

| | |
|----------------------------|--------------|
| 申請日期: 91.3.4 | 案號: 91103965 |
| 類別: H01L21/304, H01L21/304 | |
| (以上各欄由本局填註) | |

發明專利說明書

592890


| | | |
|------------|--------------------|--|
| 一、 發明名稱 | 中文 | 銅製程化學機械研磨法 |
| | 英文 | |
| 二、 發明人 | 姓名 (中文) | 1. 施足 2. 李勝男 3. 章勳明 4. 鍾基偉 |
| | 姓名 (英文) | 1. 2. 3. 4. |
| | 國籍 | 1. 中華民國 2. 中華民國 3. 中華民國 4. 中華民國 |
| | 住、居所 | 1. 彰化縣鹿港鎮興化里7鄰美市街68號 2. 新竹縣竹東鎮上館里16鄰幸福路121巷16號11樓 3. 新竹市光華里8鄰光華北街83號7樓 4. 雲林縣斗六市公正街183號8樓 |
| 三、 申請人 | 姓名 (名稱) (中文) | 1. 台灣積體電路製造股份有限公司 |
| | 姓名 (名稱) (英文) | 1. |
| | 國籍 | 1. 中華民國 |
| | 住、居所 (事務所) | 1. 新竹科學工業園區園區三路121號 |
| | 代表人 姓名 (中文) | 1. 張忠謀 |
| | 代表人 姓名 (英文) | 1. |



| | | | |
|-------|--------|-----|----------|
| 申請日期： | 91.3.4 | 案號： | 91103963 |
| 類別： | | | |

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

| | | |
|---|--------------------|-------------------------|
| 一、 發明名稱 | 中文 | |
| | 英文 | |
| 二、 發明人 | 姓名 (中文) | 5. 余振華 |
| | 姓名 (英文) | 5. |
| | 國籍 | 5. 中華民國 |
| | 住、居所 | 5. 基隆市七堵區富民里13鄰崇義街77號2樓 |
| 三、 申請人 | 姓名 (名稱) (中文) | |
| | 姓名 (名稱) (英文) | |
| | 國籍 | |
| | 住、居所 (事務所) | |
| | 代表人 姓名 (中文) | |
| | 代表人 姓名 (英文) | |
|  | | |

本案已向

國(地區)申請專利

申請日期

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無

五、發明說明 (1)

發明領域

本發明是有關於一種化學機械研磨法，更仔細的說，本發明是有關於一種改良式的銅製程之化學機械研磨法，這種化學機械研磨法可以使得所處理的銅製程之晶圓表面的平坦度更為均勻。

發明背景

在半導體元件的製造中，金屬導線是用在元件電路內之元件間的連接，換言之，金屬導線係用於連接離散的元件，並藉此形成積體電路。並以絕緣層把金屬導線和下一個內連線層絕緣，使用一些洞於兩個內連線傳導層間，作為電性傳導的路徑。在這種繞線的過程中，非常需要有個地形平滑的絕緣層，因為要將影像和圖案，以印刷的方式製作在粗糙的絕緣層上是很困難的。而且粗糙的地形表面會導致後繼的沈積層之階梯覆蓋(Step Coverage)不良，以及穿過階梯的層之不連續性，和在地形特性間產生孔洞(Void)結構。由沈積層造成的不良階梯覆蓋和地形特性間產生的孔洞結構，會導致製程良率的降低，和積體電路的可靠度降低。當半導體電路晶片內的繞線密度增加時，需要多階層的繞線，以獲得元件的內連線層，因此階層間介電質的平坦化，在半導體的製程中，就成了很關鍵的步

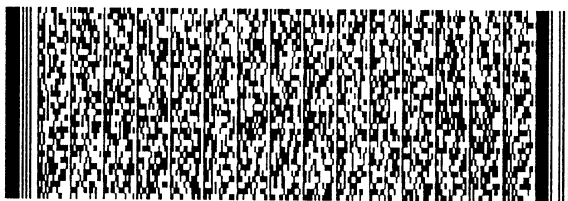


五、發明說明 (2)

驟。而隨著製程的進步，化學機械研磨(Chemical Mechanical Polish : CMP)製程將在晶圓表面平坦化製程中，佔有越來越重要的地位。

另外，在大型積體電路中，耐高溫金屬鎢越來越被廣泛的應用在閘極的金屬內連線中，其低阻抗值可以使得因為RC時間常數而產生的時間延遲降低，而其高熔點又可以使得後續高溫製程得以進行。但是，在線寬越來越小的要求下，元件密度越來越高，金屬層電移(Electromigration)以及RC時間延遲(time delay)的要求越來越嚴格，所以用銅做為金屬導線材料的銅製程遂漸漸被廣泛運用。而原本銅等金屬不易形成高揮發性物質，以致無法發展銅製程乾蝕刻方法的缺點，也隨著銅製程化學機械研磨法的發展而得以克服此缺點，使得銅製程漸漸廣泛地運用在超大型積體電路(ULSI)的製程中。

但是傳統的銅製程化學機械研磨法，無法保持良好的外觀平整度以及高良率。同時，對回蝕之後的金屬表面的平整度，傳統的銅製程化學機械研磨法亦無法形成平整的表面。因為在一般傳統的化學機械研磨法，其對半導體晶圓進行研磨時，其表面的金屬銅通常早已經自然地與氧結合，而形成有一層的氧化銅(CuO)，其堅硬度遠較金屬銅為大，而且其形成的厚度亦不是在控制下進行，故其厚度不均，所以研磨時不但會導致對金屬銅的研除率不均勻。

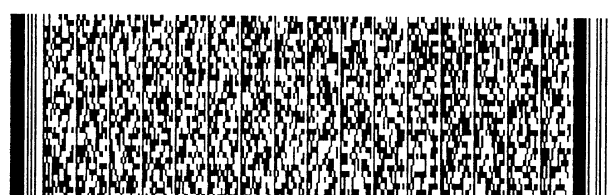
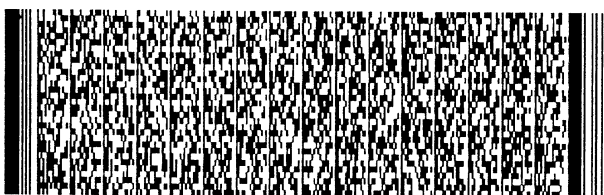


五、發明說明 (3)

也因此，其研磨之後所產生的金屬內連線之表面電阻，也會有不平均的現象產生，此亦影響了所生產的半導體元件之特性，甚至元件失敗。

更重要的是對於銅製程半導體晶圓研除之後，其研磨下來的殘餘氧化銅碎片亦有可能對半導體晶圓表面造成刮傷，導致量率降低。在以往線寬較寬時，這些缺失尚不致造成太大影響，但隨著元件密度變大，而線寬變小，研磨所產生的氧化銅殘餘碎片問題，以及晶圓表面均勻度的問題就變得格外重要。而傳統化學機械研磨法對沉積的金屬層進行研磨，在研磨時要加入研漿(Slurry)，以作為化學助劑。舉例言之，對金屬銅的CMP回蝕所用的研漿，其用以作化學移除(Chemical Removal)的成分，主要是由一些氧化劑(Oxidant)與有機溶劑(Organic agents)所混合而成的，而其牽涉到的是極為複雜的化學反應機構，以及動力學(Kinetics)上的問題，各半導體大廠都在研究當中，尚處於摸索階段，仍未被徹底瞭解。所以各種製程的半導體晶圓適合於哪種化學機械研磨製程之研漿，仍然有待努力開發。

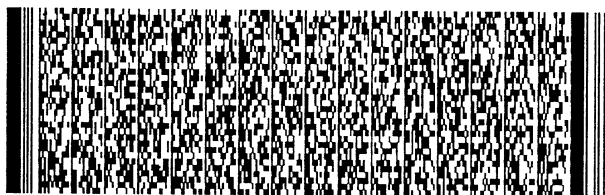
而一般傳統經過CMP回蝕之後，晶片表面的清洗工作，是以一般的CMP製程之後的清洗研漿之方法，亦即，以刷洗(Brush cleaning)、噴洗(Spray cleaning)以及超音波清洗(Ultrasonic cleaning)。但是現在一般CMP製程



五、發明說明 (4)

在使用於內連線製程時，仍是屬於關鍵技術。尤其是在製程線寬遠低於0.5mm以下的製程時，更顯得舉足輕重。所以各大半導體技術領先廠商，莫不把CMP技術之發展視為重點技術。特別是CMP製程雖然可以獲得較佳的介層插塞平整度，但是因為一般製程CMP研漿清除之要求較不嚴苛，清洗晶片之後，仍會有殘餘的碎片留在晶圓表面而影響下一個製程。而當線寬大於0.5mm時，其影響較小，但是當線寬早已進到0.13微米的現代，這些問題就變得十分重要。

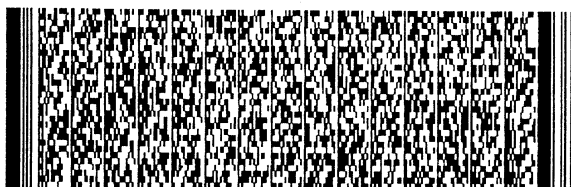
一般的化學機械研磨法，其除了可以提供平滑的絕緣層地形之外。化學機械研磨法也可以用來移除半導體晶圓表面上不同物質的層。例如在絕緣物質層上的孔洞結構形成之後，金屬層被沈積上去，然後再用化學機械研磨法產生平面的金屬飾釘。簡而言之，傳統的化學機械研磨法的程序，包括抓住並旋轉一個薄的、平坦的半導體晶圓，在化學、溫度和壓力都在控制的條件下，抵著一個濕的研磨表面進行旋轉，以研漿中的化學蝕刻液與所要處理的表面進行化學反應，並以研漿中的研磨顆粒進行研除。研漿中所包含之固形物，其中例如鋁或矽土，係被用來作為研磨顆粒。除此之外，研漿包含特定的化學物質，而這些化學物質在製程中分別與晶圓上不同材質的表面發生化學反應，然後輕易地被研磨顆粒所移除。在研磨的過程中，機械方式和化學方式的結合，產生了一個極為平坦的研磨平



五、發明說明 (5)

面。

然而對於一般的銅製程半導體晶圓而言，化學機械研磨法所要進行內連線製程的回蝕處理時，其晶圓表面都會有銅，而且銅的表面在自然的情況下會產生氧化銅，甚至在進行化學機械研磨之前，因為晶圓表面上所加入的研漿，銅會產生銅離子(Cu^+)，進而錯合產生銅的錯合物，並且也會產生銅的氧化物。其中銅的錯合物可被研磨顆粒體積比例含量低之研漿作低研磨(low abrasive)移除，但是銅氧化物卻是需要研磨顆粒體積比例含量高之研漿作高研磨(high abrasive)移除。低研磨具有低缺陷(low defect)以及低凹陷效應(low dishing)，然而對於需要高研磨才能移除的氧化銅卻是難以研除的，並且銅導線表面上的氧化銅需要較長的時間方能移除，所以若要對銅製程的半導體晶圓表面之金屬層進行研除，因為其表面有不同的物質產生，所以非常容易產生不均勻問題。在研磨的過程當中，充分的移除以提供平滑的表面是很重要的，同時應避免因為研磨表面材質不同，而導致研磨面不平坦，亦應避免研磨的殘餘物質殘留或刮傷晶圓表面，因此對於線寬越來越小的銅製程而言，需要一個改良式的化學機械研磨方法，才能提高半導體晶圓的均勻度、避免研磨所產生的殘留銅以及改善表面電阻不平均的問題，進而提升銅製程晶圓的良率。



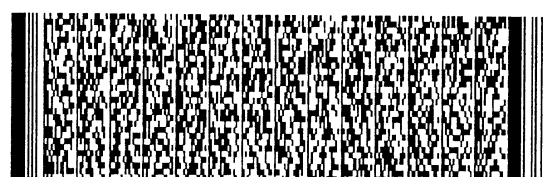
五、發明說明 (6)

發明目的與概述

本發明的目的之一是為銅製程半導體晶圓上的銅層提供一種改良式的化學機械研磨法，使其所處理的銅層表面之薄膜均勻度得以大幅度提高。本發明的另一目的，在對銅製程半導體晶圓上的銅層提供一種改良式的化學機械研磨法，使其所處理的銅層表面不再有微粒殘留，以避免影響製程良率。其次，本發明尚有一個目的，就是在改善銅製程半導體晶圓上的銅層的化學機械研磨法，使其所處理的半導體晶圓表面之銅導線層具有較均勻的表面電阻，意即其表面電阻變化範圍較小，故所形成的電子元件具有較佳的電性。

依據上述原因，本發明提出一種應用化學機械研磨以進行半導體晶圓其銅導線層平坦化之方法，上述之半導體晶圓具有銅導線形成於介電層中，且介電層上含有多餘之銅層，此銅層表面含有一層氧化銅。此方法可以包含下列步驟：首先以化學蝕刻液移除氧化銅，再以含化學蝕刻液之研漿進行化學機械研磨，以介電層為終止層而移除介電層上之多餘之銅層，用以裸露出該銅導線。

上述之化學蝕刻液含檸檬酸可與前述之銅層表面的氧化銅起化學作用，以移除氧化銅，而研漿之成分則包含具有低研磨顆粒體積比之研磨顆粒以及含檸檬酸之化學蝕刻

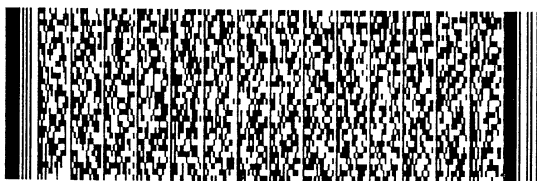


五、發明說明 (7)

液，利用研漿之化學蝕刻液使銅解離成銅離子並進而形成較易研磨之銅的錯合物，同時利用研漿之研磨顆粒以進行機械性之研磨以移除銅的錯合物。然後，反覆的由研漿之化學蝕刻液對銅層之表面形成銅的錯合物，再以研漿之研磨顆粒以進行機械性之研磨，以逐漸移除介電層上之多餘之銅層。

發明詳細說明

本半導體晶圓表面平坦化的新方法，是使用改良式的化學機械研磨法，導致所處理的半導體晶圓之均勻度提高，避免機械研磨產生的含殘留粒子，並且改善所處理的半導體晶圓表面電阻不平均的問題。特別是對於銅製程而言，本發明可以提高所處理的銅製程半導體晶圓的均勻度，並且避免其中的機械研磨機制產生含銅殘留粒子，並且改善經過本發明的化學機械研磨法所處理的銅製程半導體晶圓表面電阻不平均的問題，進而提升銅製程半導體晶圓的良率。其中值得注意的是，本發明之較佳實施例雖以銅製程半導體晶圓為處理對象，但是本發明的方法並不限定於處理銅製程的半導體晶圓，亦不限定於處理金屬銅的導線，只要化學機械研磨法中，其利用的研漿中之化學蝕刻液使用了含本發明所提出的化學成分以及方法者，皆屬於本發明的範疇，本發明的方法將以下列的較佳實施例，在此進行詳細說明。

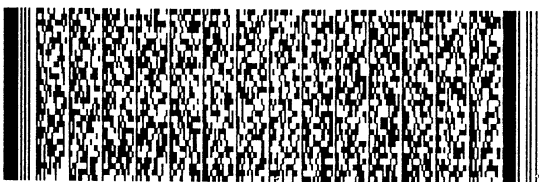


五、發明說明 (8)

本發明的較佳實施例用以進行化學機械研磨製程的化學機械研磨系統，如第一圖所示，包含研磨墊5、研磨頭6，以及研漿提供裝置7(用以提供研漿8於研磨墊5上)。首先將所要處理的半導體晶圓10，參照第一圖，固定於化學機械研磨裝置的研磨頭6上，使研磨頭6旋轉，故半導體晶圓10亦隨著其旋轉，然後以本發明的一較佳實施例所提出的研漿8持續均勻地施於研磨墊5表面上。接著再以研磨頭6用一控制下的壓力，將整個半導體晶圓10抵住研磨墊5，並且使研磨頭6(亦可使研磨墊5)旋轉。

而半導體晶圓10，如第二圖所示，具有銅導線22形成於介電層20之導線溝渠中，且介電層上含有多餘之銅層22a，通常，介電層20與銅導線22以及在介電層20與銅層22a之間具有一阻障層25。而在此銅層22a表面含有一層氧化銅24。

本發明之實施例所提出的研漿8中，其成分包含了固形物之研磨顆粒28以及化學蝕刻液，而化學蝕刻液中更有檸檬酸(citric acid)，依據本發明的實施例所提出之化學機械研磨製程，先對於前述之半導體晶圓10施以含檸檬酸之化學蝕刻液，使化學蝕刻液可與銅層22a表面之氧化銅24進行化學作用，以移除氧化銅24。

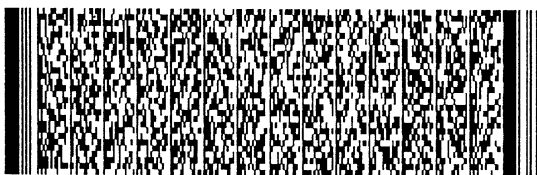


五、發明說明 (9)

再以含研磨顆粒28及包含檸檬酸之化學蝕刻液之研漿進行化學機械研磨。其中利用研漿之化學蝕刻液使銅解離成銅離子並進而形成較易研磨之銅的錯合物，此時，銅層22a表面上形成銅的錯合物。再使用研漿成分內之研磨顆粒28，進行機械性之研磨以移除銅的錯合物，其結果如第三圖所示。

然後，反覆的進行如上述第三圖的步驟，再次由研漿8之化學蝕刻液對銅層22a之表面形成銅的錯合物，再以研漿8之研磨顆粒28以進行機械性之研磨，以逐漸將銅層22a移除。最後，以介電層20為終止層而移除介電層20上之多餘之銅層22a與阻障層25，用以裸露出銅導線22，其結果如第四圖所示。

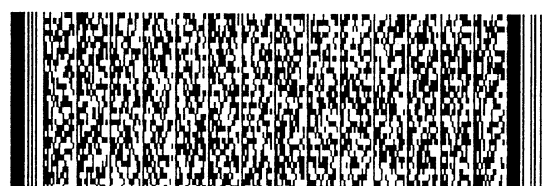
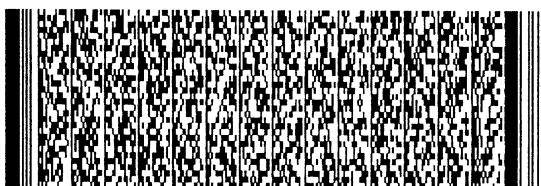
因為本發明所利用的化學蝕刻液當中含有檸檬酸，使得所要處理的晶圓在要進行機械性的研除之前，其銅層表面的氧化銅已經先與檸檬酸進行化學作用而予以移除。再利用研漿之化學蝕刻液使銅解離成銅離子並進而形成較易研磨之銅的錯合物，所以在其後以研漿中的研磨顆粒對半導體晶圓進行機械性的研磨時，就可以直接使用具有低研磨顆粒體積比之研漿對銅層進行低研磨移除，而不會有研磨氧化銅所造成的困擾。其中，研漿所具有低研磨顆粒之體積比。



五、發明說明 (10)

本發明因為上述的特性，所以能夠大幅提高所處理的晶圓上的薄膜之均勻度，依據實驗的結果證實，本發明所提出的改良式化學機械研磨法所處理的半導體晶圓，其表面的均勻度可以達到大約5%至10%之間。然而依據傳統的化學機械研磨法所處理的半導體晶圓，其表面的均勻度大約只在20%至35%之間，可見本發明的化學機械研磨法所提出的研漿確實能夠提高所處理的晶圓的薄膜均勻度。此外，因為本發明的提出的研漿成分，依據本發明所提出的改良式化學機械研磨法所處理的半導體晶圓，其表面上不會有的殘留粒子。另外，本發明所提出的改良式化學機械研磨法所處理的半導體晶圓，其表面的金屬層之表面電阻(Rs)的均勻度(變化範圍)也在10%之內，所以依據本發明所提出的方法處理過的晶圓製成的半導體元件，會具有較佳的電子特性曲線，亦即其電性較佳。

以上所述僅為本發明之較佳實施例而已，並非用以限定本發明之申請專利範圍；凡其它未脫離本發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，例如使用不同的化學機械研磨機台，或是將本發明應用於不同的製程中，只要利用本發明所提出的研漿主要成分以及方法，以在化學機械研磨製程中，移除半導體晶圓表面上的金屬層者或是使金屬表面平坦化者，即包含在本發明的精神與範圍之中，故其均應包含在下述之申請專利範圍內。



圖式簡單說明

第一圖顯示將銅製程晶圓置於化學機械研磨裝置中時，銅製程半導體晶圓與化學機械研磨裝置的側視圖；

第二圖顯示半導體晶圓之結構示意圖；

第三圖顯示利用研漿進行化學機械研磨以移除銅層的示意圖；以及

第四圖顯示利用化學機械研磨半導體晶圓以介電層為終止層而移除介電層上之多餘之銅層與阻障層之結構示意圖。

圖號說明

研磨墊-5

研漿提供裝置-7

半導體晶圓-10

銅導線-22

氧化銅-24

研磨顆粒-28

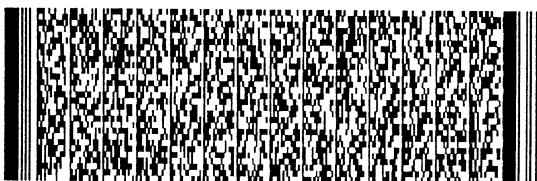
研磨頭-6

研漿-8

介電層-20

銅層-22a

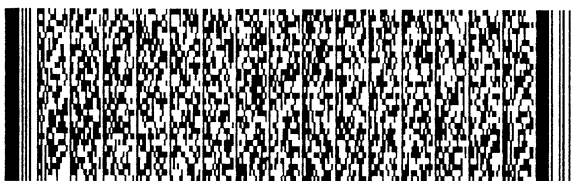
阻障層-25



四、中文發明摘要 (發明之名稱：銅製程化學機械研磨法)

一種應用化學機械研磨以進行半導體晶圓平坦化之方法，上述之半導體晶圓具有銅導線形成於介電層中，且介電層上含有多餘之銅層，此銅層表面含有一層氧化銅。此方法可以包含下列步驟：先以含檸檬酸之化學蝕刻液移除氧化銅，再以含研磨顆粒及包含檸檬酸之化學蝕刻液之研漿進行化學機械研磨，以介電層為終止層而移除介電層上之多餘之銅層，用以裸露出該銅導線。上述之檸檬酸可與前述之銅層表面的氧化銅起化學作用，以移除氧化銅，而研漿為具有低研磨顆粒之體積比，研磨顆粒可反覆進行機械性之研磨以移除介電層上之多餘之銅層。

英文發明摘要 (發明之名稱：)



六、申請專利範圍

1. 一種應用化學機械研磨以進行半導體晶圓平坦化之方法，該半導體晶圓具有銅導線形成於介電層中，且該介電層上含有多餘之銅層，該銅層表面含一層氧化銅，該方法至少包含下列步驟：

以含檸檬酸之化學蝕刻液移除該氧化銅；以及

以含研磨顆粒及包含檸檬酸之化學蝕刻液之研漿進行化學機械研磨以移除該多餘之銅層，並以該介電層為終止層，用以裸露出該銅導線。

2. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該化學蝕刻液及該研磨顆粒係可反覆進行機械性之研磨以研除該銅層。

3. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該研漿係為具有低研磨顆粒之體積比。

4. 一種應用化學機械研磨以對崎嶇不平之銅層表面進行平坦化之方法，該銅層表面具有一層氧化銅，該方法至少包含下列步驟：

以包含檸檬酸之化學蝕刻液移除該氧化銅；以及

以含研磨顆粒及包含檸檬酸之化學蝕刻液之研漿進行化學機械研磨，直至使該銅層平坦為止。

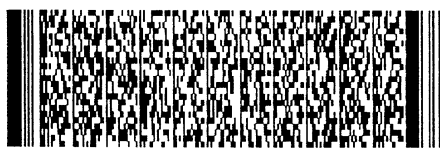
5. 如申請專利範圍第4項所述之方法，其中該化學蝕刻液

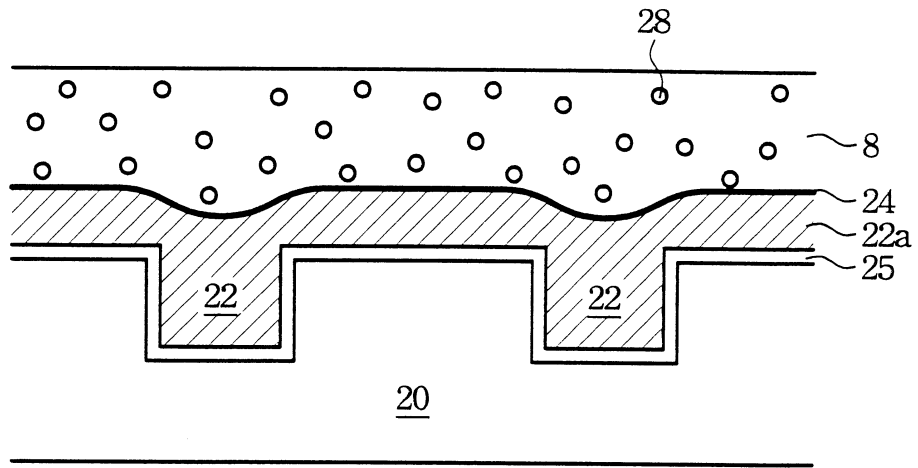


六、申請專利範圍

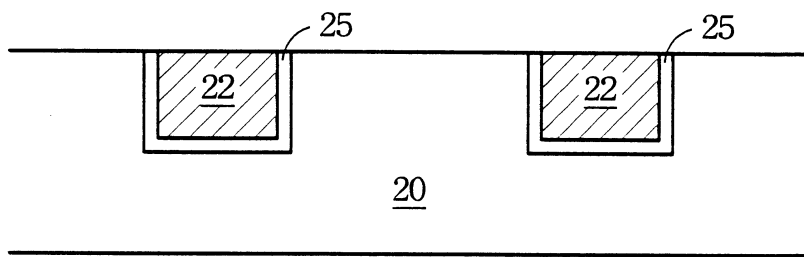
及該研磨顆粒係可反覆進行機械性之研磨以使該金屬層平坦為止。

6. 如申請專利範圍第4項所述之方法，其中該研漿係為具有低研磨顆粒之體積比。

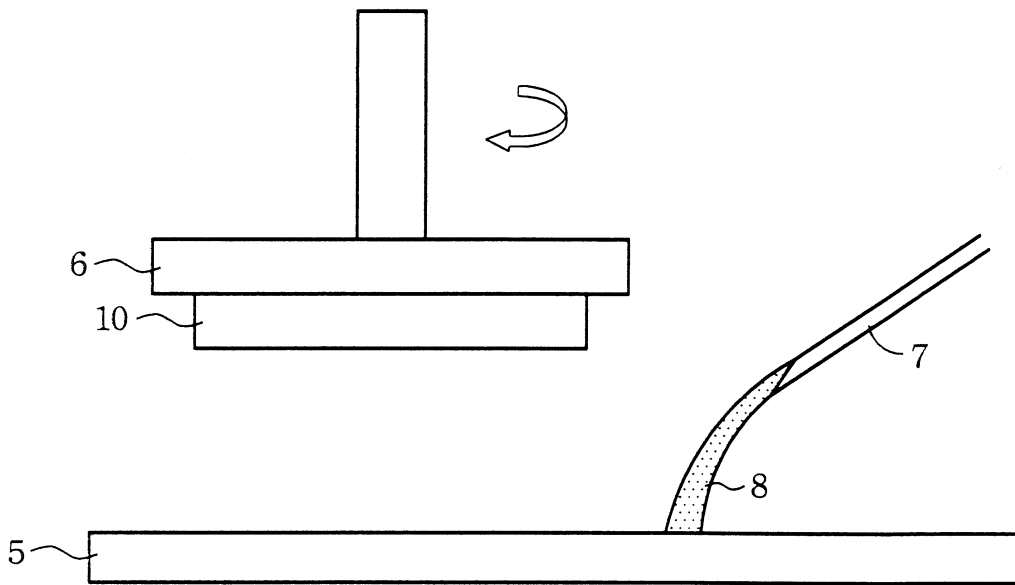




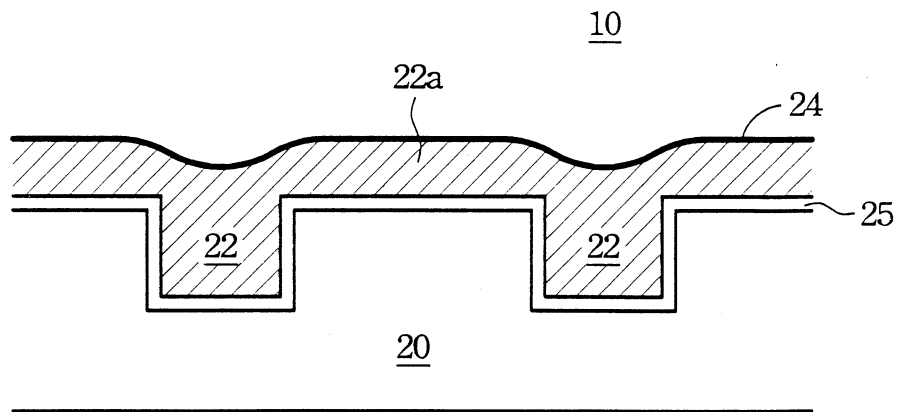
第三圖



第四圖



第一圖



第二圖