200821416（收文時黏貼條碼）

767140

發明專利說明書

（本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫）

※申請案號：96131700

※申請日期：96年08月27日　　※IPC分類：C30B 15/36 (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 矽單晶之製造方法，及矽晶圓之製造方法

(英)

二、申請人：(共 1 人)

1.姓　名：(中) 上睦可股份有限公司
　　(英) SUMCO CORPORATION
　代表人：(中) 1.重松健二郎
　　(英) 1.SHIGEMATSU, KENJIRO
　地　址：(中) 日本國東京都港區芝浦一丁目二番一號
　　(英) 2-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku, Tokyo 105-8634 Japan
　國籍：(中英) 日本　　JAPAN

三、發明人：(共 5 人)

1.姓　名：(中) 稻見修一
　　(英) INAMI, SHUICHI
　國　籍：(中) 日本
　　(英) JAPAN

2.姓　名：(中) 井上邦春
　　(英) INOUE, KUNIHARU
　國　籍：(中) 日本
　　(英) JAPAN

3.姓　名：(中) 諸石學
　　(英) MOROISHI, MANABU
　國　籍：(中) 日本
　　(英) JAPAN

4.姓　名：(中) 深川嗣也
　　(英) FUKAGAWA, TSUGUYA
　國　籍：(中) 日本

（英）JAPAN

5.姓　名：（中）草場伸博
（英）KUSABA, NOBUHIRO
國　籍：（中）日本
（英）JAPAN

四、聲明事項:

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利□主張國際優先權：
【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數　順序註記】
1.日本　；2006/09/05；2006-240855 ☑有主張優先權
2.日本　；2007/03/06；2007-056130 ☑有主張優先權

（英）JAPAN

5.姓　名：（中）草場伸博
（英）KUSABA, NOBUHIRO
國　籍：（中）日本
（英）JAPAN

四、聲明事項:

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利□主張國際優先權：
【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數　順序註記】
1.日本　；2006/09/05；2006-240855 ☑有主張優先權
2.日本　；2007/03/06；2007-056130 ☑有主張優先權

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於利用丘克拉斯基法之矽單晶之製造方法、及利用以該方法所得到之矽單晶之矽晶圓之製造方法。

【先前技術】

矽半導體之積體電路元件（裝置）之高積體化急速地發展，同時，積體電路對於微細化及形成裝置之矽晶圓之品質的要求也更爲嚴格。因此，於形成裝置之所謂裝置活性區域，對於錯位等之結晶缺陷及金屬系雜質之存在有嚴格的限制限。因爲它們係導致漏電流之增大及載體之壽命降低之原因。

另一方面，近年來，將功率半導體裝置利用於電源控制等之用途。功率半導體裝置用之基板，主要係利用，切割利用丘克拉斯基法（以下，稱爲 CZ 法）育成之矽單晶錠，於得到之矽晶圓之表面，實施幾乎完全除去結晶缺陷之矽磊晶層之成長之磊晶矽晶圓。

該功率半導體裝置用基板，爲了進一步達到低消耗電力化，而要能能提供低電阻率之矽晶圓。採用低電阻矽晶圓做爲磊晶晶圓之設計上之理由，係利用低電阻矽晶圓可以防止裝置執行動作時所產生之浮動電荷驅動寄生電晶體之所謂鎖定現象，且裝置之設計較爲容易。此外，使用溝槽構造之電容時，使用低電阻矽晶圓具有對溝槽周邊施加電壓時可以防止空乏層之擴散之優點，也是其理由之一。

該低電阻矽晶圓，一般會摻雜高濃度之摻雜劑。p 型矽晶圓時，摻雜高濃度之 p 型摻雜劑之硼（B），n 型矽晶圓時，摻雜高濃度之 n 型摻雜劑之磷（P）、砷（As）、銻（Sb）等。

利用 CZ 法育成矽單晶時，藉由使種晶接觸矽熔化液時之熱衝使種晶內發生錯位，然而，傳統上常用之晶軸[100]之矽單晶時，卻可以消滅縮頸處理所發生之錯位。

然而，晶軸方向爲[110]之矽單晶時，結晶構造上，因爲具有與上昇軸方向平行之滑移面{111}面，與矽熔化液接觸所發生之錯位，於縮頸處理時不易移至種晶外。因此，錯位會通過頸部繼續成長結晶，而有無法育成無錯位之矽單晶之問題。

此外，隨著矽單晶錠之大口徑・大重量化，頸徑需要增大，由此觀點而言，更難除去錯位。

亦即，以直徑 300mm 之單晶上昇爲例，爲了增大種晶本身之耐荷重而使用直徑 10mm 以上之種晶，並以成爲直徑 4mm～6mm 程度之頸部之方式實施頸徑之減徑。然而，使用直徑較大之種晶時，種晶之中心部及外周部之溫度分佈難以均一化，容易產生溫度誤差而發生錯位。此外，矽熔化液之接觸面積變大，也會增加種晶內之錯位發生量。

針對該問題，日本特開 2003-313089 號公報提出下之單晶矽之製造方法，亦即，<110>結晶方向相對於種晶之軸方向呈傾斜之狀態下，藉由該種晶之上昇，於縮頸製程

使除去滑動錯位之矽單晶上昇。其次，前述之傾斜方向若係以相對於該<110>結晶方向爲垂直位置關係之其他<110>結晶方向爲旋轉軸而進行旋轉之方向，因爲檢測上昇之單晶之結晶方向時所使用之 X 射線之繞射面所使用之{220}面（平行於{110}面）與其他<100>軸結晶或<111>軸結晶之{220}面爲平行，而與昇之單晶之結晶方向無關，可以共用 X 射線繞射裝置及依據檢測到之方向實施定向平面及凹槽之加工等之加工裝置。

第 1 圖係日本特開 2003-313089 號公報之第 2 圖，係矽結晶之結晶方向及種晶之軸方向之關係之說明圖。該圖係將用以表示矽結晶 7 之構造之圖重疊於將種晶浸漬於矽融液 6 而上昇時之頸部（第 1 圖係標示成滑動錯位除去部 4）。前述「相對於種晶之軸方向呈傾斜之方向」於本第 1 圖中，係垂直於<110>方向 10 之位置關係之其他<110>結晶方向，亦即，第 1 圖中，以附有粗底線之{110}面之方向做爲旋轉軸之旋轉方向，於該方向進行旋轉之結果，矽結晶 7 之<110>方向 10 相對於種晶之軸方向（結晶上昇方向）9 會處於呈 θ ° 傾斜之狀態。

另一方面，添加著高濃度之硼等之摻雜劑之 100mΩcm 以下之 p 型低電阻矽單晶之育成時，種晶及矽熔化液之摻雜劑濃度若不同，則因爲晶格常數不同，而有種晶及熔化液之接觸時，種晶內容易發生不配錯位之問題。

針對上述問題，例如，日本特開平 9-255490 號公報

即提出以下之技術，亦即，使用具有與矽熔化液中之硼濃度相同等級之硼濃度之種晶，來迴避因爲晶格常數不同而發生之錯位之技術。

此外，日本特開 2001-240493 號公報則記載著利用無錯位單晶做爲種晶，使種晶及成長結晶之間之硼濃度之差成爲既定值以下之無錯位矽單晶之製造方法。然而，晶軸方向[110]之矽單晶之育成時，該單晶因爲具先前所述之與上昇軸方向爲同方向之滑移面（{111}面），故沒有充份之錯位除去效果。

此外，對晶圓表面利用（110）面之矽晶圓實施磊晶成長處理時，也會有磊晶層表面之霧狀惡化之問題。

【發明內容】

本發明之目的，係在提供可解決前述之問題，可得到晶軸方向爲[110]之矽晶圓，而且，可充份除去錯位之矽單晶之製造方法及其所使用之矽種晶、以及利用以該方法所得到之矽單晶製造晶軸方向爲[110]之低電阻率矽晶圓之方法。

本發明者爲了解決上述課題，亦考慮應用於主要係被使用於功率半導體裝置之基板之低電阻之磊晶矽晶圓，針對添加硼做爲摻雜劑，利用中心軸相對於[110]晶軸呈既定角度傾斜之無錯位之矽單晶之 CZ 法之製造、及利用該矽單晶之晶軸方向爲[110]之矽晶圓之製造進行檢討，而實現本發明。

本發明之要旨係下述（1）之矽單晶之製造方法、（2）或（3）之矽晶圓之製造方法、以及（4）之矽種晶。

（1）係利用 CZ 法之矽單晶之製造方法，係特徵爲，藉由將中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜且與形成於利用前述矽熔化液育成之單晶之頸部之硼濃度爲大致相同濃度之矽種晶，浸漬於使當做摻雜劑進行添加之硼成爲 6.25×10^{17}～2.5×10^{20}atoms/cm^3 之濃度之矽熔化液，來育成中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜之矽單晶之矽單晶之製造方法。

前述（1）之矽單晶之製造方法時，應爲矽種晶之中心軸以垂直於前述[110]晶軸之<100>晶軸爲旋轉軸而朝旋轉方向傾斜，與朝其他方向傾斜時相比，頸部之長度較短時，亦可除去縮頸之間之錯位。

此外，前述（1）之矽單晶之製造方法時，種晶應使用接觸矽溶融液之種晶下端部之直徑至少爲 8mm 以下而形成直徑 4～6mm 之頸部者。

（2）係從利用前述（1）項所記載之方法所得到之矽單晶切割晶圓時，以對應於前述種晶之傾斜角度之角度斜向切割矽單晶，而切割出表面具有（110）面之矽晶圓之矽晶圓之製造方法。

（3）係從利用前述（1）項所記載之方法所得到之矽單晶切割晶圓時，以相對於前述矽單晶之直徑方向之最大傾斜角度爲±10°以下之方式切割矽單晶之矽晶圓之製造方法。

於利用前述（2）或（3）項所記載之方法所得到之矽晶圓之表面形成磊晶層，可以製造抑制霧狀之發生之磊晶矽晶圓。

（4）係硼濃度爲 5×10^{17}～2×10^{20}atoms/cm^3 且中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜之矽種晶。亦即，於以前述矽熔化液之硼濃度所育成之單晶形成頸部之硼濃度，應依據硼之偏析係數來設定，使用與其大致相同之濃度之矽種晶。

前述（4）之矽種晶之中心軸若以垂直前述[110]晶軸之<100>晶軸做爲旋轉軸並朝旋轉方向傾斜，則利用該種晶實施矽單晶之上昇時，可以縮短除去錯位之頸部之長度。

依據本發明之矽單晶之製造方法，可以抑制不配錯位之發生，而且，可以充份除去於縮頸處理不易移除之錯位，並製造中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜之矽單晶。實該本方法時，最好使用本發明之矽種晶。

此外，依據本發明之矽晶圓之製造方法，可以製造晶軸方向於[110]無錯位之低電阻矽晶圓。亦可製造可抑制形成於晶圓表面之磊晶層表面之霧狀發生之晶圓。

【實施方式】

以下，針對前述（1）～（4）項所記載之本發明之矽單晶之製造方法及其製造所使用之矽種晶及矽晶圓之製造方法進行說明。

前述（1）項所記載之矽單晶之製造方法，係利用CZ法之矽單晶之製造方法，係藉由將中心軸相對於[110]晶軸呈0.6°～10°傾斜之矽種晶浸漬於以6.25×10^{17}～2.5×10^{20}atoms/cm^{3}之濃度添加著做爲摻雜劑之硼之矽熔化液，來育成矽單晶之方法。

亦即，使滑動面（{111}面）從成長方向（亦即，上昇軸方向）呈傾斜上昇，故被導入種晶之外周部之熱衝錯位位於滑動面上，而使縮頸之間從頸側面呈現開放。結果，可製造可充份除去錯位之無錯位之矽單晶。該矽單晶之中心軸相對於[110]晶軸呈0.6°～10°之傾斜。

基於以下之理由，將種晶之傾斜角度設定成前述之範圍。

首先，假設縮頸之間之頸部直徑爲6mm，求取以使滑動面上之錯位從頸側面開放爲目的之必要之頸部長度（L），如表1所示。

表1

θ（°）	0.4	0.5	0.6	0.7	1	1.5	2	3	10	20	45	90
L(mm)	1052	842	701	601	420	281	210	140	41.9	20.6	8.48	4.24
tan ϕ	5.70 $\times10^{-3}$	7.13 $\times10^{-3}$	8.55 $\times10^{-3}$	9.88 $\times10^{-3}$	1.43 $\times10^{-2}$	2.14 $\times10^{-2}$	2.85 $\times10^{-2}$	4.28 $\times10^{-2}$	1.43 $\times10^{-1}$	2.91 $\times10^{-1}$	7.07 $\times10^{-1}$	1.14
ϕ（°）	0.33	0.41	0.49	0.57	0.82	1.22	1.63	2.45	8.15	16.20	35.26	54.70

此處，θ係以垂直於[110]晶軸之<100>（更具體而言，[001]或[00-1]）爲中心進行旋轉時，[110]晶軸及種晶之中心軸之夾角（以下，標示成「種晶之傾斜角度」或單

純標示成「傾斜角度」），ϕ係{111}滑動面（具體而言，（-111）、（1-11）、（1-1-1）、（-11-1）之4面）與種晶之中心軸之夾角。θ及φ之間，具有下述（a）式所表示之關係。

$$\tan\phi = \frac{\sin\theta \sin 54.74}{\sqrt{\cos^2 54.74 + \sin^2 54.74 \cos^2\theta}} \quad \cdots (a)$$

爲了將以上方式育成之矽單晶切割成如後面所述之表面具有（110）面之晶圓，必須以矽單晶之中心軸相對於線鋸呈傾斜之方式進行設置。切割成之晶圓並非真圓而爲橢圓。橢圓之短軸，爲了使其成爲真圓，研磨多餘之部份使其變成圓後之直徑。長軸則依據種晶之傾斜角度而變化。

表2係矽單晶之直徑爲300mm時之種晶之傾斜角度（θ）及長軸（b）之關係。

表2

θ（°）	0.4	0.5	0.6	0.7	1	10	20
b(mm)	300.007	300.011	300.016	300.022	300.046	304.628	319.253

切割出之晶圓之扁平部份，係切割（以下，亦稱爲「切片」）後，以形成真圓爲目的之研磨而成爲加工損耗之部份。

此外，因爲以傾斜方式將矽單晶之中心軸裝設於線鋸

而產生之振動幅度，塊長度（將單晶錠以如後面所述切割成適度長度所得到之塊之長度，相當於矽單晶之直徑）爲300mm時，如表3所示。此外，前述之振動幅度係指，因爲以傾斜方式裝設塊而使切割之必要加工長度增加若干時之該增加部份。

表3係矽單晶之直徑爲300mm時之種晶之傾斜角度（θ）及振動幅度（D）之關係。

表3

θ（°）	0.4	0.5	0.6	0.7	1	10	20
D(mm)	2.09	2.62	3.67	3.67	5.24	52.09	102.6

以實施直徑300mm之矽單晶之切片爲目的，至少必須具有實施300mm加上表3所示之振動幅度D之「D+300mm」之寬度之結晶之切片時之加工能力。

綜合考量以上之表1～表3所示之頸部之長度L、以使橢圓成爲真圓爲目的之加工損耗、以及振動幅度D，種晶之傾斜角度爲0.6°～10°。最好爲1°～10°。傾斜角度小於前述時，以除去錯位爲目的之頸部之長度會太長，且無法充份得到錯位除去效果。此外，種晶之傾斜角度大於前述時，切片後之扁平程度較大，而增加加工損耗之部份，必要之線鋸加工能力也會較大。

本發明時，種晶傾斜之方向只要爲{111}滑動面相對於上昇軸之傾斜方向即可。例如，使種晶之中心軸相對於[110]晶軸呈傾斜時，亦可朝與垂直於[110]晶軸之<111>

晶軸（更具體而言，[-11-1]、[1-11]、「1-1-1」、[-111]晶軸）方向（正確而言，係以<111>晶軸爲中心之旋轉方向）不同之方向傾斜。此外，垂直於[110]晶軸之<100>晶軸（更具體而言，[001]、[00-1]晶軸）方向，亦即，以得到前述表 1 所示之結果之方式，朝以<100>晶軸爲中心之旋轉方向傾斜亦可。

矽種晶之中心軸若朝以垂直於前述[110]晶軸之<100>晶軸爲旋轉軸之旋轉方向傾斜，可將可除去縮頸之間之錯位之頸部之長度（L）如以下所述，進行縮短，可緩和單晶上昇時之限制而更佳。

以前述之垂直於「[110]晶軸之<100>晶軸爲旋轉軸之旋轉方向」，於前述第 1 圖中，係以附有粗底線之{100}面之方向爲旋轉軸之旋轉方向。亦即，θ°爲 0°之狀態下，以前述{100}面之方向爲旋轉軸，相對於第 1 圖之紙面朝前方之方向或其相反之方向旋轉之方向。

前述表 1 所示之頸部之長度（L），係相對於種晶之中心軸之[110]晶軸之傾斜方向爲以垂直於[110]晶軸之<100>晶軸爲旋轉軸之旋轉方向時，然而，如前述之日本特開 2003-313089 號公報之記載所示，朝相對於<110>結晶方向爲垂直之位置關係之其他之<110>結晶方向爲旋轉軸之旋轉方向傾斜時，α 及 ϕ 之間，以下述（b）式所表示之關係會成立。此處，α 係種晶之傾斜角度，對應於前述（a）式之 θ。此外，ϕ 係{100}滑動面與種晶之中心軸之夾角。

$$\tan\phi = \frac{\sin\alpha \sin 35.26}{\sqrt{\cos^2 35.26 + \sin^2 35.26 \cos^2\alpha}} \quad \cdots (b)$$

利用該（b）式，與前述表 1 時相同，計算頸部之長度（L），而如表 4 所示。

表 4

α(°)	0.4	0.5	0.6	0.7	1	1.5	2	3	10
L(mm)	1488	1190	994	850	596	396	299	199	59.6
tan φ	4.03 $\times 10^{-3}$	5.04 $\times 10^{-3}$	6.05 $\times 10^{-3}$	7.05 $\times 10^{-3}$	1.01 $\times 10^{-2}$	1.51 $\times 10^{-2}$	2.02 $\times 10^{-2}$	3.02 $\times 10^{-2}$	1.01 $\times 10^{-1}$
φ (°)	0.231	0.289	0.346	0.404	0.577	0.866	1.15	1.73	5.75

將表 1 及表 4 之頸部之長度（L）進行比較，表 1 之頸部之長度（L）相對較短，相對於種晶之中心軸之[110]晶軸之傾斜方向爲以垂直於[110]晶軸之<100>晶軸爲中心之旋轉方向時，可以縮短可除去錯位之頸部之長度（L）。

依據該結果，實際上，將傾斜角度爲 6°或 10°時進行比較，確認到種晶之傾斜方向爲以垂直於[110]晶軸之<100>晶軸爲旋轉軸之旋轉方向時，可除去錯位之頸部之長度（L）會縮短。

本發明之矽單晶之製造方法時，將與形成於該矽熔化液所育成之單晶頸部之硼濃度爲大致相同濃度之矽種結晶浸漬於添加著 $6.25\times10^{17}\sim 2.5\times10^{20}$ atoms/cm^3 之濃度之做

爲摻雜劑之硼之矽熔化液。

p 型低電阻矽單晶之育成時，因爲種晶及矽溶融彼之摻雜劑濃度不同所導致之晶格常數不同，而使種晶內容易發生不配錯位，然而，藉由使種晶及矽熔化液之育成結晶之頸部之硼濃度成爲大致相同，可以抑制低電阻矽單晶之育成之問題之不配錯位之發生。

前述之大致相同濃度，種晶及矽熔化液之育成結晶之頸部之其中一方之硼濃度，相對於另一方之硼濃度，最好爲 10～1000%（亦即，0.1～10 倍）之範圍內之濃度。若爲該範圍內之濃度差，確認具有不配錯位發生之抑制效果。

基於後述實施例之結果，將矽熔化液之育成結晶之頸部及種晶之硼濃度規定成如前所述。

適用於本發明之矽種晶，係硼濃度爲 5×10^{17}～2×10^{20}atoms/cm^3 且中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜之種晶。

本發明之矽單晶之製造方法時，矽種晶係使用與矽熔化液之育成結晶之頸部之硼濃度爲大致相同濃度之種晶，然而，若使用實質相同濃度之種晶，則可消除成長結晶之晶格常數之差異，而具有更高之抑制不配錯位之發生之效果。

亦即，考慮硼之偏析係數，依據硼之偏析係數推測形成於以前述矽熔化液之硼濃度所育成之單晶之頸部之硼濃度，最好使其與其大致相同之濃度之 5×10^{17}～$2\times$

10^{20}atoms/cm^3之矽種晶。

本發明之矽單晶之製造方法時，種晶係使用接觸矽熔化液之種晶下端部之直徑爲至少 8mm 以下者，若形成直徑 4～6mm 之頸部，因爲與熔化液接觸之接觸面積較小，利用預熱可使種晶溫度充份均一化，故可進一步降低錯位之發生量而更佳。

前述（2）項所記載之矽晶圓之製造方法，係從利用本發明之製造方法所得到之低電阻率之矽單晶切割出晶圓時，以對應於前述種晶之傾斜角度之角度來斜向切割矽單晶，而切割出表面具有（110）面之矽晶圓之矽晶圓之製造方法。

以對應於種晶之傾斜角度之角度來斜向切割矽單晶，並切割出其切割面含有（110）面之矽晶圓，故可製造晶軸方向爲[110]之無錯位之低電阻矽晶圓。

此外，前述（3）項所記載之矽晶圓之製造方法，從以相同之本發明之製造方法所得到之矽單晶切割晶圓時，以相對於前述矽單晶之直徑方向（單晶端面之水平方向）爲最大傾斜角度±10°以下之方式切割矽單晶之矽晶圓之製造方法。

以上述方式切割矽單晶，可製造晶軸相對於[110]晶軸呈傾斜之無錯位之低電阻矽晶圓。因爲該矽晶圓表面並非（110）面，故可抑制於磊晶成長處理時會成爲問題之磊晶層表面之霧狀之發生。

利用本發明之矽單晶之製造方法製造矽晶圓之加工流

程之概略如下所示。

首先，對上昇之矽單晶（錠）實施外周研磨。考慮品質上之要求、及上昇中之干擾所導致之直徑變動，單晶錠應爲比目的之晶圓徑上昇中數%之直徑之單晶錠，故利用該單晶錠之外周研磨而研磨成目的之直徑。

其次，切斷錠之肩部及尾部，此外，切斷成適度長度之塊。

接著，將塊黏結於碳之基台，將塊之中心軸以傾斜方式裝設於線鋸。此時，利用 X 射線繞射裝置檢測結晶之方向，以切片後之表面成爲（110）面之方式、或以相對於矽單晶之直徑方向之最大傾斜角度爲±10°以下之方式進行裝設，利用線鋸進行切斷。

因爲被切片之晶圓係扁平之橢圓形狀，研磨去除多餘部份而成爲真圓。其後，利用磨光使表面成爲鏡面。

（實施例 1）

以下所示之結晶育成條件育成矽單晶，調查單晶之有錯位化之有無。此外，矽結晶中之硼濃度及種晶之傾斜角度之任一水準，矽單晶之上昇個數皆爲 3 個。

針對矽種晶之硼濃度，採用方便使用之標記。附加於 P 之「+」或「++」係表示摻雜劑濃度（此處，係硼濃度）較高及結晶之電阻率較低，而以「-」表示其相反。因爲摻雜劑濃度及電阻率沒有明確定義，此處，特別針對摻雜劑濃度較高之 p+、p++定義如下。

p+：硼濃度 5×10^{17}～2×10^{18}atoms/cm^3

電阻率 100～20mΩcm

p++：硼濃度 7×10^{18}～2×10^{20}atoms/cm^3

電阻率 20～0.8mΩcm

此外，爲了育成 P+及 P++之單晶，考慮偏析現象，融液中之摻雜劑濃度必須爲 1/偏析係數倍（1/0.8＝1.25倍：硼時）之濃度。

＜結晶育成條件＞

晶軸方向：<110>

單晶直徑：300mm

育成結晶之硼濃度：p-、p、p+、p++

種晶之硼濃度：p

種晶之傾斜角度：0°、0.7°、1°、5°、10°

頸部長度：300mm

調查結果如表 5 所示。表 5 中，以全部 3 個矽單晶皆無錯位育成時爲○、部份矽單晶有錯位化時爲△、全部單晶有錯位化時爲×之方式進行評估。實施例 2～實施例 4 亦相同。

表 5

	種晶之傾斜角度（°）	育成結晶之硼濃度		
		P-	P+	P++
條件 1	0	Δ	×	×
條件 2	0.7	○	×	×
條件 3	1.0	○	×	×
條件 4	5.0	○	Δ	×
條件 5	10.0	○	Δ	×

由表 5 可知，種晶之中心軸未傾斜（傾斜角度：0°）之育成條件 1 時，p-結晶等爲利用硼濃度較低之矽熔化液所育成之相對較高電阻之矽單晶時，3 個中之一部份之矽單晶可以無錯位育成，p+、p++之矽單晶（低電阻結晶）之育成全部有錯位化。

使種晶傾斜上昇之條件 2～5 時，無錯位單晶之良率全部提升，然而，P++之結晶育成全部有錯位化。其應該係只使種晶之中心軸相對於[110]晶軸呈傾斜上昇，除去不配錯位之效果較小所致。

（實施例 2）

除了頸長度變更成 400mm 以外，以其餘與實施例 1 相同之條件育成矽單晶。矽單晶之錯位化之有無之調查結果如表 6 所示。

表 6

	種晶之傾斜角度（°）	育成結晶之硼濃度		
		P-	P+	P++
條件 1	0	△	×	×
條件 2	0.7	○	×	×
條件 3	1.0	○	△	×
條件 4	5.0	○	○	×
條件 5	10.0	○	○	×

如表 6 所示，藉由增長頸長度，頸長度 300mm 時，無法無錯位化之條件亦可無錯位化。

（實施例 3）

除了將頸長度變更成 600mm 以外，以其餘與實施例 1 相同之條件育成矽單晶。調查結果如表 7 所示。

表 7

	種晶之傾斜角度（°）	育成結晶之硼濃度		
		P-	P+	P++
條件 1	0	△	×	×
條件 2	0.7	○	△	×
條件 3	1.0	○	○	×
條件 4	5.0	○	○	×
條件 5	10.0	○	○	×

由表 7 可知，藉由增長頸長度，於實施例 1、2 無法無錯位化之條件下，亦可以無錯位化。實施例 2、3 之特徵，係針對 p+結晶之育成並藉由增長頸長而提高無錯位

之成功率，相對於其，即使增長 P++結晶之育成之頸長亦不會提高無錯位之成功率。可知，矽熔化液之摻雜劑濃度較高者，利用種晶之傾斜角度之調整所獲得之改善效果較小。

（實施例 4）

除了種晶之硼濃度配合育成結晶之硼濃度以外，以全部與實施例 1 相同之條件使矽單晶上昇。其調查結果如表 8 所示。

表 8

	種晶之傾斜角度（°）	育成結晶之硼濃度		
		P-	P+	P++
條件 1	0	Δ	Δ	Δ
條件 2	0.7	○	○	○
條件 3	1.0	○	○	○
條件 4	5.0	○	○	○
條件 5	10.0	○	○	○

由表 8 可知，條件 1～5 之全部皆可以無錯位實施單晶育成。

（實施例 5）

種晶之傾斜角度爲 5°，以與實施例 1 相同之條件，利用硼濃度爲 P++之種晶，育成 P++之矽單晶，將相對於（110）面之傾斜角度進行各種變更，切割矽晶圓。針對

各晶圓實施磊晶成長處理而於晶圓表面形成磊晶層後，檢測磊晶層表面之表面粗糙度。

磊晶成長條件，原料來源氣體係使用三氯矽烷（TCS），以1130℃之溫度，於晶圓表面形成電阻率p、厚度3μm之磊晶層。其結果如表9所示。表9中，「表面粗糙度RMS」係利用由下述（c）式所定義之晶圓表面之微視的粗糙度（微粗糙度），利用AFM（Atomic Force Microscopy）進行檢測、評估。

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} zi^2} \quad \cdots (c)$$

但，N：檢測點

zi：檢測點i之表面高度

表9

	相對於（110）面之傾斜角度（°）	傾斜方向	表面粗糙度（RMS）
條件1	0	-	0.106
條件2	0.46	[00-1]	0.084
條件3	0.48	[00-1]+20°	0.075
條件4	0.44	[-11-1]	0.162
條件5	0.42	[-100]	0.264

由表9可知，與晶圓表面爲（110）面時（表9之條件1）之表面粗糙度相比，表面粗糙度較小。亦即，變更相對於（110）面之傾斜角度時，推測可抑制霧狀之發生。

本發明之矽單晶之製造方法，係以規定矽熔化液及浸

漬於其之種晶之硼濃度以及種晶相對於[110]晶軸之傾斜角度之方法，而可製造可充份除去錯位，中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜之矽單晶。實施此方法時，以使用本發明之矽種晶爲佳。依據該利用矽單晶之本發明之矽晶圓之製造方法，可以製造晶軸方向爲[110]之無錯位之低電阻矽晶圓。亦可以於晶圓表面形成抑制霧狀之發生之磊晶層。

因此，本發明之矽單晶之製造方法及其所使用之矽種晶、以及矽晶圓之製造方法，適合應用於矽半導體材料及裝置之製造。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係矽結晶之結晶方向及種晶之軸方向之關係之說明圖。

【主要元件符號說明】

4：滑動錯位除去部

5：滑動錯位

6：融液

6a：融液表面

7：矽結晶

8：{111}面稜線方向

9：種晶之軸方向（結晶上昇方向）

10：<110>方向

五、中文發明摘要

發明名稱：矽單晶之製造方法，及矽晶圓之製造方法

提供可以得到晶軸方向爲[110]之矽晶圓，而且可充份除去錯位之低電阻率之矽單晶之製造方法、及利用以該方法所得到之矽單晶製造晶軸方向爲[110]之低電阻矽晶圓之製造方法。係利用 CZ 法之矽單晶之製造方法，藉由將中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜且與形成於利用前述矽熔化液育成之單晶之頸部之硼濃度爲大致相同濃度之矽種晶，浸漬於使當做摻雜劑進行添加之硼成爲 6.25×10^{17}～2.5×10^{20} atoms/cm^3 之濃度之矽熔化液，來育成中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜之矽單晶。

六、英文發明摘要

發明名稱：

十、申請專利範圍

1. 一種矽單晶之製造方法，係利用丘克拉斯基法之矽單晶之製造方法，其特徵爲：

藉由將中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜且與形成於利用前述矽熔化液育成之單晶之頸部之硼濃度爲大致相同濃度之矽種晶，浸漬於使當做摻雜劑進行添加之硼成爲 6.25×10^{17}～2.5×10^{20}atoms/cm^3 之濃度之矽熔化液，來育成中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜之矽單晶。

2. 如申請專利範圍第 1 項所記載之矽單晶之製造方法，其中

矽種晶之中心軸朝以垂直於前述[110]晶軸之<100>晶軸爲旋轉軸之旋轉方向傾斜。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所記載之矽單晶之製造方法，其中

前述種晶係使用接觸矽熔化液之種晶下端部之直徑爲 8mm 以下者，形成直徑 4～6mm 之頸部。

4. 一種矽晶圓之製造方法，其特徵爲：

從利用申請專利範圍第 1～3 項中之任一項所記載之方法所得到之矽單晶切割出晶圓時，以對應於前述種晶之傾斜角度之角度斜向切割矽單晶，而切割成表面具有（110）面之矽晶圓。

5. 一種矽晶圓之製造方法，其特徵爲：

從利用申請專利範圍第 1～3 項中之任一項所記載之

方法所得到之矽單晶切割出晶圓時，以前述矽單晶相對於直徑方向之最大傾斜角度爲±10°以下之方式切割單晶。

6. 一種磊晶矽晶圓之製造方法，其特徵爲：

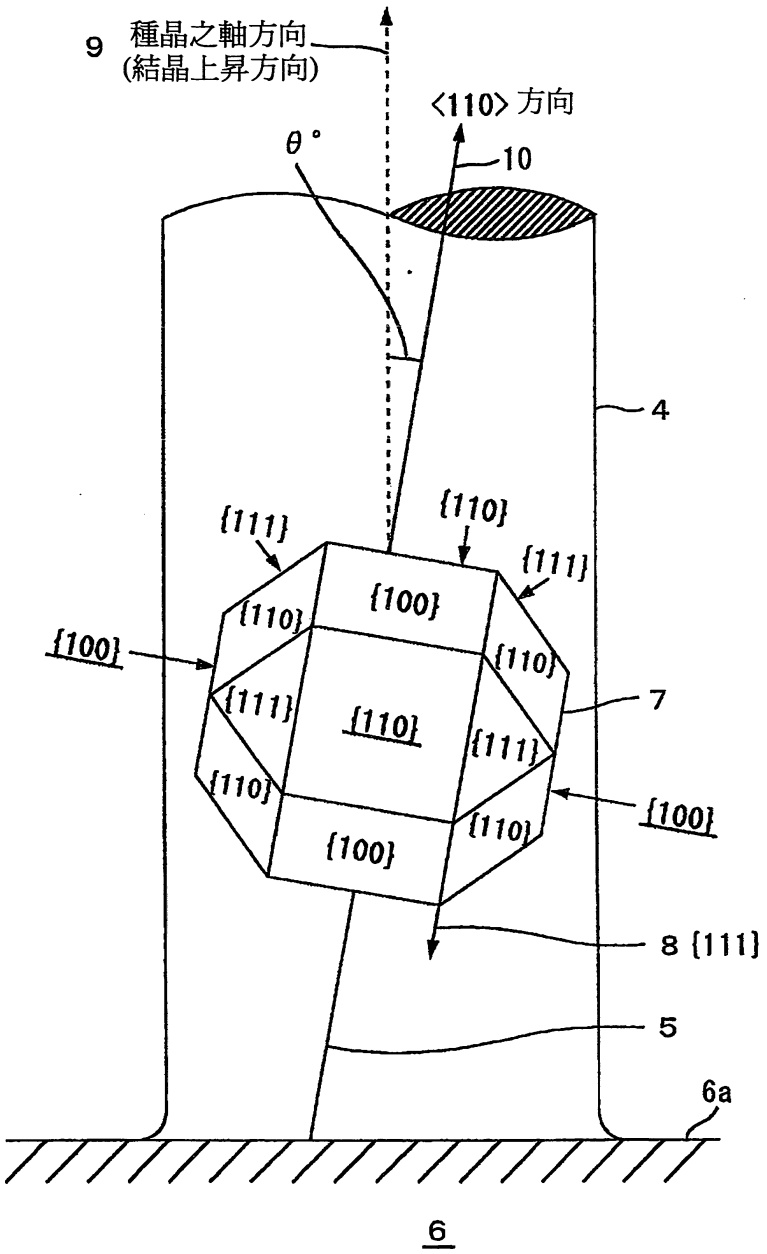
於利用申請專利範圍第 4 或 5 項所記載之方法所得到之矽晶圓之表面，形成磊晶層。

7. 一種矽種晶，其特徵爲：

硼濃度爲 $5\times10^{17}\sim2\times10^{20}$atoms/cm^3 且中心軸相對於[110]晶軸呈 0.6°～10°傾斜。

8. 如申請專利範圍第 7 項所記載之矽種晶，其中

矽種晶之中心軸朝以垂直於前述[110]晶軸之<100>晶軸爲旋轉軸之旋轉方向傾斜。


9
種晶之軸方向
(結晶上昇方向)
<110> 方向
θ°
10
4
{111}
{110}
{111}
{110}
{100}
{110}
{111}
{110}
{111}
{110}
{100}
{110}
{100}
7
{100}
8 {111}
5
6a
6

第1圖

七、指定代表圖：

（一）、本案指定代表圖為：無

（二）、本代表圖之元件代表符號簡單說明：無

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無