



(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 I822046 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 11 月 11 日

(21)申請案號：111118581

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 05 月 18 日

(51)Int. Cl. : C22C45/02 (2006.01)

H01F1/153 (2006.01)

B22D11/06 (2006.01)

(30)優先權：2021/05/18 日本

2021-083748

2022/01/24 日本

2022-008724

(71)申請人：日商日本製鐵股份有限公司(日本) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：佐藤信也 SATO, SHINYA (JP)；尾崎茂克 OZAKI, SHIGEKATSU (JP)；寺嶋晉一 TERASHIMA, SHINICHI (JP)；小林孝之 KOBAYASHI, TAKAYUKI (JP)；佐藤有一 SATO, YUICHI (JP)

(74)代理人：劉法正；尹重君

(56)參考文獻：

TW I326310B

CN 101206943A

JP 2018-167298A

審查人員：賴佩琪

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：0 共 26 頁

(54)名稱

Fe 系非晶質合金及 Fe 系非晶質合金薄帶

(57)摘要

本發明之目的是提供一種低鐵損、且具有高飽和磁通密度之軟磁特性優異的 Fe 系非晶質合金及 Fe 系非晶質合金薄帶。本發明之軟磁特性優異的 Fe 系非晶質合金之特徵在於：以原子%計，其含有：B：8.0%以上且 18.0%以下、Si：2.0%以上且 9.0%以下、C：0.10%以上且 5.00%以下、Al：0.005%以上且 1.50%以下、P：0%以上且小於 1.00%、Mn：0%以上且 0.30%以下、Fe：78.00%以上且 86.00%以下、及剩餘部分：不純物，並且組織為非晶質。

I822046

【發明摘要】

【中文發明名稱】

Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶

【中文】

本發明之目的是提供一種低鐵損、且具有高飽和磁通密度之軟磁特性優異的Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶。本發明之軟磁特性優異的Fe系非晶質合金之特徵在於：以原子%計，其含有：B：8.0%以上且18.0%以下、Si：2.0%以上且9.0%以下、C：0.10%以上且5.00%以下、Al：0.005%以上且1.50%以下、P：0%以上且小於1.00%、Mn：0%以上且0.30%以下、Fe：78.00%以上且86.00%以下、及剩餘部分：不純物，並且組織為非晶質。

【指定代表圖】 (無)

【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】

Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶

【技術領域】

【0001】 發明領域

本發明係有關於一種軟磁特性優異的Fe系非晶質合金及軟磁特性優異的Fe系非晶質合金薄帶。

【先前技術】

【0002】 發明背景

作為將合金從熔融狀態急速冷卻以連續地製造出薄帶或線之方法，已知有離心急冷法、單輥法、雙輥法等。該等方法是使熔融金屬從孔口等噴出至高速旋轉的金屬製滾筒之內周面或外周面，藉此使熔融金屬急速地凝固以製造薄帶或線。又，藉由選擇適當的合金組成，能獲得類似於液體金屬的非晶質合金，可製造出磁性性質亦或機械性質優異的材料。

【0003】 在非晶質合金當中，尤以Fe系非晶質合金被看好可利用於電力變壓器或高頻變壓器之鐵芯等的用途上。為了該等用途之高性能化，故大為需要Fe系非晶質合金的低鐵損化與高磁通密度化。

【0004】 專利文獻1記載一種磁特性優異的非晶質合金薄帶，特徵在於其為組成是以 $TM_aSi_bB_cC_dM_e$ 表示之合金(TM是Fe、Co、Ni中之至少1種，M是Al、Ti、Zr中之至少1種，a~e是原子%，且a：70~85、b：4~18、c：7~18、d：0~4、e：0.01~0.3，並且a+b+c+d+e=100)，藉由將該合金的熔融液透過具備複數個開口部之多狹縫噴嘴(multi-slit nozzle)噴於移動的冷卻基板上使其急冷凝固，而製造出非晶質合金薄帶，該非晶質合金薄帶在板厚內部至少具有一層的結晶化層。

【0005】 專利文獻2記載一種軟磁特性優異的Fe系非晶質合金，其以原子%

計，含有80.0%以上且88.0%以下的Fe、6.0%以上且12.0%以下的B、2.0%以上且8.0%以下的C、0.10%以上且3.0%以下的Si、0.10%以上且2.0%以下的Al，此外還含有0.10%以上且6.0%以下的Mo，且剩餘部分由無法避免的不純物構成。

【0006】 專利文獻3記載一種以式： $Fe_aB_bP_cSi_dC_eX_f$ 表示且具有高飽和磁通密度之鐵芯用非晶質合金(惟，X是選自Al、Sn、Ge、Ti、Zr、Nb、V、Mo、W中之任1種或2種以上，b是B為1~5原子%、C是P為1~10原子%、d是Si為4~14原子%、e是C為5原子%以下、f是X為5原子%以下、a是Fe為 $(100-(b+c+d+e+f))$ 原子%)。

【0007】 專利文獻4記載一種非晶質軟磁性合金，其以 $Fe_{100-x-y-z}Si_xB_yP_z$ (原子%)作為主成分，x、y及z分別滿足 $0.5 \leq x \leq 15$ 、 $5 \leq y \leq 25$ 、 $z \leq 15$ 、 $18 \leq x+y+z \leq 30$ ，並且相對於該主成分，含有0.01質量%以上且0.3質量%以下的Mn、0.0001質量%以上且0.01質量%以下的Al、0.001質量%以上且0.03質量%以下的Ti、0.005質量%以上且0.2質量%以下的Cu及0.001質量%以上且0.05質量%以下的S。

【0008】 專利文獻5記載一種Fe基非晶質合金薄帶，是透過具有縫隙狀開口部之注液噴嘴將熔融金屬噴在移動的冷卻基板上使其急冷凝固而獲得金屬薄帶，該金屬薄帶在含有0.2原子%以上且12原子%以下的P之非晶質母相之至少一側的薄帶表面，具有厚度為5nm以上且20nm以下之極薄氧化層。

【0009】 專利文獻1~5所記載之各種薄帶或合金雖具有特定的軟磁特性，但仍有進一步提升軟磁特性之餘地。

先行技術文獻

專利文獻

【0010】 [專利文獻1]日本特開平4-362162號公報

[專利文獻2]日本特開2017-78186號公報

[專利文獻3]日本特開昭57-185957號公報

[專利文獻4]日本特開2009-174034號公報

[專利文獻5]日本國際公開第2003/085150號

【發明內容】

【0011】 發明概要

發明欲解決之課題

Fe系非晶質合金被看好可利用於電力變壓器或高頻變壓器之鐵芯等的用途上，而為了該等用途之高性能化，故大為需要Fe系非晶質合金的低鐵損化與高磁通密度化。本發明之課題是提供一種低鐵損、且具有高飽和磁通密度之軟磁特性優異的Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶。

用以解決課題之手段

【0012】 為了解決上述課題，本發明採用下述構成。

【0013】 [1]一種Fe系非晶質合金，特徵在於：以原子%計，其含有：B：8.0%以上且18.0%以下、Si：2.0%以上且9.0%以下、C：0.10%以上且5.00%以下、Al：0.005%以上且1.50%以下、P：0%以上且小於1.00%、Mn：0%以上且0.30%以下、Fe：78.00%以上且86.00%以下、及剩餘部分：不純物，並且組織為非晶質。

【0014】 [2]如前述[1]之Fe系非晶質合金，其中以原子%計，B含量為10.0%以上且18.0%以下、Si含量為2.0%以上且6.0%以下、C含量為0.10%以上且小於3.00%、P含量為0%以上且0.05%以下。

【0015】 [3]如前述[1]之Fe系非晶質合金，其中以原子%計，B含量為11.0%以上且16.0%以下、Si含量為2.0%以上且4.0%以下、C含量為0.10%以上且小於3.00%、P含量為0%以上且0.05%以下。

【0016】 [4]如前述[1]之Fe系非晶質合金，其中以原子%計，B含量為8.0%以上且16.0%以下、Si含量為大於2.0%且9.0%以下、Al含量為0.005%以上且1.00%以下、P含量為0.01%以上且小於1.00%，並且P與Al含量之和為0.10%以上且1.50%以下。

【0017】 [5]如前述[1]之Fe系非晶質合金，其中以原子%計，B含量為8.0%以上且15.0%以下、Si含量為大於3.0%且7.5%以下、C含量為0.50%以上且5.00%以下、Al含量為0.01%以上且0.80%以下、P含量為0.01%以上且0.80%以下、Fe含量為78.00%以上且85.00%以下，並且P與Al含量之和為0.10%以上且1.50%以下。

【0018】 [6]如前述[1]之Fe系非晶質合金，其中以原子%計，B含量為10.0%以上且16.0%以下、Si含量為大於2.0%且6.0%以下、C含量為0.10%以上且小於3.00%、Al含量為0.01%以上且1.00%以下、P含量為0.01%以上且小於1.00%、Fe含量為78.00%以上且84.00%以下，並且P與Al含量之和為0.10%以上且1.50%以下。

【0019】 [7]如前述[1]至[6]中任一項之Fe系非晶質合金，其以Ni、Cr、Co中之至少1種以上替代10.0原子%以下範圍之前述Fe。

【0020】 [8]一種Fe系非晶質合金薄帶，是由如前述[1]至[7]中任一項之Fe系非晶質合金所構成。

發明效果

【0021】 依據本發明，可提供一種低鐵損、且具有高飽和磁通密度之軟磁特性優異的Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶。

【實施方式】

【0022】 用以實施發明之形態

本發明人等從至今所提案之各種合金成分當中，注意到以Fe為主，且由B、C及Si所構成之成分系，為了實現維持高磁通密度且低鐵損而進行了研討及實驗。然後，著眼於習知認為對於非晶質化不利的Al。Al在專利文獻1當中是使用作為在薄帶表面形成結晶質相之元素，由此可知，過往已知其屬於使結晶質相易於形成之元素。另一方面，如專利文獻2所記載，亦知藉由添加Al及Si可提升非晶質相的熱安定性。

【0023】 因此，本發明人等對於以Fe為主，且添加元素是以B、C及Si為主體之成分系進行詳細實驗之結果，發現少量地含有Al可達成低鐵損化。此外，為了彌補含有Al導致非晶質層形成能力之低下，找出了Si、C、B最適當的含量範圍。藉此，不需要如專利文獻2記載般添加Mo，就能達到飽和磁通密度1.60T以上，較佳為1.62T以上，且在磁通密度1.3T、頻率50Hz下的鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)降至0.095W/kg以下、較佳為0.090W/kg以下，以至於完成本發明之同時發揮高飽和磁通密度與低鐵損之Fe系非晶質合金。

【0024】 以下，對於本實施型態之軟磁特性優異的Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶進行說明。本實施型態當中，所謂軟磁特性優異是指具有鐵損低、且飽和磁通密度高的特性。以下，表示元素含量的「%」若無特別聲明，則意指「原子%」。

【0025】 本實施型態之Fe系非晶質合金含有B為8.0%以上且18.0%以下、Si為2.0%以上且9.0%以下、C為0.10%以上且5.00%以下、Al為0.005%以上且1.50%以下、P為0%以上且小於1.00%、Mn為0%以上且0.30%以下、Fe為78.00%以上且86.00%以下，作為剩餘部分，可容許含有總量為0.1%以下的不純物。

【0026】 上述本實施型態之Fe系非晶質合金亦可含有B為10.0%以上且18.0%以下、Si為2.0%以上且6.0%以下、C為0.10%以上且小於3.0%、Al為0.005%以上且1.50%以下、P為0%以上且0.05%以下、Mn為0%以上且0.30%以下、Fe為78.00%以上且86.00%以下。

【0027】 上述本實施型態之Fe系非晶質合金亦可含有B為11.0%以上且16.0%以下、Si為2.0%以上且4.0%以下、C為0.10%以上且小於3.0%、Al為0.005%以上且1.50%以下、P為0%以上且0.050%以下、Mn為0%以上且0.30%以下、Fe為78.00%以上且86.00%以下。

【0028】 上述之Fe系非晶質合金為了改善加工性，亦可含有B為8.0%以上

且16.0%以下、Si為大於2.0%且9.0%以下、C為0.10%以上且5.00%以下、Al為0.005%以上且1.00%以下、P為0.01%以上且小於1.00%、Fe為78.0%以上且86.0%以下，並且令P與Al含量之和為0.10%以上1.50%以下。

【0029】 經過改善加工性的本實施型態之Fe系非晶質合金，亦可含有B為8.0%以上且15.0%以下、Si為大於3.0%且7.5%以下、C為0.50%以上且5.00%以下、Al為0.01%以上且0.80%以下、P為0.01%以上且0.80%以下、Mn為0%以上且0.30%以下、Fe為78.0%以上且85.0%以下，並且P與Al含量之和設為0.10%以上且1.50%以下。

【0030】 經過改善加工性的本實施型態之Fe系非晶質合金，上述Fe系非晶質合金亦可含有B為10.0%以上且16.0%以下、Si為大於2.0%且6.0%以下、C為0.10%以上且小於3.00%、Al為0.01%以上且1.00%以下、P為0.01%以上且小於1.00%、Mn為0%以上且0.30%以下、Fe為78.00%以上且84.00%以下。

【0031】 本實施型態例當中，所謂加工性優異，是指由Fe系非晶質合金所構成的薄帶之撕裂脆性良好。撕裂脆性良好是指將特定長度之Fe系非晶質合金薄帶朝鑄造方向撕裂時產生的脆性點的數量少。所謂脆性點是指撕裂Fe系非晶質合金薄帶時，裂痕的路徑、方向變化、破片分離等等Fe系非晶質合金薄帶產生損傷的區域。

【0032】 又，本實施型態之Fe系非晶質合金亦能以Ni、Cr、Co中之至少1種以上替代10.0%以下範圍之前述Fe系非晶質合金的Fe。

又，本實施型態之Fe系非晶質合金薄帶是由上述Fe系非晶質合金所構成。

【0033】 以下，在本實施型態之Fe系非晶質合金當中，對於限定各元素含量之理由進行敘述。

【0034】 B在本實施型態之Fe系非晶質合金當中，含有的目的是為了非晶質相形成及非晶質相的熱安定性提升。藉由最佳化該元素之含量，能抵銷伴隨著

含有Al造成的非晶質相形成能力低下，使合金組織安定地形成非晶質相，可進一步改善軟磁特性。例如，能使飽和磁通密度安定地達到1.60T以上。若B小於8.0%，非晶質相形成能力無法獲得改善，無法在Fe系非晶質合金中安定地獲得非晶質合金，難以在安定地維持鐵損0.095W/kg以下的情況下安定地達到飽和磁通密度1.60T以上。另一方面，若令B大於18.0%，非晶質相形成能力亦無法獲得改善，飽和磁通密度難以安定地達到1.60T以上。因此，B限定於8.0%以上且18.0%以下的範圍。B的含量可設為9.0%以上、10.0%以上、11.0%以上、11.5%以上。又，B的含量可設為17.0%以下、16.0%以下、15.5%以下、15.0%以下。

【0035】 Si及C是與B相同，在本實施型態之Fe系非晶質合金當中，含有的目的是為了非晶質相形成及非晶質相的熱安定性提升。藉由最佳化該等元素之含量，能抵銷伴隨著含有Al造成的非晶質相形成能力低下，使合金組織安定地形成非晶質相，並進一步改善軟磁特性。例如，能使飽和磁通密度安定地達到1.60T以上。

【0036】 若是Si小於2.0%、C小於0.10%時，非晶質相形成能力無法獲得改善，無法在Fe系非晶質合金中安定地獲得非晶質合金，難以在安定地維持鐵損0.095W/kg以下的情況下安定地達到飽和磁通密度1.60T以上。另一方面，即使令Si大於9.0%、C大於5.0%，非晶質相形成能力亦無法獲得改善，飽和磁通密度難以安定地達到1.60T以上。因此，Si限定於2.0%以上且9.0%以下的範圍，C限定於0.10%以上且5.00%以下的範圍。

【0037】 Si的含量可設為2.2%以上、2.5%以上、2.8%以上、3.0%以上。又，Si的含量可設為7.0%以下、6.0%以下、4.0%以下、3.5%以下。

【0038】 C的含量可設為0.20%以上、0.30%以上、0.40%以上、0.50%以上。又，C的含量可設為小於3.00%、小於2.50%、小於2.00%、小於1.50%。

【0039】 Al在本實施型態之Fe系非晶質合金當中，含有的目的是為了實現

低鐵損。然而Al的含量若增大，非晶質相形成能力會降低，無法安定地獲得非晶質合金，故飽和磁通密度難以安定地達到1.60T以上。因此，Al含量設為0.005~1.50%之範圍。Al含量可以是0.008%以上、0.010%以上、0.05%以上、0.10%以上、0.20%以上。又，Al含量可以是1.40%以下、1.30%以下、1.20%以下、1.00%以下、0.80%以下。

【0040】 P是與Si、C及B同樣，含有的目的是為了非晶質相形成及非晶質相的熱安定性提升。藉由最佳化該元素之含量，能抵銷伴隨著含有Al造成的非晶質相形成能力低下，使合金組織安定地形成非晶質相，含有的目的亦可是改善Fe系非晶質合金之加工性，使作成Fe系非晶質合金薄帶時的撕裂脆性提升。由於並非必須的元素，故含量的下限為0。即使是微量含有亦能獲得該等效果，然而若欲確實地獲得加工性改善效果，則宜將P的含量設為0.01%以上。另一方面，若將P的含量設為1.00%以上，會有加工性降低的可能性。因此，宜將P限定於0.01%以上且小於1.00%之範圍。P的含量可設為0.03%以上、0.05%以上、0.10%以上、0.15%以上、0.20%以上。又，P的含量可設為0.95%以下、0.90%以下、0.80%以下、0.70%以下。

【0041】 因為Mn具有使Fe系非晶質合金之鐵損降低之效果，故亦可含有Mn。由於並非必須的元素，故含量的下限為0。即使是微量含有亦能獲得降低鐵損之效果，然而若欲確實地獲得降低鐵損之效果，則以含有0.10%以上為佳。另一方面，若Mn的含量大於0.30%，會有飽和磁通密度降低的可能性。因此，Mn的含量設為0.30%以下。Mn含量可設為0.12%以上、0.13%以上、0.14%以上、0.15%以上。又，Mn含量可設為0.28%以下、0.25%以下、0.22%以下、0.20%以下。

【0042】 此外，從鐵損與加工性之平衡的觀點來看，宜將P與Al含量的和限定於0.10%以上且1.50%以下之範圍。因為含有P及Al而使得鐵損降低，然而含量過多會使加工性及鐵損劣化，因此P與Al含量的和存在有最適當範圍。P與Al的

合計量可設為0.15%以上、0.20%以上、0.30%以上、0.40%以上。又，P與Al的合計量可設為1.40%以下、1.35%以下、1.30%以下、1.20%以下。

【0043】 Fe系非晶質合金當中，Fe含量通常只要在70%以上就能獲得作為一般鐵芯之實用性等級的飽和磁通密度，然而若要獲得1.60T以上的高飽和磁通密度，有必要將Fe設為78.00%以上。另一方面，若Fe含量變多，則非晶質相之形成變得困難，會有難以獲得非晶質合金特有的優良軟磁特性(使鐵損 $W_{13/50}$ 安定地在0.095W/kg以下)之情況，故以使Fe含量成為86.00%以下之方式，對於其他元素含量在上述範圍內作調整。Fe含量可設為78.50%以上、79.00%以上、79.50%以上、80.00%以上。又，Fe含量可設為85.50%以下、85.00%以下、84.00%以下、83.00%以下。

【0044】 本實施型態之Fe系非晶質合金當中，除了上述元素以外，還容許含有合計0.1%以下的不純物。若不純物合計為0.1%以下，不會影響本發明課題之解決，亦即能獲得具有鐵損低、且飽和磁通密度高之軟磁特性優異的Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶。

【0045】 例如使用鐵鋼材料作為Fe來源時，不純物中就包含鐵鋼材料所含有的不純物元素。例如可含有Ti、N、S、O等作為不純物。關於可作為不純物含有之各元素量的約略值，Ti、S為0.005%以下、N為0.02%以下、O為0.05%以下。又，即使在刻意不含有P的情況下，仍有0.05%以下左右的P作為不純物而被含有之情況。P作為不純物被含有時，宜為0.04%以下，較佳為0.03%以下，更佳為0.02%以下。

【0046】 該等不純物之量為約略值，且如上述，只要不純物的總量在0.1%以下，不會影響本發明課題之解決。不純物的總量可設為0.08%以下、0.06%以下、0.05%以下。

【0047】 又，藉由以Ni、Cr、Co中之至少1種以上替代10.0%以下範圍之Fe

系非晶質合金的Fe，可在維持高飽和磁通密度之情況下亦實現改善鐵損等軟磁特性。對於該等元素之替代量設置上限是因為如果大於10.0%時，飽和磁通密度會降低且原料成本會增多。以Ni、Cr、Co中之1種以上替代Fe時，Ni、Cr、Co之含有率與Fe之含有率的合計只要在78.00%以上且86.00%以下之範圍即可。Ni、Cr、Co之含有率與Fe之含有率的合計可設為78.50%以上、79.00%以上、79.50%以上、80.00%以上。又，Ni、Cr、Co之含有率與Fe之含有率的合計可設為85.50%以下、85.00%以下、84.00%以下、83.00%以下。

【0048】 本實施型態之Fe系非晶質合金通常能以薄帶之型態獲得。關於該Fe系非晶質合金薄帶，可將上述實施型態所說明的成分所構成之合金熔解，將熔融液通過縫隙式噴嘴(slot nozzle)等噴出至高速移動的冷卻板上，使該熔融液急冷凝固之方法，例如單輥法、雙輥法來製造。該等輥法所使用的輥是金屬製，使輥高速旋轉，並使熔融液衝擊輥表面或輥裏面就能達成合金之急冷凝固。

【0049】 單輥裝置亦包含：使用滾筒內壁之離心急冷裝置、使用環形帶之裝置、及屬該等改良型之附帶輔助輥或輥表面溫度控制裝置者、於減壓下或真空中抑或在惰性氣體中的鑄造裝置。

【0050】 本實施型態中，薄帶的板厚、板寬等尺寸並無特別限定，薄帶的板厚是以例如10 μ m以上100 μ m以下為佳。又，板寬是以10mm以上為佳。

如上述說明所獲得之Fe系非晶質合金薄帶可使用於電力變壓器或高頻變壓器的鐵芯等之用途。

【0051】 此外，本實施型態之Fe系非晶質合金除了薄帶以外，亦可製成粉末狀。此時，可採用從盛有上述組成之合金熔融液的坩堝朝著旋轉的輥或冷卻用水等液體中，以高速將合金熔融液或合金熔融液之液滴噴出並急冷凝固之方法。

【0052】 藉由上述方法，可獲得軟磁特性優異的Fe系非晶質合金粉末。

【0053】 依上述所獲得的Fe系軟磁性合金粉末可藉由模具等壓密並成形成

所欲形狀，依據需要而進行燒結並一體化，就能使用在電力變壓器或高頻變壓器、線圈的鐵芯等用途。

【0054】此外，本實施型態之Fe系非晶質合金是否具有非晶質組織，可藉由例如使用了Co管球的X光繞射裝置之X光繞射測定進行確認。亦即，在X光繞射測定當中沒有獲得明確的繞射峰時，就能確認Fe系非晶質合金具有非晶質組織，不存在結晶質相。

【0055】本實施型態之Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶之軟磁特性優異，是指當依據下述說明之方法測定飽和磁通密度及鐵損時，達到飽和磁通密度1.60T以上，且在磁通密度1.3T、頻率50Hz下的鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)降至0.095W/kg以下之情況。

【0056】鐵損是使用SST(Single Strip Tester，單帶測試機)進行測定。鐵損測定條件設為磁通密度1.3T、頻率50kHz。鐵損測定用的試料皆是從1批(lot)薄帶上橫跨全長之6處進行採取。鐵損測定用的樣本是切斷成為120mm長的薄帶樣本。該等鐵損測定用的薄帶樣本預先在360°C下、磁場中(磁場：800A/m，朝鑄造方向施加磁場)進行退火1小時，再供測定使用。退火中的氣體環境是氮氣體環境。另一方面，飽和磁通密度是使用VSM裝置(振動試料型磁力計)進行測定。VSM裝置用的試料是從上述6處所採取的薄帶樣本當中，皆在寬度方向的中央部所採取之薄片。

【0057】依據本實施型態之Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶，藉由含有Al，且最佳化B、Si及C之含量，再將Fe之含量設為78.00%以上，使得在磁通密度1.3T、頻率50Hz下的鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)成為0.095W/kg以下，飽和磁通密度達到1.60T以上，能發揮優異軟磁特性，可適合使用於電力變壓器與高頻變壓器之鐵芯等。

【0058】對於本實施型態之Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶，還能

賦予優異加工性作為追加效果。所謂加工性優異，具體而言是指在JIS C 2534：2017所規定之撕裂脆性的評價當中，脆性碼為4以下之情況。所謂脆性碼為4以下，是指試驗片1枚中的脆性點個數為9個以下。

【0059】 依據該追加效果，在JIS C 2534：2017所規定之撕裂脆性的評價當中，藉由使脆性碼成為4以下，將所鑄造的Fe系非晶質合金薄帶加工成為最終製品的過程當中，即使是進行例如縱切加工或切斷加工，亦可抑制斷裂產生，能提升製品製造的良率。

[實施例]

【0060】 以下對於本發明之實施例進行說明。

【0061】 (實施例1)

將表1所示各種成分的合金於氬氣體環境中熔解，以單輥裝置急速冷卻並鑄造，製作出Fe系非晶質合金之薄帶。鑄造氣體環境是在大氣中。此外，所使用的單輥裝置是由直徑300mm銅合金製冷卻輥、試料熔解用的高頻電源、及先端附有縫隙式噴嘴的石英坩堝等所構成。本實驗使用了長10mm、寬0.6mm的縫隙式噴嘴。冷卻輥周速設為24m/秒。結果是所獲得的薄帶之板厚為約20 μ m，板寬與縫隙式噴嘴長度相關，故為10mm，長度為約100m。

【0062】 對於所獲得之Fe系非晶質合金薄帶進行X光繞射測定以獲得X光繞射圖。X光繞射測定之X光源使用Co-K α (波長 $\lambda=1.7902\text{\AA}$)，掃描範圍設為 $2\theta=10\text{deg}$ 以上 120deg 以下。從X光繞射圖之形狀判斷金屬組織中是否生成結晶質相。

【0063】 又，Fe系非晶質合金薄帶的飽和磁通密度及鐵損是使用SST(Single Strip Tester，單帶測試機)測定。在此，鐵損測定條件設為磁通密度1.3T、頻率50kHz。鐵損測定用的試料皆是從1批(lot)薄帶上橫跨全長之6處進行採取。鐵損測定用的樣本是切斷成為120mm長的薄帶樣本。該等鐵損測定用的薄帶樣本預

先在360°C下、磁場中(磁場：800A/m，朝鑄造方向施加磁場)進行退火1小時，再供測定使用。退火中的氣體環境是氮氣體環境。另一方面，VSM裝置用的試料是從上述6處所採取的薄帶樣本當中，皆在寬度方向的中央部所採取之薄片。

【0064】 飽和磁通密度及鐵損的測定結果是6處數值的平均值，標示於表1。

【0065】 [表1]

No.	化學成分(原子%) 剩餘部分：不純物							飽和 磁通密度 Bs(T)	鐵損W _{13/50} (W/kg)	
	Fe	B	Si	C	Al	P	Mn			
本發明例	1	81.550	13.000	3.0	1.50	0.75	0.050	0.15	1.65	0.082
本發明例	2	78.000	15.880	3.0	2.00	1.00	0.020	0.10	1.62	0.086
本發明例	3	80.000	14.000	4.0	1.50	0.50	-	-	1.64	0.080
本發明例	4	84.000	12.000	2.0	1.50	0.50	-	-	1.67	0.080
本發明例	5	86.000	11.000	2.0	0.50	0.50	-	-	1.68	0.080
本發明例	6	81.710	14.000	3.0	1.00	0.10	0.040	0.15	1.65	0.090
本發明例	7	81.830	13.000	3.0	1.50	0.50	0.050	0.12	1.65	0.078
本發明例	8	79.820	14.000	3.0	1.50	1.50	0.030	0.15	1.63	0.090
本發明例	9	82.930	10.500	4.0	1.50	0.75	0.040	0.28	1.66	0.092
本發明例	10	78.000	16.868	3.0	1.50	0.50	0.012	0.12	1.62	0.092
本發明例	11	79.810	13.000	5.0	1.25	0.75	0.040	0.15	1.63	0.092
本發明例	12	81.700	10.500	5.0	2.00	0.50	0.050	0.25	1.65	0.093
本發明例	13	78.000	16.365	4.5	0.50	0.50	0.015	0.12	1.62	0.093
本發明例	14	80.805	15.000	3.0	1.00	0.005	0.040	0.15	1.64	0.094
本發明例	15	81.812	14.000	3.0	1.50	0.008	0.030	0.15	1.65	0.093
本發明例	16	81.088	15.000	3.0	0.20	0.50	0.012	0.20	1.64	0.084
本發明例	17	84.210	12.000	2.5	0.50	0.50	0.040	0.25	1.67	0.078
本發明例	18	78.820	15.000	3.5	2.00	0.50	0.030	0.15	1.63	0.078
比較例	1	<u>75.850</u>	16.000	5.0	2.00	1.00	0.030	0.12	1.58	0.110
比較例	2	<u>86.670</u>	10.000	2.0	0.50	0.50	0.080	0.25	1.69	0.120
比較例	3	83.750	<u>7.800</u>	5.7	2.00	0.50	0.050	0.20	1.66	0.120
比較例	4	78.000	<u>18.835</u>	2.0	0.50	0.50	0.015	0.15	1.62	0.120
比較例	5	81.760	14.000	<u>1.5</u>	1.50	1.00	0.040	0.20	1.65	0.130
比較例	6	79.820	10.000	<u>9.2</u>	0.30	0.50	0.030	0.15	1.63	0.120
比較例	7	81.960	13.000	4.0	<u>0.05</u>	0.75	0.040	0.20	1.65	0.130
比較例	8	80.085	10.800	3.0	<u>5.20</u>	0.75	0.015	0.15	1.64	0.130
比較例	9	82.197	13.000	3.0	1.50	<u>0.003</u>	0.050	0.25	1.65	0.120
比較例	10	79.810	13.500	3.0	1.50	<u>2.00</u>	0.040	0.15	1.63	0.140
比較例	11	78.550	13.00	5.0	2.00	1.00	0.050	<u>0.40</u>	1.59	0.095

底線部份表示落在本發明之範圍外。

【0066】 如表1所示，本發明例1~18任一者的合金組成皆滿足本發明之範圍，故飽和磁通密度達到1.60T以上，在磁通密度1.3T、頻率50Hz下的鐵損(鐵損W_{13/50})成為0.095W/kg以下，能同時發揮高飽和磁通密度與低鐵損。

【0067】 另一方面，比較例1~10任一者的合金組成皆未滿足本發明之範圍，

故鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)大於 $0.095W/kg$ ；比較例11的合金組成未滿足本發明之範圍，故飽和磁通密度小於 $1.60T$ 。

【0068】亦即，比較例1因為Fe含量少，故鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)大於 $0.095W/kg$ 。又，飽和磁通密度小於 $1.60T$ 。

比較例2因為Fe含量過剩，故鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)大於 $0.095W/kg$ 。

比較例3、4因為B含量偏離本發明之範圍，故鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)大於 $0.095W/kg$ 。

比較例5、6因為Si含量偏離本發明之範圍，故鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)大於 $0.095W/kg$ 。

比較例7、8因為C含量脫離本發明之範圍，故鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)大於 $0.095W/kg$ 。

比較例9、10因為Al含量偏離本發明之範圍，故鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)大於 $0.095W/kg$ 。

比較例11因為Mn含量脫離本發明之範圍，故飽和磁通密度小於 $1.60T$ 。

【0069】此外，對於Fe系非晶質合金薄帶進行X光繞射測定後，本發明例1~18以及比較例1~11之任一者皆沒有觀察到明確的繞射峰，因此可以說金屬組織中沒有生成結晶質相，整體為非晶質相。

【0070】(實施例2)

關於表1的本發明例No.1所示合金，是使用了以Ni、Cr、Co中之至少1種替代一部分Fe後的各種成分之合金，以與實施例1同樣的裝置、條件來鑄造薄帶。所使用的合金之具體成分標示於表2。結果是所獲得之薄帶的板厚、板寬、長度分別是約 $20\mu m$ 、 $10mm$ 、約 $100m$ 。對於獲得的薄帶之飽和磁通密度及鐵損進行評價。該等特性評價所使用的試料之採取方法及測定條件皆與實施例1相同。該測定結果標示於表2。在此，表2的標示要領與表1相同。

【0071】 [表2]

No.	化學成分(原子%) 剩餘部分：不純物										飽和磁通密度Bs(T)	鐵損W _{13/50} (W/kg)	
	Fe	B	Si	C	Al	P	Mn	Ni	Cr	Co			
本發明例	19	80.550	13.000	3.0	1.50	0.75	0.050	0.15	1.0	-	-	1.64	0.084
本發明例	20	80.050	13.000	3.0	1.50	0.75	0.050	0.15	-	1.5	-	1.63	0.084
本發明例	21	79.550	13.000	3.0	1.50	0.75	0.050	0.15	-	-	2.0	1.65	0.082
本發明例	22	78.050	13.000	3.0	1.50	0.75	0.050	0.15	1.5	2.0	-	1.63	0.086
本發明例	23	76.550	13.000	3.0	1.50	0.75	0.050	0.15	-	2.0	3.0	1.63	0.084
本發明例	24	74.550	13.000	3.0	1.50	0.75	0.050	0.15	3.0	-	4.0	1.62	0.082
本發明例	25	72.550	13.000	3.0	1.50	0.75	0.050	0.15	2.0	3.0	4.0	1.62	0.084

【0072】 從表2的試料No.19~25之結果可明白，即使以Ni、Cr、Co中之至少1種替代10.0原子%以下範圍之一部分Fe，亦能在飽和磁通密度為1.60T以上的情況下，讓鐵損在W_{13/50}狀態下安定地在0.095W/kg以下。又，任一試料在X光繞射測定當中皆未觀察到明確的繞射峰，確認屬於非晶質。

【0073】 如同以上說明，本發明之Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶藉由含有Al，且最佳化B、Si及C之含量，再將Fe之含量設為78.00%以上，使得在磁通密度1.3T、頻率50Hz下的鐵損(鐵損W_{13/50})成為0.095W/kg以下，飽和磁通密度達到1.60T以上，能發揮優異軟磁特性。

【0074】 (實施例3)

將表3所示各種成分的合金於氬氣體環境中熔解，以單輥裝置急速冷卻並鑄造，製作出Fe系非晶質合金之薄帶。鑄造氣體環境是在大氣中。此外，所使用的單輥裝置是由直徑300mm銅合金製冷卻輥、試料熔解用的高頻電源、及先端附有縫隙式噴嘴的石英坩堝等所構成。本實驗使用了長10mm、寬0.6mm的縫隙式噴嘴。冷卻輥周速設為24m/秒。結果是所獲得的薄帶之板厚為約25 μ m，板寬與縫隙式噴嘴長度相關，故為10mm，長度為約120m。

【0075】 對於獲得的薄帶之飽和磁通密度及鐵損進行評價。該等特性評價所使用的試料之採取方法及測定條件皆與實施例1相同。該測定結果標示於表3。

在此，表3的標示要領與表1相同。

【0076】此外，鑄造了用於脆性評價的60mm寬之薄帶。使用了長60mm、寬0.6mm的縫隙式噴嘴，冷卻輓周速設為24m/秒。結果是所獲得的薄帶之板厚為約25 μ m，板寬與縫隙式噴嘴長度相關，故為60mm，長度為約20m。又，關於Fe系非晶質合金薄帶之加工性，進行了依據JIS C 2534：2017所規定之撕裂脆性的評價。具體來說，作為試驗片，是從長度約20m的鑄造薄帶切取出長度2.4m的試驗用薄帶，作為試驗片。從試驗片的兩鑄造端，在寬度方向位於12.7mm及25.4mm、以及寬度方向中央的5處，朝與鑄造方向平行之方向撕裂，對於產生約6mm以上尺寸的裂痕路徑及/或方向變化、亦或破片分離之脆性點的個數進行清點。求出在1枚試驗片的該等脆性點之合計數，並依據下述基準判定脆性碼。脆性碼1~4視為合格。結果標示於表3。

【0077】脆性碼1：脆性點之合計數為0個

脆性碼2：脆性點之合計數為1~3個

脆性碼3：脆性點之合計數為4~6個

脆性碼4：脆性點之合計數為7~9個

脆性碼5：脆性點之合計數為10個以上

【0078】 [表3]

No.	化學成分(原子%) 剩餘部分：不純物								飽和 磁通密度 Bs(T)	鐵損 W _{13/50} (W/kg)	脆 性 碼	
	Fe	B	Si	C	Al	P	Mn	P+Al				
本發明例	26	81.80	11.0	5.0	1.00	0.50	0.50	0.20	1.00	1.64	0.084	3
本發明例	27	79.95	12.0	6.0	1.00	0.50	0.40	0.15	0.90	1.62	0.084	2
本發明例	28	78.10	13.0	7.0	1.00	0.40	0.50	-	0.90	1.60	0.084	2
本發明例	29	83.90	10.0	4.0	1.00	0.50	0.60	-	1.10	1.66	0.084	3
本發明例	30	85.90	9.0	3.0	1.00	0.60	0.50	-	1.10	1.68	0.088	3
本發明例	31	82.15	11.0	5.0	1.30	0.20	0.10	0.25	0.30	1.64	0.092	2
本發明例	32	81.30	10.0	7.0	1.45	0.005	0.10	0.15	0.105	1.63	0.094	1
本發明例	33	79.58	13.0	5.0	1.00	0.70	0.60	0.12	1.30	1.62	0.080	3
本發明例	34	80.30	12.0	5.0	1.00	1.00	0.50	0.20	1.50	1.63	0.080	4
本發明例	35	81.20	9.0	7.0	2.00	0.30	0.30	0.20	0.60	1.63	0.092	3
本發明例	36	78.08	16.0	4.0	1.00	0.40	0.40	0.12	0.80	1.60	0.090	3
本發明例	37	81.40	14.0	2.5	1.00	0.50	0.40	0.20	0.90	1.64	0.088	3
本發明例	38	78.95	10.0	9.0	1.00	0.40	0.50	0.15	0.90	1.61	0.086	3
本發明例	39	80.35	12.0	6.0	0.50	0.50	0.50	0.15	1.00	1.63	0.086	3
本發明例	40	81.30	10.0	3.0	4.50	0.50	0.50	0.20	1.00	1.64	0.086	3
本發明例	41	79.76	14.0	5.0	1.00	0.10	0.02	0.12	0.12	1.62	0.092	2
本發明例	42	80.45	13.0	4.0	1.00	0.50	0.90	0.15	1.40	1.63	0.084	3
本發明例	43	80.10	14.0	5.0	0.50	0.05	0.20	0.15	0.25	1.62	0.094	1
本發明例	44	78.48	11.0	6.0	3.00	0.70	0.70	0.12	1.40	1.61	0.080	4
本發明例	45	78.48	14.0	6.0	0.60	0.40	0.40	0.12	0.80	1.61	0.086	2
本發明例	46	78.48	13.5	3.5	3.50	0.40	0.50	0.12	0.90	1.61	0.084	3
本發明例	47	78.95	10.5	6.0	3.50	0.50	0.40	0.15	0.90	1.61	0.084	3
本發明例	48	80.00	11.0	4.0	4.00	0.50	0.30	0.20	0.80	1.62	0.086	3
本發明例	49	80.50	10.5	7.0	1.00	0.30	0.50	0.20	0.80	1.63	0.086	2
本發明例	50	80.60	14.0	3.5	1.00	0.30	0.40	0.20	0.70	1.63	0.088	2
本發明例	51	84.40	9.0	4.0	1.00	0.70	0.70	0.20	1.40	1.66	0.082	3
本發明例	52	84.50	9.0	4.0	2.00	0.10	0.20	0.20	0.30	1.66	0.090	2
比較例	12	<u>76.88</u>	14.0	7.0	1.00	0.50	0.50	0.12	1.00	1.59	0.090	3
比較例	13	<u>86.15</u>	8.0	4.0	0.50	0.50	0.60	0.25	1.10	1.68	0.120	3
比較例	14	82.90	<u>7.5</u>	6.5	2.00	0.40	0.50	0.20	0.90	1.65	0.130	3
比較例	15	78.05	<u>16.5</u>	4.0	0.50	0.40	0.40	0.15	0.80	1.60	0.120	3
比較例	16	82.80	13.0	<u>1.9</u>	1.00	0.50	0.60	0.20	1.10	1.65	0.110	3
比較例	17	80.20	8.0	<u>9.5</u>	1.00	0.50	0.60	0.20	1.10	1.62	0.120	3
比較例	18	81.57	10.0	7.0	<u>0.08</u>	0.60	0.50	0.25	1.10	1.64	0.130	4
比較例	19	80.35	8.0	5.0	<u>5.50</u>	0.50	0.50	0.15	1.00	1.63	0.120	3
比較例	20	80.48	12.0	5.0	1.00	0.30	<u>1.10</u>	0.12	1.40	1.63	0.105	5
比較例	21	80.076	13.0	5.0	1.00	<u>0.004</u>	0.80	0.12	0.808	1.62	0.120	2
比較例	22	79.75	12.0	5.0	1.00	<u>1.55</u>	0.50	0.20	<u>2.05</u>	1.61	0.092	5
比較例	23	81.716	11.0	6.0	1.00	<u>0.004</u>	0.08	0.20	<u>0.084</u>	1.64	0.140	2
比較例	24	80.25	12.0	5.0	1.00	0.50	<u>1.10</u>	0.15	<u>1.60</u>	1.62	0.110	3
比較例	25	78.60	13.0	5.0	2.00	0.50	0.50	<u>0.40</u>	1.00	1.59	0.095	2

底線部份表示落在本發明之範圍外。

【0079】如表3所示，本發明例26~52任一者的合金組成皆滿足本發明之範圍，故飽和磁通密度達到1.60T以上，在磁通密度1.3T、頻率50Hz下的鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)成為0.095W/kg以下，能同時發揮高飽和磁通密度與低鐵損。此外，脆性碼皆為1~4，加工性亦屬優異。

【0080】另一方面，比較例12~25任一者的合金組成皆未滿足本發明之範圍，因此不是鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)大於0.095W/kg，就是飽和磁通密度小於1.60T，抑或是脆性碼為5。

【0081】此外，對於Fe系非晶質合金薄帶進行X光繞射測定後，本發明例26~52以及比較例12~25之任一者皆沒有觀察到明確的繞射峰，因此可以說金屬組織中沒有生成結晶質相，整體為非晶質相。

【0082】(實施例4)

關於表3的本發明例No.26所示合金，使用了以Ni、Cr、Co中之至少1種替代一部分Fe後的各種成分之合金，以與實施例1同樣的裝置、條件來鑄造薄帶。此時，所使用的合金之具體成分標示於表2。使用長10mm、寬0.6mm的縫隙式噴嘴所獲得之薄帶的板厚、板寬、長度分別是約25 μ m、10mm、約120m。又，使用長60mm、寬0.6mm的縫隙式噴嘴所獲得之薄帶的板厚、板寬、長度分別是約25 μ m、60mm、約20m。對於獲得的薄帶之飽和磁通密度及鐵損和撕裂脆性進行評價。該等特性評價所使用的試料之採取方法及測定條件皆與實施例3相同。該測定結果標示於表4。在此，表4的標示要領與表1相同。

【0083】 [表4]

No.	化學成分(原子%) 剩餘部分：不純物											飽和 磁通密度 Bs(T)	鐵損W _{13/50} (W/kg)	脆性碼
	Fe	B	Si	C	Al	P	Mn	Ni	Cr	Co	P+Al			
本發明例 53	80.80	11.0	5.0	1.00	0.50	0.50	0.20	1.00			1.00	1.65	0.084	2
本發明例 54	78.80	11.0	5.0	1.00	0.50	0.50	0.20		3.00		1.00	1.63	0.084	3
本發明例 55	79.80	11.0	5.0	1.00	0.50	0.50	0.20			2.00	1.00	1.66	0.082	2
本發明例 56	76.80	11.0	5.0	1.00	0.50	0.50	0.20	3.00	2.00		1.00	1.65	0.084	3
本發明例 57	75.80	11.0	5.0	1.00	0.50	0.50	0.20	3.00		3.00	1.00	1.66	0.082	2
本發明例 58	74.80	11.0	5.0	1.00	0.50	0.50	0.20		3.00	4.00	1.00	1.65	0.084	3
本發明例 59	72.80	11.0	5.0	1.00	0.50	0.50	0.20	2.00	4.00	3.00	1.00	1.66	0.084	2

【0084】 從表4的試料No.53~59之結果可明白，即使以Ni、Cr、Co中之至少1種替代10.0原子%以下範圍之一部分Fe，亦能在飽和磁通密度為1.60T以上的情況下，讓鐵損在 $W_{13/50}$ 狀態下安定地在0.095W/kg以下。又，任一試料之脆性碼皆為2~3，加工性優異。此外，任一試料在X光繞射測定當中皆未觀察到明確的繞射峰，確認屬於非晶質。

【0085】 如同以上說明，本發明之Fe系非晶質合金及Fe系非晶質合金薄帶藉由含有Al，且最佳化B、Si、C及P之含量，再將Fe之含量設為78%以上，使得在磁通密度1.3T、頻率50Hz下的鐵損(鐵損 $W_{13/50}$)成為0.095W/kg以下，飽和磁通密度達到1.60T以上，能發揮優異軟磁特性。此外，加工性亦屬優異。

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種Fe系非晶質合金，特徵在於：

以原子%計，其含有：

B：8.0%以上且18.0%以下、

Si：2.0%以上且9.0%以下、

C：0.10%以上且3.00%以下、

Al：0.005%以上且1.50%以下、

P：0%以上且小於1.00%、

Mn：0%以上且0.30%以下、

Fe：78.00%以上且86.00%以下、及

剩餘部分：

不純物：0.1%以下，且

組織為非晶質。

【請求項2】 如請求項1之Fe系非晶質合金，其中

以原子%計，

B含量為10.0%以上且18.0%以下、

Si含量為2.0%以上且6.0%以下、

C含量為0.10%以上且小於3.00%、

P含量為0%以上且0.05%以下。

【請求項3】 如請求項1之Fe系非晶質合金，其中

以原子%計，

B含量為11.0%以上且16.0%以下、

Si含量為2.0%以上且4.0%以下、

C含量為0.10%以上且小於3.00%、

P含量為0%以上且0.05%以下。

【請求項4】 如請求項1之Fe系非晶質合金，其中以原子%計，

B含量為8.0%以上且16.0%以下、

Si含量為大於2.0%且9.0%以下、

Al含量為0.005%以上且1.00%以下、

P含量為0.01%以上且小於1.00%，並且

P與Al含量之和為0.10%以上且1.50%以下。

【請求項5】 如請求項1之Fe系非晶質合金，其中以原子%計，

B含量為8.0%以上且15.0%以下、

Si含量為大於3.0%且7.5%以下、

C含量為0.50%以上且5.00%以下、

Al含量為0.01%以上且0.80%以下、

P含量為0.01%以上且0.80%以下、

Fe含量為78.00%以上且85.00%以下，並且

P與Al含量之和為0.10%以上且1.50%以下。

【請求項6】 如請求項1之Fe系非晶質合金，其中以原子%計，

B含量為10.0%以上且16.0%以下、

Si含量為大於2.0%且6.0%以下、

C含量為0.10%以上且小於3.00%、

Al含量為0.01%以上且1.00%以下、

P含量為0.01%以上且未滿1.00%、

Fe含量為78.00%以上且84.00%以下，並且

P與Al含量之和為0.10%以上且1.50%以下。

【請求項7】 如請求項1至6中任一項之Fe系非晶質合金，其中以Ni、Cr、Co中之至少1種以上來替代10.0原子%以下範圍之前述Fe。

【請求項8】 一種Fe系非晶質合金薄帶，是由如請求項1至6中任一項之Fe系非晶質合金所構成。

【請求項9】 一種Fe系非晶質合金薄帶，是由如請求項7之Fe系非晶質合金所構成。