

公告本

申請日期	89.8.11
案 號	89116293
類 別	2017 37/34

A4
C4

486718

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	離子化金屬沉積之高密度電漿源
	英 文	HIGH-DENSITY PLASMA SOURCE FOR IONIZED METAL DEPOSITION
二、發明 人	姓 名	胡傑明
	國 籍	中華人民共和國
	住、居所	美國加州聖荷西市賽琳娜大道 4631 號
三、申請人	姓 名 (名稱)	美商·應用材料股份有限公司
	國 籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國加州聖大克勞拉市波爾斯大道 3050 號
	代 表 人 姓 名	瓊西 J. 史維尼

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

C6
D6

本案已向：

國（地區） 申請專利，申請日期： 案號： ☒有 ☐無主張優先權

本案已向美國申請專利；申請日：1999 年 8 月 12 日 案號：09/373,097 號

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明()

發明領域：

本發明大體上係關於物質的濺鍍。詳言之，本發明係關於產生一用來加強濺鍍的磁產之磁控管。

發明背景：

濺鍍，或被稱為物理氣相沉積(PVD)，在半導體積體電路的製造中是最流行之金屬及相關材質層的沉積方法。一傳統的 PVD 反應器 10 以剖面的形式被示意地顯示於第 1 圖中，且此圖是以加州 Santa Clara 市的 Applied Materials 公司所生產的 Endura PVD Reactor 為藍本所繪的。該反應器 10 包括一真空反應室 12 其密封至一 PVD 標靶 14，該標靶是由將被濺鍍於一被加熱器托盤 18 所載負的晶圓 16 上的材質，通常為一金屬，所構成的。一在該反應室中之遮板 20 保護室壁免於被該材質濺鍍到並提供陽極接地平面。一可選擇的 DC 電源供應器 22 對該標靶施加相對於該遮板 200 的負偏壓至約 -600VDC。傳統上地，托盤 18 及晶圓 16 被保留在電氣飄浮狀態。

一氣體源 24 經由一質量流控制器 26 供應一濺鍍工作氣體，典型地為化學上鈍態的氬氣，至該反應室 12。在活性的金屬氮化物，如氮化鈦，濺鍍中，氮氣由另一氣體源 27 經由其自己的質量流控制器 26 而被供應。氧氣亦可被供應以產生氧化物，如 Al_2O_3 。該等氣體可如所示的經由一或多個穿透該遮板的的底部的入口管子或經由介於該遮板 20 與該托盤 18 之間的間隙而被導入該室的頂部或其

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

底部。一真空系統 28 將該反應室的壓力保持在一低的壓力。雖然基礎壓力可被保持在 10^{-7} Torr 甚或更低，但工作氣體的壓力典型地被保持在 1 至 1000mTorr 之間。一以電腦為基礎之控制器 30 控制包括該 DC 電源供應器 22 及該質量流控制器 26 在內之反應器。

當氬氣被導入該反應室中時，介於該標靶 14 與該遮板 20 之間的該 DC 電壓將氬氣激發為一電漿，及該被正極地帶電的氬離子則受到被負極地帶電的標靶 14 的吸引。該等離子以相當的能量撞擊該標靶並造成該標靶原子或原子束從標靶 14 射出。某些標靶粒子撞擊晶圓 16 並因而沉積於其上，因而形成一層標靶材質層。在一金屬氮化物的反應濺鍍中，氮氣被額外地導入該反應室 12 中且其與被濺鍍的金屬原子反應以在該晶圓 16 上形成一金屬氮化物。

為了要提供有效的濺鍍，一磁控管 32 被置於該標靶 14 的背後。其具有相對的磁鐵 34，36 以在該反應室中產生一磁場。該磁場可補捉住電子且離子密度亦會提高以在該反應室 12 之鄰近該磁控管 32 處形成一高密度電漿區域 38。該磁控管 32 通常是繞著標靶 14 的中心旋轉，用以在濺鍍該標靶 14 時有完整的覆蓋。該磁控管的形式為本發明的標的之一，且所顯示的形式僅為舉例之用。

在半導體積體電路中之高度集積程度已對濺鍍設備與製程的需求程度亦已提高。許多的問題係與接點與介層孔相關。如在第 2 圖的剖面圖中所示的，介層孔或接點孔

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

40 係被蝕刻穿透一層與層間的介電層 42 以到達在底層或
基材 46 上的一導電特徵 44。然後濺鍍被用來將金屬填入
孔 40 中以提供層與層之間的電氣連接。如果底層 46 為半
導體基材的話，則被填補的孔 40 即被稱為接點；如果底
層為一低程度的金屬化層的話，則該被填補的孔 40 即被
稱為一導孔(via)。為了簡化，在下文中將通稱為導孔
(vias)。當層與層間的介電質的厚度被保持在接近 0.7 微米
的固定值時，層與層間的導孔寬度已被降至約 0.25 微米或
更低。其結果為，在高階的積體電路中之該等導孔具有 3
或更大的深寬比。對於某些正在發展中的技術而言，其需
要有 6 或甚至更大的深寬比。

高的深寬比對於濺鍍會產生一個問題，因為大多數的
濺鍍形式都並非是很強的非等方向性，一餘弦垂直偏離是
很典型的，使得最初被濺鍍的物質沉積於該孔的上端且會
形成橋接，因此無法填注至該孔的底部而在導孔金屬中形
成氣隙。

然而，深孔填充可藉由造成標靶 14 與托盤 18 間之電
漿中一大部分的被濺鍍粒子被離子化而被改進，這是所習
知的。第 1 圖中之托盤 18，即使是其為電氣懸浮
(electrically floating)發展出一 DC 自生偏壓，該偏壓吸引
被離子化之被濺鍍粒子跨越於該托盤 18 相鄰之電漿鞘並
深入到介電層 42 上的孔 40 內。該效果可藉由該托盤 18
之額外的 DC 或 RF 偏壓而被加強用以額外地將被吸引跨
越該電漿鞘的離子化粒子加速朝向該晶圓 16，藉以控制濺

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

鍍沉積的方向性。用具有很大部分之被離子化的濺鍍原子所實施的濺鍍處理被稱為離子化金屬沉積或離子化金屬電鍍(IMP)。兩個與孔洞填充的有效性相關連之量的測量為底部覆蓋及側壁覆蓋。如在第2圖中所示的，最出階段的濺鍍沉積了一層50，其具有一表面或被覆厚度S1，一底部厚度S2，及一側壁厚度S3。底部覆蓋係等於S2/S1，及側壁覆蓋係等於S3/S1。該模型是相當簡化的，但在許多情形中亦是相當恰當的。

提高離子化的比例的一個方法為產生一高壓電漿，如藉由添加一RF線圈於第1圖的反應室室12的側邊周圍。一HDP反應器不只產生一高密度氬電漿，還提高被濺鍍原子的離子化比例。然而，HDP PVD反應器是新的且相當昂貴，且被沉積的膜層的品質並非一直是最佳的。持續使用第1圖之PVD反應器的DC濺鍍是所想要的。

提高離子化的比例的另一個方法為使用一中空的陰極磁控管，其中一標靶被作成一頂蓋的形狀。然而，此種反應器的作業溫度很高且該形狀複雜的標靶很昂貴。

已被發現到的是，使用電感耦合的HDP濺鍍反應器或中空的陰極反應器加以濺鍍的銅傾向於在其導孔側壁上形成高低起伏的銅膜層，且該被沉積的金屬傾向於去濕(dewet)。該不均勻的厚度在該被濺鍍的銅層被用作為一後續沉積處理，如電鍍，之預定最小厚度的一晶種層以完成該銅孔洞填充時顯得特別的嚴重。

前技之另一項問題在於側壁覆蓋傾向於非對稱，即面

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明()

向標靶的一側被沉積的較厚，而面向該標靶一較大的立體角(solid angle)之被遮蔽較多的一側則較薄。非對稱不只是需要過量的沉積來達到一種晶種層之預定的最小厚度，其亦造成在微影成像術中被用作為對齊標記的交叉成形(cross-shaped)的溝渠在溝渠被非對稱地變窄時，變成會移動。

另一種可改善孔洞填充之操作控制為反應室壓力。一般咸認低反應室壓力可改善孔洞填充。在較高的壓力下，被濺鍍的粒子，不論是天然的或離子化的，會與氬載運氣體的原子碰撞的可能性較高。碰撞會將離子中性化且將速度隨機化，這兩種效應都會減損孔洞填充。然而，如前所述的，濺鍍依賴一鄰近該標靶之電漿的存在。如果壓力被降低的太多的話，則電漿將會坍塌，雖然最小壓力是由數項因子所決定的。

極端的低壓電漿濺鍍為持續不斷的自行濺鍍(SSS)，如描述於Fu等人於1997年五月8日提申之美國專利申請案第08/854,008號中者。在SSS中，被正電地離子化之被濺鍍的原子的密度是如此之高使得足夠數量的原子被吸引回至被負極地偏壓的標靶以再濺鍍更多的離子化原原。在對於有限數量的標靶金屬而言為適當的條件下，該自行濺鍍維持該電漿，且不需要氬工作氣體。銅為SSS中最常見的金屬，但只有在高能量及高磁場的條件下。銅濺鍍已被極度的發展，因為銅的低阻值及對於電子遷移之低磁化率(susceptibility)。然而，對於銅SSS商業化而言，

五、發明說明()

仍需發展一完全覆蓋，高場域的磁控管。

施加於該標靶之升高的能量使得壓力可被降低，也許可降至持續不斷的自行濺鍍壓力。升高的能量亦提高了離子化密度。然而，過度的能量需要昂貴的能量供應及增加冷卻。超過 20 至 30kW 的能量層級在一商業環境中被認為是不合宜的。事實上，相關的因子並不在於能量，而在於該磁控管底下的面積上之能量密度，因為該面積即為實施該有效率的濺鍍之高密度電漿之所在。因此，一小的，高場域磁鐵是最容易產生一高離子化密度的。因此之故，某些前技揭示一小的，圓形的磁鐵。然而，此一磁控管不只是需要繞著該標靶的中心旋轉以提供一致性，而且還需徑向地移動以確保該標靶之完全且相當均勻的覆蓋。如果完全的磁控管覆蓋沒有被達成的話，則不僅該標靶沒有被有效率地使用，且更重要的是會減低濺鍍沉積的一致性，且某些被濺鍍的材質被再次沉積於該標靶之未被濺鍍的區域上。再者，被沉積於該未被濺鍍的區域上的材質會累積至一會剝落的厚度，而產生嚴重的粒子污染的問題。雖然徑向移動可能可以避免此等問題，但所需要之移動機構係相當複雜且在製造環境中一般被認為是不可行的。

一種商業上可獲得之磁控管為肝臟形狀，如 Tepman 在美國專利第 5,320,728 號中所述者。Parker 在美國專利第 5,242,566 號裝揭示了一種此形狀之更為誇張的形式。如在第 3 圖中所示的，Tepman 磁控管 52 係根據一肝臟的形狀，磁性相反的極面 54，56 被一大致等寬之圓形的間

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

隙 57 隔開。極面 54，56 被一未示出之跨越該間隙 57 之馬蹄形磁鐵磁性地耦合。該磁控管繞著位在該標靶 14 的中心且靠近該肝臟形狀的內極面 54 的內凹緣處之一轉軸旋轉。該外極面 56 之外凸的外周邊，其與在該區域之間隙 57 大致平行，且靠近該標靶 14 之可用部分的外周邊。此形狀已針對高場域及均勻濺鍍被最佳化，但具有一幾乎是該標靶的一半之面積。被注意到的是，該磁場在被該極間隙 57 所隔開來的區域是相當弱的。

為了上述理由，發展可提供完整的覆蓋來改善深孔填充並維持銅自行濺鍍之一小的，高產域磁控管是所想要的。

發明目的及概述：

本發明包括一濺鍍磁控管其具有一比等直徑之圓形的面積小之卵形相關的形狀，其兩個直徑沿著該標靶的半徑相對於磁控管之典型的轉軸延伸。該等形狀包括賽跑跑道，橢圓形，蛋形，三角形，及有弧度的三角形其被非對稱地置於該標靶中心的附近。該磁控管繞著靠近該磁控管的薄端的一點旋轉於該標靶的背側，厚端則被置於靠近該標靶的周邊。最好是，在標靶的半徑的一半之外的總磁通量大於標靶的半徑的一半之內的總磁通。

小的面積可用一 18kW 的電源供應器施加至少 $600\text{W}/\text{cm}^2$ 的電能密度用以完全地覆蓋被用來濺鍍沉積一 200mm 晶圓的濺鍍標靶。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

該磁控管被作成在其內極產生的磁通量少於在其周圍的外極的磁通量的形狀。藉此，該磁場可更加深入地到達該濺度室的內部用以改善低壓濺鍍及維持自形濺鍍。

本發明亦包括用此磁控管可達成之濺鍍方法。延伸於一小且封壁的區域上之高磁場可促進該自行濺鍍。許多未接受自形濺鍍之金屬可在小於 0.5mTorr，通常是小於於 0.2mTorr，的反應室壓力下，甚至是 0.1mTorr，被濺鍍。底部覆蓋率可藉由施加一小於 250W 的 RF 偏壓至一用於 200mm 晶圓的托盤電極上而被進一步改善。對於在完全自行濺鍍模式下或最小室壓為 0.3mTorr 的模式下之 300mm 的標靶及 200mm 的晶圓而言，銅可用 18kW 的 DC 能量來加以濺鍍。

本發明提供以較小容量之電源供應器來供應高能量密度濺鍍。

圖式簡單說明：

- 第 1 圖為一 DC 電漿濺鍍反應器的示意圖。
- 第 2 圖為在一半導體積體電路中之層與層間的導孔的剖面圖。
- 第 3 圖為一傳統的磁控管的平面圖。
- 第 4 圖為沿著第 7 圖之線 4-4 所取之本發明的磁控管的一實施例的極件的平面圖。
- 第 5 圖為第 4 圖中之磁控管中所使用的磁鐵的平面圖。
- 第 6 圖被使用於本發明的實施例中之一磁鐵的剖面圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

- 第 7 圖為第 4 圖中之磁控管的剖面圖。
- 第 8 圖為蛋形磁控管的平面圖。
- 第 9 圖為一三角形磁控管的平面圖。
- 第 10 圖為第 9 圖中之三角形磁控管的變化之平面圖，其被稱為一有弧度的三角形磁控管。
- 第 11 圖為使用於該有弧度的三角形磁控管中的磁鐵的平面圖。
- 第 12 圖為被用來計算面積及周邊長度之兩種磁控管的平面圖。
- 第 13 圖為一三角形及一圓形磁控管之面積的角度相依性的圖表。
- 第 14 圖為第 12 圖中之兩種磁控管的周邊長度的角度相依性的圖表。
- 第 15 圖使用本發明之實施例所產生之磁場的側視圖。
- 第 16 圖為一圖表，其顯示 RF 晶圓偏壓在鈦濺鍍中之底部覆蓋上的效果。
- 第 17 圖為反應室壓力對氮氣流之相依性的圖表，其顯示使用本發明之磁控管於氮化鈦的反應式濺鍍中所獲得之兩種沉積模式。
- 第 18 圖為使用本發明之磁控管於氮化鈦的反應式濺鍍中所獲得之級階覆蓋率的圖表。

圖號對照說明：

- | | | | |
|----|---------|----|-------|
| 10 | PVD 反應器 | 12 | 真空反應室 |
|----|---------|----|-------|

五、發明說明()

14	PVD 標靶	16	晶圓
18	加熱器托盤	20	遮板
22	DC 電源供應器	24	氣體源
26	質量流控制器	27	氣體源
28	真空系統	32	磁控管
34,36	磁鐵	38	高密度電漿區
40	孔	42	介電層
44	導電特徵	46	底層
50	層	52	Tepman 磁控管
54,56	極面	57	間隙
60	賽跑跑道形磁控管	62	極面
66	圓角端	64	直線側邊
68	外部環形極面	70	間隙
72	中間直線段	74	圓角端
78	轉軸	82	扁長端
90,92	鈕扣型磁鐵	93	磁心
94	管形側壁	96	端蓋
97	銷	98	磁軌
100	半環形磁場	104	軸
106	馬達	80	內極板
108	外極面	110	內極面
122	間隙	112	內端
114	外端	126	三角形磁控管
128	三角形外極面	130	內極面

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

132	間隙	134	直線段
136	圓角	140	有弧度的三角形磁控管
142	有弧度的三角形外極面	144	間隙
146	直線段	148	圓頂角
150	圓弧段	152	邊角
160	第一磁極磁鐵	162	第二磁極磁鐵
164	第二極磁鐵	170	有弧度的三角形磁控管
172	圓形磁控管	190	內極
192	外極	194	反應器處理區
196	間隙	198	磁軌

發明詳細說明：

本發明的一實施例為一賽跑跑道型磁控管 60，如第 4 圖中所示。該賽跑跑道型磁控管 60 具有一磁極之中心棒狀的極面 62，其具有被兩個圓角端 66 所連接之相對且平行的中間直線側邊 64。該中心棒狀的極面 62 被另一磁極之一外部環形極面 68 所包圍，一寬度大致一定之間隙 70 將該棒形及環形極面 62，68 隔開來。該另一磁極之外極面 68 包括相對之平行的中間直線段 72，其被兩圓角端 74 所連接，該二圓角端與該內極面 62 大致成中心對稱。該等中間段 72 及圓角端 74 為具有大致等寬度之帶子。稍後將被說明之磁鐵讓極面 62，68 具有相反的磁極。一亦將於稍後加以說明之背板提供磁性相反之極面 62，68 間的磁軌及磁控管結構的支撐。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明()

雖然被顯示之兩個極面 62，68 具有特定的極性，產生與只指面垂直延伸之磁場，但應被瞭解的是，就本發明而言，相反的磁極組亦可產生相同的磁效應。被舉例之組合產生一大致半環形(toroidal)磁場，其具有平行的電弧垂直地延伸至一密合的路徑，其在中心處有最小的無磁場區域。其結果為形成一磁場的閉合路徑。

第 4 圖之極組合將在濺鍍沉積期間以一相當高的轉速繞著大致與該標靶 14 的中心重合之轉軸 78 被持續地旋轉。該轉軸 78 係位在或接近該外極面 68 的一扁長端 80 且其另一扁長端 82 位在該標靶 14 之可用的外半徑處。該轉動的磁控管 60 相對於該標靶中心之非對稱的設置提供一小的磁控管但可達成完整的覆蓋率。該標靶之有用的外周邊是不易界定的，因為不同的磁控管設計將使用相同標靶的不同部分。然而，其是被該標靶之平直的區域所圈圍且經常明顯地超越被濺鍍沉積之晶圓的直徑且稍微小於標靶面的面積。對於一 200mm 的晶圓而言，325mm 的標靶面是很典型的。15%未被使用之標靶半徑可被認為是一實際上限。賽跑跑道形磁控管在此技藝中為習知，但它們大都被對稱地設置於標靶中心的周圍。在本發明中，該賽跑跑道被非對稱地設置，其內端不是與標靶的中心重疊就是終止於離標靶中心 20%以內及更佳的是在 10%以內之標靶半徑上之徑向位置處。被示出之賽跑跑道沿著該標靶的直徑延伸。

如在第 5 圖中所示的，兩組鈕扣形磁鐵 90，92 被設

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

在極面 62，68 的背後用以產生兩個磁極。極面 62，68，磁鐵 90，92 及一可能的背磁軛的組合產生兩個面積由極面 62，68 所界定之相反磁極。其它的機構亦可被使用以達成此等磁極。

兩個磁鐵 90，92 可以是相同的結構及組成以在每一垂直的面端產生軸向延伸的磁通量。如果它們是不同的話，則磁性組成，直徑，或長度，由不同的磁鐵所產生的磁通量就會不同。磁鐵 90，92 的一剖面圖被示於第 6 圖中。一圓柱形沿著一軸延伸的磁心 93 是由一強磁材質所製成，如釹硼鐵(NdBFe)。因為此一材質很容易氧化，所以磁心 93 被包裹於一外殼內，其是由一管形側壁 94 及兩個大致圓形的端蓋 96 焊接在一起形成一不透氣的罐子。端蓋 96 是由一軟磁材質所製成，最好是 SS410 不銹鋼，及該管形側壁 94 是由一非磁材質所製成，如 SS304 不銹鋼。每一端蓋 96 都包含一軸向延伸的銷 97，其與在極面 62，68 上或在磁軛上的對應孔相卡合。因此，磁鐵 90，92 被固定於該磁控管中。磁心 93 沿著其軸方向被磁化，但兩個不同種類的磁鐵 90，92 如第 7 圖中所示的被定向，使得內極 62 的磁鐵 90 被對齊讓它們的磁場垂直地延伸於一方向上，及外極 68 的磁鐵 92 被對齊用以讓它們的磁場垂直地延伸於另一方向上。亦及，它們具有相反的磁極。

如第 7 圖之剖面圖所示，鈕扣形磁鐵 90，92 被緊密地安排在該標靶 14 的背面之上之極面 62，68 的上面(使用第 1 圖的方向)。一大致順應該外極面 68 的外周邊形狀

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

之閉合的磁軛 98 緊貼著磁鐵 90，92 的被面被置放用以磁性地耦合兩磁面 62，68。如先前所述的，在極面 62，68 上及在軛 98 上的孔將磁鐵 90，92 及未示出的硬體將磁面 90，92 固定於軛 98 上。

該內磁鐵 90 及內磁面 62 構成一磁極的一內極，而外磁鐵 92 及外磁面 68 則構成另一磁極的一環繞外極。磁軛 98 磁性地耦合內及外極並大致地限制磁場在磁控管的背面至該磁軛 98。一半環形磁場 100 因而被產生，其延伸通過該非磁標靶 14 進入到真空反應室 12 用以界定該高密度電漿區域 38。該磁場延伸通過該非磁標靶 14 進入到真空反應室 12 用以界定該高密度電漿區域 38 的範圍。磁鐵 90，92 可以是不同的磁性強度。然而，為了稍後將被說明的理由，由外磁鐵 92 所產生的總磁通量大於由內磁鐵 90 所產生的總磁通量是所想要。如所顯示的，磁控管 60 從該標靶 14 的近中心處延伸至該標靶 14 之可使用的區域的邊緣。磁軛 98 及兩個磁面 62，68 最好是一軟磁材質，如 SS416 不銹鋼，的板片形式。

磁控管 60 之該內扁平端 80 連接至一軸 104，其沿著該轉軸 78 延伸且被一馬達 106 所轉動。如所示的，磁控管 60 水平地從該標靶 14 之近中心處延伸至該標靶 14 之可使用區域的右手邊。Demaray 等人在美國專利第 5,252,194 號內揭示了馬達 106，磁控管 60，及真空反應室 12 之間的連結細節。磁控管 60 應包括平衡錘以避免軸 104 的彎曲。雖然轉軸 78 的中心最好是被設置在外極面

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

68 的內扁平端 74 上，但其位置可以稍微不同以求最佳化，惟偏離內極板 80 的距離不得大於 20%，更佳地為 10%，磁控管 60 之長度。最佳的是，外極面 68 之靠近該扁平端 80 的內端與轉軸中心重疊。

第 4 圖之賽跑跑道具有簡單且小面積的優點且仍可提供完整的標靶覆蓋。將於下文中討論的是，兩磁極之非對趁磁通量對於低壓濺鍍及持續不斷的自行濺鍍是有利的。

第 4 圖之賽跑跑道可被特徵化為一扁平化的卵形。其它的卵形亦可被包括於本發明之內，例如，連續地改變直徑之連續的曲形，如橢圓形，其橢圓形長軸沿著標靶的半徑延伸及其短軸沿著最好是與旋轉圓周平行。Tabuchi 於日本專利公開第 63-282263 號中揭示一種對稱卵形磁控管。然而，此形狀的缺點在於其形狀複雜，特別是將磁鐵安裝在內極中。

另一卵形是如第 8 圖中所示以一蛋形的磁控管 106 來表示。其具有一磁極的外極面 108，該外極面包圍另一磁極的內極面 110，它們之間被一等寬度的間隙 122 所隔開。極面 108，110 被作成具有蛋的外形之形狀，其長軸沿著標靶的半徑延伸。然而，該外極面 108 之靠近該轉軸 78 的內端 112 比靠近標靶周邊之外端 114 來得尖。該蛋形與橢圓形相近，但相對於要靶半徑而言是非對稱的。賢言之，短軸與該標靶的周邊的距離小於其與標靶的中心的距離。內極面 110 及間隙 122 被作成相同的形狀。此一蛋形

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

將更多的磁通量施加於靠近標靶的周邊以改善濺鍍均勻性。此一較佳的磁通量分佈可用從該標靶的中心延伸至其外可用半徑的一半半徑來作為其特徵。為了要改善均勻性，位在該一半半徑之外的總磁通量大於位在該一半半徑之內的總磁通量，其比例至少為 3：2，較佳地是在 1.8 至 2.3 之間。在所示的此結構中之該標靶一半半徑之外與內的磁通量比例為 2：1。

一相關的形狀是由示於第 9 圖中之三角形磁控管 126 來表示。其具有一磁極的三角形外極面 128，該外極面包圍另一磁極之實心的內極面 130，它們之間被一等寬度的間隙 132 所隔開。具有圓角之內極面 130 的三角形狀能夠讓第 6 圖中之磁鐵 90，92 以六角形緊密包裝。外極面 128 具有三個直線段 134，它們最好是彼此夾 60 度角其以圓角 136 相連接。最好是，該圓角 136 的長度小於直線段 134 的長度。一圓角 136 位在靠近該旋轉中心 78 及該標靶中心處，最好是在該標靶的半徑的 20%之內，更佳的 10%之內，及最佳的是外極面 128 的尖端部分與旋轉中心 78 重疊。該三角形狀的內極面 130 包括一中心孔，該孔的大小被保持在很小以將中心磁尖最小化。

一變化的三角形狀以第 10 圖中的有弧度的三角形磁控管 140 來表示。其包括一被有弧度的三角形外極面 142 所包圍的三角形內極面 130，它們之間及各磁極的磁鐵之間被一等寬度的間隙 144 所隔開且磁軌是在該間隙 144 的背後。該外極面 142 包括兩個兩個直線段 146 其由一圓頂

五、發明說明()

角 148 相連接且由邊角 152 與圓弧段 150 相連接。頂角 148 被置於靠近該旋轉中心 78 及該標靶中心處，最好是在該標靶的半徑的 20%之內，更佳的 10%之內。該圓弧段 150 位在靠近該標靶之圓周周邊處。其位在靠近該反應室內之標靶周邊處，最好是該半徑至該之邊的距離的 25%之內，更佳的是在 15%之內。Yokoyama 等人在日本專利公開案第 62-89864 號中揭示了對稱地設置在標靶中心周圍之多個有弧度的三角磁控管的優點。然而，多個磁控管並不提供小的總面積且無法達成濺鍍的高能量密度。再者，在 Yokoyama 專利案中之每一磁控管段的每一片都被設置在離標靶中心相當遠，因此產生很差的濺鍍均勻度。

磁場是由第 11 圖中之磁鐵配置所產生的。第一磁極的磁鐵 160 以有利的六角形緊密包裝配置的方式被設置在靠近內極面 130 處。第二磁極之磁鐵 162 被設置在鄰近外極面 142 的圓弧段 150 處，而第二磁極的磁鐵 164 則被設置在與外極面 142 之其餘部分相鄰處。在某些將於下文中說明的情況中，將不同強度的磁鐵置於外極面 142 之不同地方是較有利的。在一實施例中，在內極面中有 10 個磁鐵及在外極面中有 26 個磁鐵，對於等強度的磁鐵而言外極面產生的磁通量為內極面的 2.6 倍。

第 1 及 10 圖中之三角形磁控管 126，140 具有 60 度的頂角 θ ，其有助於磁鐵之六角形緊密包裝，但頂角可被改變，特別是可小於 60 度。然而，60 度±15 度可提供絕佳的均勻性。頂角顯著地影響到本發明之磁控管的兩項重

五、發明說明()

要的參數，即其面積 A 的值及其周長 P 的值。一些簡單的計算，對於有弧度的三角形磁控管 140 而言是最容易的，顯示改變頂角 θ 的一般影響，如第 12 圖中所示者。一簡化的或有弧度的三角形磁控管 170 具有兩個直邊延伸於半徑 R_T 之標靶的中心與周邊之間並在與轉軸 78 重疊之頂角會合，並進一步包括一順應該標靶 14 之可用周邊之有弧度的側邊。該簡化的有弧度三角形磁控管 170 的面積 A 為 $\theta R_T^2/2$ ，其周長 P 為 $R_T(2+\theta)$ ，其中 θ 是以半徑來測量。第 12 圖亦顯示一圓形磁控管 172 其具有 $R_T/2$ 的半徑及定在轉軸 78 上的直徑。其面積 A 為 $R_T^2/4$ ，其周長 P 為 R_T 。磁鐵 170 及 172 兩者都提供完整的標靶覆蓋。該有弧度的三角形面積 A 與頂角 θ 的相依性被畫成第 13 圖中之線 174，而圓形面積則是線 176。在 90 度以下時，三角形面積較小。三角形周長 P 被畫成第 14 圖中之線 178 而圓形的周長則為線 180。在 65.4 度以下時，三角形周長較小。離子化效率藉由將面積最小化而被提高，因為標靶能量被集中於一較小的面積上，及藉由將周長最小化而被提高，因為邊緣損失與周邊的長度成正比。當然，面積必需夠大以容納產生磁場所需的磁鐵數目。而且，這些計算並無涉及均勻性。與有弧度的三角形磁控管 172 比較起來圓形磁控管 170 提供較差的均勻性。

該有弧度的三角形磁控管 172 之在標靶一半半徑之外對之內的磁通量比約為側邊 170 的長度兩範圍 $(1+\theta)$ 內，在頂角為 45 度時其為 1.79，在頂角為 60 度時其為 2.05，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 ()

在頂角 75 度時其為 2.31，及在頂角為 90 度時其為 2.57。

第 10 及 11 圖中之有弧度的三角形配置將頂角減小至，如 47 度。除了被六角形緊密包裝之內磁鐵 160 之外，一或多個內磁鐵從被六角形緊密包裝之內磁鐵的內角朝向外磁鐵 164 的內角被直線地設置。其結果為賽跑跑道磁控管與該有弧度的三角形磁控管的中間形態。

應被瞭解的是，以上所描述的形狀稱為極面其具有之帶狀寬度的面積不會比所使用之鈕扣形磁鐵的面積大很多。此等寬度，特別是外極面的寬度，可被增加甚至是不一致地增加，但額外的寬度在產生所需要的高磁場上是較無效率的。

以上所舉之形狀都是相對於標靶對稱的。然而，本發明的磁控管包括非對稱的形狀，例如一徑向延伸的側邊為第 4 圖之賽跑跑道形式而其它側邊則為第 7 圖中之蛋形之卵形，或一徑向延伸之側邊為卵形或直線而其它邊則具有一三角形頂角介於該標靶的中心與周邊之間。

以上所述之磁控管之內及外極面都具有非對稱的面積，且以相似的鈕扣形磁鐵 90，92 的相似包裝下，有非對稱的磁通量。詳言之，是於第 15 圖中之由內極 190 所產生的總磁通量 $\int B \cdot Ds$ 比由外極 192 所產生的磁通量小許多，如 1.5 倍，較佳地為 2 倍。所有這些磁控管共同的特徵在於皆具有簡潔的內極 190 被外極 192 所包圍。所得到的結果為一磁場分佈其在鄰近極 190，192 之間的間隙 196 之反應器處理區 194 上是非常的強，且當外極 192 的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

磁場線往回閉合至該磁軌 198 時，其亦延伸深入該處理區 194 中。很大比例的磁場從該標靶垂直地延伸深入至該處理區 194 提供了許多的優點。因為輕電子沿著磁場線繞形，延伸的磁場線抓住電子並進而幫助支持一高密度電漿深入到該處理區 194 中。藉由相同的交互作用，延伸閉合且平行於接地的反應室遮板的磁場可將在遮板處損失的電子減少，且可提高電漿密度。其結果為，該電漿可在低壓時被支持或被自行保持。該磁場亦會部分地抓住較重之正電粒子並將離子化之被濺鍍的粒子朝向該晶圓導引。

本發明之磁鐵亦可達成相對高的磁場。然而，其本身之磁場強度不足。某些傳統的磁控管，如前述之 Demaray 專利中所述者，使用一排被安排成肝臟形的路線上之馬蹄形磁鐵且在磁鐵之間只有很小的間隙。其結果為，在在該肝臟形狀的周邊的區域中產生一相對高的磁場強度。然而，該線性形狀之高磁場包圍著一無磁場的區域。其結果為，電子不只會逃逸至外部，其亦會逃逸至高磁場區域的內部。與此相反的，本發明之三角形磁控管的內極產生一最小面積之磁尖端(cusp)。當有電子從從磁場逃逸至該內極的一側時，電子很可能會在另一側被補捉住，藉以提高一固定能量的電漿密度。再者，該內極包括一單一可磁化的極面，其產生一致均勻的磁通量。結果多個極面被使用於多個內磁鐵上的話，則磁場線將延伸於該等內磁鐵之間。

本發明之設計的一進一步的優點為一個極被形成於

五、發明說明()

一閉合的線上並包圍著另一極。將馬蹄形磁鐵或類此者安排在兩端開放的線上以形成具有高磁場密度之非常小的線性延伸的磁控管且兩組磁極被很靠近地間隔開，這是可能的。然而，如此電子即可輕易地由開放端逃逸因而見低了電漿密度。

一般咸認本發明之有利的結果很大一部分是因為卵形磁控管及相關形狀磁控管在不需要故多的能量下可產生較大的電漿離子化密度的關係而達成的。在一態樣中，本發明的磁控管具有一相當小的面積，但具有一形狀使得不需徑向移動即可完全覆蓋標靶。第 10 圖之具有 60 度頂腳之三角形磁控管 160 具有可用標靶面積的 $1/6(0.166)$ 的面積。相反地，如果圓形磁控管 162 被使用的話，則磁控管面積為標靶面積的 $1/4(0.25)$ 。其結果為，對於一固定的電源供應而言，供應一較大的圓形磁控管的能量密度較小。對於第 3 圖中之 Tepman 磁鐵而言，標靶重疊百分比甚至更高。

小面積與完整複蓋的組合是藉由一外磁控管形狀來達成的，其從該標靶的中心延伸至其可用的周邊($\pm 15\%$)且在標靶半徑的一半處具有一比標靶的半徑小之橫跨尺寸，亦即沿著標靶半徑扁平(prolate)。該橫跨的尺寸應沿著該旋轉路徑來測量。

該均勻性可藉由一卵形形狀來加強，其相對於標靶半徑而言在靠近該標靶的周邊之外端之橫向寬度比靠近該旋轉中心之內端來得寬。亦即，短軸靠近標靶的圓周。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

磁控管的小面積且提供完全的標靶覆蓋讓一非常高的能量密度能夠用以合理的電源供應器施加於該標靶上。與 Tepman 設計不同之小面積並沒有無磁場區在其內部中。在下面的一些例子中使用 18Kw 的電源。對於一 200mm 的晶圓而言，磁控管延伸出約 300mm 直徑之可用標靶外。該有弧度的三角形磁控管的有效面積約為與此較大直徑有關連之面積的六分之一，亦即約 117cm²。因此，在該磁控管上之任一給定的位置上之被濺鍍的面積的平均能量密度約為 150W/ cm²。此一沒有使用電感線圈而達成之高能量密度可在低氬氣壓力之持一電漿或對於特定的金屬，如銅，可支持持續不斷的自行濺鍍。即便是 300mm 的晶圓，27kW 的電源供應加上本發明之用於較大尺寸的磁控管將可產生 103 W/ cm²之標靶能量密度。如底下所顯示的，76 W/ cm² 的能量密度即足以支持銅的自行濺鍍。

製程

第 4 及 5 圖中之賽跑跑道形磁控管用銅濺鍍來加以測試。在一結構中，六個磁鐵 90 被置於中心極面 62 的背後，二十五個相同強度當極性相反的磁鐵被安排在外極面 68 的背後及周圍，且介於 33 公分與 200mm 晶圓之間的間隙為 190mm。此結構產生±18%的沉積均勻度。在一第二結構中，磁鐵具有不同的強度，較強的磁鐵產生多 30%的磁通量。六個強的磁鐵被置於中心極面 62 的背後，二十五個弱的磁鐵被安排在外極面 68 的周圍。雖然內磁鐵較強，

五、發明說明()

但由外磁鐵所產生的總磁通量大於內磁鐵所產生的總磁通量。第二結構產生 8.9%之改善的沉積均勻度。第二結構對於一 0.5 微米寬，2 微米深的導孔亦產生較優之孔洞填充。對於 265nm 之毯覆銅層而言，底部覆蓋約在 10%至 15%之間，而側壁覆蓋則在 2.8%。深孔填充可藉由產生較高的離子化密度之小面積的賽跑跑道型磁控管來加以改善。在一第三結構中，強的磁鐵取代一些靠近外極的端部上之弱的磁鐵。此結構產生較佳的沉積均勻性。

第 10 及 11 圖中之有弧度的三角形磁控管以一系列具有不同的濺鍍成分之實驗來加以測試。對於絕大部分的實驗而言，標靶與晶圓間的間隔在 190mm 至 200mm 之間且對於 200mm 的晶圓而言該標靶具有 330mm 的直徑。

銅

對於銅濺鍍而言，均勻性可藉由使用十個強的磁鐵 160 於內極中，強的磁鐵 162 沿著外極的有弧度部分 150，及較弱的磁鐵 164 在外極的其餘部分上而加以改善。強的磁鐵的直徑比弱的磁鐵的直徑大 30%，但在成分及結構上則是相似的，藉以產生大 70%的磁通量。

銅的持續自行濺鍍在一氬氣氛圍中擊發電漿之後，用 9kW 的 DC 能量供應至具有 30cm 的可用直徑之標靶上，其用有弧度的三角形磁控管可產生 76W/cm² 的能量密度，被達成。然而，用 18Kw 的 DC 能量及用約 0.1mTorr 的最小氬氣壓力，其至少部分是從提供晶圓的背側冷卻的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

氣體滲漏至液冷的托盤上所產生的，來操作是所想要的。0.1 至 0.3mTorr 的背景壓力可加強有效的晶圓冷卻而不需大幅的增加被濺鍍離子的散佈及離子化。這些相對低的 DC 能量對於發展中之 300mm 晶圓設備而言是很重要的，這些數值是在 20kW 至 40Kw 之間。大於 40Kw 的能量供應即使不是不實際的亦被認為是昂貴的。

被離子化的銅的一項應用為沉積一薄的銅保形晶種層於一深且窄的導孔中。之後，電子的或非電子的電鍍可被用來快速地且經濟地用銅填充該孔之其餘部分。

在一實驗中，一上寬度為 0.3 微米且穿過 1.2 微米的二氧化矽的導孔首先被塗覆一 Ta/TaN 阻障層。藉由使用有弧度的三角形磁控管，銅在 18Kw 的標靶能量及 0.2mTorr 的壓力下被沉積於該阻障層之上。該沉積被實施以達到 0.15 微米的毯覆層厚度。該導孔的側壁被平滑地覆蓋。實驗顯示，對於一位在晶圓邊緣的導孔而言，銅在一側上的側壁厚度約為 7nm 及在另一側上的為 11.4nm(5%及 8%)。底部覆蓋約為 24nm(16%)。對於位在晶圓中心之導孔的側壁對稱獲得改善。平滑性有助於該被沉積的層用作為一晶種層及作為後續銅電鍍的電極。在兩側壁之間之相對良好的對稱性可有效地消除前技中明顯移動微影成像術中的標記之問題。

鋁

藉由使用該有弧度的三角形磁控管，鋁標靶的濺鍍可

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

在 12kW 及 18 kW 的施加能量及約 0.1mTorr 的最小壓力下被達成，這是一顯著的改善。對於鋁濺鍍而言，側壁覆蓋及特別是底部覆蓋皆被顯著地改善。較佳的均勻性亦被認為部分與提高的離子化比例有關，因為支撐晶圓之該自行偏壓的托盤吸引被離子化之濺鍍粒子橫越整個區域。一般評估本發明之磁控管將離子化比例從 2% 提高到至少 20%，且可能有 25%。

該有弧度的三角形磁控管在相同的操作條件之下被拿來與第 3 圖中之 Tepman 磁控管相似之傳統磁控管作比較。對於鋁濺鍍而言之比較結果被摘錄於表 1 中。

	三 角 形	傳 統
底 部 覆 蓋	28.5%	8.0%
側 壁 覆 蓋	8.0%	5.7%
均 勻 度 (190mm)	4.6%	7.8%
均 勻 度 (290mm)	3.0%	6.0%
最 小 壓 力 (mTorr)	0.1	0.35

表 1

上列結果是針對具有 0.25 微米的寬度及 1.2 微米深，亦即，深寬比為 5 的導孔所得到的。與傳統的磁控管比較起來使用本發明之三角形磁控管讓底部覆蓋獲得顯著的改善。側壁覆蓋亦獲得改善，再者該覆蓋從頂部到底部都很平滑及均勻。這兩項特性提升了該被沉積的金屬層作為

五、發明說明()

一後續沉積步驟的晶種層的性能。這對於銅是特別重要的，因為第二沉積是用不同的處理，如電鍍，來加以實施的。改善的底部及側壁覆蓋被認為是因為本發明之三角形磁控管可提供較高比例的濺鍍鋁原子的關係。此離子化的比例被認為有 25%或更高。毯覆沉積的均勻度針對 190mm 及在一長拋(long throw)應用中之 290mm 之標靶與晶圓間隔來加決定。本發明的三角形磁控管提供較佳的均勻度，特別是對長拋而言。較佳的均勻度亦被認為與提高的離子化比例有關，因為支撐晶圓之該自行偏壓的托盤吸引被離子化之濺鍍粒子橫越其整個區域。相似地，本發明的三角形磁控管在相對的側邊上之覆蓋產生較小之非對稱。該提高的離子化密度部分是因為相對小的內磁軛其面積比外磁軛面積小。其結果為，由內磁軛的一側損失的電子會被另一側所補捉住。

鈦

該三角形磁控管亦被用來濺鍍鈦。鈦，有時候與氮化鈦一起，在鋁金屬化中是很有用的，用來提供與一接點孔的底部上的矽接觸之矽化接點及用來作為一濕層且與一氮化鈦層一起作為一接點孔中的矽的阻障層及在鋁與導孔或接點側壁上之二氧化矽介電質之間的阻障層。因此需要保形及相對厚的塗層。

一系列的實驗係使用一具有 18kW 的 DC 標靶能量的鈦標靶來實施且只有六個磁鐵 160 在內極中。在 0.35mTorr

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明()

的反應室壓力下，被觀察到之底部覆蓋及均勻性皆相當良好。

鈦實驗被持續用以將底部覆蓋以被塗覆之導孔的深寬比(AR)的函數來加以測量。在沒有施加晶圓偏壓及托盤加熱器 18 保持在電懸浮的情形下，18kW 的標靶能量能夠將標靶自行偏壓至 30 至 45V。在這些條件下之底部覆蓋係以第 16 圖中之線 190 來表示。底部覆蓋率隨著孔的深寬比變大而降低，但在 AR=6 時仍為可接受的 20%。

在這些實驗的延續中，一 RF 電源 192，如第 1 圖中所示，經由一耦合電容器電路 194 而連接至該加熱器托盤 18。此一被施加至該晶圓鄰近一電漿的 RF 磁場可產生一 DC 自行偏壓是習知的。當 400kHz 的 100W 能量在 0.3mTorr 的反應室壓力下被施加時，底部覆蓋率被顯著地提高，如第 16 圖中的線 196 所示。然而，當偏壓能量增加至 250W 時，導孔上角落的再濺鍍即會成為一個問題。250W 所得到之底部粉蓋結果以線 198 表示。對於深寬比大於 4.5 者而言，250W 晶圓偏壓所得到的底部覆蓋率通常比 100W 晶圓偏壓的結果來得差，因此對於 2MHz 或更低之低偏壓頻率而言晶圓偏壓能量應保持在 250W 以下。這些能量應針對 200mm 圓形參考晶圓加以標準化(normalized)。其它尺寸的晶圓，如 300mm 晶圓，亦可被使用且這些晶圓可能不全是圓形的因為槽口的關係。然而，當以上所述之能量水平被參照至一 200mm 圓形參考晶圓，然後根據一大致圓形的工作晶圓的不同面積加以縮

五、發明說明()

小放大時相同的效果可被期待的。

實驗使用在 13.56MHz 的頻率之 300W 的 RF 晶圓偏壓對深寬比為 4.5 的孔進行測試。在 0.7mTorr 的壓力下，該毯覆沉積率為 128nm/min，底部覆蓋率則在 31%至 52%之間。在 1.4mTorr 的壓力下，該毯覆沉積率為 142nm/min，底部覆蓋率則在 42%至 62%之間。在較高的壓力下，側壁覆蓋率在 10.4%至 11.5%之間，沒有明顯的側壁不對稱被觀察到。與所預期相反的是，在高於 0.7mTorr 的壓力下可得到較高的鈦沉積率及較佳的底部覆蓋率。較高的偏壓頻率允許較高的偏壓能量被施加。

氮化鈦

本發明之磁控管亦可被使用於反應式濺鍍，如氮化鈦的反應式濺鍍，其中氮被額外地導入該反應室中用以與被濺鍍的金屬反應，如與鈦反應，以產生氮化鈦或與鈮反應產生氮化鈮。反應式濺鍍具有更為複雜且不同的化學物。產生氮化鈦的反應式濺鍍以金屬模式及毒物模式兩種模式來操作是習知的。金屬模式在晶圓上產生高密度，黃金色澤的膜層。毒物模式，其通常與一高氮氣流相關連，產生產生一紫/棕色膜層其有利地具有低應力。然而，毒物模式膜層具有許多的晶界，且膜層瑕疵嚴重地降低晶片良率。再者，在毒物模式中之沉積率典型地只有在金屬模式中的四分之一。一般咸認，在毒物模式中氮與標靶起反應以在鈦表面上形成一氮化鈦，而在金屬模式中標靶表面保

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明()

朝很乾淨且氮化鈦只形成在晶圓上。

該有弧度的三角形磁控管於濺鍍沉積鈦所使用之相同的反應室中用反應式氮化鈦濺鍍加以測試。

濺鍍沉積氮化鈦之初始條件對於獲得金屬模式中的操作而言是很重要的。在一系列的最初實驗中，首先只有氬氣被導入反應室中。在電漿於 0.5mTorr 的氬氣壓力下被擊發之後，氬氣流被降低至 5sccm 以產生一 0.3mTorr 的壓力。然後，當氮氣流被逐步地增加至 100sccm 並逐漸被降低時，反應室壓力對於氣體流的相依性假設為第 17 圖所示的歇斯底里(hysteric)形式。在 50 至 70sccm 的氮氣之間時，中間的上升壓力 200 在中間下降壓力 202 之下。在低壓 204 與高壓 206 時，在上升與下降之間並沒有明顯的差異。一般認為低壓 204 及中間上升壓力 200 造成金屬模式中之濺鍍，而高壓 206 與下降壓力 202 則造成毒物模式中的濺鍍。

這些結果顯示，對於一般而言較佳的金屬模式中的較高的實際沉積率來說，不超過中間上升壓力 200 是很重要的，亦即，不超過最大的金屬模式氣體流，其在這些實驗中為 70sccm 或稍高，但絕對不超過 80sccm。氮氣及氬氣可同時且快速地被打開，且 DC 能量亦被快速地打開。

然而，對於某些應用而言在毒物模式中操作是較佳的。這可藉由首先到達高壓 206，然後降低至下降中間壓力 202 來達成。或者，毒物模式可藉由立即打開所需要的氣體流，但只逐漸地以不大於 5kW/s 的速率打開 DC 濺鍍

五、發明說明()

電源供應來達成。

在電漿已經被擊發於氬氣中之後，氮化鈦在金屬模式及毒物模式中以 50sccm 的氮氣流及 5sccm 的氬氣流被濺鍍於高的深寬比孔洞中。這些氣體流在金屬模式中產生 1.7mTorr 的壓力及在毒物模式中產生 2.1mTorr 的壓力。在金屬模式中的沉積速率為 100nm/min 及在毒物模式中為 30nm/min。在一方面，在金屬模式中被沉積之該氮化鈦膜層應力較高，但在另一方面毒物模式在靠近導孔的頂部有突懸及起伏的側壁厚度的問題。一系列的實驗將氮化鈦沉積於不同深寬比的導孔中。所得到之底部覆蓋率如第 18 圖的線 210 所示的在金屬模式中的底部覆蓋率仍相當高即使是對深寬比 5 的導孔亦然，而在毒物模式中線 212 代表的級階覆蓋率永遠都很低且對於深寬比為 4 或更高的導孔而言其迅速地下降。然而，當該晶圓被額外的施加偏壓的話，則在毒物模式中被沉積的氮化鈦的級階覆蓋率是可被接受的。

在與沉積鈦相同的反應室中成功地沉積氮化鈦顯示 Ti/TiN 阻障層可根據本發明於一連續的操作中被沉積。

整合的鎢插塞製程

兩系列的實驗被實施以決定一整合的製程，其結合了
用本發明之有弧度的三角形磁控管沉積的該 Ti/TiN 阻障
層及用化學氣相沉積(CVD)沉積於該塗覆了阻障層之孔中
的鎢插塞。在過去，此結合具有一些問題，因為鎢插塞

五、發明說明()

CVD 典型地使用六氟化鎢(WF₆)作為氣體先驅物。WF₆會攻擊鈦並在鎢插塞中得到與火山相似的結構，其會在插塞中產生氣隙。

在第一系列的實驗中，由 30nm 的鈦其上覆蓋有 30nm 的氮化鈦所構成的阻障層是用本發明之有弧度的三角形磁控管於一傳統非電感式濺鍍反應器中沉積的。在 Ti/TiN 沉積後，該晶片接受快速熱處理(RTP)，其中強烈的幅射燈快速地加熱該晶圓表面連續一段很短的時間。在第二系列的實驗中，由 30nm 的鈦其上覆蓋有 10nm 的氮化鈦所構成的阻障層是用與第一系列實驗相同的方式被沉積的。然而，在第二系列實驗中，於 Ti/TiN 沉積之前晶圓接受一電漿預清洗，但之後並沒有 RTP。在這兩中例子中，鎢接著用 CVD 方式沉積於該 Ti/TiN 上。

這些實驗顯示這兩種製程都不會產生氣隙。再者，氮化鈦的厚度及阻值都顯示良好的均勻度。該氮化鈦阻值經測量為 45 $\mu\Omega$ -cm。在具有深寬比為 5:1 的孔洞中在沒有使用晶圓偏壓下該 Ti/TiN 層的底部覆蓋率有 20%。在深寬比為 10:1 的孔洞中晶圓偏壓可產生相同的底部覆蓋率。因此，用本發明之磁控管所實施之 Ti/TiN 製程可成功地整合於一鎢插塞製程中。本發明之磁控管亦可被使用來濺鍍沉積其它的材質，如鎢，使用鎢標靶，如氮化鈦，使用鈦標靶及氮氣體於電漿中。氮化鎢的反應式濺鍍亦可被實施。

本發明的磁控管因為其可在不需過多的能量下產生

五、發明說明()

高密度電漿的關係所以其在產生高離子化比例上是很有效率的。而且，其完全的覆蓋率允許均勻的沉積及標靶的完全使用。其濺鍍均勻性非常良好。而且，其並不需要複雜的機構。

本發明之磁控管在提供高性能，全覆蓋濺鍍上的有效率性係根據三項相互關連的效應。該磁控管具有一小的磁性面積。因此，平均磁場可以很高，且電漿損失可被降低。小的磁控管亦可允許高的平均能量密度被施加至該標靶在該磁控管底下的區域上。亦即，雖然整體被施加至該標靶上的電能是相對適中的，但在該區域中之電能密度及所得到之在任何時刻實際被濺鍍的電漿密度相當高。該磁控管之內及外磁極的不對稱產生產生垂直延伸環繞該磁控管的周圍及深入到該反應室中之磁場的部分。此磁場分壁降低電漿損失並導引離子化之濺鍍粒子至該基材。所有這些優點都是由一磁控管所提供，其只需圓周移動即可提供該標靶完全覆蓋的濺鍍，且可被最佳地造形以產生均勻的標靶濺鍍及均勻的基材沉積。

此一小，且高磁場磁鐵可以相對適中的標靶能量來產生持續的自行濺鍍且可實施像是鋁及鈦材質在低於 0.5mTorr，最好是低於 0.2 mTorr，甚至可以是 0.1 mTorr 的低壓下之濺鍍。在這些壓力下，深孔填充可藉由濺鍍粒子，不論是天然的或是離子化的，的減少散佈及藉由被離子化的粒子的減少中性化來加以促進。然而，至少對於鈦而言，使用本發明的磁控管可在 0.7mTorr 的工作氣體壓

五、發明說明()

力下改善沉積速率及底部覆蓋率。該高磁場磁鐵進一步提高離子化比例，其可藉由度該晶圓施加適當範圍內的偏壓而深入一深且窄的孔洞中。

所有者些優點都可在一使用相當簡單的設計之傳統的電容耦合的 DC 濺鍍反應器中獲得。當然，本發明之磁控管亦可有利地使用於其它種類的濺鍍反應器中，如使用電感耦合的 RF 能量之 HDP 反應器上。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

四、中文發明摘要 (發明之名稱：

)

離子化金屬沉積之高密度電漿源

一種特別適用於低壓電漿濺鍍或具有縮小的面積但有完全的標靶覆蓋性之持續不斷的自行濺鍍(sustained self-sputtering)之磁控管。該磁控管包括一外極面其包圍一內極面且在它們之間有一間隙。本發明之該磁控管的外極小於從該標靶的周邊的中心處相同地向外延伸出的一圓形磁控管。不同的形狀包括一賽跑跑道形，一橢圓形，一卵形，一三角形，及一具有順著該標靶的周邊的弧度之三角形。小的形狀與許高能量密度被施加至實際上被濺鍍之標靶的面積上。最好是，由該外極所產生之磁通量大於由內極所產生的磁通量。對稱性在高密度電漿濺鍍上提供

英文發明摘要 (發明之名稱：

)

High-Density Plasma Source for Ionized Metal Deposition

A magnetron especially advantageous for low-pressure plasma sputtering or sustained self-sputtering having reduced area but full target coverage. The magnetron includes an outer pole face surrounding an inner pole face with a gap therebetween. The outer pole of the magnetron of the invention is smaller than that of a circular magnetron similarly extending from the center to the periphery of the target. Different shapes include a racetrack, an ellipse, an egg shape, a triangle, and a triangle with an arc conforming to the target periphery. The small shape allows high power densities to be applied to the area of the target actually being sputtered. Preferably, the magnetic flux produced by the outer pole is greater than that produced by the inner pole. The asymmetry provides several advantages

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

訂

線

四、中文發明摘要 (發明之名稱：)

了數項優點。本發明允許銅之持續不斷的自行濺鍍並允許鋁，鈦，及其它金屬在壓力降到至少 0.1mTorr 時之濺鍍。然而，至少對於鈦而言，在較高的反應室壓力下的底部覆蓋性獲得改善。對於某些金屬而言，承載該晶圓之托盤應被 RF 偏壓至一有限的程度。本發明允許在只使用電容式能量耦合之下金屬可有 20%或更多之離子化並可在深寬比的 5 的一孔洞中產生大於 25%的底部覆蓋率。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

英文發明摘要 (發明之名稱：)

in high-density plasma sputtering. The invention allows sustained self-sputtering of copper and allows sputtering of aluminum, titanium, and other metal at reduced pressures down to at least 0.1 milliTorr. However, at least for titanium, bottom coverage is improved for higher chamber pressures. For some metals, the pedestal bearing the wafer should be RF biased to a limited degree. The invention allows ionization fractions of the metal of 20% and greater with only the use of capacitive power coupling and can produce bottom coverage of greater than 25% in a hole having an aspect ratio of 5.

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

六、申請專利範圍

- 1.一種磁控管組件，可置於一濺鍍標靶的背側及可繞著該標靶的一中心位置旋轉，該磁控管組件包含一單一磁控管非對稱地是置於該中心位置的附近並包括：

一第一磁極的第一極，其包含一閉合帶，該閉合帶具有一中心孔且從該標靶的中心延伸橫跨一第一距離朝向該標靶的圓周；及

一第二磁極的第二極其設置於該中心孔內且被一沿著該標靶的一表面延伸之間隙將其與該第一極間隔開；

其中該外極包圍第一面積，其被分成一比該第一距離的一半更靠近該中心位置的一內面積及一比該第一距離的一半更遠離該中心位置的外面積，其中該外面積比該內面積大。

- 2.如申請專利範圍第1項所述之磁控管組件，其中該第一距離等於該標靶的可用部分的半徑加或減15%。
- 3.如申請專利範圍第1項所述之磁控管組件，其中該第一極具有一卵形的形狀其長軸沿著該標靶的半徑延伸。
- 4.如申請專利範圍第3項所述之磁控管組件，其中該卵形的形狀為一蛋形其短軸位在該標靶半徑的一半之外。
- 5.如申請專利範圍第1項所述之磁控管組件，其中該卵形

六、申請專利範圍

形狀為一三角形形狀。

6.如申請專利範圍第5項所述之磁控管組件，其中該三角形形狀包括兩個直線部分從該標靶的中心向外延伸及一弧度部分與該標靶的外周邊相鄰。

7.如申請專利範圍第6項所述之磁控管組件，其中該三角形形狀包括兩個直線部分從該標靶的中心向外延伸且以60度±15度的角度朝向彼此傾斜。

8.如申請專利範圍第1項所述之磁控管組件，其中該第一極產生的磁通量比第二極所產生者至少大50%。

9.如申請專利範圍第8項所述之磁控管組件，其中該第一極產生的磁通量至少第二極所產生者的兩倍。

10.一種可置於一濺鍍標靶的背側及可繞著該標靶的一中心位置旋轉的賽跑跑道形磁控管組件，該磁控管組件包含一單一磁控管非對稱地設置於該中心位置的附近，該磁控管組件更包括：

一第一磁極的第一極，其包含一閉合帶，該閉合帶從該標靶的中心朝向該標靶的圓周延伸一第一距離並具有兩個相對的直線部分大致與該標靶的半徑大致平行地延伸且相對於該中心位置被非對稱地設置；及

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

一與該第一磁極相反極性之第二磁極的第二極，其設置於該中心孔內且被一沿著該標靶的一表面延伸之間隙將其與該第一極間隔開。

11.如申請專利範圍第10項所述之磁控管組件，其中該第一距離等於該標靶的可用部分的半徑加或減15%。

12.如申請專利範圍第11項所述之磁控管組件，其中該閉合帶之一內端位在離該中心位置之20%半徑之內。

13.如申請專利範圍第12項所述之磁控管組件，其中該內端與該中心位置重疊。

14.如申請專利範圍第10項所述之磁控管組件，其進一步包含：

一第一組第一磁性強度之磁鐵，其被設置成為該第一極的一部分；及

一第二組磁性強度大於第一磁性強度之第二磁性強度的磁鐵，其被設置成為該第二極。

15.如申請專利範圍第14項所述之磁控管組件，其中該第一組磁鐵的總磁通量大於第二組磁鐵的總磁通量。

16.一種可置於一濺鍍標靶的背側及可繞著該標靶的一中

六、申請專利範圍

心位置旋轉的控磁管組件，該磁控管組件至少包含：

一第一磁極的第一極，其產生一整合磁通量的第一數值，並包含一閉合帶，該閉合帶具有一中心孔從該標靶的中心朝向該標靶的圓周延伸一第一距離；及

一與該第一磁極相反極性之第二磁極的第二極，其產生一整合磁通量的第二數值，設置於該中心孔內且被一沿著該標靶的一表面延伸之間隙將其與該第一極間隔開；

其中該第一數值與該第二數值的比例至少是 1.5。

17.如申請專利範圍第 16 項所述之磁控管組件，其中該比例至少是 2。

18.如申請專利範圍第 16 項所述之磁控管組件，其中該第一極在一第二距離處的寬度等於該第一距離的一半，離該中心位置的距離小於該第一距離。

19.一種可置於一大致圓形之濺鍍標靶的背側之磁控管組件，其至少包含：

一第一磁極的一內極件；及

一磁極與該第一磁極相反之第二磁極的外極件，其包圍該第一內極件，與第一內極件被一間隙隔開來，且延著該標靶的直徑方向從一第一點延伸跨越一徑向距離到達一第二點，

六、申請專利範圍

其中該第一點是在離該標靶的一中心的一徑向距離的 20% 之內，

其中該第二距離較接近外周邊而離該中心較遠，及

其中該第二極的一離該標靶的中心之距離大於該徑向距離的一半之面積比該第二極之比該徑向距離的一半更靠近該標靶的中心之一面積至少大 50%。

20. 如申請專利範圍第 19 項所述之磁控管組件，其中該第一點離該標靶的中心的距離是在該徑向距離的 10% 之內。

21. 一種三角形磁控管，其至少包含：

一三角形的內極面；

一組第一磁極的第一磁鐵，其以六角形緊密包裝的方式被設置在與該內極面的一平面側鄰近處；

一大致三角形的外極面，其包圍該內極面且具有兩個在一頂角相會合之大致直的側邊及一第三側邊其與該二直側邊接合於與該頂角相反的端部；及

一組第二磁極的第二磁鐵，它們被設置在一沿著且緊鄰該外極面的一平面側邊的閉合路徑上。

22. 如申請專利範圍第 21 項所述之三角形磁控管，其中該第三側邊具有一相對於該頂角而言為內凹的彎曲形狀。

六、申請專利範圍

23.如申請專利範圍第 21 項所述之三角形磁控管，其中該等第一磁鐵具有第一磁性強度且其中該等第二磁鐵包含具有該第一磁性強度的第三磁鐵且沿著該電三側邊被設置及具有磁性比第一磁性強度弱之第二磁性強度的第四磁鐵且沿著直線側邊被設置。

24.一種可置於一大致圓形之濺鍍標靶的背側之三角形磁控管，其至少包含：

一第一磁極的一三角形內極件；及

一磁極與該第一磁極相反之第二磁極的大致三角形的外極件，其包圍該第一內極件，與第一內極件被一間隙隔開來，且具有第一及第二側邊大致沿著該標靶的徑向延伸並在一頂點相會合及一第三側邊其在遠離該頂角處連接該第一及第二側邊，該頂角被設置在離該標靶的中心之距離小於該標靶的半徑 20% 處。

25.如申請專利範圍第 24 項所述之磁控管，其中該第三側邊具有一相對於該頂角而言為內凹的彎曲形狀。

26.如申請專利範圍第 25 項所述之磁控管，其中該第三側邊被設置在靠近該標靶的外周邊處離該標靶的中心小於該標靶半徑的 25%。

27.如申請專利範圍第 24 項所述之磁控管，其中該內極件

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

總

六、申請專利範圍

及外極件皆可繞著該標靶的中心旋轉，平行於該標靶的一面。

28.一種電漿濺鍍反應器，其至少包含：

一真空反應室；

一托盤用來支撐一晶圓於該反應室內；

一濺鍍標靶與該托盤相對且被設置成可為了電漿濺鍍而被電耦合；及

一磁控管，其被設置於該標靶之與該托盤相對的一側上且包括一第一磁極的外極面並包圍一極性與該第一磁極相反之第二磁極的內極面及一轉軸用來將該磁控管繞著該標靶的中心轉動；

其中該外極面包圍一第一面積，該第一面積被分成一內面積其與該中心位置的距離比從該標靶的中心延伸至該標靶的一外周邊之一第一距離的一半還小，及一外面積其離該中心的距離大於該第一距離的一半。

29.如申請專利範圍第 28 項所述之反應器，其中該外極面的一周邊小於一圓圈的周邊，其係從該中心延伸至該圓圈的周邊。

30.如申請專利範圍第 28 項所述之反應器，其中該外極面，該間隙，及該內極面都具有卵形。

六、申請專利範圍

31.如申請專利範圍第 28 項所述之反應器，其中該外極面具有一蛋形其短軸位較靠近該標靶的周邊而離標靶的中心較遠。

32.如申請專利範圍第 28 項所述之反應器，其中該外極面具有一三角形。

33.如申請專利範圍第 32 項所述之反應器，其中該三角形具有一圓弧部分其與該標靶的周邊相鄰。

34.如申請專利範圍第 28 項所述之反應器，其進一步包含一可連接至該標靶之至少為 18kW 的 DC 電源供應。

35.如申請專利範圍第 28 項所述之反應器，其中該外極面產生一整合的磁通量其比內極面所產生的磁通量至少大 50%。

36.如申請專利範圍第 35 項所述之反應器，其中進一步包含一可連接至該標靶之至少為 18kW 的 DC 電源供應。

37.一種電漿濺鍍反應器，其至少包含：

- 一真空反應室；
- 一托盤用來支撐一晶圓於該反應室內；
- 一濺鍍標靶與該托盤相對且被設置成可為了電漿濺

六、申請專利範圍

鍍而被電耦合；及

一磁控管，其被設置於該標靶之與該托盤相對的一側上且包括一磁極的外極面其可產生一整合的磁通量的第一數值並包圍另一磁極的內極面，該內極面產生一整合的磁通量的一第二數值，及一轉軸用來將該磁控管繞著該標靶的中心轉動；

其中該第一數值與第二數值的比例至少是 1.5。

38.如申請專利範圍第 37 項所述之反應器，其中該比例至少為 2。

39.如申請專利範圍第 37 項所述之反應器，其中該外極面從該標靶的中心延伸至該標靶的周邊且具有一面積小於一相同延伸之圓圈的面積。

40.如申請專利範圍第 39 項所述之反應器，其進一步包含一可連接至該標靶之至少為 18kW 的 DC 電源供應。

41.如申請專利範圍第 37 項所述之反應器，其進一步包含一可連接至該標靶之至少為 18kW 的 DC 電源供應。

42.如申請專利範圍第 37 項所述之反應器，其進一步包含
一可連接至該標靶之 DC 電源供應；
一電感線圈，其可耦合至該反應室中；及

六、申請專利範圍

一可連接至該電感線圈之 RF 電源。

43.一種將鋁從一包含鋁之標靶上濺鍍至一大致圓形之被支撐於一系統的一托盤上的工作基材上之方法，該系統包括一磁控管其被設置在該標靶之與該托盤相對的一側上並包括一磁極的外極面且包圍另一磁極的內極面及一用來將該磁控管繞著該標靶的中心轉動的轉軸，其中該外極面從該標靶的中心延伸至該標靶的周邊且具有一面積小於一相同延伸之圓圈的面積，該方法至少包含：

讓一工作氣體進入到包含該標靶及該托盤的一真空反應室中；

抽吸該真空反應室以將壓力降至 0.35mTorr 的壓力；及

施加一不大於 18kW 的 DC 能量至該標靶，該能量使用一具有 200mm 直徑之圓形參考基材標準化，用以將該工作氣體激發成為一電漿來將鋁從該標靶上濺鍍至該工作基材上。

44.如申請專利範圍第 43 項所述之方法，其中該壓力不大於 0.1mTorr。

45.一種將物質從一包含一金屬之標靶上濺鍍至一大致圓形之被支撐於一系統的一托盤上的工作基材上之方

六、申請專利範圍

法，該系統包括一磁控管其被設置在該標靶之與該托盤相對的一側上並包括一磁極的外極面且包圍另一磁極的內極面及一用來將該磁控管繞著該標靶的中心轉動的轉軸，其中該外極面從該標靶的中心延伸至該標靶的周邊且具有一面積小於一相同延伸之圓圈的面積，該方法至少包含：

讓一工作氣體進入到包含該標靶及該托盤的一真空反應室中；

抽吸該真空反應室以將壓力降至 0.35mTorr 的壓力；

施加一不大於 18kW 的 DC 能量至該標靶，用以將該工作氣體激發成為一電漿來將該金屬從該標靶上濺鍍至該工作基材上；及

施加一不大於 250W 的 RF 能量至該托盤，該能量使用一具有 200mm 直徑之圓形基材標準化。

46.如申請專利範圍第 45 項所述之方法，其中該金屬包含鈦。

47.如申請專利範圍第 45 項所述之方法，其進一步包含讓氮氣流入該反應室中以反應式地將金屬氮化物濺鍍至該工作基材上。

48.一種將物質從一包含一金屬之標靶上濺鍍至一大致圓

六、申請專利範圍

形之被支撐於一系統之一托盤上的工作基材上之方法，該系統包括一磁控管其被設置在該標靶之與該托盤相對的一側上並包括一磁極的外極面且包圍另一磁極的內極面及一用來將該磁控管繞著該標靶的中心轉動的轉軸，其中該外極面從該標靶的中心延伸至該標靶的周邊且具有一面積小於一相同延伸之圓圈的面積，該方法至少包含：

繞著該標靶的中心旋轉該磁控管，用以達成該標靶之完全的濺鍍覆蓋；及

至少部分地藉由施加 DC 能量至該標靶而電容地耦合能量至該反應室中，但並不包括電感耦合能量至該反應室，藉以將該工作氣體激發成一電漿用以將該金屬從該標靶濺鍍至該工作基材上，該 DC 能量的大小係一使用一具有 200mm 直徑之圓形參考基材標準化之不大於 18kW 的能量，藉以在一深寬比至少是 5 的孔洞達到至少 25% 的底部覆蓋率。

49.如申請專利範圍第 48 項所述之方法，其中該金屬包含鋁。

50.如申請專利範圍第 48 項所述之方法，其進一步包括施加 RF 能量至該托盤。

51.如申請專利範圍第 48 項所述之方法，其中在一不大於

六、申請專利範圍

13.56MHz 的頻率下施加至該托盤的 RF 能量不大於 300W，其係使用一具有 200mm 直徑之圓形基材標準化。

52.如申請專利範圍第 51 項所述之方法，其中該頻率不大於 2MHz 及該 RF 能量小於 250W。

53.如申請專利範圍第 48 項所述之方法，其中該金屬包含鈦及該方法進一步包含讓氫氣流入該反應室中以達到 0.7mTorr 的壓力。

54.如申請專利範圍第 53 項所述之方法，其進一步包含在一不大於 13.56MHz 的頻率下施加不大於 300W 的 RF 能量至該托盤，其係使用一具有 200mm 直徑之圓形基材標準化。

55.一種將物質從一包含一金屬之標靶上濺鍍至一大致圓形之被支撐於一系統的一托盤上的工作基材上之方法，該系統包括一磁控管其被設置在該標靶之與該托盤相對的一側上並包括一磁極的外極面且包圍另一磁極的內極面及一用來將該磁控管繞著該標靶的中心轉動的轉軸，其中該外極面從該標靶的中心延伸至該標靶的周邊且具有一面積小於一相同延伸之圓圈的面積，該方法至少包含：

六、申請專利範圍

繞著該標靶的中心旋轉該磁控管，用以達成該標靶之完全的濺鍍覆蓋；及

至少部分地藉由施加 DC 能量至該標靶而電容地耦合能量至該反應室中，但並不包括電感耦合能量至該反應室，藉以將該工作氣體激發成一電漿用以將該金屬從該標靶濺鍍至該工作基材上，該 DC 能量的大小係一使用一具有 200mm 直徑之圓形參考基材標準化之不大於 18kW 的能量，藉以達到至少 20% 之該金屬的離子密度。

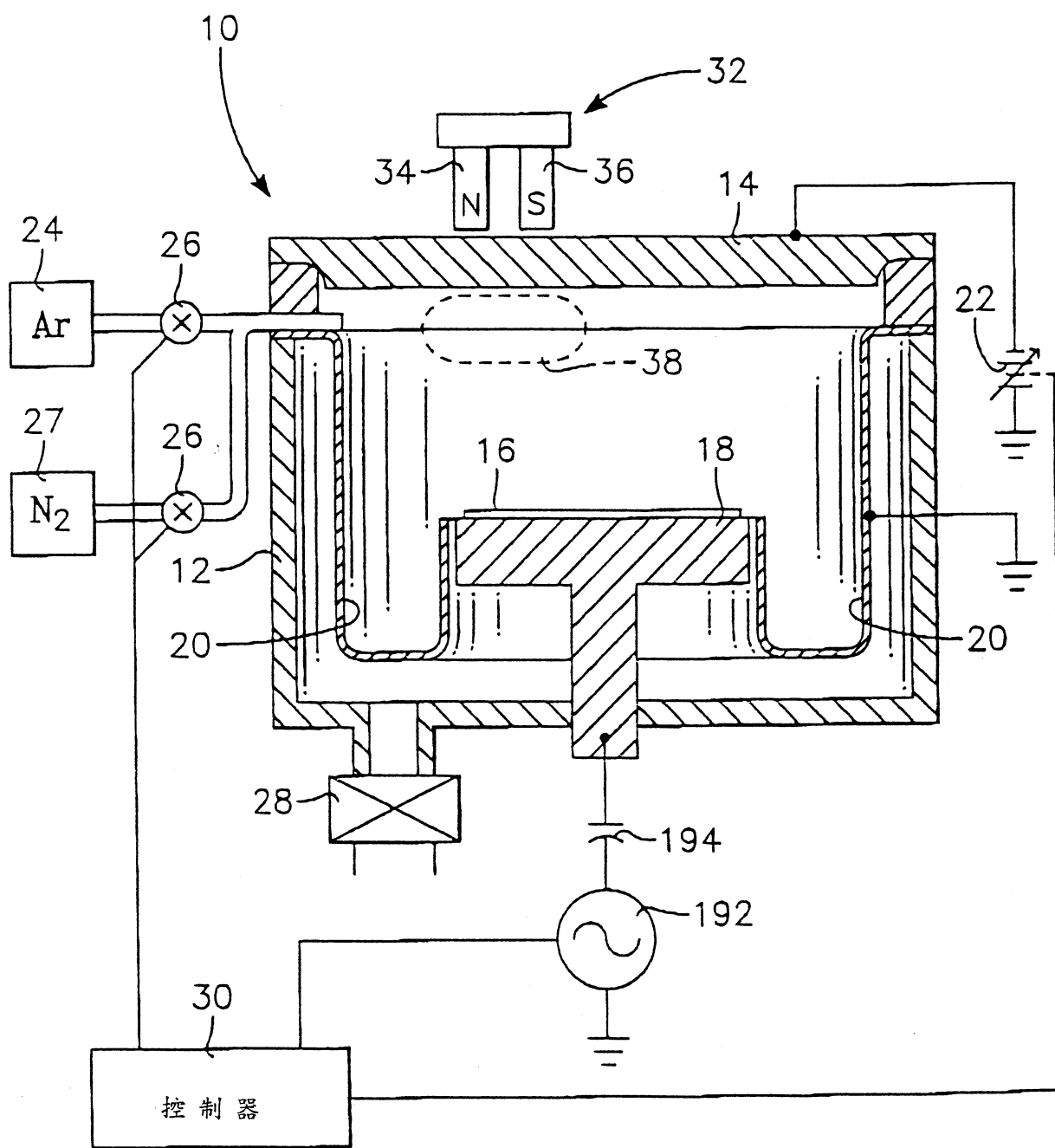
56. 如申請專利範圍第 55 項所述之方法，其中該金屬包含鋁。

57. 如申請專利範圍第 55 項所述之方法，其中該金屬包含銅。

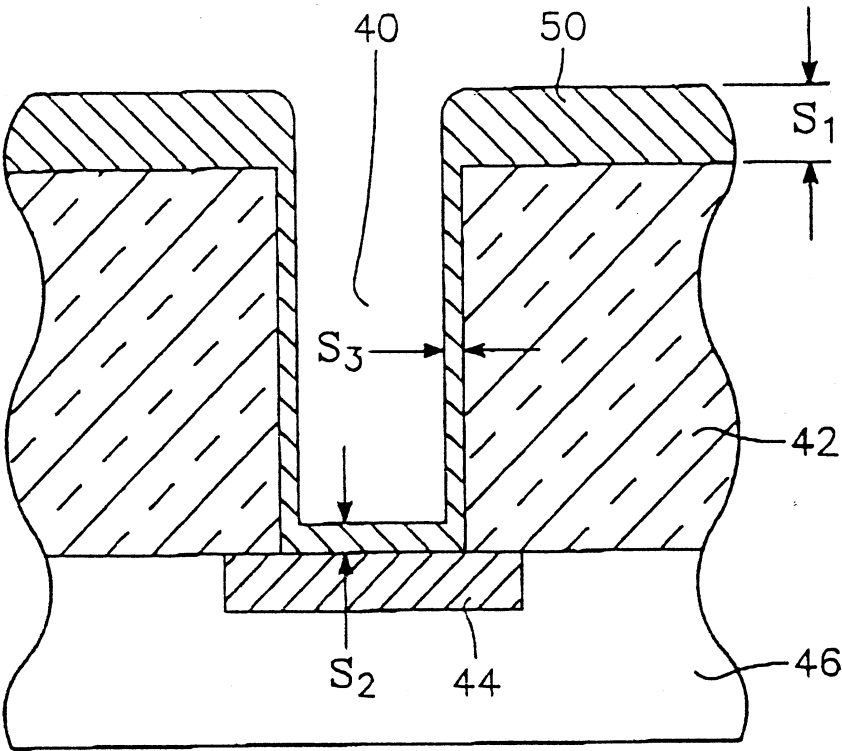
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

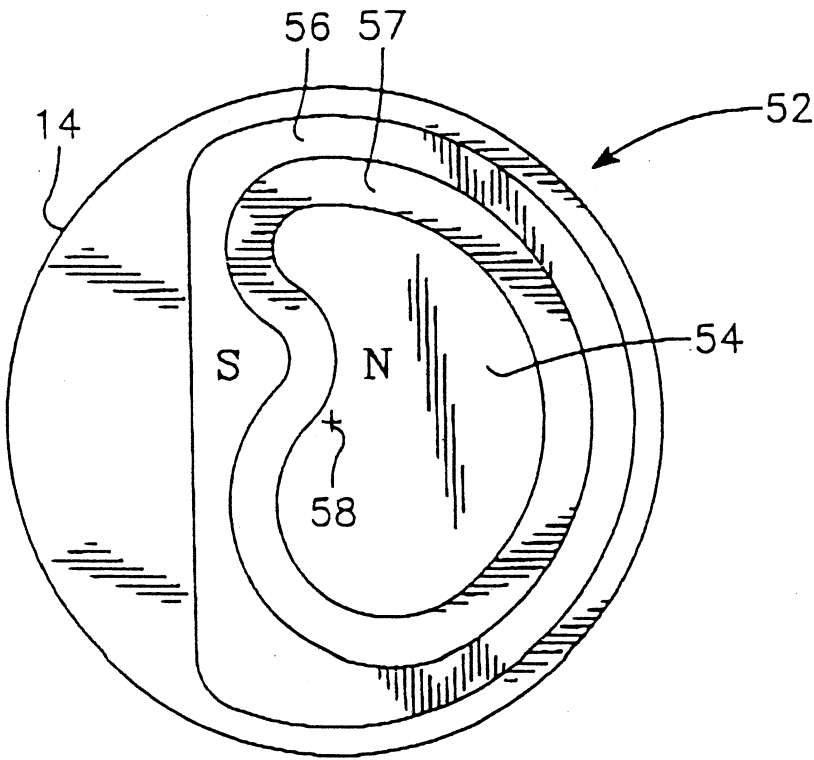
線



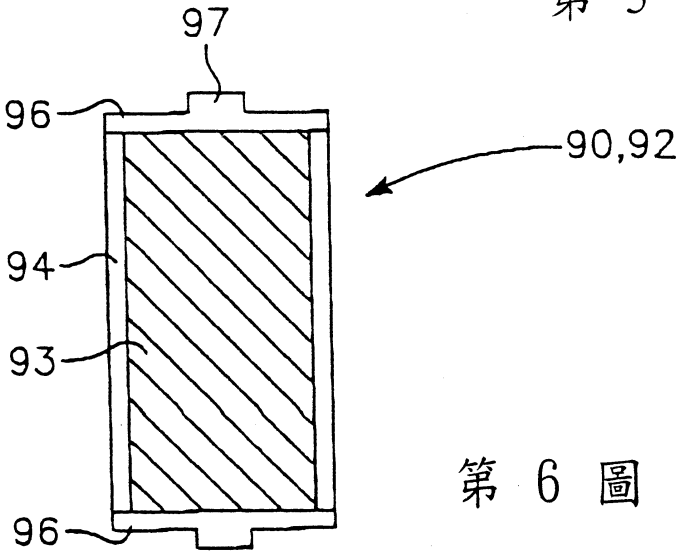
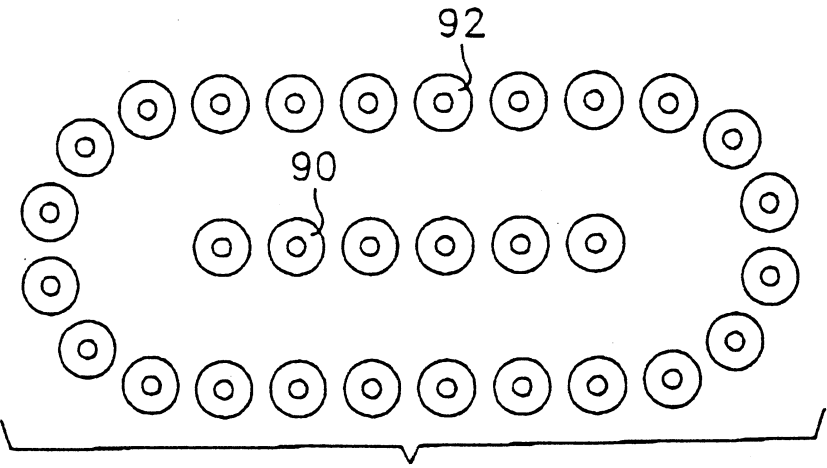
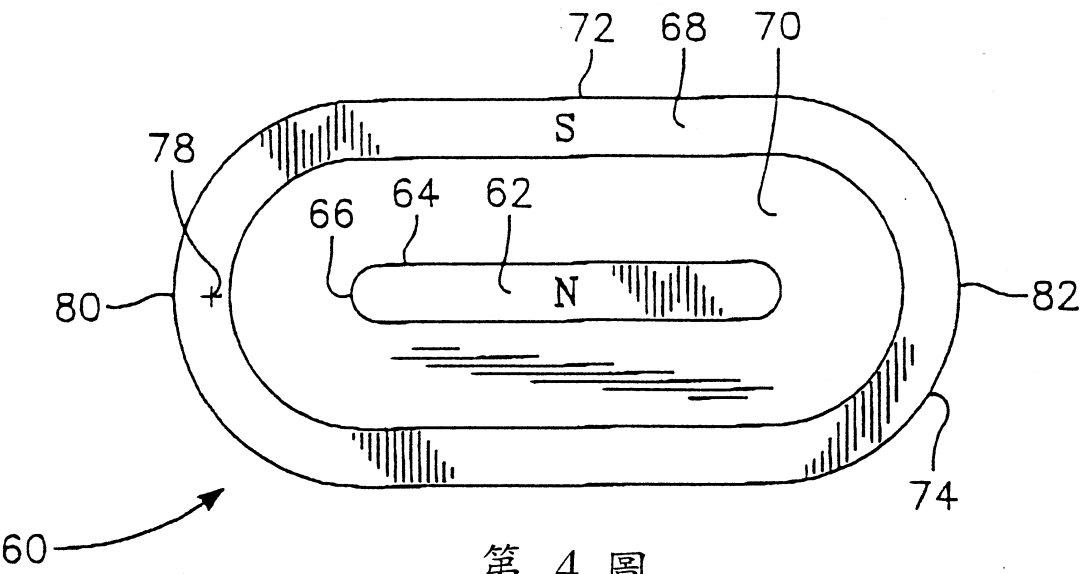
第 1 圖

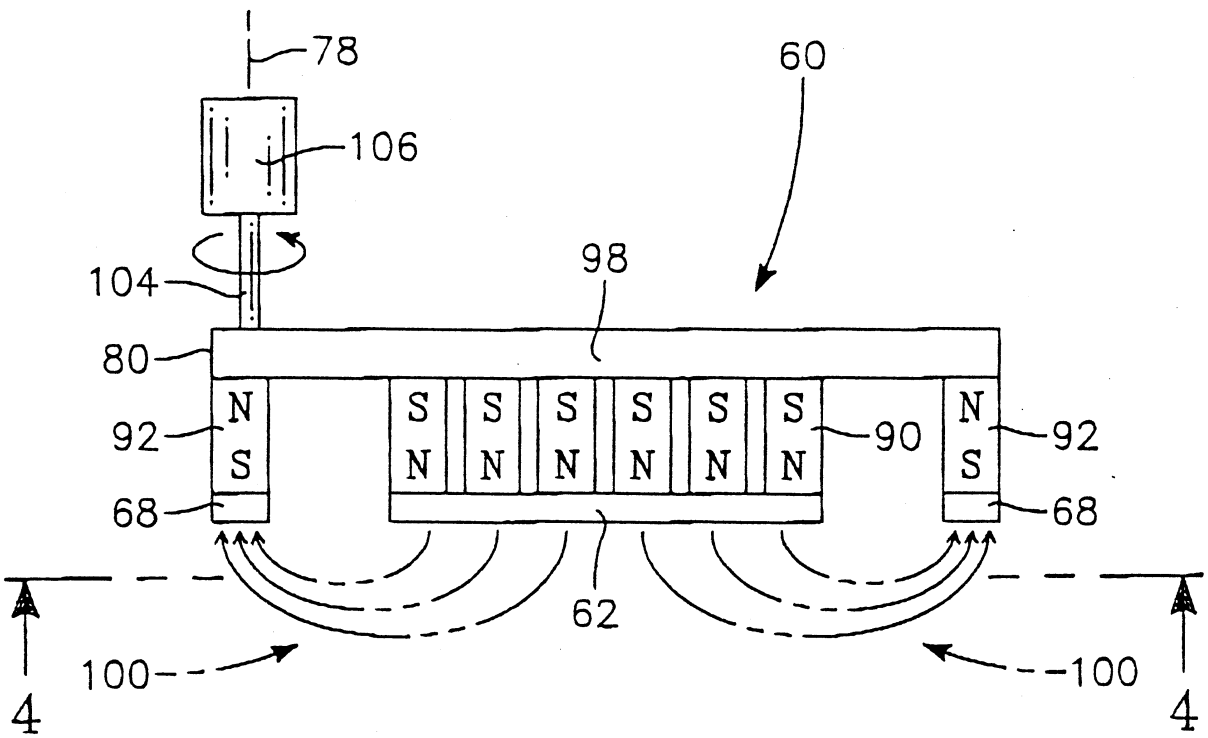


第 2 圖

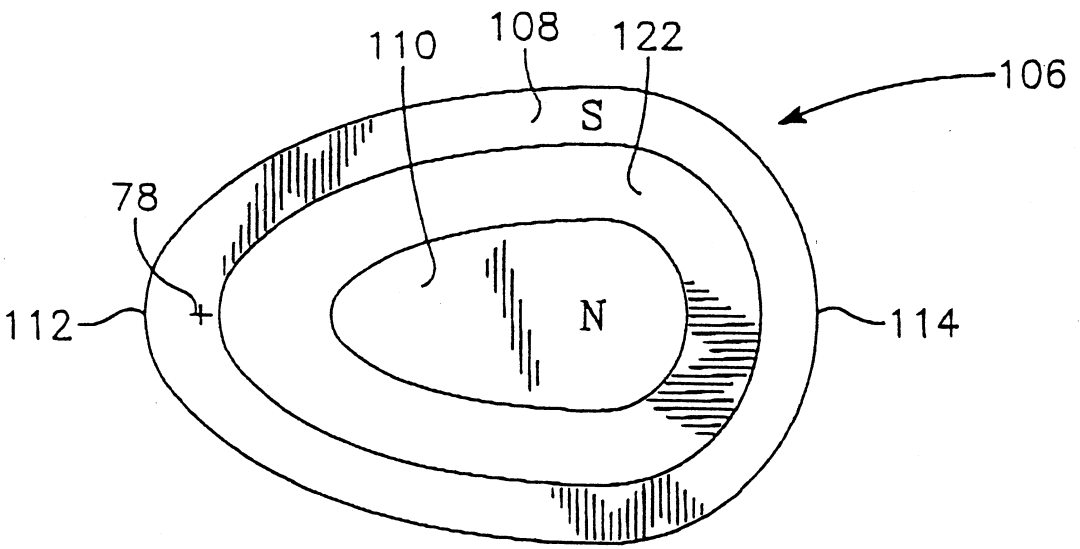


第 3 圖

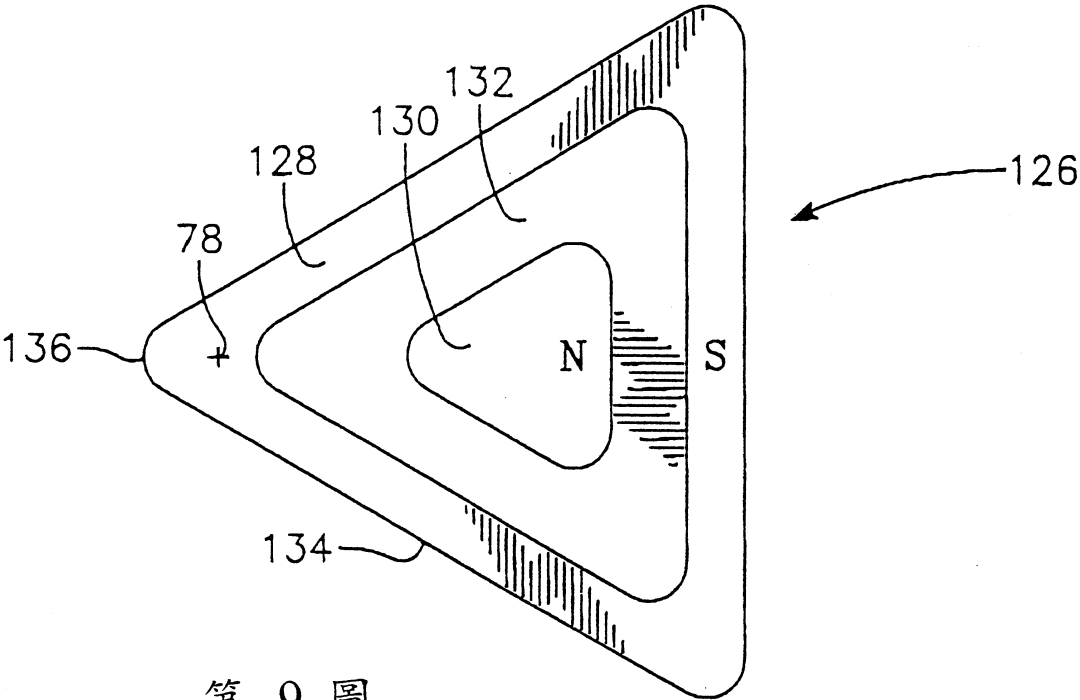




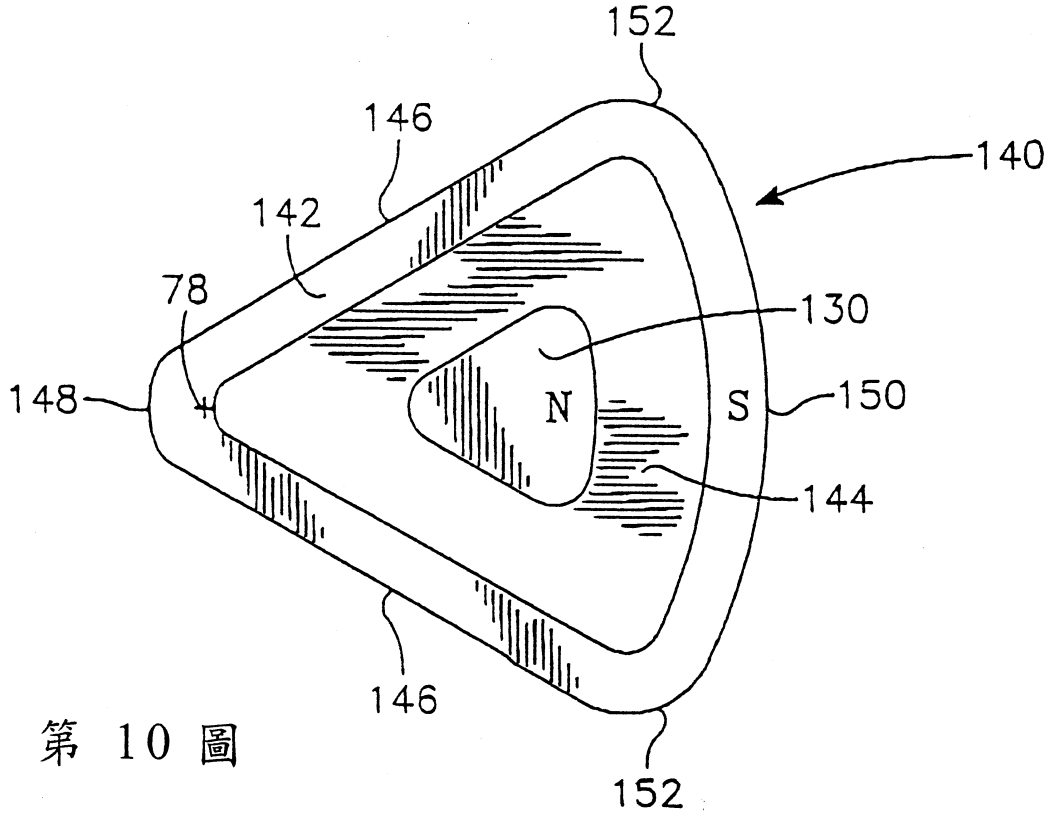
第 7 圖



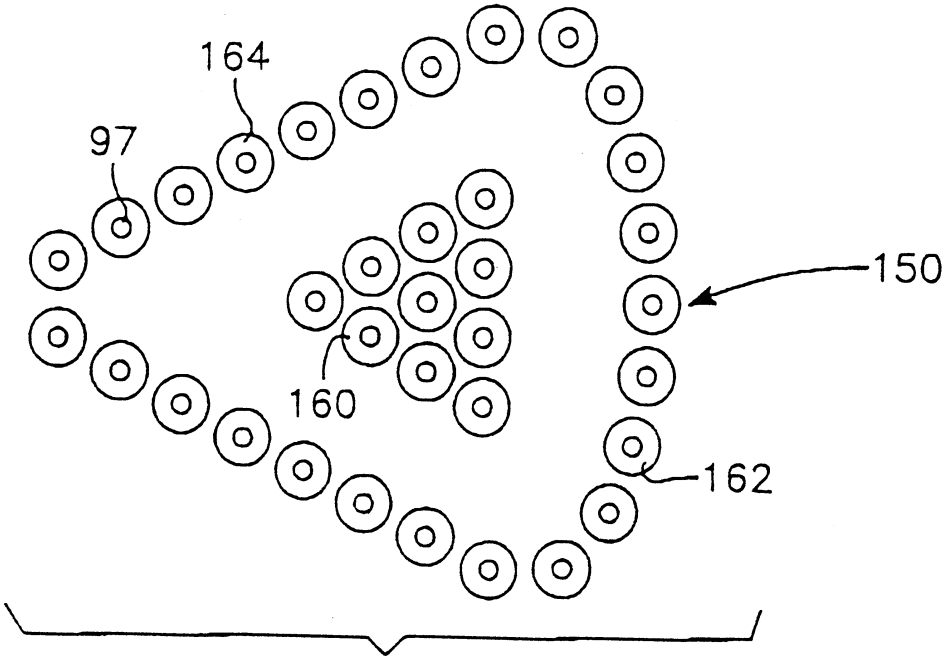
第 8 圖



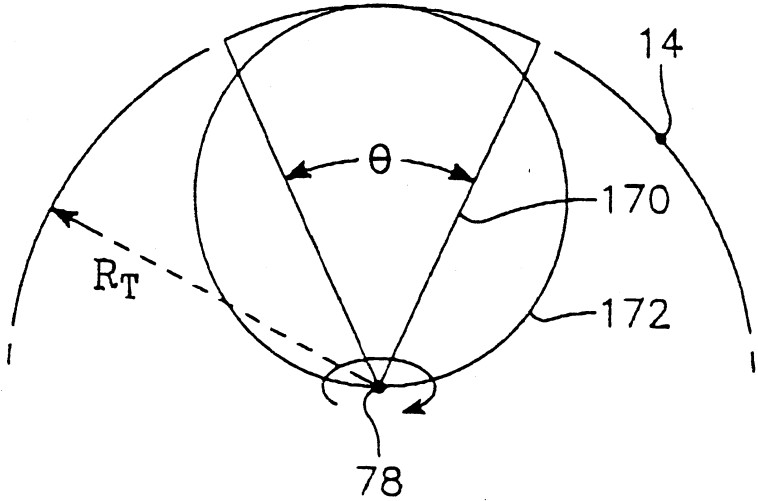
第 9 圖



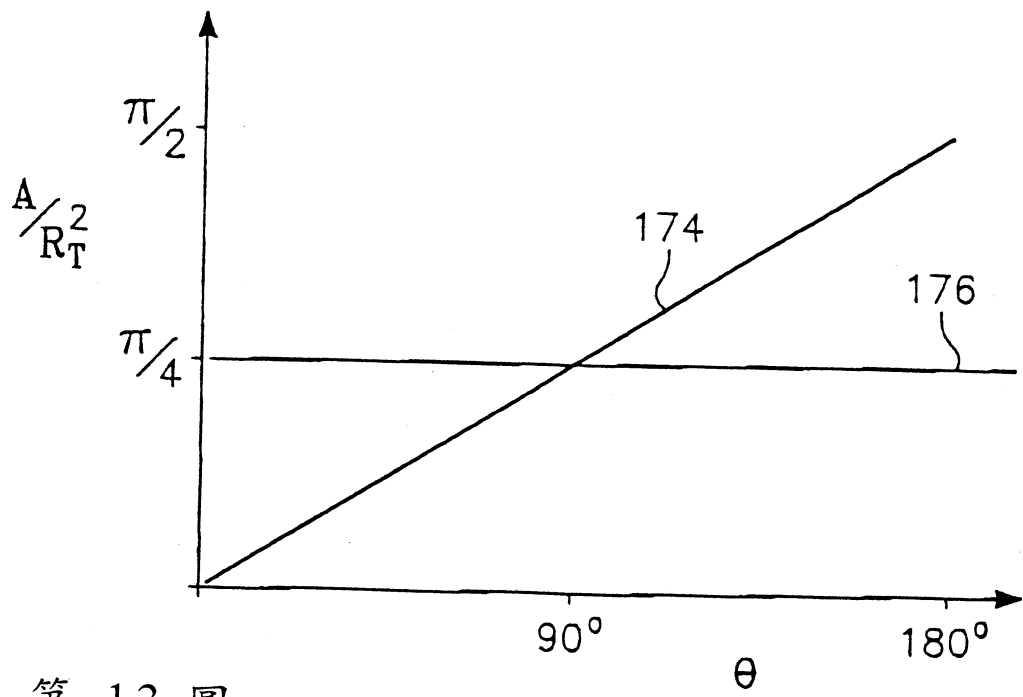
第 10 圖



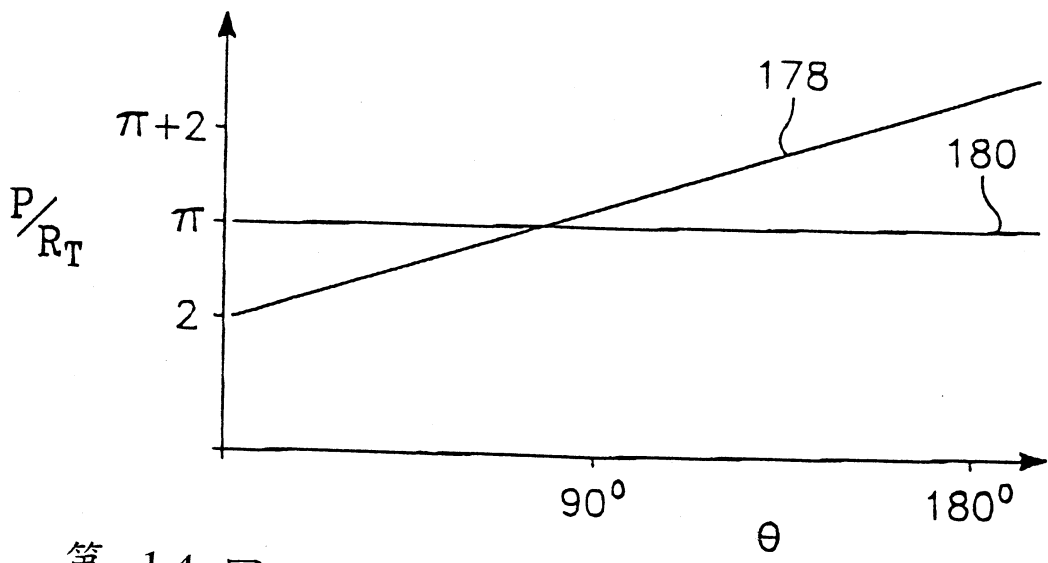
第 11 圖



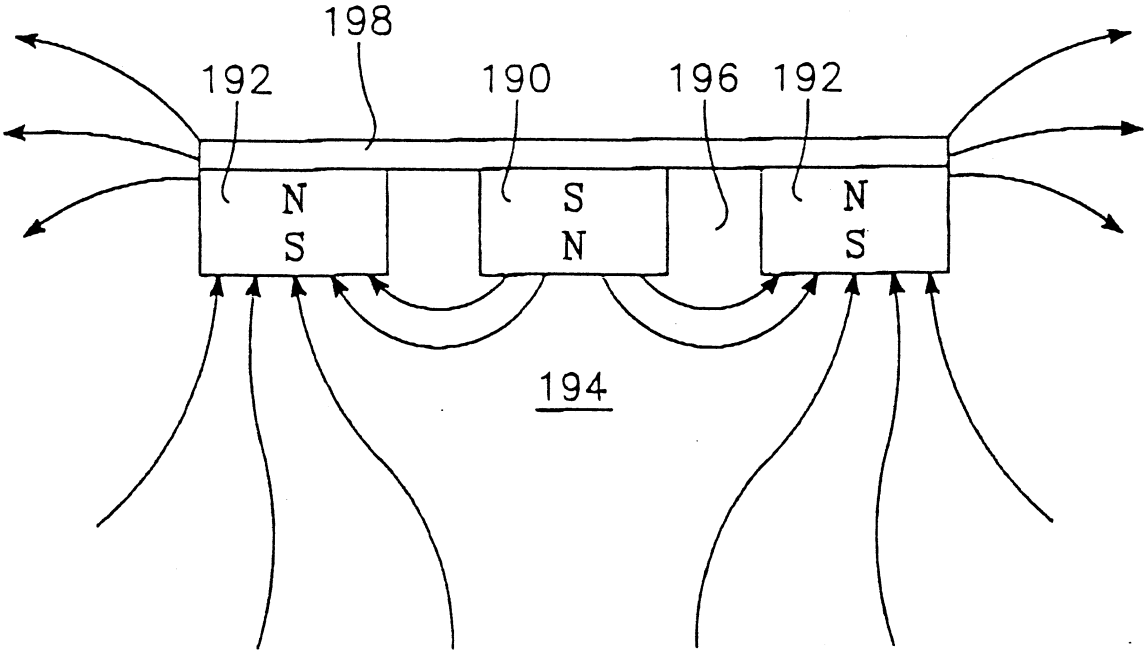
第 12 圖



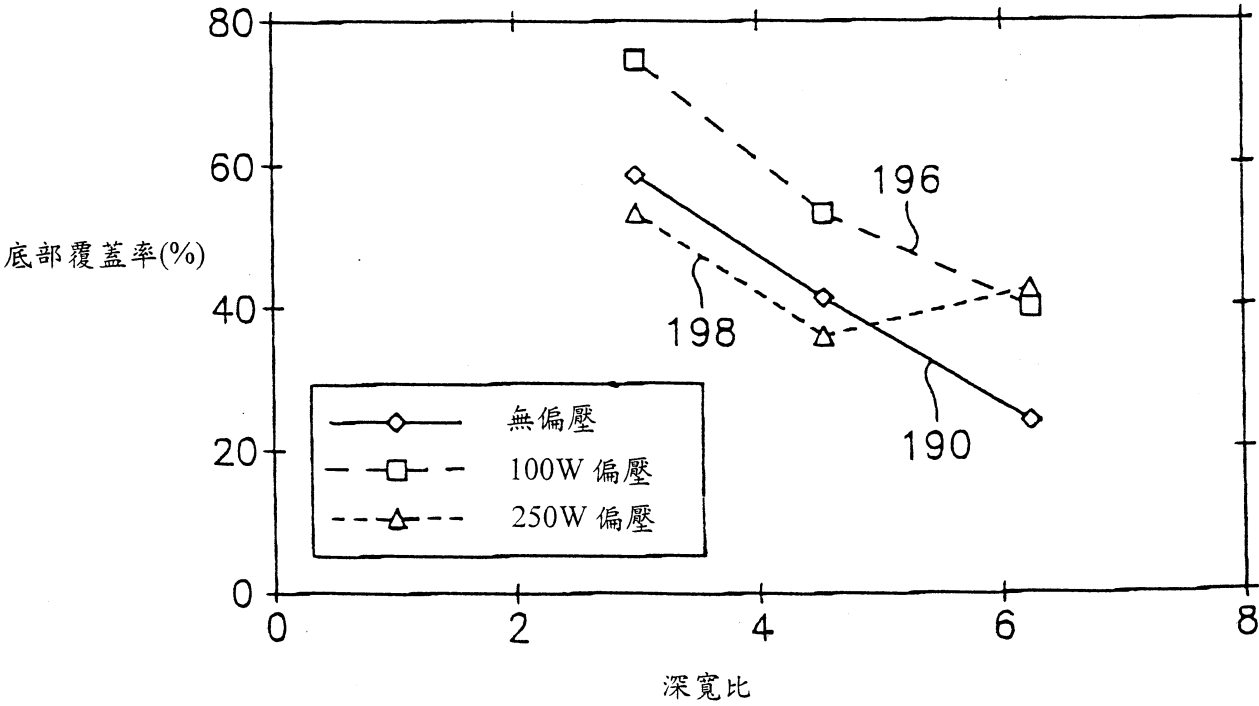
第 13 圖



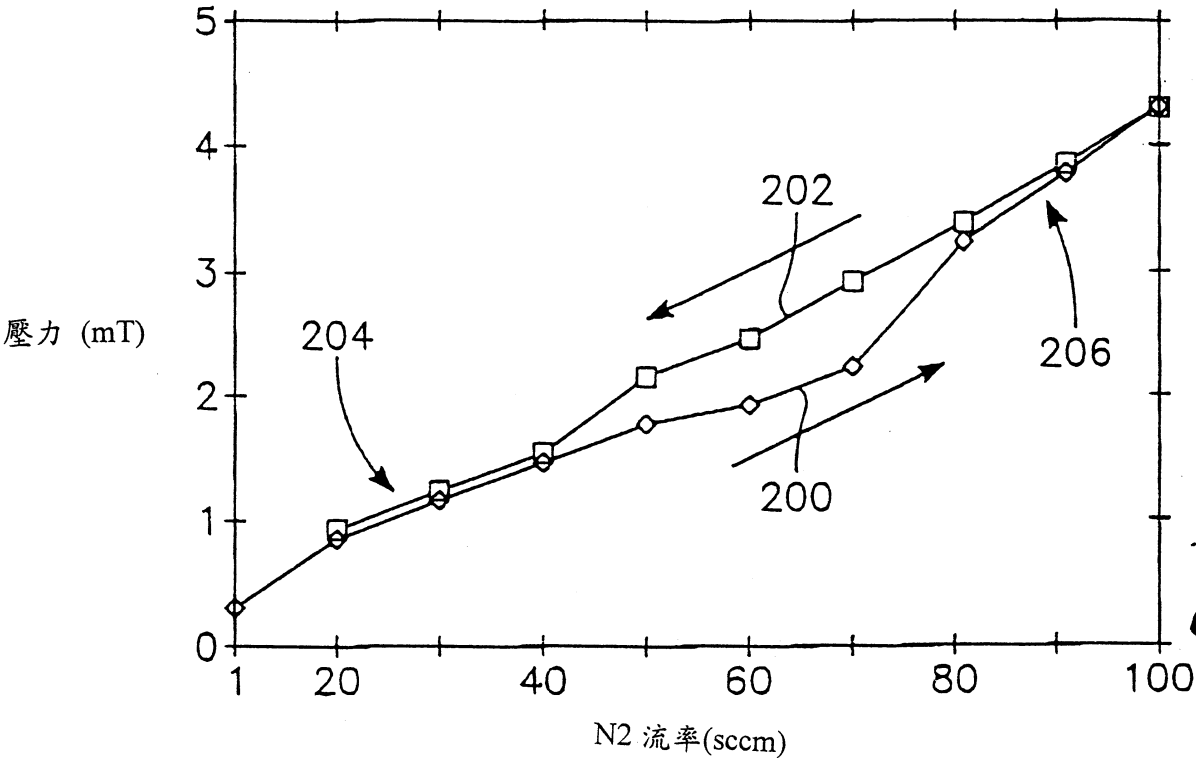
第 14 圖



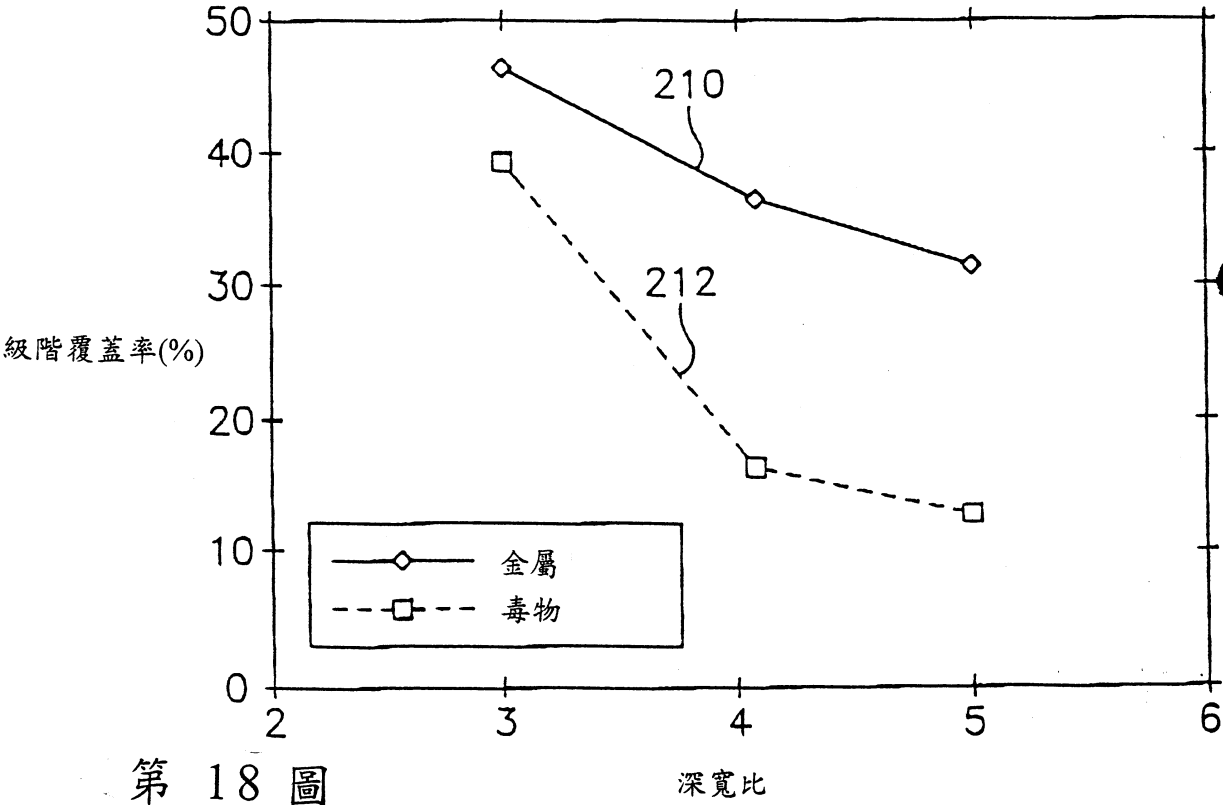
第 15 圖



第 16 圖



第 17 圖



第 18 圖