

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：94167366

※ 申請日期：94.7.10

※IPC 分類：G01R 33/09

一、發明名稱：(中文/英文)

製造磁性感測器之方法、使用在該方法中之磁性陣列及製造該磁性陣列之方法

METHOD FOR MANUFACTURING MAGNETIC SENSOR, MAGNET ARRAY USED IN THE METHOD, AND METHOD FOR MANUFACTURING THE MAGNET ARRAY

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商山葉股份有限公司

YAMAHA CORPORATION

代表人：(中文/英文)

伊藤 修二

ITO, SHUJI

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國靜岡縣濱松市中澤町10番1號

10-1, NAKAZAWA-CHO, HAMAMATSU-SHI, SHIZUOKA-KEN, JAPAN

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1.大橋 俊幸

OOHASHI, TOSHIYUKI

2.相曾 功吉

AISO, KOKICHI

國 籍：(中文/英文)

1.-2.均日本 JAPAN

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本；2004年03月12日；特願2004-070927

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種使用具有多膜層壓固定層之磁阻元件(所謂的合成自旋閥膜)來製造磁性感測器之方法、一種適合使用在該方法中之磁性陣列以及一種用於製造該磁性陣列之方法。

【先前技術】

一傳統上熟知的巨磁阻元件(下稱「GMR元件」)包括一固定層，該固定層包括一被固定層(pinned layer)，以及一釘扎層(pinning layer)，用於沿一固定方向固定該被固定層的磁化；一自由層，其磁化方向根據一外部磁場而變化；以及一間隔層，其係置放於該被固定層與該自由層之間並且係由一非磁性電導體製成。該GMR元件的電阻根據該被固定層之磁化方向與該自由層之磁化方向之間的角度而變化。換言之，該GMR元件的電阻根據該外部磁場之與該被固定層之磁化方向對齊的一分量而變化。因此，該GMR元件的磁性偵測方向與該被固定層之磁化方向一致。

該GMR元件用在磁性感測器中，例如一地磁感測器。在此一應用中，即使當GMR元件係曝露於一強磁場或高溫時，其固定層也必須表現出穩定的磁化。如果固定層的磁化變化，則GMR元件的電阻特徵將變化。為滿足要求，已開發出一GMR元件(所謂的合成自旋閥膜)，其中以一多膜層壓固定層來取代傳統的固定層。

該多膜層壓固定層之一被固定層包括一鄰近一間隔層之

第一鐵磁膜；一層壓於該第一鐵磁膜上之第二鐵磁膜；以及一夾入於該第一鐵磁膜與該第二鐵磁膜之間的交換耦合膜。該多膜層壓固定層之一釘扎層係由反鐵磁體所製成，並且係層壓於第二鐵磁層上。該釘扎層係交換耦合至該第二鐵磁層，從而沿一固定的方向固定該第二鐵磁膜的磁化。該第一鐵磁膜與該第二鐵磁膜係經由該交換耦合膜而彼此交換耦合，藉此沿固定的方向將該第一鐵磁膜之磁化固定(例如，參閱日本專利第2786601號(第0016至0024段與圖5))。

同時，使用一GMR元件並且係調適成偵測一外部磁場之方向的一磁性感測器(例如，地磁感測器)需要具有不同磁性偵測方向之至少兩個GMR元件。該外部磁場的方向係與該磁場之兩個向量之一合成向量的方向一致，該等兩個向量係分別由該等兩個GMR元件偵測到，並且係分別與該等兩個GMR元件之磁性偵測方向對齊。此一磁性感測器稱為一雙軸磁性感測器。

為固定一合成自旋閥膜之一被固定層的磁化，必須執行一步驟，其中將一元件膜保持於高溫達一預定的時間週期，同時於其上施加很強的磁場(熱處理程序)。因此，為縮小雙軸磁性感測器(其使用兩個GMR元件，該等GMR元件之合成自旋閥膜具有不同的磁性偵測方向)之尺寸，必須於靠近的位置產生兩個方向彼此不同(例如方向彼此垂直)的強磁場。然而，產生此類磁場很難。因此，在大規模生產中，使用合成自旋閥膜之小型雙軸磁性感測器會遇

到困難。

【發明內容】

本發明之一目的係提供一種用於製造一磁性感測器之方法，其可大規模地生產使用合成自旋閥膜之小型雙軸磁性感測器、一種適合用在該方法中之磁性陣列以及一種用於製造該磁性陣列之方法。

本發明之一製造方法係調適成製造一磁性感測器，其使用具有一合成自旋閥膜之巨磁阻元件(GMR元件)。該GMR元件包含一固定層，該固定層包括一被固定層，以及一釘扎層，用於沿一固定方向固定該被固定層的磁化；一自由層，其磁化方向根據一外部磁場而變化；以及一間隔層，其係置放於該被固定層與該自由層之間並且係由一非磁性電導體製成。

該固定層係一多膜層壓固定層，並且係配置成使得：

該被固定層包含一鄰近該間隔層之第一鐵磁膜；一層壓於該第一鐵磁膜上之第二鐵磁膜；以及一夾入於該第一鐵磁膜與該第二鐵磁膜之間的交換耦合膜；

該釘扎層包含一由反鐵磁體所製成的交換偏壓膜，其係在與該交換耦合膜相反的一側鄰近該第二鐵磁膜置放，並且係調適成透過與該第二鐵磁膜的交換耦合而沿一固定的方向固定該第二鐵磁膜的磁化；以及

該第一鐵磁膜與該第二鐵磁膜係經由該交換耦合膜而彼此交換耦合。

在藉由本發明之方法所製造的磁性感測器中，於一基板

上置放至少兩個此類 GMR 元件，並且該等 GMR 元件之被固定層之磁化方向係實質上彼此垂直。

本發明用於製造如此配置之磁性感測器之方法包含下列步驟：

(1)製備一磁性陣列；

(2)製造一晶圓，其具有欲變為該等 GMR 元件之元件膜；以及

(3)沿分別固定的方向將欲變為該等固定層之膜的磁化固定。

(1)按下列方式執行製備一磁性陣列的步驟：

製備一磁性陣列，其包含複數個永久磁體以及一由磁性材料所製成的薄板軛，每一永久磁體具有實質上長方體形狀，該長方體具有一垂直於其軸所作的實質上方形形狀的斷面，並且每一永久磁體具有產生於其對應相反端面上之磁極，該等端面具有垂直於該軸之實質上方形形狀；

以一方式配置該等複數個永久磁體，使得其實質上方形端面之每一端面之形心係與一四方晶格之一晶格點一致，配置於該四方晶格之相同晶格線上的永久磁體係使得一特定永久磁體之端面之一側係實質上與另一永久磁體之端面之一側對齊，使得該等複數個永久磁體之端面實質上存在於相同的平面上，使得產生於兩個相鄰、最近永久磁體之端面上的磁極具有不同極性；以及

該軛具有複數個穿透孔，其按照與該等已配置的永久磁體實質上相同的方式予以配置，每一穿透孔包含一方形部

分，其形狀實質上相同於該永久磁體之實質上方形斷面，以及多個矩形部分，每一矩形部分係沿該方形部分(方形)之一側之一中心部分形成並且以該中心部分為其長邊；穿過該等複數個穿透孔之對應方形部分而插入該等複數個永久磁體；以及該等複數個永久磁體之端面所在的一平面係位於該軌之一上表面與一下表面之間。

當在平面中觀察該磁性陣列時，從一特定的N極朝一位於該N極右側的S極產生一朝右的磁場；從該N極朝一位於該N極上側的S極產生一朝上的磁場；從該N極朝一位於該N極左側的S極產生一朝左的磁場；以及從該N極朝一位於該該N極下側的S極產生一朝下的磁場。同樣，從一位於一特定S極右側的N極朝該S極產生一朝左的磁場；從一位於該S極上側的N極朝該S極產生一朝下的磁場；從一位於該S極左側的N極朝該S極產生一朝右的磁場；從一位於該S極下側的N極朝該S極產生一朝上的磁場。與磁場相關的磁力線沿該軌行進，穿過該軌的矩形部分，並且沿該等矩形部分附近行進。因此，於該軌之相鄰的矩形部分處，以及於直接在該等矩形部分上方的部分處，產生相互正交、很強的磁場。

(2)按照下列方式執行晶圓製造步驟以製造具有欲變為GMR元件之元件膜之晶圓：

製造一晶圓，其中於該基板上形成多個元件膜，各元件膜包括一欲變為該固定層的膜、一欲變為該間隔層的膜，以及一欲變為該自由層的膜。

在此種情形下，按照下列方式來製造該晶圓：於該基板上置放至少兩個島狀元件膜，每一島狀元件膜包括該欲變為該固定層之膜、該欲變為該間隔層之膜，以及該欲變為該自由層之膜；並且當在平面中觀察時，形成該等至少兩個元件膜，使得當一元件膜係置放於一對應於沿該磁性陣列之一特定方形部分之一特定側形成的一特定矩形部分之一位置(即置放於該特定矩形部分之內部)時，另一元件膜係置放於一對應於沿該方形部分之一側形成的另一矩形部分之一位置(即置放於該另一矩形部分之內部)，該方形部分之該側鄰近於該方形部分之前述側。

(3) 按下列方式執行固定步驟，以便沿分別固定的方向將欲變為該等固定層之膜的磁化固定。

於其上形成該等元件膜之晶圓係置放為接近該磁性陣列，使得該晶圓之平面係與該軌之平面平行，從而將產生於該軌之矩形部分附近(矩形部分處及/或周圍)的磁場施加於該晶圓上，並且係保持於高溫下，藉此可關於欲變為固定層之該等膜同時執行沿一固定方向的磁化固定。

若係於該晶圓上形成至少兩個島狀元件膜，則藉由將該晶圓置放為接近該磁性陣列，使得在平面中觀察時，當一元件膜係置放於一對應於沿該磁性陣列之一特定方形部分之一特定側形成的一特定矩形部分之一位置(即置放於該特定矩形部分內部)時，另一元件膜係置放於一對應於沿該方形部分之一側形成的另一矩形部分之一位置(即置放於該另一矩形部分內部)，該方形部分之該側係鄰近於該

方形部分之前述側，而將產生於該磁性陣列之矩形部分附近(矩形部分處及/或周圍)之磁場施加於該等元件膜上。該等元件膜係保持於高溫，藉此沿分別固定的方向同時固定欲變為該等元件膜之固定層的膜之磁化。

如上所述，於該磁性陣列之軌之相鄰的矩形部分處，以及於該等矩形部分附近(直接位於其上方)的部分處，產生相互正交、很強的磁場。因此，可將強磁場施加於兩個相鄰的元件膜，以便可將元件膜之合成自旋閥膜之被固定層之磁化可靠地固定。而且，可形成一雙軸磁性感測器，其中至少兩個GMR元件彼此非常靠近地置放於相同的基板上，並且其中GMR元件之合成自旋閥膜之被固定層之磁化方向係彼此垂直。而且，藉由使用上述磁性陣列，可關於形成於單一晶圓上的複數個元件膜之被固定層而同時(在相同的熱處理程序中)執行磁化的固定，以便產生兩個或多個(大量)雙軸磁性感測器。因而，可以低成本製造一雙軸磁性感測器。

在上述方法中使用根據本發明之磁性陣列來製造磁性感測器。較佳地，在平面中觀察時，在磁性陣列之軌中，於若干位置形成開口，使得藉由連接四方晶格之晶格點而形成的方形之形心係位於對應的開口內(即所形成的每一開口包圍藉由連接該四方晶格之相鄰晶格點而形成的方形之形心)。該等開口可能實質上係圓形的。

形成開口的位置係延伸自(或產生自)永久磁場之磁極的磁力線相交而使得磁場不穩定的位置。於此類位置形成開

口可防止磁力線相交，從而消除磁場中的不穩定性。因而，可於該軌之每一矩形部分中局部地產生一穩定、強烈、均勻的磁場。因此，使用磁性陣列允許，例如，有效地固定欲變為固定層之膜之磁化，以及有效地磁化一磁性感測器之一偏磁膜。

較佳地，在平面中觀察時，該軌之每一穿透孔具有邊緣部分，其具有一實質上圓弧形狀，並且係按朝外擴展的方式形成於該穿透孔之方形部分之對應角落處。

若係在軌中藉由，例如蝕刻，形成方形的穿透孔，則蝕刻不足會使方形穿透孔具有圓形角落，從而可能產生永久磁體無法穿過對應穿透孔而插入的問題。相反，在上述軌之製造中，亦蝕刻邊緣部分，使得可穿過對應的穿透孔可靠地插入永久磁體。

上述磁性陣列包含一由薄板形成的陣列基板，複數個排列於該陣列基板上的永久磁體，以及一置放於該等複數個永久磁體之上部並且係由一磁性材料薄板所形成的軌。可以包含下列步驟之方法來製造該磁性陣列：

藉由以一預定的四方晶格陣列於該薄板中形成複數個溝槽而製備該陣列基板，每一該等溝槽具有一預定的深度與一實質上相同於永久磁體之端面形狀之方形形狀；

藉由以該預定的四方晶格陣列於該磁性材料薄板中形成複數個穿透孔而製備該軌，每一該等穿透孔包含一方形部分，其具有一實質上相同於該陣列基板之溝槽形狀的方形形狀，以及多個矩形部分，每一矩形部分係沿該方形部分

之一側之一中心部分而形成並以該中心部分為其長邊；

於該陣列基板上兩列平行相鄰的溝槽之間形成每一稜柱狀(稜柱式)間隔物；

以一方式將該軌放置於該等間隔物上，使得在平面中觀察時，該陣列基板之該等複數個溝槽係與該軌之對應的穿透孔對齊；

以該等永久磁體之下部端面鄰接該等溝槽之對應底部表面之方式，穿過該軌之對應的穿透孔將該等複數個永久磁體插入該陣列基板之對應的溝槽，每一永久磁體具有一實質上長方體形狀，該長方體具有垂直於其軸所作的方形形狀斷面(具有方形形狀的斷面)，該方形形狀實質上相同於該陣列基板之溝槽的形狀以及該軌之穿透孔之方形部分的形狀，每一永久磁體的磁極產生於其具有方形形狀之對應相反端面上；

提升該軌，直至該等永久磁體之上部端面所在的表面係位於該軌之上表面與下表面之間；以及

移除該等間隔物。

較佳地，製備該軌之步驟包括於薄板中的若干位置形成開口之步驟，在平面中觀察時，藉由連接該四方晶格之晶格點而形成之方形的形心位於該等位置處。

較佳地，在提升該軌的步驟中，藉由以一工具將該軌固持於該等開口處而提升該軌。

【實施方式】

下文中將參考附圖詳細說明本發明的具體實施例。首先

將說明根據本發明之磁性感測器之一具體實施例。將該磁性感測器分類為圖1所示的一N型磁性感測器10以及圖2所示的一S型磁性感測器30。藉由下述製造方法來製造N型與S型磁性感測器10與30。

除圖1與圖2之黑色實心箭頭所表示的被固定層之固定磁化方向以及圖1與圖2之空心箭頭所表示的一自由層在初始狀態(未施加外部磁場時的狀態)的磁化方向之外，N型磁性感測器10與S型磁性感測器30具有實質上相同的形狀與組態。因此，下文將主要論述N型磁性感測器10。

如圖1所示，該磁性感測器10包括一單一基板(單石晶片)10a以及形成於該基板10a上(或上方、上面)之八個GMR元件11至14以及21至24。基板10a係由石英玻璃製成。基板10a係薄板，當在平面中觀察時，其具有一矩形形狀(實質上方形形狀)，該矩形形狀之各側沿相互正交的X軸與Y軸延伸，並且基板10a沿垂直於X與Y軸之Z軸具有一小厚度。

除了基板10a上的配置之外，GMR元件11至14與21至24具有實質上相同的結構。因此，將代表性地說明第一X軸GMR元件11的結構。

如圖3A(其係第一X軸GMR元件11之平面圖)以及圖3B(其係第一X軸GMR元件11沿圖3A之線1-1所作的示意斷面圖)所示，該第一X軸GMR元件11包括複數個沿Y軸延伸的狹帶部分11a，以及複數個形成於狹帶部分11a之縱向相反端部(關於Y軸相反的端部)下方的偏磁膜11b。

狹帶部分11a係由合成自旋閥膜SAF所形成，其構成具有一多膜層壓固定層之磁阻元件。偏磁膜11b係由具有高矯頑力與高剩磁比率之硬鐵磁材料(例如CoCrPt)所製成，並且係磁化為永久磁性膜。狹帶部分11a係於偏磁膜11b之上表面磁性耦合至偏磁膜11b。

圖4顯示第一X軸GMR元件11之合成自旋閥膜SAF。第一X軸GMR元件11之合成自旋閥膜SAF包括一形成於基板10a上的介電層10b(包括佈線層)；一形成於介電層10b上的自由層F；一形成於自由層F上的間隔層S；一形成於間隔層S上的固定層P；以及一形成於固定層P上的覆蓋層C。於基板10a中或其上形成磁性感測器10之元件，例如電晶體與記憶體等。於介電層10b中包括佈線層。佈線層連接元件、觸點區與GMR元件等，以形成感測器10。觸點區經由焊接至觸點區之上表面之Au線路連接磁性感測器10與外部設備。佈線層可稱為導線。基板10a與介電層10b統稱為「基板」，此係由於GMR元件11至14以及21至24係形成於其上。

自由層F的磁化方向根據外部磁場的方向而變化。該自由層F包括一形成於該基板(介電層10b)上並具有8 nm(80埃)厚度之CoZrNb非晶磁性層11-1；一形成於該CoZrNb非晶磁性層11-1上並具有3.3 nm(33埃)厚度之NiFe磁性層11-2；以及一形成於該NiFe磁性層11-2上並具有大約1 nm至3 nm(10埃至30埃)厚度之CoFe層11-3。CoZrNb非晶磁性層11-1與NiFe磁性層11-2構成一軟鐵磁膜。CoFe層11-3防止

Ni從NiFe層11-2擴散以及防止Cu從間隔層S之Cu層11-4擴散。

間隔層S係由Cu製成並具有2.4 nm(24埃)厚度的導電膜。

固定層(磁化固定層或釘扎層)P包括一由CoFe製成並具有2.5 nm(25埃)厚度之第一鐵磁膜11-5；一層壓於該第一鐵磁膜11-5上、由Ru製成並具有0.8 nm至0.9 nm(8埃至9埃)厚度之交換耦合膜11-6；一層壓於該交換耦合膜11-6上、由CoFe製成並具有2.2 nm(22埃)厚度之第二鐵磁膜11-7；以及一層壓於該第二鐵磁膜11-7上、具有24 nm(240埃)厚度並由Pt含量為45 mol%至55 mol%之PtMn合金所製成的一交換偏壓膜(反鐵磁膜)11-8。

如上所述，將交換耦合膜11-6夾入該第一鐵磁膜11-5與該第二鐵磁膜11-7之間。第一鐵磁膜11-5、交換耦合膜11-6與第二鐵磁膜11-7構成一被固定層，其磁化係沿固定的方向被固定，使得磁化方向不隨外部磁場的變化而變化。交換偏壓膜11-8係用於沿固定方向將被固定層之磁化固定之釘扎層。

當膜11-5至11-8層壓於其中的元件經歷有序熱處理(一熱處理程序，其中於預定高溫下將預定強磁場施加於該元件上達一預定時間週期)時，該交換偏壓膜11-8係交換耦合至第二鐵磁膜11-7，從而沿固定的方向將第二鐵磁膜11-7之磁化(磁化向量)固定。經由交換耦合膜11-6將第一鐵磁耦合膜11-5與第二鐵磁膜11-7彼此交換耦合。因此，沿固定

的方向將第一鐵磁膜11-5的磁化固定。應注意，第一鐵磁膜11-5之磁化方向與第二鐵磁膜11-7之磁化方向係彼此反平行。例如，在圖1中，當執行有序熱處理同時將磁場方向設定為X軸之正方向時，沿X軸之負方向將第一X軸GMR元件11之第一鐵磁膜11-5之磁化固定。第一鐵磁膜11-5之磁化方向係將第一X軸GMR元件之被固定層之磁化固定的方向。

覆蓋層C具有一1.5 nm(15埃)的厚度並且係由鈦(Ti)或鉭(Ta)製成。

圖3A與3B所示的偏磁膜11b沿自由層F之縱向方向將一偏磁場施加於自由層F上，以便維持自由層F之單軸各向異性。在第一X軸GMR元件11中，偏磁膜11b沿Y軸之負方向施加一偏磁場。

如此配置之第一X軸GMR元件11表現出下列特徵。如圖5中的實線所示，在存在沿X軸變化的外部磁場之情形下，第一X軸GMR元件11之電阻實質上與 $-H_c$ 至 $+H_c$ 範圍內的外部磁場成比例而變化。如圖5中的虛線所示，在存在沿Y軸變化之外部磁場之情形下，第一X軸GMR之電阻實質上係恆定的。換言之，第一X軸GMR元件11沿被固定層之磁化被固定的方向偵測一磁場。

第一X軸GMR元件11係形成於基板10a上關於基板10a之中心部分朝向Y軸之負方向的一側上的一位置，並且在基板10a關於X軸之負方向之一邊緣部分附近。如上所述，沿X軸的負方向將第一X軸GMR元件11之被固定層之磁化固

定。第二X軸GMR元件12係形成於基板10a上關於基板10a之中心部分朝向Y軸之正方向之一側上的一位置處，並且位於基板10a關於X軸負方向之一邊緣部分附近；並且沿X軸負方向將第二X軸GMR元件12之被固定層之磁化固定。第三X軸GMR元件13係形成於基板10a上關於基板10a之中心部分朝向Y軸之正方向之一側上的一位置處，並且位於基板10a關於X軸正方向之一邊緣部分附近；並且沿X軸正方向將第三X軸GMR元件13之被固定層之磁化固定。第四X軸GMR元件14係形成於基板10a上關於基板10a之中心部分朝向Y軸之負方向之一側上的一位置處，並且位於基板10a關於X軸正方向之一邊緣部分附近；並且沿X軸正方向將第四X軸GMR元件14之被固定層之磁化固定。

第一Y軸GMR元件21係形成於基板10a上關於基板10a之中心部分朝向X軸之負方向之一側上的一位置處，並且位於基板10a關於Y軸正方向之一邊緣部分附近；並且沿Y軸正方向將第一Y軸GMR元件21之被固定層之磁化固定。第二Y軸GMR元件22係形成於基板10a上關於基板10a之中心部分朝向X軸之正方向之一側上的一位置處，並且位於基板10a關於Y軸正方向之一邊緣部分附近；並且沿Y軸正方向將第二Y軸GMR元件22之被固定層之磁化固定。第三Y軸GMR元件23係形成於基板10a上關於基板10a之中心部分朝向X軸之正方向之一側上的一位置處，並且位於基板10a關於Y軸負方向之一邊緣部分附近；並且沿Y軸負方向將第三Y軸GMR元件23之被固定層之磁化固定。第四Y軸

GMR元件24係形成於基板10a上關於基板10a之中心部分朝向X軸之負方向之一側上的一位置處，並且位於基板10a關於Y軸負方向之一邊緣部分附近；並且沿Y軸負方向將第四Y軸GMR元件24之被固定層之磁化固定。

接下來，將說明一包括GMR元件11至14之X軸磁性感測器(沿X方向偵測磁場之磁性感測器)，以及一包括GMR元件21至24之Y軸磁性感測器(沿Y方向偵測磁場之磁性感測器)。

如圖6A之等效電路所示，經由未圖示的導體完全橋接第一至第四X軸GMR元件11至14，來配置X軸磁性感測器。在圖6A中，分別附隨第一至第四X軸GMR元件11至14之曲線圖顯示與其相鄰之GMR元件之特徵(電阻R隨外部磁場變化)。出現於曲線圖中之 H_x 表示外部磁場，其強度沿X軸而變化(外部磁場之X軸分量)。

在上述組態中，第一X軸GMR元件11與第四X軸GMR元件14之連接點以及第二X軸GMR元件12以及第三X軸GMR元件13之連接點係分別連接至一未圖示恆定電壓源之正極與負極(接地)，藉此將電位 $+V$ (在本具體實施例中係5 V)以及電位 $-V$ (在本具體實施例中係0 V)施加於個別的連接點。獲得第一X軸GMR元件11及第三X軸GMR元件13之連接點與第四X軸GMR元件14及第二X軸GMR元件12之連接點之間的電位差 V_{0x} 作為感測器輸出。因此，如圖6B所示，X軸磁性感測器輸出電壓 V_{0x} ，其係實質上與沿X軸變化的外部磁場 H_x 成比例，並且隨外部磁場 H_x 增加而降低。

Y軸磁性感測器係經由未圖示的導體完全橋接第一至第四Y軸GMR元件21至24來配置。Y軸磁性感測器輸出電壓 V_{0y} ，其係實質上與沿Y軸而變化的外部磁場 H_y 成比例並且隨外部磁場 H_y 增加而降低。如上所述配置N型磁性感測器10。

同時，如圖2所示，S型磁性感測器30包括GMR元件31至34與41至44。磁性感測器30係以類似於磁性感測器10之方式配置，並且係由X軸磁性感測器與Y軸磁性感測器所組成。

明確言之，磁性感測器30之X軸磁性感測器係經由未圖示的導體完全橋接第一至第四X軸GMR元件31至34來配置。磁性感測器30之X軸磁性感測器輸出一電壓 V_{0x} ，其係實質上與外部磁場 H_x 成比例，並且係隨外部磁場 H_x 增加而增加。磁性感測器30之Y軸磁性感測器係經由未圖示的導體完全橋接第一至第四Y軸GMR元件41至44來配置。磁性感測器30之Y軸磁性感測器輸出一電壓 V_{0y} ，其係實質上與外部磁場 H_y 成比例，並且係隨外部磁場 H_y 增加而增加。

接下來，將說明根據本發明之一磁性陣列50之一具體實施例。磁性陣列50係用於沿分別固定的方向將磁性感測器10與30之固定層P之被固定層之磁化固定。如圖7與8所示，磁性陣列50包括一軌(軌板)60、一陣列基板70以及複數個永久磁體(永久條狀磁體)80。

圖9至11顯示軌60。圖9係軌60之平面圖；圖10係圖9之

放大局部視圖；而圖 11 係軛 60 沿圖 10 之線 2-2 所作的斷面圖。軛 60 係由導磁率高於空氣之磁性材料所製成的薄板部件，如 42 合金 (Fe-42 Ni 合金，其中 Ni 含量為 42 wt.%)。軛 60 可由高飽和、高導磁率材料製成，例如 Permalloy (高導磁合金) 或矽鋼 (薄片)。

在平面中觀察時，軛 60 具有一矩形形狀。在本具體實施例中，軛 60 的厚度為 0.15 mm。軛 60 包括複數個穿透孔 61 以及複數個開口 (磁通量控制孔) 62。如圖 12 之放大圖所示，每一穿透孔 61 包括一單一方形部分 61a、四個矩形部分 61b 以及四個邊緣部分 (圓弧部分或 R 部分) 61c。

在平面中觀察時，方形部分 61a 具有一方形形狀。每一矩形部分 61b 具有一矩形形狀，其係以擴展至方形部分 61a 之外部的方式沿方形部分 61a 之一側之一中心部分形成，並且以該中心部分為其長邊 (即中心部分形成該矩形形狀的一長邊)。每一邊緣部分 61c 從方形部分 61a 之一對應角落部分擴展至該方形部分 61a 之外部。更明確言之，每一邊緣部分 61c 具有一圓弧形狀，其中心 RP 係位於方形部分 61a 之對角線 CR 上。

該等複數個穿透孔 61 係配置成一四方晶格陣列。換言之，每一穿透孔 61 的形心 (每一方形部分 61a 的形心) 係與圖 10 所示之四方晶格之晶格點 SP 相一致。特定穿透孔 61 之方形部分 61a 之一側係平行於相鄰穿透孔 61 之方形部分 61a 之一側。一特定穿透孔 61 之方形部分 61a 之一側係與形成於與該特定穿透孔 61 相同的行或列中之另一穿透孔 61 之方形

部分61a之一側對齊。同樣，一特定穿透孔61之矩形部分61b之一側係與形成於與該特定穿透孔61相同的行或列中之另一穿透孔61之矩形部分61b之一側對齊。

於若干位置形成開口62，使得藉由連接四方晶格之晶格點SP而形成之方形之形心CP係位於對應的開口62內。亦即，所形成的每一開口62包圍藉由連接四方晶格之相鄰晶格點SP而形成之方形之形心CP。更明確言之，如在平面中觀察，每一開口62係一圓形穿透孔，其中心位於形心CP處。

圖13與14所示之陣列基板70係由圖15所示磁性材料(例如Permalloy(高導磁合金)，如42合金)之一薄板70a所形成。如在平面中觀察，陣列基板70具有一實質上與軌60之形狀相同的矩形形狀。陣列基板70包括複數個溝槽70b。如在平面中觀察，該等複數個溝槽70b係位於與軌60之穿透孔61之對應方形部分61a相同的位置。每一溝槽70b具有一實質上與穿透孔61之方形部分61a之形狀相同的方形形狀。

每一永久條狀磁體80具有長方體形狀。藉由一垂直於長方體之中心軸(例如長方體之相對較長軸)之一平面切割的長方體斷面具有一實質上與穿透孔61之方形部分61a以及陣列基板70之溝槽70b之形狀相同的方形形狀。每一永久條狀磁體80的磁極產生於其具有方形形狀之對應相反端面附近。複數個永久條狀磁體80具有實質上相同的磁荷。將永久條狀磁體80插入陣列基板70之對應溝槽70b中，並且

穿過軛60之對應方形部分61a，藉此固持到位。配置永久條狀磁體80，使得兩個相鄰、最近的永久條狀磁體80之極性在產生於其端面上的磁極之間不同(即產生於兩個相鄰、最近永久磁體之端面上的磁極在極性上不同)。

磁性陣列50之上述說明可概述如下。磁性陣列50包括複數個永久條狀磁體80以及一由磁性材料所製成的薄板軛60。每一永久條狀磁體80具有一實質上長方體之形狀。該長方體具有沿垂直於其軸所作之實質上方形形狀的斷面。每一永久條狀磁體80的磁極產生於其對應的相反端面上，該等端面具有垂直於該軸之實質上方形的形狀。

以一方式配置該等複數個永久條狀磁體80，使得其實質上方形端面之每一端面之形心係與一四方晶格之一晶格點SP一致，並且配置於四方晶格之相同晶格線上的永久條狀磁體80係使得一特定永久條狀磁體80之端面之一側係實質上與另一永久條狀磁體80之端面之一側對齊。而且，以一方式配置該等複數個永久條狀磁體80，使其端面實質上存在於相同的平面上，並且產生於兩個相鄰、最近永久條狀磁體80之端面上的磁極在極性上不同。

軛60具有複數個穿透孔61，其係按照與已配置的永久條狀磁體80相同的方式加以配置。每一穿透孔61包括一方形部分61a，其形狀實質上與永久條狀磁體80之斷面之實質上方形形狀相同，以及多個矩形部分61b，每一矩形部分係沿方形部分61a之一側之一中心部分形成並且以該中心部分為其長邊。穿過該等複數個穿透孔61之對應方形部分

61a而插入該等複數個永久條狀磁體80。永久條狀磁體80之端面所在的平面係位於軌60之上表面與下表面之間。

接下來，將說明用於製造磁性陣列50之一方法。首先，製備用於形成軌60之一板。於該板上執行蝕刻，從而形成穿透孔61與開口62。接下來，製備用於形成陣列基板70之薄板70a(參見圖15)。於薄板70a上執行蝕刻(半蝕刻)，從而形成溝槽70b(參見圖13與14)。

接下來，如圖16之透視圖以及圖17之斷面圖所示，於陣列基板70上配置由玻璃製成的稜柱狀(稜柱式)間隔物90。每一間隔物90係置放於陣列基板70上兩列相鄰平行的溝槽70b之間。在如此置放的間隔物90中，間隔物90沿Z軸之長度短於永久條狀磁體80之相反端面(於其上形成磁極)之間的長度。

隨後，將軌60放置於間隔物90上。在此種情形下，以一方式置放軌60，使得在平面中觀察時，陣列基板70之溝槽70b係與軌60之穿透孔61之對應方形部分61a對齊。為輔助置放工作，可於軌60上以及陣列基板70上提供一定位遮罩(對齊遮罩)。應注意，在圖16中，省略邊緣部分61c。

接下來，如圖17所示，穿過對應的穿透孔61插入永久條狀磁體80。以一方式執行插入工作，使得永久條狀磁體80之已極化第一側端面鄰接陣列基板70之溝槽70b之對應底部表面。因此，永久條狀磁體80之已極化第二側端面(為方便起見，下稱「上表面」)係存在於實質上相同的平面中(相同的平面上)。而且，配置永久條狀磁體80，使得在

包括永久條狀磁體80之上表面之平面中觀察時，產生於兩個相鄰、最近永久磁體80之端面上的磁極在極性上不同。

結果，如圖18所示配置永久條狀磁體80。在此狀態中，可防止永久條狀磁體80沿X軸與Y軸方向移動，因為將永久條狀磁體80插入溝槽70b以及軌60之穿透孔61之方形部分61a中。

接著，藉由使用開口62來提升軌60(沿Z軸之正方向)。明確言之，提升軌60，同時使用鑷子將其固持於兩個開口62處。藉由使用其他開口62重複地執行此提升工作，以便逐步提升整個軌60。

如圖19所示，以一方式調整軌60的高度(陣列基板70與軌60之間的距離)，使得永久條狀磁體80之上表面(永久條狀磁體80之已極化第二側端面)所定義的一平面係位於軌60之上表面60up與下表面60dn之間。換言之，提升軌60，使得永久條狀磁體80之上表面位於軌60之厚度範圍內。應注意，軌60之上表面60up與永久條狀磁體80之上表面所定義的平面係位於相同的平面中。隨後，移除間隔物90，並且相對於陣列基板70固定軌60。因而便完成了磁性陣列50。

如圖20之局部放大的斷面圖以及圖21之局部放大的平面圖所示，在如此製造的磁性陣列50中，於永久條狀磁體80之上表面(已極化第二側端面)附近，從N極朝鄰近並最靠近個別N極之S極產生磁場。

換言之，當在圖21所示平面中觀察該磁性陣列50時，從

一特定的N極朝一位於該N極右側的S極產生一朝右的磁場；從該N極朝一位於該N極上側的S極產生一朝上的磁場；從該N極朝一位於該N極左側的S極產生一朝左的磁場；以及從該N極朝一位於該該N極下側的S極產生一朝下的磁場。同樣，從一位於一特定S極右側的N極朝該S極產生一朝左的磁場；從一位於該S極上側的N極朝該S極產生一朝下的磁場；從一位於該S極左側的N極朝該S極產生一朝右的磁場；從一位於該S極下側的N極朝該S極產生一朝上的磁場。與磁場相關的磁力線沿該軌60行進，穿過該軌60的矩形部分61b，並且直接位於該等矩形部分61b上方。因此，當提及一特定的方形部分61a時，在直接位於與方形部分61a相關之相鄰矩形部分61b上方之部分處(即直接位於沿方形部分61a之側而形成的矩形部分61b上方的部分處，該等側在方形部分61a中彼此相鄰)局部地產生相互正交、很強的磁場。

而且，磁性陣列50具有開口62。如參考圖10所述，開口62係形成於藉由連接四方晶格之晶格點SP(即藉由連接軌60之穿透孔61(方形部分61a)之形心)而形成的方形之形心CP所在的位置。亦即，所形成的每一開口62包圍藉由連接四方晶格之相鄰晶格點SP而形成之方形之形心CP。形成開口62的位置係延伸(產生)自永久條狀磁場80之磁極的磁力線相交而使得磁場不穩定的位置。於該等位置形成開口62可防止磁力線相交，從而消除磁場中的不穩定性。因而，可於矩形部分61b以及直接位於矩形部分61b上方的部

分處局部地產生穩定、強烈、均勻的磁場。

接下來，將說明用於製造磁性感測器10(30)之一方法。

首先，於圖22所示的晶圓10a1(石英玻璃或Si基板)上形成圖3(B)與4所示的介電層10b。此時，形成預定的線路LSI以及未圖示的線圈用於初始化自由層F。在隨後一步驟，沿圖22之虛線所表示之切割線CL切割晶圓10a1，從而產生基板10a與30a。

接著，形成複數個欲變為GMR元件11至14、21至24、31至34以及41至44之膜(元件膜)M。明確言之，形成欲變為偏磁膜11b之膜。接著，於膜11b上形成多個欲變為合成自旋閥膜SAF之膜，每一膜包括一欲變為該固定層之膜、一欲變為該間隔層之膜以及一欲變為該自由層之膜。以一方式，使用一超高真空裝置執行此薄膜沈積程序，使得以受精確控制的個別厚度連續地層壓組件膜。

將該等膜圖案化，以形成複數個島狀膜M，每一島狀膜M具有與狹帶部分11a相同的形狀。該等膜M欲變為島狀GMR元件。以一方式於石英玻璃10a1形成該等膜M，使得在隨後一步驟沿圖22之虛線所表示的切割線CL切割石英玻璃10a1以藉此形成圖1與2所示的磁性感測器10與30時，於GMR元件11至14、21至24、31至34與41至44之若干位置配置膜M。

換言之，根據上述程序，於基板(晶圓10a1)上置放至少兩個(複數個)島狀元件膜M，每一元件膜M包括一欲變為合成自旋閥膜SAF之膜。如在平面中觀察，形成該等至少

兩個元件膜M，使得當一元件膜M係置放於一對應於沿磁性陣列50之特定方形部分61a之特定側形成的特定矩形部分61b之一位置(即置放於該特定矩形部分61b內部)時，另一元件膜M係置放於一對應於沿方形部分61a之一側形成的另一矩形部分61b之一位置(即置放於該另一矩形部分61b內部)，方形部分61a之該側鄰近於方形部分61a之前述側。

接下來，如圖23所示配置晶圓10a1，係於其上形成膜M以及磁性陣列50。在此配置中，使晶圓10a1上形成膜M之側與軌60之上表面60up接觸。而且，如圖24所示，按照一關係配置晶圓10a1與磁性陣列50，使得對應於磁性感測器10與30之側之切割線CL之每一交點CP與一組四個相鄰永久條狀磁體80之形心一致。因此，當將晶圓10a1放置於磁性陣列50之上表面上，如圖24之箭頭所表示，垂直於膜M之狹帶部分11a之縱向方向將磁場施加於膜M上。

接下來，在真空中將配置成上述關係的晶圓10a1與磁性陣列50加熱至250°C至280°C的溫度(較佳係270°C)，並且係保持於該溫度下達大約三小時。

換言之，將晶圓10a1置放為接近磁性陣列50，使得在平面中觀察時，當一元件膜M係置放於一對應於沿磁性陣列50之特定方形部分61a之一特定側形成的特定矩形部分61b之一位置(即置放於該特定矩形部分61b的內部)時，另一元件膜M係置放於一對應於沿該方形部分61a之一側所形成的另一矩形部分61b之一位置(即置放於該另一矩形部分之

內部)，方形部分61a之該側鄰近於方形部分61a之前述側，將產生於磁性陣列50之矩形部分61b附近(直接位於其上方的部分)的磁場施加於元件膜M，並且將具有元件膜M之晶圓10a1保持於高溫，藉此沿分別固定的方向同時將欲變為複數個元件膜M之固定層之膜(被固定層)的磁化固定。

隨後，可保持不對晶圓10a1加熱，直至晶圓10a1冷卻至室溫。接著，從真空裝置卸載晶圓10a1。形成用於連接膜M的線路以及類似物。最後，沿圖22與24所示的切割線CL切割晶圓10a1。因而，每次可製造大量圖1與2所示單石(單晶片)磁性感測器10與30。

如上所述，本具體實施例執行熱處理程序，其中使用磁性陣列50局部地產生強磁場，並將所產生的強磁場用於固定合成自旋閥膜SAF之被固定層之磁化方向。磁性陣列50包括軌60，其中形成矩形部分61b並將其當作空氣間隙。因此，使用磁性陣列50，可在矩形部分61b附近的空間中產生強烈、均勻的磁場，使可沿分別固定的方向將合成自旋閥膜SAF之被固定層之磁化可靠地固定。

而且，在磁性陣列50之軌60中，於延伸自磁極之磁力線本來會相交而致使磁場不穩定的部分形成開口62。因此，使磁力線的方向特性變為穩定，因而可在更大程度上使開口62附近的磁場穩定。而且，使用開口62來調整軌60與磁性陣列50之陣列基板70之間的距離(軌60的高度)。因此，由於可容易並且理想地調整軌60在高度方向的位置，故可

將最佳的磁場施加於欲變為被固定層並且其磁化欲沿分別固定的方向被固定的膜所在的部分。

如上所述，磁性陣列60可在相鄰的區域(在直接位於相鄰矩形部分61b上方的部分處)產生相交(正交)、強烈、均勻的磁場。因此，可容易地製造一雙軸磁性感測器，其採用具有優異耐熱性、對強磁場具有優異的阻抗性以及良好的溫度特徵之合成自旋閥膜SAF。

除此之外，每一穿透孔61之方形部分61a具有邊緣部分61c，其係以沿對角線向外擴展的方式形成於方形部分61a之對應角落處。因此，即使當在蝕刻穿透孔61之程序中，方形部分61a之角落部分蝕刻不足，亦可穿過對應的穿透孔61可靠地插入永久條狀磁體80。

圖25之曲線圖顯示關於傳統自旋閥膜SV與以上製造之合成自旋閥膜SAF而對退火溫度 T_A 與交換耦合磁場 H_{ua} 之間的關係進行研究的結果。退火溫度 T_A 係GMR元件所保持以進行退火的預定溫度。更明確言之，按照下列方式對GMR元件進行退火：當沿GMR元件之被固定層之被固定磁化方向之相反方向將一具有預定強度(在圖25之範例中係100 Oe)之磁場施加於GMR元件時，透過加熱將該GMR元件保持於退火溫度 T_A ；隨後，可使該GMR元件冷卻至室溫。交換耦合磁場 H_{ua} 係引起以下情況的磁場 H ：當在室溫下，沿已退火之GMR元件之被固定層之被固定磁化方向之相反方向，將磁場 H 施加於已退火之GMR元件時，被固定層之磁化方向從最初固定的磁化方向發生變化。

可從圖 25 看出，藉由本具體實施例之方法所製造的合成自旋閥膜 SAF 表現出高於傳統自旋閥膜 SV 之交換耦合磁場 H_{ex} 值，並且將交換耦合磁場 H_{ex} 保持於高位準，直至與傳統的自旋閥膜 SV 相比，達到較高的退火溫度。

圖 26 之曲線圖顯示關於傳統自旋閥膜 SV 與以上製造之合成自旋閥膜 SAF 而對退火溫度 T_A 與 MR 比率之間的關係進行研究的結果。可從圖 26 看出，藉由本具體實施例之方法所製造的合成自旋閥膜 SAF 表現出高於傳統自旋閥膜 SV 之 MR 比率值，並且將 MR 比率保持於高位準，直至與傳統的自旋閥膜 SV 相比，達到較高的退火溫度。亦即，與傳統的自旋閥膜 SV 相比，本具體實施例之方法所製造之合成自旋閥膜 SAF 表現出更高的耐熱性。因此，即使當磁性感測器 10 與 30 之製造涉及到高溫程序，例如形成保護膜之程序（鈍化處理）或沿分別固定的方向將合成閥膜 SAF 之固定層之磁化固定之後的焊接程序，亦可獲得具有一致特徵的磁性感測器 10 與 30。

接下來，比較以下二者之性能：具有使用磁性陣列 50（其包括軌 60）製造之合成自旋閥膜 SAF（其被固定層係要使得沿一固定的方向將磁化固定）之磁性感測器；以及具有使用一磁性陣列（其係藉由從磁性陣列 50 移除軌 60 而製備）製造之合成自旋閥膜 SAF 之磁性感測器。

圖 27 與 28 係說明用於實驗之磁性感測器之晶圓上之位置的示意圖。圖 27 說明於其上形成大量膜 M 之晶圓。圖 28 係圖 27 所示方形部分之一的放大圖。

圖 29 說明在圖 27 所示 (3, 3)、(3, 5), ..., (7, 5) 與 (7, 7) 之拍攝位置 (X 位置、Y 位置) 中，位於圖 28 所示 (7, 7) 之晶片位置 (X 位置、Y 位置) 處之 X 軸磁性感測器之特徵 (輸出電壓隨外部磁場變化)。使用包括軌 60 之磁性陣列 50 來製造 X 軸磁性感測器。圖 30 說明在圖 27 所示 (3, 3)、(3, 5), ..., (7, 5) 與 (7, 7) 之拍攝位置 (X 位置、Y 位置) 中，位於圖 28 所示 (7, 5) 之晶片位置 (X 位置、Y 位置) 處之 X 軸磁性感測器之特徵。使用藉由從磁性陣列 50 移除軌 60 而製備的磁性陣列來製造 X 軸磁性感測器。

從圖 29 與 30 之間的比較可看出，在使用藉由從磁性陣列 50 移除軌 60 而製備的磁性陣列來製造的 X 軸磁性感測器中，形成於拍攝位置 (7, 3) 中之 X 軸磁性感測器與普通的 X 軸磁性感測器相比表現出反轉的特徵曲線；並且形成於拍攝位置 (3, 3) 中的 X 軸磁性感測器表現出低劣的輸出特徵。相反，不論拍攝位置為何，使用包括軌 60 之磁性陣列 50 來製造的 X 軸磁性感測器表現出一致的輸出特徵。

圖 31 說明在圖 27 所示 (3, 3)、(3, 5), ..., (7, 5) 與 (7, 7) 之拍攝位置 (X 位置、Y 位置) 中，位於圖 28 所示 (7, 8) 之晶片位置 (X 位置、Y 位置) 處之 Y 軸磁性感測器之特徵。使用包括軌 60 之磁性陣列 50 來製造 Y 軸磁性感測器。圖 32 說明在圖 27 所示 (3, 3)、(3, 5), ..., (7, 5) 與 (7, 7) 之拍攝位置 (X 位置、Y 位置) 中，位於圖 28 所示 (7, 6) 之晶片位置 (X 位置、Y 位置) 處之 Y 軸磁性感測器之特徵。使用藉由從磁性陣列 50 移除軌 60 而製備的磁性陣列來製造 Y 軸磁性感測器。

從圖30與31之間的比較可看出，在使用藉由從磁性陣列50移除軌60而製備的磁性陣列來製造的Y軸磁性感測器中，形成於拍攝位置(7, 3)中之Y軸磁性感測器與普通的Y軸磁性感測器相比表現出反轉的特徵曲線；並且形成於拍攝位置(3, 3)中的Y軸磁性感測器表現出低劣的輸出特徵。相反，不論拍攝位置為何，使用包括軌60之磁性陣列50來製造的Y軸磁性感測器表現出一致的輸出特徵。

圖33說明位於上述拍攝位置中之一晶片位置(7, 7)處並使用包括軌60的磁性陣列50來製造的X軸磁性感測器之敏感度(每單位磁場強度之輸出電壓之變化)。圖34說明位於上述拍攝位置中之晶片位置(7, 5)處並且係使用藉由從磁性陣列50移除軌60而製備的磁性陣列來製造的X軸磁性感測器之敏感度。

圖35說明位於上述拍攝位置中之晶片位置(7, 8)處並且係使用包括軌60之磁性陣列50來製造的X軸磁性感測器之敏感度。圖36說明位於上述拍攝位置中之晶片位置(7, 6)處並且係使用藉由從磁性陣列50移除軌60而製備的磁性陣列來製造的X軸磁性感測器之敏感度。

圖37說明位於上述拍攝位置中之晶片位置(7, 7)處並且係使用包括軌60之磁性陣列50來製造的Y軸磁性感測器之敏感度。圖38說明位於上述拍攝位置中之晶片位置(7, 5)處並且係使用藉由從磁性陣列50移除軌60而製備的磁性陣列來製造的Y軸磁性感測器之敏感度。

圖39說明位於上述拍攝位置中之晶片位置(7, 8)處並且

係使用包括軌60之磁性陣列50來製造的Y軸磁性感測器之敏感度。圖40說明位於上述拍攝位置中之晶片位置(7, 6)處並且係使用藉由從磁性陣列50移除軌60而製備的磁性陣列來製造的Y軸磁性感測器之敏感度。

可從圖33至40看出，使用包括軌60的磁性陣列50來製造的磁性感測器表現出良好的敏感度。相反，使用不具有軌60之磁性陣列來製造之磁性感測器包括敏感度低劣的磁性感測器。其指示，使用本發明之磁性陣列50來製造的雙軸磁性感測器表現出優異的耐熱性與優異的輸出特徵。

接下來，按照類似於上述具體實施例之方式製造一磁性感測器100，其包括如圖41所示配置的元件，每一元件包括合成自旋閥膜SAF。而且，製造一磁性感測器100'(未顯示)，其包括按照類似於磁性感測器100的方式配置的元件，每一元件包括一傳統的自旋閥膜(具有如圖42之膜組態)。

磁性感測器100包括GMR元件111至114以及GMR元件121至124。GMR元件111至114分別對應於磁性感測器10之GMR元件11至14。GMR元件121至124分別對應於磁性感測器10之GMR元件21至24。圖41說明GMR元件111至114與121至124之配置，被固定層之磁化方向，以及在未施加外部磁場的情況下自由層之磁化方向。

使用磁性線圈，沿X軸之正與負方向，將強度為20、40、60、80與100 (Oe)之磁場施加於磁性感測器100與傳統磁性感測器100'上。隨後，移除所施加的磁場，並且檢查

磁性感測器 100 與 100' 中 X 與 Y 軸磁性感測器之輸出電壓。圖 43 與 44 顯示結果。從圖 43 與 44 之間的比較可看出，根據本發明之磁性感測器 100 在被施加磁場之後幾乎不表現出輸出變化(參見圖 43)。相反，傳統的磁性感測器 100' 在被施加磁場之後表現出很大的輸出變化(參見圖 44)。此指示，在對強磁場的阻抗性方面，根據本發明之磁性感測器 100 優於傳統的磁性感測器 100'。

亦應注意，如上所述，該磁性感測器係以一方式形成的感測器，使得複數個該等磁阻效應元件(例如，GMR 元件)位於具有大體方形形狀之單一晶片(基板)上的單一平面中，該等磁阻效應元件係關於該大體方形晶片之中心線而對稱地放置，並且至少兩個該等複數個磁阻效應元件之被固定層具有彼此相交的被固定磁化方向(即被固定磁化方向彼此成 90 度相交)。而且，亦應注意，以上磁性感測器 10 包括四個該等磁阻效應元件，藉由完全橋接該等四個元件而構建一 X 軸或一 Y 軸磁性感測器，該等四個元件之被固定層之被固定磁化方向係彼此平行的。

本發明之具體實施例已關於一用於製造磁性感測器之方法、一磁性陣列以及一用於製造該磁性陣列之方法予以說明。然而，本發明不限於此，可以許多其他特定的形式來具體化，而不致於脫離本發明的範疇。例如，當欲使用磁性陣列 50 沿分別固定的方向將被固定層之磁化固定時，不一定要將膜 M 圖案化。可在沿分別固定的方向將被固定層之磁化固定之後圖案化膜 M。

【圖式簡單說明】

結合附圖參考以上較佳具體實施例之詳細說明之後，本發明之各種其他目的、特點與附帶的優點將會一目了然，其中：

圖1係說明根據本發明之磁性感測器(N型)之具體實施例之平面圖；

圖2係說明根據本發明之另一磁性感測器(S型)之具體實施例之平面圖；

圖3A係說明圖1所示第一X軸GMR元件之放大示意平面圖；

圖3B係第一X軸GMR元件沿圖3A之線1-1所作之示意斷面圖；

圖4係說明圖3所示第一X軸GMR元件之膜組態(合成自旋閥膜SAF之組態)之視圖；

圖5係說明在存在沿X軸方向變化之磁場情況下由實線所表示的圖1所示之第一X軸GMR元件之電阻變化以及在存在沿Y軸方向變化之磁場情況下由虛線表示之電阻變化；

圖6A係包括在圖1所示磁感測器中之一X軸磁感測器之等效電路圖；

圖6B係說明在存在沿X軸方向變化之磁場情況下圖6A之X軸磁性感測器之輸出變化之曲線圖；

圖7係說明用於將圖1與2所示磁性感測器之被固定層之磁化方向固定之磁性陣列之平面圖；

圖8係說明圖7之磁性陣列之局部斷面圖；

圖9係說明圖7之磁性陣列之軌之平面圖；

圖10係說明圖9之軌之放大局部平面圖；

圖11係該軌沿圖10之線2-2所作的斷面圖；

圖12係說明形成於圖9之軌中之穿透孔之平面圖；

圖13係說明圖7之磁性陣列之陣列基板之局部斷面圖；

圖14係說明圖7之磁性陣列之陣列基板之平面圖；

圖15係說明用於形成圖13之陣列基板之薄板之斷面圖；

圖16係說明圖7之磁性陣列之一製造步驟之視圖；

圖17係說明圖7之磁性陣列之另一製造步驟之視圖；

圖18係說明圖7之磁性陣列之另一製造步驟之視圖；

圖19係說明圖7之磁性陣列之另一製造步驟之視圖；

圖20係基於解說由磁性陣列所產生之磁場之目的而說明圖7之磁性陣列之局部斷面圖；

圖21係基於解說由磁性陣列所產生之磁場之目的而說明圖7之磁性陣列之平面圖；

圖22係說明藉以製造圖1與2之磁性感測器之晶圓之局部平面圖；

圖23係說明磁性陣列與晶圓之局部斷面圖，其表示用於沿分別固定的方向將圖1與2之磁性感測器之GMR元件之被固定層之磁化固定的方法；

圖24係說明沿分別固定的方向將圖1與2之磁性感測器之GMR元件之被固定層之磁化固定之方法之概念圖；

圖25係說明關於傳統自旋閥膜與藉由本發明之方法製造之合成自旋閥膜對退火溫度與交換耦合磁場之間的關係進

行研究之結果的曲線圖；

圖 26 係說明關於傳統自旋閥膜與藉由本發明之方法製造之合成自旋閥膜對退火溫度與 MR 比率之間的關係進行研究之結果的曲線圖；

圖 27 係說明用於晶圓上之磁性感測器之定位柵格之概念圖；

圖 28 係說明用於晶圓上之磁性感測器之定位柵格之概念圖；

圖 29 係說明位於圖 27 與 28 之晶圓上各種位置處並且係使用圖 7 之磁性陣列來製造之 X 軸磁性感測器之輸出電壓特徵之曲線圖；

圖 30 係說明位於圖 27 與 28 之晶圓上各種位置處並且係使用藉由從圖 7 之磁性陣列移除軌而製備之磁性陣列來製造之 X 軸磁性感測器之輸出電壓特徵之曲線圖；

圖 31 係說明位於圖 27 與 28 之晶圓上各種位置處並且係使用圖 7 之磁性陣列來製造之 Y 軸磁性感測器之輸出電壓特徵之曲線圖；

圖 32 係說明位於圖 27 與 28 之晶圓上各種位置處並且係使用藉由從圖 7 之磁性陣列移除軌而製備之磁性陣列來製造之 Y 軸磁性感測器之輸出電壓特徵之曲線圖；

圖 33 係說明位於圖 27 與 28 之晶圓上各種位置處並且係使用圖 7 之磁性陣列來製造之 X 軸磁性感測器之敏感度之示意圖；

圖 34 係說明位於圖 27 與 28 之晶圓上各種位置處並且係使

用藉由從圖7之磁性陣列移除軌而製備之磁性陣列來製造之X軸磁性感測器之敏感度之示意圖；

圖35係說明位於圖27與28之晶圓上各種位置處並且係使用圖7之磁性陣列來製造之X軸磁性感測器之敏感度之示意圖；

圖36係說明位於圖27與28之晶圓上各種位置處並且係使用藉由從圖7之磁性陣列移除軌而製備之磁性陣列來製造之X軸磁性感測器之敏感度之示意圖；

圖37係說明位於圖27與28之晶圓上各種位置處並且係使用圖7之磁性陣列來製造之Y軸磁性感測器之敏感度之示意圖；

圖38係說明位於圖27與28之晶圓上各種位置處並且係使用藉由從圖7之磁性陣列移除軌而製備之磁性陣列來製造之Y軸磁性感測器之敏感度之示意圖；

圖39係說明位於圖27與28之晶圓上各種位置處並且係使用圖7之磁性陣列來製造之Y軸磁性感測器之敏感度之示意圖；

圖40係說明位於圖27與28之晶圓上各種位置處並且係使用藉由從圖7之磁性陣列移除軌而製備之磁性陣列來製造之Y軸磁性感測器之敏感度之示意圖；

圖41係說明根據本發明之另一磁性感測器之具體實施例之平面圖；

圖42係說明傳統自旋閥膜之組態之視圖；

圖43係說明圖41之磁性感測器在被施加強磁場之後所觀

察到的其輸出之變化之曲線圖；以及

圖44係說明具有類似於圖41之元件配置並採用圖42之自旋閥膜之傳統磁性感測器在被施加強磁場之後所觀察到的其輸出之變化之曲線圖。

【主要元件符號說明】

10	N型磁性感測器
11	GMR元件
12	GMR元件
13	GMR元件
14	GMR元件
21	GMR元件
22	GMR元件
23	GMR元件
24	GMR元件
30	S型磁性感測器
31	GMR元件
32	GMR元件
33	GMR元件
34	GMR元件
41	GMR元件
42	GMR元件
43	GMR元件
44	GMR元件
50	磁性陣列

60	軌(軌板)
61	穿透孔
62	開口(磁通量控制孔)
70	陣列基板
80	永久磁體(永久條狀磁體)
90	間隔物
100	磁性感測器
111	GMR元件
112	GMR元件
113	GMR元件
114	GMR元件
121	GMR元件
122	GMR元件
123	GMR元件
124	GMR元件
100'	磁性感測器
10a	單一基板(單石晶片)
10a1	晶圓
11-1	CoZrNb非晶磁性層
11-2	NiFe磁性層
11-3	CoFe層
11-4	Cu層
11-5	第一鐵磁膜
11-6	交換耦合膜

11-7	第二鐵磁膜
11-8	交換偏壓膜(反鐵磁膜)
11a	狹帶部分
11b	偏磁膜
30a	基板
60dn	下表面
60up	上表面
61a	方形部分
61b	矩形部分
61c	邊緣部分
70a	薄板
70b	溝槽

五、中文發明摘要：

一種磁性感測器，其包括八個 SAF 型 GMR 元件。該等 GMR 元件中的四個 GMR 元件沿 X 軸方向偵測一磁場，並橋接在一起，從而構成一 X 軸磁性感測器。其他四個 GMR 元件沿 Y 軸方向偵測一磁場，並橋接在一起，從而構成一 Y 軸磁性感測器。該等 GMR 元件之每一 GMR 元件之一被固定層之磁化係使用一磁場沿一固定的方向固定，其中插入於一磁性陣列之一軌之一方形部分中的一永久條狀磁體於該軌之一矩形部分附近產生該磁場。產生於該軌之一特定矩形部分附近的磁場與產生於鄰近前述矩形部分之一矩形部分附近的磁場在方向上相差 90 度。

六、英文發明摘要：

十、申請專利範圍：

1. 一種用於製造一磁性感測器之方法，該磁性感測器係以一方式配置，使得至少兩個巨磁阻元件係置放於一基板上並且該等巨磁阻元件之被固定層之被固定磁化方向係實質上彼此垂直，每一該等巨磁阻元件包含一固定層，該固定層包括一被固定層以及一用於沿一固定方向將該被固定層之磁化固定之釘扎層；一自由層，其磁化方向根據一外部磁場而變化；以及一間隔層，其係置放於該被固定層與該自由層之間並且係由一非磁性電導體所製成，其中該固定層係一多膜層壓固定層，其係配置成

該被固定層包含一鄰近該間隔層之第一鐵磁膜；一層壓於該第一鐵磁膜上之第二鐵磁膜；以及一夾入於該第一鐵磁膜與該第二鐵磁膜之間的交換耦合膜；

該釘扎層包含一由反鐵磁體所製成的交換偏壓膜，其係在與該交換耦合膜相反的一側鄰近該第二鐵磁膜置放，並且係調適成透過與該第二鐵磁膜的交換耦合而沿一固定的方向固定該第二鐵磁膜的磁化；以及

該第一鐵磁膜與該第二鐵磁膜係經由該交換耦合膜而彼此交換耦合；

該方法包含下列步驟：

製備一磁性陣列，其包含複數個永久磁體以及一由磁性材料所製成的薄板軛，每一永久磁體具有實質上長方體形狀，該長方體具有一垂直於其軸所作的實質上方形形狀的斷面，並且每一永久磁體具有產生於其對應相反

端面上之磁極，該等端面具有垂直於該軸之實質上方方形形狀；

以一方式配置該等複數個永久磁體，使得其實質上方形端面之每一端面之形心係與一四方晶格之一晶格點一致，配置於該四方晶格之相同晶格線上的永久磁體係使得一特定永久磁體之端面之一側係實質上與另一永久磁體之端面之一側對齊，使得該等複數個永久磁體之端面實質上存在於相同的平面上，並且使得產生於兩個相鄰、最近永久磁體之端面上的磁極具有不同極性；以及

該軀具有複數個穿透孔，其按照與該等已配置的永久磁體實質上相同的方式予以配置，每一穿透孔包含一方形部分，其形狀實質上相同於該永久磁體之斷面之實質上方方形形狀，以及多個矩形部分，每一矩形部分係沿該方形部分之一側之一中心部分形成並且以該中心部分為其長邊；穿過該等複數個穿透孔之該等對應方形部分而插入該等複數個永久磁體；並且該等複數個永久磁體之端面所在的一平面係位於該軀之一上表面與一下表面之間；

製造一晶圓，其中於該基板上形成多個元件膜，各元件膜包括一欲變為該固定層的膜、一欲變為該間隔層的膜，以及一欲變為該自由層的膜；以及

將形成於該晶圓上之該等元件膜中欲變為該等固定層之膜之磁化方向同時固定，其係藉由以一方式將該晶圓置放為接近該磁性陣列，使得該晶圓之一平面係與該軀

之一平面平行，從而將產生於該軌之該等矩形部分附近的磁場施加於該晶圓上，並且將該晶圓保持於同溫下。

2. 一種磁性陣列，其包含複數個永久磁體以及一由磁性材料所製成的薄板軌，每一永久磁體具有實質上長方體形狀，該長方體具有一垂直於其軸所作的實質上方形形狀的斷面，並且每一永久磁體具有產生於其對應相反端面上之磁極，該等端面具有垂直於該軸之實質上方形形狀；

以一方式配置該等複數個永久磁體，使得其實質上方形端面之每一端面之形心係與一四方晶格之一晶格點一致，配置於該四方晶格之相同晶格線上的永久磁體係使得一特定永久磁體之端面之一側係實質上與另一永久磁體之端面之一側對齊，使得該等複數個永久磁體之端面實質上存在於相同的平面上，並且使得產生於兩個相鄰、最近永久磁體之端面上的磁極具有不同極性；以及

該軌具有複數個穿透孔，其按照與該等已配置的永久磁體實質上相同的方式予以配置，每一穿透孔包含一方形部分，其形狀實質上相同於該永久磁體之斷面之實質上方形形狀，以及多個矩形部分，每一矩形部分係沿該方形部分之一側之一中心部分形成並且以該中心部分為其長邊；穿過該等複數個穿透孔之該等對應方形部分而插入該等複數個永久磁體；並且該等複數個永久磁體之端面所在的一平面係位於該軌之一上表面與一下表面之間。

3. 如請求項2之磁性陣列，其中在平面中觀察時，於該磁性陣列之軌中，以一方式形成開口，使得每一該等開口包圍藉由連接該四方晶格之相鄰晶格點而形成之方形之一形心。
4. 如請求項2之磁性陣列，其中，如在平面中觀察，該軌之每一穿透孔具有邊緣部分，其具有一實質上圓弧形狀，並且係按朝外擴展的方式形成於該穿透孔之方形部分之對應角落處。
5. 如請求項3之磁性陣列，其中，如在平面中觀察，該軌之每一穿透孔具有邊緣部分，其具有一實質上圓弧形狀，並且係按朝外擴展的方式形成於該穿透孔之方形部分之對應角落處。
6. 一種用於製造一磁性陣列之方法，該磁性陣列包含一由薄板形成的陣列基板，複數個排列於該陣列基板上的永久磁體，以及一置放於該等複數個永久磁體之上部並且係由一磁性材料薄板所形成的軌，該方法包含以下步驟：

藉由以一預定的四方晶格陣列於該薄板中形成複數個溝槽而製備該陣列基板，每一該等溝槽具有一預定的深度與一實質上相同於永久磁體之端面形狀之方形形狀；

藉由以該預定的四方晶格陣列於該磁性材料薄板中形成複數個穿透孔而製備該軌，每一該等穿透孔包含一方形部分，其具有一實質上相同於該陣列基板之溝槽之形狀的方形形狀，以及多個矩形部分，每一矩形部分係沿

該方形部分之一側之一中心部分而形成並以該中心部分為其長邊；

於該陣列基板上兩列平行相鄰的溝槽之間形成每一間隔物；

以一方式將該軌放置於該等間隔物上，使得在平面中觀察時，該陣列基板之該等複數個溝槽係與該軌之對應穿透孔對齊；

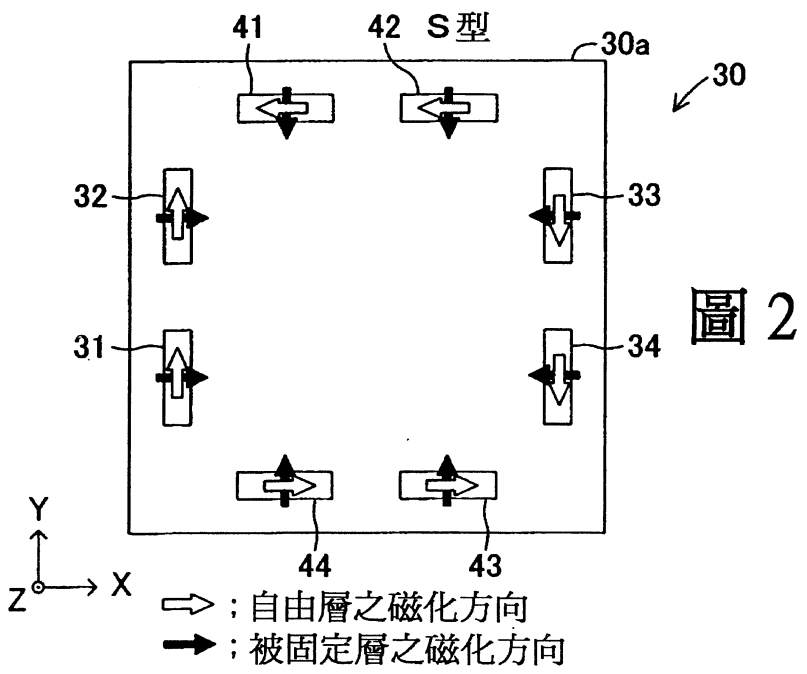
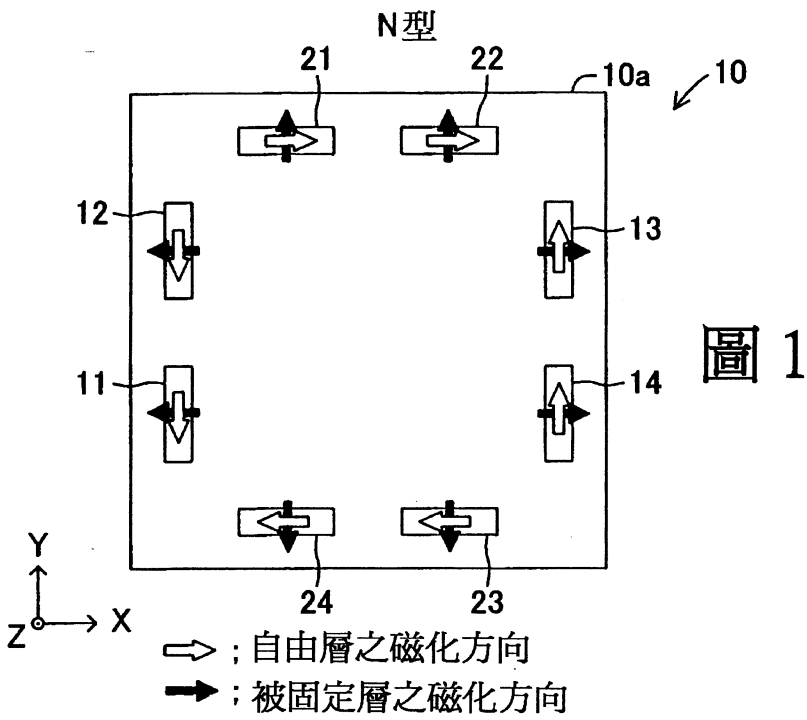
以該等永久磁體之下部端面鄰接該等溝槽之對應底部表面之方式，穿過該軌之對應穿透孔將該等複數個永久磁體插入該陣列基板之對應溝槽，每一永久磁體具有一實質上長方體形狀，該長方體具有一垂直於其軸所作的方形形狀斷面，該方形形狀實質上相同於該陣列基板之溝槽的形狀以及該軌之穿透孔之方形部分的形狀，每一永久磁體的磁極產生於其具有方形形狀之對應相反端面上；

提升該軌，直至該等永久磁體之上部端面所在的表面係位於該軌之上表面與下表面之間；以及

移除該等間隔物。

7. 如請求項6之用於製造一磁性陣列之方法，其中製備該軌之該步驟包括於薄板中的若干位置形成開口之步驟，如在平面中觀察，藉由連接該四方晶格之晶格點而形成之方形的形心位於該等位置處。
8. 如請求項7之用於製造一磁性陣列之方法，其中在提升該軌之該步驟中，該軌係藉由以一工具將該軌固持於該等開口處而加以提升。

十一、圖式：



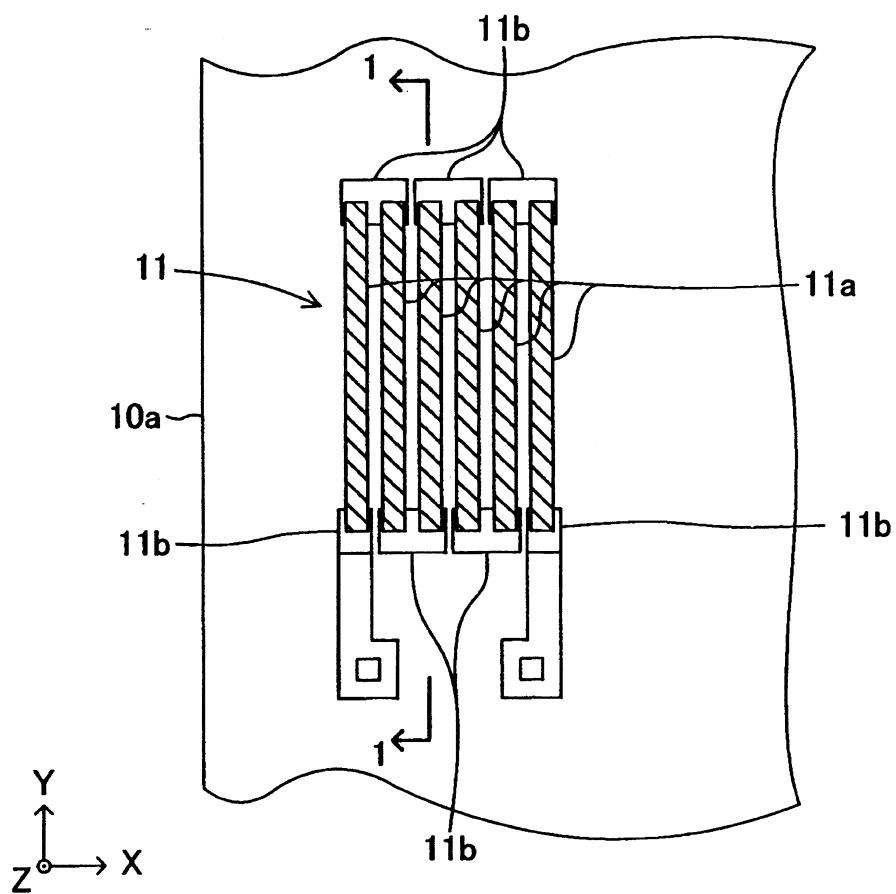


圖 3A

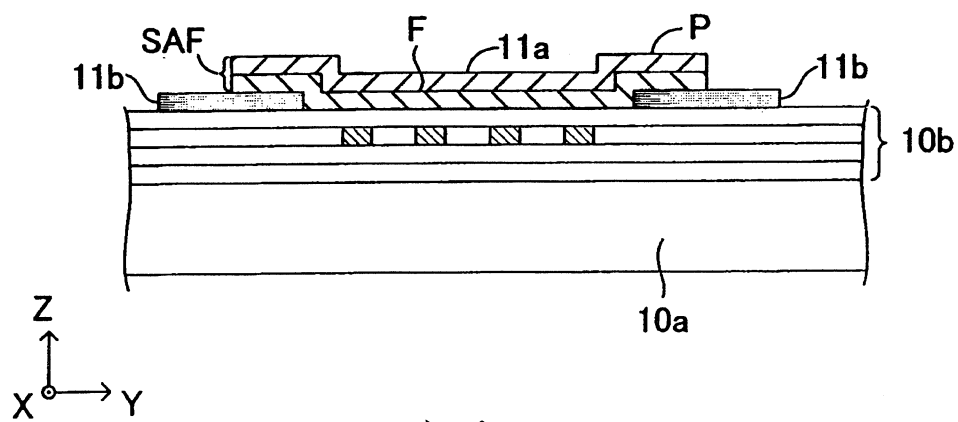


圖 3B

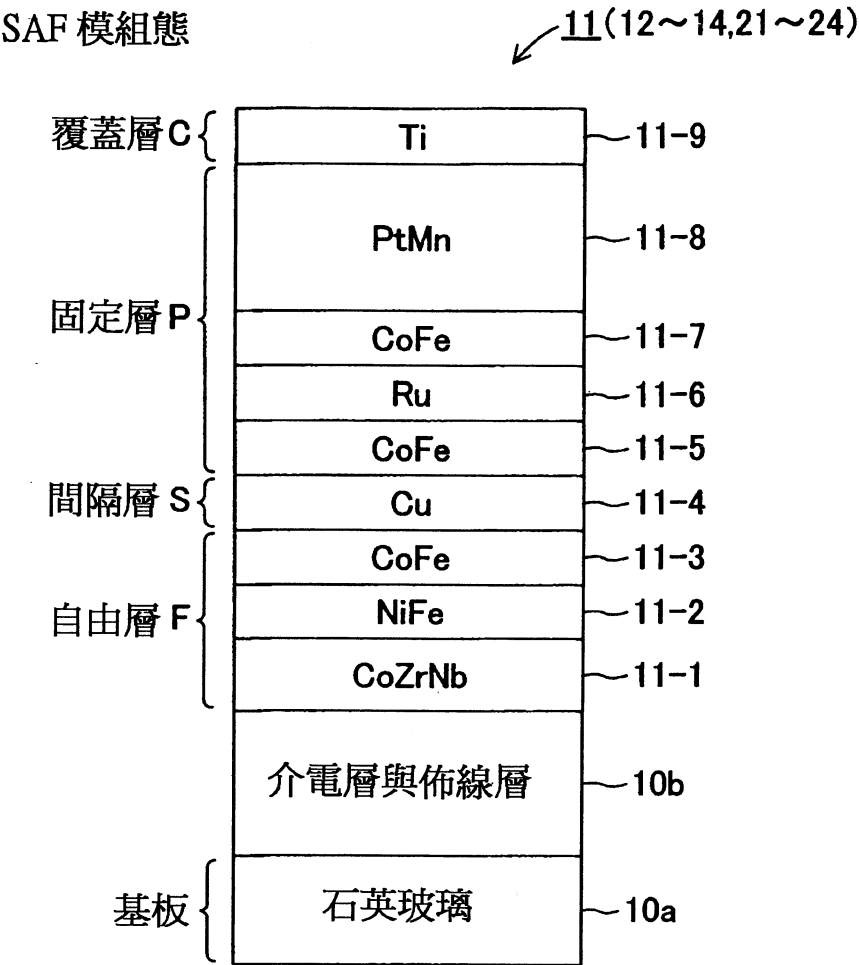


圖 4

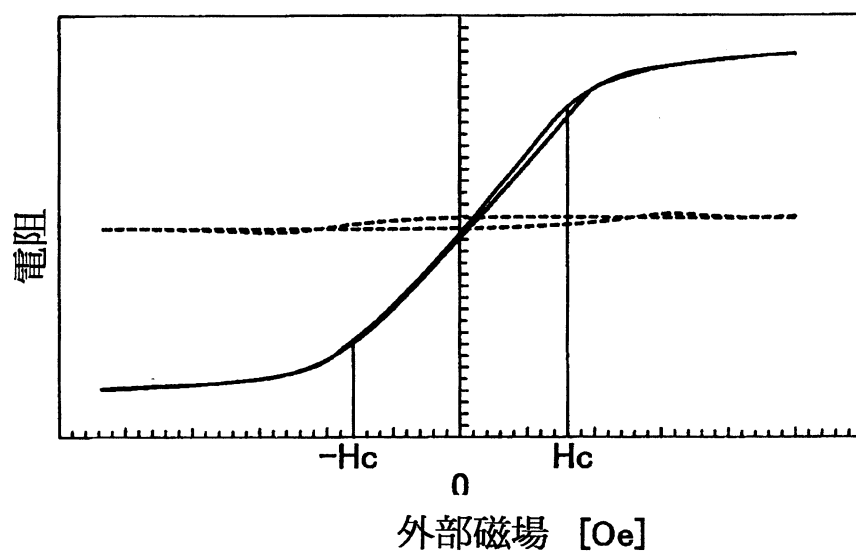


圖 5

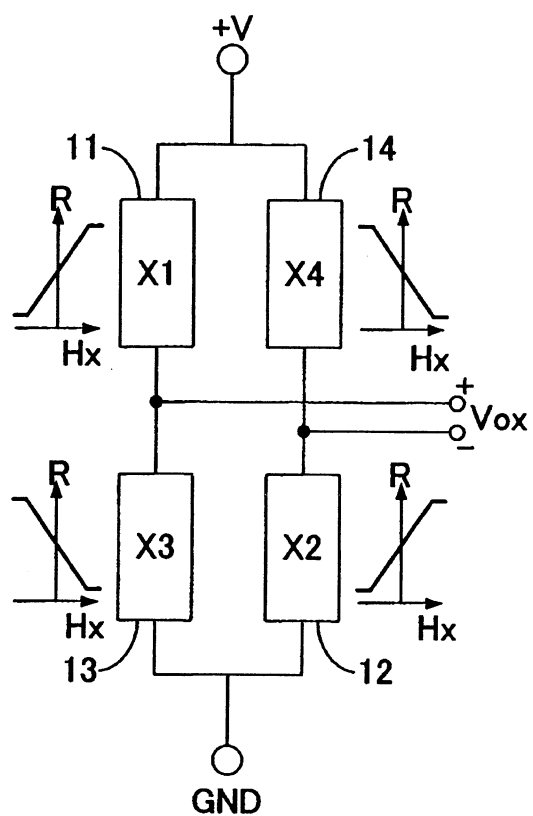


圖 6A

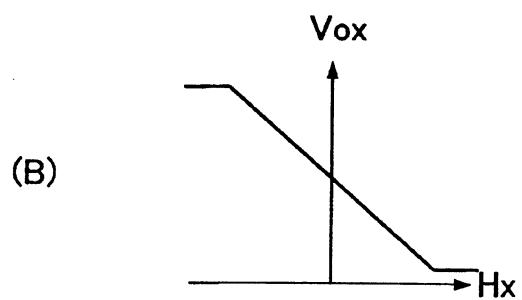


圖 6B

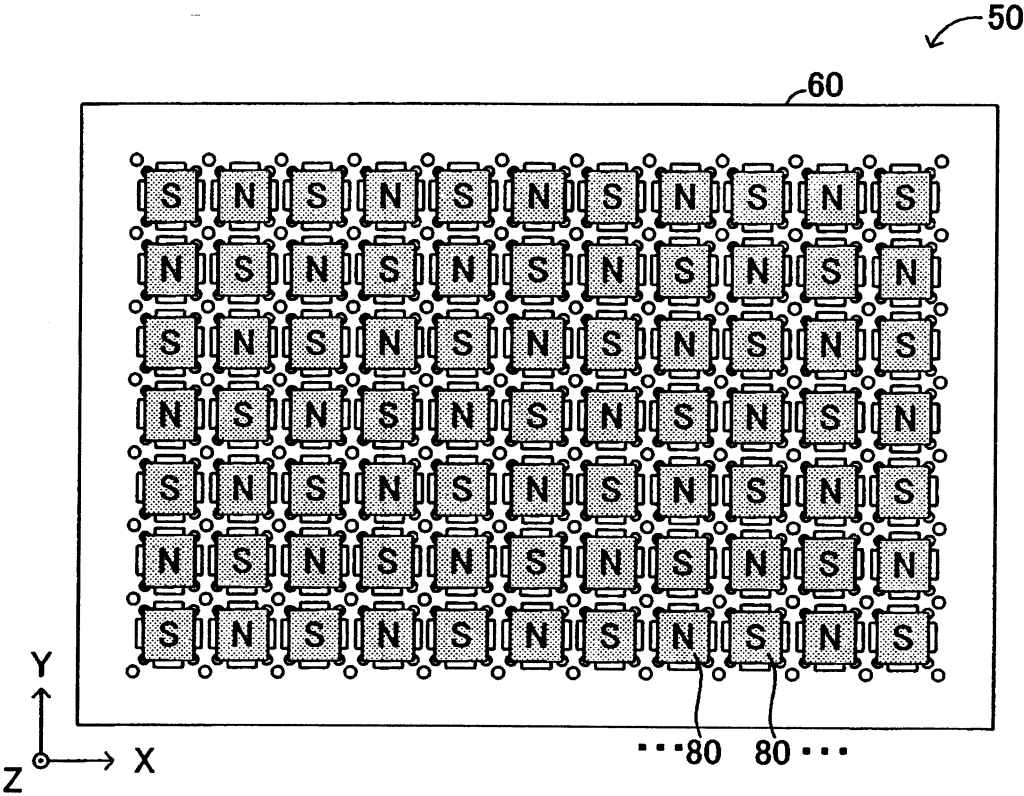


圖 7

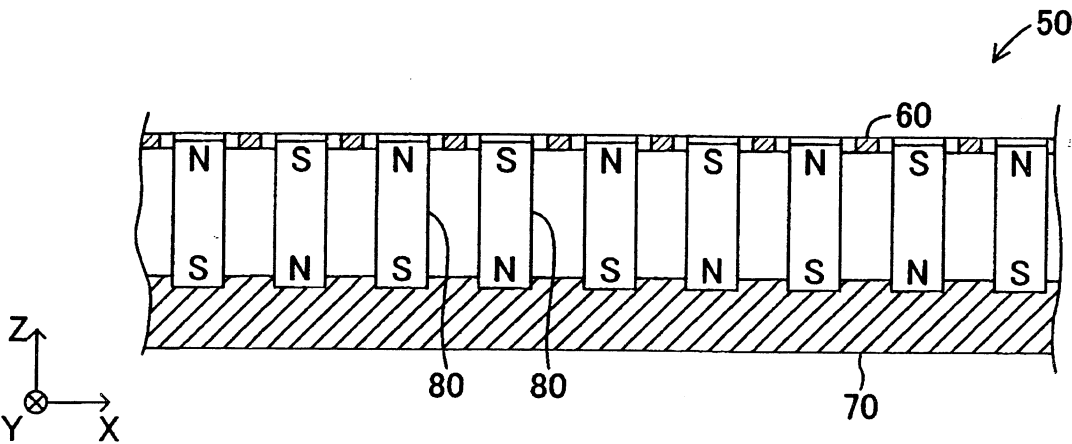


圖 8

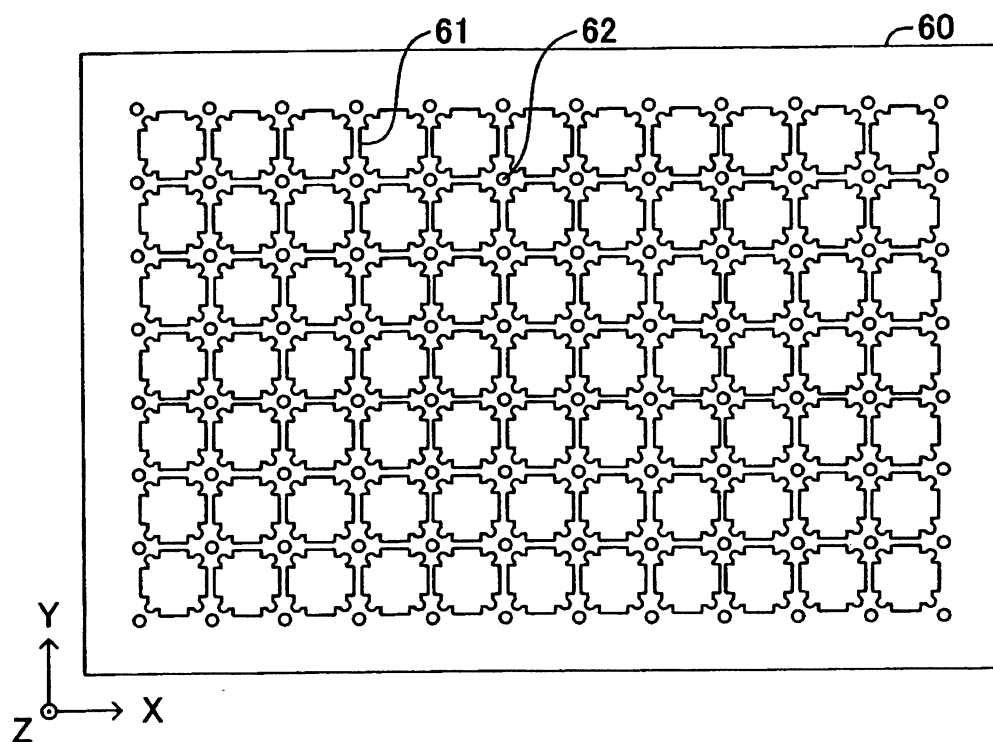


圖 9

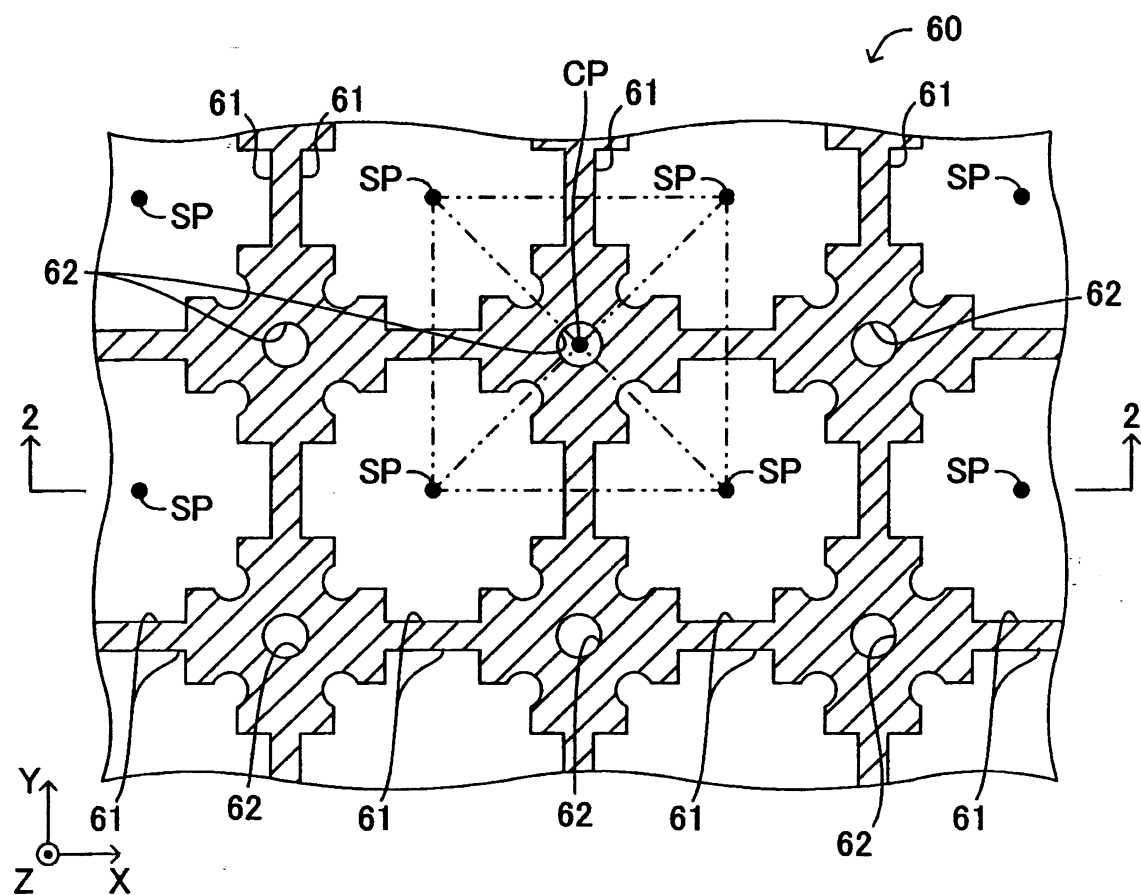


圖 10

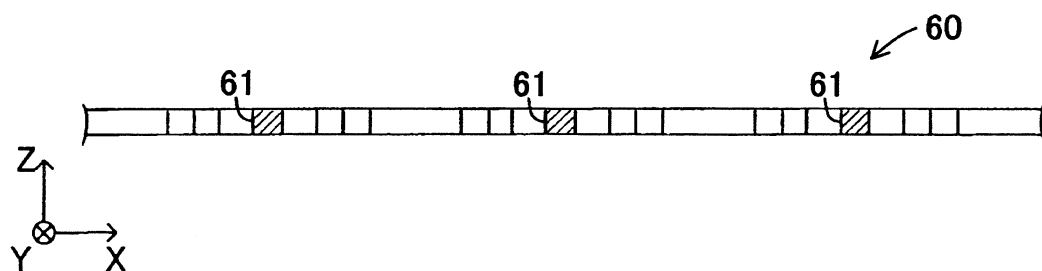


圖 11

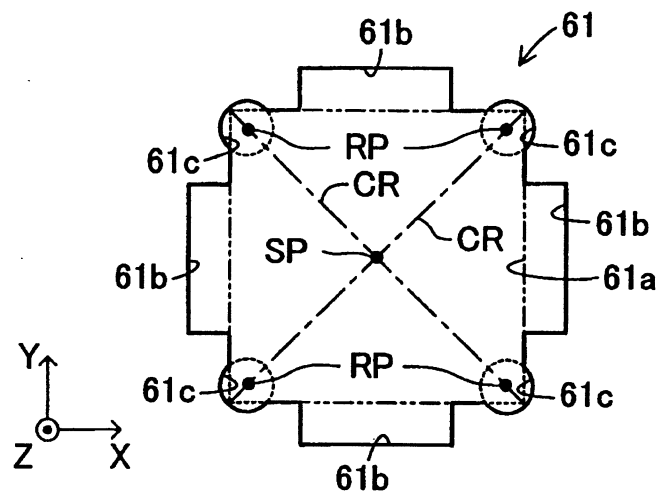


圖 12

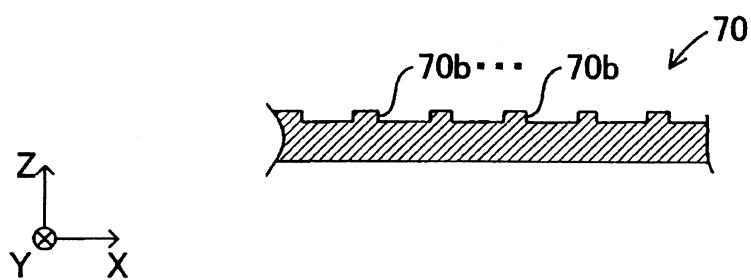


圖 13

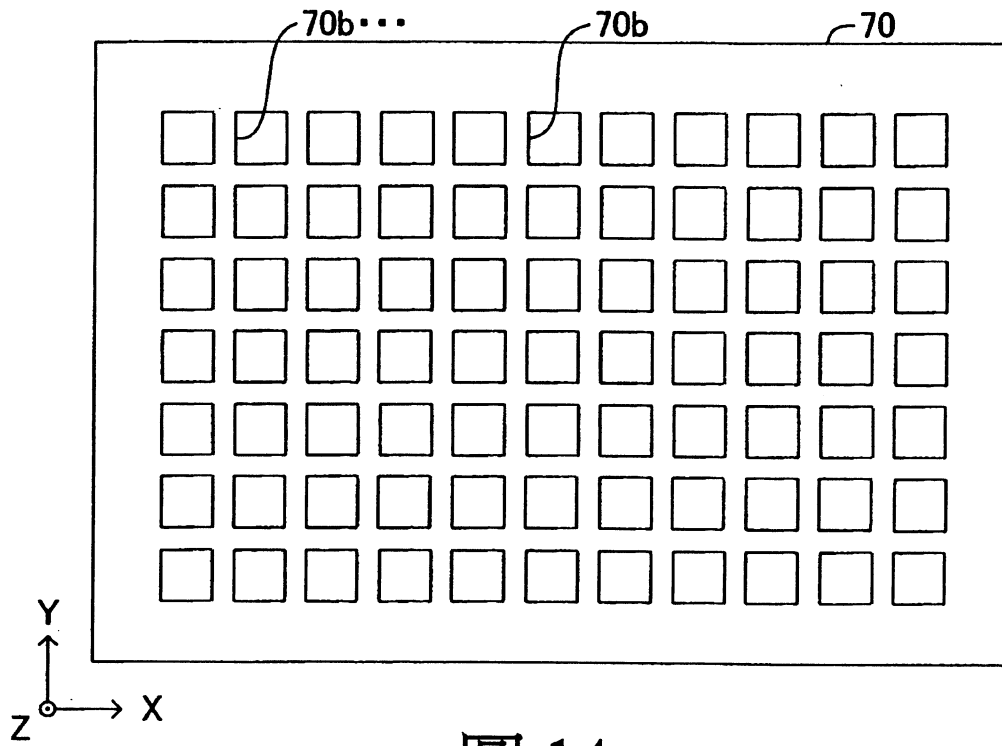


圖 14

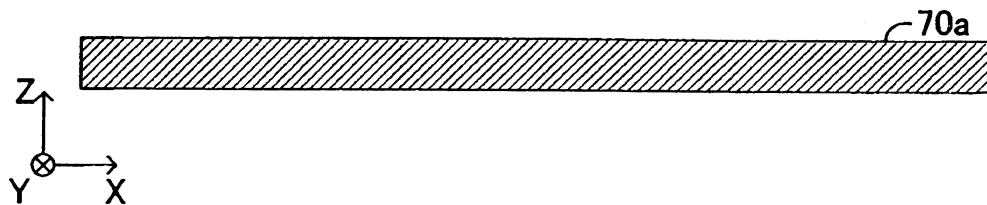


圖 15

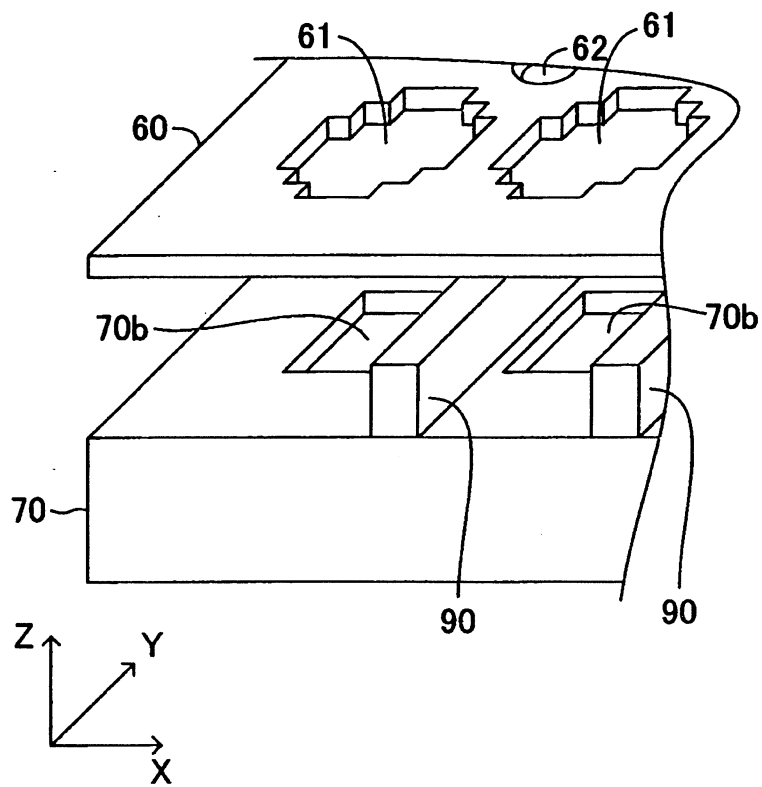


圖 16

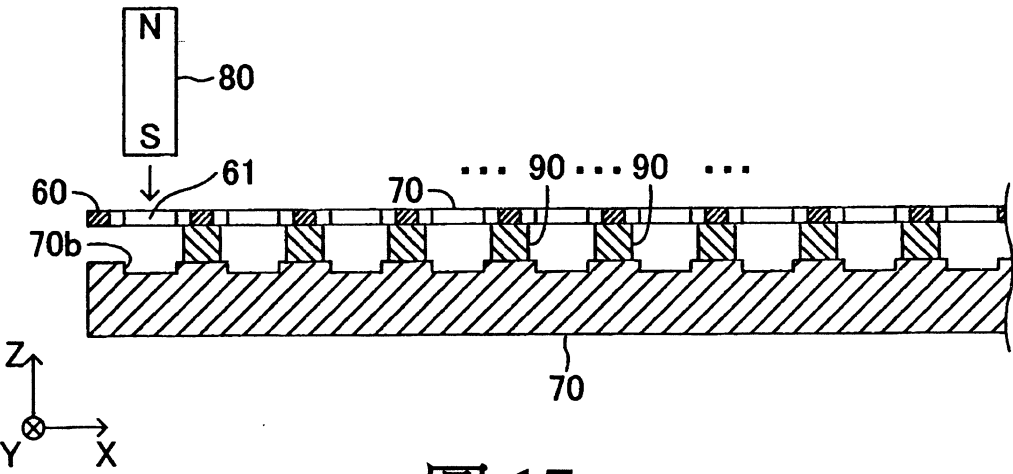


圖 17

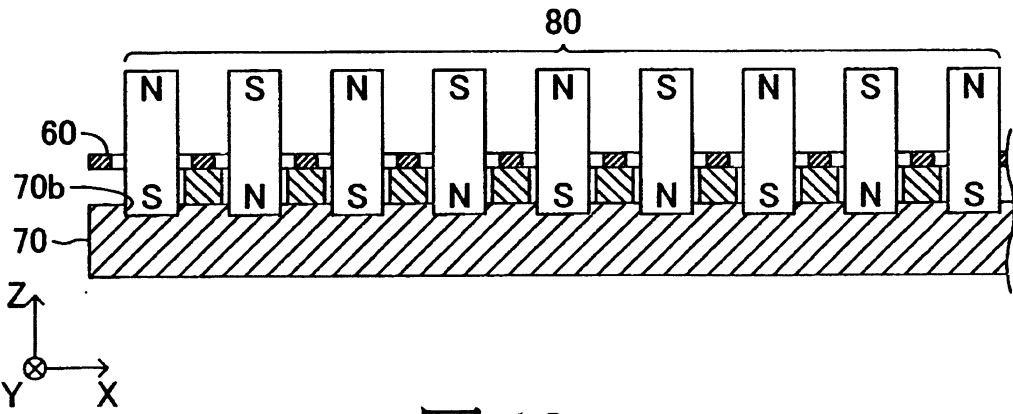


圖 18

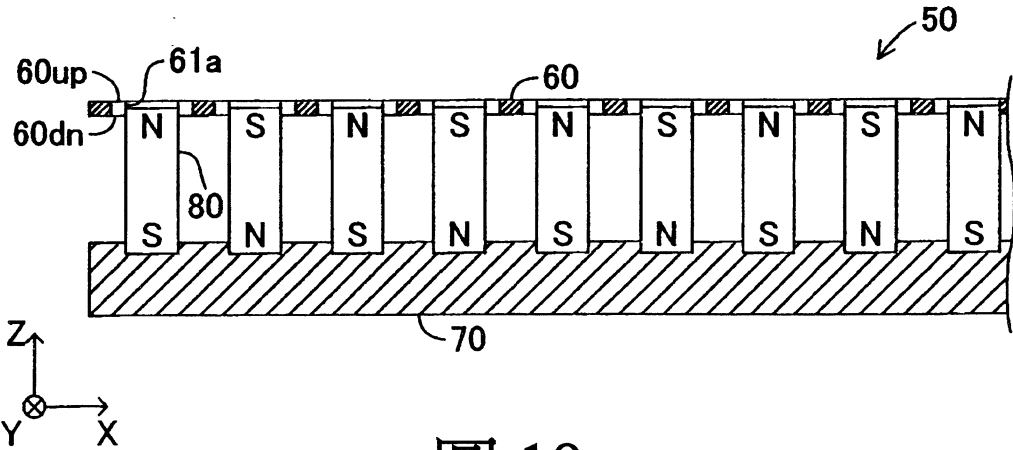


圖 19

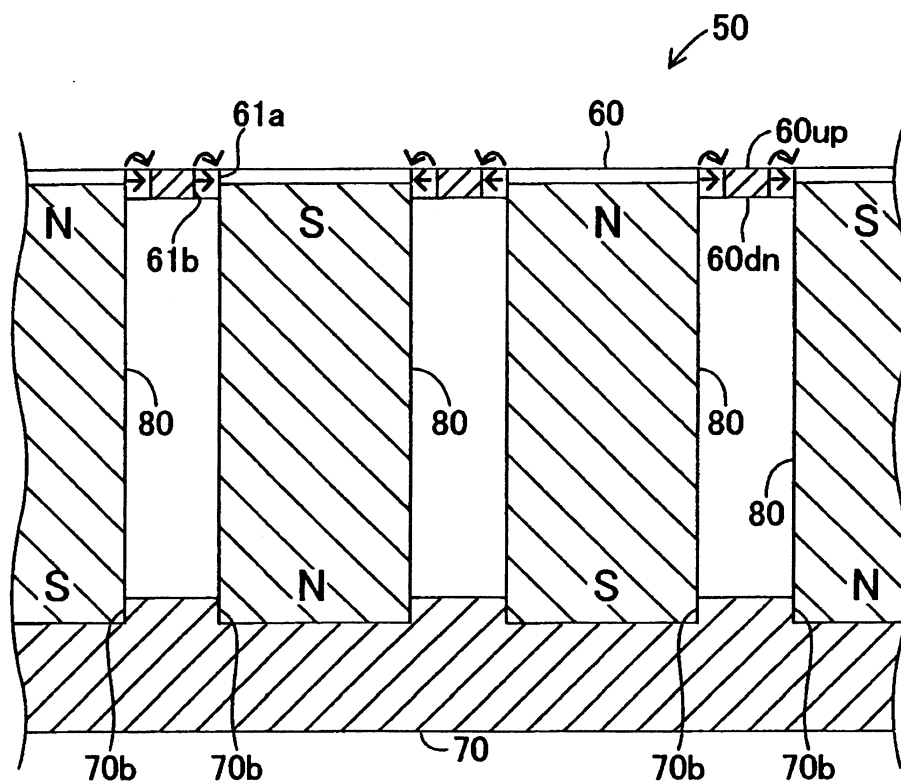


圖 20

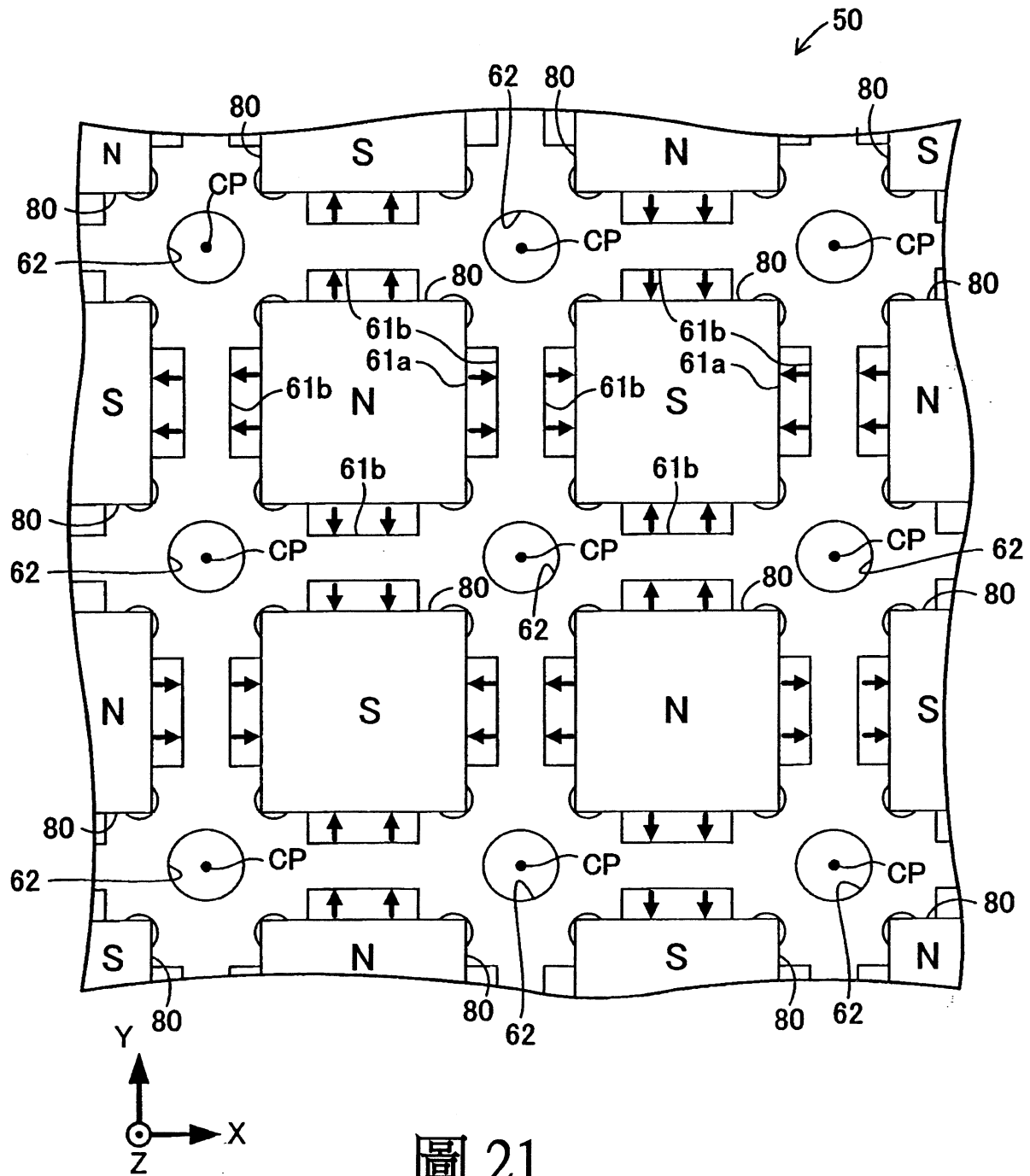


圖 21

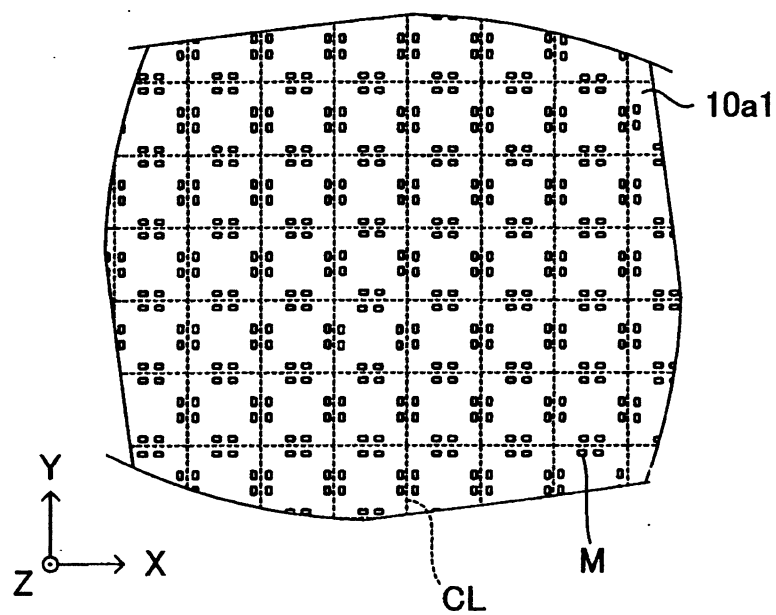


圖 22

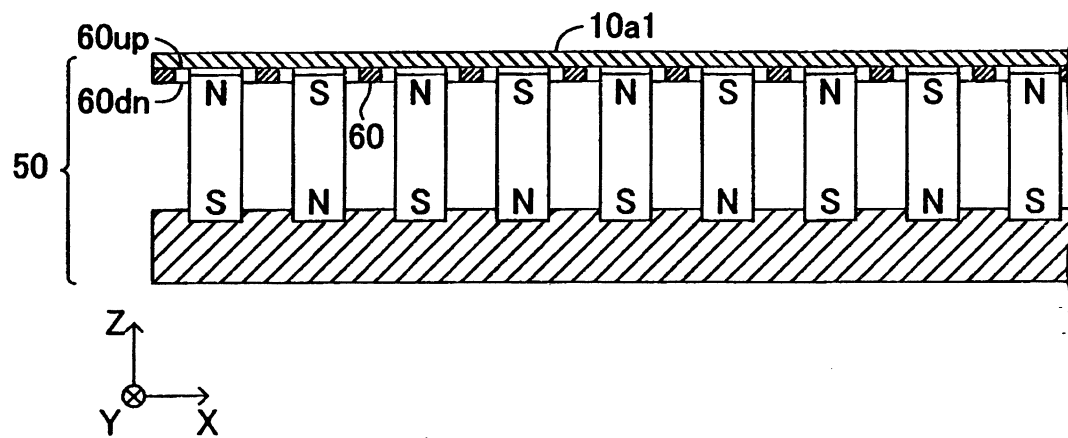


圖 23

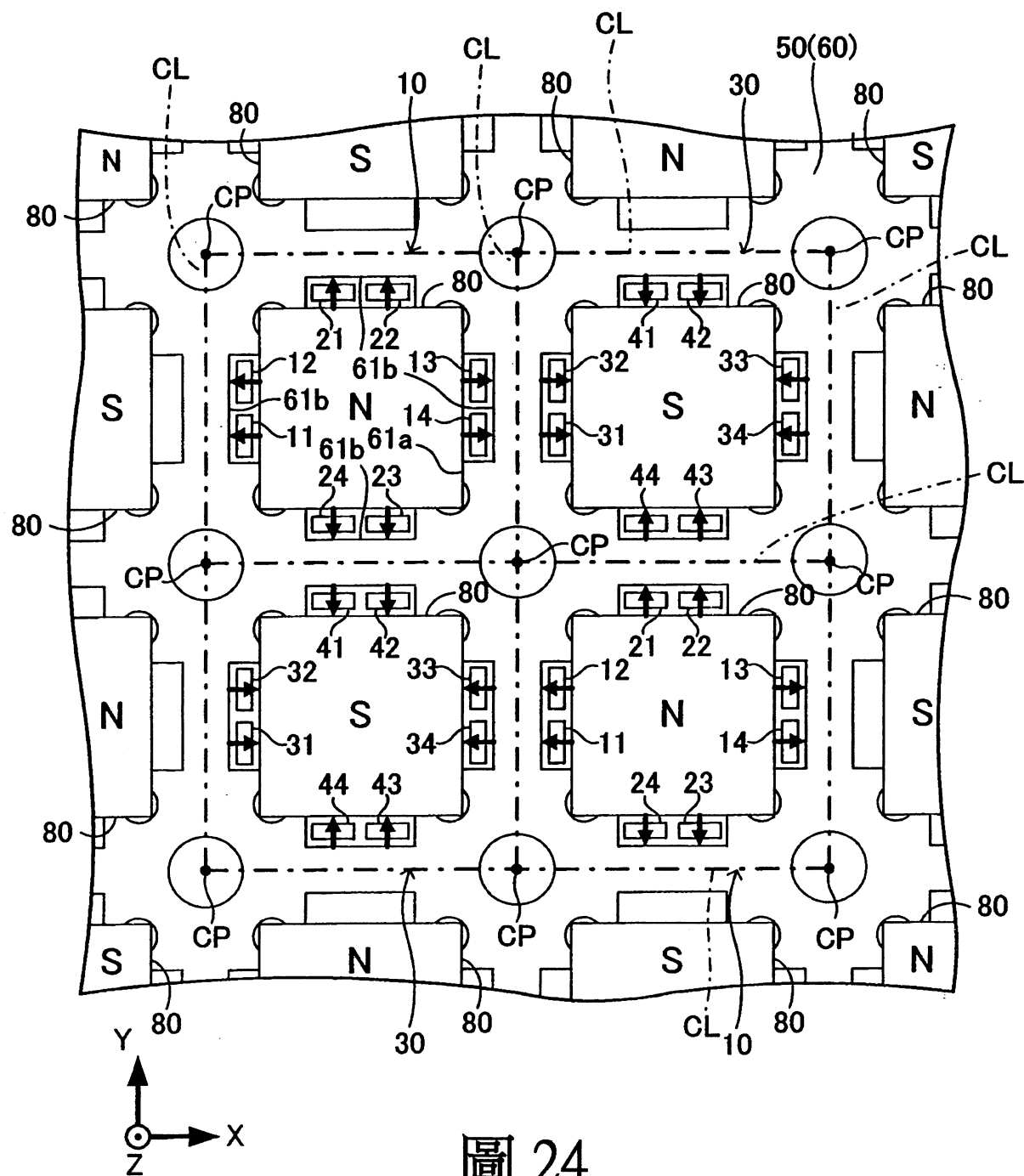


圖 24

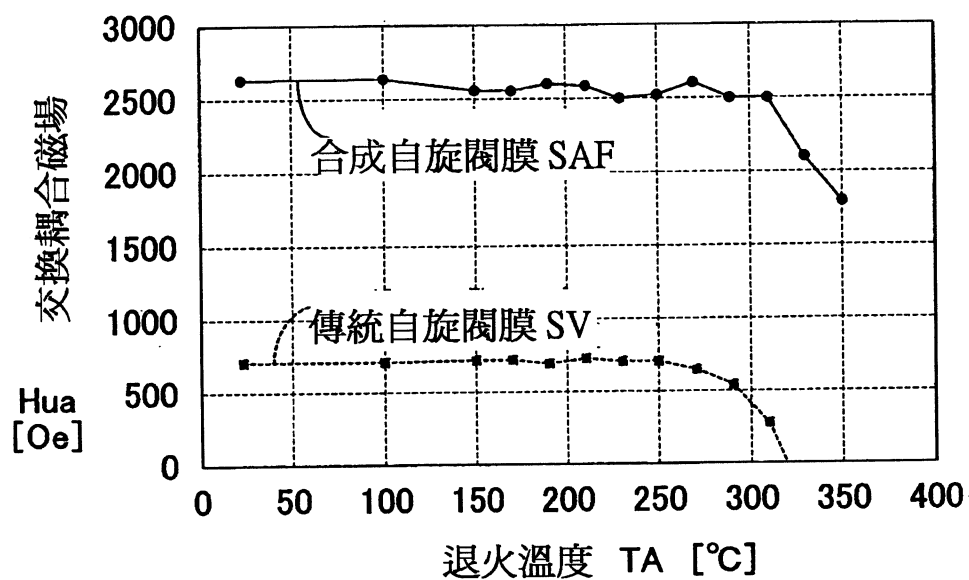


圖 25

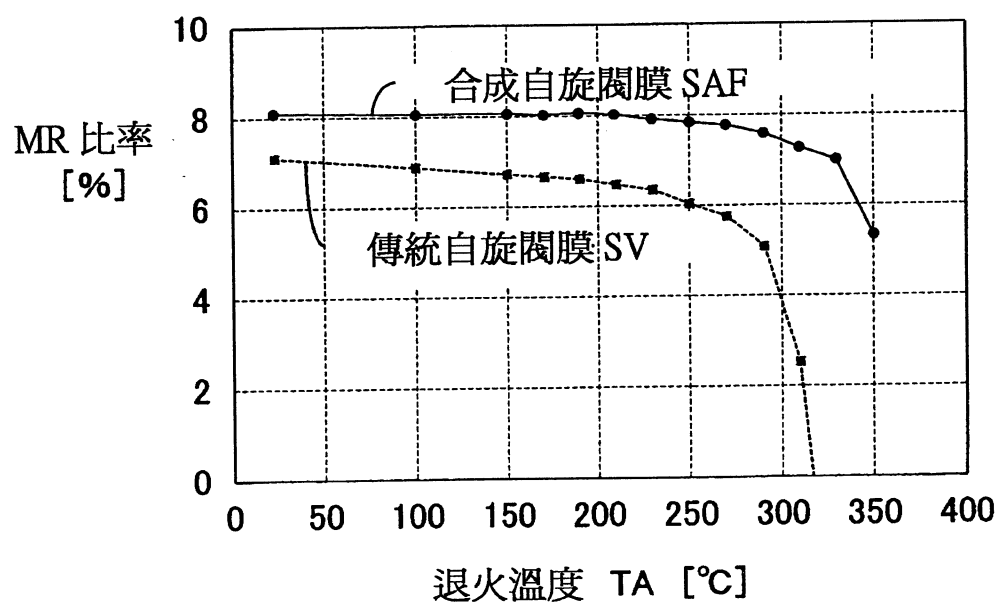


圖 26

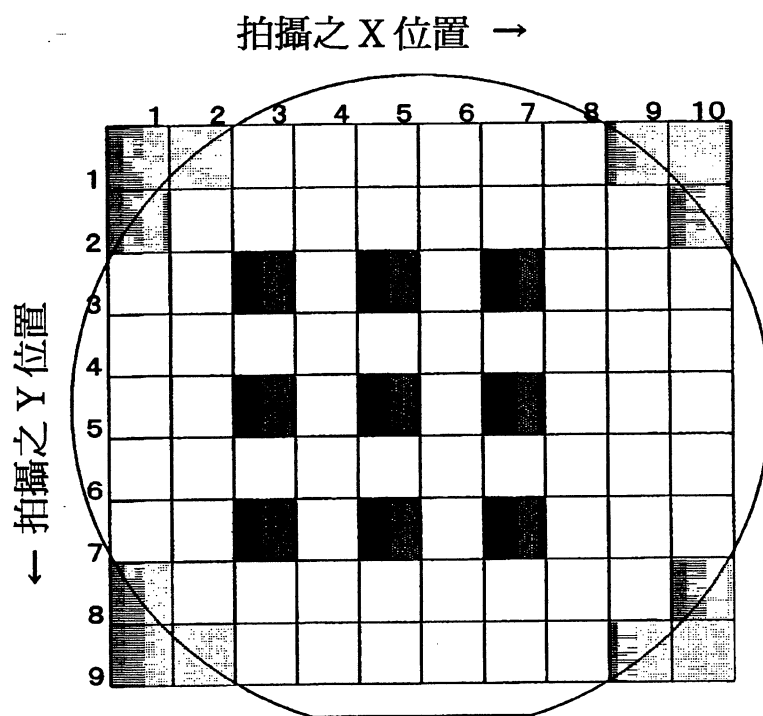


圖 27

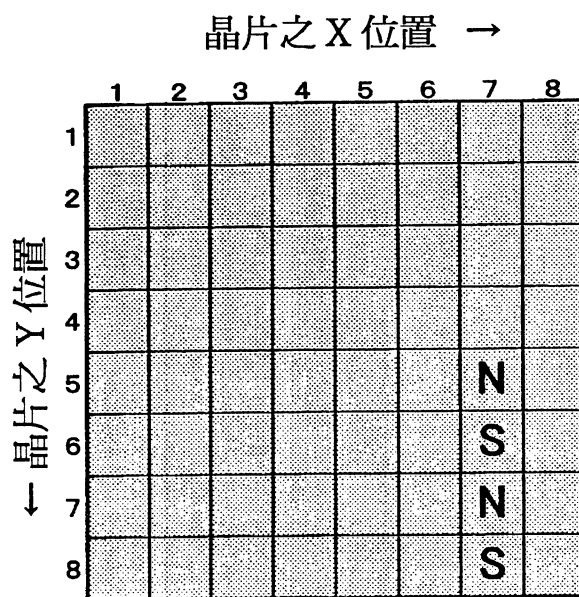


圖 28

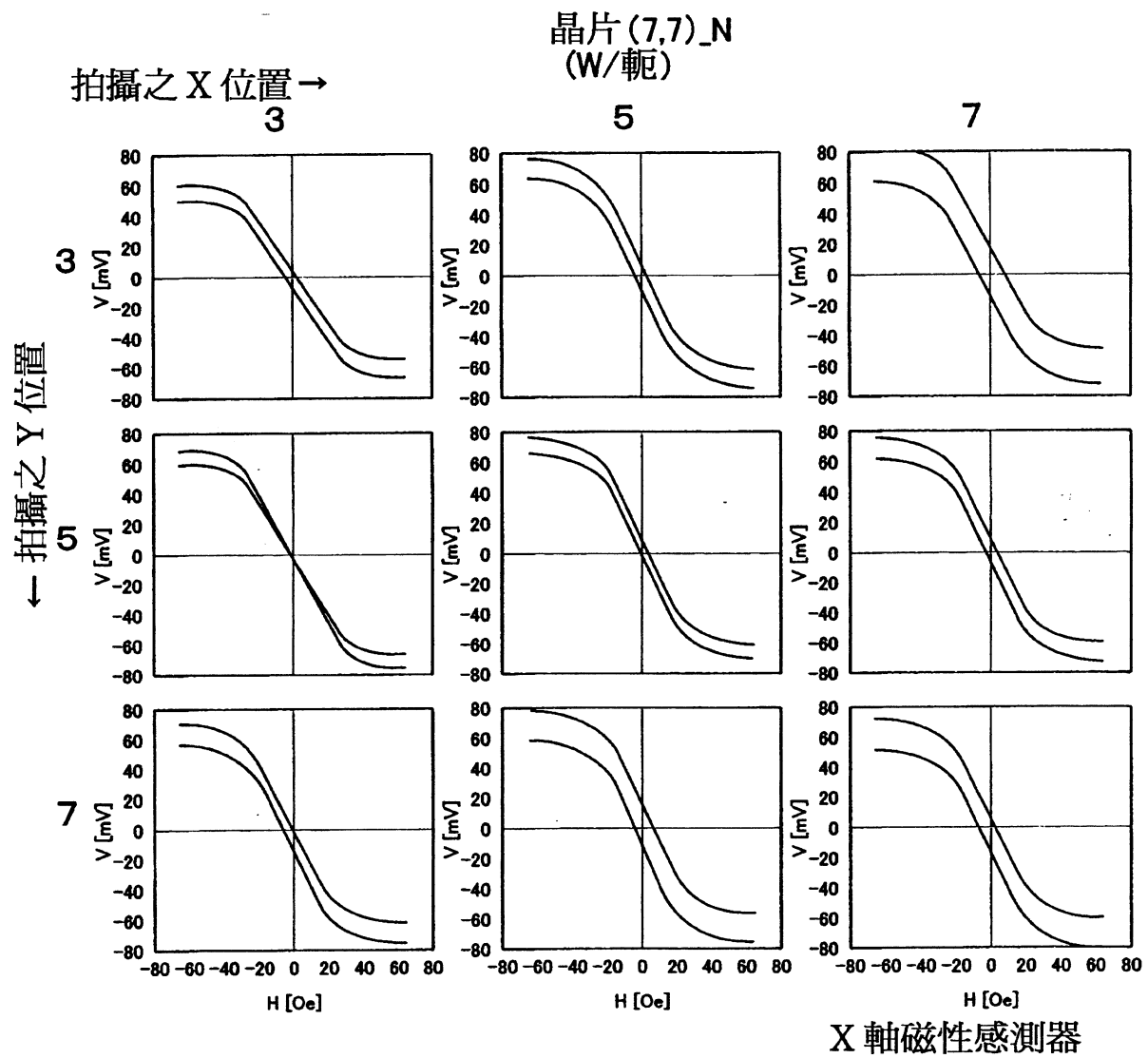
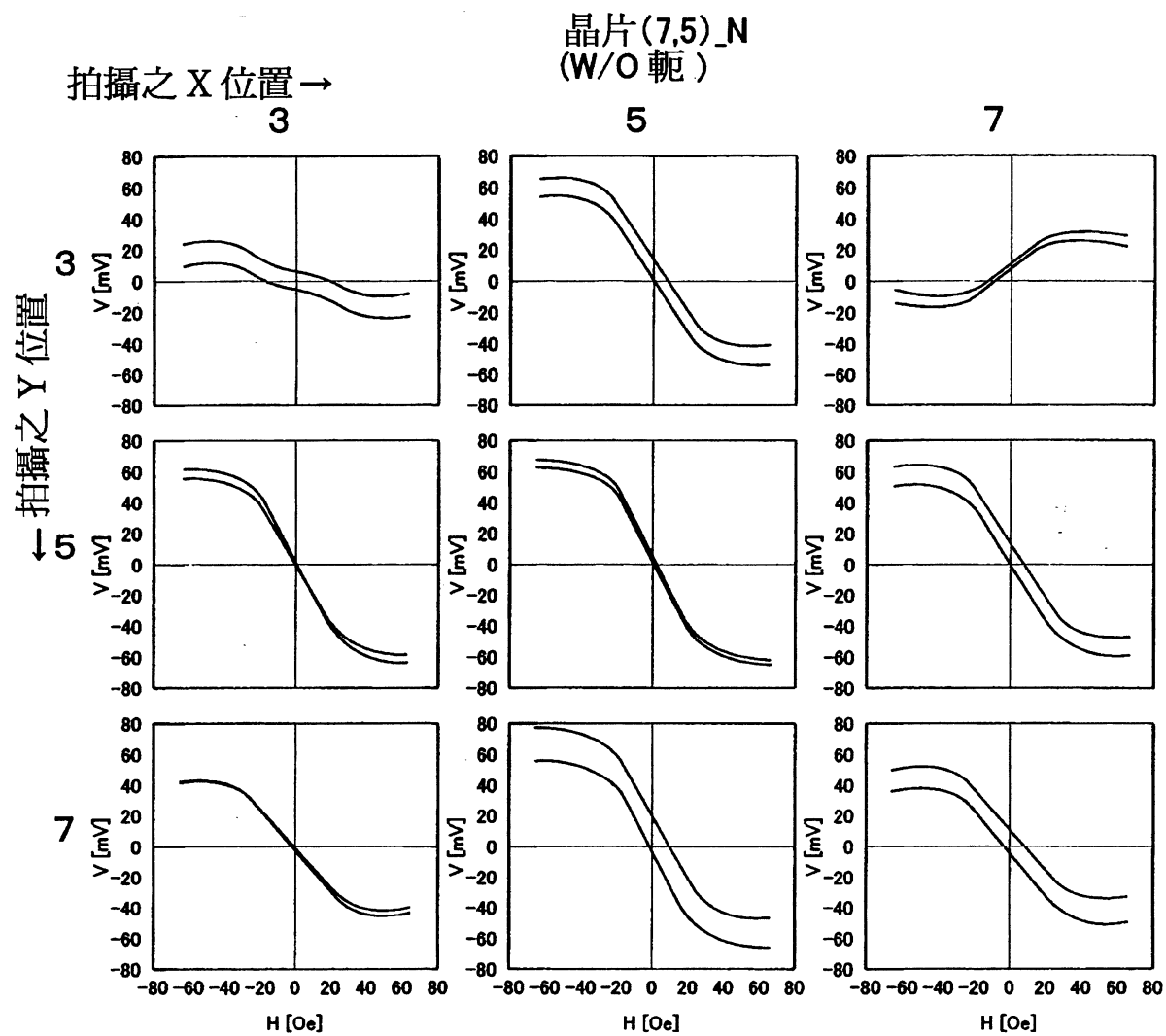


圖 29



X 軸磁性感測器

圖 30

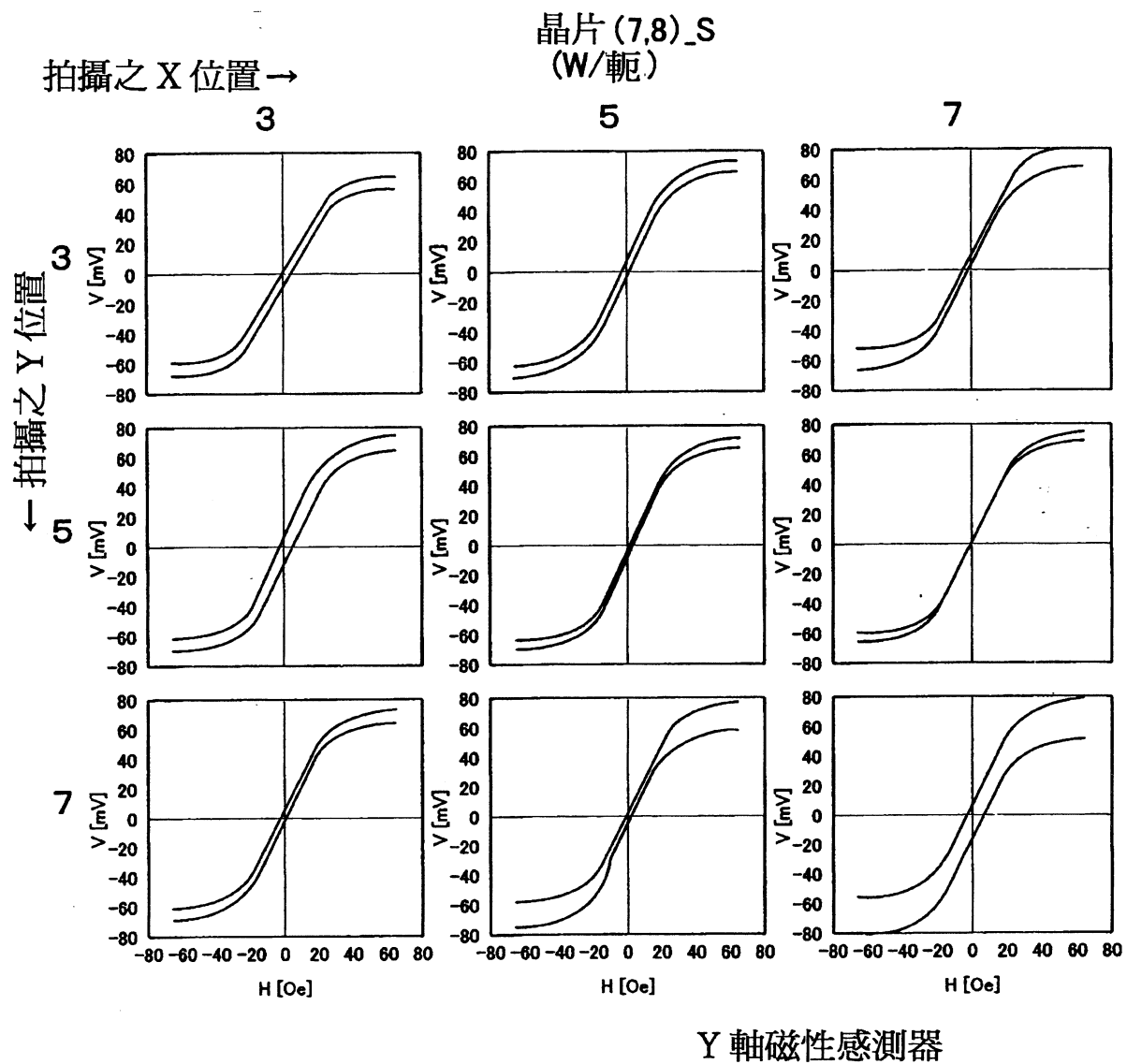


圖 31

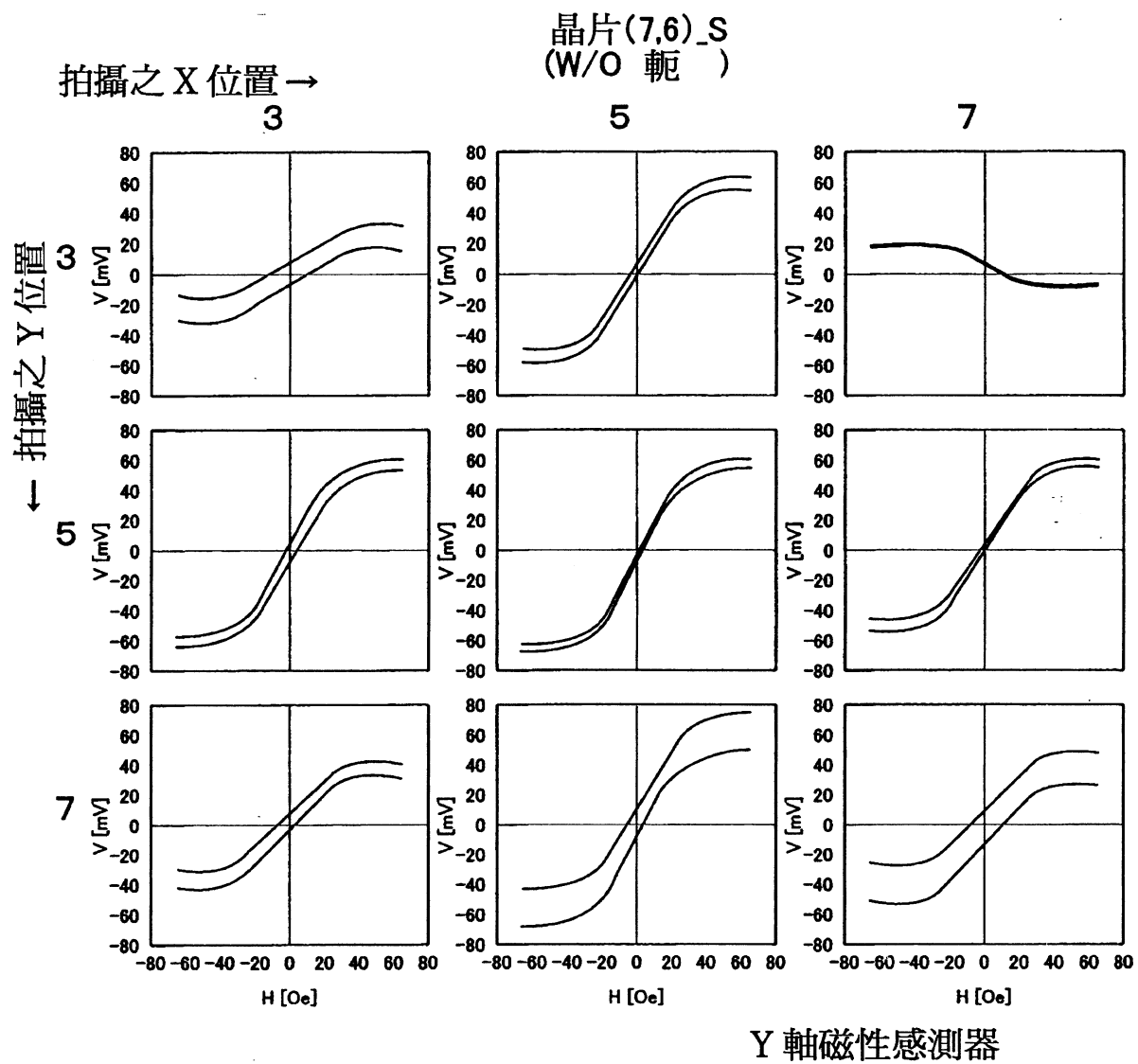


圖 32

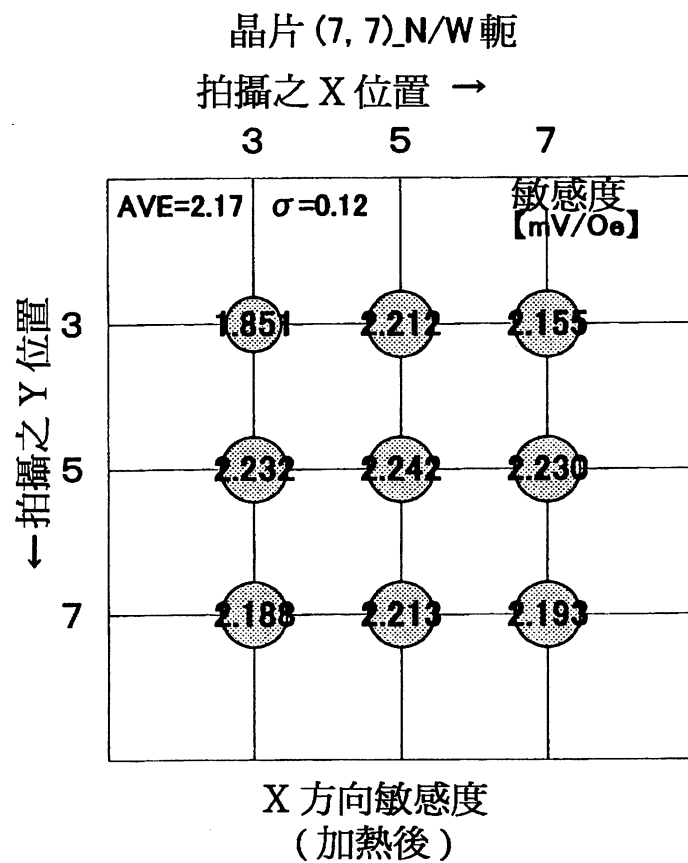


圖 33

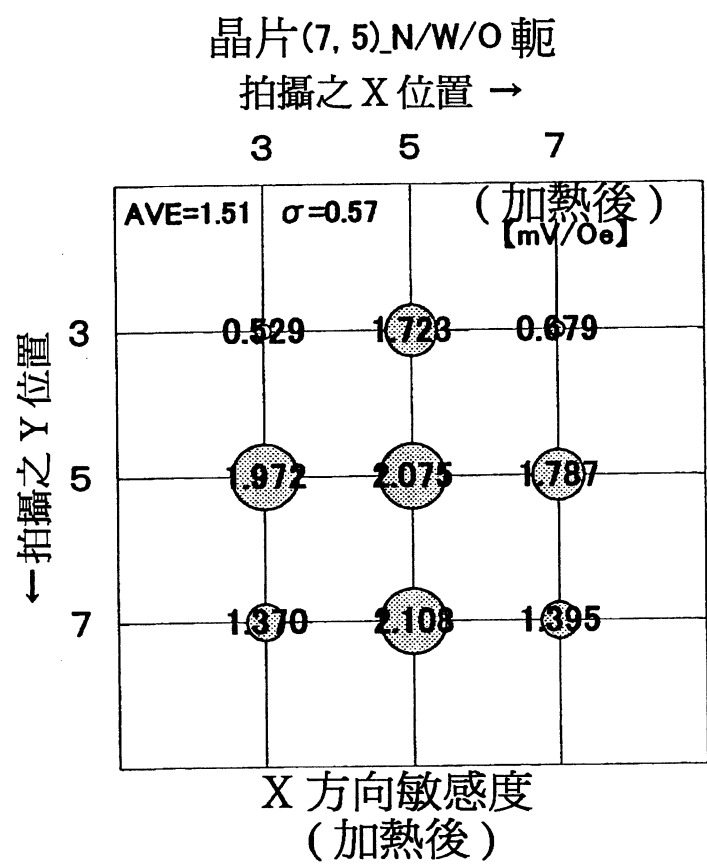


圖 34

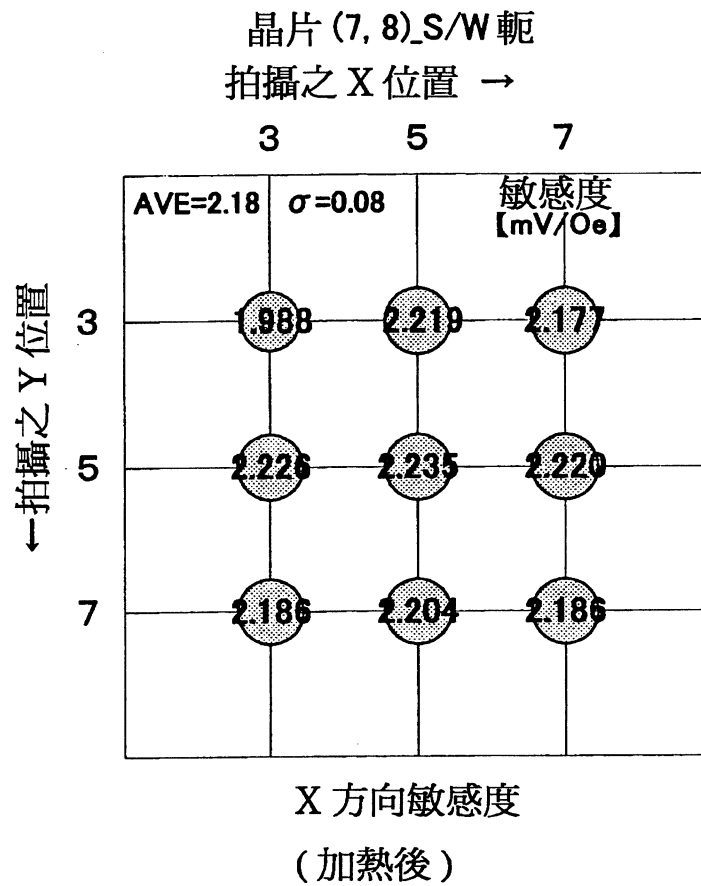


圖 35

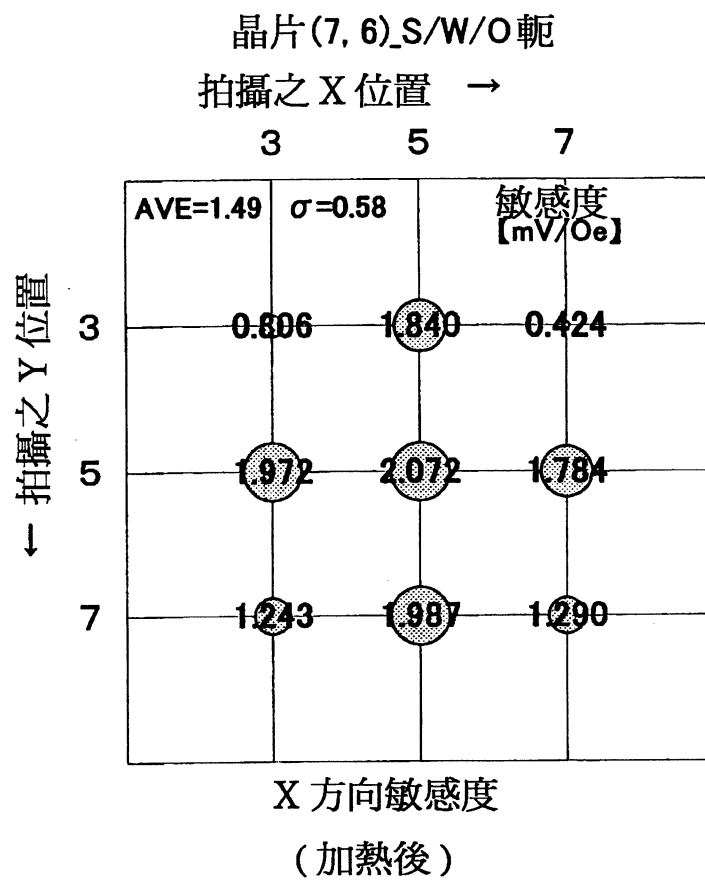


圖 36

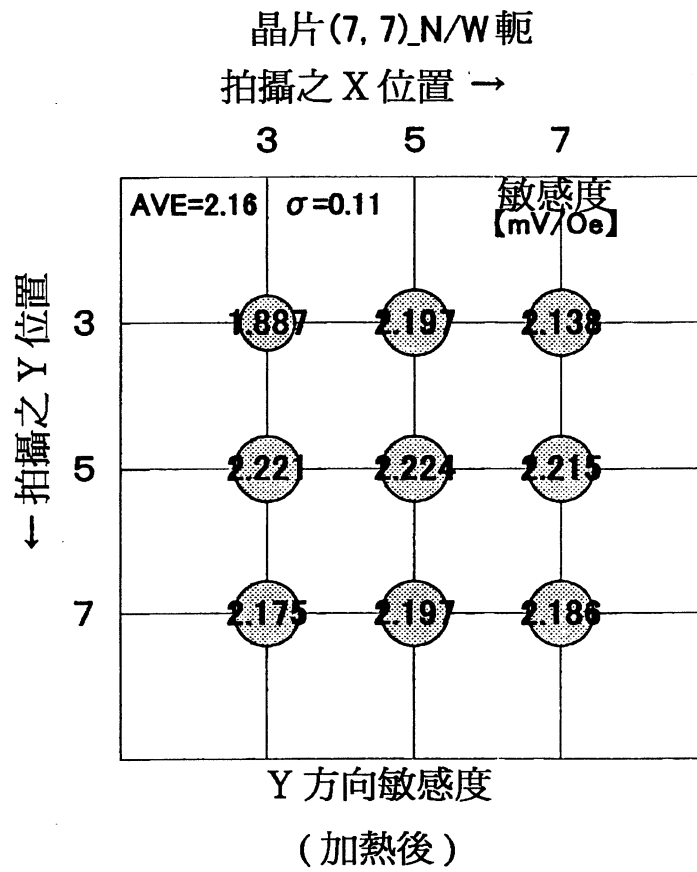
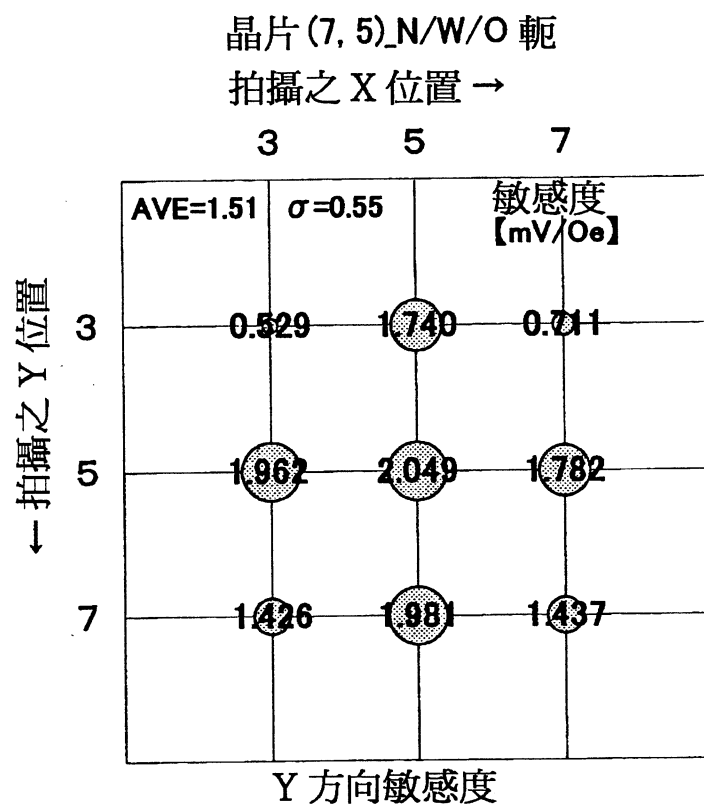
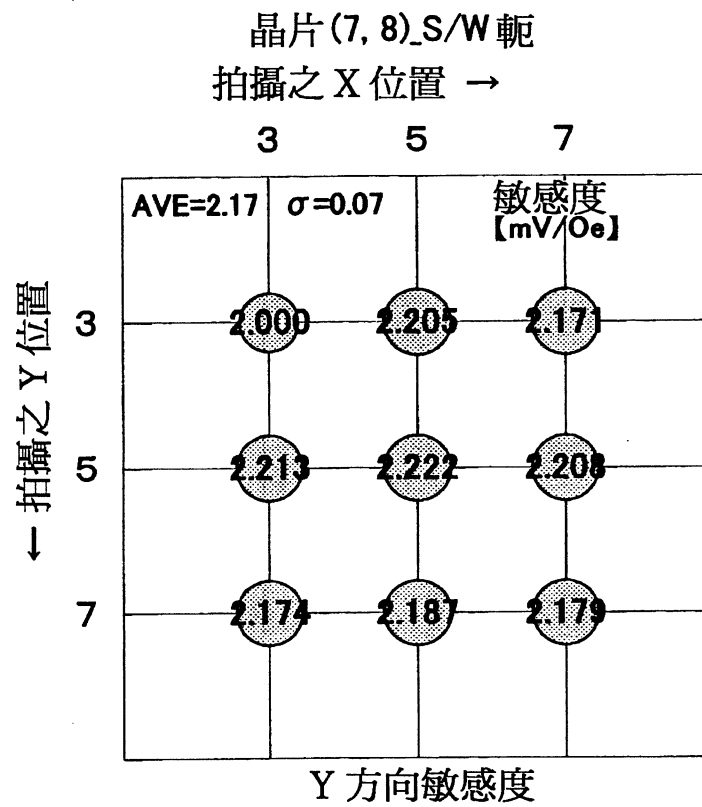


圖 37



(加熱後)

圖 38



(加熱後)

圖 39

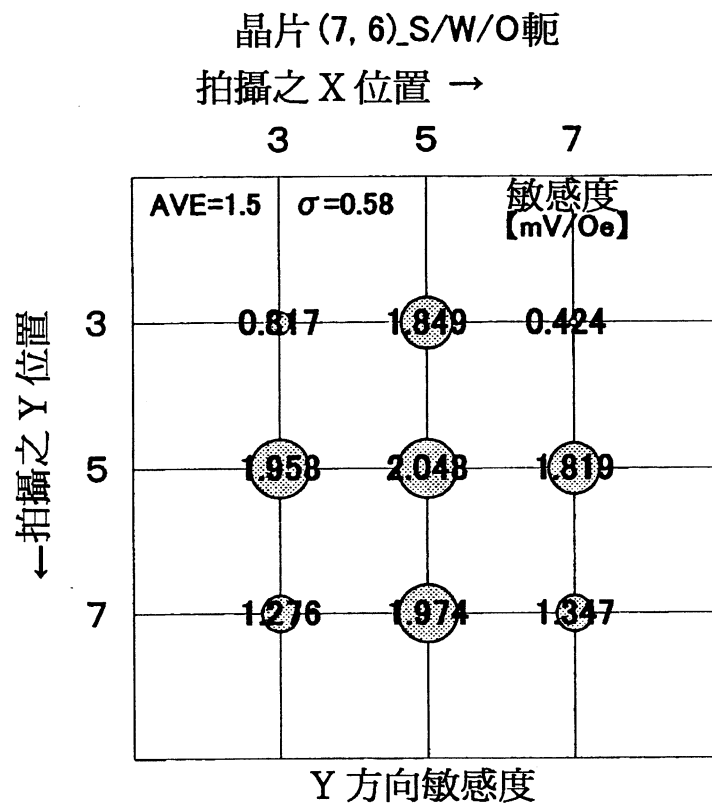


圖 40

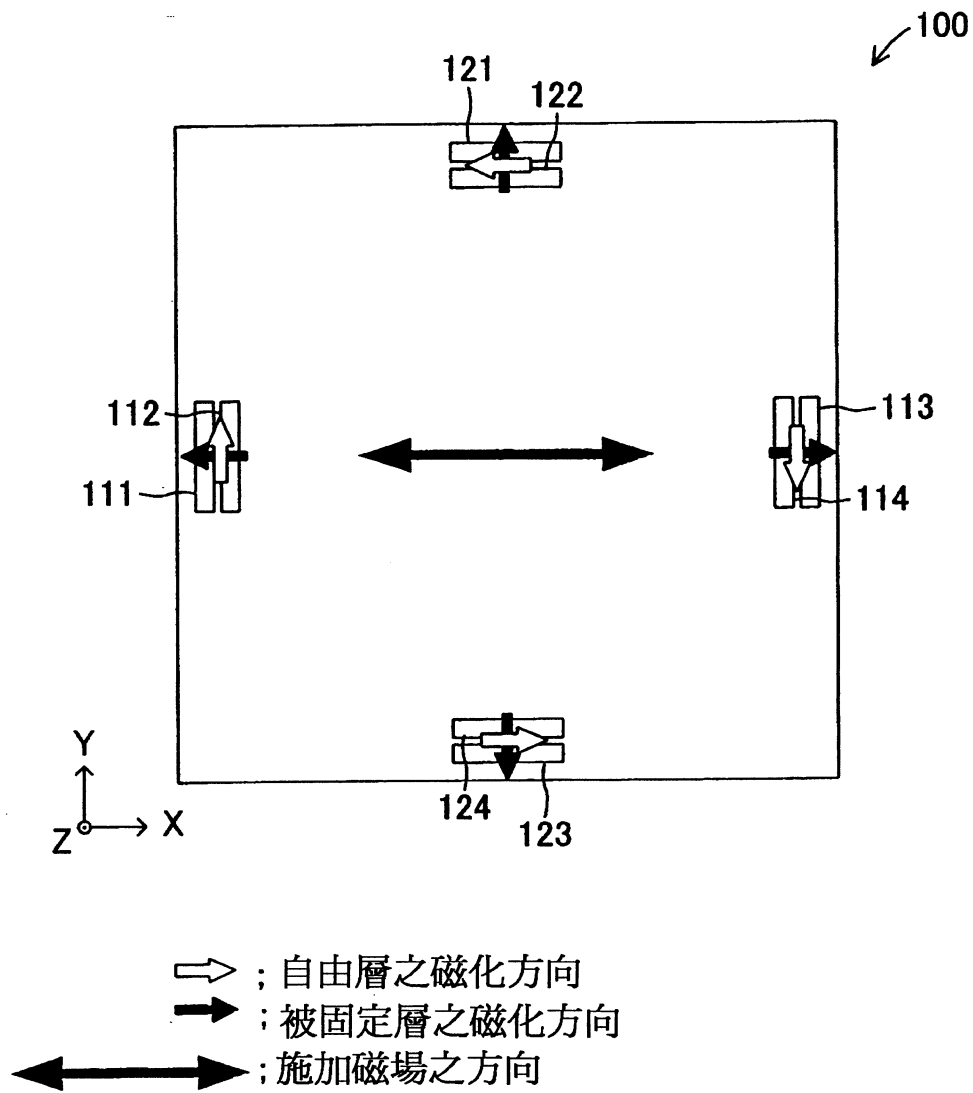


圖 41

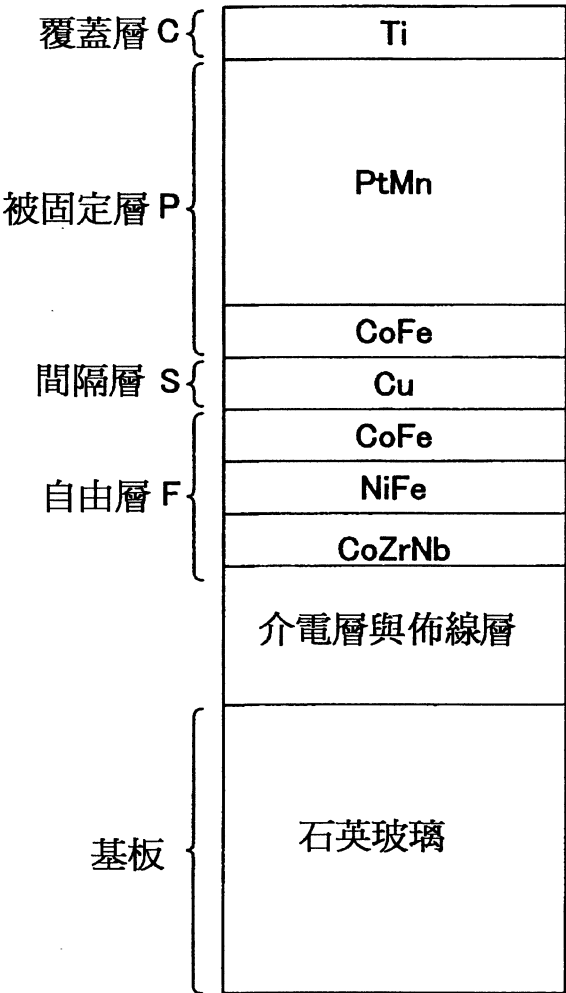


圖 42

SAF GMR 感測器對強磁場之阻抗性

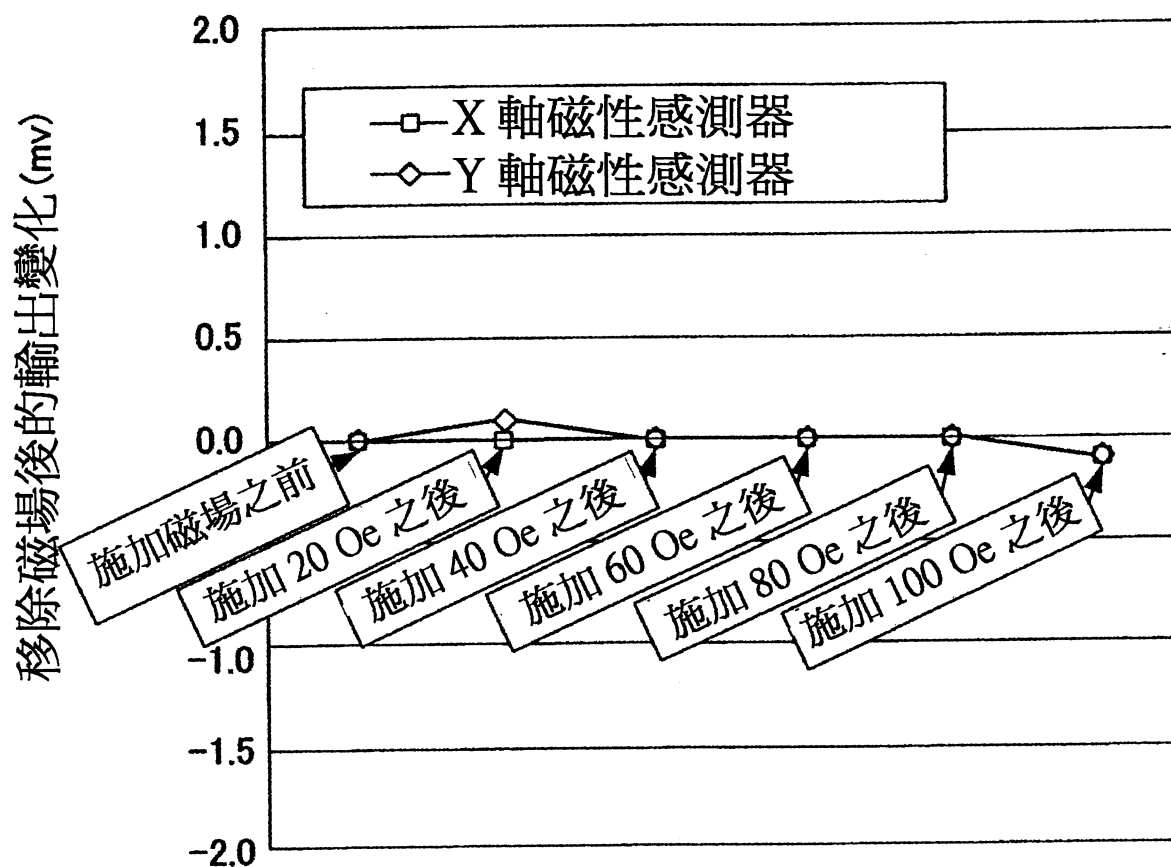


圖 43

傳統 GMR 感測器對強磁場之阻抗性

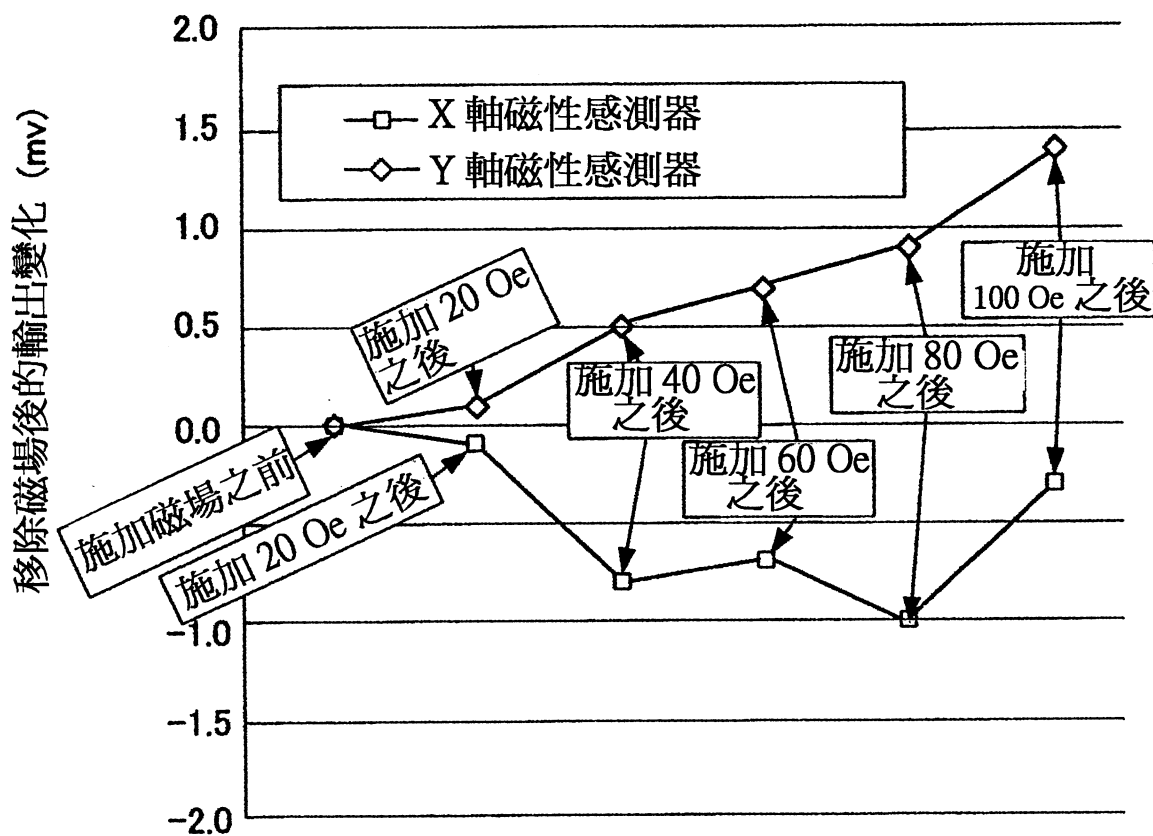


圖 44

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(3A)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10	N型磁性感測器
10a	單一基板(單石晶片)
11	GMR元件
11a	狹帶部分
11b	偏磁膜

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)