



(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 I860864 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：112137458

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 09 月 28 日

(51)Int. Cl. : C22C38/00 (2006.01)

H01F27/245 (2006.01)

H01F27/33 (2006.01)

(30)優先權：2022/10/03 日本

2022-159532

(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：水村崇人 MIZUMURA, TAKAHITO (JP)；茂木尚 MOGI, HISASHI (JP)；高橋克
TAKAHASHI, MASARU (JP)

(74)代理人：劉法正；尹重君

(56)參考文獻：

CN 106795577A

CN 108779510A

審查人員：李南漳

申請專利範圍項數：4 項 圖式數：6 共 45 頁

(54)名稱

積層鐵心及積層鐵心的製造方法

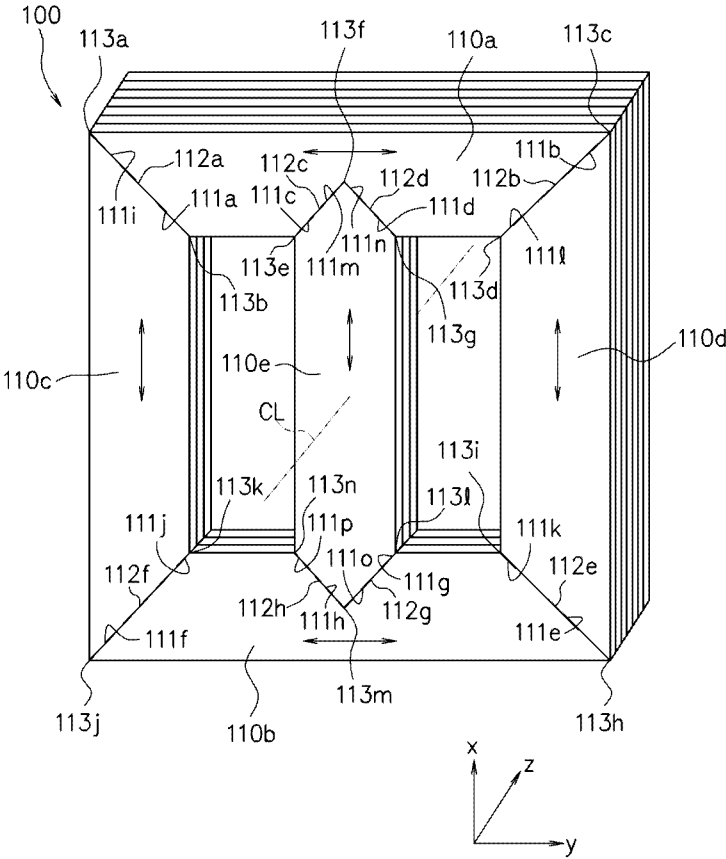
(57)摘要

在至少一個成對的芯塊相向端面(例如，成對的芯塊相向端面(111a、111i))的各個中，設成滿足 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ 。在此， $Ra(D)$ 是芯塊相向端面的積層方向上的表面粗糙度。 $Ra(S)$ 是具有構成該芯塊相向端面的一部分的端面之鋼板的板面的主磁通方向(或軋延方向)上的表面粗糙度。

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100:積層鐵心
- 110a,110b,110c,110d, 110e:芯塊
- 111a,111b,111c,111d, 111e,111f,111g,111h, 111i,111j,111k,111l, 111m,111n,111o,111p: 芯塊相向端面
- 112a,112b,112c,112d, 112e,112f,112g,112h: 芯塊相向端面的兩端 的中心位置
- 113a,113b,113c,113d, 113e,113f,113g,113h, 113i,113j,113k,113l, 113m,113n: 芯塊相向 端面的兩端
- CL: 中心線
- x,y,z: 方向



【圖1】



I860864

【發明摘要】

【中文發明名稱】

積層鐵心及積層鐵心的製造方法

【中文】

在至少一個成對的芯塊相向端面(例如,成對的芯塊相向端面(111a、111i))的各個中,設成滿足 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ 。在此, $Ra(D)$ 是芯塊相向端面的積層方向上的表面粗糙度。 $Ra(S)$ 是具有構成該芯塊相向端面的一部分的端面之鋼板的板面的主磁通方向(或軋延方向)上的表面粗糙度。

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

100:積層鐵心

110a,110b,110c,110d,110e:芯塊

111a,111b,111c,111d,111e,111f,111g,111h,111i,111j,111k,111l,111m,111n,111o,111p:芯塊相向端面

112a,112b,112c,112d,112e,112f,112g,112h:芯塊相向端面的兩端的中心位置

113a,113b,113c,113d,113e,113f,113g,113h,113i,113j,113k,113l,113m,113n: 芯塊相向端面的兩端

CL:中心線

x,y,z:方向

【特徵化學式】

(無)

【發明說明書】

【中文發明名稱】

積層鐵心及積層鐵心的製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種積層鐵心及積層鐵心的製造方法。本案依據已於2022年10月3日於日本提出申請的日本特願2022-159532號主張優先權，並在此援引其全部內容。

【先前技術】

【0002】 藉由積層複數個鋼板而構成之積層鐵心為：所積層之各鋼板於激磁時會振動。因為各鋼板會振動，而有從積層鐵心產生噪音之疑慮。於是，所要求的是用於抑制像這樣的鋼板的振動之技術。作為這種技術，有專利文獻1~4所記載之技術。

【0003】 在專利文獻1揭示有在所積層之複數個電磁鋼板之間使減振鋼板局部地介於其間之作法。

在專利文獻2揭示有在各電磁鋼板的板面施行加工溝後，將複數個電磁鋼板以未被施行有加工溝之板面彼此不重疊的方式來積層之作法。又，在專利文獻2揭示有在已積層之複數個電磁鋼板的端面塗佈接著性樹脂之作法。

【0004】 在專利文獻3揭示有在構成鐵心的外周之平面設置沿著該平面的長邊方向壓縮變形之應力構件之作法。

在專利文獻4揭示有一種將分別具有絕緣塗佈層之複數個電磁鋼板積層之作法，前述絕緣塗佈層含有4.9~7.1%的Si，且表面粗糙度以Rmax計為3.5 μ m以上。又，在專利文獻4揭示有將兼具有接著功能之浸漬劑填入已積層之複數個電磁鋼板之間之作法。

先前技術文獻

專利文獻

【0005】 專利文獻1：日本特開2006-14555號公報

專利文獻2：日本特開2003-77747號公報

專利文獻3：日本特開2000-114064號公報

專利文獻4：日本特開平4-361508號公報

【發明內容】

發明欲解決之課題

【0006】 然而，在專利文獻1~4所記載之技術中，為了抑制積層鐵心的振動，變得需要和鋼板不同的材料。

本發明是有鑒於如以上的問題點而作成之發明，目的在於提供一種即使不使用和鋼板不同的材料也可以抑制振動之積層鐵心。

用以解決課題之手段

【0007】 本發明的積層鐵心的特徵在於：具備複數個芯塊，前述複數個芯塊各自具有已積層之複數個鋼板，前述複數個芯塊具有芯塊相向端面，前述芯塊相向端面是在前述芯塊的端面當中位於和其他的前述芯塊相互相向之位置的端面，在至少一個成對的前述芯塊相向端面的各個中，滿足以下之式(A)，且前述成對的芯塊相向端面為配置在相互相向之位置的二個前述芯塊相向端面。

$$1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12 \cdots (A)$$

在此，Ra(D)是前述芯塊相向端面的在前述鋼板的積層方向上之表面粗糙度Ra(μm)，Ra(S)是具有構成該芯塊相向端面的一部分的端面之前述鋼板的板面的在流動於該鋼板之主磁通的方向或該鋼板的軋延方向上之表面粗糙度Ra(μm)。

【0008】 本發明之積層鐵心的製造方法，是具備有複數個芯塊之積層鐵心的製造方法，前述複數個芯塊分別具有已積層之複數個鋼板，前述積層鐵心的製造方法具備以下工序：

切斷工序，切斷鋼板；

第1粗糙度測定工序，測定在前述切斷工序中已被切斷之鋼板的板面的表面粗糙度 $Ra(S)(\mu m)$ ；

第2粗糙度測定工序，測定具有前述表面粗糙度 $Ra(S)$ 的測定對象的前述鋼板之前述芯塊的芯塊相向端面的表面粗糙度 $Ra(D)(\mu m)$ ；及

粗糙度調整工序，在藉由前述第2粗糙度測定工序所測定出之表面粗糙度 $Ra(D)$ 對藉由前述第1粗糙度測定工序所測定出之 $Ra(S)$ 的比值 $Ra(D)/Ra(S)$ 為不滿足 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ 的情況下，調整前述芯塊相向端面的表面粗糙度，

前述表面粗糙度 $Ra(S)$ 是在前述積層鐵心已被激磁的情況下，流動於前述鋼板之主磁通的方向上的表面粗糙度 $Ra(\mu m)$ 、或在前述鋼板的軋延方向上的表面粗糙度 $Ra(\mu m)$ ，

前述表面粗糙度 $Ra(D)$ 是在前述鋼板的積層方向上的表面粗糙度 $Ra(\mu m)$ ，

前述芯塊相向端面是在前述芯塊的端面當中於前述積層鐵心中位於和其他的前述芯塊相互相向之位置的端面，

在前述粗糙度調整工序中，是將前述芯塊相向端面的表面粗糙度調整成：在至少一個成對的前述芯塊相向端面的各個中，滿足 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ ，

前述成對的芯塊相向端面為配置在相互相向之位置的二個前述芯塊相向端面。

【圖式簡單說明】

【0009】 圖1是顯示面積層鐵心之一例的圖。

圖2A是說明積層方向表面粗糙度的測定位置之第1例的圖。

圖2B是說明積層方向表面粗糙度的測定位置之第2例的圖。

圖2C是說明積層方向表面粗糙度的測定位置之第3例的圖。

圖2D是說明積層方向表面粗糙度的測定位置之第4例的圖。

圖2E是說明積層方向表面粗糙度的測定位置之第5例的圖。

圖3A是說明面內方向表面粗糙度的測定位置之第1例的圖。

圖3B是說明面內方向表面粗糙度的測定位置之第2例的圖。

圖3C是說明面內方向表面粗糙度的測定位置之第3例的圖。

圖3D是說明面內方向表面粗糙度的測定位置之第4例的圖。

圖3E是說明面內方向表面粗糙度的測定位置之第5例的圖。

圖4A是說明鋼板相向端面上之晶粒的數量以及鋼板相向端面的長度之第1例的圖。

圖4B是說明鋼板相向端面上之晶粒的數量以及鋼板相向端面的長度之第2例的圖。

圖4C是說明鋼板相向端面上之晶粒的數量以及鋼板相向端面的長度之第3例的圖。

圖4D是說明鋼板相向端面上之晶粒的數量以及鋼板相向端面的長度之第4例的圖。

圖4E是說明鋼板相向端面上之晶粒的數量以及鋼板相向端面的長度之第5例的圖。

圖5是顯示積層鐵心的製造方法之一例的流程圖。

【實施方式】

用以實施發明之形態

【0010】 以下，一邊參照圖式，一邊說明本發明的一個實施形態。

再者，長度、位置、大小、間隔等比較對象為相同的情形，除了嚴格上相同的情況之外，也包含在不脫離發明的主旨之範圍內不同之構成(例如，在設計時規定之公差範圍內不同之構成)。

【0011】 圖1是顯示積層鐵心100之一例的圖。再者，圖1所示之x-y-z座標

是為了方便說明各部分的方向而顯示之座標。圖1所示之積層鐵心100是例如捲繞有供三相交流電流流動之線圈之積層鐵心(所謂的三相積層鐵心)。再者，流動於捲繞在積層鐵心100之線圈的電流並不限定於三相交流電流。例如，流動於捲繞在積層鐵心100之線圈的電流亦可為單相交流電流。又，積層鐵心100是作為各種機器所具備之鐵心來使用。積層鐵心100亦可為例如變壓器、變流器、旋轉電機以及電抗器(reactor)所具備之鐵心。

【0012】 在圖1中，積層鐵心100具備複數個芯塊110a~110e。複數個芯塊110a~110e各自具有複數個鋼板，前述複數個鋼板是以板面相互地相向的方式積層而成。

【0013】 在圖1中，於複數個芯塊110a~110e內所示之雙箭頭線是表示在該芯塊110a~110e被激磁時，於鋼板流動之主磁通的方向或軋延方向。在以下的說明中，因應於需要，將芯塊110a~110e被激磁時於鋼板流動之主磁通的方向稱為主磁通方向。

【0014】 再者，主磁通方向是在流動於各芯塊之主磁通當中，將因為和其他芯塊的流出與流入而改變方向的區域中的主磁通除外而規定之磁通(亦即，主磁通方向為主磁通直進之方向)。在鋼板為單方向性電磁鋼板的情況下，主磁通方向與軋延方向宜儘可能地接近，且較佳是一致。又，在鋼板為單方向性電磁鋼板的情況下，軋延方向與易磁化方向(平行於易磁化軸的方向)宜儘可能地接近，且較佳的是一致。

【0015】 在以下的說明中，在鋼板已積層成於複數個芯塊110a~110e內所示之雙箭頭線的方向成為大致平行(較佳的是平行)於鋼板的軋延方向的情況下，主磁通方向(或軋延方向)意指主磁通方向以及軋延方向的任一個方向。另一方面，在鋼板未積層成於複數個芯塊110a~110e內所示之雙箭頭線的方向成為大致平行(較佳的是平行)於鋼板的軋延方向的情況下，主磁通方向(或軋延方

向)意指主磁通方向。由於軋延方向是只要觀察鋼板的板面即可被特定，因此軋延方向的特定是容易的。

【0016】 在本實施形態中，積層鐵心100是構成為以該中心線CL為旋轉對稱軸之二次對稱的關係。中心線CL是通過積層鐵心100的重心的位置，且朝構成積層鐵心100之鋼板的積層方向(z軸方向)延伸之虛擬直線。在以下的說明中，因應於需要而將構成積層鐵心100之鋼板的積層方向簡稱為積層方向。

【0017】 又，在本實施形態中，是例示以下情況：藉由積層鋼種以及板厚相同之複數個單方向性電磁鋼板，來構成複數個芯塊110a~110e。不過，鋼板並不限定為單方向性電磁鋼板。鋼板亦可為例如雙方向性電磁鋼板。又，鋼板亦可為無方向性電磁鋼板。又，構成複數個芯塊當中的至少二個芯塊之鋼板的鋼種以及板厚當中的至少一者亦可為不同。又，構成一個芯塊之複數個鋼板的鋼種以及板厚當中的至少一者亦可為不同。又，在本實施形態中是例示複數個芯塊110a~110e的厚度(積層方向(z軸方向)的長度)為相同之情況。又，在本實施形態中是例示以下情況：將芯塊110a~110b構成以及配置為以中心線CL為旋轉對稱軸之二次對稱的關係。同樣地，例示以下情況：也將芯塊110c~110d構成以及配置為以中心線CL為旋轉對稱軸之二次對稱的關係。

再者，芯塊的數量、形狀、大小以及配置是因應於具備積層鐵心之機器的規格來規定。從而，芯塊的數量、形狀、大小以及配置並不限定於圖1所例示之構成。

【0018】 在複數個芯塊110a~110e的端面，包含芯塊相向端面111a~111p。芯塊110a~110e的芯塊相向端面111a~111p是在芯塊110a~110e的端面當中，位於和其他的芯塊相互相向之位置的端面。在圖1所示之例中，在芯塊110a的端面包含芯塊相向端面111a~111d。又，在芯塊110b的端面包含芯塊相向端面111e~111h。又，在芯塊110c的端面包含芯塊相向端面111i~111j。又，在芯塊

110d的端面包含芯塊相向端面111k~111l。又，在芯塊110e的端面中包含芯塊相向端面111o~111p。

【0019】 將配置在相互相向之位置的二個芯塊相向端面稱為成對的芯塊相向端面。例如，芯塊110a所具有之芯塊相向端面111a與芯塊110c所具有之芯塊相向端面111i是配置在相互相向之位置。從而，這些芯塊相向端面111a以及111i是成對的芯塊相向端面111a及111i。在圖1所例示之積層鐵心100中，存在有八個成對的芯塊相向端面111a以及111i、111b以及111l、111c以及111m、111d以及111n、111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、111h以及111p。在此，成對的芯塊相向端面(例如，芯塊相向端面111a以及111i)是所謂的對接部。從而，成對的芯塊相向端面(二個芯塊相向端面)的一部分或全部的區域是相互接觸的。

【0020】 在圖1中，芯塊相向端面111a~111p是在對從積層方向(z軸方向)觀看積層鐵心100時可看到之表示芯塊相向端面111a~111p之線進行直線近似後之情況下所顯現之屈曲點中被分段(參照圖1所示之芯塊相向端面111c以及111d、111g以及111h、111m以及111n、111o以及111p)。

【0021】 再者，在對從積層方向(z軸方向)觀看積層鐵心100時可看到之表示芯塊相向端面111a~111p之線進行曲線近似(例如以2次函數來近似)者可以比進行直線近似更高精度地近似於該線的情況下，亦可在該已進行曲線近似的情況下之表示極值的位置上將芯塊相向端面分段。

【0022】 以下，說明本發明的發明人們所發現到之知識見解，並且說明本實施形態的積層鐵心100。在此，為了易於理解說明，附加圖1所示之符號來說明本發明的發明人們所發現到之知識見解。然而，本發明的發明人們所發現到之知識見解並不限定於圖1所示之積層鐵心100之知識見解。

【0023】 在芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面111a~111p)上之振動會

對積層鐵心100的噪音造成很大的影響。本發明的發明人們為了在不使用和鋼板不同的材料的情形下抑制在像這樣的芯塊110a~110e的對接部上之振動，而著眼於鋼板的形狀。並且，本發明的發明人們發現到以下情形：藉由將芯塊相向端面111a~111p的粗糙度適當化，來抑制在芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面111a~111p)上之振動，藉此可以抑制積層鐵心100的噪音。

【0024】 具體而言，本發明的發明人們發現到以下情形：在複數個成對的芯塊相向端面111a以及111i、111b以及111l、111c以及111m、111d以及111n、111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、111h以及111p當中的至少一個成對的芯塊相向端面(二個芯塊相向端面)的各個中，可以藉由滿足以下之式(1)，來抑制芯塊的對接部(芯塊相向端面)的振動。

$$1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12 \cdots (1)$$

【0025】 在此， $Ra(D)$ 是式(1)的計算對象之成對的芯塊相向端面(二個芯塊相向端面)當中的一個芯塊相向端面的積層方向(z軸方向)上的表面粗糙度 $Ra(\mu m)$ 。在以下的說明中，將如此按每個芯塊相向端面所規定之表面粗糙度，因應於需要而稱為積層方向表面粗糙度。又， $Ra(S)$ 是具有構成該芯塊相向端面的一部分的端面之鋼板的板面的主磁通方向(或鋼板的軋延方向)上的表面粗糙度 $Ra(\mu m)$ 。在以下的說明中，將如此規定之表面粗糙度，因應於需要而稱為面內方向表面粗糙度。表面粗糙度 Ra (積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 以及面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$)是設為在JIS B 0601：2013中所規定之粗糙度曲線要素的平均高度 Rc 。再者，芯塊相向端面是由已積層之複數個鋼板的端面所構成。構成芯塊相向端面的一部分之端面是該複數個鋼板當中的一個鋼板的端面。又， $Ra(\mu m)$ 的 (μm) 是表示表面粗糙度 Ra 的單位為微米(像這樣的單位的標記方法在其他的變數 n 、 L 、 n/L 中也是相同)。面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 為例如 $0.10 \mu m$ 以上且 $3.00 \mu m$ 以下。

【0026】 例如，設為式(1)的計算對象之成對的芯塊相向端面(二個芯塊相向端面)為成對的芯塊相向端面111a以及111i。在此情況下，只要針對芯塊相向端面111a、111i的各個來滿足式(1)，就會成為在一個成對的芯塊相向端面111a以及111i的各個中滿足式(1)之情形。針對其他的成對的芯塊相向端面111b以及111l、111c以及111m、111d以及111n、111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、111h以及111p，也是同樣地進行來判定是否滿足式(1)。

【0027】 圖2A~圖2E是說明積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的測定位置之一例的圖。圖2A以及圖2D所示之y-z座標是對應於圖1所示之x-y-z座標的y座標以及z座標。圖2B、圖2C以及圖2E所示之x-z座標是對應於圖1所示之x-y-z座標的x座標以及z座標。如前述，圖2A所示之芯塊110a與圖2D所示之芯塊110b是構成以及配置為：成為以積層鐵心100的中心線CL為旋轉對稱軸之二次對稱的關係。同樣地，圖2B所示之芯塊110c與圖2D所示之芯塊110d也是構成以及配置為：成為以積層鐵心100的中心線CL為旋轉對稱軸之二次對稱的關係。

【0028】 圖2A及圖2D是顯示芯塊110a、110b所具有之芯塊相向端面111a~111d、111e~111h的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的測定位置之一例的圖。圖2B以及圖2E是顯示芯塊110c、110d所具有之芯塊相向端面111i~111j、111k~111l的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的測定位置之一例的圖。圖2C是顯示芯塊110e所具有之芯塊相向端面111m~111p的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的測定位置之一例的圖。

【0029】 積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 是在式(1)的計算對象之成對的芯塊相向端面中，在從具有構成該芯塊相向端面的一部分之端面的鋼板的積層方向來觀看該區塊相向端面的情況下的通過該芯塊相向端面的兩端的中心的位置之虛擬直線上測定。

【0030】 在圖1所示之例中，具有構成芯塊相向端面111a~111p的一部分的

端面之鋼板的積層方向為z軸方向。在圖1中，從z軸方向來觀看芯塊相向端面111a以及111i、111b以及111l、111c以及111m、111d以及111n、111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、111h以及111p的情況下的該芯塊相向端面的兩端113a以及113b、113c以及113d、113e以及113f、113f以及113g、113h以及113i、113j以及113k、113e以及113f、113f以及113g、113l以及113m、113m以及113n的中心的位置分別為位置112a、112b、112c、112d、112e、112f、112g、112h。該芯塊相向端面的兩端的中心的位置可在積層方向(z軸方向)的各個端面上得到。若沿著像這樣的該芯塊相向端面的兩端的中心的位置前進，即可如圖2A~圖2E所示地得到虛擬直線201a~201p。

【0031】從而，在式(1)的計算對象之成對的芯塊相向端面為成對的芯塊相向端面111a及111i的情況下，如圖2A以及圖2B所示，是分別在虛擬直線201a、201e上，測定芯塊相向端面111a、111i的積層方向表面粗糙度Ra(D)。又，在式(1)的計算對象之成對的芯塊相向端面為成對的芯塊相向端面111b以及111l的情況下，如圖2A以及圖2E所示，是分別在虛擬直線201b、201p上，測定用於計算芯塊相向端面111b、111l的積層方向表面粗糙度Ra(D)的粗糙度曲線。又，在式(1)的計算對象之成對的芯塊相向端面為成對的芯塊相向端面111c以及111m的情況下，如圖2A以及圖2C所示，是分別在虛擬直線201c、201g上，測定用於計算芯塊相向端面111c、111m的積層方向表面粗糙度Ra(D)的粗糙度曲線。又，在式(1)的計算對象之成對的芯塊相向端面為成對的芯塊相向端面111d以及111n的情況下，如圖2A以及圖2C所示，是分別在虛擬直線201d、201h上，測定用於計算芯塊相向端面111d、111n的積層方向表面粗糙度Ra(D)的粗糙度曲線。

【0032】針對其他的成對的芯塊相向端面111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、111h以及111p也是同樣地進行，而分別在虛擬直線201k以及

201o上、在虛擬直線201i以及201f上、在虛擬直線201m以及201i上、在虛擬直線201n及201j上，測定用於計算積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的粗糙度曲線。

【0033】 在以下的說明中，因應於需要而將測定粗糙度曲線(粗糙度曲線要素)之虛擬直線201a~201p上的位置稱為積層方向測定位置，其中前述粗糙度曲線是用於計算積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的曲線。在圖1所例示之積層鐵心100中，積層方向測定位置是如圖2A~圖2E所示地成為斜切面的位置。

【0034】 將構成式(1)的計算對象之成對的芯塊相向端面的一邊的芯塊相向端面之複數個鋼板一片一片地拔下，並在已拔下之鋼板的積層方向測定位置上測定積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 。亦可取代如此進行之作法，而在為了構成具有該一邊的芯塊相向端面之芯塊而使用之積層前的鋼板的積層方向測定位置上測定積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 。針對構成該一邊的芯塊相向端面之全部鋼板的各個來進行這樣的測定。例如，在積層片數為200片的情況下，可針對一個芯塊相向端面測定200個積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 。將如以上地進行而測定出之複數個(在前述之例中為200個)積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的代表值，當作該一邊的芯塊相向端面的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 。代表值可為例如算術平均值。亦可使用中央值等來取代算術平均值。式(1)之計算對象的成對的芯塊相向端面的另一邊的芯塊相向端面的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ ，也是和一邊的芯塊相向端面的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 同樣地進行來計算。

【0035】 如以上地進行，而將計算成對的芯塊相向端面的一邊以及另一邊的芯塊相向端面的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 之作法，針對芯塊相向端面111a以及111i、111b以及111l、111c以及111m、111d以及111n、111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、111h以及111p的各個來進行。

【0036】 圖3A~圖3E是說明用於計算面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 的粗糙度曲線的測定位置之一例的圖。圖3A~圖3E所示之x-y座標是對應於圖1所示之

x-y-z座標的x座標以及y座標。

【0037】 圖3A、圖3D是顯示用於計算鋼板的面內方向表面粗糙度Ra(S)的粗糙度曲線的測定位置之一例的圖，其中前述鋼板具有構成芯塊110a、110b所具有之芯塊相向端面111a~111d、111e~111h的一部分之端面。圖3B、圖3E是顯示用於計算鋼板的面內方向表面粗糙度Ra(S)的粗糙度曲線的測定位置之一例的圖，其中前述鋼板具有構成芯塊110c、110d所具有之芯塊相向端面111i~111j、111k~111l的一部分之端面。圖3C是顯示用於計算鋼板的面內方向表面粗糙度Ra(S)的粗糙度曲線的測定位置之一例的圖，其中前述鋼板具有構成芯塊110e所具有之芯塊相向端面111m~111p的一部分之端面。

【0038】 在此，因應於需要而將垂直於鋼板的主磁通方向(或軋延方向)以及積層方向之方向稱為寬度方向。用於計算面內方向表面粗糙度Ra(S)的粗糙度曲線，是在具有構成式(1)的計算對象之成對的芯塊相向端面的一部分的端面之鋼板的板面中，通過該鋼板的寬度方向的中央之位置，且在沿著該鋼板的主磁通方向(或軋延方向)延伸之虛擬直線上測定。

【0039】 在圖1所示之例中，具有構成芯塊相向端面111a~111p的一部分的端面之鋼板的積層方向為z軸方向。又，構成芯塊相向端面111a~111d、111e~111h的一部分之鋼板的主磁通方向(或軋延方向)為y軸方向(圖1所示的雙箭頭線的方向)。又，構成芯塊相向端面111a~111d、111e~111h的一部分之鋼板的寬度方向為x軸方向。構成芯塊相向端面111i~111j、111k~111l、111m~111p的一部分之鋼板的主磁通方向(或軋延方向)為x軸方向(圖1所示之雙箭頭線的方向)。又，構成芯塊相向端面111i~111j、111k~111l、111m~111p的一部分之鋼板的寬度方向為y軸方向。

【0040】 在此情況下，在圖3A中，具有構成芯塊相向端面111a~111d的一部分的端面之鋼板的通過寬度方向(x軸方向)的中央之位置，且沿著該鋼板的主

磁通方向(或軋延方向、y軸方向)延伸之虛擬直線是虛擬直線301a。同樣地，在圖3D中，具有構成芯塊相向端面111e~111h的一部分的端面之鋼板的通過寬度方向(x軸方向)的中央之位置，且沿著該鋼板的主磁通方向(或軋延方向、y軸方向)延伸之虛擬直線是虛擬直線301d。

【0041】 又，在圖3B中，具有構成芯塊相向端面111i~111j的一部分的端面之鋼板的通過寬度方向(y軸方向)的中央之位置，且沿著該鋼板的主磁通方向(或軋延方向、x軸方向)延伸之虛擬直線是虛擬直線301b。同樣地，在圖3E中，具有構成芯塊相向端面111k~111l的一部分的端面之鋼板的通過寬度方向(y軸方向)的中央之位置，且沿著該鋼板的主磁通方向(或軋延方向、x軸方向)延伸之虛擬直線是虛擬直線301e。

【0042】 又，在圖3C中，具有構成芯塊相向端面111m~111p的一部分的端面之鋼板的通過寬度方向(y軸方向)的中央之位置，且沿著該鋼板的主磁通方向(或軋延方向、x軸方向)延伸之虛擬直線是虛擬直線301c。

【0043】 從而，如圖3A、圖3D所示，具有構成芯塊相向端面111a~111d、111e~111h的一部分的端面之鋼板的用於計算面內方向表面粗糙度Ra(S)的粗糙度曲線，是分別在虛擬直線301a、301d上測定。又，如圖3B、圖3E所示，具有構成芯塊相向端面111i~111j、111k~111l的一部分的端面之鋼板的用於計算面內方向表面粗糙度Ra(S)的粗糙度曲線，是分別在虛擬直線301b、301e上測定。又，如圖3C所示，具有構成芯塊相向端面111m~111p的一部分的端面之鋼板的用於計算面內方向表面粗糙度Ra(S)的粗糙度曲線，是在虛擬直線301c上測定。

【0044】 再者，在如前述地進行來規定用於計算面內方向表面粗糙度Ra(S)的粗糙度曲線之測定位置(虛擬直線)時，會有該虛擬直線因為鋼板的形狀而被分離成複數個之情況。在此情況下，是在該已被分離之複數個虛擬直線當中的任一個虛擬直線上測定粗糙度曲線。又，亦可在該複數個虛擬直線測定粗

糙度曲線，而當作該複數個虛擬直線未被分離之構成(亦即，讓該複數個虛擬直線的間隔形成為0(零))。

【0045】 在以下的說明中，因應於需要而將測定粗糙度曲線(粗糙度曲線要素)的虛擬直線301a~301e的位置稱為面內方向測定位置，其中前述粗糙度曲線是用於計算面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 的曲線。

【0046】 將構成式(1)的計算對象之成對的芯塊相向端面的一邊的芯塊相向端面之複數個鋼板一片一片地拔下，並在已拔下之鋼板的面內方向測定位置上測定面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 。亦可取代如此進行之作法，而在為了構成具有該一邊的芯塊相向端面之芯塊而使用之積層前的鋼板的面內方向測定位置上，測定面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 。針對構成該一邊的芯塊相向端面之全部鋼板的各個來進行這樣的測定。例如，在積層片數為200片的情況下，可針對一個芯塊相向端面測定200個面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 。將如以上地進行而測定出之複數個(在前述之例中為200個)面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 的代表值，當作該一邊的芯塊相向端面的面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 。代表值可為例如算術平均值。亦可使用中央值等來取代算術平均值。式(1)之計算對象的成對的芯塊相向端面的另一邊的芯塊相向端面的面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ ，也是和一邊的芯塊相向端面的面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 同樣地進行來計算。

【0047】 如以上地進行而將計算成對的芯塊相向端面的一邊以及另一邊的芯塊相向端面的面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 之作法，針對成對的芯塊相向端面111a以及111i、111b以及111l、111c以及111m、111d以及111n、111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、111h以及111p的各個來進行。

【0048】 如前述，為了計算積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 以及面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ ，可例如測定粗糙度曲線(粗糙度曲線要素)。粗糙度曲線(粗糙度曲線要素)的測定是針對例如構成一個芯塊相向端面之複數個鋼板的各個來進行。

又，粗糙度曲線(粗糙度曲線要素)的測定是在積層方向測定位置以及面內方向測定位置的各個位置中進行。

【0049】 例如，在積層片數為200片的情況下，可針對一個芯塊相向端面測定200個粗糙度曲線(粗糙度曲線要素)，來作為用於計算積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的粗糙度曲線(粗糙度曲線要素)。將如以上地進行而測定出之複數個(在前述之例中為200個)粗糙度曲線的代表值，當作用於計算該一個芯塊相向端面的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的粗糙度曲線。再者，複數個(在前述之例中為200個)粗糙度曲線的代表值是藉由在該複數個粗糙度曲線的各個中，計算板厚方向的位置在相同點上之值的代表值來計算。代表值可為例如算術平均值。亦可使用中央值等來取代算術平均值。又，在複數個鋼板的板厚不同的情況下，亦可例如將接合了複數個(在前述之例中為200個)粗糙度曲線之粗糙度曲線當作用於計算積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的粗糙度曲線(粗糙度曲線要素)。

【0050】 用於計算面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 的粗糙度曲線，是例如針對具有構成一個芯塊相向端面的一部分的端面之全部的鋼板的各個來測定。例如，在積層片數為200片的情況下，可針對一個芯塊相向端面測定200個粗糙度曲線，來作為用於計算面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 之粗糙度曲線。將如以上地進行而測定出之複數個(在前述之例中為200個)粗糙度曲線的代表值，當作用於計算鋼板的面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 之粗糙度曲線，其中前述鋼板具有構成該芯塊相向端面的一部分之端面。複數個粗糙度曲線的代表值是藉由例如計算板面方向的位置(x座標以及y座標)在相同位置上之值的計算平均值而得到。代表值可為例如算術平均值。亦可使用中央值等來取代算術平均值。

【0051】 在粗糙度曲線(粗糙度曲線要素)的測定上，亦可使用例如基恩斯股份有限公司(KEYENCE CORPORATION)製之一鍵(one shot)式表面3D輪廓量測儀(型號：VR-6000)。關於測定視野，可例如將例如測定倍率設定成200倍，

以使單一視野的廣度成為 $500\ \mu\text{m} \times 500\ \mu\text{m}$ 。在以數位顯微鏡來測定粗糙度曲線要素的平均高度的情況下，亦可藉由設為截止(cut off)值 $\lambda_s=0\ \mu\text{m}$ 以及截止值 $\lambda_c=0\text{mm}$ ，來補正測定時的鋼板的振動。測定倍率宜為100倍以上，較佳為500倍~700倍。

【0052】 使用針對相同的芯塊相向端面而計算出之面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 以及積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ ，來計算 $Ra(D)/Ra(S)$ 。然後，確認所計算出之 $Ra(D)/Ra(S)$ 是否滿足式(1)。

用於進行成滿足式(1)之手法，只要是可以調整鋼板的端面的粗糙度之手法即可。鋼板的端面的粗糙度可藉由例如磨削、切削以及研磨當中的任一者來調整。

【0053】 例如，亦可在為了得到芯塊110a~110e的平面形狀(圖1所示之x-y面的形狀)而要將鋼板切斷時，調整一片一片的鋼板的端面的粗糙度。又，亦可調整已切斷成芯塊110a~110e的平面形狀之鋼板的一片一片的鋼板的端面的粗糙度。例如，在對一片一片的鋼板進行剪切的情況下，亦可藉由控制剪切機的上下的刀刃的間隙來調整一片一片的鋼板的端面的粗糙度。又，亦可在堆疊複數個鋼板後，調整和芯塊相向端面111a~111p對應之端面的粗糙度。又，也可以組合這些作法的任二者以上。

【0054】 並且，亦可在堆疊複數個鋼板後，針對和芯塊相向端面111a~111p對應之端面來確認是否滿足式(1)。並且，在未滿足式(1)的情況下，亦可再調整該端面的粗糙度。又，亦可在將已堆疊之複數個鋼板拆開後，對一片一片的鋼板的端面的粗糙度進行再調整。又，亦可在要堆疊複數個鋼板之前不進行鋼板的端面的粗糙度之調整，而是在堆疊複數個鋼板後，針對和芯塊相向端面111a~111p對應之端面來確認是否滿足式(1)。並且，在不滿足式(1)的情況下，亦可調整該端面的粗糙度以滿足式(1)。

【0055】藉由滿足式(1)，可考慮為：在積層鐵心100的激磁時，在積層方向(z軸方向)上相鄰之鋼板，可以將在芯塊相向端面111a~111p上作用成相互地相吸引之結合力，賦與至芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面111a~111p)以及其附近的區域。在式(1)中，若 $Ra(D)/Ra(S)$ 低於1($Ra(D)/Ra(S)<1$)時，芯塊相向端面111a~111p的粗糙度會過度變小(接近於平坦狀態)。從而，會被考慮為無法將前述之結合力賦與到芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面111a~111p)以及其附近的區域。另一方面，若 $Ra(D)/Ra(S)$ 超過12($Ra(D)/Ra(S)>12$)時，會因為前述之結合力過度變強，而對鋼板導入過剩的壓縮應力，而被考慮為芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面111a~111p)會因為此壓縮應力而振動。

【0056】又，本發明的發明人們從更加確實地提高積層鐵心100的噪音的抑制效果之觀點來看，已得到如下宜使用式(2)來取代式(1)之知識見解。

$$6 \leq Ra(D)/Ra(S) \leq 8 \cdots (2)$$

【0057】如前述，只要在至少一個成對的芯塊相向端面111a以及111i、111b以及111l、111c以及111m、111d以及111n、111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、111h以及111p的各個中，滿足式(1)(較佳的是進而滿足式(2))即可。然而，較佳的是在這些成對的芯塊相向端面當中的2個以上的成對的芯塊相向端面的各個中，滿足式(1)(較佳的是進而滿足式(2))。又，更佳的是，在這些成對的芯塊相向端面的總數(在圖1所示之例中為8)的1/2倍以上的成對的芯塊相向端面的各個中，滿足式(1)(較佳的是進而滿足式(2))。又，最佳的是，在全部的成對的芯塊相向端面的各個中，滿足式(1)(較佳的是進而滿足式(2))。

【0058】又，本發明的發明人們為了在不使用和鋼板不同的材料的情形下抑制在芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面)上之振動，而著眼於鋼板的晶粒。在此，因應於需要，而將具有構成芯塊相向端面111a~111p的一部分的端面之鋼板的該端面稱為鋼板相向端面。又，因應於需要，而將在具有鋼板相向

端面的鋼板中存在之晶粒當中以該鋼板相向端面作為邊界之晶粒的數量，稱為鋼板相向端面上之晶粒的數量。又，因應於需要，而將鋼板相向端面上的晶粒的數量除以該鋼板相向端面的長度之值，稱為鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量。在此，將鋼板相向端面上之晶粒的數量設為 n (個)。又，將該鋼板相向端面的長度設為 L (mm)。如此一來，鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量即為 n/L (個/mm)。

【0059】 本發明的發明人們調查了鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 與積層鐵心100的噪音等級之關係。此時，將鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 如以下地進行來計算。首先，針對成對的芯塊相向端面111a以及111i、111b以及111l、111c以及111m、111d以及111n、111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、111h以及111p當中，具有構成一邊的芯塊相向端面的一部分的端面之全部鋼板的各個，計算鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 。然後，將所計算出之鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 的算術平均值，計算為該一邊的芯塊相向端面中的鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 。如此進行而計算出鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 之結果，本發明的發明人們得到了如下之知識見解：積層鐵心100的噪音等級會以鋼板相向端面上之每單位長度的數量 n/L 為0.5(個/mm)時為界，藉由芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面111a~111p)的振動而顯著地改變。經考慮為：若鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 超過0.5(個/mm)時，在鋼板相向端面上會因為大量的晶粒各自振動，而無法充分地減少芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面111a~111p)的振動。

【0060】 由此情形來看，本發明的發明人們得到了如下之知識見解：在成對的芯塊相向端面111a以及111i、111b以及111l、111c以及111m、111d以及111n、111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、111h以及111p當中的至

少一邊的芯塊相向端面(較佳的是兩邊的芯塊相向端面)中，可以藉由滿足以下之式(3)來抑制積層鐵心100的振動。

$$n/L \leq 0.5 \cdots (3)$$

【0061】 圖4A~圖4D是說明鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 以及鋼板相向端面的長度 L 之一例的圖。

【0062】 圖4A、圖4D是說明構成芯塊110a、110b所具有之芯塊相向端面111a~111d、111e~111h的一部分之鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 以及鋼板相向端面的長度 L 的圖。圖4B、圖4E是說明構成芯塊110c、110d所具有之芯塊相向端面111i~111j、111k~111l的一部分之鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 以及鋼板相向端面的長度 L 的圖。圖4C是說明構成芯塊110e所具有之芯塊相向端面111m~111p的一部分之鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 以及鋼板相向端面的長度 L 的圖。

【0063】 在圖4A中，例示由五個晶粒所構成的晶粒群401a來作為如下的晶粒，即在具有鋼板相向端面之鋼板中的一片鋼板中存在之晶粒當中，以該鋼板相向端面作為邊界的晶粒，且前述鋼板相向端面構成芯塊相向端面111a的一部分。在此情況下，構成芯塊相向端面111a的一部分之鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 為5。如圖1及圖2A所示，具有構成芯塊相向端面111a的一部分的鋼板相向端面之鋼板，在積層方向(z 軸方向)上具有複數個。從而，針對這些複數個鋼板的各個，來計數構成芯塊相向端面111a的一部分之鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 。例如，在芯塊110a具有100片鋼板的情況下，且構成芯塊相向端面111a的一部分之該100片鋼板的鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 全部為5的情況下，構成芯塊相向端面111a的一部分之鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 的合計值會成為500(=100×5)。

【0064】 構成芯塊相向端面111a以外的芯塊相向端面111b~111p的一部分

之鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 也是同樣地進行來計數。在圖4A~圖4E中顯示：在具有構成芯塊相向端面111b、111c、111d、111i、111j、111m、111n、111o、111p、111e、111f、111g、111h、111k、111l的一部分的鋼板相向端面之鋼板當中的一片鋼板中存在之晶粒當中，以該鋼板相向端面作為邊界之晶粒群，即分別由四個、三個、五個、七個、六個、五個、四個、四個、三個、五個、四個、三個、五個、七個、六個晶粒所構成之晶粒群401b、401c、401d、401e、401f、401g、401h、401i、401j、401k、401l、401m、401n、401o、401p。

【0065】計數鋼板相向端面上的晶粒的數量 n 之手法，只要是可以測定晶粒的數量之手法即可。例如，亦可藉由如以下地進行而進行基於電子顯微鏡或光學顯微鏡之觀察之作法，來計數鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 。首先，將鋼板相向端面(切斷面)以5%硝太蝕劑(nital)溶液進行100秒鐘~300秒鐘的腐蝕後，以光學顯微鏡來觀察晶粒界。亦可使用例如奧林巴斯(Olympus)股份有限公司製之工業用顯微鏡BX53M，來作為光學顯微鏡。在涵蓋該鋼板相向端面的長邊方向的全長來觀察鋼板相向端面(切斷面)時，將從一邊的板面朝另一邊的板面(例如板厚方向)延伸之曲線或直線一律地定義為晶粒界。在一個鋼板相向端面(切斷面)中，像這樣地進行而定義之晶粒界的數量具有 q 個的情況下， $q+1$ 即為該鋼板相向端面上的晶粒的數量 $n(n=q+1)$ (q 為非負整數)個。例如，在一個鋼板相向端面(切斷面)中，像這樣地進行而定義之晶粒界的數量為3個的情況下，該鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 為4個。假設一個鋼板相向端面上的晶粒界的數量為0(零)的情況下，該鋼板相向端面上的晶粒的數量 n 為1($=0+1$)個。

【0066】又，在圖4A~圖4E中，鋼板相向端面的長度 L ，是在從垂直於該鋼板的板面的方向(垂直於圖4A~圖4E的紙面的方向)來觀看具有該鋼板相向端面之鋼板的情況下，可看到之該鋼板相向端面的長度。在圖4A中是顯示構成芯

塊相向端面111a的一部分之鋼板相向端面的長度 L 為長度 $L1$ 。如圖1及圖2A所示，具有構成芯塊相向端面111a的一部分的鋼板相向端面之鋼板，在積層方向(z 軸方向)上具有複數個。從而，針對這些複數個鋼板的每一個，測定構成芯塊相向端面111a的一部分之鋼板相向端面的長度 L 。

【0067】 構成芯塊相向端面111a以外的芯塊相向端面111b~111p的一部分之鋼板相向端面的長度 L 也是同樣地進行來測定。在圖4A~圖4E中，是顯示 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 、 $L5$ 、 $L6$ 、 $L7$ 、 $L8$ 、 $L9$ 、 $L10$ 、 $L11$ 、 $L12$ 、 $L13$ 、 $L14$ 、 $L15$ 、 $L16$ ，來分別作為構成芯塊相向端面111b、111c、111d、111i、111j、111m、111n、111o、111p、111e、111f、111g、111h、111k、111l的一部分之鋼板相向端面的長度 L 。

【0068】 測定鋼板相向端面的長度 L 之手法，只要是可測定鋼板的端面的長度之手法即可。例如，亦可藉由使用了卡尺等之直接測定來測定鋼板相向端面的長度 L 。又，亦可藉由使用了圖像解析等之間接測定來測定鋼板相向端面的長度 L 。

【0069】 再者，亦可例如藉由將構成一個芯塊相向端面的一部分之鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 的代表值(例如，算術平均值)、構成該芯塊相向端面的一部分之鋼板相向端面的長度 L 的代表值(例如，算術平均值)分別作為式(3)的 n 、 L 來使用，而確認是否滿足式(3)。又，是否滿足式(3)的確認亦可在每一個鋼板相向端面來進行。

【0070】 為了設成滿足式(3)，必須在鋼板的製造時控制鋼板的晶粒的大小。例如，亦可藉由控制用於進行析出物控制以及集合組織控制之氮化退火時之氮化量、與使其產生二次再結晶之最終退火時之退火溫度以及保持時間(退火溫度與時間之關係)當中的至少一者，來將鋼板的晶粒的大小控制成滿足式(3)。具體而言，亦可藉由進行以下之至少一者，來將鋼板的晶粒的大小控制成

滿足式(3)：調整供給至氮化退火時的氣體環境之氮的流量、調整(加長)最終退火時的均熱時間、及在到達最終退火時的均熱溫度之前設置保留之時間並調整該保留之時間。

【0071】 可以藉由滿足式(1)(或式(2))與式(3)，而抑制在芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面111a~111p)上之振動。像這樣，宜設為滿足式(1)(或式(2))與式(3)之雙方。然而，為了滿足式(3)，必須選擇鋼板的材質。又，是否滿足式(3)之確認作業的負擔，會比是否滿足式(1)(或式(2))之確認作業的負擔更大。又，在不滿足式(3)的情況下，會變得需要鋼板的再製造。從而，從簡便地抑制芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面111a~111p)的振動之觀點來看，亦可設為僅滿足式(1)(或式(2))。

【0072】 圖5是顯示本實施形態之積層鐵心100的製造方法之一例的流程圖。

首先，在步驟S501中進行鋼板製造工序。在鋼板製造工序中，是製造構成積層鐵心100之鋼板。作為鋼板的製造方法，亦可採用習知的方法。不過，在本實施形態中，是以滿足式(3)的方式來控制鋼板的晶粒的大小。如前述，亦可藉由控制退火條件來控制鋼板的晶粒的大小。又，從簡便地抑制芯塊110a~110e的對接部(芯塊相向端面111a~111p)的振動之觀點來看，在不判定是否滿足式(3)的情況下，亦可不將鋼板的晶粒的大小控制成滿足式(3)。

【0073】 其次，在步驟S502中，進行切斷工序。在切斷工序中，是將在步驟S501中所製造之鋼板切斷。在本實施形態中，是將在步驟S501中所製造出的鋼板切斷成切斷後之鋼板的板面的形狀成為芯塊110a~110e的平面形狀(圖1所示之x-y面的形狀)。作為鋼板的切斷方法，亦可採用習知的方法。例如，鋼板的切斷亦可藉由沖裁加工來進行。又，鋼板的切斷亦可藉由雷射加工來進行。又，在切斷工序中一次切斷之鋼板的數量並未限定。亦可將鋼板一片一片地切

斷。亦可將複數片鋼板一次切斷。

【0074】 其次，在步驟S503中，進行晶粒測定工序。在晶粒測定工序中，是進行以下步驟：計算(測定)鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 、與確認是否滿足式(3)。在本實施形態中，首先是測定已在步驟S502中切斷之鋼板的鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 、與該鋼板相向端面的長度 L 。然後，計算該鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 。並且，判定該鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 是否滿足式(3)。例如，在按芯塊相向端面111a~111p的每一者來計算鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 的情況下，是按芯塊相向端面111a~111p的每一者來進行是否滿足式(3)之判定。在此情況下，是將構成一個芯塊相向端面的一部分之鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 的代表值(例如，算術平均值)、構成該芯塊相向端面的一部分之鋼板相向端面的長度 L 的代表值(例如，算術平均值)，分別作為式(3)的 n 、 L 來使用。

【0075】 亦可用電腦來進行鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 之計算、與鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 是否滿足式(3)之判定當中的至少一者。在此情況下，亦可例如將包含鋼板的鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 、與該鋼板相向端面的長度 L 之資訊輸入至電腦。又，亦可藉由人來進行鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 之計算、與鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 是否滿足式(3)之判定當中的至少一者。

【0076】 在鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 不滿足式(3)的情況下，可例如再次進行步驟S501。再者，在此情況下，在步驟S501中僅製造不滿足式(3)之鋼板。

【0077】 在全部的芯塊相向端面111a~111p中，鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 均已滿足式(3)的情況下，即在步驟S504中，進行第1粗糙度測定工序。在第1粗糙度測定工序中，是計算(測定)已在步驟S502中切斷之鋼

板的面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 。在本實施形態中，首先，是在面內方向測定位置(虛擬直線301a~301e的位置)上測定已在步驟S502中切斷之鋼板的粗糙度曲線。然後，依據在面內方向測定位置上之粗糙度曲線，來計算面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 。面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 的計算是例如在構成芯塊110a~110e之全部的鋼板中進行。面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 之計算亦可利用電腦來進行。又，面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 之計算亦可由人來進行。

【0078】 其次，在步驟S505中，進行第2粗糙度測定工序。在第2粗糙度測定工序中，是計算(測定)具有面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 的測定對象的鋼板之芯塊的芯塊相向端面的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 。在本實施形態中，首先，是從在步驟S502中所切斷之鋼板中，取出構成某一個芯塊之全部的鋼板。並且，在積層方向測定位置(虛擬直線201a~201p上之位置)上測定構成該芯塊之鋼板的粗糙度曲線。然後，依據在積層方向測定位置上之粗糙度曲線，來計算積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 。積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的計算是例如在構成積層鐵心100之全部的芯塊110a~110e的全部芯塊相向端面111a~111p上進行。積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 之計算亦可利用電腦來進行。又，積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 之計算亦可由人來進行。

【0079】 其次，在步驟S506中進行粗糙度調整工序。在粗糙度調整工序中，是在成對的芯塊相向端面的各個中進行是否滿足式(1)(較佳的是進而滿足式(2))之判定、與不滿足式(1)(較佳的是進而不滿足式(2))之芯塊相向端面的表面的粗糙度之調整。

【0080】 在本實施形態中，首先是使用對成對的芯塊相向端面(例如，成對的芯塊相向端面111a以及111i)所計算出(測定出)之面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 以及積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ ，來判定在該成對的芯塊相向端面的各個中是否滿足式(1)(較佳的是進而滿足式(2))。此判定是例如在芯塊110a~110e的全部

芯塊相向端面111a~111p上進行。又，此判定亦可利用電腦來進行。又，此判定亦可由人來進行。

【0081】 然後，調整不滿足式(1)(較佳的是進而不滿足式(2))之鋼板相向端面的粗糙度。鋼板的端面的粗糙度之調整是在例如芯塊110a~110e的全部的芯塊相向端面111a~111p當中，不滿足式(1)(較佳的是進而不滿足式(2))之芯塊相向端面的全部中進行。

【0082】 然後，在已如以上地進行而調整粗糙度之芯塊相向端面上，再次判定是否滿足式(1)(較佳的是進而滿足式(2))。可將是否滿足式(1)(較佳的是進而滿足式(2))之判定、與鋼板的端面的粗糙度之調整，重複進行到不滿足式(1)(較佳的是進而不滿足式(2))之芯塊相向端面消失為止。

【0083】 如以上，在本實施形態中，是在至少一個成對的芯塊相向端面(例如，成對的芯塊相向端面111a以及111i)的各個中，設成滿足 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ 。從而，可以提供一種即便不使用和鋼板不同的材料也可以抑制振動之積層鐵心。又，若將 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ 設為 $6 \leq Ra(D)/Ra(S) \leq 8$ ，就可以更加確實地提高積層鐵心100的噪音之抑制效果。

【0084】 又，在本實施形態中，在至少一個成對的芯塊相向端面(例如，芯塊相向端面111a以及111i)當中的至少一者中，將鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 設為0.5以下。從而，可以更加抑制積層鐵心的振動。

【0085】 另外，以上所說明的本發明的實施形態均只是用來顯示實施本發明時的具體化的例子，並不是要藉由這些實施形態來限定地解釋本發明的技術範圍。亦即，本發明可以在不脫離其技術思想或其主要特徵的情形下，以各種形式來實施。

[實施例]

【0086】 以下，說明本發明的實施例。再者，本發明不限定於本實施例。

亦即，本實施例所示之各種條件，是為了確認本發明的可實施性以及效果等而採用之條件例。從而，本發明並不限定於在本實施例所示之條件例。又，本發明只要不脫離本發明的要旨，且能達成本發明之目的，可採用各種條件。

【0087】 (方向性電磁鋼板)

使用具有表1所示之化學組成之鋼種A~E的扁胚來分別製造出單方向性電磁鋼板。表1所示之值的單位為質量%。又，各扁胚的剩餘部分(表1所示之化學成分以外的化學成分)為Fe。

【0088】 [表1]

鋼種	扁胚									
	C	Si	Mn	S	Al	N	Cu	Bi	B	Nb
A	0.070	3.26	0.07	0.025	0.026	0.008	0.07	—	—	—
B	0.070	3.26	0.07	0.025	0.026	0.008	0.07	—	—	0.007
C	0.070	3.26	0.07	0.025	0.025	0.008	0.07	0.002	—	—
D	0.060	3.45	0.10	0.006	0.027	0.008	0.20	—	—	0.005
E	0.060	3.45	0.10	0.006	0.027	0.008	0.20	—	0.002	—

【0089】 使用鋼種A~E的扁胚，以表2所示之製造工序以及製造條件製造出方向性電磁鋼板。

【0090】 [表2]

鋼種	熱軋延				熱軋板退火		冷軋延		脫碳退火		氮化處理			最終退火	
	加熱溫度	最終溫度	捲取溫度	板厚	溫度	時間	板厚	冷軋率	溫度	時間	通板張力	通板張力	氮化量	溫度	時間
	℃	℃	℃	mm	℃	s	mm	%	℃	s	N/mm ²	N/mm ²	ppm	℃	h r
A	1150	880	650	2.3	1150	180	0.23	90.0	850	180	4.5~5.5	4.5~5.5	80	950	20
B	1150	880	650	2.3	1150	180	0.23	90.0	850	180	4.5~5.5	4.5~5.5	130	950	20
C	1150	880	650	2.3	1150	180	0.23	90.0	850	180	4.5~5.5	4.5~5.5	250	1100	20
D	1150	880	650	2.3	1150	180	0.23	90.0	850	180	4.5~5.5	4.5~5.5	250	1100	50
E	1150	880	650	2.3	1150	180	0.23	90.0	850	180	4.5~5.5	4.5~5.5	250	1100	200

【0091】 如表2所示，以表2所示之製造條件依序實施了熱軋延工序、熱軋板退火工序、冷軋延工序、脫碳退火工序、氮化處理(氮化退火)工序、最終退火工序。

【0092】 在本實施例中，對於脫碳退火後的冷軋鋼板，是在氫-氮-氨的混

合氣體環境下施行了氮化處理(氮化退火)。根據氮氮化來調整氮的流量，藉此調整氮化量。此外，於冷軋鋼板塗佈主成分採氧化鎂(magnesia)或氧化鋁之退火分離劑，並執行最終退火。使用包含主成分之成分的混合比例不同的複數種退火分離劑，來作為退火分離劑。又，調整最終退火時的退火溫度、與在退火溫度下的保持時間。在本實施例中，是藉由氮化處理中的氮化量、與最終退火時的退火溫度以及保持時間，來控制最終退火後的鋼板的結晶粒徑。

【0093】 將絕緣被膜塗佈溶液塗佈在已形成於最終退火後的鋼板的表面之一次被膜上。使用以磷酸鹽與膠態二氧化矽為主成分之溶液且為含有鉻之溶液，來作為絕緣被膜塗佈溶液。藉由對塗佈有絕緣被膜塗佈溶液之鋼板進行熱處理，來形成絕緣被膜。在本實施例中，如以上地進行而分別從鋼種A~E的扁胚製造出單方向性電磁鋼板。在以下的說明中，因應於需要而將從鋼種A~E的扁胚所製造出之單方向性電磁鋼板稱為鋼種A~E之鋼板。

【0094】 (積層鐵心)

以鋼種A的鋼板為素材，製造出具有圖1所示之形狀的積層鐵心100。本發明的發明人們得到了如下之知識見解：在式(1)所示之 $Ra(D)/Ra(S)$ 與空隙具有正比例的關係。在本實施例中，依據此知識見解，在為了得到芯塊110a~110e的平面形狀而將鋼種A的鋼板切斷時，可藉由控制剪切機的上下的刀刃的空隙，來調整鋼種A之鋼板的端面的粗糙度。將具有芯塊110a~110e的平面形狀之鋼種A的鋼板積層來製造出各芯塊110a~110e。此時，作為芯塊110a~110e的組合，而製造出芯塊相向端面111a~111p的粗糙度互相不同之複數組芯塊110a~110e。針對鋼種B~E的鋼板也是同樣地進行而分別製造出複數組芯塊110a~110e。

【0095】 在以下的說明中，因應於需要而將從鋼種A~E之鋼板所製造出之芯塊稱為鋼種A~E之芯塊。又，在以下的說明中，因應於需要，而將芯塊110a、芯塊110b、芯塊110c、芯塊110d、芯塊110e稱為上芯塊110a、下芯塊

110b、左芯塊110c、中央芯塊110d、右芯塊110e。

【0096】 將從相同的鋼種的鋼板所製造出之芯塊110a~110e相組合而製造出積層鐵心100。在以下的說明中，因應於需要，而將如此進行而製造出之積層鐵心100稱為鋼種A~E之積層鐵心100。又，將左芯塊110c、中央芯塊110d以及右芯塊110e、與上芯塊110a以及下芯塊110b設成從不同的鋼種的鋼板所製造出之芯塊，並組合芯塊110a~110e來製造出積層鐵心100。具體而言，是製造出鋼種A、B之積層鐵心100、鋼種A、D之積層鐵心100、鋼種B、C之積層鐵心100、與鋼種B、E之積層鐵心100。鋼種A、B之積層鐵心100是左芯塊110c、中央芯塊110d以及右芯塊110e為鋼種A，且上芯塊110a以及下芯塊110b為鋼種B之積層鐵心。鋼種A、D之積層鐵心100是左芯塊110c、中央芯塊110d以及右芯塊110e為鋼種A，且上芯塊110a以及下芯塊110b為鋼種D之積層鐵心。鋼種B、C之積層鐵心100是左芯塊110c、中央芯塊110d以及右芯塊110e為鋼種B，且上芯塊110a以及下芯塊110b為鋼種C之積層鐵心。鋼種B、E之積層鐵心100是左芯塊110c、中央芯塊110d以及右芯塊110e為鋼種E，且上芯塊110a以及下芯塊110b為鋼種B之積層鐵心。

【0097】 積層鐵心100的寬度(y軸方向的長度)、高度(x軸方向的長度)、厚度(z軸方向的長度)分別為750mm、750mm、約41mm。又，上芯塊110a以及下芯塊110b的寬度(x軸方向的長度)、左芯塊110c、中央芯塊110d以及右芯塊110e的寬度(y軸方向的長度)為150mm。

【0098】 (評估方法)

以卡尺測定具有芯塊110a~110e的平面形狀的鋼種A~E之鋼板的鋼板相向端面的長度L(L1~L15)。又，以5%硝太蝕劑溶液對該鋼板的鋼板相向端面(剪切面)進行100秒鐘~300秒鐘的腐蝕。之後，藉由以奧林巴斯股份有限公司製之工業用顯微鏡BX53M來觀察該鋼板相向端面，以計數存在於該鋼板相向端面之晶粒界

的數量。並且，對已計數之數量加上1，來計算該鋼板相向端面上之晶粒的數量 n 。從相同的鋼板所得到之鋼板相向端面的長度 L 、與鋼板相向端面上之晶粒的數量 n ，計算出鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 。針對構成芯塊110a~芯塊110e之全部的鋼板，個別地計算出鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 。並且，按芯塊相向端面111a~111p的每一者，來計算出鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 的算術平均值。將在一個芯塊相向端面上所計算出之鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 的算術平均值，當作該芯塊相向端面中的鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 。

【0099】 又，針對如前述地進行而製造出之各積層鐵心100(鋼種A~E之積層鐵心100、鋼種A、B之積層鐵心、鋼種A、D之積層鐵心100、鋼種B、C之積層鐵心100、鋼種B、E之積層鐵心)的各個，依循JIS B 0601：2013來計算出積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 以及面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 。

【0100】 針對各積層鐵心100的各芯塊相向端面111a~111p，將構成該芯塊相向端面之複數個鋼板一片一片地拔下，並在已拔下之鋼板的積層方向測定位置(虛擬直線201a~201p上之位置)上，使用基恩斯股份有限公司製之一鍵式表面3D輪廓量測儀(型號：VR-6000)來測定積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 。並且，將從構成相同的芯塊相向端面之複數個鋼板所計算出之該芯塊相向端面的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 的算術平均值，計算為該芯塊相向端面的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 。

【0101】 又，針對各積層鐵心100的各芯塊相向端面111a~111p，將構成該芯塊相向端面之複數個鋼板一片一片地拔下，在已拔下之鋼板的面內方向測定位置(虛擬直線301a~301e上之位置)，使用基恩斯股份有限公司製之一鍵式表面3D輪廓量測儀(型號：VR-6000)來測定面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 。並且，將從構成相同的芯塊相向端面之複數個鋼板所計算出之該芯塊相向端面的面內方向

表面粗糙度 $Ra(S)$ 的算術平均值，計算為該芯塊相向端面的面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ 。

【0102】 然後，從相同的芯塊相向端面中的積層方向表面粗糙度 $Ra(D)$ 以及面內方向表面粗糙度 $Ra(S)$ ，計算出該芯塊相向端面的 $Ra(D)/Ra(S)$ 。對如前述地進行而製造出之全部的積層鐵心100的全部芯塊相向端面111a~111p進行像這樣的 $Ra(D)/Ra(S)$ 之計算。

【0103】 測定各積層鐵心100(鋼種A~E之積層鐵心100、鋼種A、B之積層鐵心、鋼種A、D之積層鐵心100、鋼種B、C之積層鐵心100、鋼種B、E之積層鐵心)的噪音。具體而言，是在背景噪音為16dBA之消音室內，將噪音計設置在距離積層鐵心100的表面0.3m之位置。使用A特性來作為聽覺校正，並藉由該噪音計來測定積層鐵心100的噪音。此時，以激磁頻率=50Hz、積層鐵心100內的磁通密度=1.7T之激磁條件來將積層鐵心100激磁。於表3以及表4顯示如此進行而得到之各積層鐵心100的 n/L 、 $Ra(D)/Ra(S)$ 、噪音之值。在表1中，111a~111p是表示圖1、圖2A~圖2E、圖3A~圖3E以及圖4A~圖4E所示之芯塊相向端面111a~111p。

【0104】 [表3]

編號	鋼種	n/L (個/mm)	Ra(D)/Ra(S)																噪音 (dBA)
			111i	111a	111j	111f	111m	111c	111n	111d	111p	111h	111o	111g	111k	111e	111l	111b	
1	A	<u>0.83</u>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	58
2	A	<u>0.83</u>	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	54
3	A	<u>0.83</u>	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	51
4	A	<u>0.83</u>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	48
5	A	<u>0.83</u>	12	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	53
6	A	<u>0.83</u>	12	12	12	12	12	12	12	12	1	1	1	1	1	1	1	1	48
7	A	<u>0.83</u>	1	1	1	1	1	1	1	1	12	12	12	12	12	12	12	12	51
8	A	<u>0.83</u>	6	6	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	1	1	44
9	A	<u>0.83</u>	8	8	1	1	8	8	8	8	8	8	8	8	1	1	1	1	43
10	A	<u>0.83</u>	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	47
11	A	<u>0.83</u>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	43
12	A	<u>0.83</u>	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	42
13	A	<u>0.83</u>	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	48
14	A	<u>0.83</u>	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	58
15	A	<u>0.83</u>	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	57
16	A	<u>0.83</u>	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	1	1	1	1	51
17	A	<u>0.83</u>	1	1	1	1	7	7	1	1	1	1	7	7	1	1	7	7	49
18	A	<u>0.83</u>	5	5	1	1	1	1	5	5	7	7	2	2	1	1	8	8	49
19	A	<u>0.83</u>	6	6	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	6	6	1	1	49
20	A	<u>0.83</u>	1	1	8	7	6	6	1	1	8	8	1	1	1	1	4	12	49

【0105】 [表4]

編號	鋼種	n/L (個/mm)	Ra(D)/Ra(S)																噪音 (dBA)
			111i	111a	111j	111f	111m	111c	111n	111d	111p	111h	111o	111g	111k	111e	111l	111b	
21	B	0.50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	55
22	C	0.05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	55
23	D	0.02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	55
24	E	0.005	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	55
25	B	0.50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	44
26	C	0.05	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	41
27	D	0.02	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	39
28	E	0.01	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	33
29	B	0.50	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	39
30	C	0.05	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	36
31	D	0.02	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	29
32	E	0.01	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	24
33	B	0.50	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	45
34	C	0.05	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	41
35	D	0.02	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	40
36	E	0.01	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	32
37	B	0.50	12	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	50
38	C	0.05	12	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	46
39	D	0.02	12	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	43
40	E	0.01	12	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	41
41	B	0.50	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	50
42	C	0.05	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	46
43	D	0.02	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	43
44	E	0.01	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	41
45	A,B	0.83,0.50	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	51
46	A,D	0.83,0.02	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	49
47	B,C	0.50,0.05	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	46
48	B,E	0.50,0.01	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	44

【0106】 如表3以及表4所示，在相同種類的鋼種之積層鐵心100中，滿足 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ 之成對的芯塊相向端面111a以及111i、111b以及111l、111c以及111m、111d以及111n、111e以及111k、111f以及111j、111g以及111o、

111h以及111p的數量為1以上的情況，相較於0(零)的情況，噪音會更降低。亦即，關於鋼種A，編號2~13、16~20的噪音，比編號1、14~15的噪音降低。關於鋼種B，編號25、29、33、37、41的噪音，比編號21的噪音降低。關於鋼種C，編號26、30、34、38、42的噪音，比編號22的噪音降低。關於鋼種D，編號27、31、35、39、43的噪音，比編號23的噪音降低。關於鋼種E，編號28、32、36、40、44的噪音，比編號24的噪音降低。

【0107】又，在相同種類的鋼種的積層鐵心100中，若滿足 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ 之成對的芯塊相向端面的數量，為成對的芯塊相向端面的總數(在本實施例中為8(以表3以及表4之「 $Ra(D)/Ra(S)$ 」的欄位之數量計則為16))的1/2倍以上時，噪音的減低效果會變大。亦即，關於鋼種A，編號4、6、8~13、18、19~20的噪音，比編號2、3、5、7、16、17、19的噪音降低。關於鋼種B，編號25、29、33的噪音，比編號37、41的噪音降低。關於鋼種C，編號26、30、34的噪音，比編號38、42的噪音降低。關於鋼種D，編號27、31、35的噪音，比編號39、43的噪音降低。關於鋼種E，編號28、32、36的噪音，比編號40、44的噪音降低。

【0108】又，在相同種類的鋼種的積層鐵心100中，若具有滿足 $6 \leq Ra(D)/Ra(S) \leq 8$ 之成對的芯塊相向端面之處，噪音即更降低，若該數量為成對的芯塊相向端面的總數(在本實施例中為8(以表3以及表4的「 $Ra(D)/Ra(S)$ 」的欄位的數量計則為16))的1/2倍以上時，噪音的減低效果會變大。亦即，關於鋼種A，編號8、9、11、12、19、20的噪音，比編號2~7、10、13、16~18的噪音降低，且編號8、9、11、12的噪音比編號19、20的噪音降低。關於鋼種B，編號29的噪音比編號25、33、37、41的噪音降低。關於鋼種C，編號30的噪音比編號26、34、38、42的噪音降低。關於鋼種D，編號31的噪音比編號27、35、39、43的噪音降低。關於鋼種E，編號32的噪音比編號28、36、40、44的噪音

降低。

【0109】 又，若 $Ra(D)/Ra(S)$ 的條件相同，則為鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 為0.5以下之鋼種B~E的噪音，會比晶粒的數量 n/L 超過0.5之鋼種A的噪音更降低。亦即，編號25~28(鋼種B~E)的噪音，比編號4(鋼種A)的噪音降低。又，編號29~32(鋼種B~E)的噪音，比編號12(鋼種A)的噪音降低。又，編號33~36(鋼種B~E)的噪音，比編號13(鋼種A)的噪音降低。

【0110】 又，藉由選擇不同種類的鋼種的組合，可以實現以下情形：增加滿足 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ 之芯塊相向端面的數量、與增加鋼板相向端面上之每單位長度的晶粒的數量 n/L 為0.5以下之芯塊相向端面的數量，藉此，可以得到噪音的降低效果。亦即，編號45、46(鋼種A、B)的噪音，比編號2(鋼種A)的噪音降低。編號47(編號B、C)的噪音，比編號21(鋼種B)、22(鋼種C)的噪音降低。編號48(編號B、E)的噪音，比編號21(鋼種B)、26(鋼種E)的噪音降低。

產業上之可利用性

【0111】 本發明可以利用在例如具備鐵心之機器。

【符號說明】

100:積層鐵心

110a,110b,110c,110d,110e:芯塊

111a,111b,111c,111d,111e,111f,111g,111h,111i,111j,111k,111l,111m,111n,111o,111p:

芯塊相向端面

112a,112b,112c,112d,112e,112f,112g,112h,112i,112j,112k,112l,112m,112n,112o,

112p:芯塊相向端面的兩端的中心位置

113a,113b,113c,113d,113e,113f,113g,113h,113i,113j,113k,113l,113m,113n: 芯塊相向端面的兩端

201a,201b,201c,201d,201e,201f,201g,201h,201i,201j,201k,201l,201m,201n,201o

,201p,301a,301b,301c,301d,301e:虛擬直線

401a,401b,401c,401d,401e,401f,401g,401h,401i,401j,401k,401l,401m,401n,401o

,401p:晶粒群

CL:中心線

L,L1~L16:鋼板相向端面的長度(長度)

S501:步驟(鋼板製造工序)

S502:步驟(切斷工序)

S503:步驟(晶粒測定工序)

S504:步驟(第1粗糙度測定工序)

S505:步驟(第2粗糙度測定工序)

S506:步驟(粗糙度調整工序)

x,y,z:方向

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種積層鐵心，其特徵在於：具備複數個芯塊，前述複數個芯塊分別具有已積層之複數個鋼板，

前述複數個芯塊具有芯塊相向端面，

前述芯塊相向端面是在前述芯塊的端面當中，位於和其他的前述芯塊相互地相向之位置的端面，

在至少一個成對的前述芯塊相向端面的各個中，滿足以下之式(A)，

且前述成對的芯塊相向端面為配置在相互相向之位置的二個前述芯塊相向端面，

$$1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12 \cdots (A)$$

在此，Ra(D)是前述芯塊相向端面的在前述鋼板的積層方向上之表面粗糙度Ra(μm)，Ra(S)是具有構成該芯塊相向端面的一部分的端面之前述鋼板的板面的在流動於該鋼板之主磁通的方向或該鋼板的軋延方向上之表面粗糙度Ra(μm)。

【請求項2】 如請求項1之積層鐵心，其中在前述至少一個成對的芯塊相向端面的各個中，滿足以下之式(B)，

$$6 \leq Ra(D)/Ra(S) \leq 8 \cdots (B)$$

【請求項3】 如請求項1或2之積層鐵心，其中在前述至少一個成對的芯塊相向端面當中的至少一個前述芯塊相向端面中，滿足以下之式(C)，

$$n/L \leq 0.5 \cdots (C)$$

在此，n是在構成前述芯塊相向端面的一部分之前述鋼板中存在之晶粒當中，以該端面作為邊界之晶粒的數量(個)，L是該端面的長度(mm)。

【請求項4】 一種積層鐵心的製造方法，是具備有複數個芯塊之積層鐵心的製造方法，前述複數個芯塊分別具有已積層之複數個鋼板，前述積層鐵心的

製造方法具備以下工序：

切斷工序，切斷鋼板；

第1粗糙度測定工序，測定在前述切斷工序中已被切斷之鋼板的板面的表面粗糙度 $Ra(S)$ (μm)；

第2粗糙度測定工序，測定具有前述表面粗糙度 $Ra(S)$ 的測定對象的前述鋼板之前述芯塊的芯塊相向端面的表面粗糙度 $Ra(D)$ (μm)；及

粗糙度調整工序，在藉由前述第2粗糙度測定工序所測定出之表面粗糙度 $Ra(D)$ 對藉由前述第1粗糙度測定工序所測定出之 $Ra(S)$ 的比值 $Ra(D)/Ra(S)$ 為不滿足 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ 的情況下，調整前述芯塊相向端面的表面粗糙度，

前述表面粗糙度 $Ra(S)$ 是在前述積層鐵心已被激磁的情況下流動於前述鋼板之主磁通的方向上的表面粗糙度 Ra (μm)、或在前述鋼板的軋延方向上的表面粗糙度 Ra (μm)，

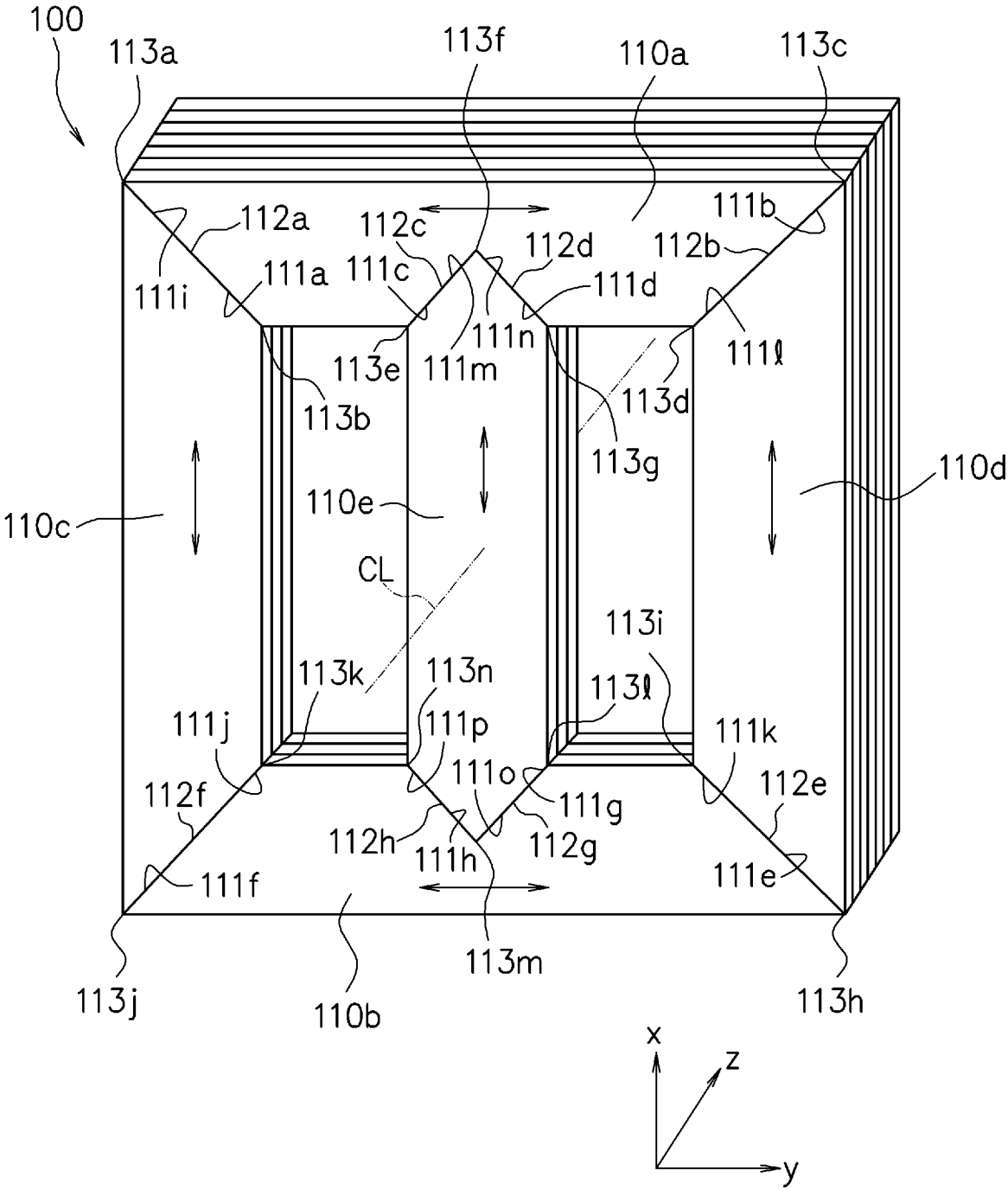
前述表面粗糙度 $Ra(D)$ 是在前述鋼板的積層方向上的表面粗糙度 Ra (μm)，

前述芯塊相向端面是在前述芯塊的端面當中於前述積層鐵心中位於和其他的前述芯塊相互相向之位置的端面，

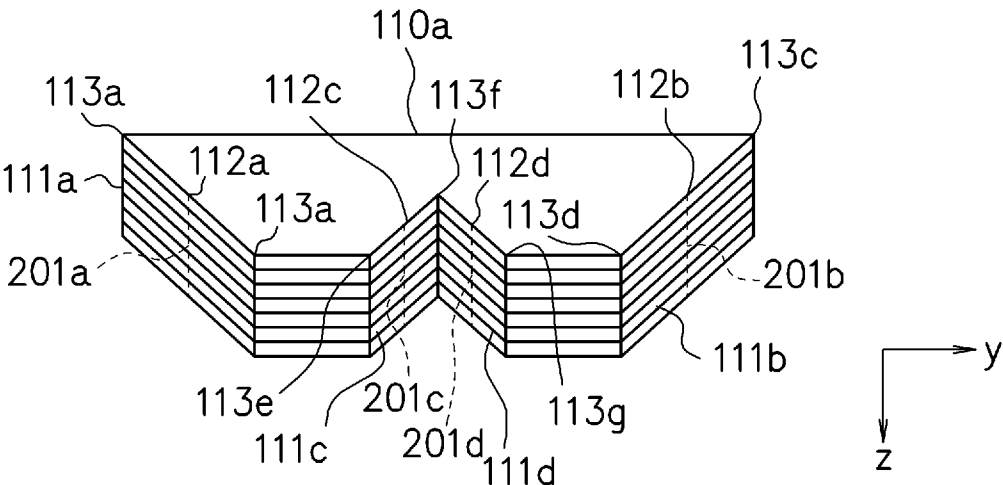
在前述粗糙度調整工序中，是將前述芯塊相向端面的表面粗糙度調整成：在至少一個成對的前述芯塊相向端面的各個中，滿足 $1 < Ra(D)/Ra(S) \leq 12$ ，

前述成對的芯塊相向端面為配置在相互相向之位置的二個前述芯塊相向端面。

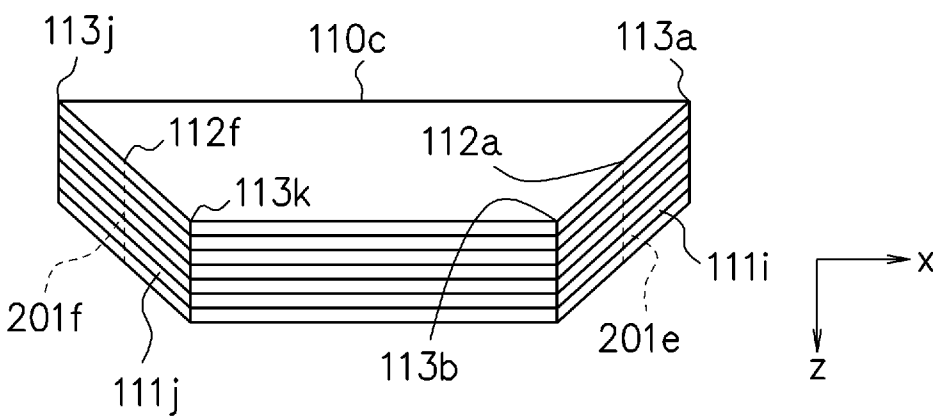
【發明圖式】



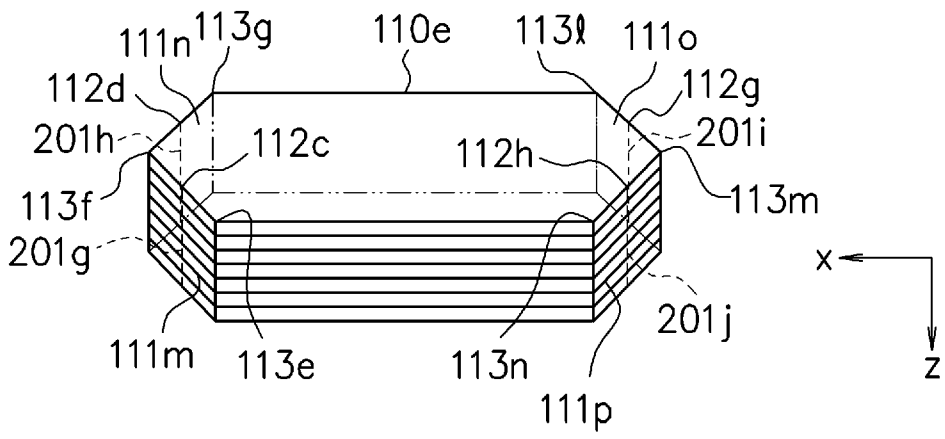
【圖1】



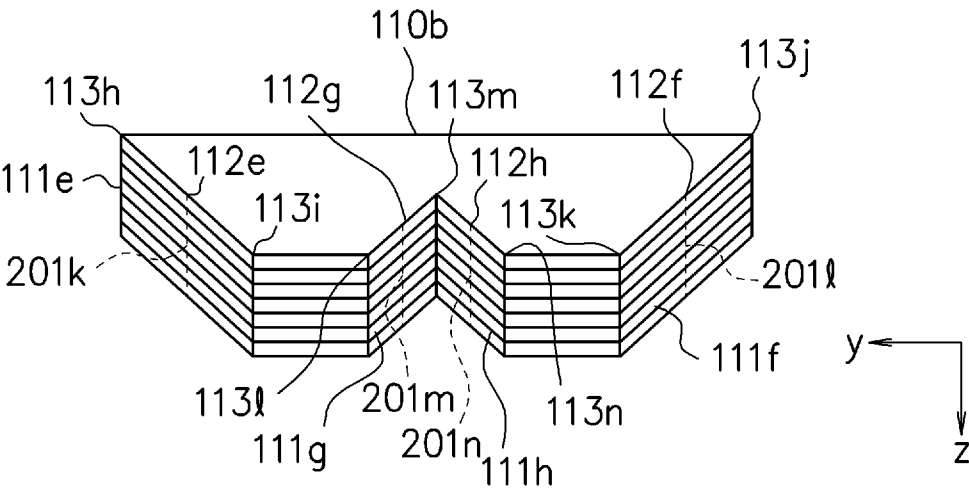
【圖2A】



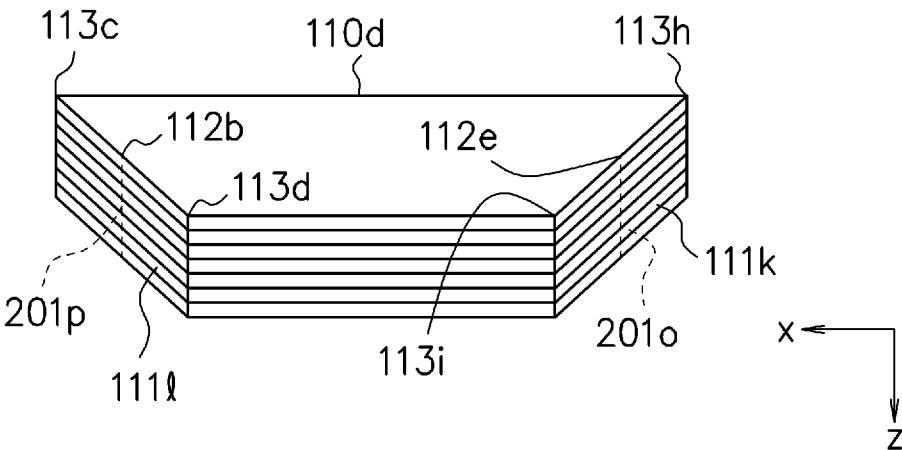
【圖2B】



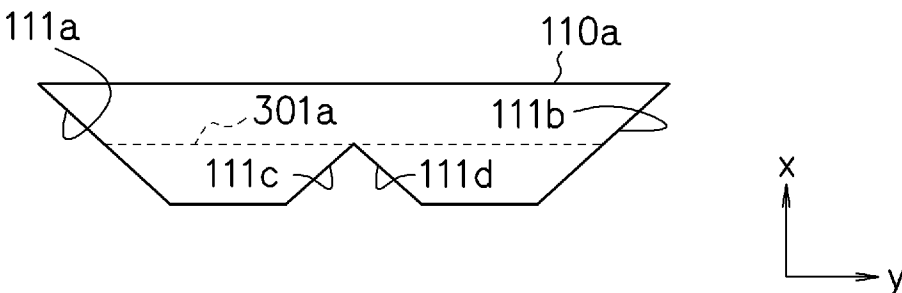
【圖2C】



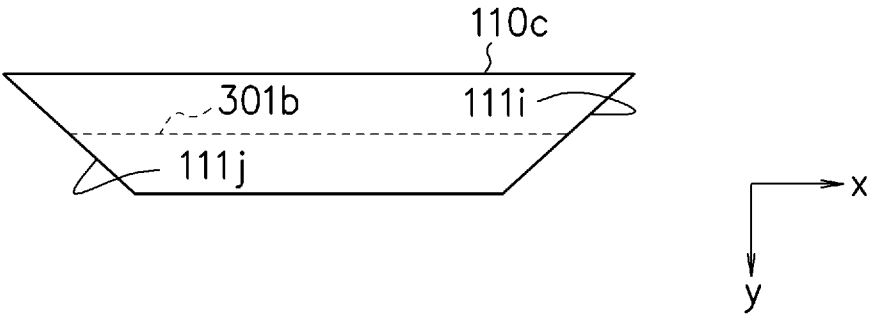
【圖2D】



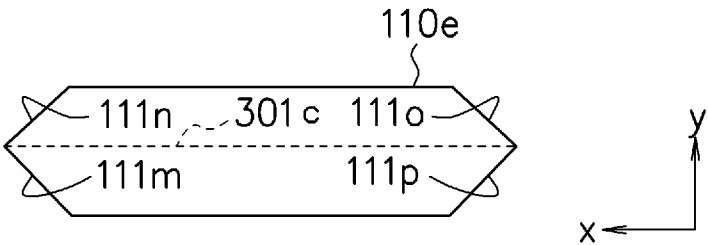
【圖2E】



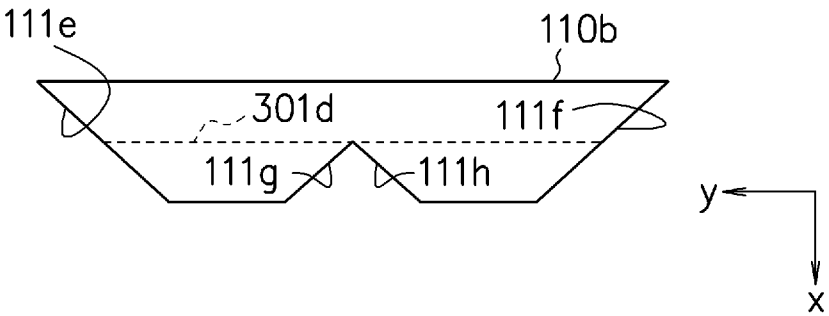
【圖3A】



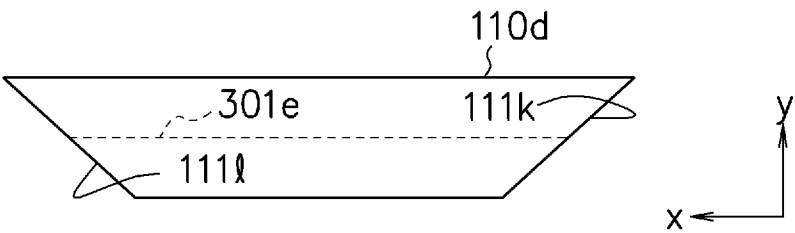
【圖3B】



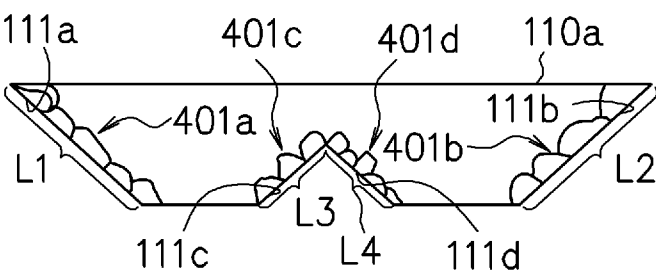
【圖3C】



【圖3D】



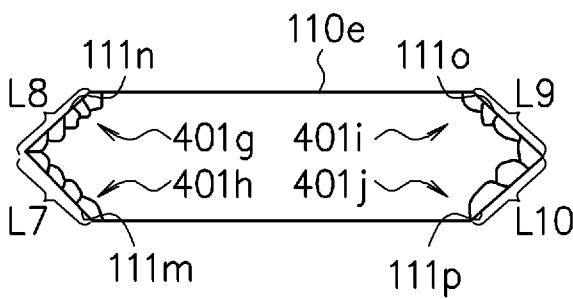
【圖3E】



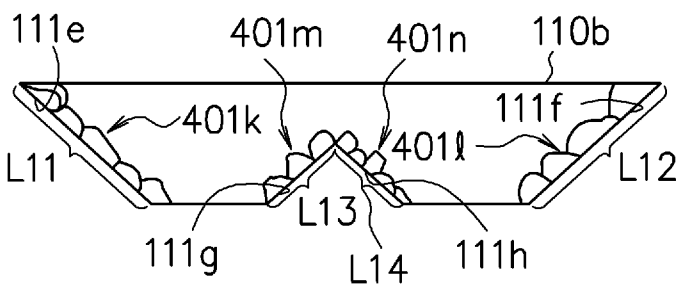
【圖4A】



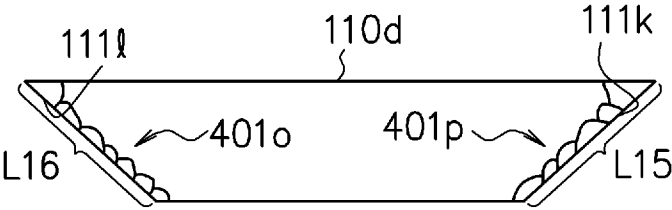
【圖4B】



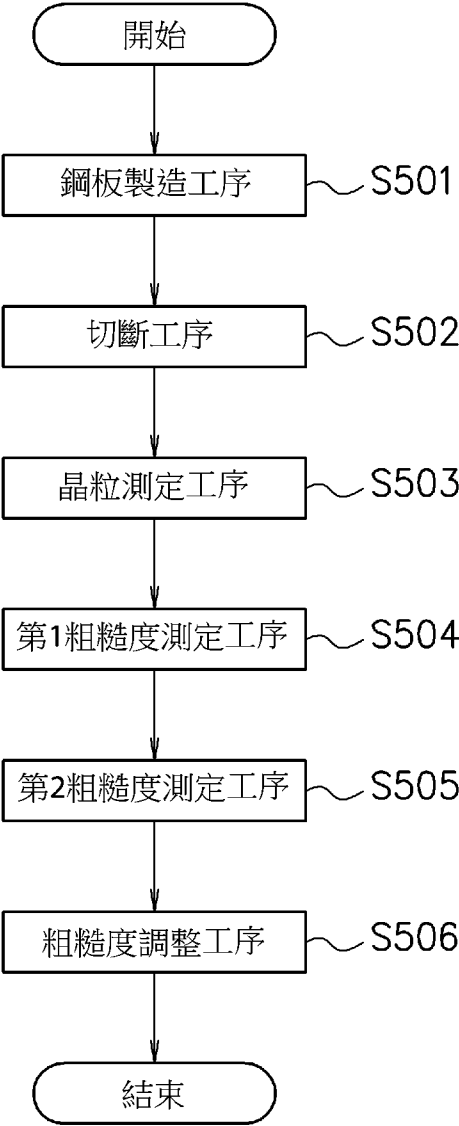
【圖4C】



【圖4D】



【圖4E】



【圖5】