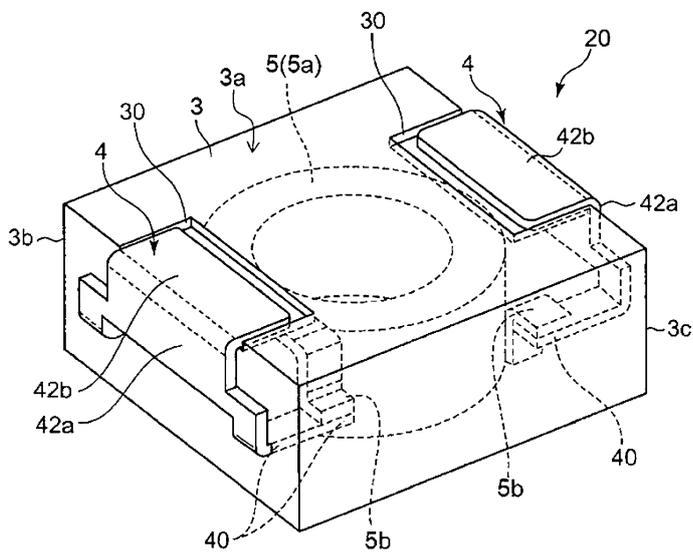
**도면2**



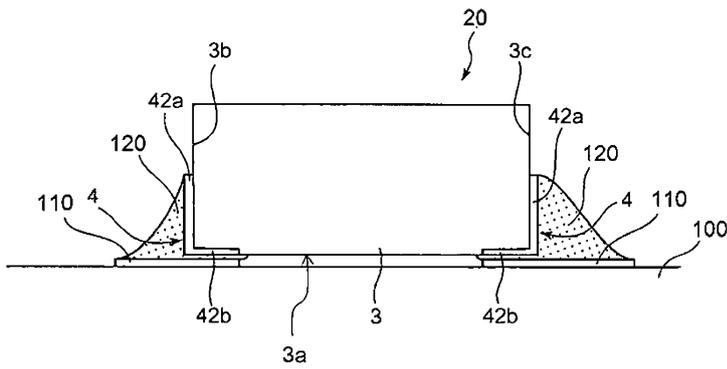
도면3



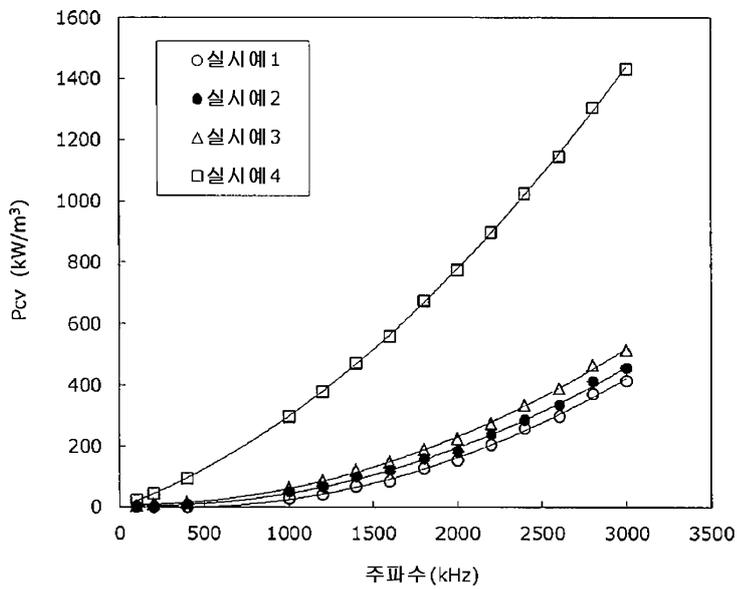
도면4



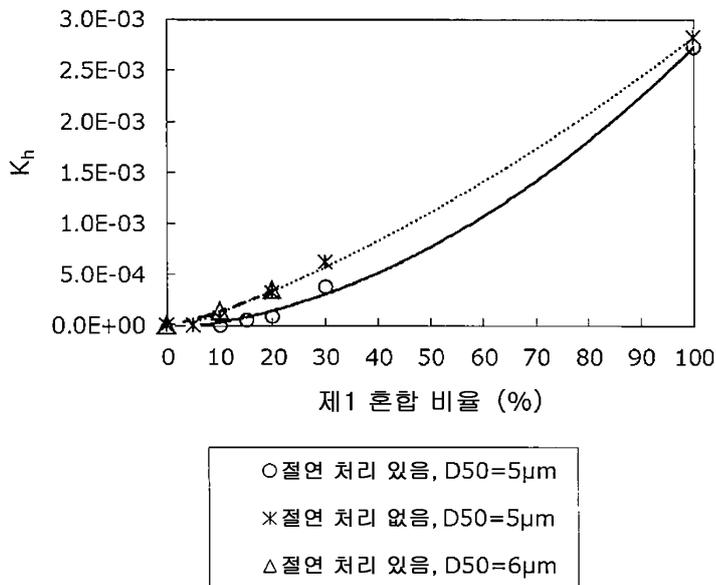
도면5



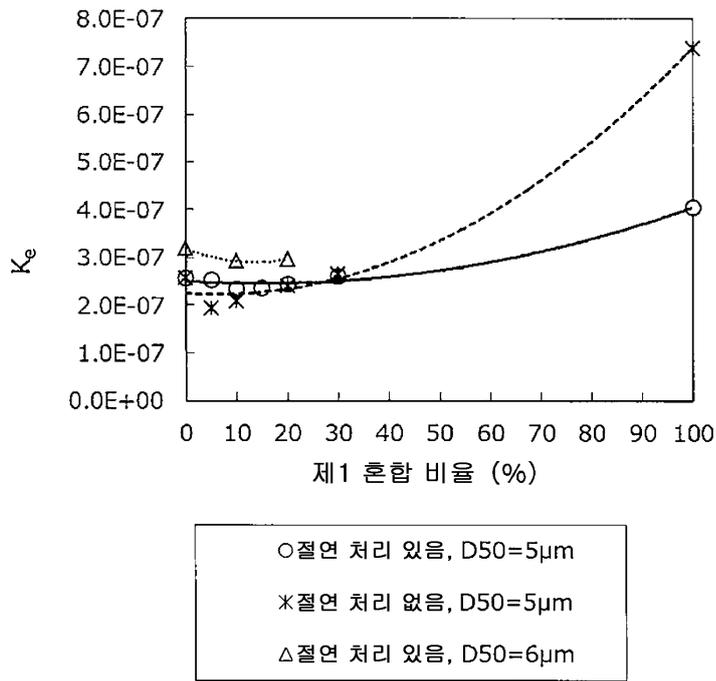
도면6



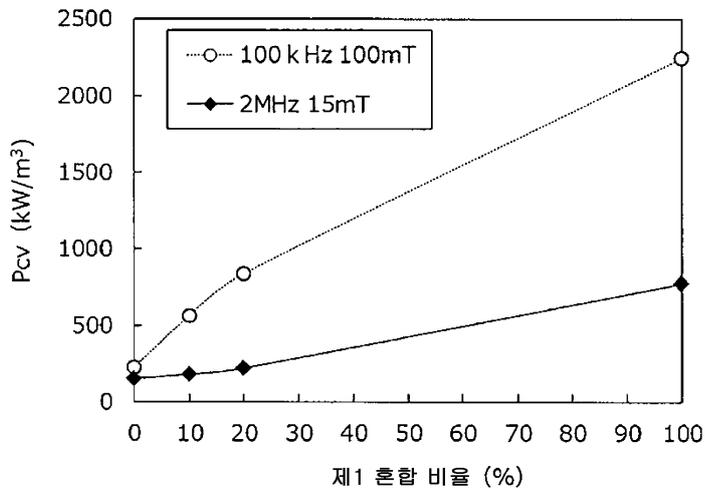
도면7



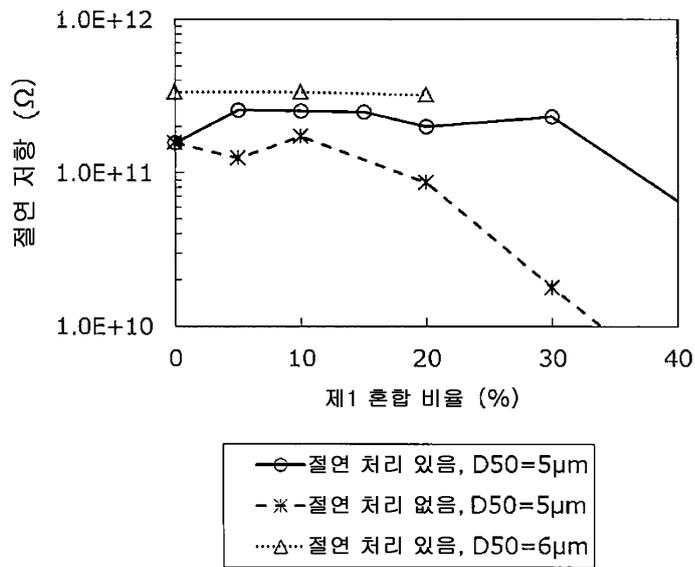
도면8



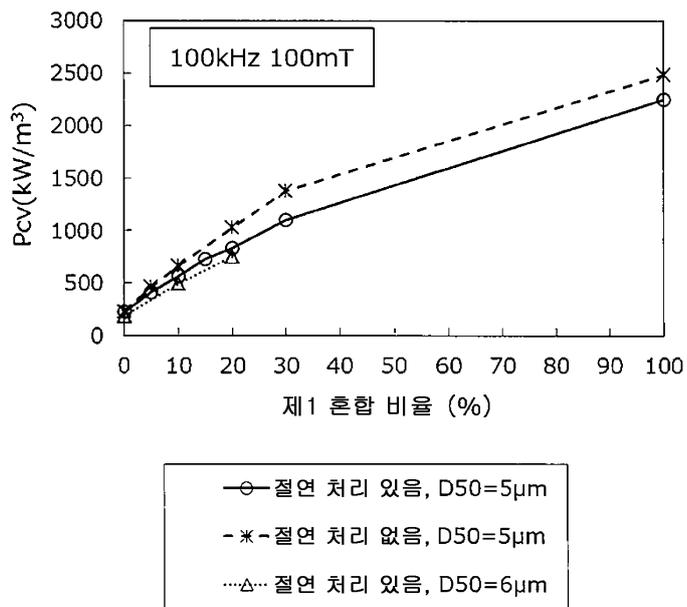
도면9



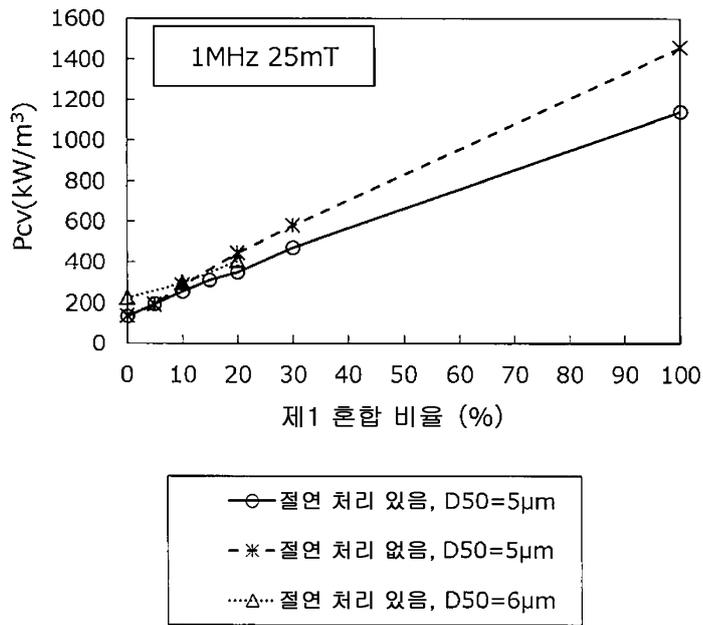
도면10



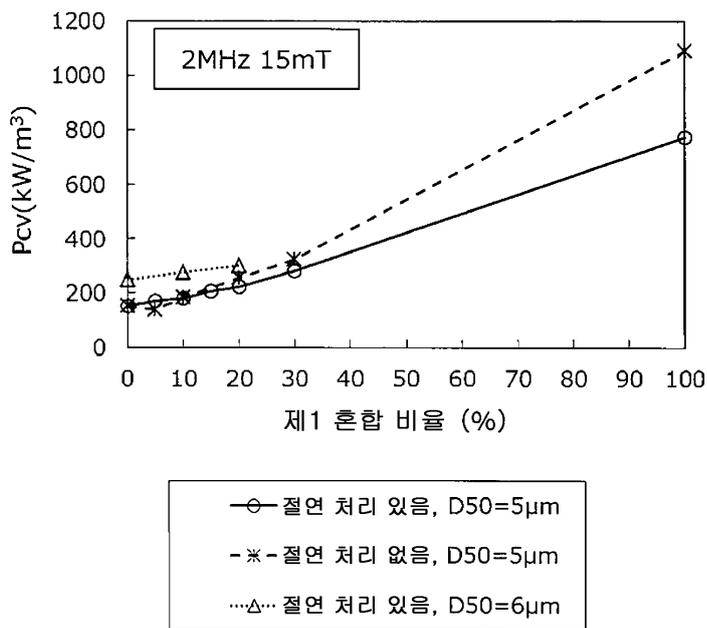
도면11



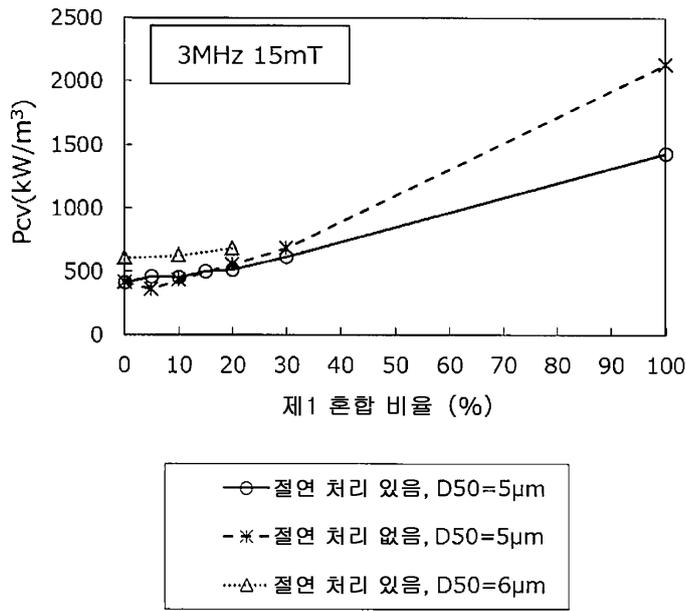
도면12



도면13



도면14



도면15

