

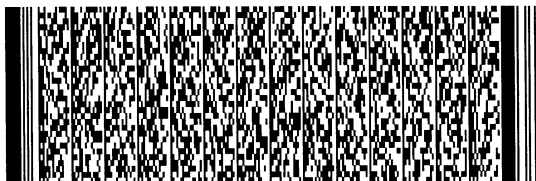
申請日期: 90 年 11 月 5 日	案號: 100010000
類別: H01L 27/68	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

520552

一、 發明名稱	中 文	自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法
	英 文	
二、 發明人	姓 名 (中文)	1. 杜友倫 2. 白志陽 3. 蔡嘉雄
	姓 名 (英文)	1. Yeur-Luen Tu 2. Chih-Yang Pai 3. Chia-Shiung Tsai
	國 籍	1. 中華民國 2. 中華民國 3. 中華民國
	住、居所	1. 台中市南區美和街116號十一樓之1 2. 新竹市北區金竹里3鄰武陵路271巷64弄12號4樓 3. 新竹縣寶山鄉雙溪村9鄰陽光花城7號3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.



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)

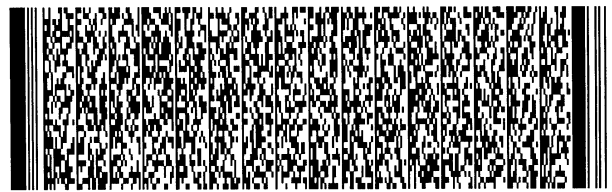
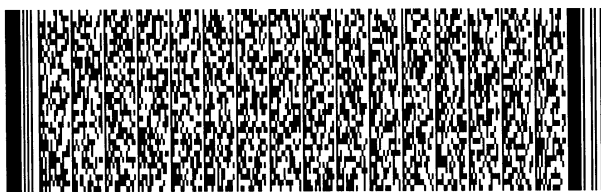
本發明係有關於一種形成銅擴散阻障層的製造方法，特別是有關於在凹槽結構的半導體基底，形成自我(self-aligned)置換反應之銅擴散阻障層的製造方法。

近年來，金屬銅之電化學沈積法(electro-chemical deposition; ECD)被廣泛地應用，其主要原因乃是在於進入VLSI，元件密度增加、線寬變小的同時，鋁金屬容易產生電子遷移(electro-migration; EM)等問題，使得電化學沈積法形成銅的方式，成為取代目前一般所使用的鋁線(Al)與金屬鎢的最好選擇。

當形成銅金屬之前，通常需要形成一層用來防止銅擴散至其他元件的黏合/擴散阻障層，而一般常用的擴散阻障層有碳化矽和氮化矽，但是這兩種高介電係數材料的阻障層，會增加RC延遲(RC delay)。

且為了防止外在的雜質或污染源擴散至金屬銅，除了在半導體凹槽結構基底的側壁及底部形成一阻障層外，通常還在凹槽結構形成金屬銅後再形成一阻障層覆蓋於其上，將金屬銅完全包覆(encapsulate)在阻障層內，然後再用蝕刻法或是化學機械研磨法將不要的阻障層去除，這種作法在製程步驟上多了複雜性和成本提高，且會有凹陷(dishing)情況產生，而影響後續的製程步驟。

有鑑於此，為了解決上述問題，本發明主要目的在於提供一種形成銅擴散阻障層的製造方法，特別是有關於在凹槽結構的半導體基底，形成自我(self-aligned)置換反應之銅擴散阻障層的製造方法，上述製造方法包括下列步



五、發明說明 (2)

驟：在上述該凹槽之側壁及底部形成一阻障層，形成一銅導電層於該阻障層上；進行一接觸置換反應，使該銅導電層表面轉換為一鈹層，及利用電漿氮化法作用於該鈹層以形成一氮化鈹層。

為使本發明之上述目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉一較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下：

圖示說明：

第1圖係顯示本發明之實施例中，在半導體基底形成銅導電層的示意圖。

第2圖係顯示本發明之實施例中，將晶圓置入反應室氣氛中的示意圖。

第3圖係顯示本發明之實施例中，在銅導電層上自我(self-aligned)置換反應成鈹層的示意圖。

第4圖係顯示本發明之實施例中，以電漿氮化法將鈹層氮化為氮化鈹的示意圖。

符號說明：

- 10、12～低介電層；
- 14、44～阻障層；
- 16～銅導電層；
- 20～反應室；
- 22～管路裝置；
- 24～銅離子去除管路；
- 26～晶圓；



五、發明說明 (3)

28～氟化鉍溶液；

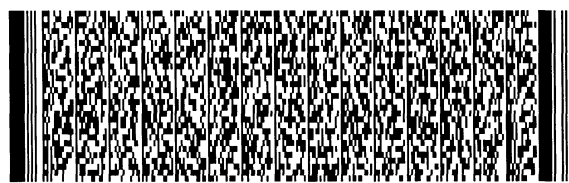
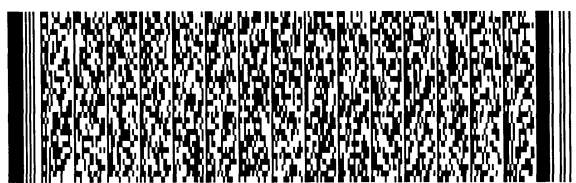
38、48～鉍層。

實施例：

本發明實施例為一種自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，適用於有凹槽結構的半導體基底，其中該凹槽為雙鑲嵌結構，上述製造方法包括下列步驟：如第1圖所示，在上述該半導體基底形成一低介電層10和一低介電層12，在該低介電層10和該低介電層12形成一雙鑲嵌結構，在該雙鑲嵌結構之側壁及底部形成一阻障層14，其中該阻障層14為鉍、氟化鉍、氟化鈦其中之一，然後於該雙鑲嵌結構內以電鍍法形成一銅導電層16於該阻障層14上，並以化學機械研磨(CMP)平坦化，去除低介電層12表面上之銅導電層16及阻障層14。

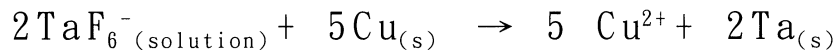
如第2圖所示，將此晶圓26置入一反應室20內，與氟化鉍溶液28作用，再提供一能量將作用過之溶液由另一管路裝置22抽出，將該作用過之溶液中的銅離子由管路24去除，然後由迴路將該溶液送回反應室20內。

上述步驟為進行一銅接觸置換反應，其結果如第3圖所示，在該低介電層10和該低介電層12所形成之雙鑲嵌結構內其銅導電層16於該阻障層14上，經過該上述銅接觸置換反應後，在該銅導電層16表面轉換為一鉍層38，其中該鉍層38厚度在100至500 Å之間。由於鉍原子與銅離子在適當的環境下，提供一外來能量，利用上述方法將作用過溶液中的銅離子濃度減少在小於 $1e^{-40}$ 莫耳濃度時，會發生



五、發明說明 (4)

自發性的氧化還原反應，因此本發明係藉由將銅導電層16放置於氟化鈮溶液28中，再藉由氧化還原接觸置換反應的進行，來選擇性地於局部區域形成鈮層38。上述之氧化還原全反應式如下所示：

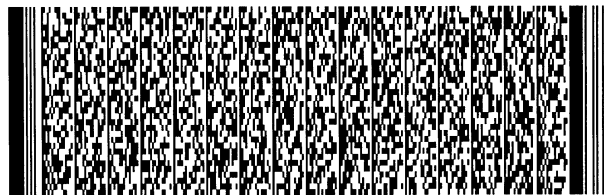
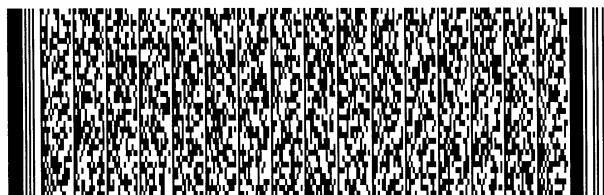


計算式為 $\Delta E_{\text{cell}} = \Delta E_{\text{cell}}^0 - \{ (2.303RT/nF) * \log_{10} (a_{\text{Cu}^{2+}}^5 / a_{\text{TaF}_6^-}^2) \}$ 其中 ΔE_{cell}^0 為 -1.19V ， n 為當量數， F 為法拉第常數， $a_{\text{Cu}^{2+}}$ 為銅離子活性， $a_{\text{TaF}_6^-}$ 為氟化鈮離子活性。當溶液中的銅離子濃度減少在小於 1e^{-40} 莫耳濃度時，也就是 $\Delta E_{\text{cell}} > 0\text{V}$ ，會發生自發性的氧化還原反應。

如第4圖所示，將上述藉由氧化還原接觸置換反應後，於該低介電層10和該低介電層12所形成之雙鑲嵌結構內其銅導電層16利用電漿氮化法將該鈮層38氮化成氮化鈮，其中該氮化鈮層厚度在100至400 Å之間，使銅導電層46完全包覆於該阻障層44之內，但有一未反應之鈮層48存在於銅導電層16跟阻障層44之間，該電漿氮化法所使用的電漿氣體為氮氣或氨氣其中之一。

依照本發明之精神，也可以利用一樣的氧化還原接觸置換反應來形成另一氮化鈦的阻障層，其製程步驟和化學機制與上述形成氮化鈮阻障層的氧化還原接觸置換反應一樣，只是將晶圓至入於含有鈦離子的反應室氣氛中，用以形成鈦層，再用電漿氮化法將該鈦層氮化成氮化鈦層。

利用本發明所形成的氮化鈮、氮化鈦阻障層，會降低RC延遲，且可在凹槽結構形成金屬銅後再自我置換反應形

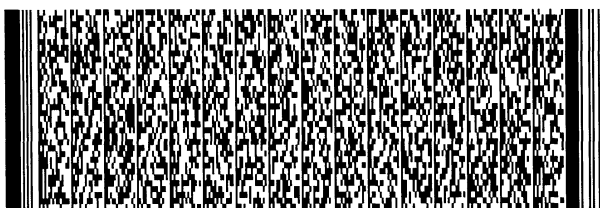


五、發明說明 (5)

成一阻障層覆蓋於其上，將金屬銅完全包覆

(encapsulate) 在阻障層內，防止外在的雜質或污染源擴散至金屬銅，重要的是，本發明在形成阻障層時，只需將晶圓置入一反應氣氛中，再以電漿氮化法控制形成所需之氮化層的厚度，在製程步驟上相較於傳統製程少了複雜性和降低成本，且不會有因化學機械式研磨所產生凹陷(dishing)的情況，而影響後續的製程步驟。

本發明雖以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明的範圍，任何熟習此項技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可做些許的更動與潤飾，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。



四、中文發明摘要 (發明之名稱：自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法)

本發明在於提供一種形成銅擴散阻障層的製造方法，特別是有關於在凹槽結構的半導體基底，形成自我(self-aligned)置換反應之銅擴散阻障層的製造方法，上述製造方法包括下列步驟：在上述該凹槽之側壁及底部形成一阻障層，形成一銅導電層於該阻障層上，進行一接觸置換反應，使該銅導電層表面轉換為一鈹層，及利用電漿氮化法作用於該鈹層以形成一氮化鈹層。

英文發明摘要 (發明之名稱：)



六、申請專利範圍

1. 一種自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，適用於有凹槽結構的半導體基底，上述製造方法包括下列步驟：

在上述該凹槽之側壁及底部形成一阻障層；

形成一銅導電層於該阻障層上；

進行一接觸置換反應，使該銅導電層表面轉換為一鈹層；及

利用電漿氮化法作用於該鈹層以形成一氮化鈹層。

2. 如申請專利範圍第1項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該凹槽為鑲嵌結構。

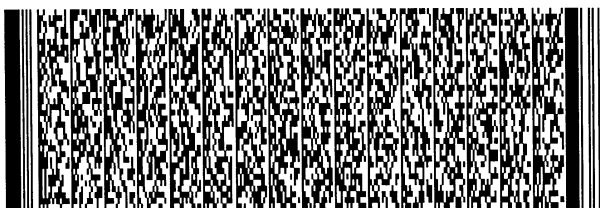
3. 如申請專利範圍第1項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該阻障層為鈹、氮化鈹、氮化鈦其中之一。

4. 如申請專利範圍第1項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該接觸置換反應在提供一外來能量減少銅離子濃度在小於 $1e^{-40}$ 莫耳濃度時，成為一自發性反應。

5. 如申請專利範圍第1項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該鈹層厚度在100至500 Å之間。

6. 如申請專利範圍第1項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該電漿氮化法所使用的電漿氣體為氮氣或氨氣其中之一。

7. 如申請專利範圍第1項所述之自我置換反應形成銅



六、申請專利範圍

擴散阻障層的製造方法，其中該氮化鈮層厚度在100至400 Å 之間。

8. 如申請專利範圍第1項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該氮化鈮層下有一未反應之鈮層。

9. 一種自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，適用於有凹槽結構的半導體基底，上述製造方法包括下列步驟：

在上述該凹槽之側壁及底部形成一阻障層；

形成一銅導電層於該阻障層上；

進行一接觸置換反應，使該銅導電層表面轉換為一鈦層；

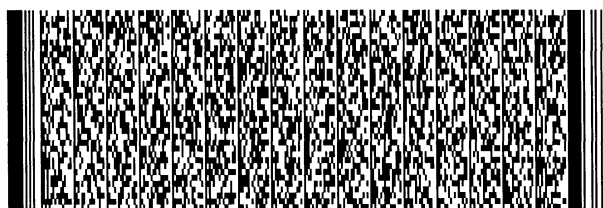
利用電漿氮化法作用於該鈦層以形成一氮化鈦層。

10. 如申請專利範圍第9項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該凹槽為鑲嵌結構。

11. 如申請專利範圍第9項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該阻障層為鈮、氮化鈮、氮化鈦其中之一。

12. 如申請專利範圍第9項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該接觸置換反應在提供一外來能量減少銅離子濃度在小於 $1e^{-40}$ 莫耳濃度時，成為一自發性反應。

13. 如申請專利範圍第9項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該鈦層厚度在100至500 Å 之



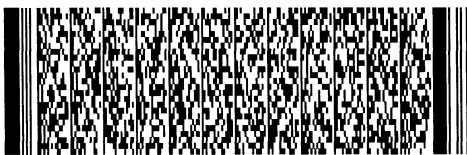
六、申請專利範圍

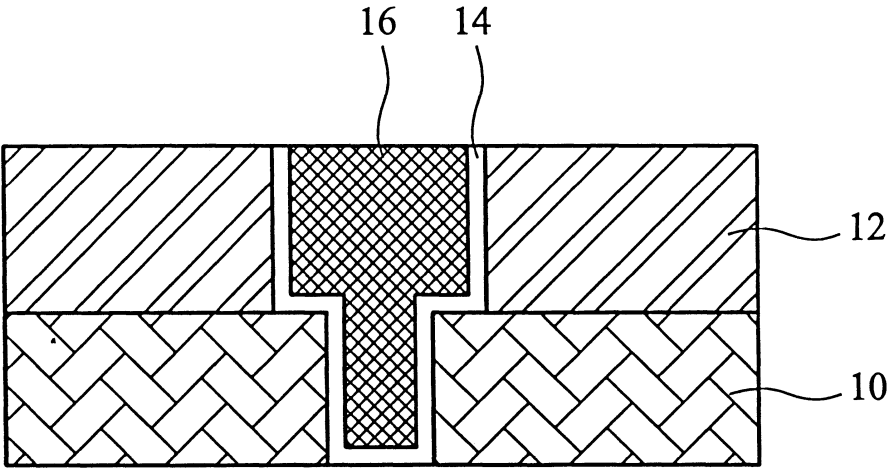
間。

14. 如申請專利範圍第9項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該電漿氮化法所使用的電漿氣體為氮氣或氨氣其中之一。

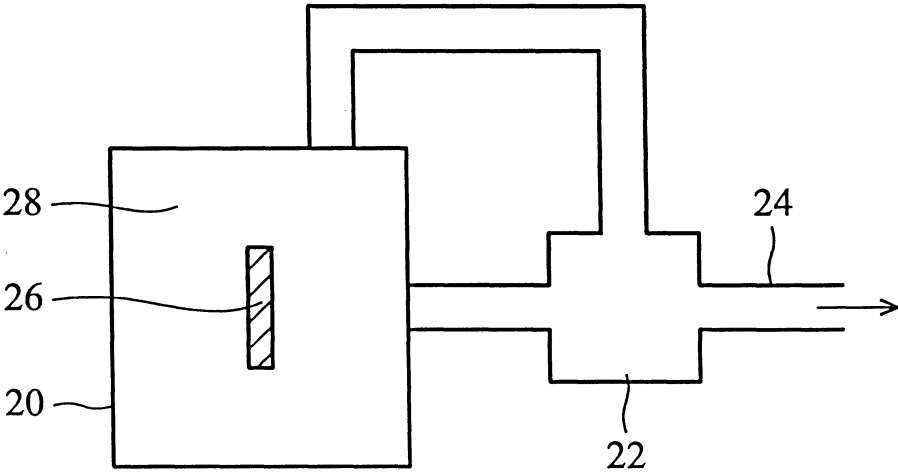
15. 如申請專利範圍第9項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該氮化鈦層厚度在100至400 Å 之間。

16. 如申請專利範圍第9項所述之自我置換反應形成銅擴散阻障層的製造方法，其中該氮化鈦層下有一未反應之鈦層。

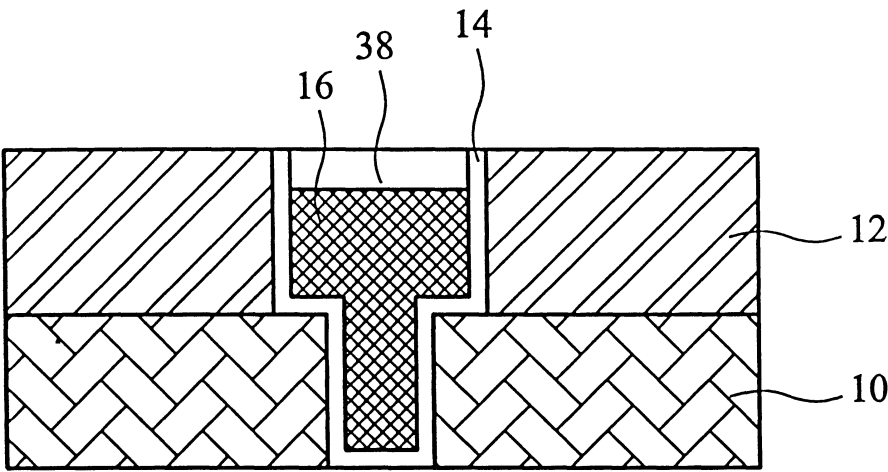




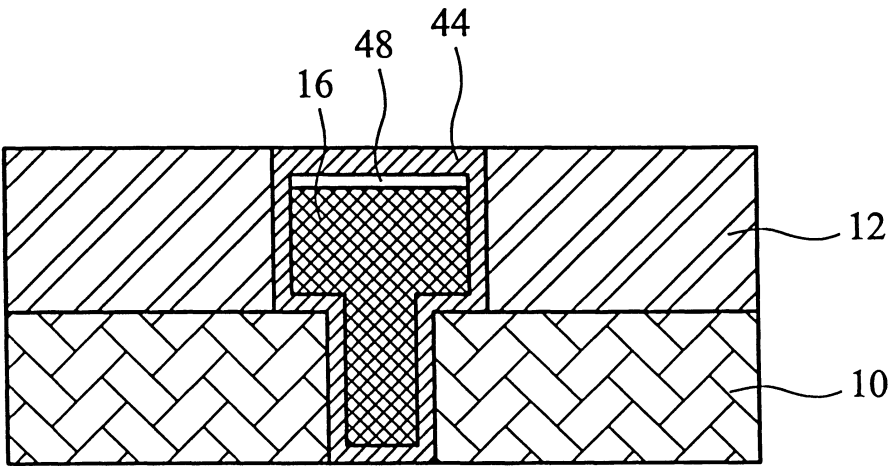
第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖