公告本

申請日期	89.3.10
案號	89104379
類別	H01L 21/00

（以上各欄由本局填註）

A4
C4

490710

發明 ~~新型~~ 專利說明書

一、發明 ~~新型~~ 名稱	中文	半導體裝置
	日文	“半導体装置”
二、發明 ~~創作~~ 人	姓名	1.伊藤 祥代 2.蓮沼 正彦
	國籍	1.2. 均日本
	住、居所	1.日本國神奈川縣横濱市泉區西岡1-27-2 克威斯特山手台604 2.日本國神奈川縣横濱市綠區中山町330-3 中山公園之家513號
三、申請人	姓名（名稱）	日商東芝股份有限公司
	國籍	日本
	住、居所（事務所）	日本國神奈川縣川崎市幸區堀川町72番地
	代表人姓名	西室 泰三

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）

裝 訂 線

（由本局填寫）

承辦人代碼：	
大　　類：	
ＩＰＣ分類：	

A6
B6

本案已向：

國（地區）	申請專利，申請日期：	案號：	，□有 □無主張優先權
日本	1999年03月19日	特願平11-075097	☑有 □無主張優先權

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

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（ 1 ）

【 發明之背景 】

【 發明之領域 】

本發明係關於一種具有LSI之多層結構的半導體裝置，尤其係關於一種具有用以獲得接線之高可靠度化之多層結構的半導體裝置。

【 先前技藝之說明 】

LSI接線之最大問題所在的電遷移(electro migration)（以下，稱之爲EM)不良會因爲下述機制而發生。用以形成接線之金屬原子會自陰極(-)向陽極(+)側移動，此時，在接線之陰極側會隨著金屬原子密度之減少，而累積拉伸應力。該拉伸應力若超過臨界應力時，將會發生空隙，乃至斷線。

若存在於接線周圍之絕緣層可以因爲受到來自接線之應力而變形的話，接線之應力會被緩和下來，而難以導致EM不良。然而，在習知半導體裝置中，作爲層間絕緣層使用的等離子二氧化矽層或是等離子氮化矽層的楊氏(彈性)模數(Young's modulus)都大於50 GPa以上。這些層即使受到應力，亦幾乎不會變形。因此，習用半導體裝置之耐EM性較低。

又，在習知半導體裝置中，雖亦有模氏模數較低之絕緣層緊靠接線而被形成，然其裂痕耐性、吸水性、透水性等都會有問題。

【 發明所要解決之問題 】

如以上所說明，在習知半導體裝置中，由於緊靠接線而形成之絕緣層的楊氏模數較高，受到應力時，絕緣層幾乎

（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（ 2 ）

不變形，因而耐EM性較低。又，雖有考慮藉由一緊臨接線形成一楊氏模數較低之絕緣層的構造，來獲得耐EM性較高之半導體裝置，但會裂痕耐性、吸水性、透水性等問題。

【發明之概述】

本發明爲一用以解決上述課題者，其目的在於提供一種可以保持裂痕耐性，同時使EM耐性提高的半導體裝置。

【解決課題之手段】

本發明之申請專利範圍第1項之發明係一種半導體裝置，其具備一接線、第一絕緣層、與一第二絕緣層，第一絕緣層緊臨該接線之至少一面而形成，第二絕緣層緊臨該第一絕緣層上而形成，且楊氏模數比該第一絕緣層還高，其特徵在於：

若設定成該接線、該第一絕緣層、以及該第二絕緣層之線膨脹係數分別爲α_M、α_s、α_h，楊氏模數分別爲E_M、E_s、E_h，厚度分別爲d_M、d_s、d_h，依構成該接線之材料而定之係數爲k_1、k_2，且定義$d_I = d_s + d_h$、$E_I = (d_s E_s + d_h E_h)/d_I$、$\alpha_I = (d_s \alpha_s + d_h \alpha_h)/d_I$，作用於該接線之應力的溫度梯度爲s，則該接線、該第一絕緣層、該第二絕緣層滿足下式條件

$$s = k_1 \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \bullet \left(\alpha_M - k_2 \alpha_I \frac{d_I}{d_M} \right) < 5 \times 10^{-4} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式3）}$$

以下顯示本發明之最佳形態。

(1) 第一絕緣層以楊氏模數在15 GPa以下之材料形成，該第二絕緣層以楊氏模數在15 GPa以上之材料形成。

(2) 第一絕緣層爲一由異質材料組成之層積層，若將由該

（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（ 3 ）

接線側數起第i個絕緣層之厚度設為d_{si}，楊氏模數設為E_{si}，線膨脹係數設為α_{si}，則

$$d_s = \sum_i d_{si}$$

$$E_S = \left(\sum_i d_{si} E_{si} \right) / d_s$$

$$\alpha_s = \left(\sum_i d_{si} \alpha_{si} \right) / d_s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (式4)$$

(3)第一層至少具有一層以含有有機材料之氧化矽為主成分而成之層。

(4)有機材料為以甲基為主成分。

(5)接線之材料為鋁或其合金時，係數k_1之值為1，係數k_2之值為10^{-3}。

(6)接線之材料為銅或銅合金時，係數k_1之值為1.2，係數k_2之值為10^{-3}。

(7)第一與第二絕緣層作成環繞接線。

（作用）

已知為電遷移（以下，稱之為EM）可靠度的參數之一的電流密度係數n，係與MTF（故障前平均時間Means Time to Failure）或是活化能同樣，為一代表EM可靠度的指標。n值愈大，EM的可靠度愈高。在習知半導體裝置中，接著接線而形成之絕緣層僅有一層時，若絕緣層被視為不會因受到來自接線之應力而變形的話，由一電阻因為EM而開始上升的時間（孕育時間(incubation time)）所求得的n值理想的定為2，比2大的值不取。

另一方面，作用於接線上之應力的溫度梯度s之值若愈

（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（ 4 ）

小的話，推測一因絕緣層變形所致應力緩和效果就愈大，且該應力緩和效果不只熱應力，對於一因EM而產生於接線中之應力亦顯示出同樣的效果。

當接線爲絕緣層所環繞時，作用於接線上之應力的溫度梯度通常以下式表示

$$s = d\alpha / dT = E_M \bullet (\alpha_M - \alpha_I)$$

惟，該式係當絕緣層不因受到來自接線之應力而變形下的式子。作爲層間絕緣層使用之TEOS-二氧化矽層或是氮化矽層等，由於其楊氏模數大於50 GPa，且線膨脹係數在鋁的十分之一以下，絕緣層因受到一來自接線之應力的變形量小到可以忽視。

然而，若在接線周圍使用一其楊氏模數小於15 GPa的絕緣層的話，絕緣層將會因受到來自接線之應力而變形，且假設接線之應力因該變形而被緩和，則在所謂絕緣層有變形之條件下，所導出之接線應力的溫度梯度，應爲下式(1)所示。

$$s = \frac{d\alpha}{dT} = k_1 \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \bullet \left(\alpha_M - k_2 \alpha_I \frac{d_I}{d_M} \right)$$

又，E_I爲一構成層間絕緣層之材料的楊氏模數，d_M爲接線之厚度，d_I爲層間絕緣層之厚度，k_1、k_2爲依接線材料而定之係數。

在式(1)中當以s表示接線應力梯度時，推測該s值愈小的話，因絕緣層之變形所獲得之應力緩和效果即愈大。該應力緩和效果不只熱應力，對於一因EM而產生於接線中之

（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（ 5 ）

應力而言，亦具同樣之效果。

進一步，當絕緣層爲層疊構造時，依複合原則，絕緣層之有效楊氏模數以及有效線膨脹係數可用下面三個式子表示。

$$d_I = d_s + d_h$$

$$E_I = (d_s E_s + d_h E_h)/d_I$$

$$\alpha_I = (d_s \alpha_s + d_h \alpha_h)/d_I$$

至於當絕緣層爲層疊構造時之s值，則可藉由將上面三個式子導入式子(1)而導出。

其中，當作爲前述EM可靠度提高之條件的電流密度係數n爲2時，依各種實驗所得之經驗法則判斷，s應會大於等於5×10^{-4}。因此，爲使EM之可靠度提高，有必要使上述式(1)所示之s值小於5×10^{-4}以下。

又，當緊靠接線而形成之絕緣層僅有一層時，即使考慮絕緣層會因受到來自接線之應力而變形，n值亦最好比2還大。不過，在該場合下，會有裂痕會發生之問題。

因此，除了要選擇一滿足$s<5\times10^{-4}$條件的材料、厚度之外，爲了能成爲一個可以解決裂痕耐性、吸水性、透水性等問題的構造，即不只要緊靠接線形成一由楊氏模數較低的材料所組成的絕緣層，還要緊接著該楊氏模數較低的絕緣層，形成一由楊氏模數較高的材料所組成的絕緣層。

依上所述，一可以解決充分之EM可靠度以及裂痕耐性、吸水性、透水性等問題的半導體裝置應爲一具有接線、以及楊氏模數不同之第一與第二絕緣層的層疊構造，且各

（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（ 6 ）

層具有一滿足$s<5\times10^{-4}$條件的材料、厚度者。

因此，如本發明所述，於接線之至少一面上，形成第一絕緣層，並緊接該第一絕緣層上，形成一楊氏模數比該第一絕緣層還高的第二絕緣層，且各層設定爲一$s<5\times10^{-4}$條件的材料、厚度，藉此，不只解決裂痕耐性、吸水性以及透水性等問題，其EM可靠度亦比習知半導體裝置還提高。

【圖式之簡單說明】

圖1係有關本發明之第一實施例所揭半導體裝置之截面圖。

圖2係有關本發明之第二實施例所揭半導體裝置之截面圖。

圖3係有關本發明之第三實施例所揭半導體裝置之截面圖。

圖4係有關本發明之第四實施例所揭半導體裝置之截面圖。

圖5係有關本發明之第五實施例所揭半導體裝置之截面圖。

圖6係有關本發明之第六實施例所揭半導體裝置之截面圖。

【圖式元件符號之說明】

1　TEOS-二氧化矽層

2　襯裡材

3　接線

4　第一絕緣層

（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（ 7 ）

4a~4d、42、61~65　層間絕緣層

5　第二絕緣層

21　反射防止層

31　熱氧化二氧化矽層

32　等離子氮化矽層

41　第一接線

43　第二接線

51　第三接線

【發明之詳細說明】

以下，參照圖式說明本發明之實施例。

(第一實施例)

圖1爲本發明之第一實施例所揭半導體裝置之截面圖。在本實施例中，係就一在接線上表面接著形成一其楊氏模數在15 GPa以下之絕緣層的情形作一說明。

如圖1所示，在TEOS-二氧化矽膜1上，形成有一深400 nm的凹槽。在該凹槽內，隔著襯裡材2形成有一接線3。該接線3與TEOS-二氧化矽膜1上形成有一第一絕緣層4，且在該第一絕緣層4上，並層疊而形成有一第二絕緣層5。第一絕緣層4由楊氏模數在15 GPa以下之材料構成，第二絕緣層5由楊氏模數在15 GPa以上之材料所構成。

又，在本實施例中，第一絕緣層4爲一含有有機物之氧化矽層，第二絕緣層5爲一摻雜有磷之二氧化矽層、TEOS-二氧化矽層、或一等離子氮化矽層，襯裡材2爲鉭，接線3爲鋁。

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（ 8 ）

接線3、第一絕緣層4以及第二絕緣層5之厚度分別定義為d_M、d_s、d_h，楊氏模數分別定義為E_M、E_s、E_h，線膨脹係數分別定義為α_M、α_s、α_h。這些參數設定成滿足如下所示式(2)之條件。又，s為作用於接線3之應力的溫度梯度。

$$s = k_1 \frac{E_M E_I}{E_M + E_I} \bullet \left(\alpha_M - k_2 \alpha_I \frac{d_I}{d_M} \right) \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

在上述式(2)中，定義成$d_I = d_s + d_h$，$E_I = (d_s E_s + d_h E_h)/d_I$，$\alpha_I = (d_s \alpha_s + d_h \alpha_h)/d_I$，$k_1$與$k_2$為一依接線材料而定之係數，該$k_1$與$k_2$為一用以在使用不同接線材料時，為了仍能用式子(2)來同樣含義地定出條件而被導入之係數，其可以藉由對每種接線材料進行實驗而導出。

本半導體裝置之製造方法說明如下。

首先，作出一TEOS-二氧化矽層1來作為層間絕緣層，並於該TEOS-二氧化矽層1上，加工出一深400 nm之凹槽。其次，覆蓋該凹槽表面而作成一襯裡材2，再以回流濺鍍法使接線材料成層。之後，以CMP法，將形成於該凹槽以外之接線材料除去而平坦化之，而形成接線3。接著，在接線3與TEOS-二氧化矽膜1之表面上，形成一400 nm厚之楊氏模數在15 GPa以下的第一絕緣層。該作為第一絕緣層4之含有有機物的氧化矽層為一以旋轉披覆法形成之SOG(旋轉塗上玻璃)層。該SOG層中所含有之有機成分以甲基之形式存在。最好，甲基含有率在20 wt%以下。甲基由於分子構造小，與其它有機分子相比，在低溫下即可進行聚合。其次，在該第一絕緣層4上，形成一楊氏模數在15 GPa以上的

（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（ 9 ）

的第二絕緣層5。

使用於本半導體裝置中之材料的楊氏模數分別爲：含有有機物之氧化矽層爲6 GPa、添加磷之二氧化矽層爲36 GPa、TEOS-二氧化矽層爲57 GPa、等離子氮化矽層爲98 GPa。又，這些楊氏模數爲一使用壓入式硬度計測量之值。

第二絕緣層5之厚度作成若爲添加磷之二氧化矽層的話爲1000 nm以下，若爲TEOS-二氧化矽層的話爲300 nm，若爲等離子氮化矽層的話爲100 nm。

以下說明如此作成一由接線3、第一絕緣層4以及第二絕緣層5所成之層疊構造，以及限定第二絕緣層5之厚度的理由。

已知爲電遷移(以下，稱之爲EM)可靠度參數之一的電流密度係數n係和MTF(故障前平均時間)或活化能一樣，爲一用以表示EM可靠度之指標，n值愈大，EM之可靠度即愈高。然而在習知半導體裝置中，緊接接線而形成之絕緣層只有一層時，若絕緣層被視爲不會因受到來自接線之應力而變形的話，由一電阻開始因EM而上升的時間(孕育時間(incubation time))所求得的n值理想的爲2，比2大的值不取。因此，藉由取一n值大於2之值，比起絕緣層僅爲一層且不會因應力而產生變形之情況，EM之可靠度將提高。

另一方面，作用於接線上之應力的溫度梯度s之值若愈小的話，推測一因絕緣層變形所致應力緩和效果就愈大，且該應力緩和效果不只熱應力，一因EM而產生於接線中之應力亦顯示出同樣的效果。其中，當作爲前述EM可靠度提

（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（ 10）

高之條件的n爲2時，依各種實驗所得之經驗法則判斷，s應會大於等於5×10^{-4}。因此，爲使EM之可靠度提高，有必要使上述式(1)所示之s值小於5×10^{-4}以下。

又，當緊靠接線而形成之絕緣層僅有一層時，即使考慮絕緣層會因受到來自接線之應力而變形，n值亦最好比2還大。不過，在該場合下，會有裂痕會發生之問題。

因此，除了要選擇一滿足$s<5\times10^{-4}$條件的材料、厚度之外，爲了能成爲一個可以解決裂痕耐性、吸水性、透水性等問題的構造，即不只要緊靠接線形成一由楊氏模數較低的材料所組成的絕緣層，還要緊接著該楊氏模數較低的絕緣層，形成一由楊氏模數較高的材料所組成的絕緣層。

依上所述，一具有充分之EM可靠度，且可解決裂痕耐性、吸水性、透水性等問題的半導體裝置應爲一具有接線、以及楊氏模數不同之第一與第二絕緣層的層疊構造，且各層具有一滿足$s<5\times10^{-4}$條件的材料、厚度者。

在本實施例中，將接線3、第一絕緣層4之材料及厚度代入上述式(2)中，若變更第二絕緣層5之材料的話，第二絕緣層5之厚度定爲若爲添加磷之二氧化矽層的話爲1000 nm以下，若爲TEOS-二氧化矽層的話爲300 nm，若爲等離子氮化矽層的話爲100 nm。

其次，變更第二絕緣層5之厚度與材料而進行各種實驗下之絕緣層4與5的厚度、s值、MTF、電流密度係數n、以及裂痕耐性顯示於下面表1中。

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（ 11）

表 1

第一絕緣層	第二絕緣層	ds(nm)	dh(nm)	s	MTF	n	裂痕耐性
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	400	0	1.3×10^{-4}	◎	>2	×
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	400	10	1.5×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	400	100	2.5×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	400	200	3.2×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	400	300	3.7×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	400	400	4.0×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	400	1000	4.9×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	400	1300	5.1×10^{-4}	△	2	○
有機 SOG	TEOS	400	10	1.6×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	TEOS	400	100	3.2×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	TEOS	400	200	4.3×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	TEOS	400	300	4.9×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	TEOS	400	400	5.4×10^{-4}	△	2	○
有機 SOG	SiN	400	10	1.8×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	SiN	400	50	3.2×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	SiN	400	100	4.5×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	SiN	400	200	6.0×10^{-4}	△	2	○
有機 SOG	SiN	400	400	7.6×10^{-4}	△	2	○
TEOS	SiN	600	600	9.6×10^{-4}	習知品	2	○

(EM可靠度：◎比習知品顯著提高，○比習知品提高；△與習知品相同)

在表1中，爲了與本發明作比較，特形成一600 nm之TEOS-二氧化矽層以及600 nm之等離子氮化矽層之層疊層，以取代本發明之第一與第二絕緣層4和5，來作爲一第一絕緣層與第二絕緣層都係不會因受到來自接線之應力而變形之層下的習知構造例。

（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（ 12）

接線材料爲鋁，且使用E_M= 80 GPa、d_M= 400 nm、α_M =2.4×10^{-6}。測量之結果，接線爲鋁時，k_1=1、k_2=10×10^{-3}。各絕緣層之線膨脹係數係使用晶圓之彎度量測裝置，藉由測量彎度之溫度變化而求得。含有有機物之氧化矽膜之線膨脹係數(α_M)爲10^{-3}，添加磷之二氧化矽層、TEOS-二氧化矽層、或是等離子氮化矽層之線膨脹係數(α_h)都爲7×10^{-6}。又，接線3之厚度d_M，較準確而言是襯裡材2與鋁接線3之厚度合計400 nm。

又，在作爲比較例之習知構造之加速條件下的EM平均壽命(MTF)爲75小時，且在表1中設有一就該MTF間作比較之欄，在一與本發明相同之加速條件下，MTF未達90小時者表示成與習知品同程度，90小時以上未達120小時者，表示成比習知品還好，120小時以上者表示成比習知品顯著提高。

又，電流密度係數n在習知楊氏模數相當大之絕緣層中，於EM中緊靠接線之絕緣層不會產生變形，在這樣之條件下n=2，不會變成比2還大。另一方面，如本實施例之接線構造般，在絕緣層會在受到來自接線之應力而產生變形的條件下，n爲一比2還大的值。當僅於接線上作成第一絕緣層4時，如表1所示，MTF雖比習知品顯著提高，且n值雖比2還大，會爲產生裂痕。藉由於第一絕緣層4上作成一10 nm厚的第二絕緣層5，將可以防止裂痕之發生。第二絕緣層5之厚度若不變化，在s值比5×10^{-4}還大之構造下，雖然不會引起裂痕之發生，但MTF與n值都與習知品相同。

（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（ 13）

在s值爲5×10^{-4}以下之接線構造，MTF比習知品提高20%以上，且n爲一比2還大之值。又，當s值在3.2×10^{-4}以下時，n同樣有一比2還大的值，且MTF比習知品提高60%以上。

像這樣，第二絕緣層5之厚度若爲添加磷之二氧化矽層且爲1300 nm，若爲TEOS-二氧化矽層且爲300 nm以下，若爲等離子氮化矽層且爲200 nm以下，則可以解決裂痕耐性、吸水性、透水性等問題，且MTF提高。

其次，說明第一絕緣層4爲15 GPa以下，第二絕緣層5爲15 GPa以上之理由。

在一與圖1所示構造相同之構造中，使第一絕緣層4之楊氏模數作各種變化，而進行實驗時之s值、MTF、電流密度係數n、以及裂痕耐性等表示於表2中。

（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（ 14 ）

表 2

第一絕緣層	第二絕緣層	ds(nm)	dh(nm)	s	MTF	n	裂痕耐性
有機 SOG(5GPa)	SiN	400	0	9.8×10^{-5}	◎	>2	×
有機 SOG(5GPa)	SiN	400	10	1.4×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG(5GPa)	SiN	400	50	2.8×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG(8GPa)	SiN	400	0	1.5×10^{-4}	◎	>2	×
有機 SOG(8GPa)	SiN	400	10	1.9×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG(8GPa)	SiN	400	50	3.2×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG(10GPa)	SiN	400	0	1.9×10^{-4}	◎	>2	×
有機 SOG(10GPa)	SiN	400	10	2.3×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG(10GPa)	SiN	400	50	3.5×10^{-4}	◎	>2	○
添加 F 之 SiO_2(15GPa)	SiN	400	0	2.7×10^{-4}	◎	>2	×
添加 F 之 SiO_2(15GPa)	SiN	400	10	3.1×10^{-4}	◎	>2	○
添加 F 之 SiO_2(15GPa)	SiN	400	100	4.1×10^{-4}	○	>2	○
添加 F 之 SiO_2(28GPa)	SiN	400	0	4.7×10^{-4}	○	>2	×
添加 F 之 SiO_2(28GPa)	SiN	400	10	5.0×10^{-4}	△	2	○
添加 F 之 SiO_2(28GPa)	SiN	400	50	5.7×10^{-4}	△	2	○
添加 F 之 SiO_2(28GPa)	SiN	400	0	5.7×10^{-4}	△	2	○
添加 F 之 SiO_2(28GPa)	SiN	400	10	5.9×10^{-4}	△	2	○
添加 F 之 SiO_2(28GPa)	SiN	400	50	6.5×10^{-4}	△	2	○
TEOS(57GPa)	SiN	400	0	8.0×10^{-4}	習知品	2	○
TEOS(57GPa)	SiN	400	10	8.1×10^{-4}	習知品	2	○
TEOS(57GPa)	SiN	400	50	8.4×10^{-4}	習知品	2	○

(EM可靠度：◎比習知品顯著提高，○比習知品提高；△與習知品相同)

在表示於表2中之實驗係於形成鋁接線3後，以有機SOG

本紙張尺度適用中國國家標準(CNS)A4規格(210×297公釐)

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

五、發明說明（ 15）

層、添加磷之二氧化矽層、TEOS-二氧化矽層並進行各種變更，而形成一用以形成於鋁接線3上面之第一絕緣層4。又，在有機SOG層中，在450℃下，分別以30分鐘、45分鐘、60分鐘進行成膜後之熱處理時間；另，在形成一添加磷之二氧化矽層時，分別使所被添加之磷的濃度變化成4RI%、6RI%、8RI%，並使楊氏模數變化。各絕緣層之楊氏模數依添加磷之二氧化矽層之磷濃度愈少之順序下，分別爲36 GPa、28 GPa、15 GPa。含有有機物之氧化矽層的楊氏模數依熱處理時間愈長之順序，分別爲10 GPa、8 GPa、5 GPa。藉由上述，即實現了一具有5 GPa至57 GPa範圍之楊氏模數的第一絕緣層 4。

又，在該第一絕緣層4上，分別作成一10 nm或50 nm厚之等離子氮化矽層，作爲第二絕緣層5。又，爲與本發明相比較，並顯示一以鋁作爲接線3，且以一TEOS-二氧化矽層取代第一絕緣層4，以10 nm或50 nm之等離子氮化矽層取代第二絕緣層5之情形。

當形成於接線上方部位之第一絕緣層4的楊氏模數在36 GPa以上時，即使單層，亦即沒有第二絕緣層5被形成時，亦不會產生裂痕，但是EM耐性則未見比習知品還提高。當楊氏模數在28 GPa時，在單層下即見到EM耐性之提高，但在單層下有裂痕之發生。在15 GPa以下時，在單層下雖然有裂痕產生，但任何一層都因層疊有一10 nm厚之等離子氮化矽層，而可以防止裂痕之發生。又，在楊氏模數爲15 GPa以下之絕緣層中，等離子氮化矽層之厚度不管是10 nm或是50 nm，都顯示出一比習知品還高的EM耐性。

（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（ 16）

根據上述，可以了解到第一絕緣層4之楊氏模數有必要設定爲15 GPa以下。又，若考量到裂痕耐性、吸水性、透水性，由於需要一楊氏模數比第一絕緣層4還高的第二絕緣層5，第二絕緣層5之楊氏模數即必須在15 GPa以上。

又，該楊氏模數在15 GPa以下的第一絕緣層4，在使用一以含有上述層以外之有機物的氧化矽層爲主成分的層，或是一含有以聚醯亞胺爲代表之有機層、無機添加物之氧化矽層時，亦可獲得一樣的效果。

(第二實施例)

圖2爲一有關本發明之第二實施例之半導體裝置之截面圖。在本實施例中，將就一在接線上面以及側面都緊靠者形成楊氏模數在15 GPa以下之絕緣層的場合作說明。在以下之實施例中，共通之構造標以相同符號，而省略其詳細說明。

如圖2所示，在TEOS-二氧化矽層1上形成有一接線3。在該TEOS-二氧化矽層1之整面上，形成一第一絕緣層4，且緊靠該接線3之上面及側面。在該第一絕緣層4上，形成第二絕緣層5。又，在接線3與TEOS-二氧化矽層1之間，形成有襯裡材2，而且，在接線3與第一絕緣層4之間形成有一反射防止層21。第一絕緣層4由楊氏模數在15 GPa以下之材料所組成，第二絕緣層5由楊氏模數在15 GPa以上之材料所組成。在以下之實施例中亦一樣。

在本實施例中，第一絕緣層4爲一含有有機物之氧化矽層，第二絕緣層5爲一添加磷之二氧化矽層、TEOS-二氧化矽層、或等離子氮化矽層，襯裡材2爲Ti/TiN，接線3爲鋁

（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（ 17）

。

又，接線3、第一絕緣層4以及第二絕緣層5之各參數作成滿足第一實施例中所示之式(2)條件。其中，第一絕緣層4之厚度d_s爲自一與TEOS-二氧化矽層之界面至一與第二絕緣層5之界面之間的厚度。

以下說明本半導體裝置之製造方法。

在TEOS-二氧化矽層1上，形成一由20 nm之鈦層與10 nm之氮化鈦層之疊層構造所組成之襯裡材2a。接著，作成一400 nm之接線材料層、以及一由5 nm之鈦層和60 nm之氮化鈦層之疊層構造所成之反射防止層21。之後，以RIE法，進行圖案製作，而形成接線3。

其次，作一第一絕緣層4作爲鈍化層。此時，第一絕緣層4之厚度(在圖2中爲d_s)爲600 nm。再於第一絕緣層4上，形成第二絕緣層5。

第二絕緣層5之厚度若爲添加磷之二氧化矽層爲1500 nm下，若爲TEOS-二氧化矽層爲400 nm以下，若爲等離子氮化矽層爲100 nm。

又，在以下之實施例中，之所以作成一接線3、第一與第二絕緣層4、5之疊層構造的理由，以及第一絕緣層4爲15 GPa以下而第二絕緣層5爲15 GPa以上之理由，與第一實施例相同，而省略。

就一如上所述般製成之半導體裝置而言，在一與第二實施例相同之條件下，對第二絕緣層5之厚度與材料進行各種變更而進行實驗下的絕緣層4和5之厚度、s值、MTF、電流密度係數n、以及裂痕耐性等顯示於下之表3中。又，

（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（ 18 ）

爲與本發明作一比較，並就一在鋁接線上方部位層疊有一TEOS-二氧化矽層(600 nm)與等離子氮化矽層(600 nm)之習知構造，進行相同之實驗。

表 3

第一絕緣層	第二絕緣層	ds(nm)	dh(nm)	s	MTF	n	裂痕耐性
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	600	0	1.3×10^{-4}	◎	>2	×
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	600	10	1.4×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	600	100	2.2×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	600	400	3.5×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	600	500	3.8×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	600	1000	4.5×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	600	1500	4.9×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	600	2000	5.1×10^{-4}	△	2	○
有機 SOG	TEOS	600	10	1.5×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	TEOS	600	100	2.7×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	TEOS	600	200	3.6×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	TEOS	600	400	4.8×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	TEOS	600	500	5.1×10^{-4}	△	2	○
有機 SOG	SiN	600	10	1.6×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	SiN	600	50	2.7×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	SiN	600	100	3.7×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	SiN	600	200	5.1×10^{-4}	△	2	○
有機 SOG	SiN	600	400	6.7×10^{-4}	△	2	○
TEOS	SiN	600	600	9.6×10^{-4}	習知品	2	○

(EM可靠度：◎比習知品顯著提高，○比習知品提高；△與習知品相同)

接線之厚度d_M在合計襯裡材2、接線3、以及反射防止層21之厚度之下，爲495 nm。至於MTF，係在以一取代第

（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（ 19）

一與第二絕緣層4和5，而形成一TEOS-二氧化矽層/氮化矽層層疊構造之習知構造爲基準下，與第一實施例相同地進行判斷。

如表3所示，在接線3上僅作成一第一絕緣層4而不形成第二絕緣層5時，雖然MTF比習知顯著提高，n值亦不比2大，但卻發生裂痕。藉由在第一絕緣層4上形成一第二絕緣層10 nm，則可以防止裂痕之發生。

若使第二絕緣層5之厚度變化，在一s值比5×10^{-4}還大的構造中，雖然不會產生裂痕，但MTF、n值都與習知品差不多。在其s值爲5×10^{-4}以下的接線構造中，MTF則比習知品提高20%以上，且n爲一比2還大之值。進一步，當s值在3.2×10^{-4}以下時，n同樣爲一比2大之值，且MTF比習知品提高60%以上。

像這樣，根據本實施例，在一於接線之上面與側面都緊接形成有一楊氏模數在15 GPa以下之絕緣層的構造中，與第一實施例一樣，不僅解決裂痕耐性、吸水性、透水性問題，亦可使EM可靠度提高。又，藉由在接線3之側面形成第一絕緣層4，其EM可靠度將比第一實施例還提高。

(第三實施例)

圖3(a)爲一有關本發明之第三實施例之半導體裝置之截面圖。在本實施例中，係就一在接線之全面都爲楊氏模數15 GPa以下之絕緣層所圍繞之情形作說明。

如圖3(a)所示，熱氧化之二氧化矽層31上，形成有第一絕緣層4。該第一絕緣層4爲一由層間絕緣層4a與4b所成之

（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（ 20）

層疊構造，且在層間絕緣層4a上形成有凹槽。該凹槽之底面與側面形成有一襯裡材2而為其所覆蓋。進一步，隔著該襯裡材2，在凹槽內填入而形成一接線3。又，在第一絕緣層4上，形成有第二絕緣層5。進一步，在該第二絕緣層5上，形成有一等離子氮化矽層32。第一絕緣層4由一楊氏模數在15 GPa以下之材料所組成，第二絕緣層5由一楊氏模數在15 GPa以上之材料所構成。

在本實施例中，第一絕緣層4為一含有有機物之氧化矽層，第二絕緣層5為添加磷之二氧化矽層，或是TEOS-二氧化矽層，襯裡材2為鉭，接線3為鋁。

又，接線3、第一絕緣層4與第二絕緣層5之各項參數滿足第一實施例所示之式(2)。其中，第一絕緣層4之厚度d_s為一自一與熱氧化二氧化矽層31之界面至一與第二絕緣層5之界面間的厚度。

以下說明本半導體裝置之製造方法。

首先，在圖示未示之基體上，作成一熱氧化二氧化矽膜31，並形成一800 nm之層間絕緣層4a，並進行一供成為接線之凹槽的加工。凹槽之深度為400 nm。由鉭組成之襯裡材2作成15 nm，接著以回流濺鍍法在凹槽內形成一接線材料層。之後，以CMP法，將凹槽以外之接線材料加以除去而平坦化，進而形成接線3，並於其上面形成一400 nm之層間絕緣層4b。於一由層間絕緣層4a與4b所組成之第一絕緣層4上方，形成一第二絕緣層5，再於其上形成一600 nm之等離子氮化矽層32。

（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（ 21）

第二絕緣層5之厚度若爲添加磷之二氧化矽層則爲3000 nm以下，若爲TEOS-二氧化矽層則爲800 nm以下。

對一如上所述般製造之半導體裝置，在一和第二實施例一樣之條件下，對第二絕緣層5之厚度與材料進行各種變更而進行實驗時之絕緣層4與5之厚度、s值、MTF、電流密度係數n、以及裂痕耐性顯示於下表4中。

表4

第一絕緣層	第二絕緣層	ds(nm)	dh(nm)	s	MTF	n	裂痕耐性
有機SOG	添加F之SiO_2	1200	0	1.3×10^{-4}	◎	>2	×
有機SOG	添加F之SiO_2	1200	10	1.4×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	1200	400	2.8×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	1200	800	3.5×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	1200	1000	3.8×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	1200	2000	4.5×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	1200	3000	4.9×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	1200	4000	5.1×10^{-4}	△	2	○
有機SOG	TEOS	1200	10	1.4×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	TEOS	1200	100	2.1×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	TEOS	1200	300	3.2×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	TEOS	1200	400	3.6×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	TEOS	1200	800	4.8×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	TEOS	1200	1000	5.1×10^{-4}	△	2	○
TEOS	SiN	1600	600	8.8×10^{-4}	習知品	2	○

(EM可靠度：◎比習知品顯著提高，○比習知品提高；△與習知品相同)

又，爲與本發明作一比較，並就一以TEOS-二氧化矽層/氮化矽層作爲層間絕緣層之具有鋁接線的習知構造，進行

（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（ 22）

相同之EM實驗。在圖3(b)中顯示該比較例之斷面圖。如圖3(b)所示，與本實施例不同之地方在於取代第一絕緣層4與第二絕緣層5，而僅以TEOS-二氧化矽層來形成層間層。TEOS-二氧化矽層之厚度爲1600 nm。

在本實施例中，第一絕緣層4之膜厚d_s自一與形成該接線3下方之熱氧化二氧化矽層31間之界面，至一與接線3上方之第二絕緣層5間之界面爲止之厚度合計爲1200 nm。第二絕緣層5僅爲一緊靠第一絕緣層4之上面之添加磷的二氧化矽層或TEOS-二氧化矽層，最上層之等離子氮化矽層32由於沒有直接接觸第一絕緣層4，所及之影響非常小，因而不含在第二絕緣層5內。

在MTF方面，以圖3(b)所示之TEOS-二氧化矽/氮化矽層積層作爲層間絕緣層用之接線爲基準，與上述實施例一樣地進行判斷。當在接線3上僅有一第一絕緣層4時，如表4所示，MTF比習知品顯著提高，n值比2還大，但有裂痕發生。藉由在第一絕緣層4上，作成一10 nm之第二絕緣層5-，即可防止裂痕之發生。

若使第二絕緣層5之厚度變化，在一s值比5×10^{-4}還大的構造中，雖然不會產生裂痕，但MTF、n值都與習知品差不多。在其s值爲5×10^{-4}以下的接線構造中，MTF則比習知品提高20%以上，且n爲一比2還大之值。進一步，當s值在3.2×10^{-4}以下時，n同樣爲一比2大之值，且MTF比習知品提高60%以上。

像這樣，根據本實施例，當作成接線之全面都有一楊氏

（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（ 23）

模數在15 GPa以下之絕緣層圍繞時，與第一、第二實施例一樣，不僅解決裂痕耐性、吸水性、透水性問題，亦可使EM可靠度提高。又，藉由將第一絕緣層4形成於接線3之側面之更下方，其EM可靠度將比第一、第二實施例還提高。

（第四實施例）

圖4(a)係關於本發明之第四實施例之半導體裝置之截面圖。在本實施例中，在多層接線之各接線間，使用一具有15 GPa以下楊氏模數之絕緣層，且在層間使用一具有比15 GPa還大之楊氏模數的絕緣層之場合作說明。

如圖4(a)所示，在TEOS-二氧化矽層1上形成有一第一絕緣層4。在第一絕緣層4內，隔著襯裡材2，填入而形成第一接線41。在該第一接線41與第一絕緣層4上，形成有一第二絕緣層5。在該第二絕緣層5上，形成一層間絕緣層42，並於該層間絕緣層42上，形成一凹槽；接著，在該凹槽之某一部位，穿過第二絕緣層5，連通第一接線41形成有一通道孔。該通道孔以及凹槽上填入形成第二接線43。該第二接線43除了上表面外形成有襯裡材2，在第二接線43與第二絕緣層5上，形成有一TEOS-二氧化矽層1。進一步，於該TEOS-二氧化矽層上，形成有一等離子氮化矽層32。

又，接線41、第一絕緣層4、及第二絕緣層5之各參數作成滿足第一實施例中所示式子(2)。

以下說明該半導體裝置之製造方法。

首先，在一被形成於TEOS-二氧化矽層1上之第一絕緣

（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（ 24）

層4上形成一凹槽，並在該凹槽內，隔著襯裡材2，而以嵌入法製程填入而形成第一接線41。其次，在該第一接線41與第一絕緣層4上，層積而形成第二絕緣層5與層間絕緣層42。接著，以RIE法等，選擇性除去層間絕緣層42和第二絕緣層5，而設置出一通達第一接線41之通道孔後，包含該通道孔所被設置之區域，選擇性地除去層間絕緣層42，而形成凹槽。其次，包含通道孔在內形成一覆蓋凹槽表面之襯裡材2，再於該凹槽內，以雙嵌入法，填入而形成第二接線43。

在本實施例中，第一與第二接線41、43都以鋁形成，第一絕緣層4使用一含有有機物之氧化矽層(300 nm)，第二絕緣層5使用一添加磷之二氧化矽層、TEOS-二氧化矽層、及等離子氮化矽層等其中之一。又，形成在在第二接線43之上方部位作爲鈍化層之TEOS-二氧化矽層1以及等離子氮化矽層32之厚度各爲600 nm。第二絕緣層5之厚度作成在爲一添加磷之二氧化矽層時爲800 nm，在爲一TEOS-二氧化矽層時爲200 nm，在爲一等離子氮化矽層時爲50 nm以下。

對一如上所述般製造之半導體裝置，對第二絕緣層5之厚度與材料進行各種變更而進行實驗時之絕緣層4與5之厚度、s值、MTF、電流密度係數n、以及裂痕耐性顯示於下表表5中。

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（ 25）

表 5

第一絕緣層	第二絕緣層	ds(nm)	dh(nm)	s	MTF	n	裂痕耐性
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	300	0	1.3×10^{-4}	◎	>2	×
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	300	10	1.5×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	300	100	2.8×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	300	200	3.5×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	300	300	4.0×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	300	400	4.3×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	300	800	5.0×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	添加 F 之 SiO_2	300	1300	5.1×10^{-4}	△	2	○
有機 SOG	TEOS	300	10	1.7×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	TEOS	300	50	2.7×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	TEOS	300	100	3.6×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	TEOS	300	200	4.8×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	TEOS	300	300	5.4×10^{-4}	△	2	○
有機 SOG	SiN	300	10	1.9×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	SiN	300	30	2.9×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG	SiN	300	50	3.7×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG	SiN	300	100	5.1×10^{-4}	△	2	○
有機 SOG	SiN	300	200	6.7×10^{-4}	△	2	○
TEOS	SiN	1600	600	8.8×10^{-4}	習知品	2	○

(EM可靠度：◎比習知品顯著提高，○比習知品提高；△與習知品相同)

又，爲與本發明作一比較，並就一以TEOS-二氧化矽層1作爲所有層間絕緣層之具有鋁接線的習知構造，進行相同之EM實驗。在圖4(b)中顯示該比較例之斷面圖。如圖4(b)所示，與本實施例不同之地方在於取代一由第一絕緣層4、第二絕緣層5、以及層間絕緣層42所組成之層，而

（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（ 26）

僅以TEOS-二氧化矽層來形成層間層。

接線厚度d_M爲第一接線41之厚度(300 nm)，具有15 GPa下之楊氏模數的第一絕緣層4之厚度d_s爲一在第一接線41之接線間之含有有機物之氧化矽層的厚度(300 nm)。第二絕緣層5之厚度d_h爲一位於第一與第二接線41、43之層間的添加磷之二氧化矽層、TEOS-二氧化矽層、或是等離子氮化矽層任一者。

在MTF方面，以圖4(b)所示之TEOS-二氧化矽/氮化矽層積層作爲層間絕緣層用之接線爲基準進行判斷。

當在接線41上僅有一含有有機物之氧化矽層時，如表5所示，MTF比習知品顯著提高，n值比2還大，但有裂痕發生。藉由在第一絕緣層4上，作成一10 nm之第二絕緣層5，即可防止裂痕之發生。若使第二絕緣層5之厚度變化，在一s值比5×10^{-4}還大的構造中，雖然不會產生裂痕，但MTF、n值都與習知品差不多。在其s值爲5×10^{-4}以下的接線構造中，MTF則比習知品提高20%以上，且n爲一比2還大之值。進一步，當s值在3.2×10^{-4}以下時，n同樣爲一比2大之值，且MTF比習知品提高60%以上。

(第五實施例)

圖5(a)係關於本發明之第五實施例之半導體裝置之截面圖。在本實施例中，就一在多層接線之接線間、層間都使用一具有15 GPa以下楊氏模數之絕緣層之場合作說明。

如圖5(a)所示，在熱氧化二氧化矽層31上形成有一層間絕緣層4a。在該層間絕緣層4a內，形成有一預定深度之凹

（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（ 27）

槽。在該凹槽內，隔著襯裡材2埋填形成有第一接線41。在該第一接線41與層間絕緣層4a上，形成層間絕緣層4b，且在該層間絕緣層4b上，形成一預定深度之凹槽，與一通達第一接線41之通道孔。在該凹槽與通道孔中，隔著襯裡材2，埋填形成第二接線43。

在第二接線43與層間絕緣層4b上形成有層間絕緣層4c，在該層間絕緣層4c上，形成有一預定深度之凹槽、以及一通達第二接線43之通道孔。該凹槽與通道孔中，形成有第三接線51。又，在該第三接線41與層間絕緣層4c上，隔著層間絕緣層4d，形成有一第二絕緣層5作爲鈍化層。又，包含層間絕緣層4a～4d在內稱爲第一絕緣層4。第一至第三接線41、43、及44之厚度總共400 nm。

又，接線3、第一絕緣層4、及第二絕緣層5之各參數作成滿足第一實施例中所示式子(2)。

以下說明該半導體裝置之製造方法。又，與第四實施例共通之部分的詳細說明予以省略。在本實施例中，於第一接線41中使用鋁嵌入接線，通道與第二、三接線43、51則以雙嵌入法作成。

以層間絕緣層4a～4d構成之第一絕緣層4都是使用第一實施例所載含有有機物之氧化矽層。第一絕緣層4之總厚度爲2800 nm，第二絕緣層5爲等離子氮化矽層，其厚度在800 nm以下。

對一如上所述般製造之半導體裝置，在一和上述實施例相同之條件下，對第二絕緣層5之厚度進行各種變更而進

（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（ 28 ）

行實驗時之絕緣層4與5之厚度、s值、MTF、電流密度係數n、以及裂痕耐性顯示於下示表6中。

表6

第一絕緣層	第二絕緣層	ds(nm)	dh(nm)	s	MTF	n	裂痕耐性
有機SOG	SiN	2800	0	1.3×10^{-4}	◎	>2	×
有機SOG	SiN	2800	10	1.4×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	SiN	2800	200	2.5×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	SiN	2800	400	3.4×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	SiN	2800	500	3.8×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	SiN	2800	800	4.8×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	SiN	2800	1000	5.2×10^{-4}	△	2	○
TEOS	SiN	2800	600	8.5×10^{-4}	習知品	2	○

本實施例之半導體裝置中，將第一～第三接線41、43、及51之各接線視爲試驗接線，而進行了EM試驗。

又，爲與本發明作一比較，並就一以TEOS-二氧化矽作爲所有層間絕緣層之具有鋁接線的習知構造，亦進行相同之EM實驗。在圖5(b)中顯示該比較例之斷面圖。如圖5(b)所示，與本實施例不同之地方僅在於取代第一絕緣層4，而以TEOS-二氧化矽層1形成層間層。TEOS-二氧化矽層1之厚度爲2800 nm。

接線厚度d_M爲第一至第三接線41、43、及51之合計厚度(1200 nm)，具有15 GPa下之楊氏模數的第一絕緣層4之厚度ds爲層間絕緣層4a～4d之合計厚度(2800 nm)。第二絕緣層5之厚度d_h爲等離子氮化矽層之厚度。至於MTF，係以圖5(b)所示之TEOS-二氧化矽/氮化矽層積層作爲層間絕緣層用之半導體裝置爲基準進行判斷。

（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（ 29）

當僅作成第一絕緣層4時，如表6所示，MTF比習知品顯著提高，n值亦比2還大，但有裂痕發生。藉由在第一絕緣層4上，作成一10 nm之第二絕緣層5，可防止裂痕之發生。若使第二絕緣層5之厚度變化，在一s值比5×10^{-4}還大的構造中，雖然不會產生裂痕，但MTF、n值都與習知品差不多。在其s值爲5×10^{-4}以下的接線構造中，MTF則比習知品提高20%以上，且n爲一比2還大之值。進一步，當s值在3.2×10^{-4}以下時，n同樣爲一比2大之值，且MTF比習知品提高60%以上。

以第二層接線、第三層接線作爲試驗接線而進行實驗時，亦獲得相同之結果。

（第六實施例）

圖6(a)係關於本發明之第六實施例之半導體裝置之截面圖。在本實施例中，就一在多層接線之接線間、層間所使用之絕緣層材料雖然不同，但都具有15 GPa以下之楊氏模數之場合作說明。

如圖6(a)所示，在熱氧化二氧化矽層31上層疊一層間絕緣層61與62。在該層間絕緣層62上，形成一凹槽。在該凹槽內，埋填形成有第一接線41。在該第一接線41與層間絕緣層62上，層疊形成層間絕緣層63與64，並形成有一貫通層間絕緣層63與64而達第一接線41的通道孔，且在層間絕緣層64中，形成有一包含該通道孔的區域。於包含該通道孔之凹槽內，埋填形成有第二接線43。在第二接線43與層間絕緣層64上方，層疊形成有層間絕緣層65以及作爲鈍化

（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
張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

五、發明說明（ 30）

層之第二絕緣層5。又，在第一與第二接線之底面與側面上，形成有襯裡材2；而且，在本實施例中，層間絕緣層61至65作爲第一絕緣層4。

第一以及第二接線41、43之厚度爲300 nm。設於接線41、43之側部的層間絕緣層62、64分別爲厚度300 nm之含有有機物之氧化矽層，層間絕緣層61、63以及65分別爲400 nm厚之聚醯亞胺層。又，第二絕緣層5爲等離子氮化矽層。

又，接線41、第一絕緣層4、及第二絕緣層5之各參數作成滿足第一實施例中所示式子(2)。

又，本半導體裝置之第一接線41使用鋁嵌入接線，通道與第二接線43以雙嵌入法作成。第二絕緣層5之厚度作成在500 nm以下，其它製造方法與上述實施例相同而在此省略說明。

對一如上所述般製造之半導體裝置，在一和上述實施例相同之條件下，對第二絕緣層5之厚度進行各種變更而進行實驗時之絕緣層4與5之厚度、s值、MTF、電流密度係數n、以及裂痕耐性等顯示於下示表7中。

（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（ 31）

表 7

第一絕緣層	第二絕緣層	ds(nm)	dh(nm)	s	MTF	n	裂痕耐性
有機 SOG&聚醯亞胺	SiN	1800	0	1.2×10^{-4}	◎	>2	×
有機 SOG&聚醯亞胺	SiN	1800	10	1.3×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG&聚醯亞胺	SiN	1800	200	3.0×10^{-4}	◎	>2	○
有機 SOG&聚醯亞胺	SiN	1800	300	3.6×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG&聚醯亞胺	SiN	1800	500	4.7×10^{-4}	○	>2	○
有機 SOG&聚醯亞胺	SiN	1800	600	5.1×10^{-4}	△	2	○
有機 SOG&聚醯亞胺	SiN	1800	800	5.7×10^{-4}	△	2	○
TEOS	SiN	1800	600	8.8×10^{-4}	習知品	2	○

(EM可靠度：◎比習知品顯著提高，○比習知品提高；△與習知品相同)

本實施例之半導體裝置中，將第一與第二接線41、43之各接線視爲試驗接線，而進行了EM試驗。

又，爲與本發明作一比較，並就一以TEOS-二氧化矽作爲所有層間絕緣層之具有鋁接線的習知構造，亦同樣進行EM實驗。在圖6(b)中顯示該比較例之斷面圖。如圖6(b)所示，與本實施例不同之地方僅在於形成有一以TEOS-二氧化矽層1而成之層間層，以取代第一絕緣層4。TEOS-二氧化矽層1之厚度爲1800 nm。

接線厚度d_M爲第一與第二接線41、43之合計厚度(600 nm)；具有15 GPa下之楊氏模數的第一絕緣層4之合計厚度

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（ 32）

d_s、複合下之楊氏模數Es以及線膨脹係數α_s以下式定義。

$$d_s = d_{s1} + d_{s2} + d_{s3} + d_{s4} + d_{s5}$$

$$E_s = (d_{s1}E_{s1} + d_{s2}E_{s2} + d_{s3}E_{s1} + d_{s4}E_{s2} + d_{s5}E_{s1})/d_s$$

$$\alpha_s = (d_{s1}\alpha_{s1} + d_{s2}\alpha_{s1} + d_{s3}\alpha_{s1} + d_{s4}\alpha_{s1} + d_{s5}\alpha_{s1})/d_s$$

又，d_{s1}～d_{s5}、E_{s1}～E_{s5}、α_{s1}～α_{s5}依序分別爲層間絕緣層61～65之厚度、楊氏模數、以及線膨脹係數。在本實施例中所用之聚醯亞胺層之楊氏模數爲5.2 GPa，線膨脹係數爲10^{-5}。

由上式可知d_s=1800 nm、E_s=5.5 GPa、α_s=10^{-5}。第二絕緣層之厚度d_h爲等離子氮化矽層之厚度。至於MTF，係以圖6(b)所示之TEOS-二氧化矽/氮化矽層積層作爲層間絕緣層用之接線爲基準進行判斷。

當僅在接線上作成第一絕緣層4時，如表7所示，MTF比習知品顯著提高，n值亦比2還大，但有裂痕發生。藉由在第一絕緣層4上，作成一10 nm之第二絕緣層5，可防止裂痕之發生。若使第二絕緣層5之厚度變化，在一s值比5×10^{-4}還大的構造中，雖然不會產生裂痕，但MTF、n值都與習知品差不多。在其s值爲5×10^{-4}以下的接線構造中，MTF則比習知品提高20%以上，且n爲一比2還大之值。進一步，當s值在3.2×10^{-4}以下時，n同樣爲一比2大之值，且MTF比習知品提高60%以上。

以第二接線作爲試驗接線而進行實驗時，亦獲得相同之結果。

（第七實施例）

（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（ 33）

現以一接線材料爲銅或銅合金之場合作爲第七實施例來作說明。

在表8中，係就一將第一實施例所載構造中之鋁接線換成銅接線下之半導體裝置，進行實驗而得之絕緣層4與5之厚度、s值、MTF、電流密度係數n、以及裂痕耐性等作一顯示。

表8

第一絕緣層	第二絕緣層	ds(nm)	dh(nm)	s	MTF	n	裂痕耐性
有機SOG	添加F之SiO_2	400	0	1.3×10^{-4}	◎	>2	×
有機SOG	添加F之SiO_2	400	10	1.5×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	400	100	2.8×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	400	200	3.5×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	400	300	4.0×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	400	400	4.3×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	400	800	5.0×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	添加F之SiO_2	400	1300	5.1×10^{-4}	△	2	○
有機SOG	TEOS	400	10	1.7×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	TEOS	400	50	2.7×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	TEOS	400	100	3.6×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	TEOS	400	200	4.8×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	TEOS	400	300	5.4×10^{-4}	△	2	○
有機SOG	SiN	400	10	1.6×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	SiN	400	50	2.9×10^{-4}	◎	>2	○
有機SOG	SiN	400	100	4.2×10^{-4}	○	>2	○
有機SOG	SiN	400	200	5.8×10^{-4}	△	2	○
TEOS	SiN	600	600	9.9×10^{-4}	習知品	2	○

（EM可靠度：◎比習知品顯著提高，○比習知品提高；

（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（ 34）

△與習知品與相同）

由測量結果得知當為銅接線時，$k_1=1.2$，$k_2=10^{-3}$。襯裡材以及接線上方部位之障壁金屬為TiN或TaN。接線厚度d_M為襯裡材與接線上面之障壁層和銅厚度之合計，且為400 nm。接線材料之楊氏模數(E_M)以及線膨脹係數(α_M)為銅的物性值($E_M=126$ GPa，$\alpha_M=1.7\times10^{-5}$)。至於MTF，係以TEOS-二氧化矽/氮化矽層積層作為層間絕緣層用之接線為基準進行判斷。

如表8所示，當僅作成第一絕緣層4時，MTF比習知品顯著提高，n值亦比2還大，但有裂痕發生。藉由在第一絕緣層4上，作成一10 nm之第二絕緣層5，可防止裂痕之發生。若使第二絕緣層5之厚度變化，在一s值比5×10^{-4}還大的構造中，雖然不會產生裂痕，但MTF、n值都與習知品差不多。在其s值為5×10^{-4}以下的接線構造中，MTF則比習知品提高20%以上，且n為一比2還大之值。進一步，當s值在3.2×10^{-4}以下時，n同樣為一比2大之值，且MTF比習知品提高60%以上。

在上述構造中，第二絕緣層5之厚度在為添加磷之二氧化矽層時為1500 nm，在為TEOS-二氧化矽層時為300 nm以下，在為等離子氮化矽層時為100 nm以下。

又，在第二～第六實施例之所有構造中，接線材料為銅或銅合金時，亦可獲得一和鋁接線情形下相同之效果。當為銅接線時，接線以及和其相接之絕緣層之間雖存在有障壁層，但在計算s值時，該障壁層之厚度在其為導電層時加

（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（ 35）

計至接線厚度，而在爲絕緣物時則加計至絕緣層之厚度。

本發明並不限定於以上實施例。

又，各層之形成方法除了旋轉塗覆以外，一以CVD法、蒸鍍聚合、濺鍍法等製作而成之含有有機物之氧化矽層等亦可獲得同樣之效果。又，含有有機物之氧化矽層之添加物可爲Ti、氧化鋯或鋁之金屬氧化物。

襯裡材除了鉭以外，用Ti、TiN、Ta或TaAl等時亦可獲得相同效果。

[發明之效果]

根據以上詳述之本發明，緊臨接線形成第一絕緣層，再緊臨該第一絕緣層形成一楊氏模數比第一絕緣層還低的第二絕緣層，以此結構，並適當設定各參數，使作用於接線上之應力的溫度梯度$s<5\times10^{-4}$，藉此，將可以保持接線之裂痕耐性，且EM可靠度顯示提高。

（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：半導體裝置）

本發明之課題在於保持裂痕耐性，並使EM耐性提高。本發明所揭半導體裝置具備：一由鋁組成之接線、一緊臨該接線3上面形成之由含有有機物之氧化矽組成的第一絕緣層4、以及一緊接該第一絕緣層4上面形成之由一楊氏模數比第一絕緣層4還高且添加有磷之二氧化矽所組成的第二絕緣層5，其中接線3之厚度d_M為400 nm，第一絕緣層4之厚度d_S為400 nm，第二絕緣層5之厚度d_h為10 nm。

日文發明摘要（發明之名稱：“半導体装置”）

【課題】クラック耐性を保持しつつＥＭ耐性を向上させる。
【解決手段】Ａｌからなる配線３と、この配線３の上面に接して形成された有機を含む酸化シリコンからなる第１の絶縁膜４と、この第１の絶縁膜４の上面に接して形成され、第１の絶縁膜４よりもヤング率の高いＦ添加ＳｉＯ₂からなる第２の絶縁膜５とを具備してなる半導体装置であって、配線３の膜厚ｄMは４００ｎｍ、第１の絶縁膜４の膜厚ｄSは４００ｎｍ、第２の絶縁膜５の膜厚ｄhは１０ｎｍにして形成される。
【選択図】　図１

（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）

A8
B8
C8
D8

六、申請專利範圍

1. 一種半導體裝置，其具備一接線、第一絕緣層、與一第二絕緣層，第一絕緣層緊臨該接線之至少一面而形成，第二絕緣層緊臨該第一絕緣層上而形成，且楊氏模數比該第一絕緣層還高，其特徵在於：

若設定成該接線、該第一絕緣層、以及該第二絕緣層之線膨脹係數分別爲 α_M、α_s、α_h，楊氏模數分別爲 E_M、E_s、E_h，厚度分別爲 d_M、d_s、d_h，依構成該接線之材料而定之係數爲 k_1、k_2，且定義 $d_I=d_s+d_h$、$E_I=(d_sE_s+d_hE_h)/d_I$、$\alpha_I=(d_s\alpha_s+d_h\alpha_h)/d_I$，作用於該接線之應力的溫度梯度爲 s，則該接線、該第一絕緣層、該第二絕緣層滿足下式條件

$$s=k_1\frac{E_ME_I}{E_M+E_I}\bullet\left(\alpha_M-k_2\alpha_I\frac{d_I}{d_M}\right)<5\times10^{-4} \qquad \text{...(式1)}$$

2. 如申請專利範圍第1項之半導體裝置，其中該第一絕緣層以楊氏模數在15 GPa以下之材料形成，該第二絕緣層以楊氏模數在15 GPa以上之材料形成。

3. 如申請專利範圍第1項之半導體裝置，其特徵在於該第一絕緣層爲一由異質材料組成之層積層，若將由該接線側數起第i個絕緣層之厚度設爲 d_{si}，楊氏模數設爲 E_{si}，線膨脹係數設爲 α_{si}，則

$$d_s=\sum_i d_{si}$$

$$E_S=\left(\sum_i d_{si}E_{si}\right)/d_s$$

$$\alpha_s=\left(\sum_i d_{si}E_{si}\right)/d_s \qquad \text{.....(式2)}$$

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
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

4. 如申請專利範圍第1、2或3項之半導體裝置，其特徵在於該第一層至少具有一層以含有有機材料之氧化矽爲主成分而成之層。

5. 如申請專利範圍第4項之半導體裝置，其特徵在於該有機材料爲甲基爲主成分。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂

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）

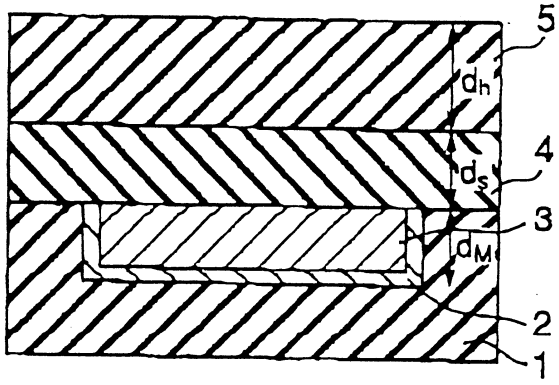


圖 1

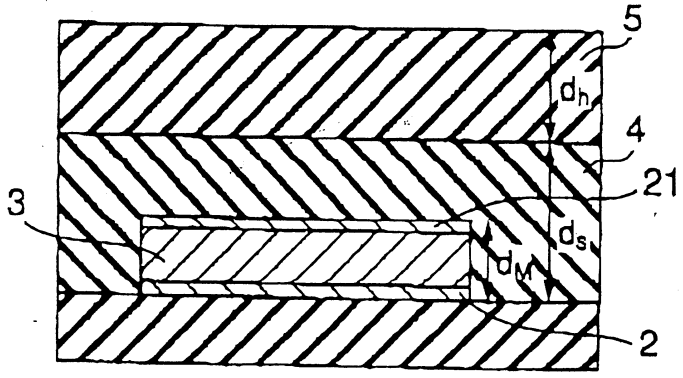
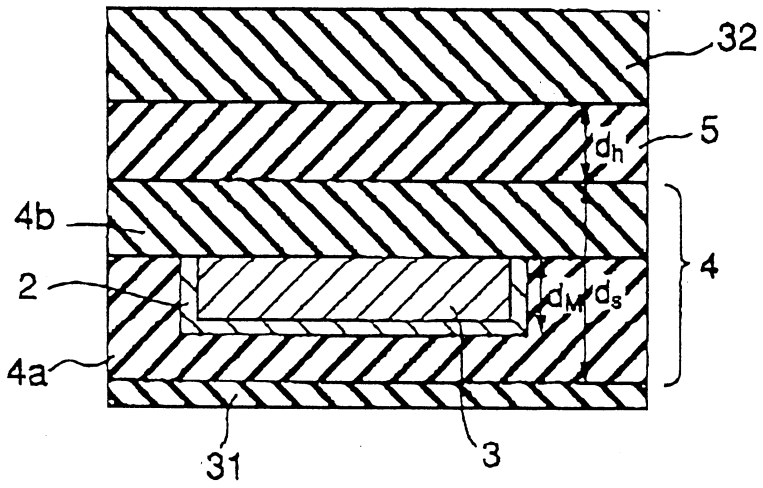


圖 2

(a)



(b)

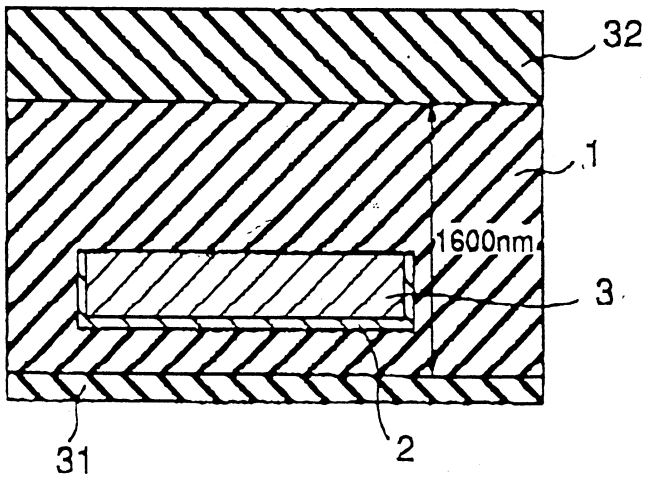


圖 3

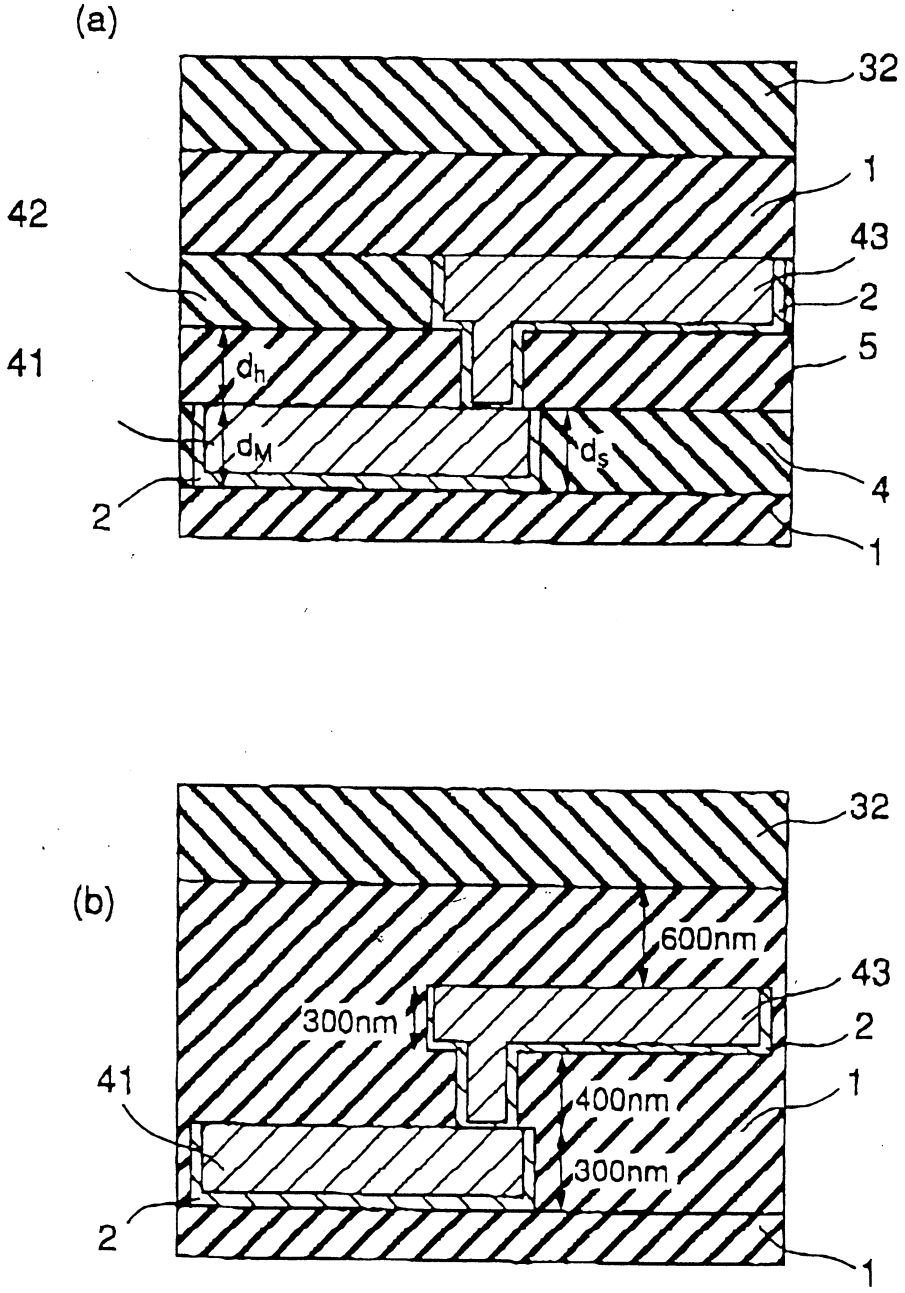

(a)
32
1
42
43
2
41
5
d_h
d_M
d_S
4
2
1
(b)
32
600nm
43
300nm
2
41
1
400nm
300nm
2
1

圖 4

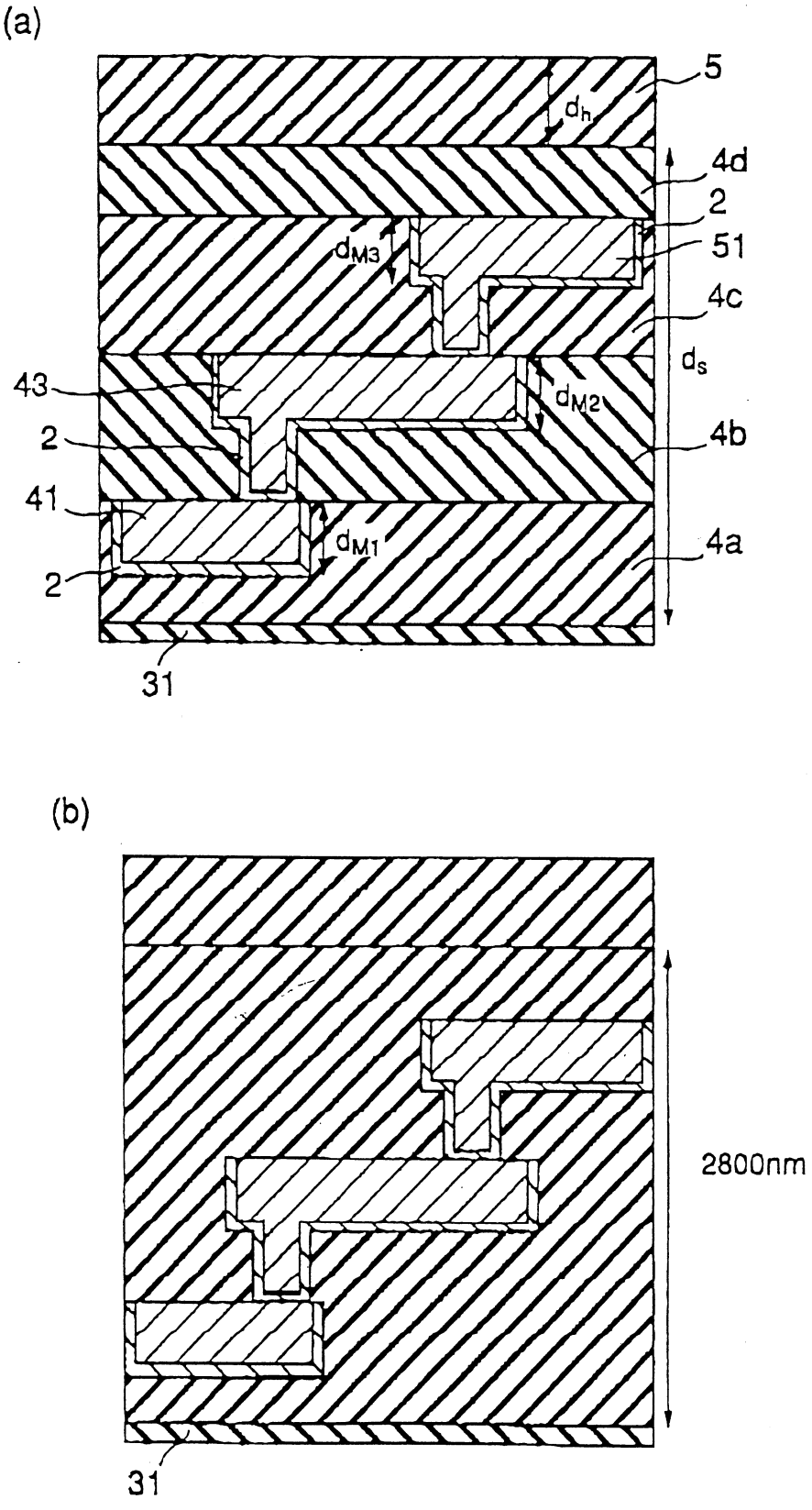
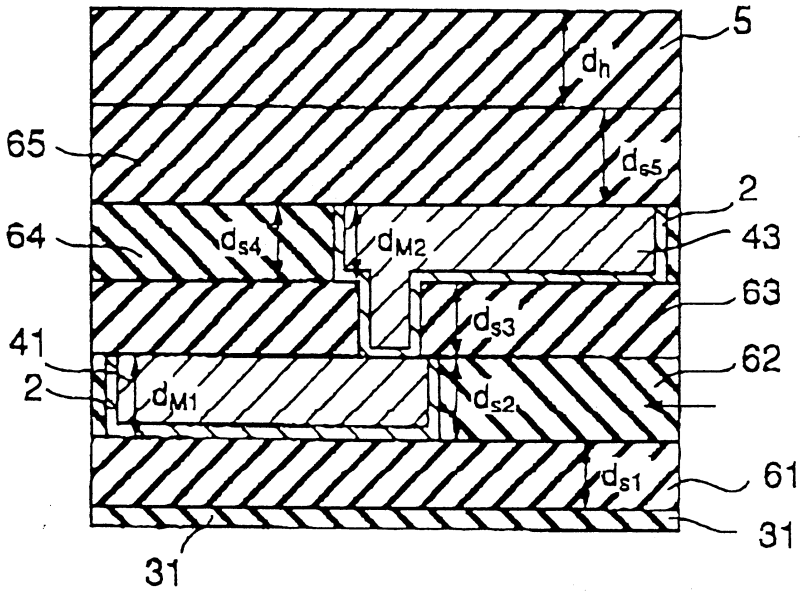


圖 5

(a)


5
d_h
65
d_{s5}
2
64
d_{s4}
d_{M2}
43
63
d_{s3}
41
62
2
d_{M1}
d_{s2}
d_{s1}
61
31
31

(b)

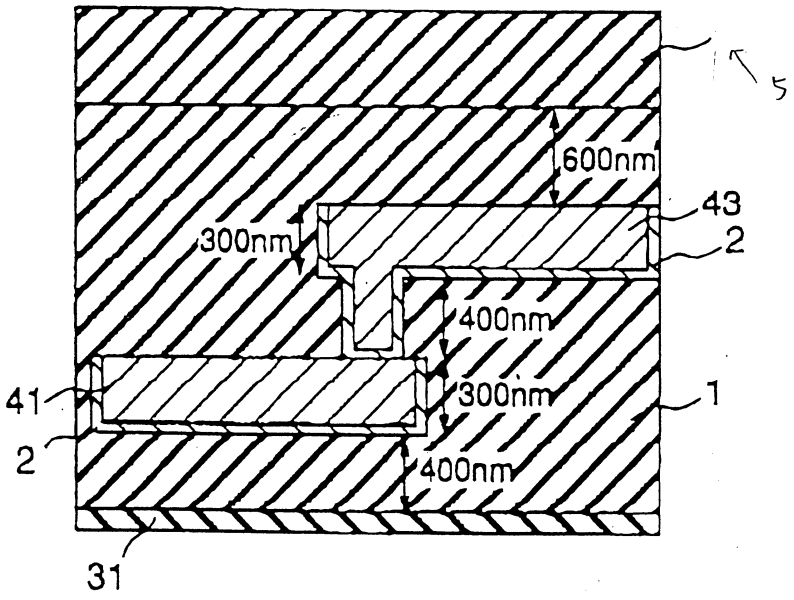

5
600nm
43
300nm
2
400nm
41
300nm
1
2
400nm
31

圖 6