公告本

申請日期	89. 1. 28
案　　號	89101534
類　　別	H01L 21/28

（以上各欄由本局填註）

A4
C4

501231

發明 ~~新型~~ 專利說明書

一、發明 ~~新型~~ 名稱	中　文	以溼潤/阻障層避免電致遷移之鋁內連線結構及其形成方法
	英　文	TAILORING OF A WETTING BARRIER LAYER TO REDUCE ELECTROMIGRAT
二、發明 ~~創作~~ 人	姓　名	1. 蘇京昂 2. 姚公達 3. 徐征 4. 陳福森
	國　籍	1. 中華人民共和國 2. 中華人民共和國 3. 中華人民共和國 4. 美國
	住、居所	1. 美國日光山谷新月大街#23 455 號 2. 美國佛蒙特維恩汀巷 44875 號 3. 美國加州佛斯特市哈德遜灣街 279 號 4. 美國加州卡布提諾史德恩大街 10390 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

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

501231

（由本局填寫）

承辦人代碼：	A6 B6
大　　類：	
ＩＰＣ分類：	

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 2 月 3 日　案號：09/244,280 號

有關微生物已寄存於：　　，寄存日期：　　，寄存號碼：

（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

本發明係關於製作阻障/潤濕層以增加阻障層上之鋁內連線<111>晶體的方向性，進而降低鋁金屬內連線之電致遷移。

發明背景

電漿濺鍍鋁廣泛用於形成半導體元件的內連線，而內連線的可靠度對於元件的可信賴性來說是非常重要的，其中影響鋁金屬內連線可靠度的最重要因素莫過於電致遷移。因為鋁原子在實體上是由電子流來進行轉移而鋁原子的移動會留下空洞，而這種空洞的尺寸會隨時間而增大，最後並會造成內連線的製作失敗。

目前工業界已提出數種能降低電致遷移的方法。例如，將銅摻入鋁中可以大量增加鋁晶粒邊界，進而降低電致遷移。另外，鋁表面的披覆(不會電致遷移的材料層沉表面)也是很有用的，很多製造商會在鑲嵌或雙鑲嵌結構中使用一底層(常稱作阻障層)以降低沉積在底層之上的鋁電致遷移。一般說來，其底層為一 Ti/TiN 雙層結構，其中 Ti 指的是鈦，而 TiN 則為氮化鈦。

鋁晶粒結構及電致遷移的關係在文獻中有其相關描述，其中一種廣為人知的關係即為 Vaidya 及 Sinha 於 1981 年所發表的公式：

$$MTTF \propto [S/\sigma^2]Log[I(111)/I(200)]^3$$

其中 MTTF 為平均不良時間，S 為平均晶粒大小，σ 為晶

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

粒大小分佈的標準差，I(111)為鋁(111)平面繞射強度，而 I(200)為鋁(200)平面的繞射強度(可參見 S. Vaidya, A.K. Sinha, Thin Solid Films, Vol. 75, p. 253 1981)。

從以上關係看來，很明顯可以知道鋁晶粒方向的結構愈強、平均不良時間就愈長，所以很多其它工業上用以決定鋁沉積層之鋁<111>結構的方法就是根據此理論而產生的。

其中一種工業界用以測定結構的方法為對材料加以X光繞射，其中某特定材料的晶粒結構經由已知波長的X光線對其進行繞射。本發明中亦採用X光繞射，在以下將有其詳細之說明。

利用傳統的濺鍍法沉積鈦潤濕層及氮化鈦層已廣為應用在鋁及鋁合金下層之半導體元件結構中，但沉積在氮化鈦阻障層表面上之鋁晶體方向通常結構性不高(晶體方向較為任意)，且其防電致遷移能力較差，於是低結構性鋁內連線結構的的可靠度就受電致遷移之影響。

“傳統濺鍍”或”標準濺鍍”兩詞指的是在基材上形成膜層的方法，其中靶材被濺擊、而靶材濺擊出來的材質就通過靶材及基材之間，以在基材上形成一膜層，且在靶材所濺擊出來的濺鍍粒子抵達基材之前並沒有裝備使這些粒子大量離子化。一種傳統的濺鍍設備可見於美國一專利案5,320,728，在此此併入其揭示內容，以供參考用。在該傳統的濺鍍設備中，受到離子化的靶材物質一般相信不超過10%，通常更只有1%。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

”傳統濺鍍”含氮化鈦層的方式係利用反應濺鍍將之沉積在一基材之上，其中鈦靶材的濺擊是由鈍氣(如氬)及氮氣所形成的電漿為之。部份自靶材濺擊出來的鈦與氮氣互相作用，且經由電漿作用而形成氮化鈦，當氣態混合物接觸至基材時就在其上形成一含氮化鈦的層膜。當電漿源含有適量之氮時，氮及鈦濃度在含氮化鈦膜上就具有其化學計量比。儘管這種傳統濺鍍之含氮化鈦層可以當作接觸孔之熱鋁填充的濕潤層，但良好的孔填充通常不會發生在低於 500^{0}C 的基材表面上。傳統濺鍍時，在待填充之溝渠或孔的開口邊緣會有橋架現象產生，鋁流需要提升至較高溫度才能克服這種橋架現象。

一美國專利案 5,543,357 中描述了一種用以製造利用一鈦層當作一鋁合金膜之底層的半導體元件，以避免鋁合金膜的特性被破壞，又因形成在基材表面上的鈦層留有一孔，所以在鈦層上需要再沉積一鋁層。接著，將基材加熱至 450^{0}C 至 500^{0}C，以溶化鋁合金層，進而將其中的孔填充起來。鈦層的厚度設定為鋁合金層之厚度的 10%或小於 10%，且至多為 25nm。在鋁合金層不含矽的情況中，鈦層的厚度為鋁合金層之 5%或小於 5%。在該製程的另一特徵中，氮化鈦層在加入鈦層之前就形成在基材之上。

S.M. Rossmagel 及 J. Hopwood 在 1993 年提出一種結合傳統磁控管濺鍍法與高密度電感耦合式射頻電漿的技術，其中該射頻電漿位於濺鍍陰極及基材之間，該論文

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

名為"Metal ion deposistion from ionized magnetron sputtering discharge"。該文中將濺鍍鋁之相對離子量描述成各種不同製程參數的函數，另該論文對氮化鈦層沿高深寬比溝渠之薄層或擴散阻障層之描述較不詳細。低離子能量(0-10eV)的氮化鈦沉積層為青銅色的，且其阻值為 200 微Ω cm；而高離子能量(20-50eV)的氮化層沉積則是金黃色的，其阻值 75 微Ω cm，且其膜層具有高應力。進一步的高密度電漿濺鍍法描述可參見 S.M.Rossnagel 及 J. Hopwood 的另一論文，其名為"Thin, high atomic weight refractory film deposition for diffusion barrier, adhesion layer, and seed layer applications",發表於 J. Vac. Sci. Technol. B, Vol. 14, No 3(may/Jun 1996)中。

在美國專利申請案 08/824,991 中描述了一 Ti/TiN/TiN_x 底層，它能成就高度(111)方向性的鋁內連線。特定說來，以上三層都是由離子金屬電漿法沉積製成，其中高密度電漿形成在濺鍍陰極及基材支撐電極之間，因此在粒子抵達至基材表面時，離子形式的濺鍍量比例就增加了。其中第一層鈦的厚度介於約大於 100 埃及約 500 埃之間；第二層氮化鈦則介於約 100 埃與約 800 埃之間；第三層鈦之氮化物的厚度則介於約 15 埃至約 500 埃之間，其中第三層鈦之氮化物係在第二層氮化鈦形成完畢之後、將流至反應室的氮氣流關閉的條件下形成的。以上所述之技術與多層阻障層/潤濕層系統相關，其中每一層膜都以高密度電漿形成，而鋁填充之溫度介於約 350^{0}C

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

至約 500°C 之間。該申請案在此之併入以供參考。

本發明相較於上述之習知技術有很大的改進，因為本發明提出之結構包含含鈦潤濕層及潤濕/阻障層結構，它進行(111)方向鋁內連線的沉積，也同時能降低製程之複雜性及製程設備之價格。

圖式簡單說明：

第 1A 圖為一多層金屬堆疊的剖面示意圖，其中包含鋁填充接觸孔及鋁內連線；

第 1B 圖為一鎢填充接觸孔及鋁內連線之剖面示意圖；

第 2A 及 2B 圖為經蝕刻之鋁線的三維示意圖，其中經蝕刻之金屬線表面的側面圖係為經過放大之圖示，該放大之蝕刻金屬表面顯示在鋁線蝕刻時、(111)方向之鋁結構量對側壁洞量之影響；

第 3 圖顯示利用高密度電漿形成之鈦潤濕層之資料，其中鋁層由傳統之標準濺鍍技術沉積在鈦潤濕層之上，且鈦層沉積在一基材之上時，基材上加以各種不同之偏壓值，其中沉積鋁層(111)方向的旋轉成線半最大值全帶寬(Rocking Curve FWHM))對每一不同的鈦潤濕層來說顯示為鋁沉積溫度的函數；

第 4A 圖顯示一沉積於一雙層潤濕/阻障結構上之鋁層的(111)旋轉成線半最大值全帶寬角，其中該雙層結構包含一標準濺鍍法沉積形成之鈦潤濕層。圖中顯示兩不同鈦及氮化鈦層厚度圖，其中鋁之半最大值全

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

帶寬角顯示為鋁沉積溫度之函數，此比較結果足以說明本發明較習知技術為優良；

第 4B 圖顯示一三層結構的比較資料，其中該三層結構為雙層之潤濕/阻障層結構及一披覆之鋁層，其中該雙層之潤濕/阻障層結構包含一鈦層及一氮化鈦層，且該鈦層由準直濺鍍法沉積形成，而該氮化鈦則由標準濺鍍法形成，且該鋁披覆層由標準濺鍍法製成。鋁層在(111)方向的旋轉成線半最大值全帶寬角顯示為氮化鈦沉積(兩氮化鈦層厚度及兩鋁層沉積溫度)溫度之函數；

第 4C 圖顯示一三層結構的比較資料，其中該三層結構為雙層之潤濕/阻障層結構及一披覆之鋁層，其中該雙層之潤濕/阻障層結構包含一起始的鈦層及其上的一氮化鈦層，且該鈦層為由高密度電漿形成，該氮化鈦層則由標準反應濺鍍法形成，而該鋁披覆層由標準濺鍍法製成。當鈦層沉積時加偏壓及不加偏壓至基材時，鋁層的(111)旋轉成線半最大值全帶寬角顯示為氮化鈦沉積厚度之函數；

第 4D 圖說明鋁沉積溫度如何影響第 4B 圖中一雙層潤濕/阻障層(包含一高密度電漿形成之鈦潤濕層及標準反應電漿法形成之氮化鈦阻障層)上之鋁層在(111)方向的旋轉成線半最大值全帶寬角；

第 4E 圖說明鋁層在(111)方向的旋轉成線半最大值全帶寬角之比較範例，其中鋁層分別沉積在下列之層膜之

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

上：(1)一鈦潤濕層(高密度電漿所形成，其中基材給予適當偏壓-50V)的一雙層潤濕/阻障層結構、及一由標準反應濺鍍法形成之氮化鈦阻障層，及(2)一鈦潤濕層上之一氮化鈦阻障層上，其中前者為準直濺鍍法形成，後者則為標準反應濺度法沉積形成。

第4F圖顯示一雙層Ti/TiN結構上之一鋁層的(111)旋轉成線半最大值全帶寬角的比較資料圖；

第5A圖說明在一鈦/氮化鈦雙層結構中加上一鈦層時，基材加上偏壓對沉積於鈦層上之鋁層在(111)方向的旋轉成線半最大值全帶寬角的影響，其中鈦層由高密度電漿法製成，而氮化鈦及鋁層由標準濺鍍法製成；且鋁在(111)方向的旋轉成線半最大值全帶寬，在圖中同樣顯示其為氮化鈦層厚度的函數；

第5B圖說明在沉積一氮化鈦層時基材加以偏壓所造成的影響，其中每一鈦層在不加基材偏壓時由高密度電漿法製成，每一氮化鈦層在不加基材偏壓時由高密度電漿法製成，且兩氮化鈦層之一在基材加上-210V的偏壓情況下完成。圖中顯示鋁在(111)方向的旋轉成線半最大值全帶寬同樣為鋁沉積溫度的函數；

第6圖顯示一由高密度電漿法進行濺鍍而形成潤濕、阻障或金屬層用之設備的示意圖；

第7圖顯示一電腦程式控制之實際氣相沉積反應室(濺鍍

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

反應室)的示意圖，其可在濺鍍反應室中執行本發明提出之方法。

圖號對照說明：

100	元件結構	101	介電層
102a	線	102b	電性爹觸
103	金屬層	104	介電層
105a	內連線	105b	電性接觸
106	金屬層	109	潤濕/阻障層結構
120	元件結構	121	介電層
122	電性接觸	123	線
124	介電層	125	電性接觸
126	內連線	127	潤濕/阻障層結構
129	潤濕/阻障層結構	132	鋁層
200	經蝕刻之特性區	201	底表面
202	鋁層	203	凹
204	上表面	205	放大圖
206	側壁	220	經蝕刻之鋁特性區
222	鋁層	223	凹槽
227	上表面	228	側壁
229	凹槽	232	凹洞
600	製程反應室	608	離子化線區
602	濺鍍陰極	604	基材祇撐電極
605	半導體基材	606	射頻電源

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

607	電漿	608	線圈
610	電感耦合射頻電源	613	屏蔽
603	通道	700	電腦
702	處理器	704	記憶體
706	指令	708	阜
712	物理氣相沉積反應室		

發明詳細說明：

本發明係關於一潤濕層或一潤濕層/阻障層結構之形成，以增強阻障層上鋁內連接線在<111>向的結晶方向，進而降低鋁內連接線內的電致遷移。特別值得注意的是以下所將介紹的潤濕層及潤濕/阻障層結構能讓鋁內連線層的沉積具有高度(111)結構性、並足以產生約 1^0 或更小的旋轉戍線半最大值全帶寬(Rocking Curve FWHM)角。根據旋轉戍線半最大值全帶寬角可指出本發明之鋁層的電致遷移特性相較於習知技術而言有極大的改進。潤濕層及潤/阻障層結構:(1)單獨鈦層本身，係由高密度電漿形成；(2)鈦/氮化鈦層，其中兩層都由高密度電漿沉積形成，而(3)鈦/氮化鈦層，其中鈦層由高密度電漿形成，而氮化鈦層由標準濺鍍法沉積形成之。上述阻障層的形成可在單一製程反應室中進行，亦可在多個反應室中完成。

I.定義

在詳細說明之前必須先聲明的是本說明書及附加之

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

專利申請範圍內所提到的單數字眼"一"、"該"包含很多的標的，除非文章中另有有說明則為例外。例如，"一半導體"包含具半導體行為特性的各種不同材料，而"一鋁內連線材料"則包含鋁及鋁合金。

本發明之說明中各特定重要之名詞說法定義如下：

"鋁"包含用於半導體業的各種鋁合金。舉例而言，這種合金包含鋁銅合金及鋁銅矽合金等等。一典型之鋁銅合金可包含 0.5%的銅，這只用以舉例，但非限定用說法。

"深寬比"指的是特殊開口之高度與寬度的比例。一般說來，用以計算深寬比的寬度為最小的特性區(feature)尺寸。例如，一在多層結構中如管狀延伸之開口的深寬比就是其管狀高度除上其直徑大小所得的值；而溝渠的深寬比為溝渠之高度除上溝渠底部之最小寬度所得的值。

"特性區"指的是接觸洞、介電孔、溝渠及其它構成基材表面圖案之結構。

"高密度電漿"、"離子沉積濺鍍"或"離子金屬電漿濺鍍"指的是物理氣相沉積(以磁控管濺鍍沉積為佳)，其中高密度電漿形成在濺鍍陰極及基材支撐電極之間，故而當濺鍍粒子抵達基材時，濺鍍放射量之離子化比例就得以增加。

"高密度電漿"指的是(但不限於)具有至少 $5*10e^{-}/cm^{3}$ 電子密度的電漿。

"反應離子沉積"，"反應離子金屬電漿"或"反應高密度電漿法"指的是(但不限於)由高密度電漿進行物理氣相沉積，其中反應氣體就提供至高密度電漿處，以與濺擊出來

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

之離子反應，而形成包含反應氣體元素的離子沉積濺鍍化合物。

"反應濺鍍"指的是標準或傳統濺鍍，其中反應氣體在濺鍍進行時與被濺擊出來之粒子反應，而產生包含反應氣體元素之濺鍍沉積化合物。

"SEM"指的則是電子掃描顯微鏡。

"XRD"(X 光繞射)是指一般用於測量晶粒方向之方法，其中特定波長之輻射透過材料，且輻射之繞射經過測量，那麼曝於輻射之材料樣品的結晶方向就可以被得知。

II.本發明實施時所採用的設備

本發明提出之方法所使用的設備係為應用材料公司的 Endura® Integrated Processing System。圖式中的製程系統圖僅為該製程系統的示意圖；甚且，第 6 圖中的製程室零件可以用於該 Integrated Processing System 中的一低壓製程反應室內。該系統在美國專利案 5,186,718 及 5,236,868 中有其說明及圖示，在此將其揭示內容併入此處，以供參考。現就參考第 6 圖，其中顯示一高密度電漿濺鍍沉積系統中的各重要元件，而該製程反應室 600 可用於阻障層(如一鈦或一 Ti_xN_y 層)之高密度電漿沉積。此外，該製程反應室 600 在不將電源加至離子化線圈 608 時也可以用於標準濺鍍。

製程反應室 600 通常為一磁控管反應室，其利用一標準濺鍍磁控管(未顯示)限制住濺鍍電漿的範圍，以增加濺

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

鍍速率。此外，製程反應室包含一電感式耦合射頻源 610，其為一單一平坦之線圈 608，位於一濺鍍陰極(靶)602 及基材支撐電極 604 之間，如此能在濺鍍粒子抵達基材表面時得到更大比例的離子量。一射頻電源 606 可用於對基材支撐電極 604 加以偏壓，以在半導體表面 605 得到直流偏壓。一般說來，一屏蔽 613 為電漿 607 形成之地區，其中電漿之形成係由通過通道 603 的氣流所形成。屏蔽 613 為一真空反應室 612 圍繞，該真空反應室 612 將基材製程區域的氣流經由真空通道(未顯示)抽至真空。在本發明之較佳實施例中，所要形成的阻障層為 Ti_xN_y，其中氮化鈦是由習知技術濺擊一鈦靶材而形成，形成濺鍍離子的氣流為氬，氮則由通道 603 通至製程反應室 600 中。接著，反應氮氣自由與反應鈦作用而形成氮化鈦，該氮化鈦會因基材上的偏壓而被吸引至半導體基材 605 表面。在美國專利申請案 08/825,216 中即有對具低阻抗之平滑氮化鈦層及其形成方法進行描述，其中包含對製程變數的描述，如層膜的結晶方向等，在此將該申請案併入，以供參考。

第 7 圖顯示與第 6 圖相關之一物理氣相沉積反應室，其中該反應室(通常為一濺鍍反應室)為一電腦程式所控制，以利在該反應室中執行本發明提出之方法。電腦 700 至少包含一處理器 702、用以儲存指令 706 之記憶體 704，及一或多個阜 708。處理器 702 用以與記憶體 704 溝通，以執行指令 706；處理器 702 及記憶體 704 也用以與一或多個阜 708 溝通；阜 708 用以和物理氣相沉積反應室 712

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4 規格(210 × 297 公釐)

五、發明說明（　）

溝通；物理氣相沉積反應室 712 用以根據接收自處理器 702 經由阜 708 傳來之訊號執行製程步驟；且電腦 700 以能控制製程變數，以完成本發明所用及之方法為佳。

X 光繞射測量技術

本發明中，X 光波長係取自於銅 K 線。首先，沉積膜層樣品被支撐至使其主要表面位於與 X 光源及離子化量偵測器同表面上處，且 X 光源在樣品的右邊，而離子量偵測器則在樣品的左手邊。在此初始位置時，偵測角及 X 光源角與主要的樣品表面沒有角度相隔。接著，樣品靠近 X 光源的右側、並由其原始位置往逆時針方向旋轉，此時樣品與 X 光源之間存在一入射角差。在測量鋁材的(111)方向時，角度設計應依樣品的品質而定，而 2Ø 角通常為約 38.5 度至約 38.6 度之間。偵測器於是沿逆時針方向旋轉，以能提供與樣品表面的原始表面 2Ø 的角度差(那麼 X 光源及偵測器之間的角度為 180^0-2Ø)，以自動確保偵測器係以正確位置偵測繞射之光束。此外，與鋁(111)面的繞射角 Ø 也稱作鋁(111)的布拉格角。

偵測器自 0 度至 80 度進行掃描時可知所有可能自樣品晶格平面反射的反射強度及 2Ø 繞射角。一種常用以說明鋁方向性品質(也稱作結構)的慣用語為"旋轉戌線(Rocking Curve)"，它是利用當偵測器固定在 2Ø 時將一樣品旋轉經過其相位的布拉格角而測量得知之值。CPS(每秒鐘之光子數)圖表示當角度增加時，某特定結晶方向之量

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

分佈曲線。一旋轉成線的半最大值全帶寬係由量測曲線中一點的曲線寬度而得，其中曲線的該處值為曲線最大高度的一半，且其中半最大值全帶寬以角度表示之，其代表在最大高度一半處之角度曲線寬度度數。一較寬的曲線(即較大的角度)指出所關注的結晶方向沒有高度的結構性；而較窄的曲線(即較小的度數，為一較強的訊號)則說明所關注結晶方向的結構性高。半最大值全帶寬量測是一種習慣用以在繞射強度下當作結晶方向或結構性的指標，因為它對測量變數較不敏感，並且是一已知樣品的結構角度指示器。旋轉成線半最大值全帶寬目前已經是鋁沉積膜之防止電遷移的標準指示器。

鈦潤濕層

假設鈦層的厚度不消耗不合理量之阻障層表面的鋁層，那麼鈦本身可單獨當作一潤濕層，其能改進鋁內連線特性區之電遷移。第 1A 圖及第 1B 圖為內連線特性區之範例示意圖，其中第 1A 圖顯示一元件結構 100，其包含一基材 106，在該基材 106 表面上有一介電層 101。介電層 101 上加以圖案化，以形成金屬(包含電性接觸 102b)用之開口。一潤濕層或一潤濕/阻障層結構 107 形成在介電層 101 表面之上，之後再沉積一金屬層 103(通常為鋁)，以對電性接觸 102b 進行填充，並在介電層 101 表面上形成一金屬層。金屬層 103 隨後經過習知技術加以蝕刻，以形成內連接之鋁結構，如線 102a。介電層 104 隨後形成在該金

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

屬填充層 103 之上。介電層 104 隨後被加以圖案化，以為金屬連線形成額外的開口，包含電性接觸 105b。一潤濕層或一潤濕/阻障層結構 109 隨後形成在介電層 104 之上，其後再沉積一金屬層 106 於其上，以對電性接觸 105b 進行填充，並在介電層 104 表面提供一金屬層。金屬層 106 隨後則加以蝕刻，以提供內連線 105a。如此，多層導電結構於是就形成。

第 1B 圖為一類似之元件結構，其電性接觸為鎢插塞所填充，隨後其上再覆以一鋁內連線。現參考第 1B 圖，一元件結構 120 包含一基材 126，該基材 126 表面上沉積一層介電材料 121。介電層 121 被加以圖案化，以形成一電性接觸 122 所需的開口。一潤濕層或潤濕/阻障層結構 127 形成在介電層 121 之表面上方，接著再以鎢進行填充，其中鎢的平坦化係利用習知技術（如 CMP）為之，以在電性接觸 122 留下一鎢插塞，且潤濕層或潤濕/阻障層結構 127 位於電性接觸 122 平面之外，且無鎢的存在(若必要)。鋁層膜 130 隨後沉積在該平坦表面之上，並隨後利用習知技術進行蝕刻，以產生內連線結構，如線 123。介電層 124 形成在蝕刻過之鋁表面上，其隨後並加以圖案化，以形成電性接觸 125 所需要的開口。一潤濕層或潤濕/阻障層結構 129 隨後形成在介電層 124 之上，且電性接觸 125 由鎢加以填充。隨後鎢利用習知技術(如 CMP)使之平坦化，以在電性接觸 125 留下一鎢插塞。其後，一鋁層 132 就沉積在該平坦化之表面上，並隨後加以蝕刻，以形成內

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

連線 126。如此，多層導電元件便因此形成。

假設鈦層由高密度電漿法沉積形成，那麼在一金屬鋁層之下使用一鈦潤濕層可以對鋁的電致遷移造成很大的改善。目前本發明所形成的鋁內連線已能展現出較佳之防電致遷移特性，其效果就如前面說明之(111)鋁層的旋轉成線半最大值全帶寬角僅為約 1^0 或更小。第 3 圖所示為(111)鋁的 FWHM 角(在軸 302 上以度數表示)與鋁沉積溫度之關係圖 300，其間顯示該 FWHM 角為鋁沉積溫度的函數(基材支撐平臺溫度在軸 304 上以度數表示)；而鋁材之下的基材真正溫度約為較低 50^0C。

在後附一系列的圖示中顯示有偏壓對(111)鋁的旋轉成線半最大值全帶寬的影響，其中鋁層為由高密度電漿法形成在鈦潤濕層之上，而鈦潤濕層則利用高密度電漿法形成在加以不同偏壓的基材之上。圖形 306 是在高密度電漿下形成之鈦潤濕層的 FWHM，其中加至基材的偏壓是-10V；圖形 308 為-30V 基材偏壓的 FWHM 情形；圖形 310 為加至基材-45V 偏壓的情形；圖形 312 則為-55V 偏壓的情形。基於以上這些基材偏壓量，各上覆有(111)鋁層之 FWHM 改善情況可在各例中明顯看出，其中(111)鋁層的旋轉成線半最大值全帶寬顯示為鋁沉積溫度的函數。一直到加熱器溫度為 380^0C 為止(基材溫度約為 330^0C)，在鈦潤濕層形成之時，基材的偏壓量愈大其 FWHM 愈顯示出好的效果；高過該溫度時，基材的偏壓量增加反而對鈦潤濕層的高密度電漿沉積顯示出偏低的 FWHM，這在第 3 圖中可

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

以解釋以上之說法。

現就參考第3圖，鈦潤濕層係在一ENDURA®沉積反應室中形成的，其中每一獨立之測試晶圓上都形成有阻障層，且測試晶圓表面為一層約10000埃厚的氧化矽。現請參考第6圖，其中沉積反應室操作於以下條件：將2kW之直流電源加至鈦靶材602上；使高密度、電感耦合式射頻電漿607形成在鈦靶材陰極602及基材605之間，而加至平坦線圈608的射頻電源約為2MHz的頻率及2.5kW的功率；沉積反應室壓力一般為約10至35mT；鈦潤濕層沉積時的基材溫度約為80^{0}C。

每一阻障層樣品結構沉積的鋁層厚度約為5000埃，而鋁層的沉積是在一標準ENDURA®製程反應室中以標準濺鍍法形成之；加至鋁靶材的功率約為9kW的直流電源；基材上不加以任何偏壓；製程壓力為2mT；鋁層之下方的基材溫度約比基材支撐座檯加熱器溫度低50^{0}C，這顯示在第3圖中的軸304上。

過去，一般相信若鈦阻障層的<200>晶粒方向量較高，那麼鈦阻障層上之鋁層的(111)結構就較強；但吾人發現鋁層的結構(旋轉戍線半最大值全帶寬角不與XRD的峰值強度相關，也就是說不與鈦阻障層的(200)量相關。

基於以上之發現，吾人可以推出以下之理論，即當鈦阻障層表面適當予以離子濺鍍時，所得到的鈦表面愈是密度高且較光滑，於是對於鋁層沉積於其上也變得較為順利，所以雖然此時鈦的(200)量由於鈦潤濕層的離子濺鍍影

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

響而變得較低，但鋁層的(111)結構仍強，而其防電遷移的能力也得到提升。

另吾人也有一項驚人的發現，那就是當鋁層的(111)結構較高(旋轉戍線半最大值全帶寬角低)時，不單鋁層的電致遷移得以改善，且若鋁加以進行圖案蝕刻的話，所蝕刻之特性區的側壁在蝕刻降低時就趨於洞形。

第 2B 圖圖例說明蝕刻之鋁特性區，其中包含鈦/氮化鈦(未顯示)的一標準潤濕/阻障雙層結構係當作鋁層的底層結構，且鈦層及氮化鈦層都是以標準濺鍍法沉積形成，且所得到的鋁層(111)旋轉戍線半最大值全帶寬約為 2 至 3 度。此處，鋁層 222 係在 ENDURA®製程反應室中利用習知標準之鋁蝕刻條件製得。經蝕刻之特性區 220 包含凹槽 223，其具有一上表面 227 及側壁 228，且其中側壁 228 存在有蝕刻造成之凹洞 232。蝕刻造成之側壁 228 凹洞 232 以放大圖示 230 顯示，其中 227 代表鋁層 222 之上表面，而 228 表示蝕刻凹槽 223 之側壁，而 229 表示蝕刻凹槽的底部。

第 2A 圖說明一使用本發明之方法形成之蝕刻特性區 200，其中鈦/氮化鈦潤濕/阻障雙層結構(未顯示)用以當作鋁層 202 沉積時之底層結構，其中鈦潤濕層以高密度電漿法形成，而氮化鈦層是以標準濺鍍法沉積形成。圖中之披覆鋁層 202 之(111)方向的 FWHM 約為 1 至 1.5 度。鋁層 202 的蝕刻使用與第 2B 圖所述之相同的標準鋁蝕刻條件。蝕刻特性區 200 包含凹槽 203，其在側壁 206 上沒有

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝 訂 線

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

凹洞，由放大圖 205 可窺出該說法，其中 204 表示 202 的上表面，206 表示蝕刻凹槽 203 之側壁，而 201 表示蝕刻凹槽的底部。

在此當提出的是當鈦潤濕層單獨出現而沒有氮化鈦阻障層時，鈦潤濕層厚度需要加以限制，以使鋁層與鈦作用之量得以控制，這對防止體積的改變及鋁表面的 CMP 過程進行來說是很重要的。經由實驗得知，沉積在本發明之鈦潤濕層上的鋁層在(111)方向的 FWHM 得到了改善，因為鈦潤濕層的厚度由 100 埃增加至 300 埃，但在約 300 埃以上，吾人卻沒有發現改善的現象。另外，標準鋁層厚度約為 5000 埃至約 6000 埃，但其中只有約 400 埃厚的鋁會消耗在與 100 埃的鈦潤濕層的反應中。

鈦/氮化鈦潤濕/阻障層

吾人已經討論過鈦/氮化鈦潤濕/阻障層結構，其中鈦是在高密度電漿的存在之下沉積形成，而氮化鈦則以三種不同方式形成之，分別為(1)在高密度電漿存在下；(2)準直技術；及(3)傳統濺鍍技術。

當待製作的元件結構為相當平坦(與高深寬比(大於 2:1)之特性區比較)之內連線，在鋁層底下就不需要直接有氮化鈦或鈦的氮化物表面以感生鋁流。此時，鈦潤濕層通常是最適合的。甚且，鋁沉積溫度也不需要加至像本發明中習知部份所加至之高溫，鋁可以以約 25^0C 至 500^0C 的溫度沉積在阻障層之上，且以低於 350^0 為佳。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

在深寬比大於 2:1 的情況中最好能使用鈦/氮化鈦或鈦/鈦之氮化物(TiN_x)(其中 x 小於 1)的雙層潤濕結構。若想要降低粒子的形成，以採用鈦/氮化鈦層為佳；而要得到最佳之鈦/氮化鈦潤濕/阻障層，鈦及氮化鈦最好都能在高密度電漿存在情況下沉積形成。依氮化鈦沉積時間內加至基材的偏壓量，若(111)鋁之旋轉戍線半最大值全帶寬角要維持在低於約 1^0，那麼氮化鈦的厚度就有其限制。

第 4A 圖為沉積在鈦/氮化鈦雙層潤濕/阻障層之(111)鋁層的 FWHM 的習知比較資料圖 480，其中(111)方向的 FWHM 顯示為鋁沉積溫度的函數(如軸 484 所示)。圖中之鈦潤濕層及氮化鈦阻障層都是經由標準濺鍍法形成的，且基材上不加以任何偏壓。圖形 486 顯示一 200 埃厚之鋁層及一 600 埃厚之氮化鈦層的資料，且在其上方之鋁層厚度為 5000 埃(也以標準濺鍍法形成之)。圖中所示之(111)鋁的旋轉戍線半最大值全帶寬角約自 3.5 度至 4 度之間，這遠遠超過防鋁電致遷移所需要的 1 度或更小的角度。圖形 488 顯示一 200 埃厚之鈦潤濕層的資料，且在其上方之鋁層厚度為 5000 埃。圖中雖然顯示鋁的(111)旋轉戍線半最大值全帶寬角改進至約 2.25 度至 3.1 度之間，但這卻遠遠超過防鋁電致遷移所需要的 1 度或更小的角度。

第 4B 圖為沉積在鈦/氮化鈦雙層潤濕/阻障層之(111)鋁層的 FWHM 習知比較資料圖 400，其中(111)方向的 FWHM 顯示為氮化鈦阻障層沉積溫度的函數(如軸 404 所示)。圖中之鈦潤濕層由習知之準直技術形成，而氮化鈦

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

阻障層是經由標準反應濺鍍法形成的。鋁層的厚度為 6000 埃，為由標準濺鍍法形成的。圖形 406 顯示一(111)鋁層的旋轉成線，其中 300 埃厚之潤濕層及一 1200 埃厚之氮化鈦層位於該鋁層之下方，且該鋁層為在約 350^{0}C 下形成的。圖中所示之(111)鋁的旋轉成線半最大值全帶寬角約自 2.45 度至 2.55 度之間，這遠遠超過防鋁電致遷移所需要的 1 度或更小的角度。圖形 408 顯示一(111)鋁層的旋轉成線，其中 300 埃厚之潤濕層及一 800 埃厚之氮化鈦層位於該鋁層之下方，且該鋁層也在約 350^{0}C 下形成。雖然氮化鈦的厚度減少而在(111)方向之旋轉成線半最大值全帶寬角上有改進，但其角度仍高於 2 度。鋁這時的沉機溫度為 350^{0}C，但這對於採用本發明之方法沉積底層的鈦/氮化鈦潤濕/阻障層來說已超過了適當的溫度(稍後會有說明)。圖形 410 顯示一鈦/氮化鈦潤濕阻障層，其中 300 埃厚之潤濕層及一 1200 埃厚之氮化鈦層位於該鋁層之下方，且該鋁層為在約 175^{0}C 下形成的。另人訝異的是在此低溫下沉積出來的(111)鋁層所顯示的旋轉成線半最大值全帶寬角要比 350^{0}C 時沉積的鋁為佳。此時，圖中所示之(111)鋁的旋轉成線半最大值全帶寬角仍約為 1.7 度。圖形 412 顯示一底層的鈦/氮化鈦潤濕/阻障層，其中 300 埃厚之鈦層及一 800 埃厚之氮化鈦層位於該鋁層之下方，且該鋁層為在約 175^{0}C 下形成的。由圖中可知氮化鈦層厚度的降低在(111)方向的 FWHM 中得到了改善的效果，但鋁的(111)旋轉成線半最大值全帶寬角仍為 1.5 度至 1.4 度之間，這遠遠超

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

過 1 度或更小的角度。

第 4C 圖之圖形 420 顯示一鋁層在(111)方向的旋轉戍線(如軸 422 所示)，其中鋁層之下方有一鈦/氮化鈦潤濕/阻障雙層結構，且其為化鈦層厚度之函數。第 4C 圖顯示本發明的一較佳實施例，其中鈦潤濕層是在高密度電漿存在下形成的，而氮化鈦則由標準濺鍍法沉積形成。且鋁層以約 300^{0}C 的溫度沉積在鈦/氮化鈦潤濕/阻障雙層結構之上，其厚度約為 4500 埃。圖形 426 表示一底層鈦/氮化鈦雙層結構，其中鈦層在 150^{0}C 下由一高密度電漿沉積而成，其厚度約為 300 埃；接著在 250^{0}C 下利用標準反應濺鍍法沉積一氮化鈦層，其厚度示於圖形 420 的軸 434 上。該上覆鋁層所顯示的(111)旋轉戍線半最大值全帶寬角小於 1 度(為約 0.86 至 0.91，在氮化鈦層厚度自約 300 埃增至約 600 埃時)。圖形 428 顯示一(111)鋁層的旋轉戍線半最大值全帶寬角資料，其中鈦層的厚度為 300 埃，係由高密度電漿源在 150^{0}C 下所沉積形成；接著利用標準反應離子濺鍍法形成氮化鈦層，且在約 250^{0}C 下形成的，厚度示於軸 424。然而，鈦潤濕層被加上一加至基材上之偏壓，以產生約-33V 的電壓。所以，在氮化鈦厚度自約 300 埃至約 600 埃範圍中，(111)鋁的旋轉戍線半最大值全帶寬角降至約為 0.80 度。

第 4D 圖所示之圖形 430 顯示一約 5000 埃厚之(111)鋁層的旋轉戍線(見於軸 432)，其中鋁層以標準濺鍍條件形成一鈦/氮化鈦雙層潤濕/阻障層之上方，其為鋁層沉積

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4 規格(210×297 公釐)

五、發明說明（　）

溫度的函數(如軸 434 所示，其為鋁加熱器溫度，通常較真實基材溫度高 50^{0}C)。鈦潤濕層在高密度電漿存在下沉積形成，加至基材的編壓約為-26V；鈦層厚度約為 300 埃；氮化鈦層係利用標準濺鍍法沉積至約 300 埃。

第 4E 圖顯示一約 5000 埃厚之(111)鋁層的旋轉成線，其中鋁層形成在一鈦/氮化鈦雙層潤濕/阻障層之上方。圖形 456 表示一習知潤濕/阻障雙層結構，其中鈦層係利用準直濺鍍法形成，厚度約為 300 埃，而氮化鈦層為由標準之傳統濺鍍法濺鍍形成，其(111)方向的旋轉成線半最大值全帶寬角(如軸 452 所示)為約 1.4 度至約 2.15 度，且當基材溫度由約 125^0 至約 300^{0}C 時，旋轉成線半最大值全帶寬角也是呈現增加的。圖形 458 顯示之(111)旋轉成線半最大值全帶寬角較佳，約為 1 度或更小。其中鋁層形成在鈦/氮化鈦雙層結構之上，且鈦層為由高密度電漿法形成，且加至基材的偏壓約是-50V，而氮化鈦層則為標準濺鍍法所形成。其中鈦層厚度約為 300 埃，而氮化鈦層厚度同樣約為 300 埃厚。資料中顯示在將基材加以適當偏壓的情況下，以高密度電漿形成之/氮化鈦潤濕/阻障層顯示較優益的特性。

第 4F 圖中的圖形 440 顯示一 5000 埃厚之鋁層的旋轉成線半最大值全帶寬角(軸 442 上)比較資料，其中鋁層由標準濺鍍法濺鍍形成在鈦/氮化鈦雙層阻障結構上，其為鋁層沉積溫度的函數(如軸 444 顯示的鋁加熱器溫度)。在第 4F 圖中，圖形 446 說明之鈦/氮化鈦潤濕/阻障層為由準直

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝 訂 線

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

濺鍍400埃厚的鈦層而形成，接著利用標準濺鍍法形成一800埃厚之氮化鈦層。所得到的(111)鋁層旋轉成線半最大值全帶寬角約為1.4至約2.2，與鋁沉積溫度有關(加熱器溫度示於軸444)，此時在鈦及氮化鈦層形成時，基材上並未加以任何偏壓。

第5A圖說明基材偏壓在鈦層沉積時如何影響鋁層的旋轉成線半最大值全帶寬角。其中一鋁層約為4500埃厚，其以標準濺鍍法在約 300^{0}C 的基材溫度下沉積在鈦/氮化鈦層之上。鈦層厚度約為300埃，以高密度電漿法在基材溫度約為150^{0}C時形成之，隨後以標準濺鍍法形成一氮化鈦層，此時在基材上不施以任何偏壓，且基材溫度約為250^0 C，其厚度示於圖500的軸504中。圖形508顯示一上披(111)鋁層的旋轉成線半最大值全帶寬角(於軸 502上)，其中在鈦層形成時，基材並未施予任何偏壓(仍有極小的自偏存在，其量未知)。圖形 510 顯示上披鋁層的旋轉成線半最大值全帶寬角，其中在鈦形成時，加至基材的偏壓為-30V。圖形512顯示上披鋁層的旋轉成線半最大值全帶寬角，其中在鈦形成時，加至基材的偏壓為-50V。圖形506顯示上披鋁層的旋轉成線半最大值全帶寬角，其中在鈦形成時，加至基材的偏壓為-95V。很明顯地，此偏壓值過高，所以鈦/氮化鈦潤濕/阻障層不能有很光滑、高密度的表面。一般估計若偏壓值超過-75V，那麼其效果就不會好過不在基材上加以偏壓的情況。

第5B圖圖示說明在雙層結構之氮化鈦層形成時，加

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝 訂 線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製
本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

五、發明說明（　）

以過量偏壓至基材所帶來的影響。一 5000 埃厚之鋁層在基材溫度為圖形 520 之軸 522 所顯示之值時形成在鈦/氮化鈦潤濕/阻障層之上；一 300 埃厚之鈦層由高密度電漿在 150°C 時形成在基材之上，且此時基材上不施以任何偏壓。接著，一 300 埃厚之氮化鈦層由高密度電漿形成在溫度約為 250°C 之基材上。圖形 528 所顯示之上披鋁層的 (111) 旋轉成線半最大值全帶寬角為測量自氮化鈦層反應濺鍍時，且此時基材上不加以偏壓。圖形 526 所示之上披鋁層在(111)方向的旋轉成線半最大值全帶寬角為測量自氮化鈦層反應濺鍍時，且加至鈦層的電壓較低(2kW，而非 3kW)。圖形 524 上披鋁層在(111)方向的旋轉成線半最大值全帶寬角為測量自氮化鈦層反應濺鍍時，且加至基材的偏壓約為-200V，而加至鈦層的電壓為 3kW。很明顯地，在氮化鈦形成時加以過量偏壓至基材會摧毀能得到小於 1 度之(111)鋁的旋轉成線半最大值全帶寬角所能得到的平滑、高密度表面，而與下層鈦之形成無關。

上述之說明僅為本發明中的較佳實施例，而非用以限定本發明之範圍，故利用這些實施例所進行的修改或更動都不脫離在所附專利範圍所言明之範圍外，本發明之範圍當以後述的專利申請範圍為基準。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準 (CNS)A4 規格 (210×297 公釐)

A5
B5

四、中文發明摘要（發明之名稱：　　）

以潤濕/阻障層避免電致遷移之鋁內連線結構及其形成方法

將鋁層沉積在三層潤濕/阻障層結構($Ti/TiN/TiN_x$)之上方可得到良好的電遷移特性。吾人已發現將鋁層沉積在數種不同的潤濕層或潤濕/阻障層結構之上所得到的(111)結構都可以得到小於1度或更小的旋轉戍線半最大值全帶寬(Rocking Curve FWHM)角。這些阻障層包含：(1)單獨鈦本身，其由高密度電漿所形成；(2)鈦/氮化鈦，兩層都由高密度電漿產生；及(3)鈦/氮化鈦，其中鈦為高密度電漿所產生，而氮化鈦層為標準濺鍍法或準直濺鍍法形成。這些阻障層可以在單一反應室或兩個反應室中形成，完全依

英文發明摘要（發明之名稱：　　）

TAILORING OF A WETTING/BARRIER LAYER TO REDUCE ELECTROMIGRATION IN AN ALUMINUM INTERCONNECT

We have discovered that it is not necessary to have a tri-layer wetting layer/barrier layer structure ($Ti/TiN/TiN_x$) of the kind described in several of the references cited above to obtain a subsequently deposited aluminum interconnect layer having excellent electromigration properties. We have discovered a number of different wetting layer or wetting/barrier layer structures which enable depositing of overlying aluminum interconnect layers having (111) texturing sufficient to provide a Rocking Curve FWHM angle θ of about 1 ° or less. These barrier layers include: 1) Ti alone, where the Ti is deposited using a high density plasma; 2) Ti/TiN, where both layers are deposited using a high density plasma; and, 3) Ti/TiN, where the Ti layer is deposited using a high density plasma and the TiN layer is deposited using standard sputtering techniques or collimated sputtering techniques. These barrier layers can be formed on a substrate in a single process chamber or in two process chambers, depending on the

（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
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

A5
B5

四、中文發明摘要（發明之名稱：　　）

阻障層的組成及沉積反應室的特性而定。此外，吾人發現將鋁層沉積在三層阻障層結構(具有至少利用高密度電漿形成之初始鈦層)之上能得到優異的防止電遷移特性，這對鋁沉積溫度低於 350^{0}C、並用於形成內連線之應用中特別是如此。另外，吾人更進一步發現在至少初始鈦層形成時，將基材加以偏壓(以將離子吸引至基材)能改善最後形成之鋁層的(111)結構，但當所加偏壓值至一定點之後，(111)結構則開始降低。

英文發明摘要（發明之名稱：　　）

composition of the barrier layer and the features available in a given deposition chamber. In addition, we have discovered that when it is desired to use a tri-layer barrier layer (for reasons other than electromigration resistance), a Ti/TiN/TiN$_x$ tri-layer having at least the initial Ti layer formed in a high density plasma provides excellent electromigration resistance in an aluminum layer subsequently deposited thereover. This is true even when the aluminum deposition temperature is below about 350 °C, for interconnect applications. We further determined that the application of bias to a substrate (to attract ions toward the substrate) during deposition of at least the initial Ti layer is beneficial in improving the (111) texturing of a subsequently-deposited aluminum layer up to a point, after which the (111) texturing decreases.

（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
本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

六、申請專利範圍

1.一種用以形成具有小於1度或更小之(111)方向旋轉成線半最大值全帶寬(Rocking Curve FWHM)角之一鋁層的方法，該方法至少包含下列步驟：

(a)利用高密度電漿在一基材上沉積一層鈦；及

(b)利用高密度電漿或標準濺鍍法形成該鋁層於該鈦層之上。

2.如申請專利範圍第1項所述之方法，其中上述之鈦層沉積之厚度為約100埃至300埃。

3.如申請專利範圍第1項或第2項所述之方法，其中上述之該鈦層之下之該基材被加以約-0至約-95V之偏壓。

4.如申請專利範圍第1項或第2項所述之方法，其中上述之鋁沉積的溫度為約75^{0}C至約500^{0}C。

5.如申請專利範圍第1項或第2項所述之方法，其中上述之鋁沉積的溫度小於約350^{0}C。

6.如申請專利範圍第3項所述之方法，其中上述之鋁沉積的溫度為約75^{0}C至約500^{0}C。

7.如申請專利範圍第3項所述之方法，其中上述之鋁沉積的溫度小於約350^{0}C。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

六、申請專利範圍

8.一種用以形成具有小於1度或更小之(111)方向旋轉成線半最大值全帶寬角之一鋁層的方法，該方法至少包含下列步驟：

(a)利用高密度電漿在一基材上沉積一層鈦；及

(b)沉積一層氮化鈦層於該鈦層表面之上；及

(c)利用高密度電漿或標準濺鍍法形成該鋁層於該氮化鈦層之上。

9.如申請專利範圍第8項所述之方法，其中上述之鈦層沉積之厚度為約100埃至300埃。

10.如申請專利範圍第8項所述之方法，其中上述之該氮化鈦層係由高密度電漿反應濺鍍法形成之。

11.如申請專利範圍第8項所述之方法，其中上述之氮化鈦層係利用標準反應濺鍍法形成。

12.如申請專利範圍第8項所述之方法，其中上述之該鈦層底下之該基材給予之偏壓為約-0V至約-95V。

13.如申請專利範圍第8項、第9項、第10項、第11項或第12項所述之方法，其中上述之鋁沉積的溫度為約75^{0}C至約500^{0}C。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

六、申請專利範圍

14.如申請專利範圍第 8 項、第 9 項、第 10 項、第 11 項或第 12 項所述之方法，其中上述之鋁沉積的溫度小於約 350^{0}C。

15.一種用以形成具有小於 1 度或更小之(111)方向旋轉成線半最大值全帶寬角之一鋁層的方法，該方法至少包含下列步驟：

(a)利用高密度電漿在一基材上沉積一層鈦；

(b)沉積一層氮化鈦層於該第一鈦層表面之上；

(c)沉積一第二鈦層於該氮化鈦層表面上；及

(d)利用高密度電漿或標準濺鍍法形成該鋁層於該第二鈦層之上。

16.如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中上述之鈦層沉積之厚度為約 100 埃至 300 埃。

17.如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中上述之氮化鈦層係由高密度電漿反應濺鍍法形成之。

18.如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中上述之氮化鈦層係利用標準反應濺鍍法形成。

19.如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中上述之該鈦層底下之該基材給予之偏壓為約-0V 至約-95V。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

六、申請專利範圍

20.如申請專利範圍第15項所述之方法，其中上述之第二鈦層係由高密度電漿沉積形成之。

21.如申請專利範圍第17項所述之方法，其中上述之第二鈦層係由高密度電漿沉積形成之。

22.如申請專利範圍第16項、第18項或第19項所述之方法，其中上述之鋁沉積的溫度小於約500^{0}C。

23.如申請專利範圍第15項、第16項、第17項、第18項、第19項、第20項或第21項所述之方法，其中上述之鋁沉積的溫度小於約350^{0}C。

24.一種鋁內連線結構，該鋁內連線結構之一鋁層具有小於1度或更小之(111)方向旋轉成線半最大值全帶寬(Rocking Curve FWHM)角，該鋁內連線結構至少包含：

(a)至少一鈦底層，該鈦底層係利用高密度電漿形成之；及

(b)該鋁層，沉積在該鈦層某一位置之上，其中上述之該鋁層的(111)方向旋轉成線半最大值全帶寬角為該鈦層之結構所影響。

25.如申請專利範圍第24項所述之鋁內連線結構，其中上述之內連線結構更包含：

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

六、申請專利範圍

(c)一氮化鈦層，形成於該鈦層之上，且位於該鋁層之下。

26.如申請專利範圍第25項所述之鋁內連線結構，其中上述之氮化鈦係由標準濺鍍法沉積形乘　。

27.如申請專利範圍第26項所述之鋁內連線結構，其中上述之內連線結構更包含：

(d)一第二鈦層，形成於該氮化鈦層之上。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

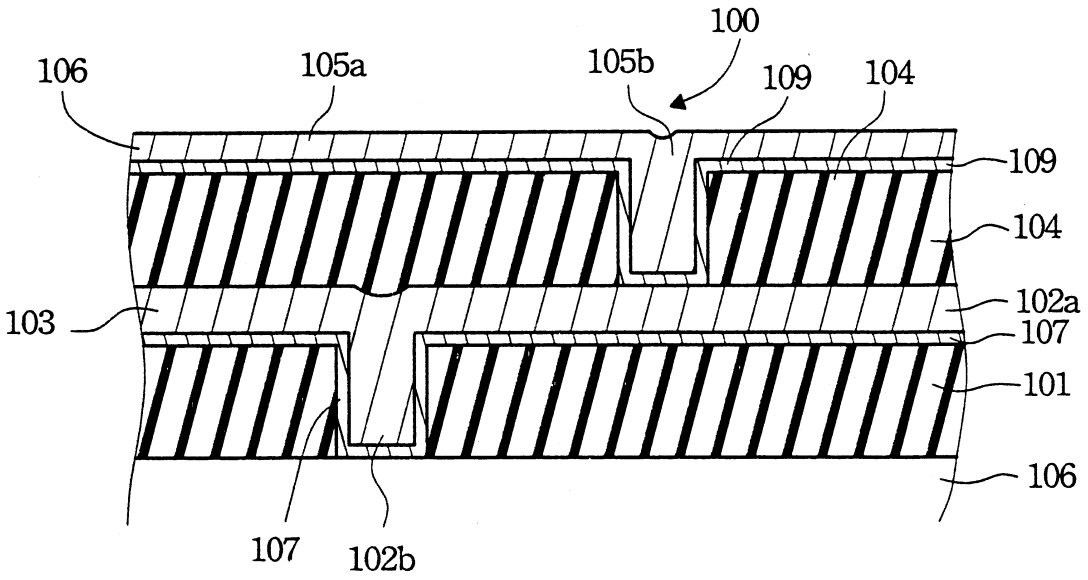
訂

線

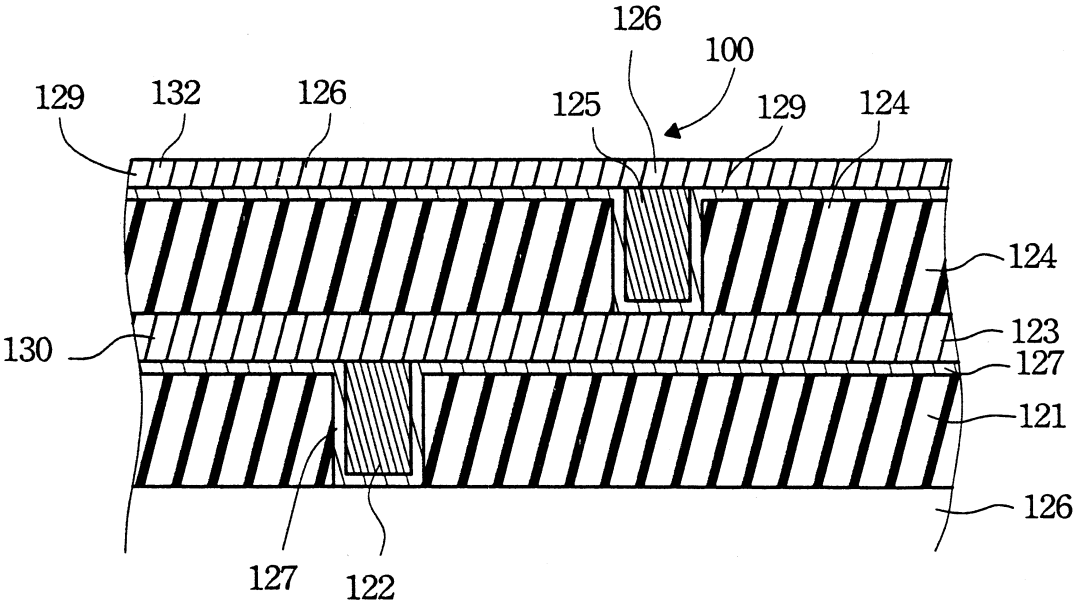
經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

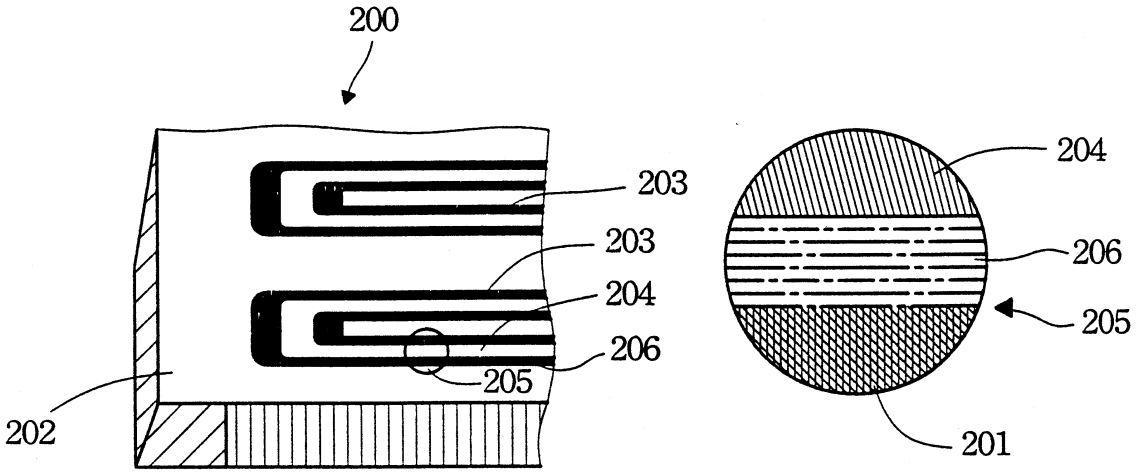
修正補充



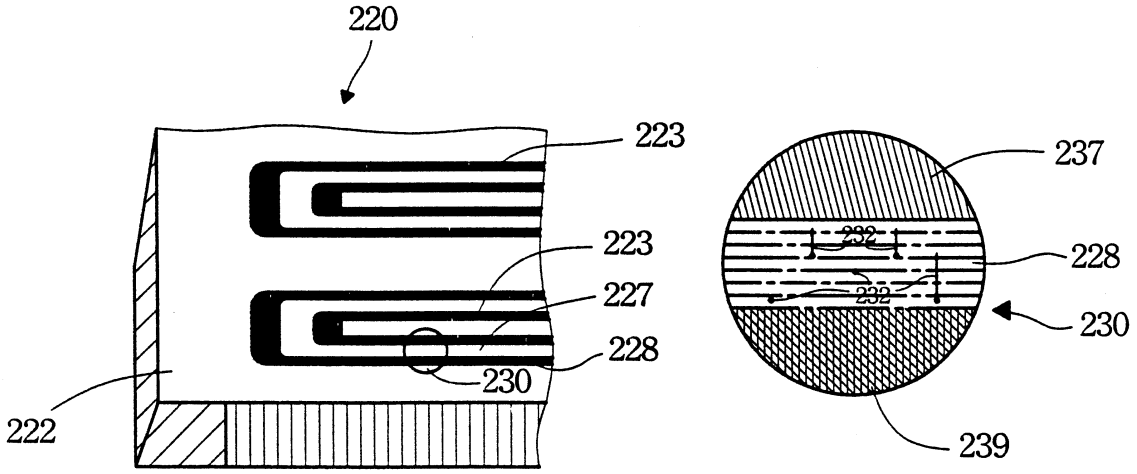
第 1A 圖



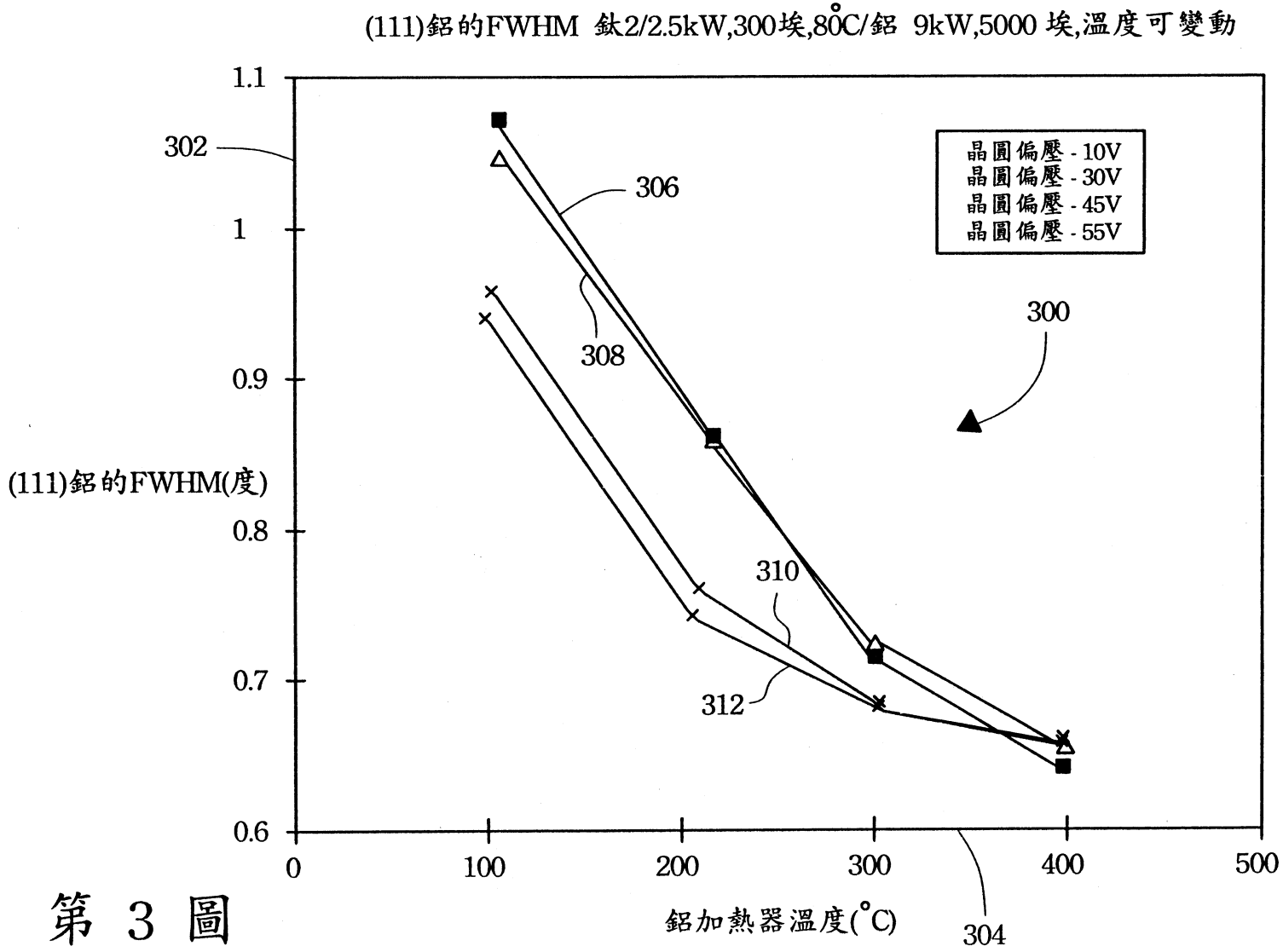
第 1B 圖


200
203
203
204
206
205
202
204
206
205
201

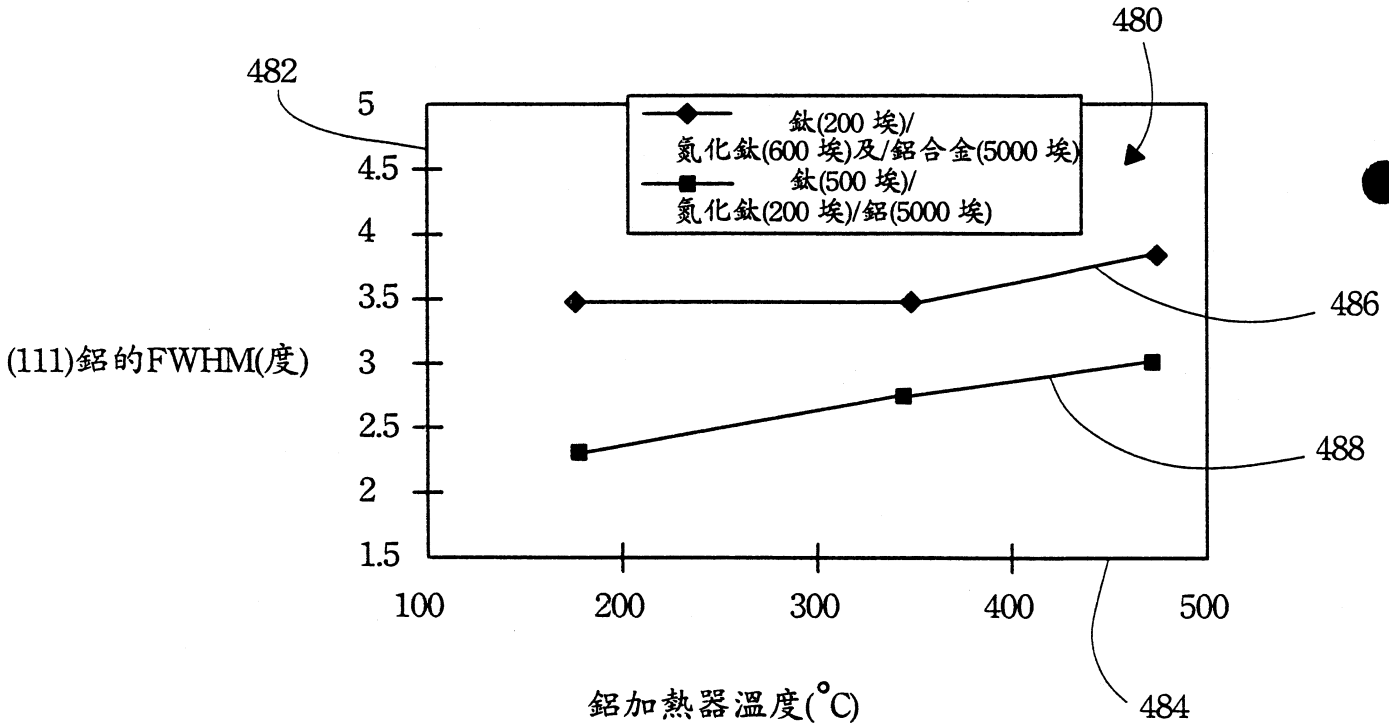
第 2A 圖


220
223
223
227
228
230
222
237
232
232
228
230
239

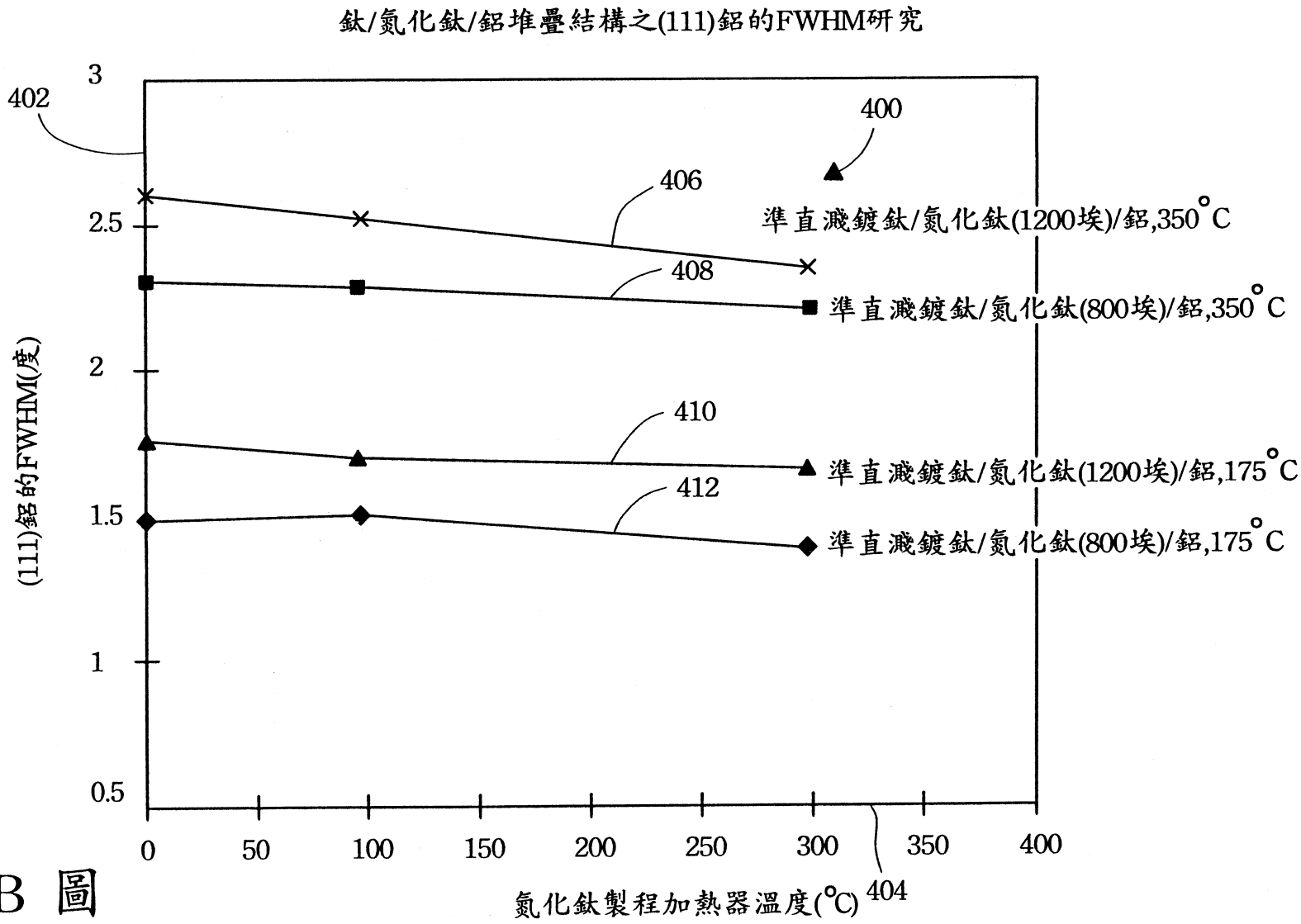
第 2B 圖


(111)鋁的FWHM 鈦2/2.5kW,300埃,80C/鋁 9kW,5000 埃,溫度可變動
晶圓偏壓 - 10V
晶圓偏壓 - 30V
晶圓偏壓 - 45V
晶圓偏壓 - 55V
300
302
306
308
310
312
304
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0
100
200
300
400
500
(111)鋁的FWHM(度)
鋁加熱器溫度(°C)

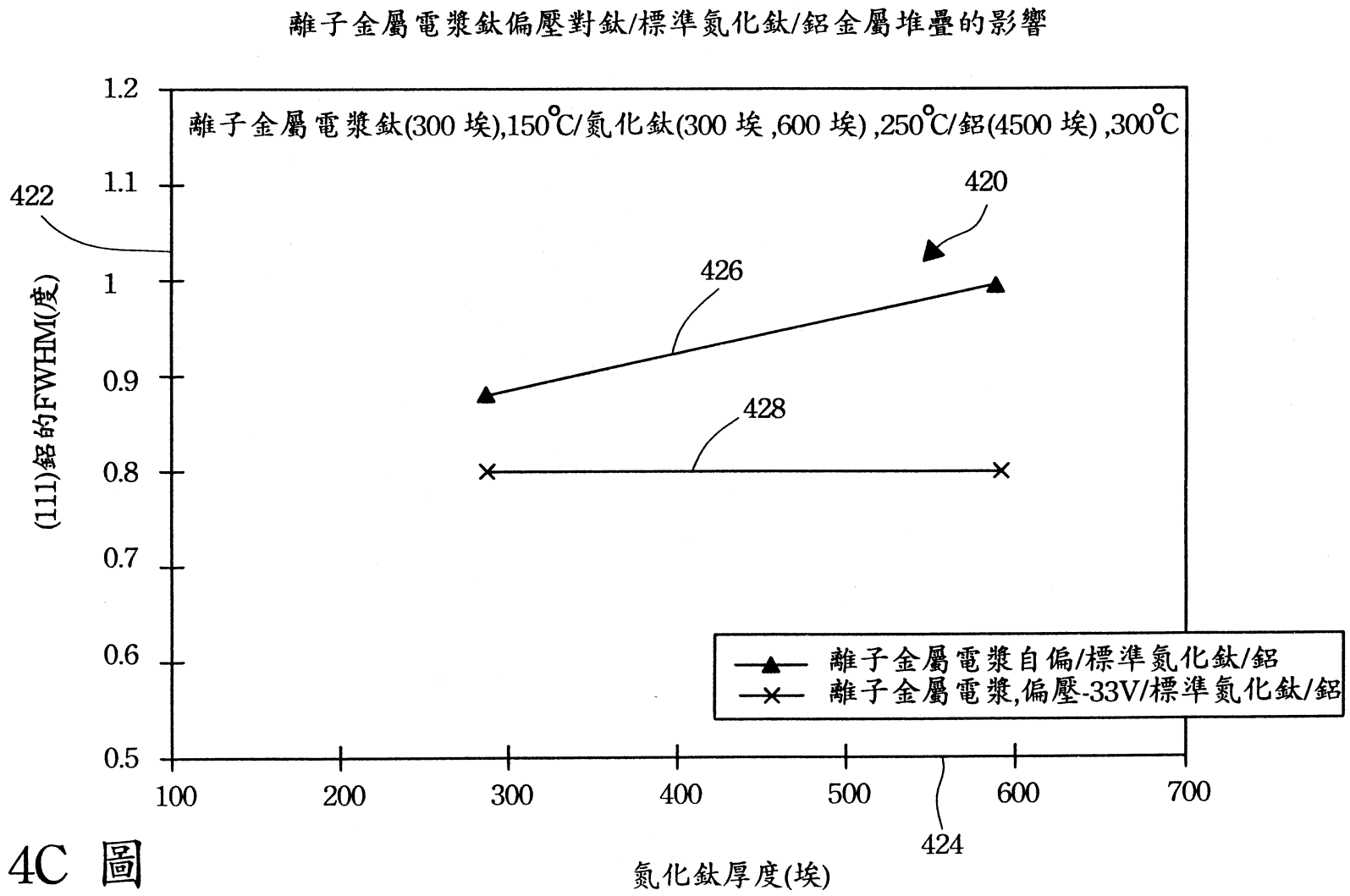
第 3 圖


480
482
鈦(200 埃)/
氮化鈦(600 埃)及/鋁合金(5000 埃)
鈦(500 埃)/
氮化鈦(200 埃)/鋁(5000 埃)
5
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
(111)鋁的FWHM(度)
100
200
300
400
500
鋁加熱器溫度(°C)
486
488
484

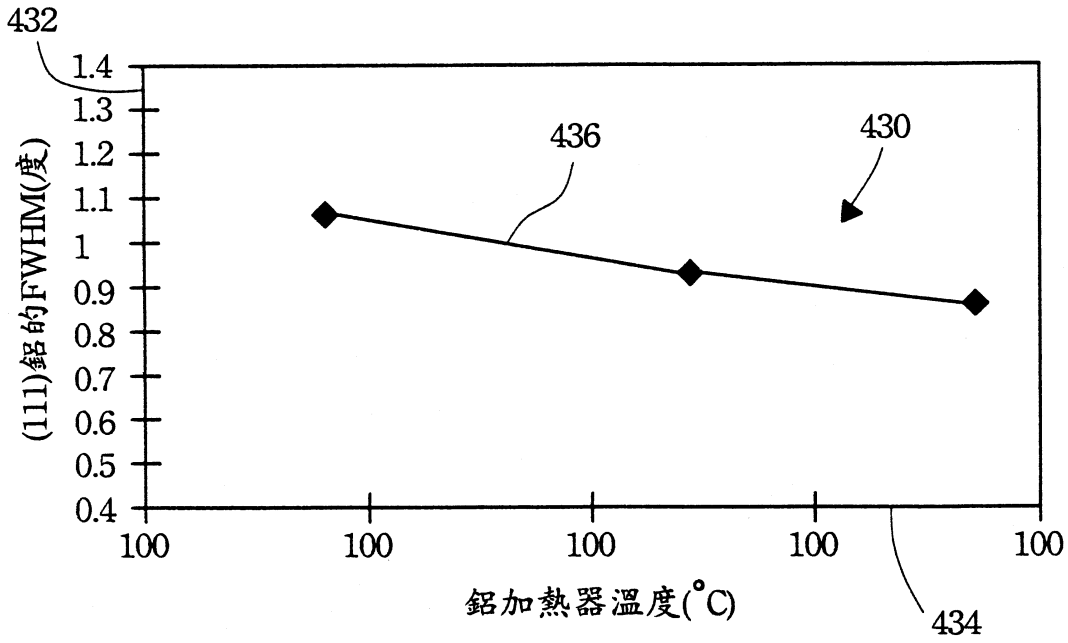
第 4A 圖


鈦/氮化鈦/鋁堆疊結構之(111)鋁的FWHM研究
402
400
406
準直濺鍍鈦/氮化鈦(1200埃)/鋁,350°C
408
準直濺鍍鈦/氮化鈦(800埃)/鋁,350°C
410
準直濺鍍鈦/氮化鈦(1200埃)/鋁,175°C
412
準直濺鍍鈦/氮化鈦(800埃)/鋁,175°C
(111)鋁的FWHM(度)
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
50
100
150
200
250
300
350
400
氮化鈦製程加熱器溫度(°C)
404

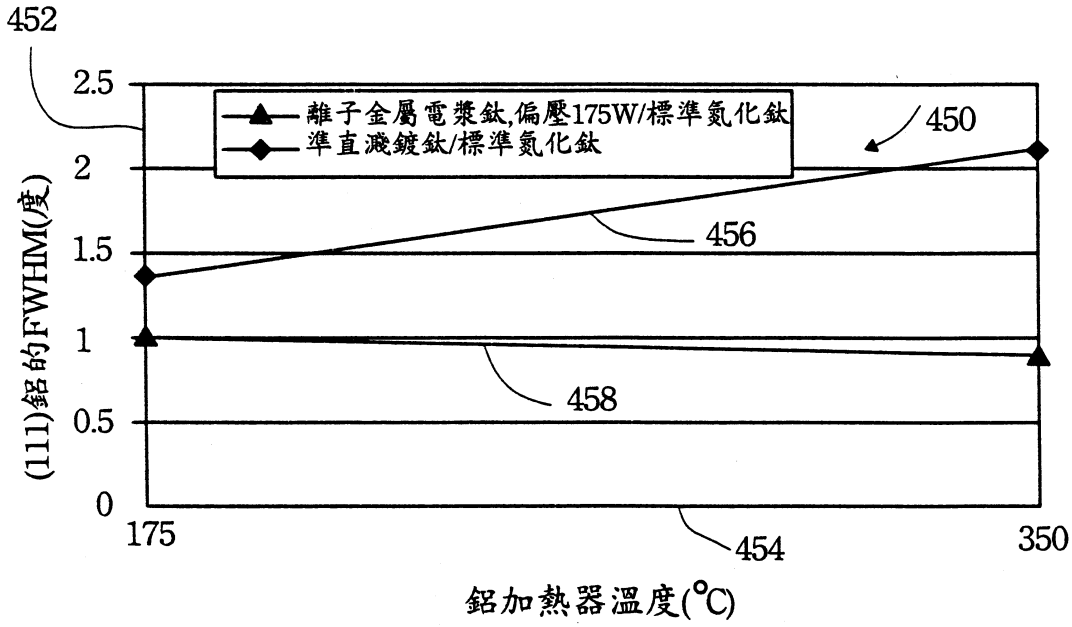
第 4B 圖


離子金屬電漿鈦偏壓對鈦/標準氮化鈦/鋁金屬堆疊的影響
離子金屬電漿鈦(300 埃),150℃/氮化鈦(300 埃,600 埃),250℃/鋁(4500 埃),300℃
422
420
426
428
424
(111)鋁的FWHM(度)
氮化鈦厚度(埃)
1.2
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
100
200
300
400
500
600
700
離子金屬電漿自偏/標準氮化鈦/鋁
離子金屬電漿,偏壓-33V/標準氮化鈦/鋁

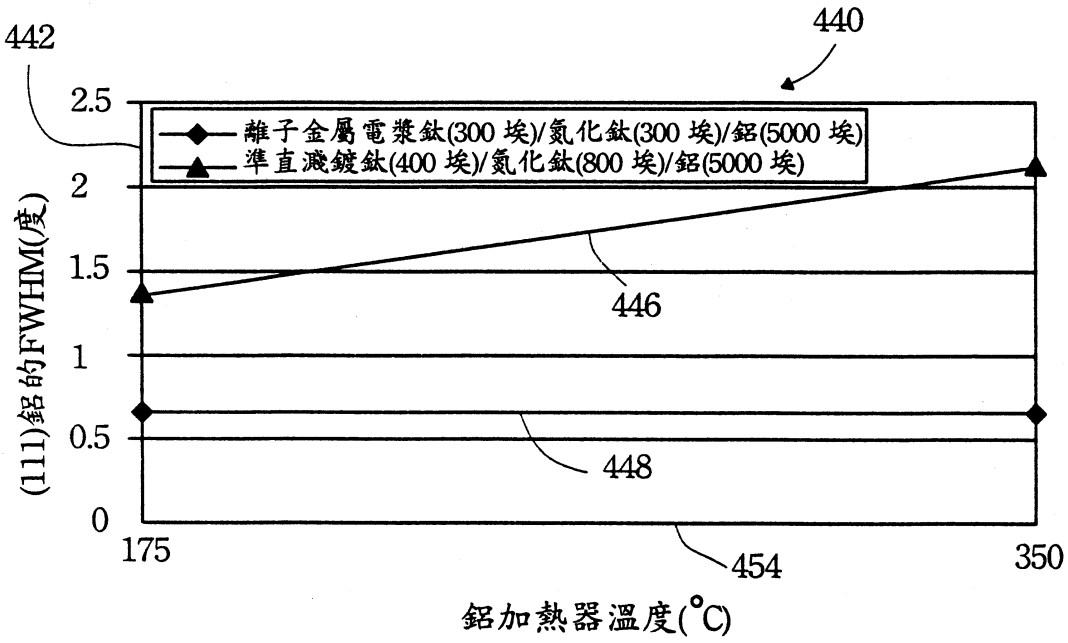
第 4C 圖


432
1.4
1.3
1.2
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
(111)鋁的FWHM(度)
436
430
100
100
100
100
100
鋁加熱器溫度(°C)
434

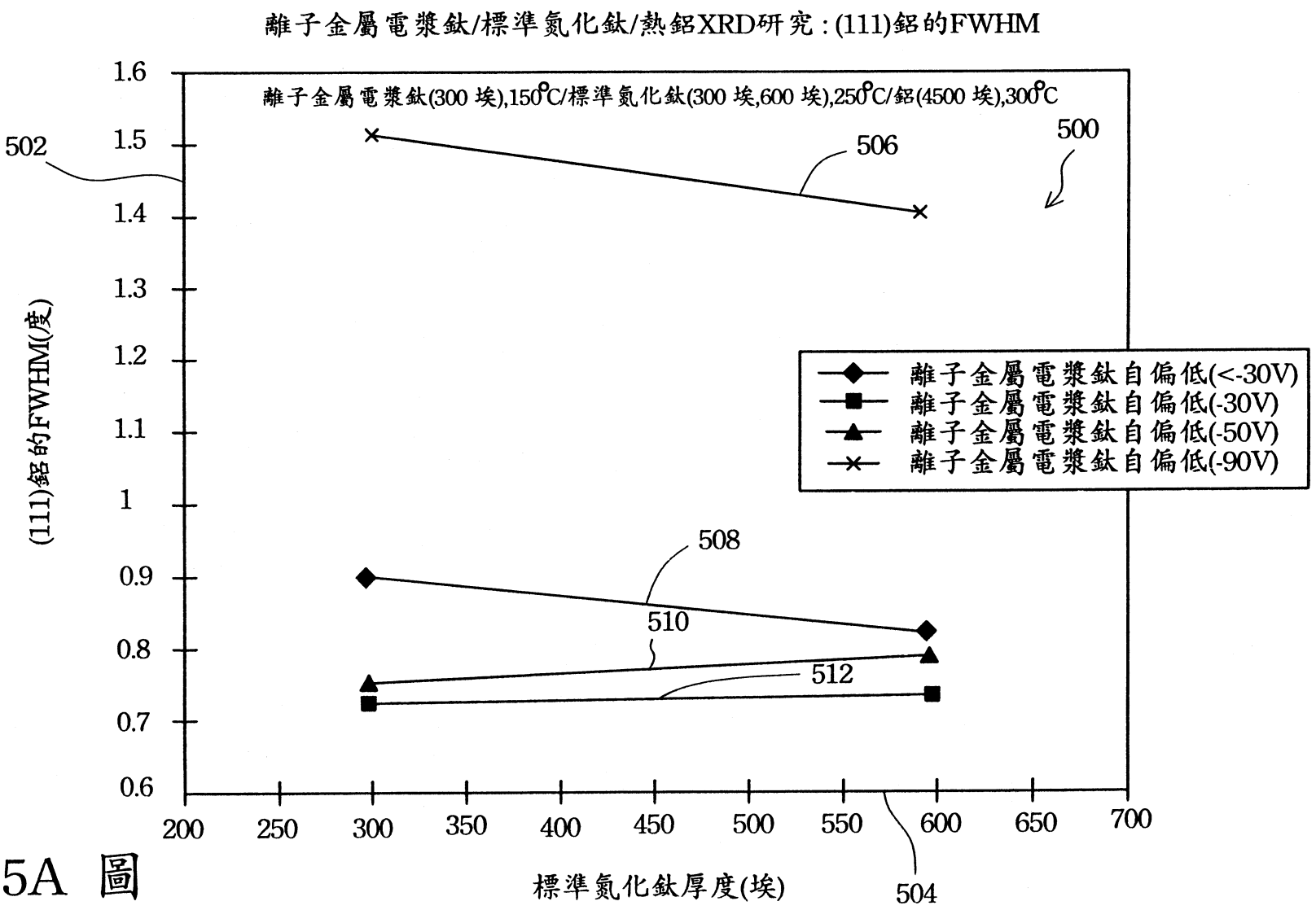
第 4D 圖


452
2.5
2
1.5
1
0.5
0
(111)鋁的FWHM(度)
離子金屬電漿鈦,偏壓175W/標準氮化鈦
準直濺鍍鈦/標準氮化鈦
450
456
458
175
350
454
鋁加熱器溫度(°C)

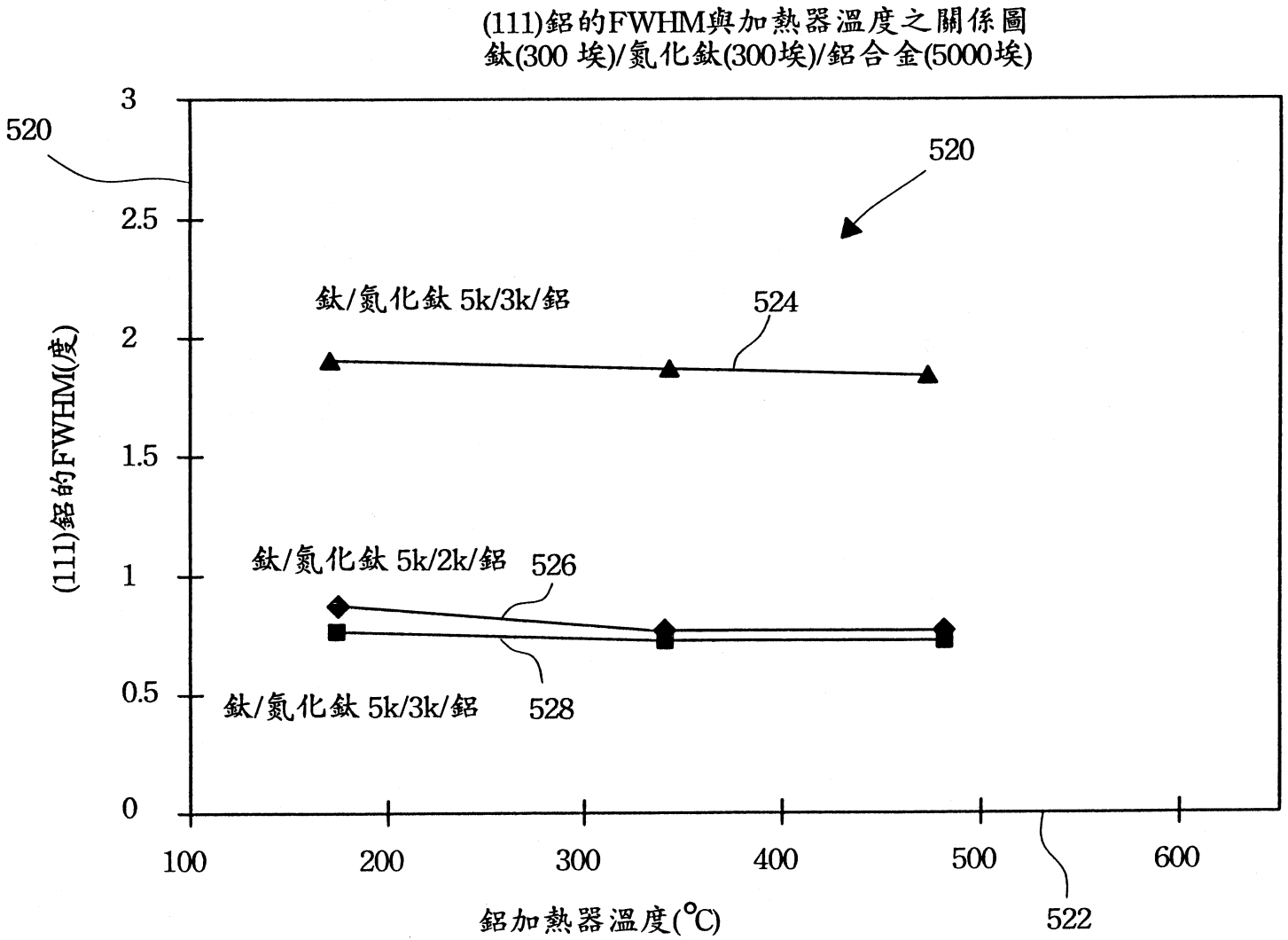
第 4E 圖


442
440
2.5
2
1.5
1
0.5
0
離子金屬電漿鈦(300 埃)/氮化鈦(300 埃)/鋁(5000 埃)
準直濺鍍鈦(400 埃)/氮化鈦(800 埃)/鋁(5000 埃)
446
448
175
454
350
(111)鋁的FWHM(度)
鋁加熱器溫度(°C)

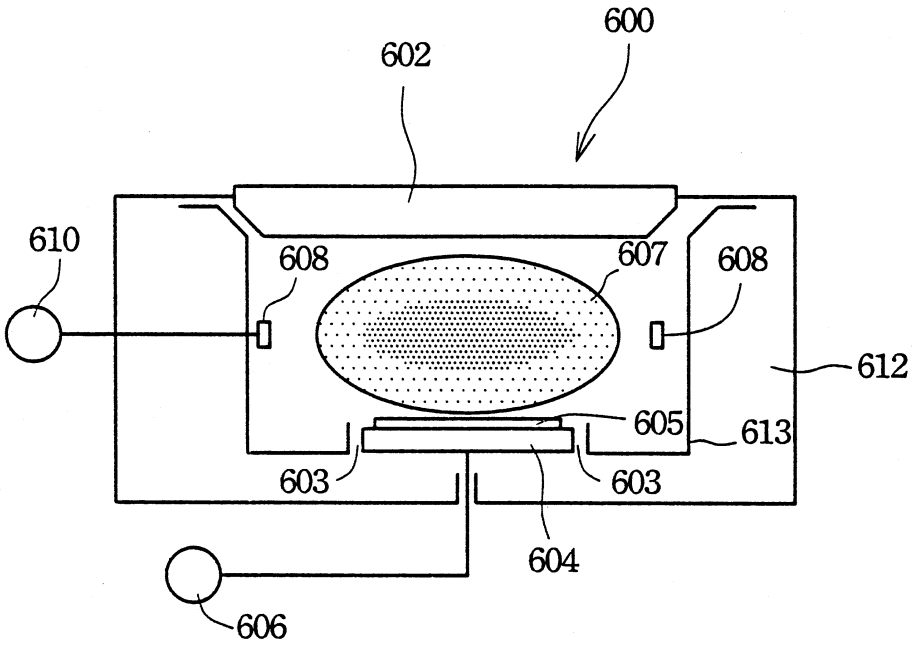
第 4F 圖


離子金屬電漿鈦/標準氮化鈦/熱鋁XRD研究：(111)鋁的FWHM
離子金屬電漿鈦(300 埃),150°C/標準氮化鈦(300 埃,600 埃),250°C/鋁(4500 埃),300°C
(111)鋁的FWHM(度)
1.6
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
標準氮化鈦厚度(埃)
502
500
506
508
510
512
504
離子金屬電漿鈦自偏低(<-30V)
離子金屬電漿鈦自偏低(-30V)
離子金屬電漿鈦自偏低(-50V)
離子金屬電漿鈦自偏低(-90V)

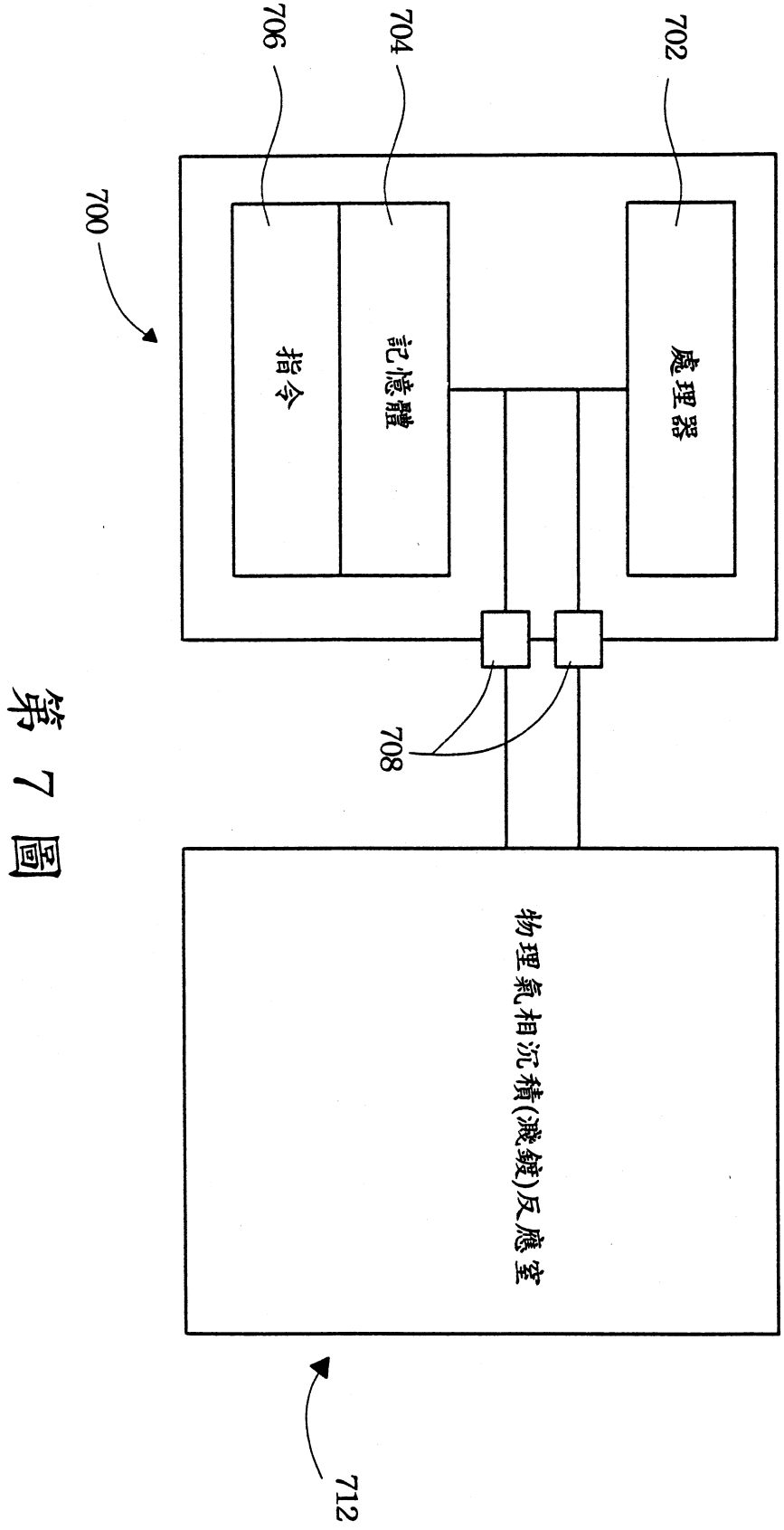
第 5A 圖


(111)鋁的FWHM與加熱器溫度之關係圖
鈦(300 埃)/氮化鈦(300埃)/鋁合金(5000埃)
520
520
鈦/氮化鈦 5k/3k/鋁
524
鈦/氮化鈦 5k/2k/鋁
526
鈦/氮化鈦 5k/3k/鋁
528
(111)鋁的FWHM(度)
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
100
200
300
400
500
600
鋁加熱器溫度(℃)
522

第 5B 圖



第 6 圖



第 7 圖