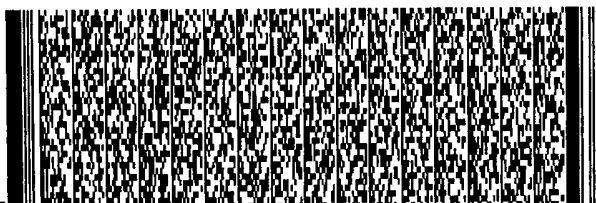


申請日期： 92.12.01	IPC分類
申請案號： 92133676	G01R 33/18

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書 200428014

一、 發明名稱	中文	在磁阻元件中測量磁致伸縮之方法
	英文	METHOD FOR MEASURING MAGNETOSTRICTION IN MAGNETORESISTIVE ELEMENTS
二、 發明人 (共1人)	姓名 (中文)	1. 胡貝爾特 葛林姆
	姓名 (英文)	1. GRIMM, HUBERT
	國籍 (中英文)	1. 德國 DE
	住居所 (中文)	1. 德國D-55278摩門海姆市興登布爾格街50號
	住居所 (英文)	1. Hindenburger Strasse 50, D-55278 Mommenheim, Germany
三、 申請人 (共1人)	名稱或姓名 (中文)	1. 國際商業機器股份有限公司
	名稱或姓名 (英文)	1. INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION
	國籍 (中英文)	1. 美國 US
	住居所 (營業所) (中文)	1. 美國紐約州10504亞芒克市新奧爾察德路 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1. New Orchard Road, Armonk, NY 10504, USA
	代表人 (中文)	1. 傑羅 羅森梭
	代表人 (英文)	1. Gerald Rosenthal



## 一、本案已向

國家(地區)申請專利	申請日期	案號	主張專利法第二十四條第一項優先權
歐盟 81	2002/12/20	02102858.4	有

二、主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間

日期：

四、有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

熟習該項技術者易於獲得, 不須寄存。

## 五、發明說明 (1)

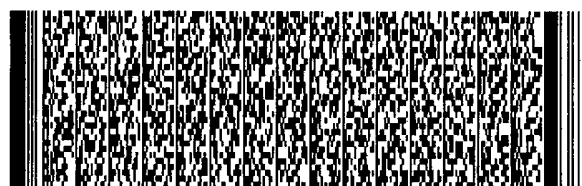
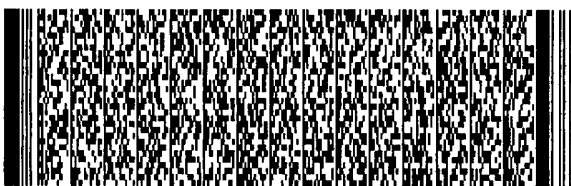
## 一、【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種測量磁致伸縮的方法，特別是一種在磁阻裝置中測量磁致伸縮的方法。

## 二、【先前技術】

在許多情況下必須測量磁場，例如測量一結構中所磁化部分之位置、讀取或記錄一磁性方式儲存的資料、以及以間接的方式測量裝置中的電流。

在上述情況中，磁效應經常非常微弱，因此需要一個敏銳的磁感測器。當一磁感測器係根據磁阻效應所提出，則此磁感測器能夠測量微小的磁場擾動，此外在製造上也能符合經濟效益。當利用單石積體電路 (monolithic integrated circuit) 的製造技術時，此種基於磁阻材料之磁感測器能夠以薄膜的形式而被製造，因此不但具有經濟效益，而且可以達到非常小的尺寸。基於磁阻材料之一磁感測器被設置，係藉由一磁阻材料被使用作為一電阻器。其上通過一電流，此電流在此材料上流過一路徑，而跨越其上之電壓將隨著此材料上此路徑之有效阻抗而改變。此阻抗值反過來隨著此材料磁化之狀態而改變。當此磁化係平行於此電流，也就是在異向性磁阻 (Anisotropic Magnetoresistance, AMR) 的情況中，此材料將具有最大之阻抗，而當此磁化係垂直於此電流，此材料將具有最小之阻抗。



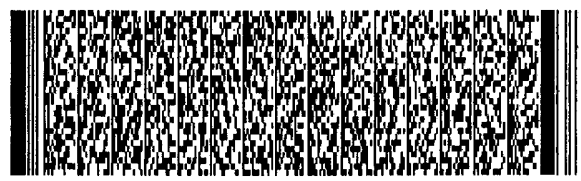
## 五、發明說明 (2)

對於巨磁阻 (Giant Magnetoresistance, GMR)而言，最大的阻抗在於當鄰近複數個磁性層的磁化的平行準直，此鄰近複數個磁性層被非磁性介面層所隔開。一自旋閥系統包含二磁性層，一是自由層 (free layer)，另一是栓層 (pinned layer)，其中此栓層可為一反鐵電層或是一反鐵電耦合式栓層。

此系統中的電流可在平面上 (CIP)或是垂直於平面 (CPP)。CPP的結構一般用於穿隧式元件 (穿隧性磁阻，Tunneling Magnetoresistance, TMR)，其中非磁性介面層包含一絕緣體。

具有一有效磁化之一自由旋轉層在磁阻裝置中。作用在磁阻材料上之一外部場旋轉其中之磁化方向，因此改變層系統之阻抗。被改變之阻抗所具有之電流，導致一跨越阻抗器之壓降，此壓降可作為一外部場強度的指標。

在有效磁化方向以及 AMR 情況中，電流經由材料之流動方向間具有之一角度，或是在 GMR 或 TMR 情況中鄰近層之間具有之一角度，此薄膜之有效阻抗將會隨著此角度之餘弦平方而改變。然而，總體的阻抗，通常不被考量，而是考量到所施予之外部磁場改變所對應之阻抗改變。在 AMR 的情況中，此改變通常在沿著餘弦平方回應曲線之一點上



## 五、發明說明 (3)

具有最佳量測，其中此曲線約為一線性函數。

為了在此回應曲線之一線性部分上操作，在電流流動方向與在無外加場時磁化之名義上之方向之間需要一初始角度。此初始角度可藉由其他偏壓設置之方式來達成。磁阻材料可設置在裝置基板上，以作為人字齒

(herringbone)圖案之一連續阻抗器，或是作為複數個連續連接之斜面，其中此斜面與此阻抗器之伸長方向具有一約45度的斜角。接著必須具備一偏壓磁場源，此偏壓磁場的所朝著的方向與此阻抗器之伸長方向之間約為90度。

另外的方法係提供磁阻材料之一線性帶 (linear strip)，並以與此線性帶方向約間隔45度之一方向，跨越此線性帶而加入個別之導體。因此，將導致流過此磁阻帶之電流方向與此帶本身之伸長方向之間具有一角度。後者之設計通常稱為 Barber Pole 感測器，而此設計不需要一外部偏壓磁場源。

在磁性記錄頭中，藉由垂直於感測帶方向而被磁化之一鄰近磁性層之雜散場 (stray field)，一 AMR 感測器之感測層之磁化係對應此感測電流而被轉動45度。此層可為一硬磁性材料 (硬偏壓層) 或是被感測電流所磁化之一軟磁性材料 (軟偏壓層)。



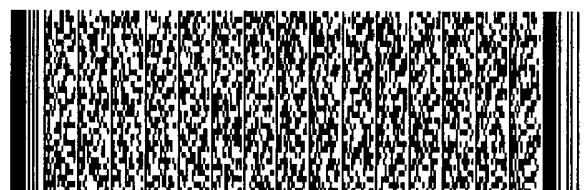
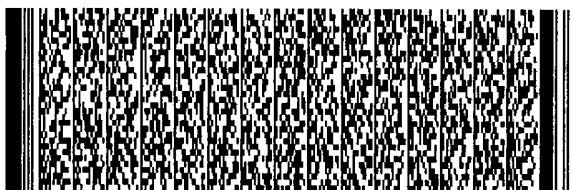
## 五、發明說明 (4)

在 GMR或是 TMR元件中，自由層之磁化必須被導向而平行於此帶之方向，一般來說，其可藉由在感測器的每一面放置一硬偏壓層來達成。藉由反鐵磁性耦合，栓層的磁化將固定地垂直此帶之方向。

磁致伸縮為一基本參數，供控制薄膜與多重層之磁性性質。磁致伸縮描述當磁場倒轉 (magnetic reversal) 時，一磁性材料在長度上的變化。

在磁性記錄元件中，具有被均質磁化之磁性層是重要的，特別是在感測層堆疊中之感測層 (自由層)。在非均質磁化的區域，例如渦旋 (vortices) 或是磁域 (magnetic domain)，將導致記錄訊號的不穩定。因此，磁性層將準直於區域磁場 (交換耦合磁場、硬偏壓場)。磁阻之異向性可導致區域性的非均質。因此，磁阻需要被非常精準地控制。

在薄膜的磁致彈性 (magnetoelastic) 性質的研究上，發展出許多種實驗方法。其中之一係藉由所謂懸臂法 (cantilever method)，而進行直接測量。磁化的改變造成當薄膜導致基板彎折時長度的改變。舉例來說，在 Journal of Magnetism and Magnetic Materials 136 (1994) 之第 189 至 196 頁中，E. du Tremolet de Lacheisserie 等所發表之 "Magnetostriction and



## 五、發明說明 (5)

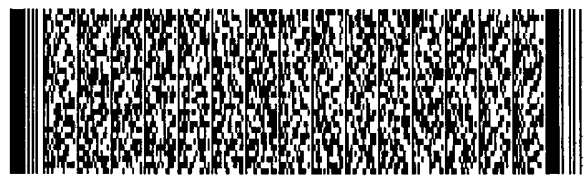
internal stresses in thin films: the cantilever method revisited"一文中已述及此方法。

另外可行的方法為藉由應變規 (strain gauge) 方法以進行間接測量，此應變規方法係在一磁性薄膜中產生機械應力。磁性之均質性經由磁阻耦合而改變。舉例來說，IEEE Transactions on Magnetism, vol. 25, no. 5, 1989年九月號，第 4198至 4200頁中，D, Markham等所發表之 "Magnetostrictive measurement of magnetostriction in Permalloy" 一文中已述及此方法。

日本專利第 62106382 A2號中述及一種測量一磁性膜中之磁致伸縮常數的裝置。

在 IEEE Transactions on Magnetism, vol. Mag-16, no. 2, 1980年三月號，第 435至 439頁中，Kenji Narita 等提出一種利用小角度磁致旋光 (Small Angle Magnetization Rotation, SAMR) 的方法，測量一薄型非晶條帶聚合物 (thin amorphous ribbon) 之飽和磁致伸縮。

然而，並無一種已知的方法係直接利用磁感測器之磁阻效應以測量磁化的改變，藉此反映感測器所在的真實環境。因此，此類方法仍有改進的必要。



## 五、發明說明 (6)

## 三、【發明內容】

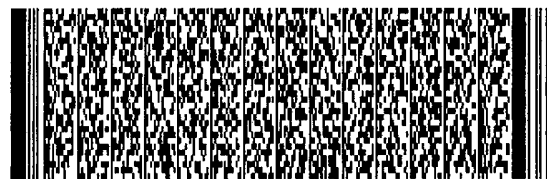
本發明之一目的在於提供一種測量磁性元件中磁致伸縮常數的方法。

本發明主要以及次要的目的與優點，將藉由如申請專利範圍第 1 項所述之方法來達成。

本發明之較佳實施例將對應附屬之申請專利範圍而予已揭示。

## 四、【實施方式】

本發明中，在基於異向性磁阻 (Anisotropic Magnetoresistance, AMR)、巨磁阻 (Giant Magnetoresistance, GMR)、與穿隧性磁阻 (Tunneling Magnetoresistance, TMR) 等元件 (通稱為 XMR) 中，例如磁性記錄頭 (recording heads)、磁場感測器等，元件中的磁致伸縮常數 (Magnetostriction Constant, 簡稱 MS) 係藉由小角度磁致旋光 (small angle magnetic rotation) 而被測量。利用感測器之電子訊號以測量一外加場所產生之磁致旋光。在磁阻 (簡稱 MR) 元件中，利用許多種方法偏壓一磁化，例如硬偏壓 (hard bias)、反鐵磁性交換耦合 (antiferromagnetic exchange coupling)、Barber Pole 法等。為了測量 MS，所使用之偏壓場 (硬偏壓、反鐵磁性

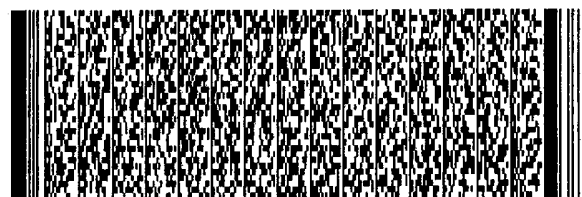
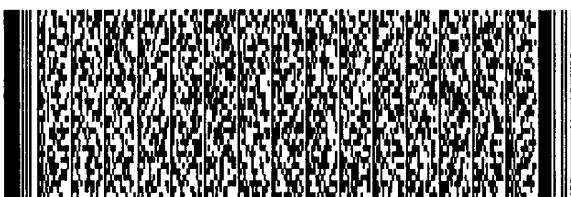


## 五、發明說明 (7)

交換耦合、Barber Pole法)，係藉由一額外之外部直流場 (DC field) 而能夠被支持，此額外之外部直流場係被對準而平行所施予之應力 (stress)。若在薄膜中之此應力有所改變，此感測器之訊號也會因為磁阻式耦合而改變。然而，此感測器之訊號改變可藉由改變外部直流場而被補償。由於被遮罩之元件，必須校準此外部場以反映從遮罩層中之去磁化效應 (demagnetizing effect) 的影響。可藉由彎折或其他方法，例如溫度、壓電層等，以在晶片或行級別 (row level) 上施予此應力。

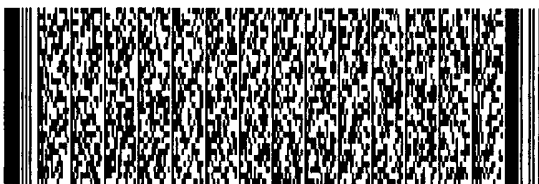
本發明所揭示之方法不僅適用於磁性記錄頭，也可以應用在磁場感測器與磁性隨機存取記憶體 (MRAMs)。然而，為了說明之簡化目的，以下將藉由磁性記錄頭來說明本發明。

圖 1 根據本發明之一實施例中，測量一磁致伸縮常數之設置。首先，將一行或是一晶片 10 插入一彎折固定物，例如一偏轉規 (deflection gauge) 12，而此行或此晶片具有形成於其上之 XMR 元件。接著，如同圖 1 中所示 X 軸之方向，平行此行或是此晶片 10 而施予一直流磁場。另外，如同圖 1 中所示 Y 軸方向，垂直此行或是此晶片 10 且平行此磁阻層而施予一交流磁場。此交流磁場較佳係為一具有頻率  $f$  之正弦波形式。在例如一 XMR 元件之磁阻元件中測量一訊號，此訊號將與上述具有頻率  $f$  之交流磁場之振幅間有一



## 五、發明說明 (8)

比例關係。為了簡化，使用一鎖定放大器 (lock in amplifier) 14，此鎖定放大器 14 係鎖定此交流磁場之頻率。接著，在平行 X 方向之 XMR 元件中之層上，藉由，例如利用一微螺絲 (micrometer screw) 16，彎折此行或此晶片 10 而產生一機械應力。微螺絲控制單元 48 透過線 20 能夠電子地控制此螺絲。由於 XMR 元件之感測器層中的磁致彈性 (magnetoelastic) 交互作用，磁性之異向性將會改變。反過來將會導致在鎖定放大器 14 所測量到之訊號之振幅改變。最後，藉由一適當控制電路，改變在 X 方向所施加之直流磁場，直到在鎖定放大器 14 所測量到之訊號的值，等同於之前沒有施予機械應力時所測量到的值。一交流電源供應器提供動力予此行或此晶片之偏轉規 12 上之磁組件 22，以在 Y 方向產生磁場，而一直流電源供應器經由線 28 與 30，供提供一 X 方向之補償直流場。一固定電流源 34 經由線 32 提供動力予此 XMR 元件。如上所述，交流磁場之激發頻率 38 所鎖定之感測器輸出，也就是跨過 XMR 電阻的電壓，係經由線 36 而饋入此鎖定放大器 14。一電腦 40 能夠透過匯流排 26 控制全部的測量組件。



## 五、發明說明 (9)

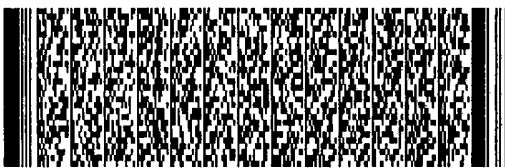
磁致伸縮定義如〈方程式 1〉：

$$\frac{3}{2} \lambda_s * \Delta \sigma = \frac{1}{2} \Delta H_{k,\sigma} M_s$$

可知磁致彈性能密度 (方程式左邊) 相等於異向性磁能密度 (方程式右邊)。

機械應力異向性的改變  $\Delta \sigma$ ，與應變之改變  $\Delta \varepsilon = ((\Delta l)/l)$  (由於此行或此晶片彎折所產生之相對伸長)，係根據虎克定律 (限制於均質以及等向性的材料) 而表示如下：

$$\Delta \sigma_x = \left( \frac{E}{1-\nu^2} \right) (\Delta \varepsilon_x - \nu \Delta \varepsilon_y), \Delta \sigma_y = \left( \frac{E}{1-\nu^2} \right) (\Delta \varepsilon_y - \nu \Delta \varepsilon_x)$$



## 五、發明說明 (10)

從偏轉的機械係數可計算出電壓改變  $\Delta \sigma$ ，如 < 方程式 2>：

$$\Delta \sigma = \Delta \sigma_x - \Delta \sigma_y = \left( \frac{E}{1-\nu} \right) (\Delta \varepsilon_x - \Delta \varepsilon_y)$$

以下係供獲得特殊機械係數的方法：

1) 從偏轉 (圖 1 中之 b) 可計算此應變，表示如 < 方程式 3>：

$$\Delta \varepsilon_x = \left( \frac{3d_s * b}{2L^2} \right) \left( 1 - \frac{|x|}{L} \right)$$

其中 L 為彎折長度 (如圖示)， $d_s$  為基板厚度 (如圖示)，應變計 (strain gauge) 中央為  $x=0$ ，以及  $\Delta \varepsilon_y = 0$

2) 利用一雷射光束掃描樣品的表面，以測量表面的曲率。此雷射光束從此行或此晶片的表面反射至一位置敏感光學裝置。

根據上述方法步驟 2 中之表面曲率或是偏轉 b 可決定應變  $\Delta \varepsilon$ 。



## 五、發明說明 (11)

測量異向性的場係根據全能量而來，如 < 方程式 4 > :

$$E = H_x M_s \cos \theta - H_y M_s \sin \theta + \frac{1}{2} H_k M_s \sin^2 \theta + \frac{1}{2} \langle N_{\text{demag}} \rangle M_s^2 \sin^2 \theta$$

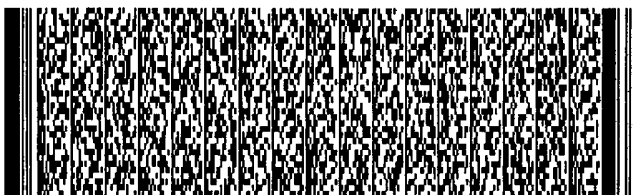
此項包含在外部場 ( $H_x$ ,  $H_y$ ) 中的能量，單軸異向性 (uniaxial anisotropy) ( $H_k$ )，以及形式異向性 (form anisotropy)；其中單軸異向性包含引發異向性 (induced anisotropy) 與磁阻異向性 (magnetostrictive anisotropy)，而此形式異向性將此被測量之層之磁化分佈納入考量。

根據平衡的條件  $dE/d\theta = 0$ ，可知 < 方程式 5 > :

$$\sin \theta = \frac{H_y}{H_x + H_k + \langle N_{\text{demag}} \rangle M_s}$$

當一週期性激發場  $H_y = H_{y0} \sin(\omega t)$ ，磁化將會大約在一平衡態上起伏。此磁阻元件之阻抗將隨著相同的頻率而變化。

一機械張力 (tension) 改變異向性場  $H_k$ ，將反過來導致磁化起伏的阻抗改變與振幅改變。這些改變將藉由外部



## 五、發明說明 (12)

場  $H_x$  而補償，原本的平衡態將會回復。而可得到下列〈方程式 6〉：

$$\Delta H_{k,\sigma} = \Delta H_x$$

$\lambda_s$  的計算是簡單易懂的。應變  $\Delta \varepsilon$  將根據方程式 3 而計算。接著應變異向性  $\Delta \sigma$  將從方程式 2 所推演出。從方程式 1，藉由從方程式 4 帶入  $\Delta \sigma$  與  $\Delta H_{k,\sigma}$ ，可計算出磁致伸縮常數。

飽和磁化  $M_s$  以及彈性係數  $E$  以及  $\nu$  被視為常數而帶入方程式 1 中。

本發明提出直接利用磁感測器的 MR 效應以測量磁化的改變。本發明所揭示之方法具有以下優點：

利用一補償方法確保一固定的磁化狀態，可避免因為在結構化薄膜中區域磁化分佈所導致的錯誤。例如在 AMR 中的軟偏壓 (soft bias)、縱向機械性的硬場 (硬偏壓)、或是交換場等等之偏壓場，與鄰近磁性層之間不會產生任何影響。

測量是簡單且快速的。

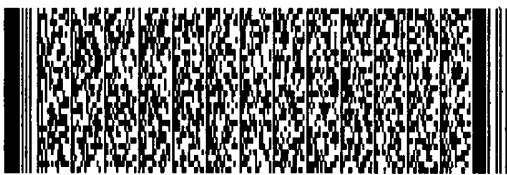


## 五、發明說明 (13)

磁阻 (MR) 效應非常敏銳。

感測器元件本身可實施測量。並不需要個別製造之監視器層。

雖然本發明以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。



## 圖式簡單說明

## 五、【圖式簡單說明】

所附圖式係為配合說明書解釋本發明。

圖 1 係根據本發明之一實施例中，測量一磁致伸縮常數之設置。

## ※ 元件符號說明

晶片 10	偏轉規 12
鎖定放大器 14	微螺絲 16
線 20	磁組件 22
匯流排 26	線 28、30、32、36
電流源 34	激發頻率 38
電腦 40	微螺絲控制單元 48

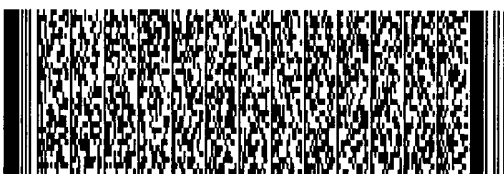


四、中文發明摘要 (發明名稱：在磁阻元件中測量磁致伸縮之方法)

一種直接測量磁阻元件之磁致伸縮常數的方法。此方法包含：(a)提供一基板，此基板具有一或多個磁阻元件；(b)插入此基板至一彎折裝置；(c)施加平行於此基板之一直流磁場；(d)施加垂直於此基板之一交流磁場，此交流磁場平行於此一或複數個磁阻元件上之複數個磁阻層；(e)從此一或複數個磁阻中測量一訊號；(f)藉由此彎折裝置施予一機械壓力，此機械壓力平行於基板；以及(g)在此機械壓力抵達之前，改變此直流磁場直到測量到此訊號。

五、英文發明摘要 (發明名稱：METHOD FOR MEASURING MAGNETOSTRICTION IN MAGNETORESISTIVE ELEMENTS)

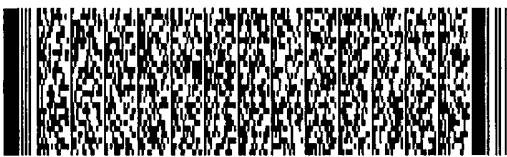
A method for directly measuring the magnetostriction constant of a magnetoresistive element is provided. The method consists of the following steps: 1) providing a substrate carrying one or more magnetoresistive elements; 2) inserting said substrate into a bending fixture; 3) applying a magnetic DC field parallel to said substrate; 4) applying a magnetic alternating



四、中文發明摘要 (發明名稱：在磁阻元件中測量磁致伸縮之方法)

五、英文發明摘要 (發明名稱：METHOD FOR MEASURING MAGNETOSTRICTION IN MAGNETORESISTIVE ELEMENTS)

field perpendicular to said substrate and parallel to the magnetoresistive layers of said elements; 5) measuring a signal from said element; 6) applying a mechanical stress parallel to said substrate by bending said substrate; and 7) changing said magnetic DC field until the signal measured before applying said mechanical stress is reached.



## 六、申請專利範圍

## 1. 一種直接測量磁阻元件之磁致伸縮常數

(Magnetostriction Constant)的方法，該方法包含：

提供一基板，該基板具有一或複數個磁阻元件；

插入該基板至一彎折裝置；

施加平行於該基板之一直流磁場；

施加垂直於該基板之一交流磁場，該交流磁場平行於該一或複數個磁阻元件上之複數個磁阻層；

從該磁阻中測量一訊號；

藉由該彎折裝置施予一機械壓力，該機械壓力平行於基板；以及

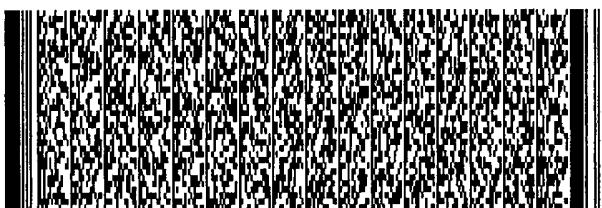
在施予該機械壓力之前，改變該直流磁場直到測量到該訊號為止。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該基板為一行 (row) 或是一晶片 (wafer)。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之方法，其中該行或是該晶片具有複數個磁阻元件。

4. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之方法，其中藉由一微螺絲 (micrometer screw) 以施予該機械張力。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之方法，其中微螺絲為電子控制。



## 六、申請專利範圍

6.如申請專利範圍第1至3項中任一項所述之方法，其中該磁阻元件為基於一異向性磁阻 (Anisotropic Magnetoresistance, AMR)、巨磁阻 (Giant Magnetoresistance, GMR)、或穿遂性磁阻 (Tunneling Magnetoresistance, TMR)之感測器。

7.如申請專利範圍第4項所述之方法，其中該磁阻元件為基於一異向性磁阻 (Anisotropic Magnetoresistance, AMR)、巨磁阻 (Giant Magnetoresistance, GMR)、或穿遂性磁阻 (Tunneling Magnetoresistance, TMR)之感測器。



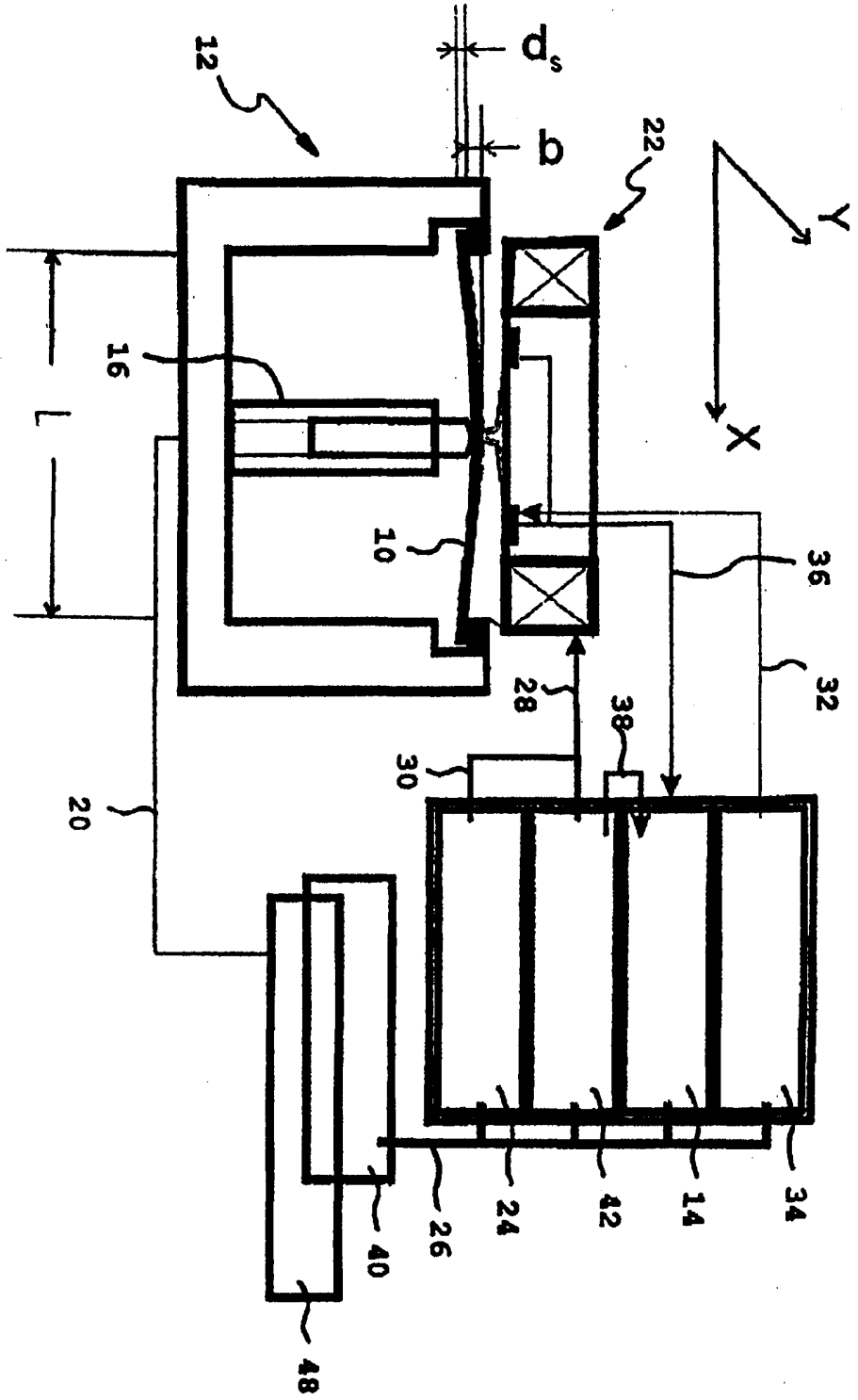


圖 1

## 六、指定代表圖

(一)、本案代表圖為：圖 1

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

晶片 10	偏轉規 12
鎖定放大器 14	微螺絲 16
線 20	磁組件 22
匯流排 26	線 28、30、32、36
電流源 34	激發頻率 38
電腦 40	微螺絲控制單元 48

