



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I722151 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：106109873

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 24 日

(51)Int. Cl. : C01G49/00 (2006.01)

C04B35/38 (2006.01)

C04B35/64 (2006.01)

H01F1/34 (2006.01)

H01F41/02 (2006.01)

(30)優先權：2016/03/25 日本

2016-061925

(71)申請人：日商日立金屬股份有限公司(日本) HITACHI METALS, LTD. (JP)

日本

(72)發明人：三吉康晴 MIYOSHI, YASUHARU (JP)；小湯原德和 KOYUHARA, NORIKAZU

(JP)；多田智之 TADA, TOMOYUKI (JP)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

WO 2016032001A

審查人員：馮俊璋

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：1 共 31 頁

(54)名稱

錳鋅系鐵氧體的製造方法及錳鋅系鐵氧體

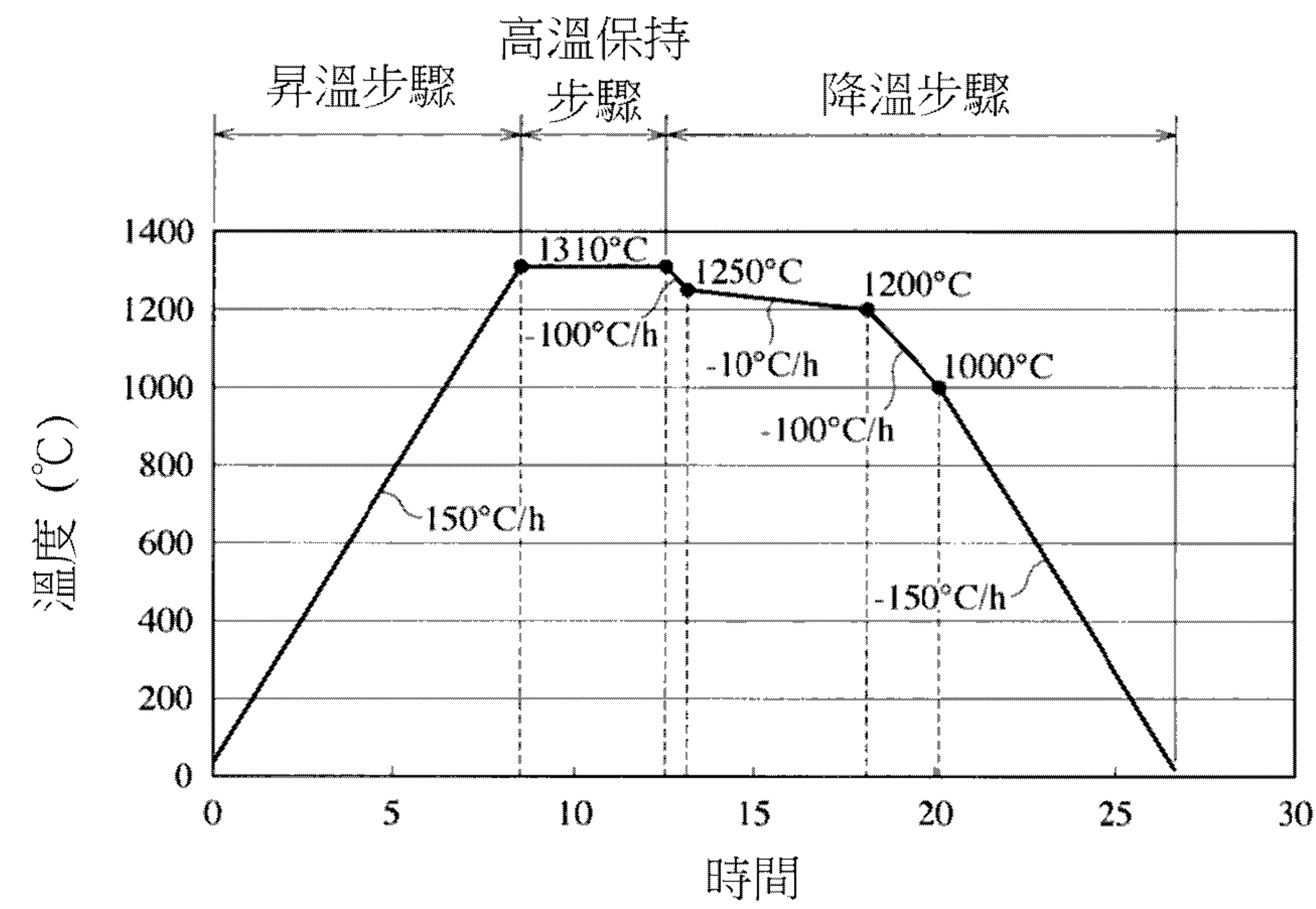
(57)摘要

本發明是一種錳鋅系鐵氧體的製造方法，其特徵在於：該錳鋅系鐵氧體包含作為主成份的 Fe (鐵)、Mn(錳)及 Zn(鋅)，並包含作為副成份的 Ca(鈣)、Si(矽)及 Co(鈷)連同自 Ta(鉭)、Nb(鈮)及 Zr (鋯)所選出的至少一種成份；該錳鋅系鐵氧體的製造方法具有成形步驟和燒結步驟，該成形步驟將錳鋅系鐵氧體的原料粉末加以成形而獲得成形體，該燒結步驟對前述成形體進行燒結；其中，前述燒結步驟，具備昇溫步驟、高溫保持步驟及降溫步驟；前述降溫步驟，具有徐冷步驟，該徐冷步驟是在 1100℃～1250℃的溫度區域中以 0～20℃/小時的降溫速度來進行 1～20 小時的冷卻，且在前述徐冷步驟的前後的降溫速度超過 20℃/小時；並且，前述錳鋅系鐵氧體，在室溫中的體積電阻率在 8.5Ω·m 以上，平均結晶粒徑為 7～15μm，當以頻率 100kHz 和勵磁磁束密度 200mT 的條件來進行測量時，自 23℃至 140℃的磁心損耗在 420kW/m³ 以下

無

指定代表圖：

第 1 圖





I722151

【發明摘要】

【中文發明名稱】 錳鋅系鐵氧體的製造方法及錳鋅系鐵氧體

【英文發明名稱】 無

【中文】 本發明是一種錳鋅系鐵氧體的製造方法，其特徵在於：該錳鋅系鐵氧體包含作為主成份的Fe(鐵)、Mn(錳)及Zn(鋅)，並包含作為副成份的Ca(鈣)、Si(矽)及Co(鈷)連同自Ta(鉭)、Nb(鉬)及Zr(鋯)所選出的至少一種成份；該錳鋅系鐵氧體的製造方法具有成形步驟和燒結步驟，該成形步驟將錳鋅系鐵氧體的原料粉末加以成形而獲得成形體，該燒結步驟對前述成形體進行燒結；其中，前述燒結步驟，具備昇溫步驟、高溫保持步驟及降溫步驟；前述降溫步驟，具有徐冷步驟，該徐冷步驟是在 $1100^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$ 的溫度區域中以 $0 \sim 20^{\circ}\text{C} / \text{小時}$ 的降溫速度來進行 $1 \sim 20$ 小時的冷卻，且在前述徐冷步驟的前後的降溫速度超過 $20^{\circ}\text{C} / \text{小時}$ ；並且，前述錳鋅系鐵氧體，在室溫中的體積電阻率在 $8.5 \Omega \cdot \text{m}$ 以上，平均結晶粒徑為 $7 \sim 15 \mu\text{m}$ ，當以頻率 100 kHz 和勵磁磁束密度 200 mT 的條件來進行測量時，自 23°C 至 140°C 的磁心損耗在 $420 \text{ kW} / \text{m}^3$ 以下

【英文】 無

【指定代表圖】 第1圖

【代表圖之符號簡單說明】 無

【特徵化學式】 無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 錳鋅系鐵氧體的製造方法及錳鋅系鐵氧體

【英文發明名稱】 無

【技術領域】

【0001】 本發明關於電子零件中所使用的一種錳鋅(MnZn)系鐵氧體的製造方法，該電子零件為用於各種電源裝置中的變壓器、電感器、反應器、扼流圈(choke coil)等零件。

【先前技術】

【0002】 在近年開始急速普及的電動車(Electric Vehicle)、油電混合動力車(Plug-in Hybrid Electric Vehicle)等電動運輸機器中的一種，也就是電動汽車中，設置有大輸出的電動馬達或充電器等機器，在該等機器中使用了能夠承受高電壓、大電流的電子零件。前述電子零件是以線圈與磁心作為基本結構，並且前述磁心是以錳鋅系鐵氧體等的磁性材料來構成。

【0003】 在這樣的用途下，會在車輛行進時對電子零件產生各式各樣的機械性和電性的負載狀態，並且所使用的環境溫度也有各種情況。通常而言，會預先考慮由磁心損耗所造成的發熱，而藉由結晶磁異向性常數K1來調整磁心損耗會成為極小的溫度，並將該溫度設定成比電子零件

要被曝露到的環境最高溫度稍微高一點的溫度，來防止因熱失控而使得鐵氧體失去磁性的情形。

【0004】 在家庭用電子機器的用途下所使用的電子零件中，會使用例如將其組成設計成使得磁心損耗（也稱為電力損耗）的極小溫度成為 100°C 以下的錳鋅系鐵氧體，但在車載的用途下，是以在高溫環境下使用作為前提，多半使用磁心損耗 P_{cv} 的極小溫度位於超過 100°C 的高溫區域中的磁心。並且，也要求在寬廣的溫度範圍中成為低磁心損耗。

【0005】 錳鋅系鐵氧體的磁心損耗具有溫度依存性，在結晶磁異向性常數 K_1 成為0的溫度中，磁滯損耗較小，相對於溫度具有極小值。結晶磁異向性常數 K_1 成為0的溫度，主要能夠藉由適當地調整錳鋅系鐵氧體中的構成尖晶石結構的金屬離子中，表示正值結晶磁異向性常數 K_1 的金屬離子與表示負值結晶磁異向性常數 K_1 的金屬離子的量，來加以改變。構成尖晶石結構的金屬離子中，作為表示正值的 K_1 的金屬離子，有 Fe^{2+} 、 Co^{2+} ，作為表示負值的 K_1 的金屬離子，有 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Ni^{2+} 等。磁心損耗成為極小的溫度，可藉由調整 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+} 及 Mn^{2+} 等的金屬離子來較為容易的加以改變，但僅藉由這樣的方式難以改善磁心損耗的溫度依存性，因此會導入結晶磁異向性常數比 Fe^{2+} 更大上許多的 Co^{2+} 來進行磁心損耗的溫度依存性的改善。

【0006】這樣的鐵氧體的磁心損耗 P_{cv} ，一般來說，是由磁滯損耗 P_h 、渦電流損耗 P_e 、殘餘損耗 P_r 所組成。磁滯損耗 P_h 源自直流磁滯，與頻率成比例地增加，渦電流損耗 P_e 源自因電磁感應作用而產生的電動勢所發生的渦電流，與頻率的平方成比例地增加。殘餘損耗 P_r 是起因於磁域壁共鳴等的殘餘損耗，在 500 kHz 以上的頻率會變得明顯。亦即，磁滯損耗 P_h 、渦電流損耗 P_e 、殘餘損耗 P_r 會根據頻率而改變，並且在全體的磁心損耗中佔的比例也會根據頻率帶而有所不同。因此，錳鋅系鐵氧體，被要求要適用於所使用的頻率或溫度。

【0007】鐵氧體的低磁心損耗化在各種製造方法中被研究著。例如，專利文獻 1 (日本特開平 3-268404 號公報) 揭示了以下方法：對成為錳鋅系鐵氧體的原料進行初步煅燒並加以粉碎，添加黏結劑然後混合、造粒、成形，進一步在 1250 ~ 1400 °C 中加以燒結，接著於氧濃度 0.001 ~ 20 % 的環境中，在 1100 °C 以上且未滿 1250 °C 的溫度區域中保持 20 ~ 360 分鐘，然後在氮氣環境中加以冷卻，藉此來製造錳鋅系鐵氧體。此方法，是使錳鋅系鐵氧體的 Fe^{2+} 接近在鐵氧體組成中以確定唯一結果之方式而求出的尖晶石結構中的 Fe^{2+} 的濃度，藉此使陽離子缺陷量接近 0，來減低磁心損耗。

【0008】專利文獻 2 (日本特開平 5-217734 號公報) 揭示了以下方法：對包含 Ca (鈣)、Si (矽) 之錳鋅系鐵氧體的成形體進行燒結，其中燒結溫度為 1200 ~ 1280 °C，

並將昇溫過程中的 600°C 以上的溫度中、及燒結過程的初期 $10\sim 30$ 分鐘的環境中的氧濃度設成 1% 以下，並且在燒結後，在規定的氧氣環境中以 $50\sim 250^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ 來加以冷卻，藉此製造磁心損耗已減低的錳鋅系鐵氧體。

【0009】 專利文獻3(日本特開平7-297017號公報)揭示了以下方法：將包含Ca、Si並進一步包含Ti(鈦)、Zr(鋯)、Hf(鈹)、Nb(鈮)、Ta(鉭)中的至少一種以上的成份之原料加以成形，並加以燒結後，對其進行徐冷，並且針對冷卻的方法，是在前述燒結和徐冷時作成規定的氧氣環境，並以 $50\sim 150^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ 來進行前述徐冷，藉此獲得磁心損耗在 $500\text{kHz}\sim 2\text{MHz}$ 的高頻率帶域中得到減低的錳鋅系鐵氧體。

【0010】 根據專利文獻1～3的製造方法，雖然能夠謀求一定程度的磁心損耗的減低，但目前要求進一步的低磁心損耗化、或是在寬廣的溫度範圍中的磁心損耗的減低，而專利文獻1～3的方法無法充分滿足這些要求。

【0011】 又，在體積電阻率小而渦電流損耗 P_e 大的情況下，有著特別在高溫區域中難以作成低磁心損耗的問題。專利文獻1～3中，藉由使作為副成份而導入的Ca、Ta並進一步使Ta、Nb等偏析於晶粒邊界，來提高體積電阻率而減低在 100°C 的磁心損耗。然而，若根據專利文獻1～3的方法，在例如 140°C 程度的高溫度環境下無法達成充分的低磁心損耗化，而希望能夠有進一步的改良。

【發明內容】**【0012】**（發明所欲解決的問題）

因此，本發明的目的在於提供一種錳鋅系鐵氧的製造方法及錳鋅系鐵氧體，該錳鋅系鐵氧體能夠在寬廣的溫度中作成低磁心損耗。

【0013】（用於解決問題的手段）

鑑於上述目的來進行積極研究的結果，本發明人發現到在將原料粉末加以成形並藉由燒結來製造錳鋅系鐵氧體的方法中，在對成形體進行燒結並冷卻的過程中，藉由在 $1100 \sim 1250^{\circ}\text{C}$ 的溫度區域中以 $0 \sim 20^{\circ}\text{C} / \text{小時}$ 的降溫速度來進行 $1 \sim 20$ 小時的冷卻，可獲得一種在室溫中的體積電阻率在 $8.5 \Omega \cdot \text{m}$ 以上且在寬廣的溫度範圍中成為低磁心損耗的錳鋅系鐵氧體，而想到了本發明。

【0014】 亦即，本發明的方法是一種錳鋅系鐵氧體的製造方法，其特徵在於：該錳鋅系鐵氧體包含作為主成份的Fe（鐵）、Mn（錳）及Zn（鋅），並包含作為副成份的Ca（鈣）、Si（矽）及Co（鈷）連同自Ta（鉭）、Nb（鈮）及Zr（鋯）所選出的至少一種成份；該錳鋅系鐵氧體的製造方法具有成形步驟和燒結步驟，該成形步驟將錳鋅系鐵氧體的原料粉末加以成形而獲得成形體，該燒結步驟對前述成形體進行燒結，其中，前述燒結步驟，具備昇溫步驟、高溫保持步驟及降溫步驟；前述降溫步驟，具有徐冷步驟，該徐冷步驟是在 $1100^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$ 的溫度區域中以 $0 \sim 20^{\circ}\text{C} / \text{小時}$ 的降溫速度來進行 $1 \sim 20$ 小時的冷卻，且在

前述徐冷步驟的前後的降溫速度超過 $20^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ ；並且，前述錳鋅系鐵氧體，在室溫中的體積電阻率在 $8.5\ \Omega \cdot \text{m}$ 以上，平均結晶粒徑為 $7 \sim 15\ \mu\text{m}$ ，當以頻率 100kHz 和勵磁磁束密度 200mT 的條件來進行測量時，自 23°C 至 140°C 的磁心損耗在 $420\text{kW}/\text{m}^3$ 以下。

【0015】 前述高溫保持步驟，較佳為在氧濃度超過 0.2 體積%且在 10 體積%以下的環境中，將溫度保持成超過 1250°C 且在 1350°C 以下的溫度。

【0016】 降溫步驟中的氧濃度，較佳為控制成使氧濃度 $P[\text{O}_2]$ (體積分率) 與溫度 $T(^{\circ}\text{C})$ 的關係滿足以下式子：

$\log(P[\text{O}_2]) = a - b / (T + 273)$ ；其中， a 、 b 為常數， a 為 $6.4 \sim 11.5$ ， b 為 $10000 \sim 18000$ 。

【0017】 藉由前述方法所獲得的錳鋅系鐵氧體，包含作為主成份的 Fe 、 Mn 及 Zn ，並包含作為副成份的 Ca 、 Si 及 Co 連同自 Ta 、 Nb 及 Zr 所選出的至少一種成份；前述主成份，是由以 Fe_2O_3 換算為 $53 \sim 54$ 莫耳%的 Fe 、以 ZnO 換算為 $8.2 \sim 10.2$ 莫耳%的 Zn 及以 MnO 換算的殘餘部分的 Mn 所構成；前述副成份，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計 100 質量份，包含以 SiO_2 換算為超過 0.001 質量份且在 0.015 質量份以下的 Si 、以 CaCO_3 換算為超過 0.1 質量份且在 0.35 質量份以下的 Ca 、以 Co_3O_4 換算為 0.4 質量份以下但不包含 0 的 Co 、以 Ta_2O_5 換算為 0.1 質量份以下且可包含 0 的 Ta 、以 ZrO_2 換算為 0.1 質量份以下且可包含 0 的 Zr 、及以

Nb_2O_5 換算為 0.05 質量份以下且可包含 0 的 Nb，其中， Ta_2O_5 、 ZrO_2 及 Nb_2O_5 的合計在 0.1 質量份以下但不包含 0。

【0018】 本發明的錳鋅系鐵氧體，其特徵在於：主成份，是由以 Fe_2O_3 換算為 53～54 莫耳 % 的 Fe、以 ZnO 換算為 8.2～10.2 莫耳 % 的 Zn 及以 MnO 換算的殘餘部分的 Mn 所構成；副成份，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計 100 質量份，包含以 SiO_2 換算為超過 0.001 質量份且在 0.015 質量份以下的 Si、以 CaCO_3 換算為超過 0.1 質量份且在 0.35 質量份以下的 Ca、以 Co_3O_4 換算為 0.4 質量份以下但不包含 0 的 Co、以 Ta_2O_5 換算為 0.1 質量份以下且可包含 0 的 Ta、以 ZrO_2 換算為 0.1 質量份以下且可包含 0 的 Zr、及以 Nb_2O_5 換算為 0.05 質量份以下且可包含 0 的 Nb，其中， Ta_2O_5 、 ZrO_2 及 Nb_2O_5 的合計在 0.1 質量份以下但不包含 0；並且，室溫中的體積電阻率在 $8.5\ \Omega \cdot \text{m}$ 以上，平均結晶粒徑為 $7 \sim 15\ \mu\text{m}$ ，以頻率 100 kHz 和勵磁磁束密度 200 mT 的條件來進行測量時的自 23℃ 到 140℃ 的磁心損耗在 $420\ \text{kW}/\text{m}^3$ 以下，且以頻率 100 kHz 和 20℃ 的條件來進行測量時的初始磁導率 μ_i 在 2800 以上。

【0019】 本發明的錳鋅系鐵氧體中，前述副成份，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計 100 質量份，包含以 SiO_2 換算為超過 0.003 質量份且在 0.012 質量份以下的 Si、以 CaCO_3 換算為超過 0.1 質量份且在 0.35 質量

份以下的 Ca 、及以 Co_3O_4 換算為在 0.2 質量份以上且在 0.4 質量份以下的 Co ；進一步，包含以 Ta_2O_5 換算為在 0.015 質量份以上且在 0.1 質量份以下的 Ta 、以 ZrO_2 換算為在 0.03 質量份以上且在 0.1 質量份以下的 Zr 及以 Nb_2O_5 換算為在 0.02 質量份以上且在 0.05 質量份以下的 Nb 中的至少一種，其中， Ta_2O_5 、 ZrO_2 及 Nb_2O_5 的合計在 0.1 質量份以下但不包含 0；並且，當以頻率 100 kHz 和勵磁磁束密度 200 mT 的條件來進行測量時，在 23 °C 的磁心損耗在 400 kW/m³ 以下。

【0020】（發明的功效）

根據本發明，能夠提供一種錳鋅系鐵氧的製造方法及錳鋅系鐵氧體，該錳鋅系鐵氧體能夠在寬廣的溫度中作成低磁心損耗。

【圖式簡單說明】

【0021】 第 1 圖是表示本發明的一實施型態之燒結步驟的溫度條件的圖。

【實施方式】

【0022】 以下，具體說明本發明的一實施型態之錳鋅系鐵氧體的製造方法、以及根據前述方法所獲得的錳鋅系鐵氧體。不過，本發明並不限定於此實施型態，可在技術性思想的範圍內加以適當變化。又，本說明書中使用「～」

來表示的數值範圍，意指將記載於「 $\sim$ 」前後的數值作為上限值和下限值而包含於其中的範圍。

【0023】 本發明的錳鋅系鐵氧體的製造方法中，具有成形步驟和燒結步驟，其中，成形步驟將錳鋅系鐵氧體的原料粉末加以成形而獲得成形體，燒結步驟對前述成形體進行燒結，該錳鋅系鐵氧體的原料粉末包含作為主成份的Fe(鐵)、Mn(錳)及Zn(鋅)，並包含作為副成份的Ca(鈣)、Si(矽)及Co(鈷)連同自Ta(鉭)、Nb(鈮)及Zr(鋯)所選出的至少一種成份。Si、Ca、Ta、Zr及Nb存在於錳鋅系鐵氧體的結晶粒邊界，藉由使晶粒邊界層高電阻化而使結晶粒絕緣，藉此來縮小相對損耗係數 $\tan \delta / \mu i$ ，以有助於磁心損耗的減低。可分別單獨包含Ta、Zr及Nb，亦可包含其中的複數種成份。

【0024】 Si主要偏析於結晶粒邊界和三相點，但Ca、Ta、Zr及Nb有時會在燒結步驟的途中固溶於尖晶石相，並且在燒結後也有一部分固溶而殘留於結晶粒內。若固溶於尖晶石相的Ca、Ta、Zr及Nb增多，則能夠提高結晶粒內的電阻而使體積電阻率 ρ 增加，相對地，晶粒邊界的Ca、Ta、Zr及Nb便減少。為了要獲得高體積電阻率來作成低磁心損耗的錳鋅系鐵氧體，有效的方法是適當調整固溶於尖晶石相中的Ca、Ta、Zr及Nb與偏析於結晶粒邊界的Ca、Ta、Zr及Nb，以提高結晶粒內的電阻並形成高電阻的結晶粒邊界。這樣的調整，能夠藉由後述的燒結溫度與燒結環境控制來進行。

【0025】藉由在 Fe^{2+} 之外進一步添加 Co^{2+} ，能夠使磁心損耗的溫度變化變小，而在寬廣的溫度範圍中作成低磁心損耗。又，藉由添加 Co^{2+} ，能夠減低殘餘磁束密度 B_r ，因此能夠減低磁滯損耗 P_h 而作成低磁心損耗的錳鋅系鐵氧體。

【0026】前述燒結步驟具有昇溫步驟、高溫保持步驟及降溫步驟。前述降溫步驟，具有徐冷步驟，該徐冷步驟是在 $1100^\circ\text{C} \sim 1250^\circ\text{C}$ 的溫度區域中以 $0 \sim 20^\circ\text{C} / \text{小時}$ 的降溫速度來進行 $1 \sim 20$ 小時的冷卻，且將在前述徐冷步驟的前後的降溫速度設成超過 $20^\circ\text{C} / \text{小時}$ 。本發明中，較佳為在燒結步驟中藉由調整氧氣的分壓，來使 Ca 、 Ta 、 Zr 及 Nb 偏析於晶粒邊界，並適當控制要固溶於結晶粒內的上述成份，以減低磁心損耗。

【0027】為了提高結晶粒邊界的電阻，在降溫步驟中設置了徐冷步驟，其在 $1100^\circ\text{C} \sim 1250^\circ\text{C}$ 的溫度區域中以 $0 \sim 20^\circ\text{C} / \text{小時}$ 的降溫速度來進行 $1 \sim 20$ 小時的冷卻。若在超過 1250°C 的溫度區域中設置徐冷步驟，會因為表層的鋅揮發而引起內應變(*internal strain*)增加，並由於其影響而使 $23^\circ\text{C} \sim 140^\circ\text{C}$ 的磁心損耗增加，而若在未滿 1100°C 的溫度區域中設置徐冷步驟， Ca 等會過度偏析於晶粒邊界，並因為此現象的影響而使得低溫側的磁心損耗增加，而難以獲得所要的磁心損耗。

【0028】若降溫速度超過 $20^\circ\text{C} / \text{小時}$ ，則偏析至結晶粒邊界的 Ca 等不足，無法獲得高體積電阻率，因此高溫側

的磁心損耗增加，而難以獲得所要的磁心損耗。此外，此處所謂降溫速度為 $0^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ ，是表示保持著固定的溫度。若徐冷步驟未滿1小時，則無法獲得充分的磁心損耗的減低功效，而若超過20小時，有時結晶的成長狀況進展會使粒徑增加而使體積電阻率降低，而招致磁心損耗的增加。進一步，在徐冷步驟前後的降溫速度，是設定成比在徐冷步驟中的前述降溫速度更大，亦即超過 $20^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ 。若徐冷步驟之前的降溫速度在 $20^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ 以下，則表層的鋅的揮發量增加，內應變增大，會使得磁心損耗增加。若徐冷步驟之後的降溫速度在 $20^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ 以下，Ca等會過度偏析於晶粒邊界而使磁心損耗增加。在自高溫保持步驟至徐冷步驟之間，與徐冷步驟之後的降溫步驟，亦即徐冷步驟的前後中，較佳為將冷卻速度設為 $50^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ 。藉由經過這樣的步驟，能夠將室溫中的體積電阻率作成 $8.5\ \Omega \cdot \text{m}$ 以上。進一步，體積電阻率，為了減低渦電流損耗 P_e 而較佳為作成 $10\ \Omega \cdot \text{m}$ 以上。

【0029】 徐冷步驟中，在氧濃度高的情況下，燒結體的氧化狀況進展，會自尖晶石結構析出氧化鐵(III)(赤鐵礦)，而在氧濃度低的情況下，會析出氧化鐵(II)(方鐵礦)，產生結晶變形而使得磁心損耗增加，因此較不佳。因此，較佳為將氧濃度控制成不會發生赤鐵礦的析出和方鐵礦的析出。降溫步驟中的氧濃度，更佳為控制成使氧濃度 $P[\text{O}_2]$ (體積分率)與溫度 $T(^{\circ}\text{C})$ 滿足以下式子：

$$\log(P[\text{O}_2]) = a - b / (T + 273)$$

此處， a 、 b 是常數，較佳是 a 為 $3.1 \sim 12.8$ ， b 為 $6000 \sim 20000$ 。 a 是由高溫保持步驟的溫度與氧濃度所規定。若 b 小於前述範圍，則即使溫度降低後氧濃度仍然高，使得氧化進展，有時會自尖晶石結構析出赤鐵礦。若 b 太大，則氧濃度降低，會使得方鐵礦析出，並且結晶粒和晶粒邊界層未被充分氧化而使得電阻變小。更佳是 a 為 $6.4 \sim 11.5$ ， b 為 $10000 \sim 18000$ 。

【0030】昇溫步驟中，在自室溫上昇至「 750°C 以上且 950°C 以下的區間的溫度」的這段期間(第1昇溫步驟)是在大氣中進行，自成形體除去黏結劑。在第1昇溫步驟之後直到高溫保持步驟之間的第2昇溫步驟中，較佳為使環境中的氧濃度降低到 $0.1 \sim 2$ 體積%。昇溫步驟中的昇溫速度，可對應於脫黏結劑中的碳殘留狀態或組成來加以適當選擇。平均昇溫速度較佳為在 $50 \sim 200^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ 的範圍內。

【0031】高溫保持步驟中的溫度為超過 1250°C 且在 1350°C 以下的這段區間，環境中的氧濃度為超過 0.2 體積%且在 10 體積%以下，較佳為設定成使氧濃度比前述第2昇溫步驟中所調整過的氧濃度更高。

【0032】本發明中，錳鋅系鐵氧體，包含作為主成份的 Fe 、 Mn 及 Zn ，並包含作為副成份的 Ca 、 Si 及 Co 連同自 Ta 、 Nb 及 Zr 所選出的至少一種成份。此處所謂的主成份是指主要構成尖晶石結構鐵氧體的元素、化合物，相對之下所謂的副成份是指在該形成過程中用來作為輔助性的

元素、化合物，其中一部分包含會固溶於尖晶石結構鐵氧體中的元素。如 Co 這樣構成尖晶石結構鐵氧體的成份，由於含有量比前述主成份少，此處也當作副成份。

【0033】主成份，較佳是由以 Fe_2O_3 換算為 53 ~ 54 莫耳 % 的 Fe 、以 ZnO 換算為 8.2 ~ 10.2 莫耳 % 的 Zn 及以 MnO 換算的殘餘部分的 Mn 所構成；副成份，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計 100 質量份，較佳是包含以 SiO_2 換算為超過 0.001 質量份且在 0.015 質量份以下的 Si 、以 CaCO_3 換算為超過 0.1 質量份且在 0.35 質量份以下的 Ca 、以 Co_3O_4 換算為 0.4 質量份以下(不包含 0)的 Co 、以 Ta_2O_5 換算為 0.1 質量份以下(包含 0)的 Ta 、以 ZrO_2 換算為 0.1 質量份以下(包含 0)的 Zr 、以 Nb_2O_5 換算為 0.05 質量份以下(包含 0)的 Nb (其中， Ta_2O_5 、 ZrO_2 及 Nb_2O_5 的合計在 0.1 質量份以下(不包含 0))。

【0034】本發明的錳鋅系鐵氧體中，藉由將 Si 和 Ca 作成在前述的範圍中，使 Si 和 Ca 存在於結晶粒邊界而使結晶粒絕緣，能夠使體積電阻率 ρ 增加，並縮小相對損耗係數 $\tan \delta / \mu\text{i}$ 。 Si 和 Ca 的含有量，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計 100 質量份，各自較佳是以 SiO_2 換算為超過 0.001 質量份且在 0.015 質量份以下、及以 CaCO_3 換算為超過 0.1 質量份且在 0.35 質量份以下，且各自更佳是以 SiO_2 換算為超過 0.003 質量份且在 0.012 質量份以下、及以 CaCO_3 換算為超過 0.1 質量份且在 0.25 質量份以下。

【0035】藉由添加 Co^{2+} ，能夠使損耗的溫度變化縮小，而在寬廣的溫度範圍中作成低損耗，並且能夠減低殘餘磁束密度 B_r 而減低磁滯損耗 P_h 。然而，若 Co 的含有量太多，磁化曲線容易變成恆導磁率合金 (perminvar) 型，並且結晶磁異向性常數在低溫側變成太大的正值，有時反而會劣化。 Co 含有量，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計 100 質量份，較佳是以 Co_3O_4 換算為 0.4 質量份以下 (不包含 0)，更佳是以 Co_3O_4 換算為 0.2 質量份以上且在 0.4 質量份以下，最佳是以 Co_3O_4 換算為 0.25 質量份以上且在 0.35 質量份以下。

【0036】 Ta 、 Zr 及 Nb ，連同 Si 、 Ca ，一起出現在結晶粒邊界層，使前述晶粒邊界層高電阻化，藉此而有助於低損耗化。可分別單獨包含 Ta 、 Zr 及 Nb ，亦可包含 2 種以上。在單獨包含的情況下， Ta 、 Zr 及 Nb 的含有量，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計 100 質量份，各自較佳是以 Ta_2O_5 換算為 0.1 質量份以下 (包含 0)、以 ZrO_2 換算為 0.1 質量份以下 (包含 0)、及以 Nb_2O_5 換算為 0.05 質量份以下 (包含 0)。在 Ta 、 Zr 及 Nb 中包含 2 種以上的情況下，較佳是以 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 Nb_2O_5 換算的總量在 0.1 質量份以下 (不包含 0)。 Ta 、 Zr 及 Nb 的含有量的下限，在單獨包含 Ta 、 Zr 及 Nb 的情況下，各自較佳是以 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 Nb_2O_5 換算為 0.03 質量份。在 Ta 、 Zr 及 Nb 中包含 2 種以上的情況下，較佳是以 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 Nb_2O_5 換算的總量在 0.03 質量份以上。

【0037】構成錳鋅系鐵氧體的原材料中，有時包含作為雜質的硫(S)、氯(Cl)、磷(P)、硼(B)等。本發明中，針對這些雜質並未特別規定，但根據經驗已知道藉由減少這些雜質可減低磁心損耗、提高磁導率。特別是關於硫，有時會產生與Ca的化合物並作為異物而偏析於結晶粒邊界，使體積電阻率 ρ 降低並使渦電流損耗增加。因此，為了進一步減低磁心損耗，較佳為減少雜質，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計100質量份，將S設成0.03質量份以下、將Cl設成0.01質量份以下、將P設成0.001質量份以下、將B設成0.0001質量份以下。

【0038】錳鋅系鐵氧體的適合的平均結晶粒徑會因要使用的頻率而有所不同，若頻率未滿500kHz，較佳為超過5 μ m以減低矯頑磁力H_c並減低磁滯損耗。更佳為7 μ m以上且15 μ m以下。

【0039】（實施例）

以下藉由實施例來更詳細說明本發明，但本發明並不限定於該等實施例。

【0040】[實施例1]

如表1所示，作為主成份將53.4莫耳%的Fe₂O₃、9.2莫耳%的ZnO及以MnO換算為37.4莫耳%的Mn₃O₄加以溼式混合，然後使其乾燥，並在900℃進行3小時的初步煅燒。接著，針對所獲得到的初步煅燒粉100質量部，以作成的錳鋅系鐵氧體成為表1所示的組成的方式，將SiO₂、CaCO₃、Co₃O₄、Ta₂O₅、ZrO₂及Nb₂O₅添加

球磨機中，進行粉碎、混合直到平均粉碎粒徑成為1.2～1.4 μm為止。將作為黏結劑的聚乙烯醇添加至所獲得到的混合物中，並在研鉢中加以顆粒化後，進行加壓成形而獲得環狀的成形體，然後將該成形體加以燒結，而獲得外徑Φ25mm×內徑Φ15mm×厚度5mm的磁心（鐵氧體燒結體）。

【0041】 [表1]

試料 編號 ⁽¹⁾	主成份(莫耳%)			副成份(質量份 ⁽³⁾)					
	Fe ₂ O ₃	ZnO	MnO ⁽²⁾	Co ₃ O ₄	SiO ₂	CaCO ₃	Ta ₂ O ₅	ZrO ₂	Nb ₂ O ₅
1	53.4	9.2	37.4	0.3	0.003	0.18	0.05	0	0
2	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0.05	0	0
3	53.4	9.2	37.4	0.3	0.015	0.18	0.05	0	0
*4	53.4	9.2	37.4	0.3	0.02	0.18	0.05	0	0
*5	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.07	0.05	0	0
6	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.1	0.05	0	0
7	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.35	0.05	0	0
*8	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.4	0.05	0	0
*9	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0	0	0
10	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0.015	0	0
11	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0.03	0	0
12	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0.1	0	0
*13	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0.13	0	0
14	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0	0.03	0
15	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0	0.1	0
*16	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0	0.15	0
17	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0	0	0.02
18	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0	0	0.05
*19	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0	0	0.07
20	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0.03	0.07	0
21	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0.03	0	0.02
22	53.4	9.2	37.4	0.3	0.006	0.18	0.03	0.03	0.02
*23	53.4	9.2	37.4	0	0.003	0.18	0.05	0	0
24	53.4	9.2	37.4	0.16	0.003	0.18	0.05	0	0
25	53.4	9.2	37.4	0.4	0.003	0.18	0.05	0	0
*26	53.4	9.2	37.4	0.5	0.003	0.18	0.05	0	0

註(1)：編號中標記上「*」的是表示比較例。

註(2)：使用Mn₃O₄來作為原材料，並表示以MnO來換算的組成。

註(3)：相對於由主成份所構成的初步煅燒粉100質量份的量。

【0042】 第1圖表示燒結步驟的溫度條件。燒結，是由昇溫步驟、高溫保持步驟及降溫步驟所構成，在昇溫步驟中自室溫昇溫至1310℃，在高溫保持步驟中保持在1310℃4個小時，並且在降溫步驟中自1310℃降溫至室溫。昇溫步驟，是以150℃/小時的昇溫速度來進行，並且自室溫到800℃之間在大氣環境中(氧濃度21體積%的環境中)進行，而在800℃以後是在氧濃度1體積%的環境中進行。高溫保持步驟中將氧濃度保持在1體積%。降溫步驟，自1310℃(高溫保持溫度)至1250℃之間以100℃/小時的降溫速度來進行，自1250℃至1200℃之間以10℃/小時的降溫速度來進行，自1200℃至1000℃之間以100℃/小時的降溫速度來進行，並在1000℃以後以150℃/小時的降溫速度來進行。到1000℃為止的降溫步驟中的氧濃度(體積分率)，是遵循 $\log(P[O_2]) = a - b / (T + 273)$ 的式子(其中， $a = 6.9$ ， $b = 14000$)來加以變化。具體而言，將氧濃度調節成：在1250℃中為0.5體積%，在1200℃中為0.25體積%，在1000℃中為0.01體積%(100ppm)。1000℃以後，是在流動的N₂氣體中冷卻，並且最終氧濃度降低到0.003體積%(30ppm)的程度。

【0043】對於所獲得的磁心，針對磁心損耗 P_{cv} 、初始磁導率 μ_i 、體積電阻率 ρ 及平均結晶粒徑進行評價。評價方法如以下所述。

【0044】（磁心損耗 P_{cv} ）

磁心損耗 P_{cv} ，是使用岩崎通訊機股份有限公司製的 B-H 分析器（型號：SY-8232），針對分別在一次側繞線與二次側繞線卷繞了 5 圈的磁心，在頻率 100 kHz 和勵磁磁束密度 200 mT 的情況下，測量 23 °C ~ 140 °C 中的磁心損耗。

【0045】（初始磁導率 μ_i ）

初始磁導率 μ_i ，是針對卷繞了 10 次的磁心施加 0.4 A/m 的磁場，並使用惠普公司製的 HP-4284 A（型號），在 23 °C 以 100 kHz 的條件來進行測量。

【0046】（體積電阻率 ρ ）

自磁心切出平板狀的試料，在對向的二個平面上塗佈作為電極的鎳銦合金，並使用日置電機製的 3224（型號）來測量電阻 R （ Ω ）。自電極形成平面的面積 A （ m^2 ）與厚度 t （m），根據以下式子來算出體積電阻率 ρ （ $\Omega \cdot m$ ）。

$$\text{體積電阻率 } \rho (\Omega \cdot m) = R \times (A / t)。$$

【0047】（平均結晶粒徑）

平均結晶粒徑，是在鐵氧體燒結體的鏡面研磨面中針對結晶粒邊界進行熱蝕刻（在 1100 °C 進行 1 小時，並且是在 N_2 中進行處理），然後藉由光學顯微鏡對該表面拍攝

400 倍的照片，並在該照片上的 $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ 的正方形區域中藉由求積分法來加以算出。

【0048】 將初始磁導率 μ_i 、體積電阻率 ρ 、平均結晶粒徑及磁心損耗 P_{cv} 的評價結果表示於表 2。

【0049】 [表 2]

試料 編號 ⁽¹⁾	體積電阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	平均結晶粒徑 (μm)	初始磁導率 (μ_i)	磁心損耗 $P_{cv}(\text{kW}/\text{m}^3)$		
				23℃	100℃	140℃
1	11.9	10.7	3500	379	279	367
2	18.3	9.5	3410	297	273	377
3	19.6	9.0	3090	415	309	385
*4	1.2	8.9	2820	663	448	566
*5	6.2	10.8	3730	397	294	483
6	12.0	10.3	3470	338	282	383
7	16.5	9.6	3200	370	303	377
*8	0.2	7.2	2240	949	717	700
*9	5.3	8.9	3660	400	308	503
10	10.0	10.3	3690	342	281	388
11	14.1	11.5	3660	315	262	371
12	17.0	10.2	3230	347	280	357
*13	5.6	11.4	3200	431	354	502
14	10.3	9.1	3720	351	292	383
15	11.4	10.4	3720	355	278	359
*16	6.1	10.1	3110	520	420	535
17	14.3	10.2	3630	343	293	408
18	13.1	9.3	3340	335	291	395
*19	0.1	11.3	3110	618	650	850
20	16.3	10.4	3100	379	277	373
21	13.7	9.1	3360	359	305	394
22	17.5	10.6	3020	385	280	379
*23	14.8	9.5	2340	532	308	335
24	11.9	10.5	2950	409	295	346
25	11.2	11.3	3150	352	279	367
*26	5.0	11.5	2860	446	279	490

註(1)：編號中標記上「*」的是表示比較例。

【0050】 自表 2 可知，本發明的實施例的錳鋅系鐵氧體均具有 $8.5\ \Omega \cdot \text{m}$ 以上的高體積電阻率，並且在 $140\ ^\circ\text{C}$ 的高溫環境下也具有 $420\ \text{kW}/\text{m}^3$ 以下的磁心損耗。相對之下，比較例的錳鋅系鐵氧體，除了試料編號 *23 以外，體

積電阻率均未滿 $8.5\ \Omega \cdot \text{m}$ ，且會有高磁心損耗。不含 Co 的試樣編號 *23 的錳鋅系鐵氧體，在 $23\ ^\circ\text{C}$ 的磁心損耗超過 $420\ \text{kW}/\text{m}^3$ 。比較例中，雖然有些在 $23\ ^\circ\text{C}$ 和 $100\ ^\circ\text{C}$ 的磁心損耗在 $420\ \text{kW}/\text{m}^3$ 以下，但在 $140\ ^\circ\text{C}$ 的高溫環境下磁心損耗便會成為超過 $420\ \text{kW}/\text{m}^3$ 的值。如以上所述，藉由讓所具有的組成中包含作為副成份的 Ca 、 Si 及 Co 連同自 Ta 、 Nb 及 Zr 所選出的至少一種成份，並且在燒結的降溫步驟中設置在規定條件下的徐冷步驟，能夠獲得自低溫 ($23\ ^\circ\text{C}$) 至高溫 ($140\ ^\circ\text{C}$) 為止均為低磁心損耗的錳鋅系鐵氧體。

【0051】 [實施例2]

藉由與實施例1同樣的製造方法，製作出將主成份比例如表3所示來加以變更過的錳鋅系鐵氧體。表4表示了對初始磁導率 μ_i 、體積電阻率 ρ 、平均結晶粒徑及磁心損耗 P_{cv} 加以評價的結果。每個錳鋅系鐵氧體均顯現出 $10\ \Omega \cdot \text{m}$ 以上的高體積電阻率，且比較例的錳鋅系鐵氧體在高溫或低溫時的磁心損耗會成為超過 $420\ \text{kW}/\text{m}^3$ 的值。另一方面，實施例的錳鋅系鐵氧體中，均可獲得 $420\ \text{kW}/\text{m}^3$ 以下的磁心損耗。

【0052】 [表3]

試料 編號 ⁽¹⁾	主成份(莫耳%)			副成份(質量份 ⁽³⁾)					
	Fe_2O_3	ZnO	$\text{MnO}^{(2)}$	Co_3O_4	SiO_2	CaCO_3	Ta_2O_5	ZrO_2	Nb_2O_5
27	53.0	10.2	36.8	0.3	0.003	0.18	0.05	0	0
28	53.4	9.2	37.4	0.3	0.003	0.18	0.05	0	0
29	54.0	8.2	37.8	0.3	0.003	0.18	0.05	0	0
*30	54.5	8.5	37.0	0.3	0.003	0.18	0.05	0	0
*31	53.0	7.5	39.5	0.3	0.003	0.18	0.05	0	0
*32	52.5	8.5	39.0	0.3	0.003	0.18	0.05	0	0

*33	54.0	11.0	35.0	0.3	0.003	0.18	0.05	0	0
-----	------	------	------	-----	-------	------	------	---	---

註(1)：編號中標記上「*」的是表示比較例。

註(2)：使用Mn₃O₄來作為原材料，並表示以MnO來換算的組成。

註(3)：相對於由主成份所構成的初步煅燒粉100質量份的量。

【0053】 [表4]

試料 編號 ⁽¹⁾	體積電阻率ρ (Ω·m)	平均結晶粒徑 (μm)	初始磁導率 (μi)	磁心損耗Pcv(kW/m ³)		
				23℃	100℃	140℃
27	13.0	11.0	3560	390	295	350
28	11.9	10.7	3500	379	279	367
29	10.9	10.0	3560	349	256	411
*30	10.1	10.2	3700	321	287	452
*31	12.8	10.2	2760	503	352	382
*32	10.3	9.7	2600	543	405	423
*33	13.5	11.5	3650	332	309	456

註(1)：編號中標記上「*」的是表示比較例。

【0054】 [實施例3]

藉由與實施例1同樣的製造方法，製作出將組成如表5所示來加以變更並將高溫保持步驟的溫度如表6所示來改變過的錳鋅系鐵氧體。表6表示了對初始磁導率μi、體積電阻率ρ、平均結晶粒徑及磁心損耗Pcv加以評價的結果。每個錳鋅系鐵氧體均顯現出8.5Ω·m以上的高體積電阻率，且平均結晶粒徑低於7μm的比較例的試料編號*40的錳鋅系鐵氧體，在140℃時的磁心損耗成為超過420kW/m³的值。另一方面，實施例的錳鋅系鐵氧體中，均可獲得420kW/m³以下的磁心損耗。

【0055】 [表5]

主成份(莫耳%)			副成份(質量份 ⁽²⁾)					
Fe ₂ O ₃	ZnO	MnO ⁽¹⁾	Co ₃ O ₄	SiO ₂	CaCO ₃	Ta ₂ O ₅	ZrO ₂	Nb ₂ O ₅

53.4	9.2	37.4	0.3	0.009	0.18	0.04	0	0
------	-----	------	-----	-------	------	------	---	---

註(1)：使用 Mn_3O_4 來作為原材料，並表示以 MnO 來換算的組成。

註(2)：相對於由主成份所構成的初步煅燒粉 100 質量份的量。

【 0 0 5 6 】 [表 6]

試料 編號 ⁽¹⁾	高溫保持 溫度 (°C)	體積 電阻率 ρ ($\Omega \cdot m$)	平均 結晶粒徑 (μm)	初始 磁導率 (μi)	磁心損耗 $P_{cv}(kW/m^3)$		
					23°C	100°C	140°C
34	1335	12.2	13	3020	388	268	336
35	1310	14.9	10.2	2970	371	265	325
36	1295	16.8	9.3	2900	349	262	332
37	1280	18.1	8.4	2870	345	267	337
38	1265	18.7	7.4	2830	340	260	345
39	1250	18.9	7.0	2780	340	277	382
*40	1235	19.5	6.3	2690	334	291	423

註(1)：編號中標記上「*」的是表示比較例。

【 0 0 5 7 】 [實施例 4]

藉由與實施例 1 同樣的製造方法，製作出將組成如表 5 所示來加以變更並將徐冷溫度的範圍如表 7 所示來改變的錳鋅系鐵氧體。表 7 表示了對初始磁導率 μi 、體積電阻率 ρ 、平均結晶粒徑及磁心損耗 P_{cv} 加以評價的結果。藉由設成由本發明的方法所規定的範圍的徐冷溫度，可獲得自低溫(23°C)至高溫(140°C)均具有 $420 kW/m^3$ 以下的磁心損耗的錳鋅系鐵氧體。

【 0 0 5 8 】 [表 7]

試料 編號 ⁽¹⁾	徐冷溫度範圍 (°C)	體積電阻率 ρ ($\Omega \cdot m$)	初始磁導率 (μi)	磁心損耗 $P_{cv}(kW/m^3)$		
				23°C	100°C	140°C
*41	無	8.2	3140	360	326	450
*42	1300~1250	12.6	2760	462	385	430
43	1250~1200	14.9	2970	371	265	325
44	1200~1150	18.5	2960	385	275	320

45	1150～1100	20.3	2850	395	298	345
*46	1100～1050	22.3	2610	430	320	350
*47	1050～1000	22.5	2320	460	340	370
*48	1300～1200	14.2	2720	442	378	425
*49	1150～1050	22.5	2530	445	338	370

註（1）：編號中標記上「*」的是表示比較例。

【0059】 [實施例5]

藉由與實施例1同樣的製造方法，製作出將主成份比例如表5所示來加以變更並將徐冷步驟的降溫速度如表8所示來改變的錳鋅系鐵氧體。表8表示了對初始磁導率 μ_i 、體積電阻率 ρ 、平均結晶粒徑及磁心損耗 P_{cv} 加以評價的結果。藉由設成由本發明的方法所規定的範圍的降溫速度，可獲得自低溫（23℃）至高溫（140℃）均具有420kW/m³以下的磁心損耗的錳鋅系鐵氧體。

【0060】 [表8]

試料 編號 ⁽¹⁾	徐冷步驟的 降溫速度 (℃/小時)	體積電阻率 ρ (Ω·m)	初始磁導率 (μ_i)	磁心損耗 P_{cv} (kW/m ³)		
				23℃	100℃	140℃
*50	100	8.2	3140	360	326	450
*51	50	10.0	3110	366	317	431
52	20	13.5	3050	370	276	340
53	10	14.9	2970	371	265	325
54	5	16.3	2930	384	276	310
55	3	19.8	2850	395	275	315

註（1）：編號中標記上「*」的是表示比較例。

【0061】 如以上所述，據根本發明的錳鋅系鐵氧體的製造方法，能夠在寬廣的溫度範圍中作成低磁心損耗。

【符號說明】

【0062】

無

【生物材料寄存】

【 0 0 6 3 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 6 4 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註

記)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種錳鋅系鐵氧體的製造方法，其特徵在於：

該錳鋅系鐵氧體包含作為主成份的 Fe 、 Mn 及 Zn ，並包含作為副成份的 Ca 、 Si 及 Co 連同自 Ta 、 Nb 及 Zr 所選出的至少一種成份；

前述主成份，是由以 Fe_2O_3 換算為 53～54 莫耳 % 的 Fe 、以 ZnO 換算為 8.2～10.2 莫耳 % 的 Zn 及以 MnO 換算的殘餘部分的 Mn 所構成；

前述副成份，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計 100 質量份，包含以 SiO_2 換算為超過 0.001 質量份且在 0.015 質量份以下的 Si 、以 CaCO_3 換算為超過 0.1 質量份且在 0.35 質量份以下的 Ca 、以 Co_3O_4 換算為 0.4 質量份以下但不包含 0 的 Co 、以 Ta_2O_5 換算為 0.1 質量份以下且可包含 0 的 Ta 、以 ZrO_2 換算為 0.1 質量份以下且可包含 0 的 Zr 、及以 Nb_2O_5 換算為 0.05 質量份以下且可包含 0 的 Nb ，其中， Ta_2O_5 、 ZrO_2 及 Nb_2O_5 的合計在 0.1 質量份以下但不包含 0；

該錳鋅系鐵氧體的製造方法具有成形步驟和燒結步驟，該成形步驟將錳鋅系鐵氧體的原料粉末加以成形而獲得成形體，該燒結步驟對前述成形體進行燒結；

其中，前述燒結步驟，具備昇溫步驟、高溫保持步驟及降溫步驟；

前述降溫步驟，具有徐冷步驟，該徐冷步驟是在 $1100^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$ 的溫度區域中以 $0 \sim 20^{\circ}\text{C} / \text{小時}$ 的降溫速度來進行 $1 \sim 20$ 小時的冷卻，且在前述徐冷步驟的前後的降溫速度超過 $20^{\circ}\text{C} / \text{小時}$ ；

並且，前述錳鋅系鐵氧體，在室溫中的體積電阻率在 $8.5 \Omega \cdot \text{m}$ 以上，平均結晶粒徑為 $7 \sim 15 \mu \text{m}$ ，當以頻率 100kHz 和勵磁磁束密度 200mT 的條件來進行測量時，自 23°C 至 140°C 的磁心損耗在 $420 \text{kW} / \text{m}^3$ 以下。

【第2項】 如請求項1所述之錳鋅系鐵氧體的製造方法，其中，前述高溫保持步驟，是在氧濃度超過 0.2 體積%且在 10 體積%以下的環境中，將溫度保持成超過 1250°C 且在 1350°C 以下。

【第3項】 如請求項2所述之錳鋅系鐵氧體的製造方法，其中，針對前述降溫步驟中的氧濃度，控制成使氧濃度 $P[\text{O}_2]$ (體積分率) 與溫度 $T(^{\circ}\text{C})$ 的關係滿足以下式子：

$$\log(P[\text{O}_2]) = a - b / (T + 273) ;$$

其中， a 、 b 為常數， a 為 $6.4 \sim 11.5$ ， b 為 $10000 \sim 18000$ 。

【第4項】 一種錳鋅系鐵氧體，其特徵在於：

主成份，是由以 Fe_2O_3 換算為 $53 \sim 54$ 莫耳%的 Fe 、以 ZnO 換算為 $8.2 \sim 10.2$ 莫耳%的 Zn 及以 MnO 換算的殘餘部分的 Mn 所構成；

副成份，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計 100 質量份，由以 SiO_2 換算為超過 0.001 質量份且在 0.015 質量份以下的 Si 、以 CaCO_3 換算為超過 0.1 質量份且在 0.35 質量份以下的 Ca 、以 Co_3O_4 換算為 0.4 質量份以下但不包含 0 的 Co 、以 Ta_2O_5 換算為 0.1 質量份以下且可包含 0 的 Ta 、以 ZrO_2 換算為 0.1 質量份以下且可包含 0 的 Zr 、及以 Nb_2O_5 換算為 0.05 質量份以下且可包含 0) 的 Nb 所構成，其中， Ta_2O_5 、 ZrO_2 及 Nb_2O_5 的合計在 0.1 質量份以下但不包含 0；

並且，室溫中的體積電阻率在 $8.5\ \Omega \cdot \text{m}$ 以上，平均結晶粒徑為 $7 \sim 15\ \mu\text{m}$ ，以頻率 100 kHz、勵磁磁束密度 200 Mt 的條件來進行測量時的自 23°C 到 140°C 的磁心損耗在 $420\ \text{kW}/\text{m}^3$ 以下，且以頻率 100 kHz 和 20°C 的條件來進行測量時的初始磁導率 μ_i 在 2800 以上。

【第5項】 如請求項 4 所述之錳鋅系鐵氧體，其中，前述副成份，相對於前述以氧化物換算的前述主成份的合計 100 質量份，由以 SiO_2 換算為超過 0.003 質量份且在 0.012 質量份以下的 Si 、以 CaCO_3 換算為超過 0.1 質量份且在 0.35 質量份以下的 Ca 、以 Co_3O_4 換算為在 0.2 質量份以上且在 0.4 質量份以下的 Co 、以及自

以 Ta_2O_5 換算為在 0.015 質量份以上且在 0.1 質量份以下的 Ta 、以 ZrO_2 換算為在 0.03 質量份以上且在

0.1 質量份以下的 Zr 及以 Nb_2O_5 換算為在 0.02 質量份以上且在 0.05 質量份以下的 Nb 中所選出的至少一種所構成，其中，必須包含 Zr ，且 Ta_2O_5 、 ZrO_2 及 Nb_2O_5 的合計在 0.1 質量份以下但不包含 0；

並且，當以頻率 100 kHz 和勵磁磁束密度 200 mT 的條件來進行測量時，在 23 °C 的磁心損耗在 400 kW / m³ 以下。

【第6項】 如請求項 4 或 5 所述之錳鋅系鐵氧體，其中，前述主成份的 Zn 含有量以 ZnO 換算為 9.2 ~ 10.2 莫耳 %。

【發明圖式】

第 1 圖

