

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：93136563

※ 申請日期：93.11.26

※IPC 分類：H01F21/08

一、發明名稱：(中文/英文)

高頻薄膜電路元件

HIGH FREQUENCY THIN FILM ELECTRICAL CIRCUIT ELEMENT

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商飛思卡爾半導體公司

FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC.

代表人：(中文/英文)

珍妮佛 B 伍艾梅特

WUAMETT, JENNIFER B.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國德州奧斯丁市威廉坎嫩道西6501號

6501 WILLIAM CANNON DRIVE WEST, AUSTIN, TEXAS 78735,
U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 菲力浦 藍道

RENAUD, PHILIPPE

2. 羅馬希 藍普萊莎德

RAMPRASAD, RAMAMURTHY

國 籍：(中文/英文)

1. 法國 FRANCE

2. 印度 INDIA

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. 歐洲專利機構；2003年11月28日；03292965.5

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】

本發明係關於一種高頻薄膜電路元件，其包含與至少一磁性材料層磁性耦合之一伸長導體，該磁性材料層在該導體上面及下面沿該導體之至少一部分而延伸。

【先前技術】

將一電感元件之導體嵌入或夾在一磁性材料中可顯著地增強其在給定尺寸條件下的電感或縮小其尺寸而同時保持給定的電感。同樣，將一導體嵌入或夾在一磁性材料中可改善對藉由沿該導體流動的電流而產生的磁場之包容：若該導體係形成為一半導體裝置(例如積體電路)的部分，則此作法尤其有價值，因為其能改善與該裝置中的其他元件之信號隔離。

對於使用半導體類製造技術(例如在一支撐層上進行由遮罩控制的材料沉積及蝕刻)來製作的微觀電路元件，縮小電路元件之尺寸尤其有價值，因為此舉會引起佔據的晶片區域縮小而使得對於一給定的製造操作序列及一給定的整體支援層(「晶圓」)尺寸能生產更多的裝置。

但是，強磁性共振(FMR)損失已使得此類裝置對低於1 GHz的情況之適用性受到限制，即使使用高電阻率強磁性材料。

由Fergen, I.等人提出的名稱為「供高頻應用之強磁性軟薄膜」之報告(2002年4月磁及磁性材料期刊第242至245卷第146-51頁)說明關於磁性材料之濺鍍薄膜在高頻率下的特

性之研究。

Zhuang Y等人提出的名稱為「用於標準CMOS/BiCMOS之強磁性射頻(RF)電感器及變壓器」之報告(2002年12月, IEEE 8的2002年國際電子裝置會議技術文摘第475至478頁)說明一種射頻電感器, 其包含一伸長電導體, 該伸長電導體與在該導體上面或下面沿該導體的至少部分而延伸之一磁性材料薄層磁性耦合, 該磁性材料薄層厚度為 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 而橫向尺度為100、200、400或800 μm 。

對於佔據較小晶片區域的高頻應用, 需要一實際的高頻薄膜電路元件。

【發明內容】

本發明提供一種併入經仔細選擇的磁性材料層之電感元件以及一種製作如隨附申請專利範圍中所說明的電感元件之方法。

【實施方式】

附圖中顯示本發明之具體實施例, 其包含在一電絕緣支撐層2上的一導電材料層中形成之一伸長導體1。該電導體1可由一單一的筆直元件或一系列平行的筆直元件(該等平行的筆直元件係於交替的端部連接至相鄰元件以形成彎曲)組成, 或可能係一平面或非平面的螺旋電感器之部分。在圖1所示的本發明之具體實施例中, 該導體形成大體為正方形之一螺旋, 在此範例中該螺旋具有三個半線匝, 但還可提供更少或更多的線匝。一電接觸墊3形成於該導體1之同一層並提供與導體1一端之連接以用於外部電路組件。

經由在該支撐層2下方經過之一導電橋接元件(未顯示)而將一電接觸墊4(其形成於該導體1之同一層)連接至該導體1之相對端。

可將該導體1作為自電感或一變壓器之部分來使用。為增強該導體1之電感，將該導體1嵌入磁導率大於1之一薄膜磁性材料(較佳的係強磁性材料)層。(注意：圖1中未顯示該磁性材料，但在其他圖式中顯示該磁性材料)。該導體1之橫向尺度平行於該磁性層5且在該磁性層5之橫向尺度內延伸。該磁性層5還具有一特徵，其能最大程度地包容來自該導體1之磁通量，並改善對該導體1之屏蔽以及對流動於該導體內的信號之電磁隔離。在該導體1及其磁性層5係接近其他電性組件而置放於一共用支撐層上時，上述特性尤其有價值，而且，在某些情況下，該導體1可能係一積體電路之部分，而該支撐層2亦係該積體電路之部分。

在本發明之一項具體實施例中，該磁性材料5係厚度合適的高電阻強磁性材料之一濺鍍膜。合適的強磁性材料係諸如FeCoSiB及FeTaN之類的合金。

在本發明之另一項具體實施例中，該磁性層5之材料係包含強磁性材料粒子之一組合物材料，該等強磁性材料粒子係密集封裝於一實質上非磁性的電阻矩陣材料中。此類組合物材料減少渦電流損失，而該電感器減小串聯電阻及寄生電容，從而在高射頻頻率下產生高品質因數(「Q」)。該等磁性粒子可能係鐵(Fe)或鐵鈷(FeCo)合金之

磁性奈米粒子。該矩陣材料可能係一有機樹脂或 ligant。

圖 3 顯示該層 5 之一般磁導率特徵。該磁導率係一複數值，其包含一實部 μ' 與一虛部 μ'' 。在 1 GHz 及更高級數之頻率下，此類材料呈現強磁性共振（「FMR」），在此強磁性共振情況下，該磁導率之實部快速下降並可能變負，而該虛部到達峰值。該些特徵將該電路元件之功能限制於低於 FMR 頻率之頻率。

該磁性層 5 之磁導率取決於其飽和磁化 M_s （該磁性材料特性之一元素）及各向異性 H_k （其取決於該層之晶體結構及形態學）。在塊狀與薄膜組態中，該材料之磁導率皆如下：

$$\mu = 1 + M_s/H_k \quad \text{等式 1}$$

如圖 4 所示，已發現該層 5 之強磁性共振頻率 FMR 以及消磁因數 N_z 與該層 5 之縱橫比（即該層 5 在方向 Z 上的厚度與其在軸 X 及 Y 方向上的橫向尺度之比）成函數關係。

該等消磁因數一般與樣本形狀成對角張量函數關係。可將其對該強磁性共振之影響表示如下。

$$\text{FMR} = \gamma \sqrt{[H_k + (N_y - N_z)M_s][H_k + (N_x - N_z)M_s]}$$

其中 γ 係迴轉磁比率， N_x 、 N_y 、 N_z 係該粒子之消磁因數，而 M_s 係該飽和磁化， H_k 係該晶體各向異性磁場。

該消磁因數之計算如下： $N_x + N_y + N_z = 1$ ，並針對磁棒及橢圓體而廣泛計算與表列其個別表達式（請參見，例如，R.C. O'Handley Wiley Intersciencep.41 之「現代磁性材料，原理及應用」）。

對於薄膜，若 $M_s \gg H_k$ 則 $N_y = N_z = 0$ ； $N_x = 1$ 且 $\text{FMR} =$

$$\gamma\sqrt{H_k^2 + H_k M_S} \approx \gamma\sqrt{H_k M_S}$$

對於球體： $N_x=N_y=N_z=1/3$ 且 $FMR = \gamma H_k$

對於中間體組態，該 N_z 及 FMR 取決於圖 4 所說明之樣本形狀(縱橫比)。

如圖 4 所示，對於 0.5 及更高之縱橫比，該強磁性共振頻率急劇下降。在本發明之較佳具體實施例中，該縱橫比係保持得實質上低於 0.5 而較佳的係低於 0.1。將可看出，對於所說明的磁性材料之範例，該強磁性共振頻率在塊狀材料中係 1.5 GHz，但在縱橫比為 0.5 時約為 5 GHz，而在縱橫比為 0.1 時超過 8 GHz。

但是，對於該層 5 之有用縱橫比有一更低的限制。對於該層之給定厚度，該縱橫比越小，則其橫向尺度越寬。對於在頻率高於 1 GHz 時電感級數為 1 至 5 nH 之一範例以及磁導率 μ 級數為 10 的層 5 之一實際範例，圖 2 中該層 5 之厚度級數為 120 微米。該電路元件橫向尺度之可接受尺寸將取決於其應用。但是，對於許多應用，級數為 12 mm 之橫向尺度將不可接受，其對應於小於 0.01 之縱橫比。此外，應瞭解，即使在磁性材料之厚度減小而引起橫向尺度減小之情況下，藉由減小該縱橫比而獲得 FMR 頻率之改善在遠低於 0.01 之比率下亦會產生逐漸減少的回報，如圖 4 所示。因此，即使在本發明之該些具體實施例中，該縱橫比亦大於 0.001。

事實上，該電感器之尺度將不僅取決於該磁性材料之縱橫比而且取決於其磁導率：可使用之磁性材料呈現出比針

對當前可容易獲得之一般材料而給定的值10實質上更大之磁導率。

圖5顯示嵌入該層5的導體1相對於由空氣包圍的同一導體(「L0」)之電感與該磁性材料厚度成函數關係。圖6顯示該電路元件所提供的導體之品質因數與厚度成函數關係。將可看出，在此範例中，在磁導率為10之條件下，60微米之磁材料厚度引起電感相較於一空心導體1增加八倍而品質因數Q增加三倍。

圖7說明本發明之另一項具體實施例，其中該電導體1係夾在該支撐層2上的一對磁性層6與7之間，而非嵌入一單一層5內。在圖7之上部部分所示之範例中，與圖2之具體實施例類似，該層5之厚度為120微米而縱橫比為0.1，橫向尺度為1.2 mm。圖7下部部分所示的本發明之具體實施例具有二層6及7，其中，對於層6及7中每一層，針對相同的總厚度120微米以及針對小於0.1之縱橫比，該等層6及7之橫向尺度之級數為600微米。在本發明之此項具體實施例中，該等層6及7係藉由在該導體1的每一側上沿實質上該導體的整個長度延伸之磁性互連8及9而得以磁性地互連。該等磁性互連8及9之一般橫向尺度係60微米。應瞭解，圖7顯示該導體1之斷面視圖。在每一情況下，介電材料10皆包圍磁性材料之層5、6及7以及該等磁性互連8及9。

應瞭解，沿該導體1流動(即垂直於該圖之平面)之電流將產生循環圍繞該導體並因此而包含於該等層6及7的橫向

範圍內以及該等互連8及9內之磁通量。

應瞭解，圖7下部部分所示具有二磁性層6及7之具體實施例使得在給定橫向尺度之情況下，與圖7上部部分所示之具體實施例相比，該等層中每一層之縱橫比提高。藉由在該磁性層6上添加另一磁性層11而在該磁性層7下添加另一磁性層12(如前面所述，該等層6、7、11及12係藉由介電材料10而分離)，如圖8中針對伸長導體(其係作為一螺旋電感器之部分)所示，該等磁性層之縱橫比可獲得進一步改善。

如圖8所示，不需要將該等重疊的磁性層6與7之間以及在圖8所示結構情況下係該等層11與12之間的磁性互連8及9置放成直接鄰接該導體1之每一線匝，尤其係在螺旋組態之情況下。在本發明之此項具體實施例中，該等層6、7、11與12之間在該導體1的螺旋中心內於13形成一磁性互連，而在此螺旋外實質上完全包圍該螺旋而於14形成一磁性互連。在本發明之此項具體實施例中，藉由通道而形成該等磁性連接13及14，其係藉由將磁性材料沉積入蝕刻於該介電材料10內的孔而形成。在圖9所示之一項替代性具體實施例中，藉由插塞而形成該等磁性互連13及14，在該等插塞中，在該介電質10中的孔徑內以單塊組態生長該磁性材料。

應瞭解，如圖所示之電路裝置可與響應裝置一起用在電路設備中，該等響應裝置響應由該電路裝置向一沿該導體流動的週期性電流提供之電感。

【圖式簡單說明】

圖1係以範例方式給出的依據本發明之一項具體實施例用於一高頻薄膜導體之一電導體之一透視圖，

圖2係圖1之電感器之一斷面圖，

圖3係與一用於圖1中電感器的強磁性材料之頻率成函數關係之磁導率之實部及虛部之一曲線圖，

圖4係與一用於圖1中電感器的強磁性材料之縱橫比成函數關係之消磁因數及強磁性共振頻率(「FMR」)之一曲線圖，

圖5係圖1中電感器與強磁性材料厚度成函數關係之電感相對值之一曲線圖，

圖6係圖1中電感器與該磁性材料厚度成函數關係之品質因數相對值之一曲線圖，

圖7係以範例方式給出的依據本發明之進一步具體實施例之二高頻薄膜電感器中的部分之一更詳細斷面圖，

圖8係以範例方式給出的依據本發明之另一項具體實施例之一高頻薄膜電感器之一更詳細斷面圖，以及

圖9係以範例方式給出的依據本發明之另一項具體實施例之一高頻薄膜電感器之一更詳細斷面圖。

【主要元件符號說明】

- | | |
|---|----------|
| 1 | 伸長導體/電導體 |
| 2 | 電絕緣支撐層 |
| 3 | 電接觸墊 |
| 4 | 電接觸墊 |

5	磁性層
6	磁性層
7	磁性層
8	磁性互連
9	磁性互連
10	介電材料
11	磁性層
12	磁性層
13	形成一磁性互連之位置
14	形成一磁性互連之位置

五、中文發明摘要：

本發明揭示一種高頻薄膜電路元件，其包含內部與至少一磁性材料層磁性耦合之一伸長導體，該磁性材料層在該導體上面及下面沿該導體之至少一部分而擴展。本發明提供一種併入經仔細選擇的磁性材料層之電感元件以及一種製作電感元件之方法。

六、英文發明摘要：

十、申請專利範圍：

1. 一種電路元件，其包含與至少一磁性材料薄層(5；6、7、11、12)磁性耦合的一伸長電導體(1)，該至少一磁性材料薄層(5；6、7、11、12)與該導體並列而沿該導體之至少一部分延伸；

其特徵在於：該磁性材料層(5；6、7、11、12)之厚度與其橫向尺度之縱橫比在0.01與0.5之間。

2. 如請求項1之電路元件，其中該縱橫比小於0.1。
3. 如請求項1或2之電路元件，其中該導體(1)之該部分係置放於該磁性材料層(5；6、7、11、12)內。
4. 如前述請求項中任一項之電路元件，其中該伸長電導體(1)係與複數個該等磁性材料薄層(6、7、11、12)磁性耦合，該等磁性材料層在該導體上面及下面沿該導體之至少一部分延伸，該等磁性材料層(6、7、11、12)中每一層之厚度與其橫向尺度之縱橫比在0.01與0.5之間。
5. 如請求項4之電路元件，其中該縱橫比小於0.1。
6. 如請求項4至5中任一項之電路元件，其包括磁性互連(13、14)，該等磁性互連在該導體(1)旁延伸並且將該等磁性材料層(6、7、11、12)互連於藉由沿該導體流動的電流而產生之磁通量與該等層成橫向之位置。
7. 如請求項6之電路元件，其中該等互連(13、14)之該等橫向尺度相較於該等層(6、7、11、12)之該等橫向尺度較小。
8. 如請求項4至7中任一項之電路元件，其包括在該導體(1)

上面延伸之複數個該等磁性材料層(6、11)以及在該導體下面延伸之複數個該等磁性材料層(7、12)。

9. 如請求項4至8中任一項之電路元件，其中該導體(1)在該等磁性材料層(6、7、11、12)之間的一螺旋內延伸。
10. 如請求項4至8中任一項之電路元件，其中該導體(1)在該等磁性材料層(6、7、11、12)之間的一彎曲內延伸。
11. 如前述請求項中任一項之電路元件，其中該磁性材料包含一強磁性材料。
12. 如前述請求項中任一項之電路元件，其中該磁性材料係包含一磁性材料的多個粒子之一組合物材料，該等粒子係密集封裝於一實質上非磁性的電阻矩陣中。
13. 如前述請求項中任一項之電路元件，其中該磁性材料係高電阻強磁性材料之一濺鍍膜。
14. 一種電路設備，其包含如前述請求項中任一項之一電路元件以及電感響應構件，該電感響應構件響應由該電路元件向一在該導體(1)內流動的週期性電流提供之電感。
15. 如請求項14之電路設備，其中該電路元件及該電感響應構件係置放於一共用支撐層上。
16. 如請求項15之電路設備，其中該電路元件及該電感響應構件係一共用積體電路之部分。

十一、圖式：

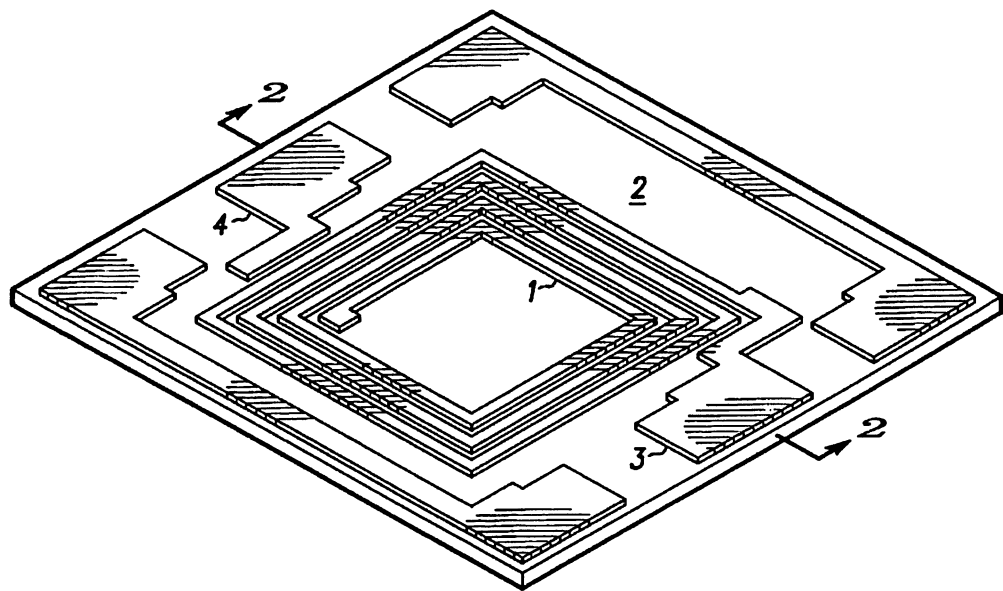


圖 1

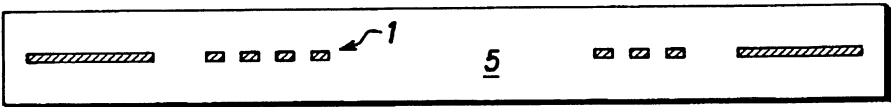


圖 2

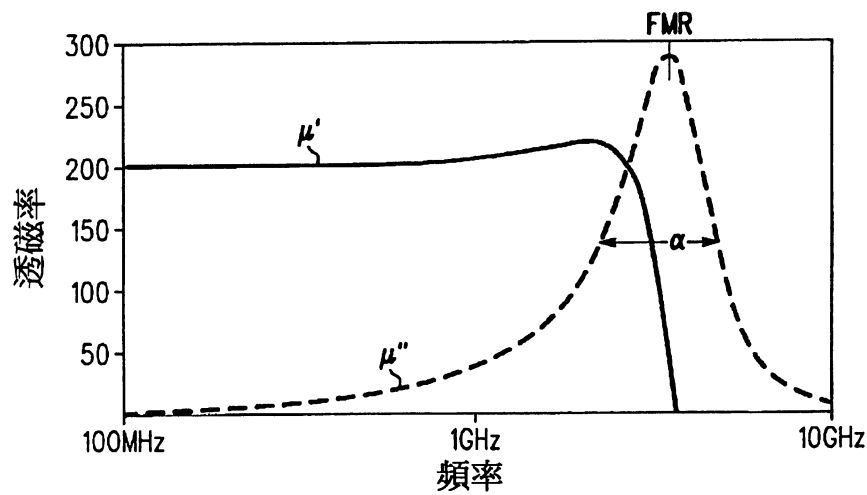
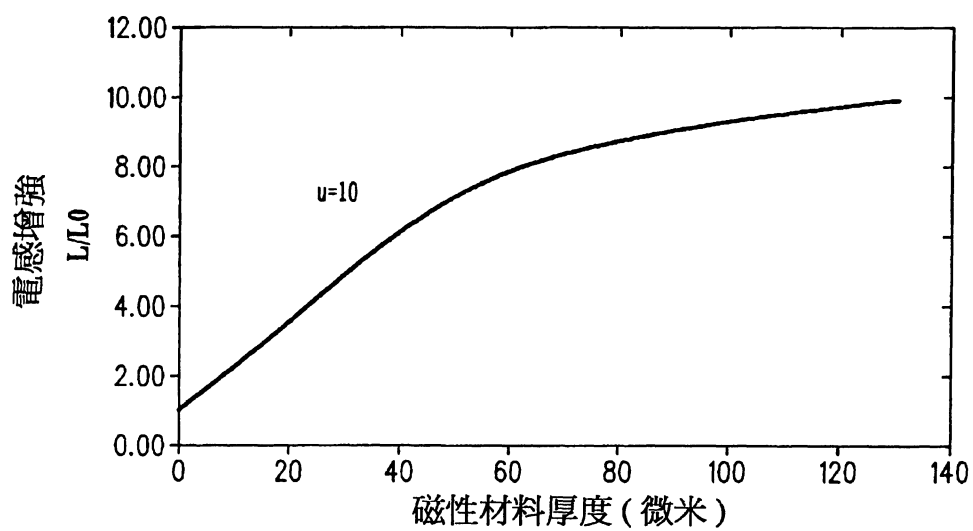
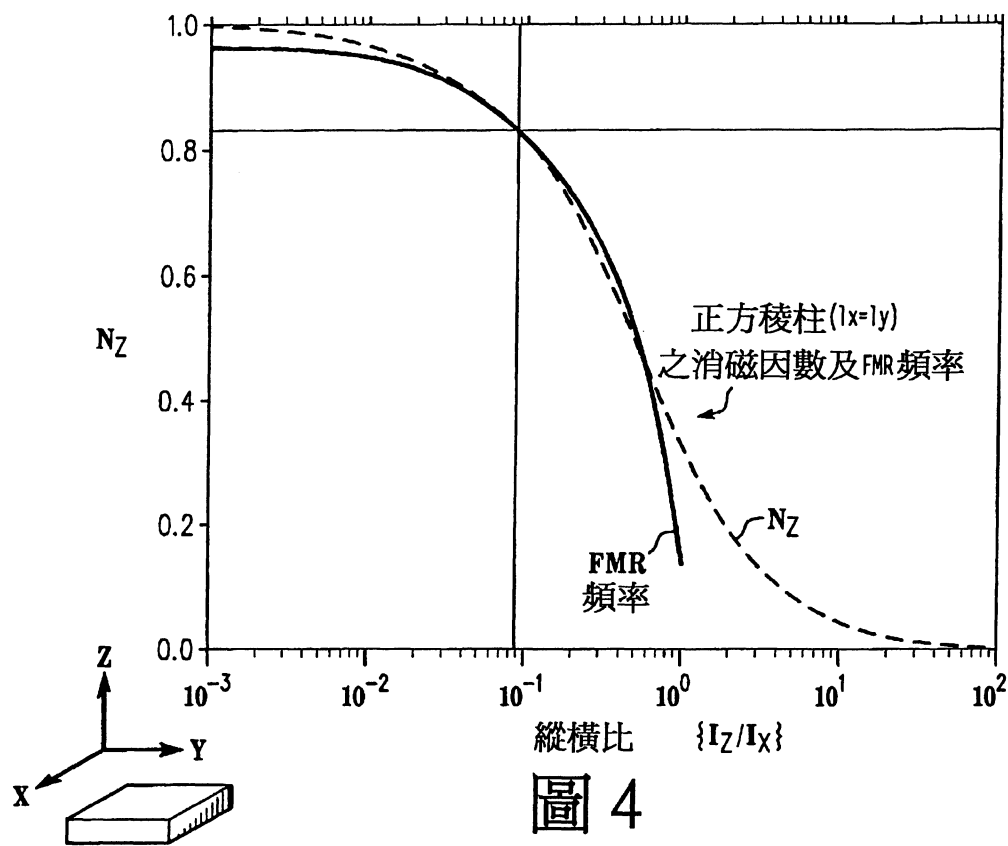


圖 3



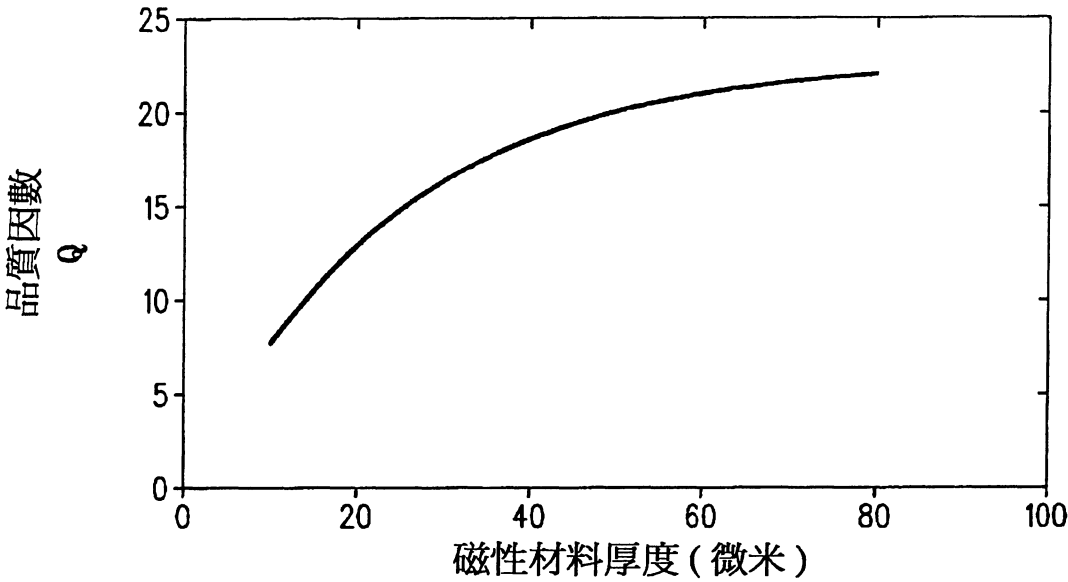


圖 6

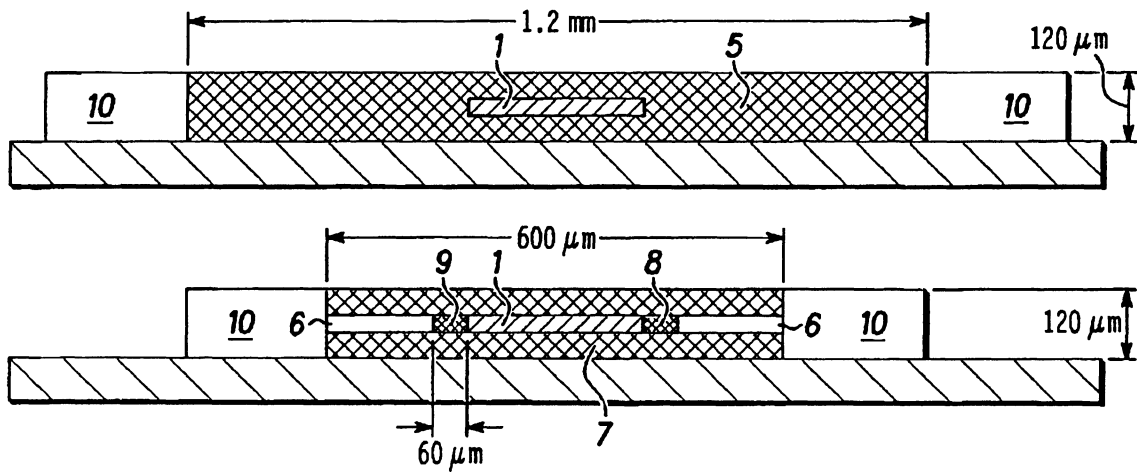


圖 7

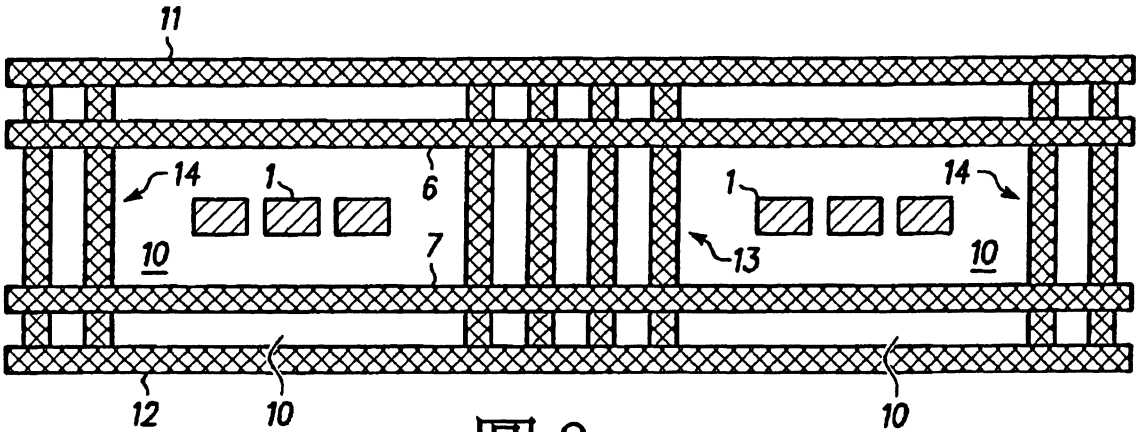


圖 8

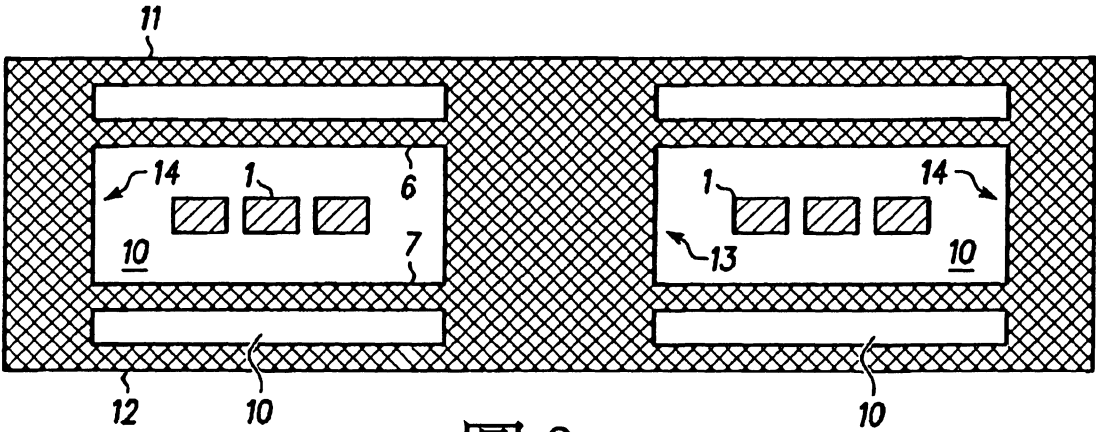


圖 9

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (9) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 1 伸長導體/電導體
- 6 磁性層
- 7 磁性層
- 10 介電材料
- 11 磁性層
- 12 磁性層
- 13 形成一磁性互連之位置
- 14 形成一磁性互連之位置

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)