



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201401728 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：102118113 (22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 22 日

(51)Int. Cl. : **H02K1/27 (2006.01)** **H02K15/03 (2006.01)**
 H01F41/02 (2006.01) **H01F1/057 (2006.01)**

(30)優先權：2012/05/22 日本 2012-116710

(71)申請人：日東電工股份有限公司 (日本) NITTO DENKO CORPORATION (JP)
 日本
 豐田自動車股份有限公司 (日本) TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (JP)
 日本

(72)發明人：尾關出光 OZEKI, IZUMI (JP)；久米克也 KUME, KATSUYA (JP)；奧野利昭
 OKUNO, TOSHIAKI (JP)；大牟禮智弘 OMURE, TOMOHIRO (JP)；尾崎孝志
 OZAKI, TAKASHI (JP)；太白啓介 TAIHAKU, KEISUKE (JP)；山本貴士
 YAMAMOTO, TAKASHI (JP)；金田敬右 KANADA, KEIU (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：32 項 圖式數：31 共 71 頁

(54)名稱

永久磁石馬達、永久磁石馬達之製造方法及永久磁石

(57)摘要

本發明提供一種藉由組合使用規格形狀之永久磁石而使製造效率飛躍性上升之永久磁石馬達、永久磁石馬達之製造方法及永久磁石。本發明將收納在形成於永久磁石馬達 1 之轉子鐵芯 7 之切槽 9 中之永久磁石 4，藉由組合複數個具有特定之規格形狀之永久磁石即規格磁石 10 而構成，且以將切槽 9 之形狀設計成與組合有複數個規格磁石 10 之形狀對應之形狀之方式構成。

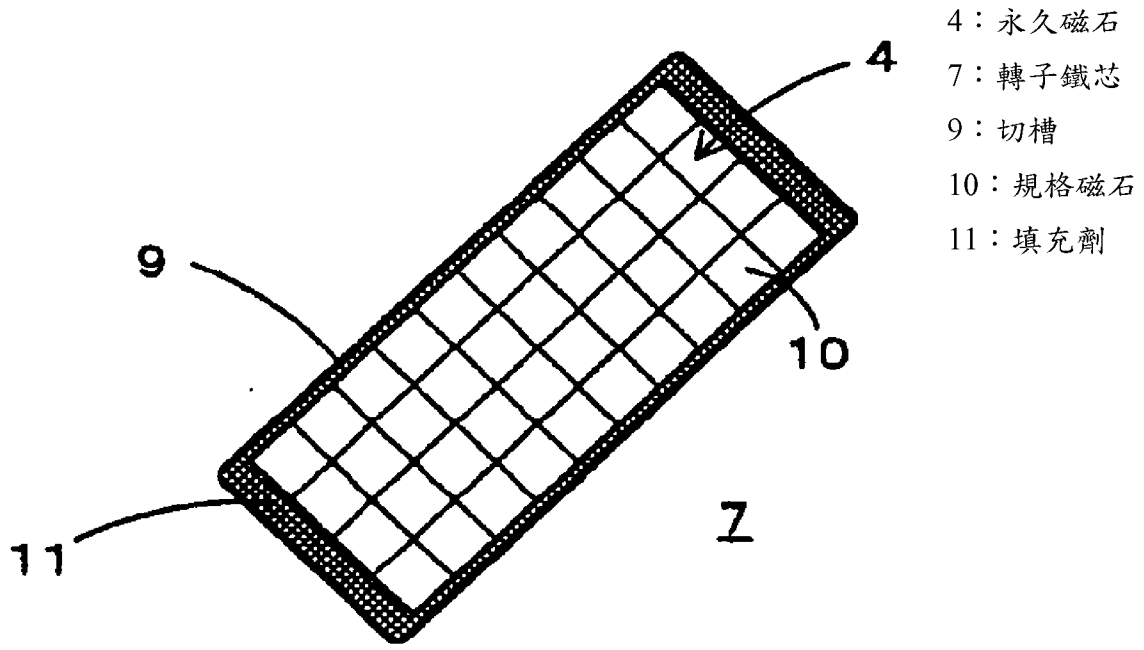


圖2



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201401728 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：102118113 (22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 22 日

(51)Int. Cl. : *H02K1/27 (2006.01)* *H02K15/03 (2006.01)*
 H01F41/02 (2006.01) *H01F1/057 (2006.01)*

(30)優先權：2012/05/22 日本 2012-116710

(71)申請人：日東電工股份有限公司 (日本) NITTO DENKO CORPORATION (JP)
 日本
 豐田自動車股份有限公司 (日本) TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (JP)
 日本

(72)發明人：尾關出光 OZEKI, IZUMI (JP)；久米克也 KUME, KATSUYA (JP)；奧野利昭
 OKUNO, TOSHIAKI (JP)；大牟禮智弘 OMURE, TOMOHIRO (JP)；尾崎孝志
 OZAKI, TAKASHI (JP)；太白啓介 TAIHAKU, KEISUKE (JP)；山本貴士
 YAMAMOTO, TAKASHI (JP)；金田敬右 KANADA, KEIU (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：32 項 圖式數：31 共 71 頁

(54)名稱

永久磁石馬達、永久磁石馬達之製造方法及永久磁石

(57)摘要

本發明提供一種藉由組合使用規格形狀之永久磁石而使製造效率飛躍性上升之永久磁石馬達、永久磁石馬達之製造方法及永久磁石。本發明將收納在形成於永久磁石馬達 1 之轉子鐵芯 7 之切槽 9 中之永久磁石 4，藉由組合複數個具有特定之規格形狀之永久磁石即規格磁石 10 而構成，且以將切槽 9 之形狀設計成與組合有複數個規格磁石 10 之形狀對應之形狀之方式構成。

發明摘要

※ 申請案號： 102118113

※ 申請日： 102.5.22

※IPC 分類：H02K 1/27 (2006.01)
 H02K 15/03 (2006.01)
 H01F 41/02 (2006.01)
 H01F 1/057 (2006.01)

【發明名稱】

永久磁石馬達、永久磁石馬達之製造方法及永久磁石

【中文】

本發明提供一種藉由組合使用規格形狀之永久磁石而使製造效率飛躍性上升之永久磁石馬達、永久磁石馬達之製造方法及永久磁石。本發明將收納在形成於永久磁石馬達1之轉子鐵芯7之切槽9中之永久磁石4，藉由組合複數個具有特定之規格形狀之永久磁石即規格磁石10而構成，且以將切槽9之形狀設計成與組合有複數個規格磁石10之形狀對應之形狀之方式構成。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(2)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

4 永久磁石

7 轉子鐵芯

9 切槽

10 規格磁石

11 填充劑

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

永久磁石馬達、永久磁石馬達之製造方法及永久磁石

【技術領域】

本發明係關於一種永久磁石馬達、永久磁石馬達之製造方法及收納於永久磁石馬達之永久磁石。

【先前技術】

近年來，在使用於混合動力汽車或硬碟驅動等之永久磁石馬達中，要求小型輕量化、高輸出化、高效率化。作為如此之永久磁石馬達，有將永久磁石設置於轉子(Rotor)之旋轉磁場型之馬達、或將永久磁石設置於定子(Stator)之旋轉電樞型之馬達等。尤其，將永久磁石嵌入轉子內部而形成之磁石嵌入型馬達(IPM馬達)，由於除了起因於線圈與永久磁石之吸引力/斥力之電磁轉矩之外可獲得磁阻轉矩，故使用於要求高輸出性能之混合動力汽車、電動汽車之驅動用馬達等。

又，在如此之IPM馬達中，為防止由例如渦電流之產生而引起之磁石性能之降低，進行將嵌入轉子之永久磁石分割為複數個小型之磁石而構成(例如日本特開2009-142091號公報、日本特開2009-44819號公報)。又，尤其在日本特開2009-44819號公報中，提出如下方法：即使為分割構成永久磁石之情形，為不使馬達之製造效率降低，仍在將永久磁石嵌入轉子後進行分割。

另一方面，在日本特開2006-261433號公報中，提出如下技術：並非以單一性能之永久磁石構成嵌入轉子之永久磁石，而是由複合有性能不同之複數種磁石之複合磁石構成，藉此謀求製造成本之減少。

先前技術文獻

專利文獻

專利文獻1：日本特開2009-142091號公報(第9頁~第10頁，圖6)

專利文獻2：日本特開2009-44819號公報(第6頁，圖1~圖3)

專利文獻3：日本特開2006-261433號公報(第7頁~第8頁，圖2)

【發明內容】

發明所欲解決之問題

如上述專利文獻1~3中記載之IPM馬達般，在於構成馬達之轉子(Rotor)或定子(Stator)中嵌入永久磁石之類型之永久磁石馬達中，係藉由形成用以將永久磁石收納於轉子或定子之切槽(收納部)，另一方面，另外準備加工成對應切槽之形狀之永久磁石，並將所準備之永久磁石收納於切槽而構成。

此處，形成於永久磁石馬達之切槽之形狀係根據馬達之尺寸、規格、形式等而各種各樣。因此，先前首先對永久磁石馬達設計符合規格等之合適之切槽之形狀後，製造與該切槽之形狀對應之形狀之永久磁石。即，必須對每個作為進行收納之對象之永久磁石馬達製造不同形狀之永久磁石，從而製造效率非常差。又，雖可藉由預先大量生產較大尺寸之永久磁石，其後修正加工成所需之形狀而製造各種形狀之永久磁石，但該情形時會導致永久磁石之製造工序增加，且良率降低。

又，在專利文獻1所記載之IPM馬達中，雖記載有將永久磁石分割而構成，但在專利文獻1所記載之技術中，為預先製造與切槽之形狀對應之形狀之永久磁石後，將該永久磁石分割成複數個，而收納於切槽之構成。因此，無法解決必須對每個作為進行收納之對象之永久磁石馬達製造不同形狀之永久磁石之問題點。

又，在專利文獻2所記載之IPM馬達中，由於將永久磁石在收納於切槽後進行分割，故與專利文獻1相同，必須預先製造與切槽之形

狀對應之形狀之永久磁石。因此，無法解決必須對每個作為進行收納之對象之永久磁石馬達製造不同形狀之永久磁石之問題點。

又，在專利文獻3所記載之IPM馬達中，如專利文獻3之段落(0045)及圖2所示，以成為將磁石性能不同之磁石分別配置於內側部與外側部之2層式之永久磁石之方式，藉由對磁石粉末進行壓粉成形而製造永久磁石。即，在專利文獻3所記載之技術中，亦與專利文獻1、2相同，必須預先製造與切槽之形狀對應之形狀之永久磁石。因此，無法解決必須對每個作為進行收納之對象之永久磁石馬達製造不同形狀之永久磁石之問題點。

本發明係為解決上述先前之問題點而完成者，目的在於提供一種永久磁石馬達、永久磁石馬達之製造方法及收納於永久磁石馬達之永久磁石，該永久磁石馬達係藉由組合複數個具有特定之規格形狀之永久磁石(規格磁石)構成收納於永久磁石馬達之收納部之永久磁石，且將收納部之形狀設計成與組合複數個規格磁石之形狀對應之形狀，藉此可利用具有相同形狀之規格磁石之組合而形成與各種種類之永久磁石馬達對應之永久磁石，且由於無須對每個永久磁石馬達製造不同形狀之永久磁石，故使製造效率飛躍性上升。

解決問題之技術手段

為達成上述目的，本發明之永久磁石馬達之特徵為，其係於形成於定子或可動件之收納部中收納永久磁石之永久磁石型馬達，且將上述收納部設計成與組合有複數個具有特定之規格形狀之永久磁石即規格磁石之形狀對應之形狀，將複數個上述規格磁石組合並收納於上述收納部內。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，其存在磁性性能不同之複數種上述規格磁石。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，其藉由頑磁性與殘留磁 S

通密度之組合而規定上述磁性性能。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，其係在上述永久磁石馬達內磁通密度之變化越大之位置，配置頑磁性越高之上述規格磁石。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，其在組合上述規格磁石之情形時，以位於外側之上述規格磁石與位於內側之上述規格磁石相比頑磁性更高之上述規格磁石之方式進行組合。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述規格磁石根據每種磁性性能而具有不同之顏色。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，其存在尺寸不同之複數種上述規格磁石。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，其係在上述永久磁石馬達內磁通密度之變化越大之位置，配置越小尺寸之上述規格磁石。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，其在組合上述規格磁石之情形時，以位於外側之上述規格磁石與位於內側之上述規格磁石相比具有更小之尺寸之上述規格磁石之方式進行組合。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述規格磁石為各向異性磁石，且將複數個上述規格磁石以各規格磁石之C軸向為相同方向之方式組合並收納於上述收納部。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述規格磁石為各向異性磁石，且以將組合並收納於上述收納部之複數個上述規格磁石以霍爾巴赫排列磁化之方式，將各規格磁石之C軸向連續變更而加以組合。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，其係在組合複數個上述規格磁石並收納於上述收納部後，平行於各規格磁石之C軸向地施加磁場而進行磁化。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述規格磁石在C軸向與

他軸向上具有不同之形狀。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述規格磁石將C軸向之長度設為較其他軸向之長度更短或更長。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述規格磁石具有將C軸向作為高度方向之柱體形狀。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述規格磁石為長方體，且C軸向之邊之長度較其他邊之長度更短或更長。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述規格磁石在與C軸向正交之一面上形成扣合部，且於另一面上形成與上述扣合部扣合之被扣合部。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，於組合時相鄰之上述規格磁石之邊界上形成絕緣層。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，於相對於上述永久磁石馬達內產生之磁場之朝向平行之上述邊界形成上述絕緣層。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，將形成上述收納部之外緣部之形狀成為與上述規格磁石之形狀對應之形狀。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述收納部相對於上述規格磁石之收納方向具有扇型形狀之剖面，且在組合上述規格磁石之情形時，根據上述扇型形狀而設定相鄰之上述規格磁石彼此之位置關係。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，在組合複數個上述規格磁石而形成對應上述收納部之形狀之狀態下，將該組合之複數個上述規格磁石相互固定，並將上述固定之複數個上述規格磁石收納於上述收納部。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，在組合時相鄰之上述規格磁石之邊界配置絕緣層，且介隔上述絕緣層而將該相鄰之上述規格

磁石相互固定。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，藉由將複數個上述規格磁石依次收納於上述收納部而組合成對應上述收納部之形狀。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，對組合前之上述規格磁石進行第1階段之磁化，將已進行上述第1階段之磁化之複數個上述規格磁石組合並收納於上述收納部內，且對收納於上述收納部內之上述規格磁石進行第2階段之磁化。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，其係藉由於上述收納部中填充填充劑，而將收納於上述收納部之複數個上述規格磁石對上述收納部固定。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述收納部係沿著轉子鐵芯之軸向而形成。

又，本發明之永久磁石馬達之特徵為，上述規格磁石為Nd系稀土類磁石。

又，本發明之永久磁石馬達之製造方法之特徵為，其係上述永久磁石馬達之製造方法。

又，本發明之永久磁石馬達之製造方法之特徵為，上述規格磁石係由如下工序製造：將磁石原料粉碎成磁石粉末之工序、生成混合有上述粉碎之磁石粉末與膠合劑之混合物之工序、製作將上述混合物成形為片狀之生胚薄片之工序、藉由對上述生胚薄片施加磁場而進行磁場定向之工序、將上述生胚薄片分割成上述規格形狀之工序、及燒結分割成上述規格形狀之上述生胚薄片之工序。

又，本發明之永久磁石馬達之製造方法之特徵為，上述規格磁石係由如下工序製造：將磁石原料粉碎成磁石粉末之工序、生成混合有上述粉碎之磁石粉末與膠合劑之混合物之工序、將上述混合物成形為片狀且分割成上述規格形狀之生胚薄片之工序、藉由對上述生胚薄

片施加磁場而進行磁場定向之工序、及燒結上述生胚薄片之工序。

再者，本發明之永久磁石之特徵為，其係收納於上述永久磁石馬達之上述規格磁石。

發明之效果

根據具有上述構成之本發明之永久磁石馬達，藉由組合複數個具有特定之規格形狀之永久磁石(規格磁石)構成收納於永久磁石馬達之收納部之永久磁石，且將收納部之形狀設計成與組合有複數個規格磁石之形狀對應之形狀，藉此可利用具有相同形狀之規格磁石之組合而形成與各種種類之永久磁石馬達對應之永久磁石。其結果，由於無須對每個永久磁石馬達製造不同形狀之永久磁石，故可使製造效率飛躍性上升。

又，與使用一體成型之永久磁石之情形相比較，可藉由變更規格磁石之組合而容易地形成具有複雜之形狀之永久磁石。

又，為使永久磁石之頑磁性提高而利用晶界擴散法添加Dy或Tb等之情形時，藉由使Dy或Tb等附著於規格磁石之表面，可相對規格磁石整體均一地擴散Dy或Tb等。即，無須進行磁石內部之磁性特性之測定，而可獲得一定之品質保證。另一方面，在不利用規格磁石之組合構成之先前之大型之永久磁石中，不使Dy或Tb等之擴散距離伸展至內部之晶界相。因此，為獲得品質保證，需要檢查磁石內部之磁性特性。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於存在磁性性能不同之複數種規格磁石，故藉由根據用途(例如，混合動力汽車用、空調用、硬碟用等)變更加以組合之規格磁石之種類，可形成具有按照用途之磁性性能之永久磁石。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於存在頑磁性與殘留磁通密度不同之複數種規格磁石，故藉由根據用途(例如，混合動力汽車

用、空調用、硬碟用等)變更加以組合之規格磁石之種類，可形成具有按照用途之磁性性能之永久磁石。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於在永久磁石馬達內磁通密度之變化越大之位置，配置頑磁性越高之上述規格磁石，故可在永久磁石保持作為磁石之功能之狀態(即，即使因渦電流而溫度上升，仍可保持反向磁場以上之頑磁性之狀態)下實現Dy或Tb之使用量削減、製造成本之削減等。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於在組合規格磁石之情形時，係以較位於內側之規格磁石，位於外側之規格磁石為頑磁性更高之規格磁石之方式進行組合，故可在永久磁石保持作為磁石之功能之狀態(即，即使因渦電流而溫度上升，仍可保持反向磁場以上之頑磁性之狀態)下實現Dy或Tb之使用量削減、製造成本之削減等。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於規格磁石係根據每種磁性性能而具有不同之顏色，故即使存在磁性性能不同之複數種規格磁石，使用者仍可根據外觀容易地判別規格磁石之磁性性能。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於存在尺寸不同之複數種規格磁石，故藉由配合收納部之形狀變更加以組合之規格磁石之尺寸，無論收納部為何種形狀，均可利用規格磁石之組合而形成按照收納部之形狀之永久磁石。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於在永久磁石馬達內磁通密度之變化越大之位置，配置越小尺寸之規格磁石，故不會特別降低永久磁石之生產率，且可進一步減小永久磁石中產生之渦電流之規模。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於在組合規格磁石之情形時，以較位於內側之規格磁石，位於外側之規格磁石為具有更小之尺寸之規格磁石之方式進行組合，故不會特別降低永久磁石之生產率，

且可進一步減小永久磁石中產生之渦電流之規模。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於規格磁石為各向異性磁石，且將複數個規格磁石以各規格磁石之C軸向(易磁化軸)為相同方向之方式組合而收納於收納部，故與使用各向同性磁石之情形或雖使用各向異性磁石但未將C軸向組合為相同方向之情形相比較，可在進行磁化時使永久磁石之磁性性能較大地提高。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於規格磁石為各向異性磁石，且以將組合而收納於收納部之複數個規格磁石以霍爾巴赫排列磁化之方式，連續變更各規格磁石之C軸向(易磁化軸)進行組合，故可以霍爾巴赫排列排列所組合之規格磁石。其結果，可使更強之磁場產生。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於在組合複數個規格磁石而收納於收納部後，與各規格磁石之C軸向平行地施加磁場而進行磁化，故即使為將收納於收納部之永久磁石分割成複數個而構成之情形，仍與使用一體成型之各向異性磁石之情形相同，可使永久磁石之磁性性能較大地提高。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於規格磁石在C軸向與其他軸向上具有不同之形狀，故可根據外觀形狀容易地判別規格磁石之C軸向。其結果，以各規格磁石之C軸向為相同方向之方式進行組合時，亦可容易地進行組合作業。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於規格磁石具有使C軸向之長度較其他軸向之長度更短或更長之形狀，故可根據外觀形狀容易地判別規格磁石之C軸向。其結果，以各規格磁石之C軸向為相同方向之方式進行組合時，亦可容易地進行組合作業。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於規格磁石具有將C軸向作為高度形狀之柱體形狀，故可容易地進行規格磁石之組合作業。又，§

由於使C軸向之長度較其他軸向之長度更短或更長，故可根據外觀形狀容易地判別規格磁石之C軸向。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於規格磁石為長方體且具有C軸向之邊之長度較其他邊之長度更短或更長之形狀，故可根據外觀形狀容易地判別規格磁石之C軸向。其結果，以各規格磁石之C軸向為相同方向之方式進行組合時，亦可容易地進行組合作業。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於在規格磁石之與C軸向正交之一面上形成扣合部，且在另一面上形成與扣合部扣合之被扣合部，故可將扣合部及被扣合部作為標記而容易地判別規格磁石之C軸向。又，可藉由使扣合部與被扣合部扣合而容易地進行複數個規格磁石間之組合。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於在組合時相鄰之規格磁石之邊界形成絕緣層，故即使為使永久磁石馬達高速旋轉之情形，仍可減小永久磁石內產生之渦電流。因此，可防止永久磁石之溫度上升及頑磁性之降低，從而可提供高輸出之小型馬達。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於在相對永久磁石馬達內產生之磁場之方向平行之邊界形成絕緣層，故可一面使形成絕緣層之部位為最小限度，一面發揮防止渦電流之效果。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於使形成收納部之外緣部之形狀成為與構成永久磁石之規格磁石之形狀對應之形狀，故即使為使收納部或規格磁石之形狀成為特殊之形狀之情形，仍可相對收納部適當地收納、固定規格磁石。又，在將規格磁石組合成特殊之形狀之情形時，亦可相對收納部適當地收納、固定規格磁石。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於使收納部成為相對規格磁石之收納方向具有扇型形狀之剖面之形狀，而組合規格磁石之情形時，根據該扇型形狀設定相鄰之規格磁石彼此之位置關係，故即使為

使收納部成爲複雜之形狀之情形，仍如使用一體成型之永久磁石之情形般，無須將永久磁石成型爲對應收納部之複雜之形狀。且，可利用規格磁石之組合而使永久磁石成爲對應收納部之形狀。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於在組合複數個規格磁石而成爲對應於收納部之形狀之狀態下，相互固定該組合之複數個規格磁石，其後將經固定之複數個規格磁石收納於收納部，故即使爲將永久磁石分割成複數個規格磁石而構成之情形，仍可容易地將規格磁石收納於收納部。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於介隔配置於邊界之絕緣層而相互固定組合時相鄰之規格磁石，故可不使磁性特性降低而適當地進行規格磁石彼此之固定，且可減小永久磁石內產生之渦電流。因此，可防止永久磁石之溫度上升及頑磁性之降低，從而可提供高輸出之小型馬達。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於藉由將複數個規格磁石依次收納於收納部而組合爲對應於收納部之形狀，故即使爲將永久磁石分割成複數個規格磁石而構成之情形，仍可將規格磁石適當地收納於收納部。又，由於可同時進行組合規格磁石之工序與收納於收納部之工序，故可使製造工序簡略化。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於在組合規格磁石前預先進行第1階段之磁化，故可容易地進行規格磁石之組合。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於藉由於收納部中填充填充劑，而將收納於收納部之複數個規格磁石固定於收納部，故即使爲利用複數個規格磁石分割構成永久磁石之情形，仍可將各規格磁石適當地固定於收納部。

又，根據本發明之永久磁石馬達，由於用以收納永久磁石之收納部係沿著轉子鐵芯之軸向而形成，故對於使用於混合動力車輛或電

動汽車等之IPM馬達等之永久磁石之嵌入型馬達，可使製造效率飛躍性上升。

又，根據本發明之永久磁石馬達，對於收納有尤其可確保高頑磁性之Nd系稀土類磁石之永久磁石馬達，可使製造效率飛躍性上升。

又，根據本發明之永久磁石馬達之製造方法，由於無須對每個永久磁石馬達製造不同形狀之永久磁石，故可使製造效率飛躍性上升。

又，根據本發明之永久磁石馬達之製造方法，由於利用燒結混合磁石粉末與膠合劑而成形之生胚薄片之磁石構成規格磁石，故因由燒結而引起之收縮均一，從而不會產生燒結後之彎曲或凹陷等之變形，又，由於無壓製時之壓力不均，故無須進行先前進行之燒結後之修正加工，從而可使製造工序簡略化。藉此，可以較高之尺寸精度使具有特定之規格形狀之規格磁石成形。又，即使為使規格磁石成為微小之形狀之情形，仍不會使材料良率降低，亦可防止加工工時增加。

又，根據本發明之永久磁石馬達之製造方法，由於利用將混合有磁石粉末與膠合劑之混合物成形為分割成規格形狀之生胚薄片，且燒結已成形之生胚薄片之磁石構成規格磁石，故因由燒結而引起之收縮均一，從而不會產生燒結後之彎曲或凹陷等之變形，又，由於無壓製時之壓力不均，因此無須進行先前進行之燒結後之修正加工，從而可使製造工序簡略化。藉此，可以較高之尺寸精度使具有特定之規格形狀之規格磁石成形。又，即使為使規格磁石成為微小之形狀之情形，仍不會使材料良率降低，亦可防止加工工時增加。再者，藉由預先將生胚薄片分割成規格形狀，無需其後之沖切加工等，從而可使生產效率提高。

再者，根據本發明之永久磁石，由於為具有特定之規格形狀之

永久磁石(規格磁石)，故可藉由複數個加以組合而構成與各種種類之永久磁石馬達對應之永久磁石。

【圖式簡單說明】

圖1係顯示本發明之永久磁石馬達之內部構成之圖。

圖2係放大顯示轉子鐵芯之尤其切槽周邊之放大圖。

圖3係顯示本發明之永久磁石之整體圖。

圖4係針對基於磁性性能製造複數種規格磁石之例進行顯示之圖。

圖5係針對基於尺寸製造複數種規格磁石之例進行顯示之圖。

圖6係顯示構成永久磁石之複數個規格磁石之一之圖。

圖7係顯示規格磁石之一例之圖。

圖8係顯示規格磁石之一例之圖。

圖9係顯示規格磁石之一例之圖。

圖10係比較先前之永久磁石與本案發明之永久磁石中產生之渦電流之圖。

圖11係顯示在規格磁石之邊界配置絕緣層之例之圖。

圖12係顯示以滿足霍爾巴赫排列之方式磁化之永久磁石之圖。

圖13係顯示本發明之永久磁石與收納永久磁石之切槽之整體圖。

圖14係顯示形成於轉子鐵芯之切槽之一例之圖。

圖15係顯示具有扇型之剖面形狀之切槽之一例之圖。

圖16係顯示具有扇型之剖面形狀之切槽之一例之圖。

圖17係顯示永久磁石馬達中磁通密度之變化特別大之部位之圖。

圖18係顯示組合有磁性性能不同之複數種規格磁石之例之圖。

圖19係顯示組合有磁性性能不同之複數種規格磁石之例之圖。

圖20係顯示組合有磁性性能不同之複數種規格磁石之例之圖。

圖21係顯示組合有尺寸不同之複數種規格磁石之例之圖。

圖22係顯示組合有尺寸不同之複數種規格磁石之例之圖。

圖23係顯示組合有尺寸不同之複數種規格磁石之例之圖。

圖24係針對本發明之永久磁石馬達之製造工序內、尤其製造規格磁石前之製造工序進行說明之圖。

圖25係顯示本發明之永久磁石之製造工序內、尤其生胚薄片之成形工序之說明圖。

圖26係顯示使分割成規格形狀之生胚薄片成形之成形工序之說明圖。

圖27係顯示本發明之永久磁石之製造工序內、尤其生胚薄片之加熱工序及磁場定向工序之說明圖。

圖28係針對將磁場定向於生胚薄片之面內垂直方向之例進行顯示之圖。

圖29係針對使用熱媒(矽油)之加熱裝置進行說明之圖。

圖30係顯示本發明之永久磁石之製造工序內、尤其生胚薄片之加壓燒結工序之說明圖。

圖31係針對本發明之永久磁石馬達之製造工序內、尤其使用規格磁石製造永久磁石馬達前之製造工序進行說明之圖。

【實施方式】

以下，關於針對本發明之永久磁石馬達、永久磁石馬達之製造方法及永久磁石具體化之一實施形態，於以下一面參照圖式一面詳細說明。首先，針對本發明之永久磁石馬達1之構成，基於圖1進行說明。圖1係顯示本發明之永久磁石馬達1之內部構成之圖。

如圖1所示，永久磁石馬達1為基本包含定子(Stator)2與旋轉自由地配置於定子2之內部之轉子(Rotor)3，且在轉子3之內部嵌入永久磁

石4而形成之所謂磁石嵌入型之IPM馬達。

首先，就定子2進行說明，定子2包含定子鐵芯5與捲裝於定子鐵芯5之複數個定子捲線6。又，定子捲線6係在定子2之內周面上以等間隔配置特定數量，對定子捲線6通電時產生用以使轉子3旋轉之旋轉磁場。

另一方面，就轉子3進行說明，轉子3包含轉子鐵芯7、與轉子鐵芯7連結之軸8、及收納且固定於形成於轉子鐵芯7之切槽(收納部)9之永久磁石4。

此處，轉子鐵芯7包含薄板狀之電磁鋼板等之積層體，於其中心部分形成軸孔，於該軸孔嵌合軸8。另一方面，於轉子鐵芯7之外周附近，形成以沿著轉子鐵芯7之軸向成大致八字狀之方式配置之複數個(圖1中為16個)切槽9，而收納永久磁石4。此處，圖2係放大顯示轉子鐵芯7之尤其切槽9周邊之放大圖。

且，在本發明之永久磁石馬達1中，特徵為如後所述般藉由組合複數個具有特定之規格形狀之永久磁石(以下，稱為規格磁石10)而形成永久磁石4。又，特徵為將切槽9設計成與組合有複數個規格磁石10之永久磁石4之形狀對應之形狀。另，關於規格磁石10與切槽9之詳情將後述。又，複數個規格磁石10組合形成之永久磁石4係經由填充於切槽9之填充劑11而固定於切槽9。填充劑11可使用熱硬化性樹脂，例如，可使用環氧樹脂或矽樹脂。另，若收納於切槽9之永久磁石4為固定於切槽9之狀態，則可不使用填充劑11。

[永久磁石之構成]

接著，使用圖3~圖11就埋設於永久磁石馬達1之永久磁石4之構成進行說明。又，埋設於永久磁石馬達1之複數個永久磁石4基本上全部具有相同構造。因此，以下僅舉埋設之複數個永久磁石4內一個永久磁石4為例進行說明。

圖3係顯示本發明之永久磁石4之整體圖。本發明之永久磁石4係如上所述般藉由組合複數個具有特定之規格形狀之規格磁石10而形成。此處，構成永久磁石4之規格磁石10為稀土類永久磁石，尤其使用Nd-Fe-B系之各向異性磁石。另，各成分之含有量設為Nd：27~40 wt%，B：0.8~2 wt%，Fe(電解鐵)：60~70 wt%。又，為了提高磁性特性，可少量包含Dy、Tb、Co、Cu、Al、Si、Ga、Nb、V、Pr、Mo、Zr、Ta、Ti、W、Ag、Bi、Zn、Mg等之其他元素。

又，規格磁石10為具備例如1 mm~5 mm左右之規格形狀之永久磁石。且，其係如後所述般藉由燒結自利用壓粉成形所成形之成形體或混合有磁石粉末與膠合劑之混合物(漿料或化合物)成形為片狀之成形體(生胚薄片)而製作。又，藉由組合複數個規格磁石10而形成之永久磁石4，為與形成於轉子鐵芯7之切槽9對應之形狀，例如圖3所示之永久磁石4藉由組合包含 $10 \times 4 \times 25$ 個之1邊2 mm之立方體之規格磁石10而具有20 mm \times 8 mm \times 50 mm之長方體形狀。

又，作為規格磁石10，存在磁性性能不同之複數種規格磁石10。再者，每種磁性性能存在複數個尺寸之規格磁石10。即，若為有3種磁性性能不同之規格磁石10，且各者具有3種尺寸，則存在總計9種規格磁石10。

此處，規格磁石10之磁性性能係由例如頑磁性(Hcj)與殘留磁通密度(Br)之組合規定。又，此處，一般而言，對Nd-Fe-B等之稀土類永久磁石，為使頑磁性上升，進行Dy或Tb等之添加。其結果，即使因渦電流之產生而成為高溫狀態(例如200℃)，仍可保持反向磁場以上之頑磁性。然而，若添加Dy或Tb等，則如圖4所示般，頑磁性(Hcj)雖上升，但殘留磁通密度(Br)卻降低。因此，必須根據使用永久磁石之用途(例如，混合動力汽車用、空調用、硬碟用等)而區別使用適當之磁性性能之永久磁石。

因此，在本發明中，例如，分別製作圖4所示之A、B、C之頑磁性(Hcj)與殘留磁通密度(Br)之組合之3種規格磁石10。其結果，藉由根據用途而變更組合之規格磁石10之種類，可形成具有按照用途之磁性性能之永久磁石4。另，作為使頑磁性提高之方法，除了添加磁性各向異性較高之Dy或Tb等之金屬以外，亦可藉由將磁石之結晶構造設為單磁區構造而實現。又，如後所述般，在相同永久磁石4內亦可組合磁性性能不同之複數種規格磁石10。再者，磁性性能不同之複數種規格磁石10理想為以使用者可分辨之方式依每個種類設為不同顏色。另，作為對規格磁石10著色之方法，可在燒結後塗裝規格磁石10之表面，亦可藉由在預先使其含有作為色素之材料之狀態下進行成形及燒結而製造規格磁石10。

另，作為添加Dy或Tb等之方法，若在磁石之晶界中分布不均地配置Dy或Tb等，則只要微量之添加量便可使磁石性能提高。且，作為在磁石之晶界中分布不均地配置Dy或Tb等之方法，例如，有使Dy或Tb等附著於燒結後之磁石之表面並使其擴散之晶界擴散法，或分別製造出對應主相與晶界相之粉末並進行混合(乾式混合)之2合金法，或使包含Dy或Tb等之有機金屬化合物附著於磁石粒子之表面且於其後進行燒結之方法等。此處，尤其利用晶界擴散法添加Dy或Tb等之情形時，藉由使Dy或Tb等附著於規格磁石10之表面，可相對規格磁石10整體均一地擴散Dy或Tb等。即，無需測定磁石內部之磁性特性，而可獲得一定之品質保證。另一方面，在不利用規格磁石10之組合構成之先前之大型之永久磁石中，不使Dy或Tb之擴散距離伸展至內部之晶界相。因此，為獲得品質保證，需要檢查磁石內部之磁性特性。

又，規格磁石10之尺寸可適宜設定，例如如圖5所示般設為1邊4 mm之立方體、1邊2 mm之立方體、及1邊1 mm之立方體之3種類。5

另，規格磁石10之尺寸之種類可設為2種類或4種類以上，且每個種類除了尺寸以外形狀亦可任意設定。例如，可以 $1\times 1\times 1$ mm之立方體與 $2\times 2\times 4$ mm之長方體之2種類規定。其結果，藉由變更配合切槽9之形狀加以組合之規格磁石10之尺寸，無論切槽9為何種形狀，均可利用規格磁石10之組合而形成按照切槽9之形狀之永久磁石4。又，如後所述般，在相同永久磁石4內亦可組合尺寸不同之複數種規格磁石10。

又，如圖6所示般，規格磁石10為各向異性磁石，且如後所述般藉由進行磁場定向，將磁石結晶13之C軸(易磁化軸)定向為一方向。且，在組合規格磁石10形成永久磁石4之情形時，以各規格磁石10之C軸向為相同方向之方式進行組合。且，組合複數個規格磁石10而收納於切槽9後，與各規格磁石10之C軸向平行地施加磁場而進行磁化。藉此，可使永久磁石4之磁性特性較大地提高。

又，以使複數個規格磁石10之C軸向為相同方向之方式進行組合時，為使組合容易地進行，期望規格磁石10為可容易判別C軸向之形狀。具體而言，使規格磁石10成為在C軸向與其他軸向上不同之形狀。

例如，如圖7所示，若使規格磁石10之形狀成為將C軸向作為高度方向之柱體形狀(角柱、圓柱等)，進而成為使C軸向之長度較其他軸向之長度更長之形狀(尤其，若為長方體，則為C軸向之邊之長度較其他邊之長度更長之形狀)，則可容易判別規格磁石10之C軸向。

又，如圖8所示，若使規格磁石10之形狀成為將C軸向作為高度方向之柱體形狀(角柱、圓柱等)，進而成為使C軸向之長度較其他軸向之長度更短之形狀(尤其，若為長方體，則為C軸向之邊之長度較其他邊之長度更短之形狀)，則同樣可容易判別規格磁石10之C軸向。另，在圖7、圖8所示之例中，雖使規格磁石10為長方體，但亦可為圓柱或六角柱等。又，若為可判別C軸向者，則除了柱體形狀以外，亦

可為旋轉橢圓體(扁球、長球)等。

另一方面，可並非如圖7、8所示般根據規格磁石10自身之形狀判別C軸向，而是如圖9所示般藉由對規格磁石10附加作為標記之構件而判別C軸向。例如，在圖9所示之例中，在規格磁石10之與C軸向正交之一面14上形成扣合部15，且在另一面16上形成與扣合部15扣合之被扣合部17。其結果，可藉由將扣合部15及被扣合部17作為標記而容易地判別規格磁石10之C軸向。又，藉由使扣合部15與被扣合部17扣合，可容易地進行規格磁石10彼此之組合。另，在圖9所示之例中，雖將扣合部15作為凸形狀之構件，將被扣合部17作為凹形狀之構件，但形狀亦可相反，若為相互扣合之形狀，則可為其他形狀。又，可設為於面14、16分別形成複數個扣合部15或被扣合部17之構成。再者，可設為於與C軸向正交之面14、16以外之面亦形成扣合部15或被扣合部17之構成。且，該情形時，關於以可判別C軸向之方式形成於與C軸向正交之面14、16之扣合部15或被扣合部17，期望使形狀或設置數量與其他面不同。

又，組合規格磁石10形成永久磁石4時，可設為使絕緣層配置於組合時鄰接之規格磁石10之邊界之構成。此處，近年來使永久磁石馬達1小型輕量化之要求高漲，在將永久磁石馬達1小型化之情形時，為維持與小型化前相同之轉矩，必須使軸8高速旋轉。且，若進行高速旋轉，則在埋設於永久磁石馬達1之永久磁石4中產生渦電流，從而永久磁石4之溫度上升。由於若永久磁石4溫度上升則頑磁性降低，故期望防止渦電流之產生。此處，如圖10所示般將一體成形之永久磁石19使用於永久磁石馬達1之情形時，遍及永久磁石19內部之整體產生渦電流。另一方面，在本發明之永久磁石4中，由於如上所述般並非將永久磁石4一體成型而是分割成複數個規格磁石10，故可減小在永久磁石4內部產生之渦電流之規模，從而即使為使永久磁石馬達1高速旋

轉之情形，仍可抑制永久磁石之溫度上升。再者，若在鄰接之規格磁石10之邊界配置絕緣層，則可利用絕緣層更確實地切斷渦電流路徑，從而可減小在永久磁石4內部產生之渦電流之規模。

此處，作為使絕緣層配置於組合時鄰接之規格磁石10之邊界之方法，例如有在組合規格磁石10前，預先以絕緣層塗敷各規格磁石10之表面之方法。另，作為塗敷之絕緣層，例如有陶瓷或樹脂等。又，亦有在組合規格磁石10形成永久磁石4時，使用作為絕緣層之材料(例如樹脂)作為相互固定鄰接之規格磁石10之接著劑之方法。又，在組合時鄰接之規格磁石10之邊界形成絕緣層之情形時，無須在規格磁石10之全部之邊界部分配置絕緣層，只要如圖11所示般，於相對永久磁石馬達1內產生之磁場之方向平行之邊界形成絕緣層20，則發揮防止上述渦電流之效果。

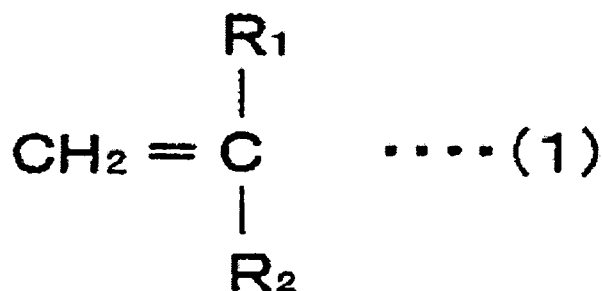
又，組合規格磁石10形成永久磁石4之情形時，雖基本上以使各規格磁石10之C軸向為相同方向之方式進行組合，但亦可設為C軸向並非相同方向之組合。例如，可以能夠以永久磁石4滿足霍爾巴赫排列之方式進行各向異性磁化之組合對規格磁石10加以組合。此處，圖12係顯示以滿足霍爾巴赫排列之方式各向異性磁化之永久磁石4之圖。例如，在圖12所示之例中，利用鄰接之區域a~e構成永久磁石4，且以在每個區域a~e中連續變更C軸向之方式組合規格磁石10而構成永久磁石4，並收納於切槽9。其後，以N極(或S極)之方向連續變更之方式沿著各區域a~e之C軸向對永久磁石4進行磁化，藉此可構成滿足霍爾巴赫排列之永久磁石4。

又，在本發明中，尤其在利用生胚薄片成形製造規格磁石10之情形時，混合於磁石粉末之膠合劑係使用樹脂或長鏈烴或脂肪酸甲酯或該等之混合物等。

再者，對膠合劑使用樹脂之情形時，較好為使用構造中不包含

氧原子且具有解聚性之聚合物。又，如後所述般利用熱熔成形使生胚薄片成形之情形時，為在加熱軟化所成形之生胚薄片之狀態下進行磁場定向，使用熱可塑性樹脂。具體而言，包含選自以下之一般式(1)所示之單體之1種或2種以上之聚合體或共聚物之聚合物符合。

[化1]



(其中，R1及R2表示氫原子、低級烷基、苯基或乙烯基)

作為符合上述條件之聚合物，例如有異丁烯之聚合體即聚異丁烯(PIB)、異戊二烯之聚合體即聚異戊二烯(異戊二烯橡膠、IR)、1、3-丁二烯之聚合體即聚丁二烯(丁二烯橡膠、BR)、苯乙烯之聚合體即聚苯乙烯、苯乙烯與異戊二烯之共聚物即苯乙烯-異戊二烯嵌段共聚物(SIS)、異丁烯與異戊二烯之共聚物即丁基橡膠(IIR)、苯乙烯與丁二烯之共聚物即苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物(SBS)、2-甲基-1-戊烯之聚合體即2-甲基-1-戊烯聚合樹脂、2-甲基-1-丁烯之聚合體即2-甲基-1-丁烯聚合樹脂、 α -甲基苯乙烯之聚合體即 α -甲基苯乙烯聚合樹脂等。另， α -甲基苯乙烯聚合樹脂為賦與柔軟性，期望添加低分子量之聚異丁烯。又，作為用於膠合劑之樹脂，可設為少量含有包含氧原子之單體之聚合體或共聚物(例如，聚甲基丙烯酸丁酯或聚甲基丙烯酸甲酯)之構成。再者，不符合上述一般式(1)之單體可一部分共聚。即使為該情形，仍可達成本案發明之目的。

另，作為用於膠合劑之樹脂，為適當進行磁場定向，期望使用在250°C以下軟化之熱可塑性樹脂，更具體而言，使用玻璃轉變點或

熔點為250°C以下之熱可塑性樹脂。

另一方面，對膠合劑使用長鏈烴之情形時，較好為使用在室溫下為固體，在室溫以上為液體之長鏈飽和烴(長鏈烷烴)。具體而言，較好為使用碳量為18以上之長鏈飽和烴。且，如後所述般對利用熱熔成形所成形之生胚薄片進行磁場定向時，在以長鏈烴之熔點以上加熱軟化生胚薄片之狀態下進行磁場定向。

又，在對膠合劑使用脂肪酸甲酯之情形時亦同樣地，較好為使用在室溫下為固體，在室溫以上為液體之硬脂酸甲酯或山嵛酸甲酯等。且，如後所述般對利用熱熔成形所成形之生胚薄片進行磁場定向時，在以脂肪酸甲基之熔點以上加熱軟化生胚薄片之狀態下進行磁場定向。

藉由使用滿足上述條件之膠合劑作為製作生胚薄片時混合於磁石粉末之膠合劑，可使磁石內含有之碳量及氧量減少。具體而言，使燒結後殘存於磁石之碳量為2000 ppm以下，更好為1000 ppm以下。又，使燒結後殘存於磁石之氧量為5000 ppm以下，更好為2000 ppm以下。

又，為在將漿料或經加熱熔融之化合物成形成片狀時提高薄片之厚度精度，使膠合劑之添加量為適當地填充磁石粒子間之空隙之量。例如，膠合劑相對磁石粉末與膠合劑之總計量之比例為1 wt%~40 wt%，更好為2 wt%~30 wt%，進而更好為3 wt%~20 wt%。

[切槽之構成]

接著，使用圖13~圖16，就形成於轉子鐵芯7且收納永久磁石4之切槽9之構成進行說明。另，形成於轉子鐵芯7之複數個切槽9基本上全部具有相同構成。因此，以下僅舉所形成之複數個切槽9內一個切槽9為例進行說明。

圖13係顯示本發明之永久磁石4與收納永久磁石4之切槽9之整體

圖。本發明之永久磁石4係如上所述般藉由組合複數個具有特定之規格形狀之規格磁石10而形成。且，切槽9之特徵為設計成與組合複數個規格磁石10之永久磁石4之形狀對應之形狀。

例如，如圖13所示般，藉由組合 $10 \times 4 \times 25$ 個之1邊2 mm之立方體之規格磁石10，使永久磁石4成爲 $20 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 之長方體形狀之情形時，使切槽9爲與該長方體形狀對應之形狀。具體而言，設爲對永久磁石4之形狀加上特定之延長距離(例如 $0.5 \sim 3 \text{ mm}$)之長方體形狀(例如 $22 \text{ mm} \times 8.5 \text{ mm} \times 51 \text{ mm}$)。又，如圖14所示般，在切槽9中收納有永久磁石4之狀態下，期望在永久磁石4之兩側部與切槽9之壁面之間形成一定之空隙21、22。藉由在永久磁石4之兩側部形成作爲磁性電阻之空隙21、22，可使利用永久磁石4產生之磁通相對轉子鐵芯7適當地通過。又，關於延長距離，並不一定需要，只要爲可收納及固定永久磁石4之形狀即可。再者，切槽9之形狀無須爲長方體形狀，亦可爲圓筒形狀等。

又，可使切槽9之形狀如圖15所示般，爲相對規格磁石之收納方向具有扇型形狀之剖面之形狀。且，在將永久磁石4收納於具有如圖15所示之扇型形狀之切槽9之情形時，組合規格磁石10時，根據扇型形狀設定鄰接之規格磁石10彼此之位置關係。藉此，對於描繪如扇型形狀般之曲線形狀之切槽9，亦可適當地收納永久磁石4。另一方面，若如先前般將一體成型之永久磁石收納於具有如圖15所示般之扇型形狀之切槽9，則必須將永久磁石加工成扇型形狀等之複雜之形狀，從而有製造工序非常複雜化之問題。

又，關於形成切槽9之外緣部之形狀，亦可爲與規格磁石10之形狀對應之形狀。例如，如圖16所示般將永久磁石4組合成長方體以外之扇型形狀等之特殊形狀之情形時，可使形成切槽9之外緣部之形狀成爲與規格磁石10之形狀對應之形狀(階梯形狀)。其結果，即使爲將

規格磁石10組合成特殊之形狀之情形，仍可將規格磁石10適當地收納、固定於切槽9。

[規格磁石之組合]

使永久磁石馬達1運轉之情形時，並非對收納於切槽9之規格磁石10同樣地產生磁通密度之變化，而是在特定之部位產生較大之磁通密度之變化。例如，如圖1所示般以沿著轉子鐵芯7之軸向成大致八字狀之方式配置有切槽9之情形時，如圖17所示般在成對之永久磁石4之中央附近之角部產生特別大之磁通密度之變化。即，在同部位產生較強之渦電流之虞較高，另一方面，在其他部份產生較強之渦電流之虞較少。

因此，若對構成永久磁石4之規格磁石10並非組合全部相同磁性性能之規格磁石10，而僅在永久磁石馬達1中磁通密度之變化較大之部位配置頑磁性特別高之規格磁石10，則可在永久磁石4保持作為磁石之功能之狀態(即，即使因渦電流而溫度上升，仍可保持逆磁場以上之頑磁性之狀態)下實現Dy或Tb之使用量削減、製造成本之削減等。例如，可如圖18所示般，以對磁通密度之變化較大之部位，較其他部位配置頑磁性更高之規格磁石10之方式組合並收納。又，亦可如圖19所示般，以隨著接近磁通密度之變化較大之部位，階段性地配置頑磁性較高之規格磁石10之方式組合並收納。再者，亦可如圖20所示般，以較位於內側之規格磁石10，位於外側之規格磁石10為頑磁性更高之規格磁石10之方式組合。又，在圖20中，雖以內側與外側之2分類分別組合有2種頑磁性不同之規格磁石10，但亦可分類為3階段以上。另，若在永久磁石馬達1中磁通密度之變化較大之部位配置頑磁性較高之規格磁石10，則可為圖18~圖20所示之組合以外。

又，若對構成永久磁石4之規格磁石10並非組合全部相同尺寸之規格磁石10，而僅在永久磁石馬達1中磁通密度之變化較大之部位配

置尺寸特別小之規格磁石10，則不會特別降低永久磁石4之生產率，且可進一步減小永久磁石4中產生之渦電流之規模。例如，可如圖21所示般，以對磁通密度之變化較大之部位，較其他部位配置尺寸更小之規格磁石10之方式組合並收納。又，亦可如圖22所示般，以隨著接近磁通密度之變化較大之部位，階梯性地配置減小尺寸之規格磁石10之方式組合並收納。再者，亦可如圖23所示般，以較位於內側之規格磁石10，位於外側之規格磁石10為尺寸更小之規格磁石10之方式組合。又，在圖23中，雖以內側與外側之2分類分別組合有2種尺寸之規格磁石10，但亦可分類為3階段以上。另，若在永久磁石馬達1中磁通密度之變化較大之部位配置尺寸較小之規格磁石10，則可為圖21~圖23所示之組合以外。

[永久磁石馬達之製造方法]

接著，就本發明之永久磁石馬達1之製造方法，使用圖24至圖31進行說明。首先，就本發明之永久磁石馬達1之製造工序內、尤其製造規格磁石10前之製造工序，使用圖24進行說明。圖24係顯示製造規格磁石10前之製造工序之說明圖。

首先，製造包含特定分率之Nd-Fe-B(例如Nd：32.7 wt%，Fe(電解鐵)：65.96 wt%，B：1.34 wt%)之晶錠。其後，利用搗碎機或破碎機等將晶錠粗粉碎成200 μm 左右之大小。或，溶解晶錠，以帶澆鑄法製作薄片，以氫壓碎法粗粉化。藉此，獲得粗粉碎磁石粉末30。

接著，將粗粉碎磁石粉末30利用藉由珠磨機31進行之濕式法或使用噴射研磨機之乾式法等進行微粉碎。例如，在使用利用珠磨機31進行之濕式法之微粉碎中，在有機溶劑中將粗粉碎磁石粉末30微粉碎成特定範圍之粒徑(例如0.1 μm ~5.0 μm)且使磁石粉末分散於有機溶劑中。其後，以真空乾燥等使濕式粉碎後之有機溶劑所含之磁石粉末乾燥，且提取乾燥之磁石粉末。又，用於粉碎之溶劑雖為有機溶劑，但

對溶劑之種類並無特別限制，可使用異丙醇、乙醇、甲醇等醇類、醋酸乙酯等酯類、戊烷、己烷等低級烴類、苯、甲苯、二甲苯等芳香族類、酮類、及該等之混合物等。另，較好的是，使用溶劑中不包含氧原子之烴系溶劑。

另一方面，在使用利用噴射研磨機進行之乾式法之微粉碎中，在(a)包含氧含有量實質上為0%之氮氣、Ar氣體、He氣體等惰性氣體之環境中，或在(b)包含氧含有量為0.0001~0.5%之氮氣、Ar氣體、He氣體等惰性氣體之環境中，將經粗粉碎之磁石粉末利用噴射研磨機進行微粉碎，而成為具有特定範圍之粒徑(例如1.0 μm ~5.0 μm)之平均粒徑之微粉末。另，所謂氧濃度實質上為0%，意為並不限定於氧濃度完全為0%之情形，可含有在微粉之表面極少地形成氧化覆蓋膜程度之量之氧。

接著，將以珠磨機31等進行微粉碎之磁石粉末成型成所需形狀。另，在磁石粉末之成形中，有例如使用模具成形為所需之形狀之壓粉成形、或暫時將磁石粉末成形成片狀後沖切成所需之形狀之生胚薄片成形。再者，在壓粉成形中，有將乾燥之微粉末填充於腔室之乾式法、與不使包含磁石粉末之漿料乾燥而填充於腔室之濕式法。另一方面，生胚薄片成形有利用例如將混合有磁石粉末與膠合劑之化合物成形成片狀之熱熔塗敷、或藉由將包含磁石粉末與膠合劑及有機溶劑之漿料塗敷於基材上而成形成片狀之漿料塗敷等進行之成形。

以下，特別就使用熱熔塗敷之生胚薄片成形進行說明。

首先，藉由對磁石粉末混合膠合劑，製作包含磁石粉末與膠合劑之粉末狀混合物(化合物)32。此處，作為膠合劑，如上所述般使用樹脂或長鏈烴或脂肪酸甲酯或該等之混合物等。例如，在使用樹脂之情形時，較好為使用包含構造中不包含氧原子，且具有解聚性之聚合物之熱可塑性樹脂，另一方面，在使用長鏈烴之情形時，較好為使用

在室溫下為固體、在室溫以上為液體之長鏈飽和烴(長鏈烷烴)。又，在使用脂肪酸甲酯之情形時，較好為使用硬脂酸甲酯或山嵛酸甲酯等。又，膠合劑之添加量係如上所述般，使膠合劑相對添加後之化合物12之磁石粉末與膠合劑之總計量之比率為1 wt%~40 wt%，更好為2 wt%~30 wt%，進而更好為3 wt%~20 wt%之量。另，膠合劑之添加係在包含氮氣、Ar氣體、He氣體等惰性氣體之環境中進行。另，磁石粉末與膠合劑之混合係藉由在例如有機溶劑中分別投入磁石粉末與膠合劑，並以攪拌機攪拌而進行。且，在攪拌後加熱包含磁石粉末與膠合劑之有機溶劑而使有機溶劑氣化，藉此擷取化合物12。又，磁石粉末與膠合劑之混合期望在包含氮氣、Ar氣體、He氣體等惰性氣體之環境中進行。又，尤其在以濕式法粉碎磁石粉末之情形時，可設為不自粉碎時使用之有機溶劑中提取磁石粉末，而將膠合劑添加至有機溶劑中進行混練，其後使有機溶劑揮發而獲得後述之化合物12之構成。

接著，藉由將化合物32成形成片狀而製作生胚薄片。尤其，在熱熔塗敷中，藉由加熱化合物32使化合物32熔融，而成為流體狀後塗敷於隔板等之支撐基材33上。其後，藉由散熱使其凝固，從而在支撐基材33上形成長形片狀之生胚薄片34。另，加熱熔融化合物32時之溫度係因所使用之膠合劑之種類或量而異，設為50~300℃。且，必須設為較所使用之膠合劑之熔點更高之溫度。另，在使用漿料塗敷之情形時，使磁石粉末與膠合劑分散於甲苯等之有機溶劑中，且將漿料塗敷於隔板等之支撐基材33上。其後，藉由進行乾燥使有機溶劑揮發，從而在支撐基材33上形成長形片狀之生胚薄片34。

此處，熔融之化合物32之塗敷方式，較好為使用切槽模方式或壓延輥方式等之層厚控制性優異之方式。例如，在切槽模方式中，藉由將加熱成為流體狀之化合物32利用齒輪泵擠壓並插入塑模而進行塗敷。又，在壓延輥方式中，在經加熱之2根輥之間隙中裝入一定量之

化合物32，且一面使輓旋轉一面在支撐基材33上塗敷因輓之熱而熔融之化合物32。又，作為支撐基材33，例如使用矽處理聚酯薄膜。再者，較好為藉由使用消泡劑，或進行加熱真空消泡等，充分地進行消泡處理，以免展開層中殘留氣泡。又，可設為如下之構成：不在支撐基材33上塗敷，而是利用擠壓成型將熔融之化合物32成型成片狀且擠壓於支撐基材33上，藉此在支撐基材33上使生胚薄片34成形。

以下，使用圖25，特別就利用切槽模方式進行之生胚薄片34之形成工序進一步詳細說明。圖25係顯示利用切槽模方式進行之生胚薄片34之形成工序之模式圖。

如圖25所示般，切槽模方式使用之塑模35係藉由使區塊36、37相互重合而形成，且利用區塊36、37間之空隙形成隙縫38或腔室(儲液罐)39。腔室39連通於設置於區塊37之供給口40。且，供給口40連接至利用齒輪泵(未圖示)等構成之塗佈液之供給系統，從而於腔室39中經由供給口40，利用定量泵等供給所計量之流體狀之化合物32。再者，供給至腔室39之流體狀之化合物32係向隙縫38送液且在單位時間內以一定量於寬度方向以均一之壓力自隙縫之噴出口41根據預先設定之塗佈寬度而噴出。另一方面，支撐基材33係隨著塗佈輓42之旋轉以預先設定之速度連續搬送。其結果，將噴出之流體狀之化合物32以特定厚度塗佈於支撐基材33，其後，藉由散熱而凝固，從而在支撐基材33上使長形片狀之生胚薄片34成形。

又，在利用切槽模方式進行之生胚薄片34之形成工序中，期望實測塗佈後之生胚薄片34之薄片厚度，且基於實測值反饋控制塑模35與支撐基材33間之間隙D。又，期望使供給至塑模35之流體狀之化合物32之量之變動極力降低(抑制為例如 $\pm 0.1\%$ 以下之變動)，進而使塗敷速度之變動亦極力降低(抑制為例如 $\pm 0.1\%$ 以下之變動)。藉此，可使生胚薄片34之厚度精度進一步提高。另，所形成之生胚薄片34之厚

度精度係相對設計值(例如2 mm)為±10%以內，更好為±3%以內，進而更好為±1%以內。另，在另一者之壓延輥方式中，藉由同樣地基於實測值控制壓光條件，可控制化合物32向支撐基材33之轉印膜厚。

另，生胚薄片34之設定厚度期望在0.05 mm~20 mm之範圍中設定。若使厚度薄於0.05 mm，則由於必須進行多層積層，故使生產率降低。

又，在使生胚薄片34成形時，可使預先分割成規格磁石10之規格形狀之生胚薄片成形。例如，將如圖26所示之規格形狀之型43排列複數個而形成之成形框44設置於支撐基材33上，並自成形框44上塗敷混合有磁石粉末與膠合劑之漿料或熔融之化合物，藉此使生胚薄片成形。其結果，可使預先分割成規格形狀之生胚薄片成形。若設為如上所述之構成，則藉由在磁場定向後自成形框44抽出生胚薄片，無需進行沖切加工直至後述般之規格形狀，而可成形為規格磁石10。又，可設為於支撐基材33形成如圖26所示之規格形狀之型43之構成。

接著，進行利用上述之熱熔塗敷形成於支撐基材33上之生胚薄片34之磁場定向。具體而言，首先加熱與支撐基材33一起連續搬送之生胚薄片34，藉此使生胚薄片34軟化。另，加熱生胚薄片34時之溫度及時間係因所使用之膠合劑之種類或量而異，例如設為100~250℃、0.1~60分鐘。且，為使生胚薄片34軟化，必須設為所使用之膠合劑之玻璃轉變點或熔點以上之溫度。又，作為加熱生胚薄片34之加熱方式，例如有利用加熱板進行之加熱方式或將熱媒(矽油)使用於熱源之加熱方式。接著，藉由對利用加熱軟化之生胚薄片34之面內方向且長度方向施加磁場而進行磁場定向。所施加之磁場之強度設為5000[0e]~150000[0e]，較好為10000[0e]~120000[0e]。其結果，生胚薄片34所含之磁石結晶之C軸(易磁化軸)定向為一方向。另，作為施加磁場之方向，可對生胚薄片34之面內方向且寬度方向施加磁場。5

又，可設為對複數片生胚薄片34同時使磁場定向之構成。

再者，在對生胚薄片34施加磁場時，可為與加熱工序同時進行施加磁場之工序之構成，亦可在進行加熱工序後且生胚薄片凝固前進行施加磁場之工序。又，可設為在利用熱熔塗敷進行塗敷之生胚薄片34凝固前進行磁場定向之構成。該情形時，無需加熱工序。

接著，使用圖27，就生胚薄片34之加熱工序及磁場定向工序進一步詳細說明。圖27係顯示生胚薄片34之加熱工序及磁場定向工序之模式圖。另，在圖27所示之例中，就與加熱工序同時進行磁場定向工序之例進行說明。

如圖27所示，對利用上述之切槽模方式所塗敷之生胚薄片34進行之加熱及磁場定向係針對利用輥連續搬送之狀態之長形片狀之生胚薄片34進行。即，將用以進行加熱及磁場定向之裝置配置於塗敷裝置(塑模等)之下游側，利用與上述塗敷工序連續之工序進行。

具體而言，在塑模35或塗佈輥42之下游側，以所搬送之支撐基材33及生胚薄片34通過螺線管45內之方式配置螺線管45。再者，在螺線管45內相對生胚薄片34上下一對地配置加熱板46。且，利用上下一對地配置之加熱板46加熱生胚薄片34，且使電流在螺線管45中流動，藉此使長形片狀之生胚薄片34之面內方向(即，與生胚薄片34之薄片表面平行之方向)且長度方向上產生磁場。藉此，藉由加熱使連續搬送之生胚薄片34軟化，且對經軟化之生胚薄片34之面內方向且長度方向(圖27之箭頭符號47方向)施加磁場，從而可相對生胚薄片34適當地使均一之磁場定向。尤其，藉由將施加磁場之方向作為面內方向，可防止生胚薄片34之表面顛倒。

又，磁場定向後進行之生胚薄片34之散熱及凝固較好為在搬送狀態下進行。藉此，可使製造工序進一步效率化。

另，在相對生胚薄片34之面內方向且寬度方向進行磁場定向之

情形時，以代替螺線管45，而在所搬送之生胚薄片34之左右配置一對磁場線圈之方式構成。且，藉由使電流流動於各磁場線圈，可於長形片狀之生胚薄片34之面內方向且寬度方向產生磁場。

又，亦可將磁場定向設為生胚薄片34之面內垂直方向。在相對生胚薄片34之面內垂直方向進行磁場定向之情形時，係利用使用例如磁極片等之磁場施加裝置而進行。具體而言，如圖28所示般使用磁極片等之磁場施加裝置50，具有以中心軸相同之方式平行配置之2個環狀之線圈部51、52，與分別配置於線圈部51、52之環孔之2個大致圓柱狀之磁極片53、54，且相對所搬送之生胚薄片34隔開特定間隔進行配置。且，藉由使電流流動於線圈部51、52，在生胚薄片34之面內垂直方向上生成磁場，而進行生胚薄片34之磁場定向。另，在將磁場定向方向設為生胚薄片34之面內垂直方向之情形時，較好為如圖28所示般在相對生胚薄片34積層有支撐基材33之相反側之面上亦積層薄膜55。藉此，可防止生胚薄片34之表面顛倒。

又，可替代上述之利用加熱板46進行之加熱方式，而使用將熱媒(矽油)作為熱源之加熱方式。此處，圖29係顯示使用熱媒之加熱裝置60之一例之圖。

如圖29所示，加熱裝置60設為在作為發熱體之平板構件61之內部形成大致U字型之穴62，且使加熱至特定溫度(例如100~300℃)之熱媒即矽油於穴62內循環之構成。且，替代圖27所示之加熱板46，在螺線管45內相對生胚薄片34上下一對地配置加熱裝置60。藉此，使連續搬送之生胚薄片34經由因熱媒而發熱之平板構件61加熱而軟化。另，平板構件61既可抵接於生胚薄片34，亦可隔開特定間隔進行配置。且，利用配置於軟化之生胚薄片34之周圍之螺線管45，對生胚薄片34之面內方向且長度方向(圖27之箭頭符號47方向)施加磁場，從而可相對生胚薄片34適當地使均一之磁場定向。另，在如圖29所示之使用熱

媒之加熱裝置60中，由於如一般之加熱板46般內部不具有電熱線，故即使為配置於磁場中之情形，仍無因勞侖茲力而電熱線振動或切斷之虞，從而可適當地進行生胚薄片34之加熱。又，在進行利用電流進行之控制之情形時，雖有因在電源之ON或OFF時電熱線振動而導致疲勞破壞之問題，但藉由使用將熱媒作為熱源之加熱裝置60，可消除如此之問題。

此處，在不使用熱熔成形而利用一般之切槽模方式或刮漿刀方式等，利用漿料等之流動性較高之液狀物使生胚薄片34成形之情形時，若在產生磁場梯度之處搬入生胚薄片34，則使包含於生胚薄片34之磁石粉末被吸引至磁場較強之側，從而有產生形成生胚薄片34之漿料之液體偏移，即生胚薄片34之厚度之偏差之虞。與其相對，在如本發明般利用熱熔成形將化合物32成形於生胚薄片34之情形時，在室溫附近之粘度達到數萬Pa·s，從而不會產生磁場梯度通過時之磁性粉末之偏移。再者，藉由搬送至均一磁場中進行加熱，發生膠合劑之粘度下降，僅以均一磁場中之轉矩，即可實現一樣之C軸定向。

又，在不使用熱熔成形而利用一般之切槽模方式或刮漿刀方式等，利用包含有機溶劑之漿料等之流動性較高之液狀物使生胚薄片34成形之情形時，若想製作厚度超過1 mm之薄片，則在乾燥時漿料等所含之有機溶劑氣化引起之發泡成為問題。再者，若為抑制發泡而將乾燥時間長時間化，則會產生磁石粉末之沉降，隨之產生磁石粉末相對重力方向之密度分佈偏差，從而導致燒結後之彎曲。因此，在自漿料之成形中，由於厚度之上限值實質上受到限制，故必須使生胚薄片以1 mm以下之厚度成形，其後進行積層。然而，該情形時，缺少膠合劑彼此之相互融合，在此後之脫膠合劑工序(煨燒處理)中產生層間剝離，其導致C軸(易磁化軸)之定向性降低，即殘留磁通密度(B_r)降低。與其相對，在如本發明般利用熱熔成形而將化合物32成形於生胚

薄片34之情形時，由於不含有機溶劑，故在製作出厚度超過1 mm之薄片之情形時亦消除如上所述之發泡之顧慮。且，由於膠合劑為充分融合之狀態，故無在脫膠合劑工序中產生層間剝離之虞。

又，對複數片生胚薄片34同時施加磁場之情形時，以在例如積層有複數片(例如6片)生胚薄片34之狀態下連續搬送，且所積層之生胚薄片34通過螺線管45內之方式構成。藉此可使生產率提高。

其後，將已進行磁場定向之生胚薄片34沖切成所需之規格形狀(例如，圖7~圖9所示之長方體形狀)，而使成形體65成形。

接著，藉由將成形之成形體65在大氣壓、或加壓至較大氣壓更高之壓力或更低之壓力(例如，1.0 Pa或1.0 MPa)之非氧化性環境(尤其在本發明中為氫環境或氫與惰性氣體之混合氣體環境)中，在膠合劑分解溫度下保持數小時(例如5小時)而進行煨燒處理。在氫環境下進行之情形時，例如煨燒中之氫之供給量設為5 L/min。藉由進行煨燒處理，可利用解聚反應等將膠合劑分解成單體並使其飛散而除去。即，進行使成形體65中之碳量降低之所謂脫碳。又，煨燒處理係在成形體65中之碳量為2000 ppm以下、更好為1000 ppm以下之條件下進行。藉此，可在其後之燒結處理中使永久磁石整體緻密地燒結，從而不會使殘留磁通密度或頑磁性降低。又，進行上述煨燒處理時之加壓條件在以高於大氣壓之壓力進行之情形時，期望設為15 MPa以下。

另，膠合劑分解溫度係基於膠合劑分解生成物及分解殘渣之分析結果而決定。具體而言，選擇補集膠合劑之分解生成物，不會生成單體以外之分解生成物，且在殘渣之分析中亦不會檢測出由殘留之膠合劑成分之副作用所產生之生成物之溫度範圍。因膠合劑之種類而異，為200°C~900°C，更好為400°C~600°C(例如600°C)。

又，尤其在有機溶劑中利用濕式粉碎磁石原料之情形時，以構成有機溶劑之有機化合物之熱分解溫度且膠合劑分解溫度進行煨

燒處理。藉此，關於殘留之有機溶劑亦可除去。關於有機化合物之熱分解溫度，雖根據所使用之有機溶劑之種類而決定，但若為上述膠合劑分解溫度，則基本上對有機化合物之熱分解亦可進行。

又，亦可藉由接著在真空環境下保持利用煨燒處理所煨燒之成形體65而進行脫氫處理。在脫氫處理中，藉由使利用煨燒處理所生成之成形體65中之 NdH_3 (活性度大)以 NdH_3 (活性度大) \rightarrow NdH_2 (活性度小)階段性地變化，而使利用煨燒處理活性化之成形體65之活性度降低。藉此，即使為此後使利用煨燒處理所煨燒之成形體65向大氣中移動之情形，仍防止Nd與氧結合，從而不會使殘留磁通密度或頑磁性降低。又，亦可期待使磁石結晶之構造自 NdH_2 等復原為 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 構造之效果。

接著，進行將藉由煨燒處理煨燒後之成形體65燒結之燒結處理。另，作為成形體65之燒結方法，除了一般之真空燒結以外，亦可使用在加壓之狀態下燒結成形體65之加壓燒結等。例如，以真空燒結進行燒結之情形時，以特定之升溫速度升溫至 $800^\circ\text{C}\sim 1080^\circ\text{C}$ 左右之焙燒溫度，且保持0.1~2小時左右。該期間雖為真空焙燒，但作為真空度較好為5 Pa以下，更好為 10^{-2} Pa以下。其後進行冷卻，且再次以 $300^\circ\text{C}\sim 1000^\circ\text{C}$ 進行2小時熱處理。且，燒結之結果，製造出規格磁石10。

另一方面，作為加壓燒結，例如，有熱壓燒結、熱等靜壓加壓(HIP)燒結、超高壓合成燒結、氣體加壓燒結、放電電漿(SPS)燒結等。然而，為抑制燒結時之磁石粒子之粒成長且抑制燒結後之磁石中產生之彎曲，較好為使用作為於一軸向加壓之一軸加壓燒結且利用通電燒結進行燒結之SPS燒結。另，以SPS燒結進行燒結之情形時，較好為將加壓值設為例如0.01 MPa~100 MPa，且在數Pa以下之真空環境中以 $10^\circ\text{C}/\text{分}$ 上升至 940°C ，其後保持5分鐘。其後進行冷卻，且再次

以300°C~1000°C進行2小時熱處理。且，燒結之結果，製造出規格磁石10。

以下，使用圖30，就利用SPS燒結進行之成形體65之加壓燒結工序進一步詳細說明。圖30係顯示利用SPS燒結進行之成形體65之加壓燒結工序之說明圖。

如圖30所示般進行SPS燒結之情形時，首先，在石墨製之燒結型71中設置成形體65。另，關於上述之煨燒處理，亦可在將成形體65設置於燒結型71之狀態下進行。且，將設置於燒結型71之成形體65保持於真空腔室72內，且設置同樣石墨製之上部衝頭73與下部衝頭74。且，使用連接於上部衝頭73之上部衝頭電極75與連接於下部衝頭74之下部衝頭電極76，施加低電壓且高電流之直流脈衝電壓/電流。與此同時，對上部衝頭73及下部衝頭74使用加壓機構(未圖示)分別自上下方向附加載荷。其結果，設置於燒結型71內之成形體65一面加壓一面進行燒結。又，為使生產率提高，較好為對複數個(例如10個)成形體同時進行SPS燒結。另，對複數個成形體65同時進行SPS燒結之情形時，既可在一個空間中配置複數個成形體65，亦可將每個成形體65配置於不同空間。另，將每個成形體65配置於不同空間之情形時，以在每個空間中加壓成形體65之上部衝頭73或下部衝頭74在各空間之間成爲一體(即可同時加壓)之方式構成

另，以下顯示具體之燒結條件。

加壓值：1 MPa

燒結溫度：以10 °C/分上升至940°C，保持5分鐘

環境：數Pa以下之真空環境

接著，就本發明之永久磁石馬達1之製造工序之內、尤其使用規格磁石10製造永久磁石馬達1前之製造工序，使用圖31進行說明。圖31係顯示使用規格磁石10製造永久磁石馬達1之前之製造工序之說明圖。

圖。

首先，組合複數個利用圖24所示之製造工序所製造之規格磁石10而形成永久磁石4，且收納於切槽9。另，組合規格磁石10之工序與向切槽9收納之工序，既可為同時進行之構成，亦可先進行組合規格磁石10之工序後進行向切槽9之收納之工序。又，可對組合前之規格磁石10輕微地磁化(第1階段之磁化)。藉此，可容易地進行規格磁石10之組合。且，可以在將輕微地磁化之規格磁石10收納於切槽9後進行最終之磁化(第2階段之磁化)之方式構成。

例如，先進行組合規格磁石10之工序之情形時，在組合複數個規格磁石10而成為對應切槽9之形狀之狀態下，固定該組合之複數個規格磁石10，並將經固定之複數個規格磁石10收納於切槽9。另，作為固定組合之規格磁石10之方法，期望如上所述般使用作為絕緣層之樹脂等而相互固定規格磁石10。藉此，可減小永久磁石4內產生之渦電流。

又，同時進行組合規格磁石10之工序與向切槽9收納之工序之情形時，藉由將規格磁石10依次收納於切槽9而組合成對應切槽9之形狀。該情形時，所組合之複數個規格磁石10彼此並不一定需要固定。

又，在組合規格磁石10之情形時，以各規格磁石10之C軸向為相同方向之方式進行組合。

又，如後所述般，在本發明中，與各規格磁石10之C軸向平行地施加磁場而進行磁化。因此，必須考慮磁化之方向而組合規格磁石10，並收納於切槽9。具體而言，以轉子鐵芯7之徑向與規格磁石10之C軸向一致之方式組合規格磁石10並收納於切槽9。且，如上所述般使永久磁石4以霍爾巴赫排列磁化之情形時，連續變更各規格磁石10之C軸向而進行組合，且收納於切槽9(參照圖12)。

其後，藉由於切槽9中填充填充劑11，將收納於切槽9之永久磁石

4固定於切槽9。

接著，藉由對收納於切槽9之永久磁石4施加磁場而進行磁化。具體而言，以使收納於轉子鐵芯7之複數個永久磁石4內、一對永久磁石4之轉子外周側之極性相同之方式磁化，且以鄰接之對彼此極性不同之方式磁化。即，如圖31所示般在收納有8對總計16個永久磁石4之轉子鐵芯7中，利用8組之一對之永久磁石4，構成8個磁極。且，沿著轉子鐵芯7之圓周方向，交替配置N極與S極。又，由於如上所述般以轉子鐵芯7之徑向與規格磁石10之C軸向一致之方式組合規格磁石10並收納於切槽9，故與各規格磁石10之C軸向平行地施加磁場。且，如上所述般使永久磁石4以霍爾巴赫排列磁化之情形時，以N極(或S極)之方向連續變更之方式進行對永久磁石4之磁化(參照圖12)。另，對永久磁石4之磁化，係使用例如磁化線圈、磁化軛、電容器式磁化電源裝置等。

其後，藉由裝配軸8或定子2等之轉子鐵芯7以外之構件而製造永久磁石馬達1。

如以上說明，在本實施形態之永久磁石馬達1及永久磁石馬達1之製造方法中，藉由組合複數個具有特定之規格形狀之永久磁石即規格磁石10，構成收納於形成於永久磁石馬達1之轉子鐵芯7之切槽9之永久磁石4，且將切槽9之形狀設計成與組合有複數個規格磁石10之形狀對應之形狀，藉此可利用具有相同形狀之規格磁石10之組合而形成對應各種種類之永久磁石馬達1之永久磁石4。其結果，由於無須對每個永久磁石馬達製造不同形狀之永久磁石4，故可使製造效率飛躍性上升。

又，與使用一體成型之永久磁石之情形相比較，可藉由變更規格磁石10之組合而容易地形成具有複雜之形狀之永久磁石4。

又，由於存在頑磁性或殘留磁通密度等之磁性性能不同之複數5

種規格磁石10，故藉由根據用途(例如，混合動力汽車用、空調用、硬碟用等)變更加以組合之規格磁石10之種類，可形成具有按照用途之磁性性能之永久磁石4。

且，若在永久磁石馬達1內磁通密度之變化越大之位置，配置頑磁性越高之規格磁石10，則可在永久磁石4保持作為磁石之功能之狀態(即，即使因渦電流而溫度上升，仍可保持反向磁場以上之頑磁性之狀態)下實現Dy或Tb之使用量削減、製造成本之削減等。

又，若在組合規格磁石10之情形時，以較位於內側之規格磁石10，位於外側之規格磁石10為頑磁性更高之規格磁石10之方式進行組合，則可在永久磁石4保持作為磁石之功能之狀態(即，即使因渦電流而溫度上升，仍可保持反向磁場以上之頑磁性之狀態)下實現Dy或Tb之使用量削減、製造成本之削減等。

又，由於規格磁石10係根據每種磁性性能而具有不同之顏色，故即使存在磁性性能不同之複數種規格磁石10，使用者仍可根據外觀容易地判別規格磁石10之磁性性能。

又，由於存在尺寸不同之複數種規格磁石10，故藉由配合切槽9之形狀更改加以組合之規格磁石10之尺寸，無論切槽9為何種形狀，均可利用規格磁石10之組合而形成按照收納部之形狀之永久磁石4。

又，若在永久磁石馬達1內磁通密度之變化越大之位置，配置越小尺寸之規格磁石10，則不會特別降低永久磁石4之生產率，且可進一步減小永久磁石4中產生之渦電流之規模。

又，若在組合規格磁石10之情形時，以較位於內側之規格磁石10，位於外側之規格磁石10為具有更小之尺寸之規格磁石10之方式進行組合，則不會特別降低永久磁石4之生產率，且可進一步減小永久磁石4中產生之渦電流之規模。

又，由於規格磁石10為各向異性磁石，且以各規格磁石10之C軸

向(易磁化軸)為相同方向之方式組合複數個規格磁石10並收納於切槽9，故與使用各向同性磁石之情形或雖使用各向異性磁石但未將C軸向組合為相同方向之情形相比較，可在進行磁化時使永久磁石4之磁性性能較大地提高。

又，由於在組合複數個規格磁石10並收納於切槽9後，與各規格磁石10之C軸向平行地施加磁場而進行磁化，故即使為將收納於切槽9之永久磁石4分割成複數個而構成之情形，仍與使用一體成形之各向異性磁石之情形相同，可使永久磁石4之磁性性能較大地提高。

又，由於規格磁石10在C軸向與其他軸向上具有不同之形狀，故可根據外觀形狀容易地判別規格磁石10之C軸向。其結果，以各規格磁石10之C軸向為相同方向之方式進行組合時，亦可容易地進行組合作業。

又，由於規格磁石10具有使C軸向之長度較其他軸向之長度更短或更長之形狀，故可根據外觀形狀容易地判別規格磁石10之C軸向。其結果，以各規格磁石10之C軸向為相同方向之方式進行組合時，亦可容易地進行組合作業。

又，由於規格磁石10具有將C軸向作為高度形狀之柱體形狀，故可容易地進行規格磁石10之組合作業。又，由於使C軸向之長度較其他軸向之長度更短或更長，故可根據外觀形狀容易地判別規格磁石10之C軸向。

又，由於規格磁石10為長方體且具有C軸向之邊之長度較其他邊之長度更短或更長之形狀，故可根據外觀形狀容易地判別規格磁石10之C軸向。其結果，以各規格磁石10之C軸向為相同方向之方式進行組合時，亦可容易地進行組合作業。

又，若在規格磁石10之與C軸向正交之一面上形成扣合部15，且在另一面上形成與扣合部15扣合之被扣合部17，則可將扣合部15及被

扣合部17作為標記而容易判別規格磁石10之C軸向。又，可藉由使扣合部15與被扣合部17扣合而容易地進行複數個規格磁石10間之組合。

又，若於組合時鄰接之規格磁石10之邊界上形成絕緣層20，則即使為使永久磁石馬達1高速旋轉之情形，仍可減小永久磁石4內產生之渦電流。因此，可防止永久磁石4之溫度上升及頑磁性之降低，從而可提供高輸出之小型馬達。

又，由於對相對永久磁石馬達1內產生之磁場之方向平行之邊界形成絕緣層20，故可一面使形成絕緣層20之部位為最小限度一面發揮防止渦電流之效果。

又，若使形成切槽9之外緣部之形狀為與構成永久磁石4之規格磁石10之形狀對應之形狀，則即使切槽9或規格磁石10之形狀為特殊形狀之情形，仍可將規格磁石10適當地收納、固定於切槽9。又，在將規格磁石10組合成特殊形狀之情形下，亦可將規格磁石10適當地收納、固定於切槽9。

又，由於使切槽9為相對規格磁石10之收納方向具有扇型形狀之剖面之形狀，組合規格磁石10之情形時，根據該扇型形狀設定鄰接之規格磁石10彼此之位置關係，故即使切槽9為複雜之形狀之情形，仍如使用一體成型之永久磁石之情形般，無須將永久磁石成型為對應切槽9之複雜之形狀。且，可利用規格磁石10之組合使永久磁石4成為對應切槽9之形狀。

又，若在組合複數個規格磁石10而成為對應切槽9之形狀之狀態下，相互固定該組合之複數個規格磁石10，其後將經固定之複數個規格磁石10收納於切槽9，則即使為將永久磁石4分割成複數個規格磁石10而構成之情形，仍可容易地將規格磁石10收納於切槽9。

尤其，若介隔配置於邊界之絕緣層相互固定組合時鄰接之規格磁石10，則不會使磁性特性降低而可適當地進行規格磁石10彼此之固

定，且可減小永久磁石4內產生之渦電流。因此，可防止永久磁石4之溫度上升及頑磁性之降低，從而可提供高輸出之小型馬達。

又，由於藉由將複數個規格磁石10依次收納於切槽9而組合為對應切槽9之形狀，故即使為將永久磁石4分割成複數個規格磁石10而構成之情形，仍可適當地將規格磁石10收納於切槽9。又，由於可同時進行組合規格磁石10之工序與收納於切槽9之工序，故可使製造工序簡略化。

又，由於在組合規格磁石10前預先進行第1階段之磁化，故可容易地進行規格磁石10之組合。

又，由於用以收納永久磁石4之切槽9係沿著轉子鐵芯7之軸向而形成，故對於混合動力車輛或電動汽車等所使用之IPM馬達等之永久磁石之嵌入型馬達，可使製造效率飛躍性上升。

又，由於藉由於切槽9中填充填充劑11，將收納於切槽9之複數個規格磁石10固定於切槽9，故即使為利用複數個規格磁石10分割構成永久磁石4之情形，仍可將各規格磁石10適當地固定於切槽9。

又，由於利用燒結將混合磁石粉末與膠合劑而成形之生胚薄片34之磁石構成規格磁石，故因由燒結所致之收縮較為均一，而不會產生燒結後之彎曲或凹陷等之變形，又，由於無壓製時之壓力不均，故無須進行先前進行之燒結後之修正加工，從而可使製造工序簡略化。藉此，可以較高之尺寸精度使具有特定之規格形狀之規格磁石成形。又，即使為將規格磁石設為微小之形狀之情形，仍不會使材料良率降低，亦可防止加工工時增加。

又，若將混合有磁石粉末與膠合劑之混合物成形為分割成規格形狀之生胚薄片34，則無需其後之沖切加工等，而可使生產效率提高。

又，由於規格磁石10為Nd系稀土類磁石，故對於收納有尤其可

確保高頑磁性之Nd系稀土類磁石之永久磁石馬達，可使製造效率飛躍性上升。

又，亦可使永久磁石4為霍爾巴赫排列。該情形時，以將組合並收納於切槽9之複數個規格磁石10以霍爾巴赫排列磁化之方式，連續變更各規格磁石10之C軸向(易磁化軸)進行組合。藉此，可以霍爾巴赫排列排列加以組合之規格磁石10(即永久磁石4)。其結果，可產生更強之磁場。

另，本發明並非限定於上述實施例者，在不脫離本發明之要旨之範圍內可進行各種改良、變化此點不消說。

例如，製造規格磁石10時之磁石粉末之粉碎條件、混練條件、煨燒條件、燒結條件等並非限定於上述實施例中記載之條件者。例如，上述實施例中雖利用使用噴射研磨機之乾式粉碎對磁石原料進行粉碎，但亦可利用藉由珠磨機進行之濕式粉碎進行粉碎。又，在上述實施例中，雖利用切槽模方式形成生胚薄片，但亦可使用其他方式(例如壓延輥方式、刮刀法塗敷方式、擠壓成型、射出成型、模具成型、刮漿刀方式等)形成生胚薄片。又，亦可藉由生成於有機溶劑中混合有磁石粉末或膠合劑之漿料，其後將所生成之漿料成形成片狀而製作生胚薄片。該情形時，作為膠合劑，亦可使用熱可塑性樹脂以外之樹脂。又，進行煨燒時之環境若為非氧化性環境，則可在氫環境以外(例如氮環境、He環境等、Ar環境等)中進行。

又，規格磁石可藉由對利用生胚薄片成形以外之成形(例如壓粉成形)所成形之成形體進行煨燒及燒結而製造。即使為該情形，對膠合劑以外之殘存於成形體中之C含有物(所添加之有機金屬化合物、或藉由進行濕式粉碎而殘存之有機化合物等)，仍可期待由煨燒而引起之脫碳效果。再者，在藉由對利用生胚薄片成形以外之成形(例如壓粉成形)所成形之成形體進行煨燒及燒結而進行製造之情形時，可對



成形前之磁石粉末進行煨燒處理，且將煨燒體之磁石粉末成形為成形體，其後進行燒結，藉此製造規格磁石。若為如此之構成，則由於對粉末狀之磁石粒子進行煨燒，故與對成形後之磁石粒子進行煨燒之情形相比較，可增大作為煨燒對象之磁石之表面積。即，可使煨燒體中之碳量進一步確實地減少。

又，煨燒處理可省略。即使為該情形，在燒結中膠合劑或有機溶劑等之有機化合物熱分解，從而仍可期待一定之脫碳效果。

又，在上述實施例中，作為膠合劑，雖使用樹脂或長鏈烴或脂肪酸甲酯，但亦可使用其他材料。

又，在上述實施例中，雖依每種磁性性能存在複數個尺寸之規格磁石10，但尺寸亦可為僅1種類。又，可使磁性性能為共通，而僅尺寸存在複數種類。又，磁性性能可以頑磁性與殘留磁通密度以外進行規定。

又，在上述實施例中，雖同時進行生胚薄片34之加熱工序與磁場定向工序，但亦可在進行加熱工序後生胚薄片34凝固前進行磁場定向工序。又，於塗敷之生胚薄片34凝固前(即，即使不進行加熱工序生胚薄片仍已軟化之狀態)進行磁場定向之情形時，可省略加熱工序。

又，在上述實施例中，雖利用使利用切槽模方式進行之塗敷工序與加熱工序及磁場定向工序連續之一連串工序進行，但亦可以不利用連續之工序進行之方式構成。該情形時，可如下所述般構成：以特定長度切斷塗敷之生胚薄片34，且對靜止狀態之生胚薄片34進行加熱及磁場施加，藉此進行磁場定向。

又，在上述實施例中雖舉搭載於混合動力汽車之IPM馬達為例進行說明，但本發明當然亦可應用於搭載於行動電話之振動馬達、驅動硬碟驅動之列印頭之音圈馬達、使硬碟驅動之磁碟旋轉之轉軸馬達、

其他之空調用馬達、伺服馬達、OA/FA馬達等之永久磁石馬達。再者，在上述實施例中，雖以將永久磁石4設置於轉子(Rotor)3之旋轉磁場型馬達為例進行說明，但本發明亦可應用於將永久磁石4設置於定子(Stator)2之旋轉電樞型馬達、或同樣為旋轉電機之發電機、以及線性馬達之磁場側。

又，在上述實施例中雖舉使用Nd-Fe-B系磁石之永久磁石馬達為例進行說明，但亦可使用其他磁石(例如鈷磁石、鋁鎳鈷磁石、鐵氧體磁石等)。又，磁石之合金組成在本發明中雖使Nd成分較化學計量組成更多，但亦可為化學計量組成。又，不僅各向異性磁石，對各向同性磁石亦可應用本發明。該情形時，可省略對生胚薄片34之磁場定向工序。

【符號說明】

- 1 永久磁石馬達
- 2 定子
- 3 轉子
- 4 永久磁石
- 5 定子鐵芯
- 6 定子捲線
- 7 轉子鐵芯
- 8 軸
- 9 切槽
- 10 規格磁石
- 11 填充劑
- 12 化合物
- 13 磁石結晶
- 14 面

- 15 扣合部
- 16 面
- 17 被扣合部
- 19 永久磁石
- 20 絕緣層
- 21 空隙
- 22 空隙
- 30 粗粉碎磁石粉末
- 31 珠磨機
- 32 化合物
- 33 支撐基材
- 34 生胚薄片
- 35 塑模
- 36 區塊
- 37 區塊
- 38 隙縫
- 39 腔室
- 40 供給口
- 41 噴出口
- 42 塗佈輥
- 43 型
- 44 成形框
- 45 螺線管
- 46 加熱板
- 47 箭頭符號
- 50 磁場施加裝置

- 51 線圈部
- 52 線圈部
- 53 磁極片
- 54 磁極片
- 55 薄膜
- 60 加熱裝置
- 61 平板構件
- 62 穴
- 65 成形體
- 71 燒結型
- 72 真空腔室
- 73 上部衝頭
- 74 下部衝頭
- 75 上部衝頭電極
- 76 下部衝頭電極
- D 間隙



申請專利範圍

1. 一種永久磁石馬達，其特徵為，其係於形成於定子或可動件之收納部中收納永久磁石者，且
將上述收納部設計成與組合有複數個具有特定之規格形狀之永久磁石即規格磁石之形狀對應之形狀；
將複數個上述規格磁石組合並收納於上述收納部內。
2. 如請求項1之永久磁石馬達，其中存在磁性性能不同之複數種上述規格磁石。
3. 如請求項2之永久磁石馬達，其係利用頑磁性與殘留磁通密度之組合而規定上述磁性性能。
4. 如請求項3之永久磁石馬達，其係在上述永久磁石馬達內磁通密度之變化越大之位置，配置頑磁性越高之上述規格磁石。
5. 如請求項3之永久磁石馬達，其在組合上述規格磁石之情形時，以位於外側之上述規格磁石與位於內側之上述規格磁石相比頑磁性更高之上述規格磁石之方式進行組合。
6. 如請求項2之永久磁石馬達，其中上述規格磁石係根據每種磁性性能而具有不同之顏色。
7. 如請求項1之永久磁石馬達，其中存在尺寸不同之複數種上述規格磁石。
8. 如請求項7之永久磁石馬達，其係在上述永久磁石馬達內磁通密度之變化越大之位置，配置越小尺寸之上述規格磁石。
9. 如請求項7之永久磁石馬達，其在組合上述規格磁石之情形時，以位於外側之上述規格磁石與位於內側之上述規格磁石

相比具有更小之尺寸之上述規格磁石之方式進行組合。

10. 如請求項1之永久磁石馬達，其中上述規格磁石為各向異性磁石；且

將複數個上述規格磁石以各規格磁石之C軸向為相同方向之方式組合並收納於上述收納部。

11. 如請求項1之永久磁石馬達，其中上述規格磁石為各向異性磁石；且

以將組合並收納於上述收納部之複數個上述規格磁石以霍爾巴赫排列磁化之方式，將各規格磁石之C軸向連續變更而加以組合。

12. 如請求項10之永久磁石馬達，其係在組合複數個上述規格磁石並收納於上述收納部後，平行於各規格磁石之C軸向地施加磁場而進行磁化。

13. 如請求項10之永久磁石馬達，其中上述規格磁石在C軸向與其他軸向上具有不同之形狀。

14. 如請求項13之永久磁石馬達，其中上述規格磁石將C軸向之長度設為較他軸向之長度更短或更長。

15. 如請求項14之永久磁石馬達，其中上述規格磁石具有將C軸向作為高度方向之柱體形狀。

16. 如請求項15之永久磁石馬達，其中上述規格磁石為長方體，且C軸向之邊之長度較其他邊之長度更短或更長。

17. 如請求項13之永久磁石馬達，其中上述規格磁石在與C軸向正交之一面上形成扣合部，且在另一面上形成與上述扣合部扣合之被扣合部。

18. 如請求項1之永久磁石馬達，其中於組合時相鄰之上述規格

磁石之邊界形成絕緣層。

19. 如請求項18之永久磁石馬達，其中於相對於上述永久磁石馬達內產生之磁場之朝向平行之上述邊界形成上述絕緣層。

20. 如請求項1之永久磁石馬達，其中將形成上述收納部之外緣部之形狀成爲與上述規格磁石之形狀對應之形狀。

21. 如請求項1之永久磁石馬達，其中上述收納部相對於上述規格磁石之收納方向具有扇型形狀之剖面；且

在組合上述規格磁石之情形時，根據上述扇型形狀而設定相鄰之上述規格磁石彼此之位置關係。

22. 如請求項1之永久磁石馬達，其中在組合複數個上述規格磁石而成爲對應上述收納部之形狀之狀態下，將該組合之複數個上述規格磁石相互固定；且

將上述固定之複數個上述規格磁石收納於上述收納部。

23. 如請求項22之永久磁石馬達，其中於組合時相鄰之上述規格磁石之邊界配置絕緣層；且

介隔上述絕緣層而將該相鄰之上述規格磁石相互固定。

24. 如請求項1之永久磁石馬達，其中藉由將複數個上述規格磁石依次收納於上述收納部而組合爲對應上述收納部之形狀。

25. 如請求項1之永久磁石馬達，其中對組合前之上述規格磁石進行第1階段之磁化；且

將已進行上述第1階段之磁化之複數個上述規格磁石組合並收納於上述收納部內；且

對收納於上述收納部內之上述規格磁石進行第2階段之磁化。

26. 如請求項1之永久磁石馬達，其中藉由於上述收納部中填充

填充劑，而將收納於上述收納部之複數個上述規格磁石對上述收納部固定。

27. 如請求項1之永久磁石馬達，其中上述收納部係沿著轉子鐵芯之軸向而形成。
28. 如請求項1之永久磁石馬達，其中上述規格磁石為Nd系稀土類磁石。
29. 一種永久磁石馬達之製造方法，其係製造如請求項1至28中任一項之上述永久磁石馬達。
30. 如請求項29之永久磁石馬達之製造方法，其中上述規格磁石係由如下工序製造：

將磁石原料粉碎成磁石粉末之工序；

生成混合有上述粉碎之磁石粉末與膠合劑之混合物之工序；

製作將上述混合物成形為片狀之生胚薄片之工序；

藉由對上述生胚薄片施加磁場而進行磁場定向之工序；

將上述生胚薄片分割成上述規格形狀之工序；及

燒結分割成上述規格形狀之上述生胚薄片之工序。

31. 如請求項29之永久磁石馬達之製造方法，其中上述規格磁石係由如下工序製造：

將磁石原料粉碎成磁石粉末之工序；

生成混合有上述粉碎之磁石粉末與膠合劑之混合物之工序；

將上述混合物成形為片狀且分割成上述規格形狀之生胚薄片之工序；

藉由對上述生胚薄片施加磁場而進行磁場定向之工序；及

燒結上述生胚薄片之工序。

32. 一種永久磁石，其特徵為，其係收納於如請求項1至28中任一項之上述永久磁石馬達之上述規格磁石。

圖式

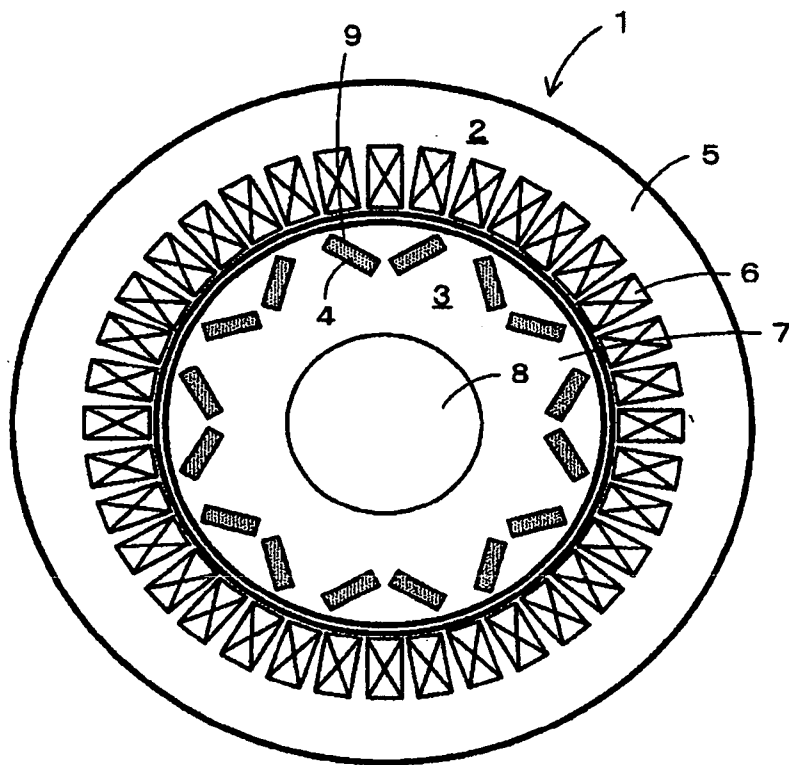


圖1

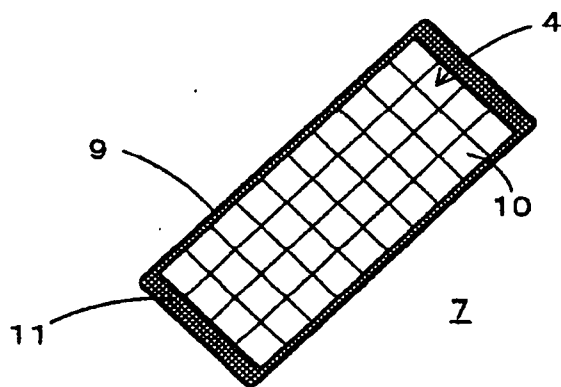


圖2

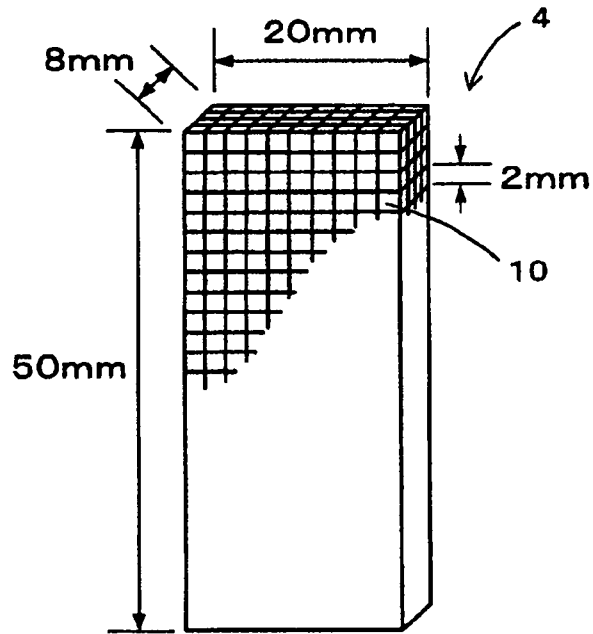


圖3

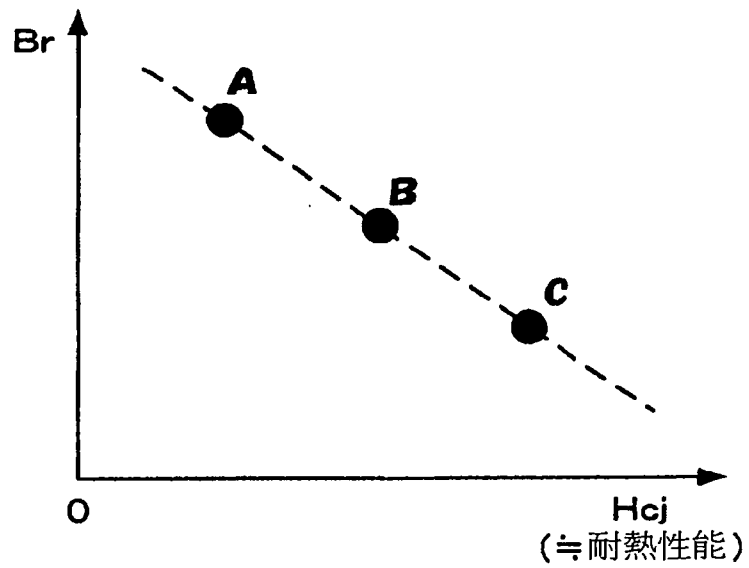


圖4



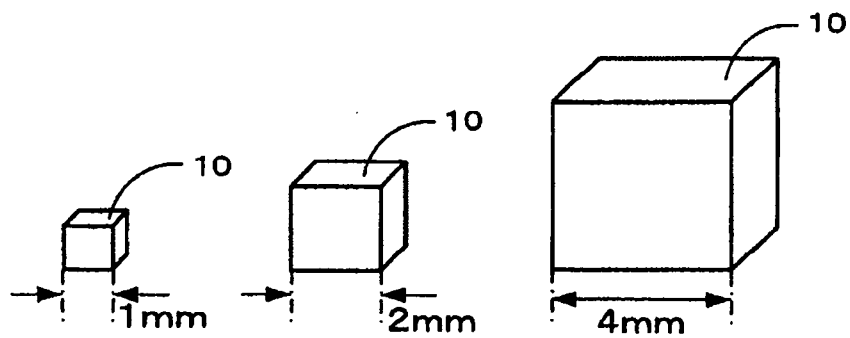


圖5

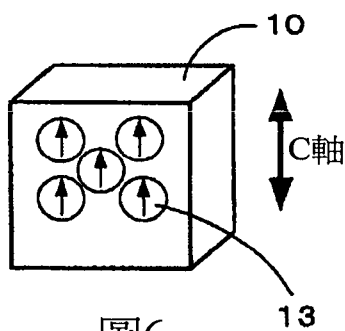


圖6

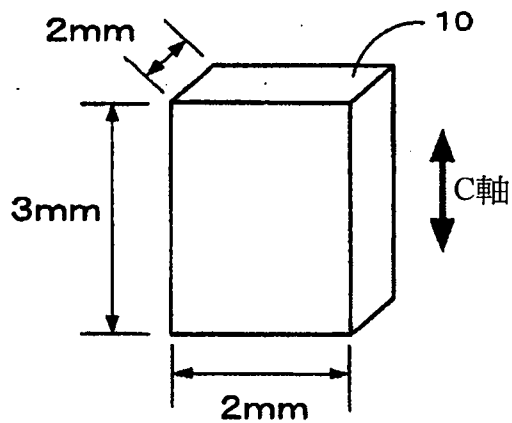


圖7

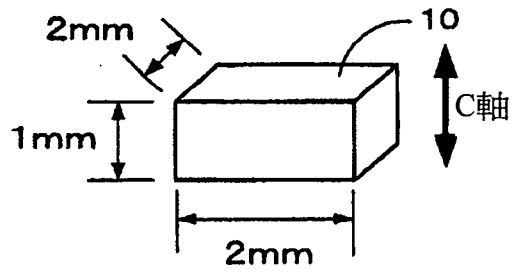


圖8

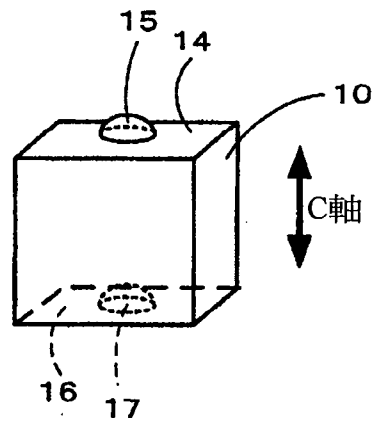


圖9

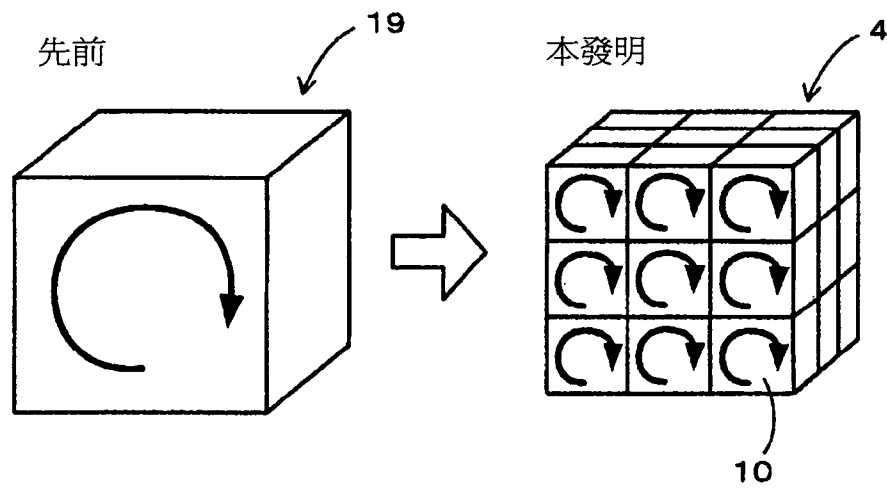
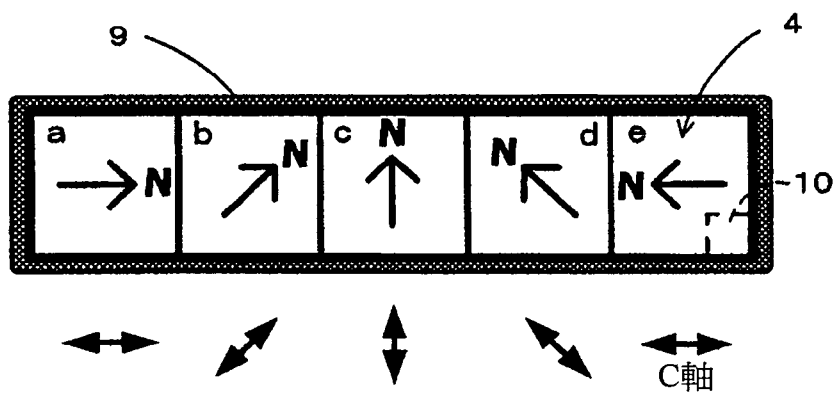
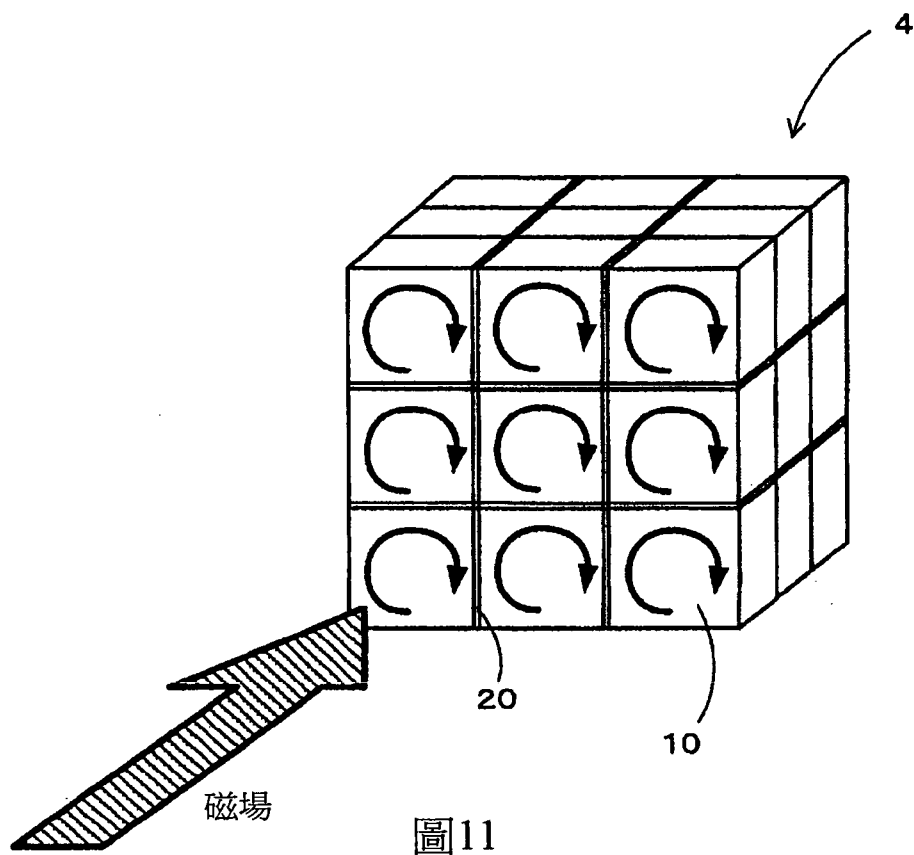


圖10





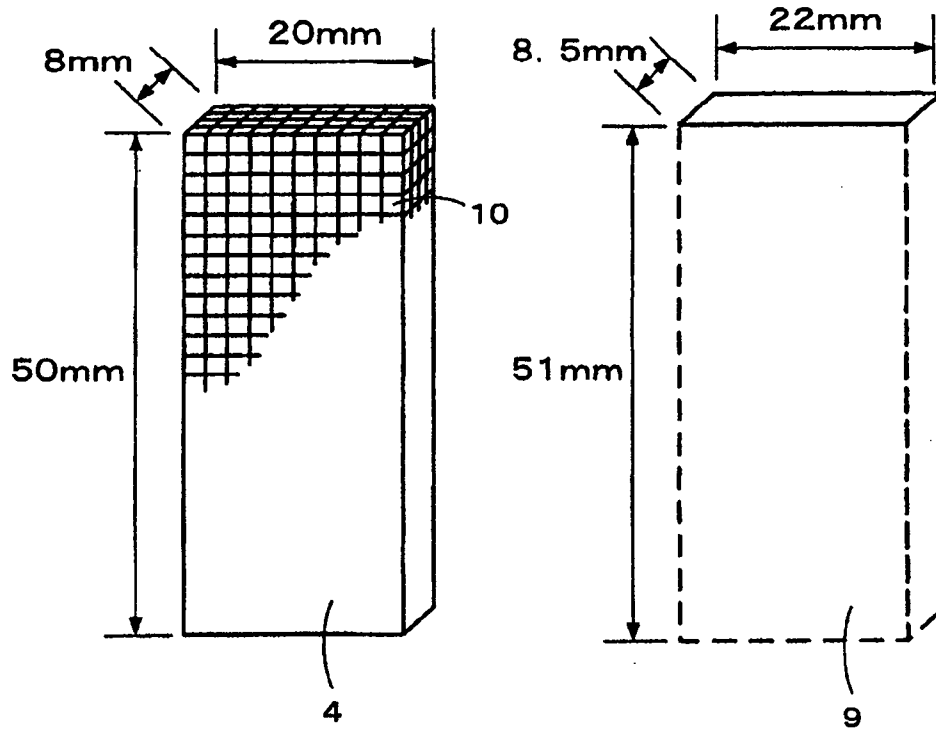


圖13

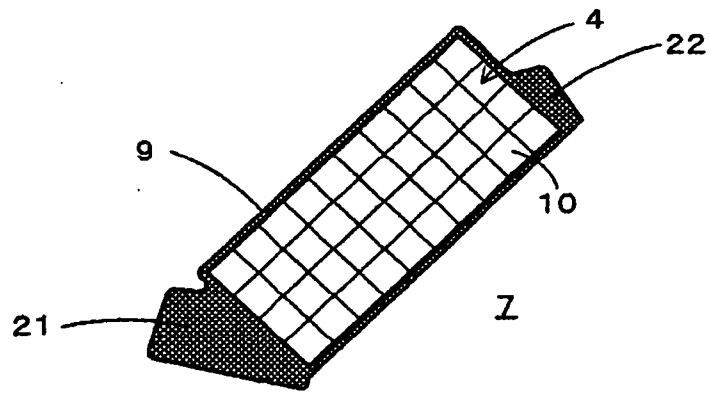


圖14



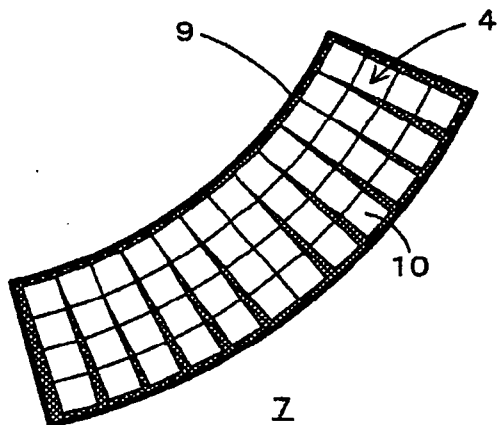


圖15

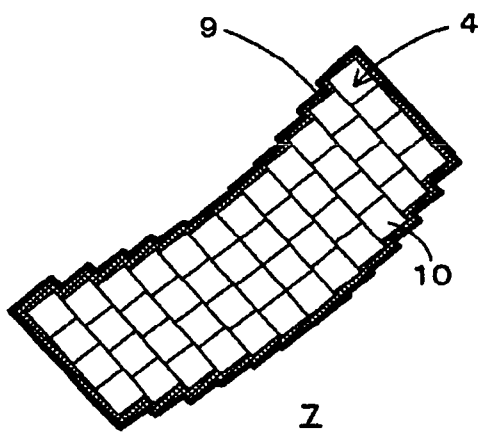


圖16

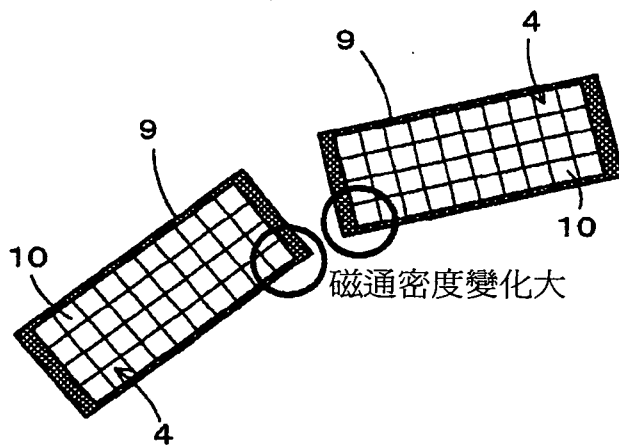


圖17

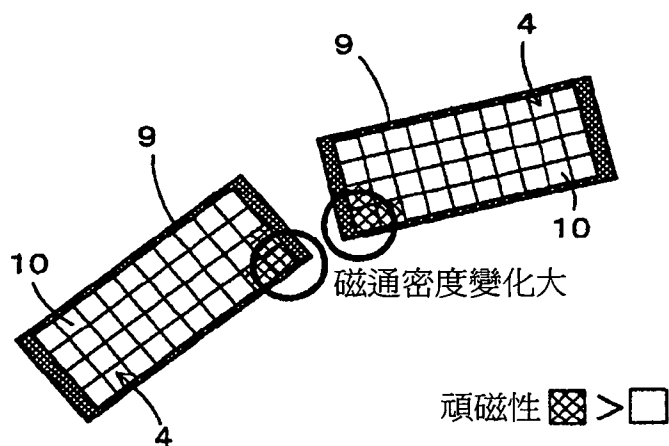


圖18

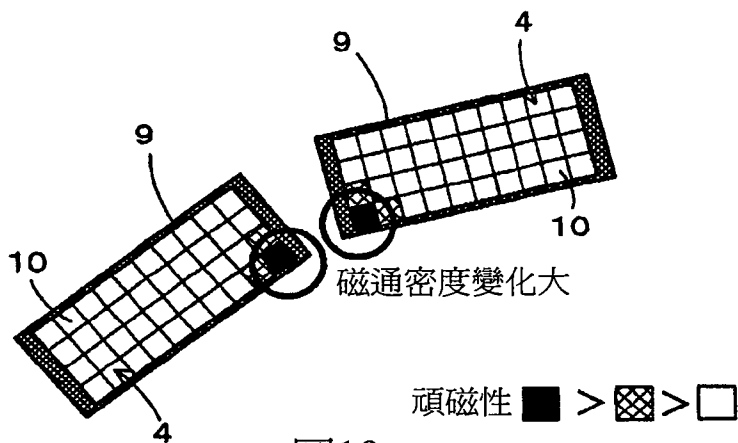


圖19

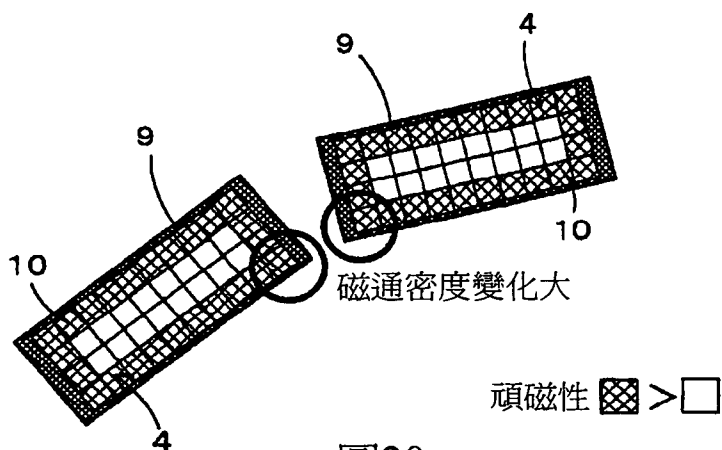


圖20

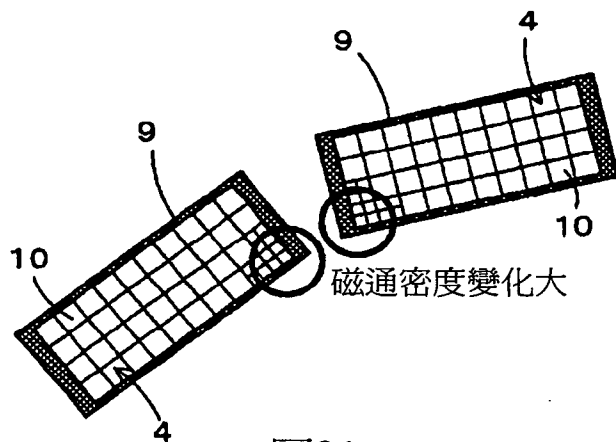


圖21

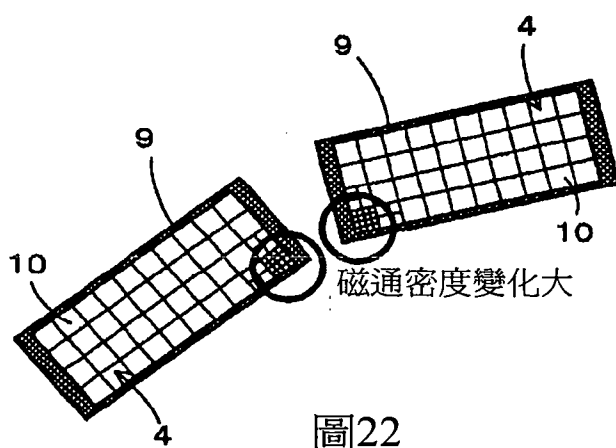


圖22

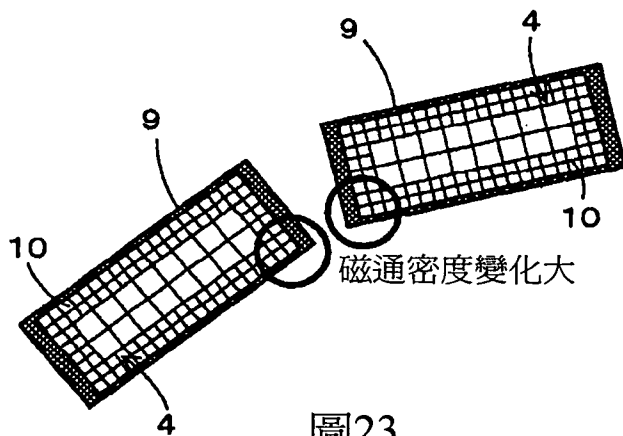


圖23

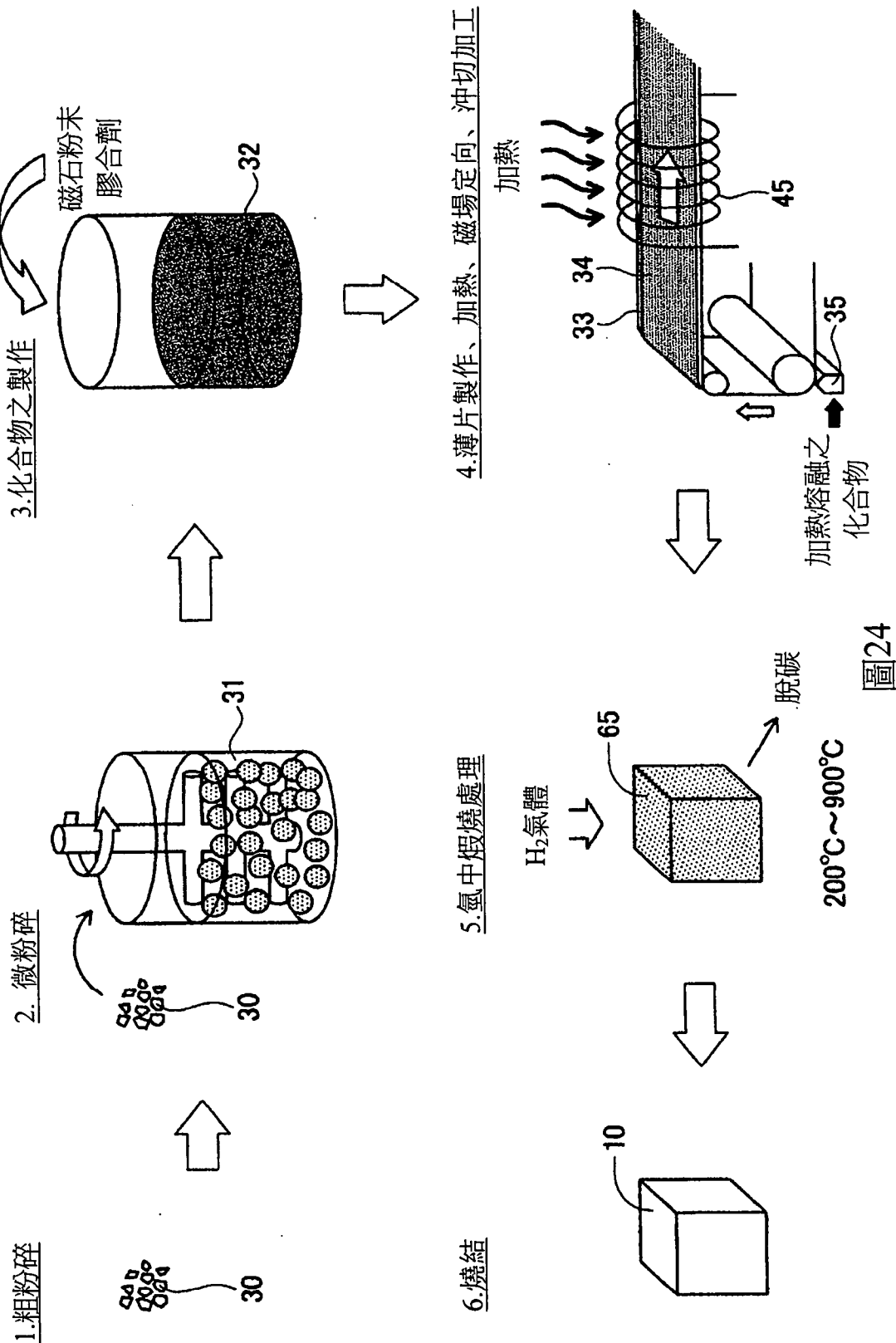


圖24



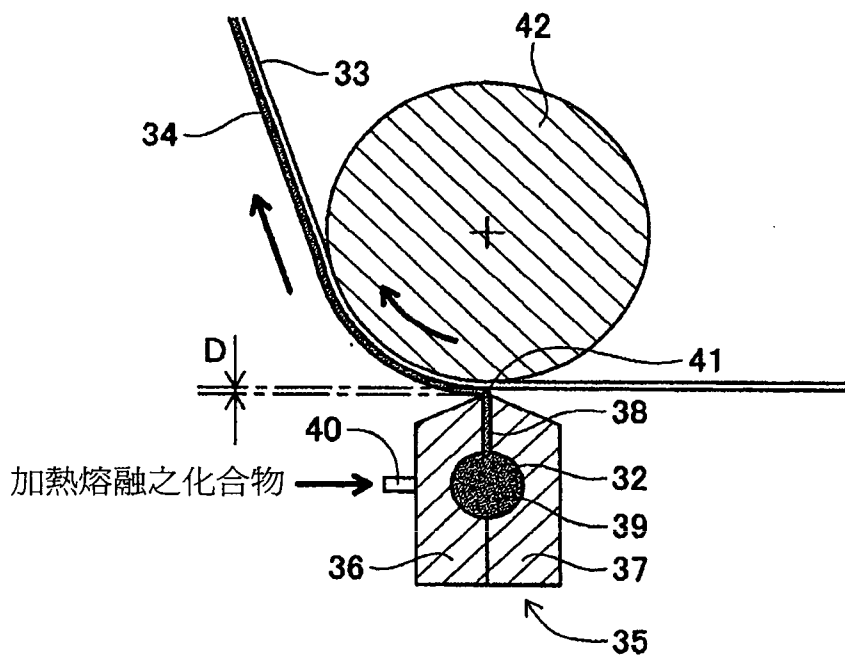


圖25

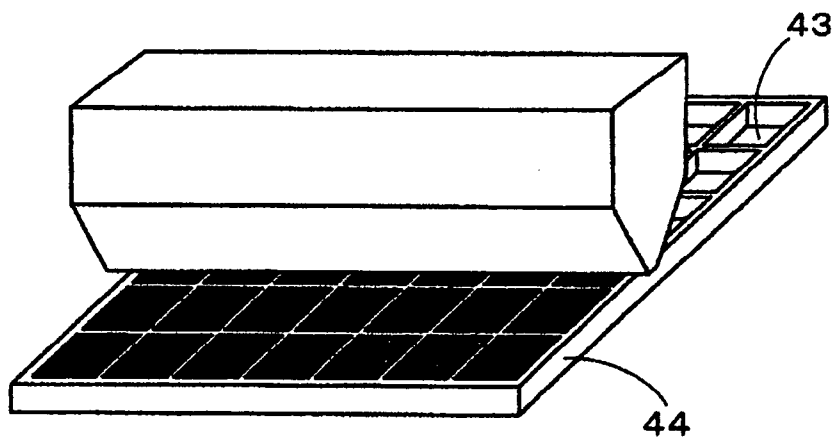


圖26

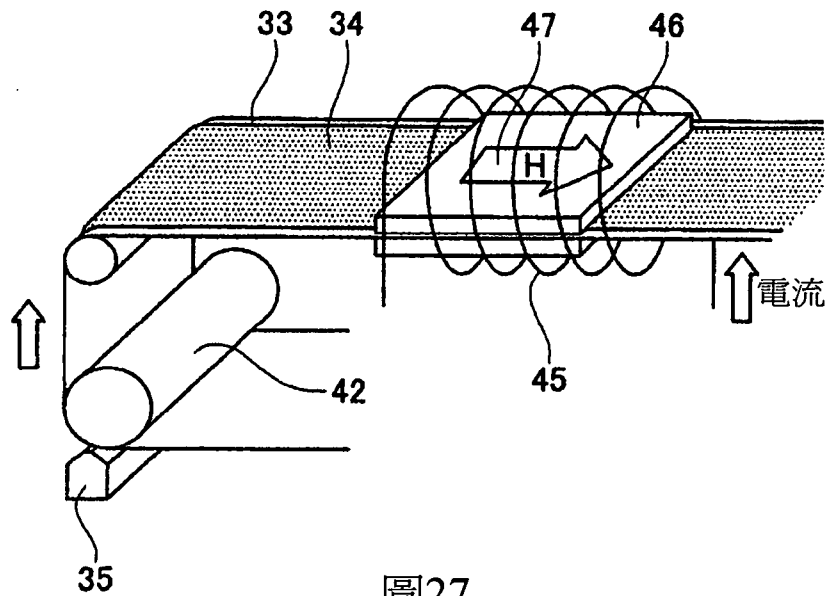


圖27

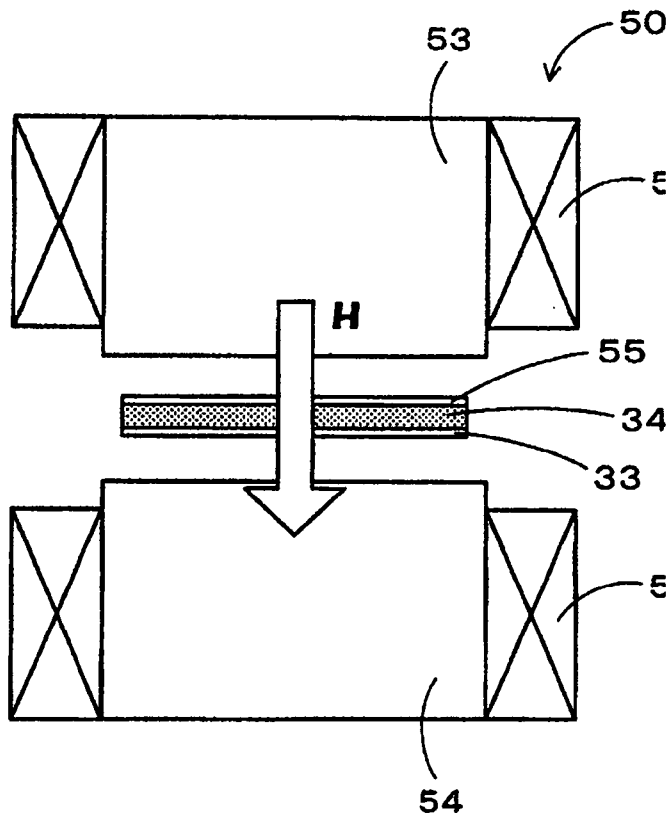


圖28

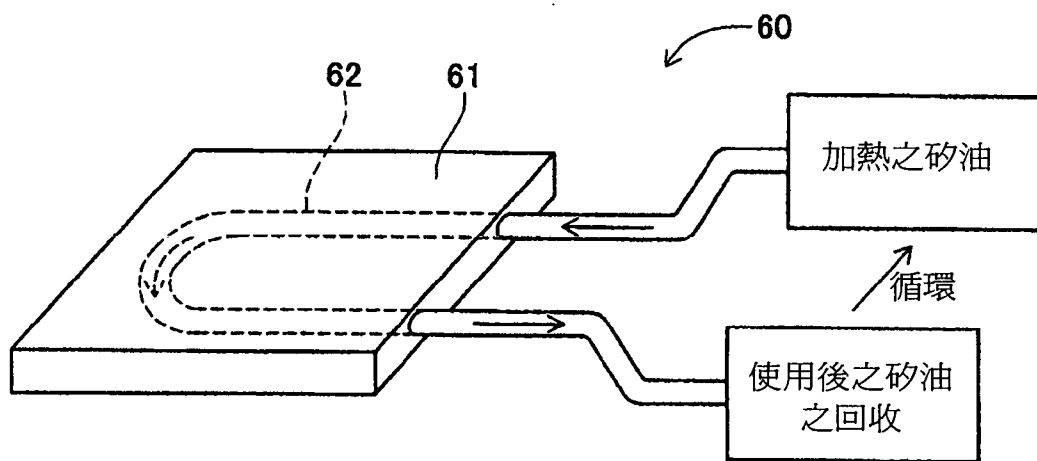


圖29

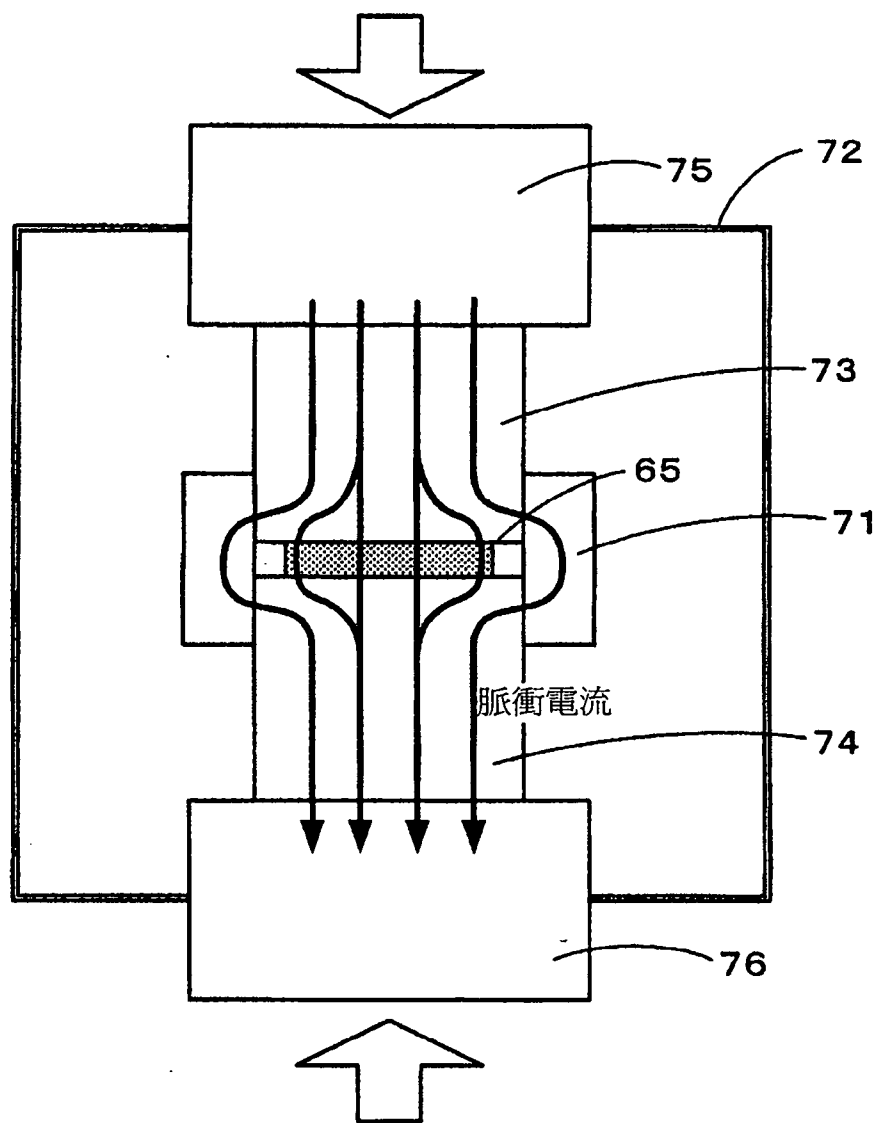


圖30



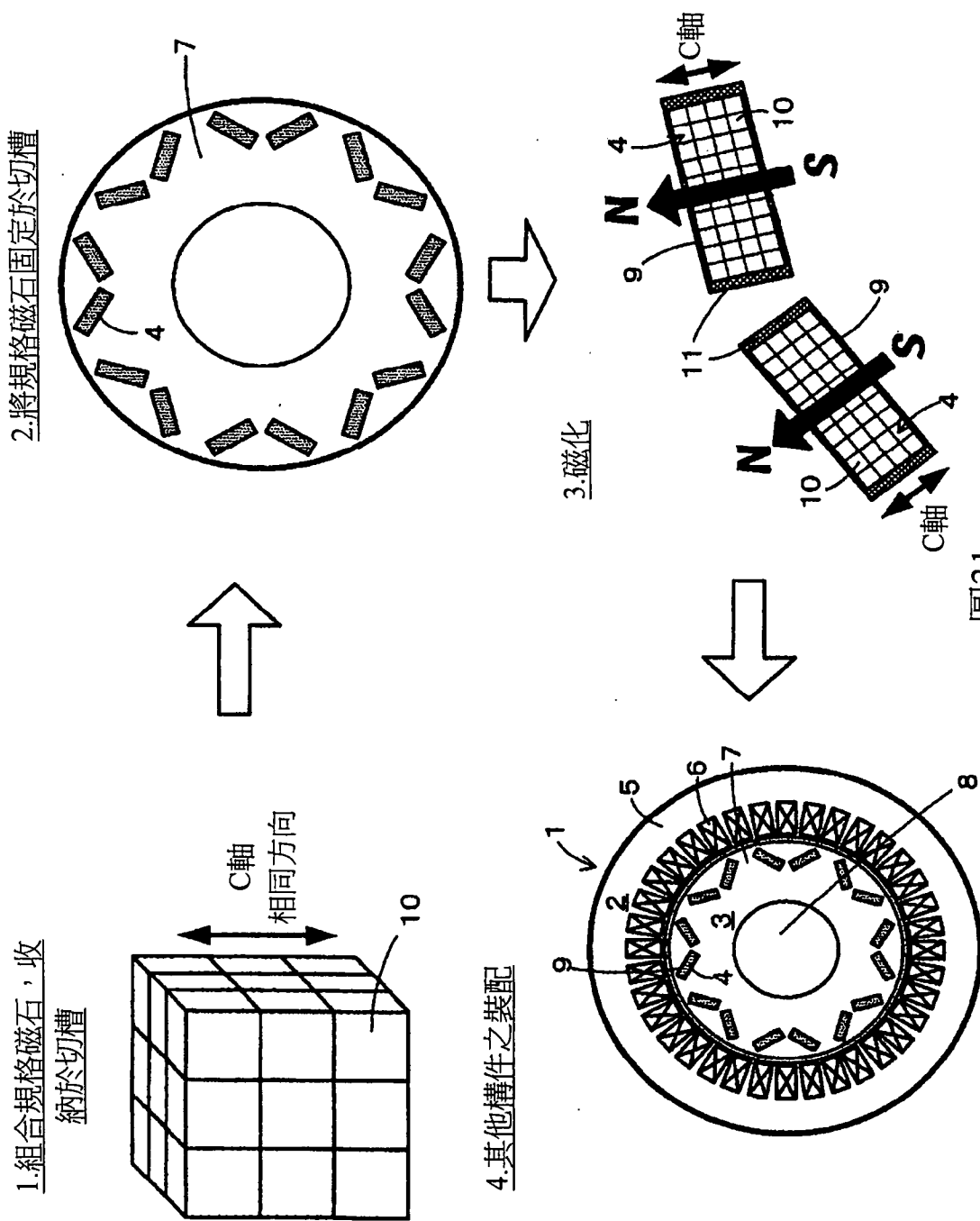


圖31