

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

752843

公 告 本

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：93112773

※申請日期：93 年 05 月 06 日

※IPC 分類：C30B 15/22

壹、發明名稱：

(中) 單晶之製造方法及單晶

(外) 単結晶の製造方法及び単結晶

貳、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 信越半導體股份有限公司

(英) SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.

代表人：(中) 1. 小柳俊一

(英)

地 址：(中) 日本國東京都千代田區丸之內一丁目四番二號

(英) 日本国東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

國籍：(中英) 日本 JAPAN

參、發明人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 飯田誠

(英) 飯田誠

地 址：(中) 日本國群馬縣安中市磯部二丁目一三番一號 信越半導體股份有限公司半導體磯部研究所內

(英) 日本国群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社
半導体磯部研究所內

肆、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 ; 2003/05/13 ; 2003-135085 ☒ 有主張優先權

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

752843

公 告 本

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：93112773

※申請日期：93 年 05 月 06 日

※IPC 分類：C30B 15/22

壹、發明名稱：

(中) 單晶之製造方法及單晶

(外) 単結晶の製造方法及び単結晶

貳、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 信越半導體股份有限公司

(英) SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.

代表人：(中) 1. 小柳俊一

(英)

地 址：(中) 日本國東京都千代田區丸之內一丁目四番二號

(英) 日本国東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

國籍：(中英) 日本 JAPAN

參、發明人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 飯田誠

(英) 飯田誠

地 址：(中) 日本國群馬縣安中市磯部二丁目一三番一號 信越半導體股份有限公司半導體磯部研究所內

(英) 日本国群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社
半導体磯部研究所內

肆、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 ; 2003/05/13 ; 2003-135085 ☒ 有主張優先權

(1)

玖、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明是關於利用柴氏長晶法之單晶的製造方法，尤其是關於製造所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之單晶的方法。

【先前技術】

作為半導體裝置基板使用的單晶係有例如矽單晶，主要是採用柴氏長晶法（Czochralski Method，以下簡稱 Cz 法）來製造。

利用 CZ 法製造單晶時，是利用例如第 2 圖所示之單晶製造裝置 1 來製造。該單晶製造裝置 1 具有：供收容矽等原料多晶且加以熔化的構件、或用以遮斷熱的隔熱構件等，而這些構件皆收容在主處理室 2 內。其中，連接有從主處理室 2 的上頂部，向上延伸的提拉處理室 3，而在該提拉處理室 3 的上部，則設有用拉線（wire）5 來提拉單晶 4 的提拉機構（未圖示）。

主處理室 2 內設有：用來收容熔化之原料熔融液 6 的石英坩堝 7、和用來支承該石英坩堝 7 的石墨坩堝 8，而這些坩堝 7、8 乃透過驅動機構（未圖示），藉由軸 9 旋轉昇降自如地支承。該坩堝 7、8 的驅動機構，是用來修正隨著單晶 4 之提拉而造成原料熔融液 6 液面的降低，對應液面降低的程度，以令坩堝 7、8 上昇。

以圍繞坩堝 7、8 之方式，配置有用以令原料熔化的

(2)

石墨加熱器 10。在該石墨加熱器 10 的外側，爲了防止石墨加熱器 10 所生的熱直接輻射至主處理室 2，隔熱構件 11 係包圍其周圍而設置。

又，設有供所提拉之單晶冷卻用的冷卻筒 12、和於該冷卻筒 12 的下部，則設有石墨筒 13，藉由將冷卻氣體由上部往下流，即可將提拉之單晶冷卻。再者，在石墨筒 13 的外側下端，與原料熔融液 6 相對而設置隔熱材 14，用以遮斷（cut）原料熔融液 6 之表面所生的輻射，同時得以保溫原料熔融液 6 的表面。

將原料多晶收容在設置於上述單晶製造裝置 1 內的石英坩堝 7，然後，利用上述石墨加熱器 10 進行加熱，以令石英坩堝 7 內的多晶原料熔化。藉此構成，令連接於拉線 5 下端之晶種保持器 15 所固定的種晶 16，浸入令多晶原料熔化的原料熔融液 6 後，一邊令種晶 16 旋轉，一邊提拉，利用此方式，即得以在種晶 16 的下方，育成具有所期望之直徑和品質的單晶 4。此時，令種晶 16 浸入原料熔融液 6 後，進行所謂的晶種縮頸（necking）操作，即先將直徑變細爲 3mm 左右而形成縮頸部，繼之，使之變粗成所期望的口徑，以提拉無位錯結晶。

在此，說明關於長入型（Grown-in）結晶缺陷（參考第 5 圖）。

矽單晶中，當結晶成長速度較快時，因空孔型點缺陷集合的空隙所致之 FPD（Flow Pattern Defect）或 COP（Crystal Originated Particle）等長入型（Grown-in）缺陷

(3)

，乃高密度地存在於結晶直徑方向整個區域，而存有這些缺陷的區域即稱為 V 區域 (Vacancy)。此外，成長速度降低時，隨著成長速度的降低，OSF (氧化導致積層缺陷、Oxidation Induced Stacking Fault) 區域，產生於結晶的周邊而形成 OSF 環狀，又，當成長速度降低時，OSF 環收縮於晶圓中心而消失。另一方面，當成長速度又降低時，被認為晶格間矽集合之位錯圈 (dislocation loop) 原因的 LSEPD (Large Secco Etch Pit Defect)、LFPD (Large flow Pattern Defect) 缺陷則低密度地形成，而存有該缺陷的區域乃稱為 I (Interstitial) 區域。

近年來，在 V 區域和 I 區域中間，於 OSF 環的外側，發現不具有因空孔所生之 FPD、COP 等，也不具有因晶格間矽所生之 LSEPD、LFPD 等之區域的存在。該區域稱為 N (中性、Neutral) 區域。又，若進一步將 N 區域分類的話，有鄰接於 OSF 環外側的 N_v 區域 (空孔較多的區域)、和鄰接於 I 區域的 N_i 區域 (晶格間矽較多的區域)，在 N_v 區域實施熱氧化處理時，氧的析出量較多，在 N_i 區域則幾乎沒有氧的析出。

再者，熱氧化處理後，得知在容易析出氧之 N_v 區域的一部分，具有利用 CU 沈澱 (deposition) 處理所檢測的缺陷明顯產生的區域 (以下，稱為 CU 沈澱缺陷區域)，這是造成令氧化膜耐壓特性等電性特性劣化的原因。

這些長入型 (Grown-in) 缺陷，係藉由提拉速度 (V) 和固液界面之溫度梯度 (G) 比之 V/G 值所屬的參數

(4)

，決定其導入量（參照例如：V.V.Voronkov, Journal of Crystal Growth, 59 (1982), 625~643。）。亦即，當 V/G 值固定時，若調節提拉速度和溫度梯度的話，得以在所期望的缺陷區域或所期望的無缺陷區域，提拉單晶。

揭示有例如：提拉矽單晶時，控制 V/G 值以提拉無缺陷單晶（參考例如日本特開平 11-147786 號公報）；或在面內提拉具有 OSF 環或 OSF 環中之核心，且具有除氣（gattering）能力的單晶（參考例如日本特開 2000-44388 號公報）等。此外，揭示有例如：控制 V/G 值，再添加氮，以育成 I 區域的矽單晶（參考例如日本特開平 11-349394 號公報）；或同樣地添加氮，以育成單晶中之缺陷尺寸、密度、和分布均勻的單晶（參考例如日本特開 2002-57160 號公報）。藉由此種方式製得的單晶，得以製造例如整面排除 V 區域或 I 區域的 N 區域晶圓、或將 OSF 配置於外周的晶圓、或沒有 CU 沈澱缺陷區域之 N 區域晶圓等。

然而，經常發生下述之事例，例如：在整面提拉 N 區域的單晶時，實際調查缺陷分布，以求得具有該區域的 V/G 值，而藉由該求得的 V/G 值來提拉單晶，但是，預測的 V/G 值和實際上可求得整面 N 區域之單晶的 V/G 值乃不同。特別是，儘管爲了加速提拉速度 V ，來提升所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之單晶的生產性，故以固液界面的溫度梯度 G 變大之方式來設定爐內構造（熱區（hotzon）：HZ），可是，實際上若沒有將

(5)

提拉速度 V 設得比預測速度 V 更低，將無法提拉所期望品質的單晶。因此，會有具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值的正確值不明晰，而難以高效率地獲致高品質單晶的問題。

【發明內容】

本發明係有鑑於上述問題點而開發者，其目的在於提供一種單晶之製造方法，在控制 V/G 值以提拉單晶時，可更正確地決定具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值，且更確實地提拉所期望品質的單晶。

本發明係為了解決上述課題而開發者，其提供一種單晶之製造方法，是利用柴氏長晶法從原料熔融液提拉種晶，來製造單晶的方法，其特徵為：將提拉單晶時的提拉速度設為 V (mm/min)、固液界面的溫度梯度設為 G (K/mm)、坩堝和原料熔融液之界面的最高溫度設為 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) 時，至少依據 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$)，決定具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，而在該決定的範圍，控制 V/G ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 值，以提拉單晶。

如上所述，至少依據 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$)，修正具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 以決定其範圍，而在該決定的範圍，控制 V/G ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 值，以提拉單晶，藉此方式，可更正確地決定具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之

(6)

V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)，故可更正確地提拉所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域的單晶。又，除了可依據各種單晶製造裝置，正確地預測具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值之外，設置單晶製造裝置時也是有用的。因此，可高效率地製造具有所期望品質的單晶。

此外，在此，固液界面之溫度梯度 G (K/mm)，意指在原料融點（矽為 1412°C ）至 1400°C 之範圍的溫度梯度。又， V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的控制，意指結晶之直徑方向大致整個區域（由於外周邊 0 至 2cm 是外側擴散區域，故排除在外）之 V/G 值的控制。

此時，可將上述 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)，控制在 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.31$ 以上、未滿 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.38$ 的範圍，來提拉單晶。

如上所述，藉由將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)，控制在 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.31$ 以上、未滿 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.38$ 的範圍，提拉單晶，可確實地製造具有 N 區域及／或 OSF 區域的單晶。

更理想的狀態是，藉由將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)，控制在 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.31$ 以上、 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.37$ 以下的範圍，提拉單晶，可確實地製造具有 N 區域的單晶。

此時，可將上述 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)，控制在 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.38$ 以上的範圍，來提拉單晶。

(7)

如上所述，藉由將上述 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)，控制在 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.38$ 以上的範圍，提拉單晶，可確實地製造將 OSF 環排除在外側的單晶。

此時，可將上述 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)，控制在 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.31$ 以上、 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.35$ 以下的範圍，來提拉單晶。

如上所述，藉由將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)，控制在 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.31$ 以上、 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.35$ 以下的範圍，來提拉單晶，可確實地製造具有無 Cu 沈澱缺陷區域的 N 區域。

此時，以將上述 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) 設在 1560°C 以下的範圍，來提拉單晶為佳。

如上所述，藉由將 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) 設在 1560°C 以下的範圍，可充分提高 V/G 值。因此，可將提拉具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之單晶時的提拉速度 V (mm/min) 充分地增快，且可充分提高單晶的生產性。

此時，藉由至少在收容原料熔融液的坩堝、和圍繞該坩堝而配置的加熱器之間設置隔熱材，或是在坩堝底面部配設隔熱材，來變更上述 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$)。

如上所述，可藉由至少在收容原料熔融液的坩堝、和圍繞該坩堝而配置的加熱器之間設置隔熱材，或是在坩堝底面部配設隔熱材，以將 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) 變更為所期望的溫度。

此時，上述單晶可為矽。

(8)

本發明之單晶的製造方法在製造近年單晶製造裝置日益多樣化，具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值難以正確預測，又，對品質要求嚴格的單晶時，尤其合適。

此時，上述單晶的直徑可設為 200mm 以上。

本發明單晶之製造方法，在製造近年來需求日增，且對品質要求亦嚴格之直徑 200mm 以上的單晶時，尤其有效。

利用上述本發明之單晶之製造方法所製造的單晶是高品質的單晶。

如上所述，根據本發明，在控制 V/G 值以提拉單晶時，可更正確地決定具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值，而且更確實且生產性高地提拉所期望品質的單晶。

【實施方式】

以下說明本發明之實施型態，然而本發明並不侷限於此。

本案發明者等人致力於實驗或模擬等，銳意調查的結果，發現了預測的 V/G 值和實際的 V/G 值不一致的事例，例如：雖然是相同缺陷分布的單晶，然而，為提拉所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域的單晶，預測的 V/G 值和實際的 V/G 值不一致的事例，其原因是由於在各種型態的爐內構造（熱區：HZ）提拉所期望缺陷區

(9)

域及／或所期望無缺陷區域的單晶時，會依據各 HZ，使得具有該區域之 V/G 值不同。因此，本案發明者等人想到，若可發現得以在各種 HZ 共同使用的參數，則藉由使用該參數，即可依據各 HZ，決定更適當的 V/G 值，而使本發明完成。

亦即，本發明提供一種單晶之製造方法，係利用柴氏長晶法從原料熔融液提拉種晶，以製造單晶的方法，其特徵為：將提拉單晶時的提拉速度設為 V (mm/min)、固液界面（原料的融點至 1400°C ）的溫度梯度設為 G (K/mm)、坩堝和原料熔融液之界面的最高溫度設為 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) 時，至少依據 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$)，來決定具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 值的範圍，而在該決定範圍，將 V/G ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 值控制於結晶之直徑方向大致整個區域（外周邊 0 至 2cm 除外），以提拉單晶。

如上所述，本發明作為得以在各種 HZ 共同使用的參數，除了 V/G 值外，還使用坩堝和原料熔融液之界面的最高溫度 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$)。該 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) 可藉由例如從坩堝底至外周，隔每 2cm 配置熱電偶 (thermocouple)，以測試溫度而求得，又，亦可藉由模擬以計算求得。

在此，第 4 圖是表示 N_v 區域和 N_i 區域交界之 V/G 值和 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) 的關係表。由第 4 圖知悉， V/G 值和 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) 有清晰漂亮的關係，是決定具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值時極有用的參數

(10)

。亦即，欲控制決定 V/G 時，必須根據 $T_{\max} (^{\circ}\text{C})$ 來進行修正。

因此，至少依據 $T_{\max} (^{\circ}\text{C})$ ，決定具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 值的範圍，藉由在該決定範圍，控制 V/G ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 值，以提拉單晶，可確實地提拉所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域。又，由於可分別因應各種 HZ，更正確地決定所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域的 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)，故無論使用具有何種 HZ 的裝置時，皆可高效率地獲得所期望品質的結晶，且在設置單晶裝置時也是有用的。

在此，第 3 圖是所表示更詳細地調查關於所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之單晶的 V/G 值和 $T_{\max}$ 之範圍的結果。

第 3 圖 (a) 是表示 N 區域及 OSF 區域之 V/G 值和 $T_{\max}$ 之範圍的圖表。又，第 3 圖 (b) 是表示 V 區域之 V/G 值和 $T_{\max}$ 之範圍的圖表。再者，第 3 圖 (c) 是表示無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域的 V/G 值和 $T_{\max}$ 之範圍的圖表。

由第 3 圖 (a) 得知，藉由將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)，控制在 $-0.000724 \times T_{\max} + 1.31$ 以上、未滿 $-0.000724 \times T_{\max} + 1.3$ 的範圍，來提拉單晶，得以確實地製造具有 N 區域及／或 OSF 區域的單晶。

更理想的狀態是，藉由將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$)

(11)

，控制在 $-0.000724 \times T_{\max} + 1.31$ 以上、 $-0.000724 \times T_{\max} + 1.37$ 以下的範圍，來提拉單晶，得以確實地製造具有 N 區域的單晶。

由第 3 圖 (b) 得知，藉由將 V/G 值 ($\text{mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$)，控制在 $-0.000724 \times T_{\max} + 1.38$ 以上的範圍，來提拉單晶，得以確實地製造將 OSF 排除在外側的單晶。

再者，由第 3 圖 (c) 得知，藉由將 V/G 值 ($\text{mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$)，控制在 $-0.000724 \times T_{\max} + 1.31$ 以上、 $-0.000724 \times T_{\max} + 1.35$ 以下的範圍，來提拉單晶，得以更確實地製造具有無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域的單晶。

由第 3 圖 (a) 至 (c) 得知，藉由將 $T_{\max}$ ($^{\circ}\text{C}$) 設在 1560°C 以下的範圍，具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之單晶的 V/G 值 ($\text{mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$)，得以形成充分高的值。例如，由第 3 圖 (a) 至 (c) 得知，若將 $T_{\max}$ ($^{\circ}\text{C}$) 設在 1560°C 以下，則 I 區域和 N 區域交界之 V/G 值 ($\text{mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$) 變高而形成 0.18 以上。因此，可生產性良好地製造所期望品質的單晶。

此外，坩堝和原料熔融液之界面的最高溫度 $T_{\max}$ ($^{\circ}\text{C}$)，可藉由改變 HZ 來變更。

例如，可藉由至少在用以收容原料熔融液之坩堝、和圍繞該坩堝而配置的加熱器間設置隔熱材，或者，藉由在坩堝底面部配置隔熱材，於期望的範圍進行變更。

其中，第 1 圖是表示在坩堝底面部及側面部，配設隔熱材的單晶製造裝置。該單晶製造裝置 1，除了在坩堝底

(12)

面部及側面部，配設隔熱材 17 外，其餘構造係大致與第 2 圖所示的單晶製造裝置相同。亦即，此處的單晶製造裝置 1 中，具有主處理室 2 內的單晶 4、原料熔融液 6、石英坩堝 7、石墨坩堝 8、軸 9、石墨加熱器 10、隔熱構件 11、石墨筒 13、隔熱材 14、和坩堝的隔熱材 17。在這些構件中，特別是藉由改變坩堝之隔熱材 17 的數量、大小、位置、素材等來配設，得以將 $T_{\max} (^{\circ}\text{C})$ 變更爲所期望的範圍。

再者， $T_{\max} (^{\circ}\text{C})$ 亦可藉由改變坩堝尺寸來變更。例如，若將坩堝尺寸變更小的話，則 $T_{\max} (^{\circ}\text{C})$ 可變更低，因此，如第 6 圖所示，藉由縮小坩堝尺寸，得以將具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值設得更高。藉由將坩堝尺寸，設爲例如比所提拉之單晶直徑大、且 2.5 倍以下的範圍，可充分地降低 $T_{\max} (^{\circ}\text{C})$ ，因此，可將具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值設在充分高的範圍。

本發明之單晶的製造方法在製造近年單晶製造裝置日益多樣化，具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值難以正確預測，又，對品質要求嚴格的單晶時，尤其合適。

再者，本發明單晶之製造方法，在製造近年來需求日增，且對品質要求亦嚴格之直徑 200mm 以上的單晶時，尤其有效。

而且，利用上述之本發明單晶之製造方法所製造的單

(13)

晶是高品質的單晶。

以下，以實施例具體地說明。

(實施例 1)

使用第 1 圖所示之單晶製造裝置（坩堝口徑 600mm（24 英吋），將直徑 8 英吋（200mm）的矽單晶，提拉為整面無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域。

因此，先在坩堝底面部及側面部配設隔熱材，且將坩堝和原料熔融液之界面的最高溫度 $T_{\max}$ （℃）設為 1514℃。欲藉由此設定之 $T_{\max}$ （℃），製造具有無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域的單晶時，將 V/G 值（ $\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$ ）的範圍，設在 0.21 以上、0.25 以下（ $-0.000724 \times 1514 + 1.31$ 以上、 $-0.000724 \times 1514 + 1.35$ 以上）的範圍即可（參照第 3 圖（c））。因此，為了提拉整面無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域的單晶，將 V/G 值（ $\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$ ）的範圍，安全起見決定為 0.22 以上、0.24 以下的範圍。繼之，控制在該決定之 V/G 值（ $\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$ ）的範圍，來提拉單晶。亦即，由於該單晶製造裝置的 HZ 中，固液界面的溫度梯度 G 是 $2.337\text{K}/\text{mm}$ ，所以將提拉速度 V 控制在 $0.51\text{mm}/\text{min}$ 以上、 $0.56\text{mm}/\text{min}$ 以下的範圍進行提拉。

檢查以上述方式提拉之矽單晶的結果，乃形成整面無 Cu 沈澱缺陷的 N 區域，是品質優良的區域。

(14)

(實施例 2)

使用與實施例 1 同樣的單晶製造裝置，將直徑 8 英吋 (200mm) 的矽單晶，提拉為整面無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域。然而，沒有設置用以變更坩堝和原料熔融液界面之最高溫度 $T_{\max}$ (°C) 的隔熱材。

該單晶製造裝置中，坩堝和原料熔融液之界面的最高溫度 $T_{\max}$ (°C) 是 1560°C。藉由該 $T_{\max}$ (°C)，製造具有無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域的單晶時，將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，設在 0.18 以上、0.22 以下 ($-0.000724 \times 1560 + 1.31$ 以上、 $-0.000724 \times 1560 + 1.35$ 以上) 的範圍即可。因此，為了提拉整面無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域的單晶，故將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，安全起見決定為 0.19 以上、0.21 以下的範圍。繼之，控制在該決定之 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，來提拉單晶。亦即，由於該單晶製造裝置的 HZ 中，固液界面的溫度梯度 G 是 2.500K/mm，所以將提拉速度 V 控制在 0.48mm/min 以上、0.53mm/min 以下的範圍進行提拉。

檢查以上述方式提拉之矽單晶的結果，乃形成整面無 Cu 沈澱缺陷的 N 區域，是品質優良的區域。

(實施例 3)

使用與實施例 1、2 之單晶製造裝置不同的單晶製造裝置 (坩堝的口徑為 750mm (30 英吋))，將直徑 8 英

(15)

吋 (200mm) 的矽單晶，提拉為整面無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域。

該單晶製造裝置中，坩堝和原料熔融液界面的最高溫度 $T_{\max}$ (°C) 是 1600°C。藉由該 $T_{\max}$ (°C)，製造具有無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域的單晶時，將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，設在 0.15 以上、0.19 以下 ($-0.000724 \times 1600 + 1.31$ 以上、 $-0.000724 \times 1600 + 1.35$ 以上) 的範圍即可。因此，為了提拉整面無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域的單晶，故將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，安全起見決定為 0.16 以上、0.18 以下的範圍。繼之，控制在該決定之 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，來提拉單晶。亦即，由於該單晶製造裝置的 HZ 中，固液界面的溫度梯度 G 是 2.674 K/mm ，所以將提拉速度 V 控制在 0.43 mm/min 以上、 0.48 mm/min 以下的範圍進行提拉。

檢查以上述方式提拉之矽單晶的結果，乃形成整面無 Cu 沈澱缺陷的 N 區域，是品質優良的區域。

(實施例 4)

使用與實施例 1 大致相同的單晶製造裝置，來提拉直徑 8 英吋 (200mm) 的矽單晶，以將 OSF 排出在外側而形成結晶之直徑方向大致整面為 V 區域，而不是整面無缺陷區域。然而，此處使用的單晶製造裝置，乃調節隔熱材 14 的位置，使原料熔融液 6 表面和隔熱材 14 下端的距離

(16)

，成為實施例 1 之單晶製造裝置的一半。

該單晶製造裝置中，坩堝和原料熔融液之界面的最高溫度 $T_{\max} (^{\circ}\text{C})$ 是 1514°C 。藉由該 $T_{\max} (^{\circ}\text{C})$ ，製造具有結晶之直徑方向大致整面為 V 區域的單晶時，將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，設在 0.28 以上 ($-0.000724 \times 1514 + 1.38$ 以上) 的範圍即可。又， V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 必須設在 1.90 以下 ($-0.000724 \times 1514 + 3.0$ 以下) 的範圍，在該範圍內可使單晶不變形地育成。因此，為了具有結晶之直徑方向大致整面為 V 區域的單晶，將 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，安全起見決定為 0.29 以上、0.31 以下的範圍。繼之，控制在該決定之 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，來提拉單晶。亦即，由於該單晶製造裝置的 HZ 中，固液界面之溫度梯度的最大 G 是 $4.07\text{K}/\text{mm}$ ，所以將提拉速度 V 控制在 $1.18\text{mm}/\text{min}$ 以上、 $1.26\text{mm}/\text{min}$ 以下的範圍進行提拉。

檢查以上述方式提拉之矽單晶的結果，可確認在單晶之直徑方向大致整面，得以確實地排除 OSF 環。

由實施例 1 至 3 得知，使用坩堝和原料熔融液界面之最高溫度 $T_{\max} (^{\circ}\text{C})$ ，作為決定 V/G 值的參數，可依據各單晶製造裝置，確實地決定具有無 Cu 沈澱缺陷區域的 N 區域。因此，藉由控制在以此方式決定的 V/G 值，得以確實地提拉具有無 Cu 沈澱缺陷區域的 N 區域。又，由實施例 1、2 得知，藉由配設隔熱材，將 $T_{\max} (^{\circ}\text{C})$ 的溫度變得更低，得以提高具有無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區

(17)

域的 V/G 值。因此，可高速地設定提拉速度 V ，且可增加單晶的生產性。

此外，本發明並不侷限於上述實施型態。上述實施型態僅為例示，實質上具有與本發明專利申請範圍記載之技術思想相同的構成，且具有相同作用效果的任一種型態皆包含於本發明的技術範圍。

例如，本發明雖然是說明關於沒有添加氮或碳等雜質時（未摻雜）製造單晶的方法，但是有添加氮或碳等雜質的情況下，雖然 V/G 值與未摻雜時有很大的不同，然而，即使是此種情況中， T_{max} 也是有同樣的關係，對於因各雜質、和此等濃度而變化之缺陷區域相對之 V/G 值，加上 T_{max} 所生之修正，皆包含於本發明的技術範圍。

【圖式簡單說明】

第 1 圖是在坩堝底面部及側面部配設隔熱材之單晶製造裝置的概略剖面圖。

第 2 圖是一般的單晶製造裝置的概略剖面圖。

第 3 圖是表示關於所期望缺陷區域及／或無缺陷區域之單晶的 V/G 值和 T_{max} 之範圍的圖表。

（a）是 N 區域及 OSF 區域之 V/G 值和 T_{max} 的範圍

（b）是 V 區域之 V/G 值和 T_{max} 的範圍

（c）是無 Cu 沈澱缺陷區域之 N 區域之 V/G 值和 T_{max} 關係的圖表。

(18)

第 4 圖是表示 N_v 區域和 N_i 區域交界之 V/G 值和 T_{max} (°C) 的關係之圖表。

第 5 圖是表示成長速度和結晶缺陷分布的說明圖。

第 6 圖是表示 N_v 區域和 N_i 區域交界之 V/G 值和坩堝口徑之關係的圖表。

【元件表】

1	單晶製造裝置
2	主處理室
3	提拉處理室
4	單晶
5	拉線
6	原料熔融液
7	石英坩堝
8	石墨坩堝
9	軸
10	石墨加熱器
11	隔熱構件
12	冷卻筒
13	石墨筒
14、17	隔熱材
15	晶種保持器
16	種晶

伍、中文發明摘要

發明之名稱：單晶之製造方法及單晶

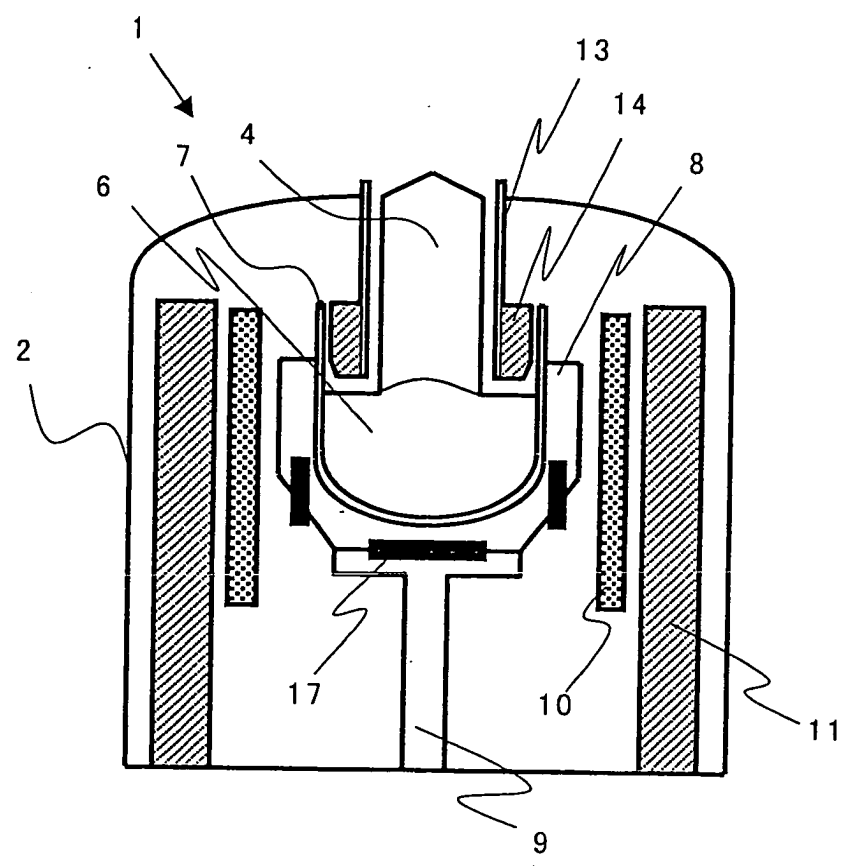
本發明提供一種單晶之製造方法及單晶，是利用柴氏長晶法（Czochralski Method）從原料熔融液提拉種晶，來製造單晶的方法，其特徵為：將提拉單晶時的提拉速度設為 V （ mm/min ）、固液界面的溫度梯度設為 G （ K/mm ）、坩堝和原料熔融液之界面的最高溫度設為 T_{max} （ $^{\circ}\text{C}$ ）時，至少依據 T_{max} （ $^{\circ}\text{C}$ ），決定具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值（ $\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$ ）的範圍，而在該決定的範圍，控制 V/G （ $\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$ ）值，以提拉單晶。藉此方式，可提供一種單晶之製造方法，係在控制 V/G 值，提拉單晶時，得以更確實地決定具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值，且得以更確實地提拉所期望品質之單晶。

陸、英文發明摘要

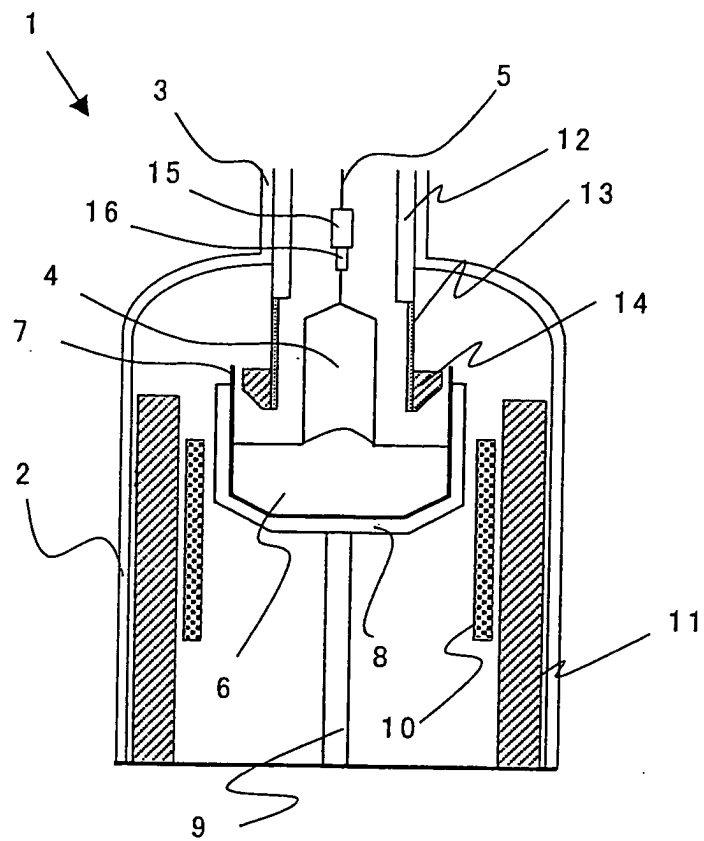
發明之名稱：



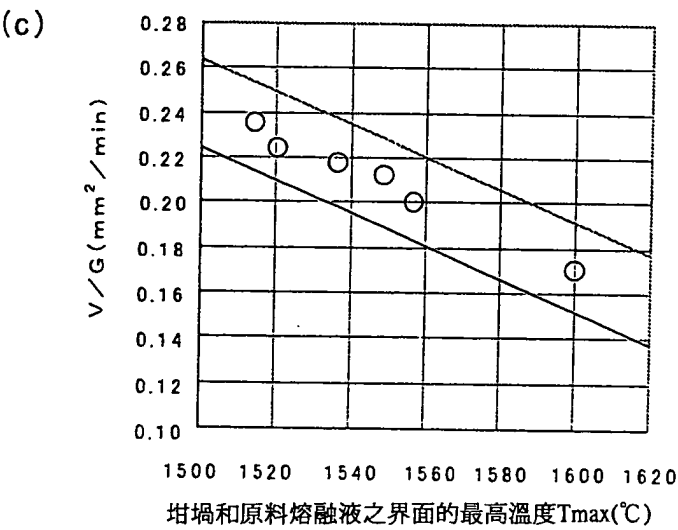
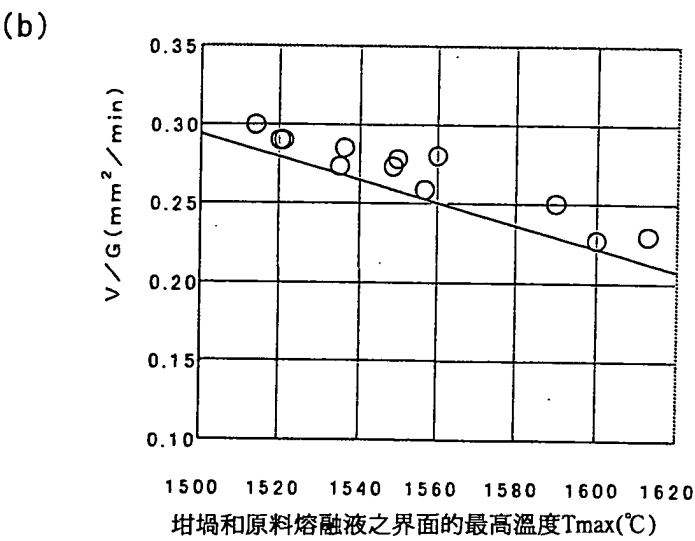
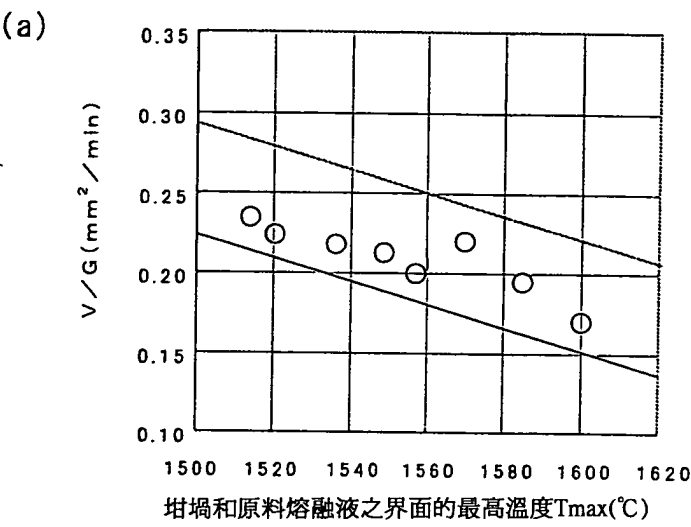
第1圖



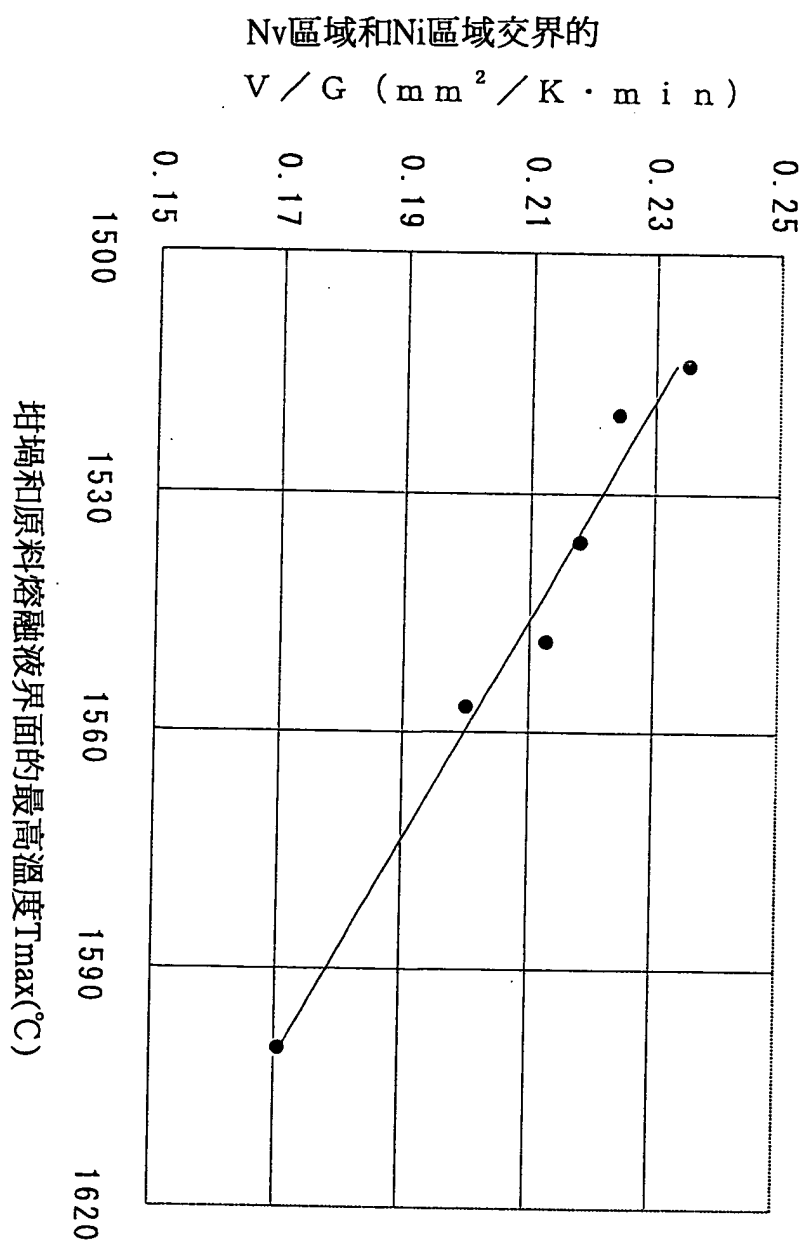
第2圖



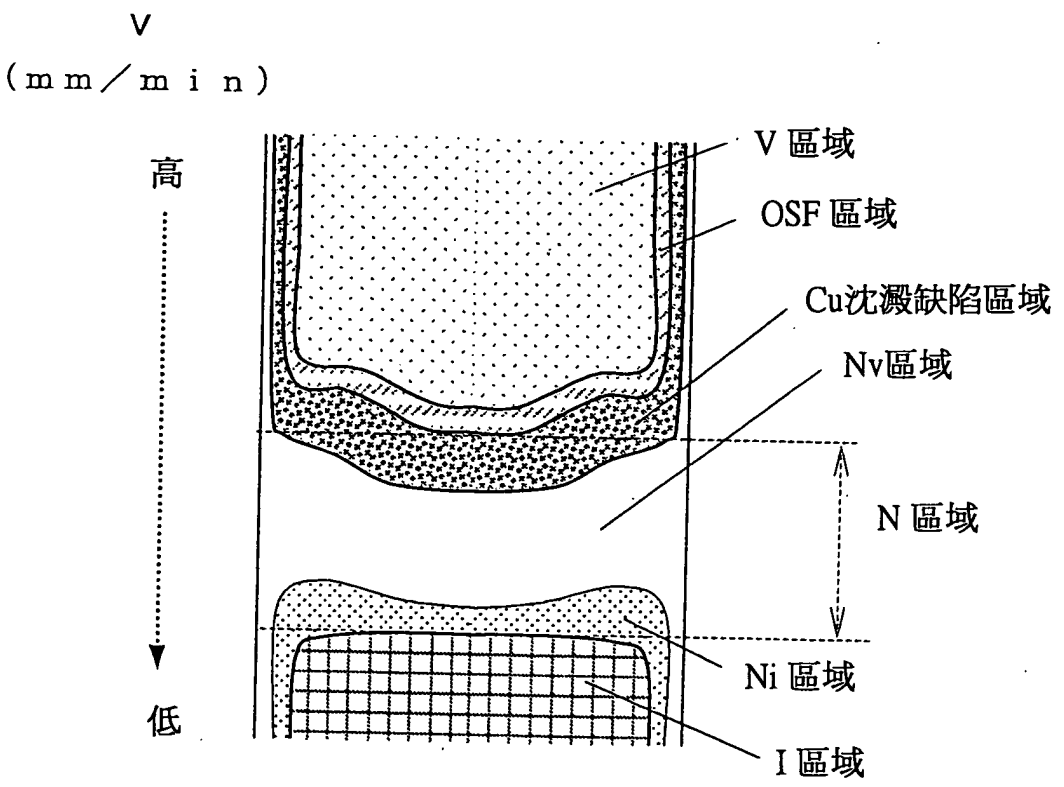
第3圖



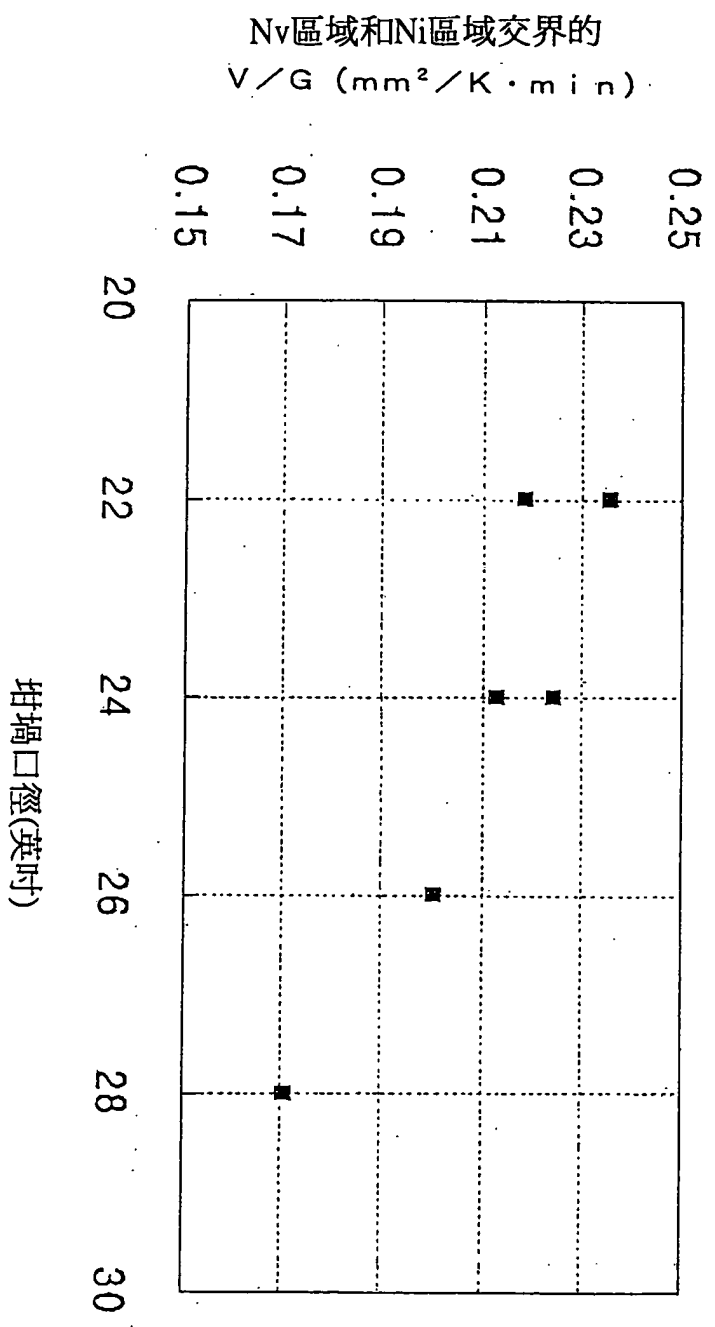
第4圖



第5圖



第6圖



柒、（一）、本案指定代表圖為：第 3 圖

（二）、本代表圖之元件代表符號簡單說明：無

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

公告本

第 093112773 號專利申請案中文申請專利範圍修正本

民國 100 年 6 月 21 日修正

拾、申請專利範圍

1. 一種單晶之製造方法，是利用柴氏長晶法從原料熔融液提拉種晶，來製造單晶的方法，其特徵為：將提拉單晶時的提拉速度設為 V (mm/min)、固液界面的溫度梯度設為 G (K/mm)、坩堝和原料熔融液之界面的最高溫度設為 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) 時，至少依據 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$)，決定具有所期望缺陷區域及／或所期望無缺陷區域之 V/G 值 ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 的範圍，而在該決定的範圍，將 V/G ($\text{mm}^2/\text{K} \cdot \text{min}$) 值控制在 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.31$ 以上、未滿 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.38$ 的範圍、 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.38$ 以上的範圍、 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.31$ 以上 $-0.000724 \times T_{\text{max}} + 1.35$ 以下的範圍之任一種範圍，以提拉單晶。

2. 如申請專利範圍第 1 項所記載之單晶的製造方法，其中，將上述 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$) 設在 1560°C 以下的範圍，來提拉單晶。

3. 如申請專利範圍第 1 項所記載之單晶的製造方法，其中，藉由至少在收容原料熔融液的坩堝、和圍繞該坩堝而配置的加熱器之間設置隔熱材，或是在坩堝底面部配設隔熱材，來變更上述 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$)。

4. 如申請專利範圍第 2 項所記載之單晶的製造方法，其中，藉由至少在收容原料熔融液的坩堝、和圍繞該坩堝

而配置的加熱器之間設置隔熱材，或是在坩堝底部配設隔熱材，來變更上述 $T_{\max}$ (°C)。

5.如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項所記載之單晶的製造方法，其中，上述單晶是矽。

6.如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項所記載之單晶的製造方法，其中，上述單晶的直徑為 200mm 以上。

7.如申請專利範圍第 5 項所記載之單晶的製造方法，其中，上述單晶的直徑為 200mm 以上。