



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I836802 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：111148542

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 16 日

(51)Int. Cl. : C30B33/02 (2006.01)

C30B29/06 (2006.01)

(30)優先權：2021/12/17 日本

2021-205584

(71)申請人：日商 S U M C O 股份有限公司 (日本) SUMCO CORPORATION (JP)  
日本

(72)發明人：藤瀨淳 FUJISE, JUN (JP)；前田学 MAEDA, MANABU (JP)

(74)代理人：許世正

(56)參考文獻：

TW 201527610A

TW 201708630A

TW 201715579A

TW 201719758A

TW 202120751A

審查人員：林春佳

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：8 共 32 頁

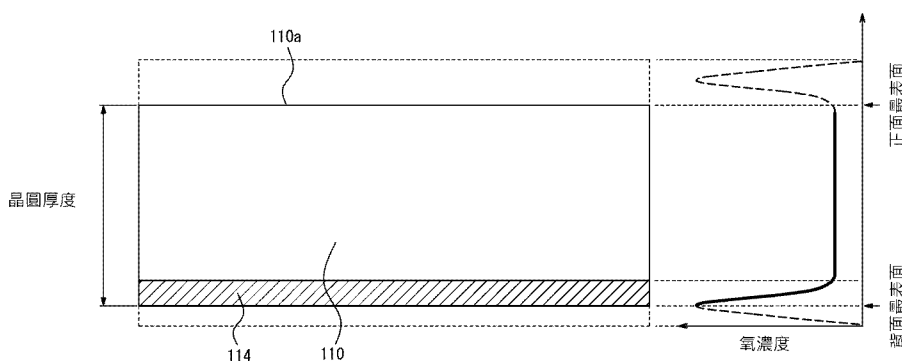
(54)名稱

矽晶圓及其製造方法

(57)摘要

〔課題〕提供係為適於 IGBT 之用途之矽晶圓、在高電阻下電阻變動小且可抑制滑移之發生的矽晶圓及該矽晶圓的製造方法。〔解決手段〕一種矽晶圓，其中在矽晶圓之厚度方向的氧濃度輪廓中氧濃度較矽晶圓之氧濃度 (ASTM F121,1979) 還要高  $1.5 \times 10^{17}$  原子/cm<sup>3</sup> 以上的高氧濃度區域僅存在於背面表層部，自矽晶圓之背面的最表面至厚度方向 10 μm 之區域的平均氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子/cm<sup>3</sup> 以上且  $15.0 \times 10^{17}$  原子/cm<sup>3</sup> 以下。

指定代表圖：



【圖8】



公告本

I836802

【發明摘要】

【中文發明名稱】 矽晶圓及其製造方法

【中文】

〔課題〕提供係為適於 IGBT 之用途之矽晶圓、在高電阻下電阻變動小且可抑制滑移之發生的矽晶圓及該矽晶圓的製造方法。〔解決手段〕一種矽晶圓，其中在矽晶圓之厚度方向的氧濃度輪廓中氧濃度較矽晶圓之氧濃度（ASTM F121,1979）還要高  $1.5 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上的高氧濃度區域僅存在於背面表層部，自矽晶圓之背面的最表面至厚度方向  $10 \mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上且  $15.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

【指定代表圖】 圖 8。

【代表圖之符號簡單說明】

無。

【特徵化學式】

無。

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 矽晶圓及其製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明係關於矽晶圓及其製造方法。

【先前技術】

【0002】 近年來，踴躍開發了閘流電晶體或雙極電晶體、金屬氧化物半導體場效應電晶體（MOSFET：Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）、絕緣閘雙極電晶體（IGBT：Insulated Gate Bipolar Transistor）等作為電力用途取向的切換器件。其中，IGBT 係兼備 MOSFET 之高速性與雙極電晶體之低飽和電壓特性的器件，在如混合動力車或電動車之動力馬達用電源要求大容量、高耐壓、高速切換的用途上引人矚目。

【0003】 IGBT 係具有形成於矽晶圓之表面側之閘極電極及射極電極與形成於背面側之集極電極之閘極電壓驅動型的切換器件（亦稱作「縱型 IGBT」。），切換電流通過表面側之射極與背面側之集極之間的矽晶圓整體。因此，若矽晶圓內部存在結晶缺陷，則器件特性會惡化，故於矽晶圓自晶圓表面至背面不存在結晶缺陷一事實屬重要。

【0004】 並且，矽晶圓的電阻率在晶圓整體皆為高電阻而無偏差一事亦屬重要。針對這點，在矽晶圓的氧濃度高的情況下，氧原子會成為氧施體，矽晶圓的電阻率會變動。因此，矽晶圓的

氧濃度低一事亦屬重要。

【0005】 就這些情事而言，如專利文獻 1 所記載，已提案如下：對透過柴可斯基法形成之晶格間氧濃度低的矽鑄錠照射中子束並摻雜磷再裁切晶圓，再來在氧化氣體環境下進行退火，藉此獲得電阻率均勻的矽晶圓。

【0006】 並且，專利文獻 2 已提案如下之方法：在矽單晶鑄錠的製造方法中，藉由於矽單晶鑄錠的提拉時，控制來自矽熔化液之 n 型摻雜物的蒸發量，來製造在提拉長度方向上電阻率均勻之 n 型的高電阻之矽單晶鑄錠。

【0007】 說來，在為了減少電阻變動而使用低氧矽晶圓的情況下，已知容易發生滑移（Slip）。若於矽晶圓的背面發生滑移，則會因電流之洩漏及在光微影製程中之位置偏移的問題而對器件良率造成大的影響。此外，可想見矽晶圓的氧濃度愈低，矽晶圓的臨界分解剪應力會變得愈小，愈容易發生滑移。

【0008】 『專利文獻』

《專利文獻 1》日本專利公開第 2012-134517 號公報

《專利文獻 2》國際專利公開第 2018/159108 號

【發明內容】

【0009】 已致力於如此利用種種手法製造適於 IGBT 之用途之在高電阻下電阻變動少的矽晶圓，但在使用低氧濃度之矽晶圓的以往技術中，至今仍難以在高電阻下控制電阻變動，同時防止

滑移發生。

【0010】 於是，本發明以提供係為適於 IGBT 之用途之矽晶圓、在高電阻下電阻變動小且可抑制滑移之發生的矽晶圓及該矽晶圓的製造方法為目的。

【0011】 為能解決上述課題，本發明人等潛心研究。首先，矽晶圓的氧濃度愈高，臨界分解剪應力會變得愈高，變得愈不易發生滑移。然而，由滑移會以晶圓表面所產生之接觸傷口為起點發生一事，本發明人等預想到與其說係晶圓整體的氧濃度，不如說係僅晶圓表層部的氧濃度會影響滑移發生。而且，由在 IGBT 器件製造時滑移發生會成為問題者係在矽晶圓受支撐的背面側一事，本發明人等想到僅於背面之表層部形成高氧濃度區域。於是，本發明人等想出藉由對低氧濃度的矽晶圓在氧氣體環境中熱處理，來暫時提高僅矽晶圓之正面及背面之表層部的氧濃度之後，僅去除正面側的高氧濃度區域，獲得於背面側留下高氧濃度區域的矽晶圓。

【0012】 若為如此之矽晶圓，則在晶圓整體中可在高電阻下抑制電阻變動，可進一步抑制在器件製程中滑移的發生。亦即，本發明之要旨構成如下。

【0013】 〈1〉一種矽晶圓，其中在矽晶圓之厚度方向的氧濃度輪廓中氧濃度較前述矽晶圓之氧濃度（ASTM F121,1979）還要高  $1.5 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上的高氧濃度區域僅存在於背面表層部，

自前述矽晶圓之背面的最表面至厚度方向  $10\ \mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0\times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上且  $15.0\times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

【0014】 〈2〉如〈1〉所述之矽晶圓，自矽晶圓之正面的最表面至厚度方向  $10\ \mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0\times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

【0015】 〈3〉如〈1〉或〈2〉所述之矽晶圓，其中前述高氧濃度區域的厚度為  $10\ \mu\text{m}$  以上且  $30\ \mu\text{m}$  以下。

【0016】 〈4〉如〈1〉～〈3〉之任一項所述之矽晶圓，其中前述矽晶圓的氧濃度為  $4.0\times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

【0017】 〈5〉如〈1〉～〈4〉之任一項所述之矽晶圓，其中前述矽晶圓的電阻率為  $30\ \Omega\cdot\text{cm}$  以上且  $10000\ \Omega\cdot\text{cm}$  以下。

【0018】 〈6〉如〈1〉～〈5〉之任一項所述之矽晶圓，其中前述矽晶圓不含差排群及 COP。

【0019】 〈7〉一種矽晶圓的製造方法，其包含：高氧濃度層形成工序，藉由將研磨前矽晶圓在含氧氣體環境下熱處理，於前述研磨前矽晶圓之正面側及背面側之各自的表層部形成高氧濃度層；以及高氧濃度層去除工序，前述高氧濃度層形成工序之後，將前述研磨前矽晶圓之前述正面側的高氧濃度層去除；其中在前述高氧濃度層形成工序中形成之前述高氧濃度層，在前述研磨前矽晶圓之厚度方向的氧濃度輪廓中具有氧濃度較前述研磨前矽晶圓之氧濃度（ASTM F121,1979）還要高  $1.5\times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上

的區域；自前述高氧濃度層去除工序後之矽晶圓之背面的最表面至厚度方向 10  $\mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上且  $15.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

**【0020】** 〈8〉如〈7〉所述之矽晶圓的製造方法，其中在前述高氧濃度層形成工序中形成之高氧濃度層形成於自前述研磨前矽晶圓之正面及背面的最表面起厚度方向 20  $\mu\text{m}$  以下的各區域。

**【0021】** 〈9〉如〈7〉或〈8〉之任一項所述之矽晶圓的製造方法，其中前述研磨前矽晶圓的氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

**【0022】** 〈10〉如〈7〉～〈9〉之任一項所述之矽晶圓的製造方法，其中前述高氧濃度層去除工序包含兩面研磨工序，使用兩面研磨裝置同時研磨前述研磨前矽晶圓之正面及背面。

**【0023】** 〈11〉如〈10〉所述之矽晶圓的製造方法，其中在前述兩面研磨工序中，在正面側之研磨速度較背面側之研磨速度還要快的條件下進行兩面研磨處理。

**【0024】** 〈12〉如〈10〉或〈11〉所述之矽晶圓的製造方法，其中在前述兩面研磨工序之前先僅於背面側形成氧化膜。

**【0025】** 根據本發明，可提供係為適於 IGBT 之用途之矽晶圓、在高電阻下電阻變動小且可抑制滑移之發生的矽晶圓及該矽晶圓的製造方法。

#### **【圖式簡單說明】**

【0026】 〈圖 1〉係繪示氧濃度為  $0.1 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下之矽晶圓之熱處理後之在厚度方向上之氧濃度輪廓的示意圖。

【0027】 〈圖 2〉係繪示氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  之矽晶圓之熱處理後之在厚度方向上之氧濃度輪廓的示意圖。

【0028】 〈圖 3〉係繪示氧濃度為  $10.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  之矽晶圓之熱處理後之在厚度方向上之氧濃度輪廓的示意圖。

【0029】 〈圖 4〉係繪示透過 X 射線形貌觀察之在矽晶圓表面中之滑移長之觀察圖之一例的圖。

【0030】 〈圖 5〉係繪示事前確認實驗相關之矽晶圓之在各厚度方向上之平均氧濃度與滑移長之長度之關係的圖。

【0031】 〈圖 6〉係說明遵循本發明之一實施型態之矽晶圓之製造方法的示意剖面圖。

【0032】 〈圖 7〉係熱處理後之矽晶圓的示意剖面圖與繪示在厚度方向上之氧濃度輪廓的示意圖。

【0033】 〈圖 8〉係 SMP 處理後之矽晶圓的示意剖面圖與在厚度方向上之氧濃度輪廓的示意圖。

#### 【實施方式】

【0034】 在實施型態之說明之前，為能確認矽晶圓之在厚度方向上之氧濃度輪廓與滑移發生的關係，實施以下預備實驗。

【0035】 （預備實驗）

【0036】 為能確認矽晶圓中之氧濃度輪廓與滑移發生的關

係，準備直徑為 200 mm、矽晶圓之初期氧濃度( ASTM F121,1979 ) 為  $0.1 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下、 $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  及  $10.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  之 3 種 ( 便宜上在此預備實驗中分別稱為「低氧晶圓」、「中氧晶圓」、「高氧晶圓」。) 矽晶圓。於此所謂「矽晶圓之氧濃度」，係以 ASTM F121-1979 為準則使用傅立葉轉換紅外光譜術 ( FTIR : Fourier Transform Infrared Spectroscopy ) 量測到之值。為了使此等矽晶圓之表層部的氧濃度變化，以 RTA 爐與臥式爐進行熱處理 ( 在本預備實驗中，為便於與模擬了 IGBT 製造時之器件製程的熱處理區別而稱呼為「預退火」) 。RTA 爐的預退火條件係以 10 秒升溫至 1250 度，在此溫度下進行 30 秒熱處理，以 10 秒使之降溫至室溫的熱處理次序。臥式爐的預退火條件係於保持在 1150°C 之爐內放入矽晶圓，進行 30 分鐘熱處理，在此溫度下取出的熱處理次序。圖 1~3 係繪示使用二次離子質譜法 ( SIMS : Secondary Ion Mass Spectrometry ) 量測熱處理後之低氧晶圓、中氧晶圓、高氧晶圓之各矽晶圓表層部之厚度方向的氧濃度輪廓之結果的示意圖表。

**【0037】** 為了模擬實施對此等已預退火處理之矽晶圓予以 IGBT 器件製造時之一般的熱處理，以立式爐進行 1100°C 的熱處理，驗看自與支撐矽晶圓之晶舟的接觸傷口起的滑移長。已施加各熱處理之矽晶圓的最大氧濃度、晶圓表層部至 5  $\mu\text{m}$  及 10  $\mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度以及在矽晶圓中觀察到的滑移長揭示於表

1。於此，所謂「最大氧濃度」，係透過 SIMS 量測到之在矽晶圓之厚度方向之氧濃度輪廓中的最大值。並且，所謂「晶圓表層部至 5  $\mu\text{m}$  及 10  $\mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度」，係透過 SIMS 量測到之在矽晶圓之厚度方向之氧濃度輪廓中的平均值，具體上係藉由將至深度方向 5  $\mu\text{m}$  或 10  $\mu\text{m}$  之氧濃度輪廓的積分值除以係為其幅寬之 5  $\mu\text{m}$  或 10  $\mu\text{m}$  而求出之值。此外，滑移長度自 X 射線形貌影像量測。滑移長之一例繪示於圖 4。圖 5 繪示自矽晶圓之最表面（係作為面之「最外側之面（outermost surface）」的意思，下面將成為晶圓之器件形成區域的主面稱作「正面」（top surface），將其相反側之面稱作「背面」（rear surface）。）至厚度方向 5  $\mu\text{m}$  處、10  $\mu\text{m}$  處之區域的平均氧濃度及矽晶圓中之最大氧濃度與量測到之滑移長的關係。表示相關程度的決定係數  $R^2$  在自表層部至 10  $\mu\text{m}$  之平均值中最高，係  $R^2 = 0.9477$ 。

【0038】 『表 1』

初期氧濃度 (原子/cm <sup>3</sup> )	預退火	最大氧濃度 (原子/cm <sup>3</sup> )	表層部的平均氧濃度		滑移長 (mm)
			表層部 5 μm (原子/cm <sup>3</sup> )	表層部 10 μm (原子/cm <sup>3</sup> )	
<1.0×10 <sup>17</sup> 低氧晶圓	無熱處理	<1.0×10 <sup>17</sup>	<1.0×10 <sup>17</sup>	<1.0×10 <sup>17</sup>	40.3
	RTA 爐	11.3×10 <sup>17</sup>	5.7×10 <sup>17</sup>	4.6×10 <sup>17</sup>	29.0
	臥式爐	6.2×10 <sup>17</sup>	5.5×10 <sup>17</sup>	5.1×10 <sup>17</sup>	26.7
4.0×10 <sup>17</sup> 中氧晶圓	無熱處理	4.0×10 <sup>17</sup>	4.0×10 <sup>17</sup>	4.0×10 <sup>17</sup>	28.6
	RTA 爐	12.0×10 <sup>17</sup>	7.9×10 <sup>17</sup>	7.1×10 <sup>17</sup>	20.0
	臥式爐	6.7×10 <sup>17</sup>	6.0×10 <sup>17</sup>	5.9×10 <sup>17</sup>	27.6
10.0×10 <sup>17</sup> 高氧晶圓	無熱處理	10.0×10 <sup>17</sup>	10.0×10 <sup>17</sup>	10.0×10 <sup>17</sup>	16.2
	RTA 爐	12.3×10 <sup>17</sup>	11.1×10 <sup>17</sup>	10.9×10 <sup>17</sup>	15.0
	臥式爐	9.9×10 <sup>17</sup>	6.7×10 <sup>17</sup>	7.1×10 <sup>17</sup>	19.5

【0039】 就此等實驗結果而言，無關乎矽晶圓之初期氧濃度的大小，若透過熱處理使僅矽晶圓之表層部氧濃度上升，則可提升矽晶圓的滑移耐受性。尤其在厚度方向上，若自最表面至 10 μm 之區域的平均氧濃度高，則可充分提高滑移耐受性。因此，在矽晶圓之背面側中，若提高自最表面至厚度方向 10 μm 之區域的平均氧濃度，則可抑制起因於傷口之滑移的發生。而且，若藉由對低氧濃度之矽晶圓在氧氣體環境中予以熱處理，來暫時提高僅矽晶圓之正面及背面之表層部的氧濃度之後，僅去除正面側的高氧濃度區域，於背面側留下高氧濃度區域，則在晶圓整體中可在高電阻下抑制電阻變動，可進一步抑制在 IGBT 器件製程中造成憂慮之在晶圓背面側的滑移發生。

【0040】 (矽晶圓的製造方法)

【0041】 依據以上預備實驗結果，下面一邊參照圖式一邊詳

細說明本實施型態相關之製造矽晶圓之方法的實施型態。此外，對於相同的構成要件，原則上在數字下兩位標註相同的參照號碼，並省略重複的說明。並且，在圖 6~圖 8 中，由於圖式的簡化，對於各構造的厚度，以異於實際的厚度之比例誇張表示。遵循本發明之矽晶圓的製造方法，其特徵在於包含：高氧濃度層形成工序，藉由將研磨前矽晶圓 110 在含氧氣體環境下熱處理，於研磨前矽晶圓 110 之正面側及背面側之各自的表層部形成高氧濃度層；以及高氧濃度層去除工序，高氧濃度層形成工序之後，將研磨前矽晶圓 110 之正面側的高氧濃度層去除；其中在高氧濃度層形成工序中形成之高氧濃度層，具有在研磨前矽晶圓 110 之厚度方向的氧濃度輪廓中氧濃度較研磨前矽晶圓 110 之氧濃度( ASTM F121,1979) 還要高  $1.5 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上的區域；自高氧濃度層去除工序後之矽晶圓之背面的最表面至厚度方向  $10 \mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上且  $15.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

**【0042】** 以下依每一實施型態來說明本發明之各構造及各工序的細節。

**【0043】** 本實施型態相關之矽晶圓的製造方法，對矽晶圓施加熱處理，最終僅於矽晶圓之背面形成高氧濃度區域。在作為一例之圖 6 所示之一實施型態中，首先於研磨前矽晶圓 110 之正面及背面的各表層部透過熱處理形成正面側高氧濃度層 112 及背面

側高氧濃度層 113。之後，使用兩面研磨裝置兩面研磨（DSP）研磨前矽晶圓 110 之正面及背面之兩面。此時，至少背面側高氧濃度層 113 以留下一部分之方式研磨。之後，為了調整低氧濃度區域之正面最表面 110a 的表面粗糙度而進行單面研磨處理。以下依序說明在第 1 實施型態中之各工序的細節。

**【0044】** 〈研磨前矽晶圓〉

**【0045】** 作為在依循本發明之矽晶圓之製造中使用的研磨前矽晶圓 110，可使用自矽單晶裁切出之單晶矽晶圓。單晶矽晶圓可使用將透過柴可斯基法（CZ 法）或浮區熔融法（FZ 法）成長之單晶矽鑄錠以線鋸等切片者。於此，在將矽晶圓使用於立式器件的情況下，若在器件形成區域之縱向之任一區域中存在缺陷，則會透過此缺陷產生洩漏電流，故會對器件特性帶來影響。因此，就獲得更加良好之器件特性的觀點而言，研磨前矽晶圓 110 以做成不含差排群及空孔凝集缺陷（COP：Crystal Originated Particle）的矽晶圓為佳。

**【0046】** 於此，在本說明書中之所謂「不含 COP 的矽晶圓」，定為意謂藉由以下所說明之觀察評價未偵測到 COP 的矽晶圓。亦即，首先對自透過 CZ 法成長之單晶矽鑄錠裁切加工的矽晶圓進行 SC-1 清洗（亦即，利用氨水、過氧化氫水溶液與超純水以 1：1：15 混合之混合液的清洗），使用 KLA-Tencor 公司製：Surfscan SP-2 作為表面缺陷檢查裝置來觀察評價清洗後的矽晶圓表面，特

定推測為表面坑之光點缺陷（LPD：Light Point Defect）。此時，觀察模式定為斜向模式（斜向入射模式：Oblique mode），表面坑之推測定為依據寬窄頻（Wide Narrow Channel）之偵測尺寸比來進行者。對於如此特定之 LPD 使用原子力顯微鏡（AFM：Atomic Force Microscope）來評價是否為 COP。透過此觀察評價，將未觀察到 COP 的矽晶圓定為「不含 COP 的矽晶圓」。

【0047】 另一方面，差排群係以過量之晶格間矽的凝集體之形式形成之尺寸大（10 μm 左右）的缺陷（差排環），藉由施加射哥蝕刻（Secco etching）等蝕刻處理或予以 Cu 裝飾來使之顯現化，可以目視水準簡單確認差排群的有無。

【0048】 〈高氧濃度層形成工序〉

【0049】 高氧濃度層形成工序係在氧氣體環境下將研磨前矽晶圓 110 熱處理而於研磨前矽晶圓 110 之正面及背面之各自的表層部形成高氧濃度層的工序。本工序相關之熱處理可應用一般的加熱裝置，可使用快速熱退火（RTA：Rapid Thermal Annealing）及快速熱氧化（RTO：Rapid Thermal Oxidation）等的急速升降溫熱處理裝置或批次式熱處理裝置（立式熱處理裝置、臥式熱處理裝置）等來進行。於此，供應至熱處理裝置之爐內之氧氣的流量以做成 20 L／分鐘以上為佳，以做成 40 L／分鐘以上為更佳。爐內除此之外亦可包含惰性氣體（inert gas）。熱處理溫度以 1000°C 以上且 1350°C 以下為佳，以 1100°C 以上且 1300°C 以下為更佳。熱

處理時間因應所使用之爐來設定適切之時間即可，舉例而言，在 RTA 爐中，以定為 10 秒以上且 30 秒以下之熱處理為佳，在批次式熱處理裝置中，以定為 10 分鐘以上且 3 小時以下之熱處理為佳。並且，在高氧濃度層形成工序中形成之各面的高氧濃度層，以形成於自矽晶圓之正面及背面的最表面至厚度方向 20  $\mu\text{m}$  之各區域為佳。

【0050】 在高氧濃度層形成工序中，如圖 7 所示，藉由爐內之氧內部擴散至研磨前矽晶圓 110 之正面及背面的表層部，於各面的表層部形成正面側高氧濃度層 112 及背面側高氧濃度層 113。熱處理溫度愈高而且熱處理時間愈長，研磨前矽晶圓 110 之表層部的氧濃度會變得愈高，氧愈會往研磨前矽晶圓 110 的最表面擴散。藉由將研磨前矽晶圓熱處理，形成在研磨前矽晶圓 110 之厚度方向之氧濃度輪廓中具有氧濃度較研磨前矽晶圓 110 之氧濃度（ASTM F121,1979）還要高  $1.5 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上之區域的高氧濃度層。圖 7 一併繪示形成有正面側高氧濃度層 112 及背面側高氧濃度層 113 之矽晶圓的示意圖與形成有各高氧濃度層之矽晶圓在厚度方向上之氧濃度之輪廓的示意概念圖。如圖 7 所示，內部擴散至矽晶圓中之氧的濃度輪廓於各正背面的表層部存在尖峰。研磨前矽晶圓 110 之氧濃度（ASTM F121,1979）以  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下為佳，在熱處理前之研磨前矽晶圓 110 為高氧濃度的情況下，如同圖 3 所示例者，熱處理中的氧擴散少。

**【0051】** 〈高氧濃度層去除工序〉

**【0052】** 在矽晶圓表面的磨削研磨中，一般會在對矽晶圓的正面及背面進行兩面研磨（DSP）之後，進一步將此矽晶圓之正面側的表面單面研磨（SMP）。藉由進行兩面研磨，可去除殘留於矽晶圓正／背面的加工變形，確保指定之平坦度，藉由進一步僅正面側進行單面研磨，可將矽晶圓之正面側的表面做成指定之表面粗糙度。然而，若進行如正／背面之研磨去除量呈相同之兩面研磨，則於使用作為器件活性層之矽晶圓的正面側亦會殘存高氧濃度層，不滿足氧濃度規格，無法作為產品使用。於是，在本實施型態中，於高氧濃度層去除工序中，為了在高氧濃度層形成工序中形成之正面側高氧濃度層 112 及背面側高氧濃度層 113 之中僅去除正面側高氧濃度層 112，在兩面研磨工序中，以設定矽晶圓正面側之研磨速度較矽晶圓背面側之研磨速度還要快的條件為佳。為此，舉例而言可在上側之研磨平台與下側之研磨平台變更使用條件。具體而言，可將研磨墊的種類做成採用僅上側將研磨墊埋入了磨粒的固定磨粒墊，或在上下合宜使用胺甲酸酯墊與不織布、麂皮之組合。除此之外，藉由使上下之研磨平台的壓力或轉數持有差異，亦能夠達成此種目的。並且，即使研磨速度相同，亦可為了實質上矽晶圓背面側之研磨去除量減少而於兩面研磨工序之前僅於背面側形成氧化膜等保護膜。藉由在此等條件下處理，可將矽晶圓正面側的高氧濃度層 112 全部去除，且可於背面側使

高氧濃度區域 114 殘存。此外，在高氧濃度層去除工序中之正面側之高氧濃度層 112 的去除，亦可使用蝕刻等任意之研磨以外之手法，並非僅受限於研磨。

【0053】 如此一來，藉由僅去除正面的高氧濃度層，同時於背面側留下高氧濃度區域，可製造係為適於 IGBT 之用途之矽晶圓、在高電阻下電阻變動小且可抑制滑移之發生的矽晶圓。

【0054】 其次，具體說明可藉由上述製造方法之實施型態獲得之矽晶圓。

【0055】 (矽晶圓)

【0056】 依循本發明的矽晶圓係如下之矽晶圓，所述矽晶圓僅於背面表層部存在在矽晶圓之厚度方向的氧濃度輪廓中氧濃度較矽晶圓之氧濃度 (ASTM F121,1979) 還要高  $1.5 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上的高氧濃度區域，自矽晶圓之背面的最表面至厚度方向  $10 \mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上且  $15.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。以下依序說明各構造的細節。於此，背面表層部的高氧濃度區域所占之比例由於相對於矽晶圓整體為極少，故作為矽晶圓之晶圓整體的氧濃度可視為與施加熱處理等之前的矽晶圓之初期氧濃度實質上相同。

【0057】 〈矽晶圓的氧濃度〉

【0058】 矽晶圓的氧濃度僅矽晶圓之背面表層部具有以氧濃度計較矽晶圓之氧濃度 (ASTM F121,1979) 還要高  $1.5 \times 10^{17}$  原子

／ $\text{cm}^3$  以上的高氧濃度區域，此種高氧濃度區域的厚度以  $10\ \mu\text{m}$  以上且  $30\ \mu\text{m}$  以下為佳。正面的表層部未形成此種高氧濃度區域。而在此，所謂矽晶圓的表層部，係指自矽晶圓之正面及背面之各自之最表面至未達  $50\ \mu\text{m}$  之區域。如同上述，由於矽晶圓的氧濃度在矽晶圓的製造中通過高氧濃度層形成工序及研磨工序之前後幾乎沒有改變，故矽晶圓的氧濃度可使用以矽晶圓之初期氧濃度之形式量測到之值。於此，所謂初期氧濃度，係指以 FT—IR 量測到之氧濃度。並且，在以 SIMS 於晶圓厚度方向量測氧濃度的情況下，表示此等之平均值。

【0059】 於此，背面表層部的氧濃度之自矽晶圓之背面的最表面至厚度方向  $10\ \mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子／ $\text{cm}^3$  以上且  $15.0 \times 10^{17}$  原子／ $\text{cm}^3$  以下。如後所述，藉由於矽晶圓之背面表層部具有高氧濃度層，可抑制滑移的發生。

【0060】 並且，以自正面的最表面至厚度方向  $10\ \mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子／ $\text{cm}^3$  以下為佳。藉由矽晶圓之正面的氧濃度低，可使用作為電阻變動小、合適於 IGBT 之製造的矽晶圓。

【0061】 〈矽晶圓的電阻率〉

【0062】 矽晶圓的電阻率以  $30\ \Omega \cdot \text{cm}$  以上且  $10000\ \Omega \cdot \text{cm}$  以下為佳。於此，電阻率的量測係以四點探針法量測到之值。具體而言，可藉由透過四點探針法量測矽晶圓之正面的中心部位來進行。

【0063】 茲進一步具體說明上述實施型態相關之晶圓的優點。如同上述，若氧濃度高則會引發電阻變動，故僅為了抑制滑移之發生而採用高的晶圓氧濃度並不適於 IGBT 用途。首先，考量氧濃度在矽晶圓之厚度方向整體皆為  $0.1 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上且  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下之使用於以往 IGBT 用途的低氧濃度矽晶圓（以下便宜上稱作「以往型低氧濃度晶圓」。）。並且，考量氧濃度在矽晶圓之厚度方向整體皆為  $9.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上且  $15.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下之高氧濃度的矽晶圓（以下便宜上稱作「以往型高氧濃度晶圓」。）。再來，考量對以往型低氧濃度晶圓實施熱處理而矽晶圓表層部之氧濃度在兩面為高的矽晶圓（以下便宜上稱作「以往型退火晶圓」。）。對於以往型退火晶圓，再次參照圖 7 之氧濃度輪廓的概念圖。

【0064】 研究在對各個此等以往型低氧濃度晶圓、以往型高氧濃度晶圓及以往型退火晶圓進行假定作為 IGBT 製造之一般之熱處理的  $1150^\circ\text{C}$  之熱處理與  $450^\circ\text{C}$  之 2 階段之熱處理之情況下的滑移耐受性與電阻變動。

【0065】 在以往型退火晶圓的情形中，由於矽晶圓表層部的氧濃度高，故滑移長相比於以往型低氧濃度晶圓能夠改善。然而，由於在正面側形成高氧濃度區域而會發生電阻變動。以往型高氧濃度晶圓如同以往型退火晶圓，滑移長相比於以往型低氧濃度晶圓為良好，但終究不可避免電阻變動。以往型低氧濃度晶圓即使

可迴避電阻變動，仍無法避免滑移發生。相對於此等，若為於前已述之本發明相關之晶圓，則由於在背面側有高氧濃度區域故抑制滑移發生，同時晶圓之背面表層部以外無電阻變動，因而合適供應至 IGBT 器件用途。

【0066】（高氧濃度層去除試驗）

【0067】一兩面研磨工序的效率化一

【0068】為了將在高氧濃度層形成工序中形成於兩面之高氧濃度層中之僅正面的高氧濃度層整體去除，同時於背面側留下高氧濃度區域，而產生使兩面研磨工序之後的單面研磨之研磨裕度較通常還要大的必要。於是，在兩面研磨工序中，若使正面側的研磨裕度較背面側還要大，則可在兩面研磨工序中有效率進行高氧濃度層去除。在兩面研磨工序中，正面及背面的研磨墊通常使用相同者，但藉由在正面與背面使用相異之研磨墊，是否可僅在兩面研磨工序中僅去除正面的高氧濃度層，吾人實施了確認試驗。

【0069】為了研磨晶圓而使用的研磨墊，研磨速度會因使用次數（亦即使用時間）而異。於是，進行如下之實驗：在正面側與背面側使用使用時間相異之研磨墊，量測此時的正背面之研磨速度的比率與其平坦度。研磨墊的使用時間使用如表 2 所定義之水準 1 至水準 4 者。

【0070】 『表 2』

	使用時間 (分鐘)
水準 1	0 ~ 10000
水準 2	10001 ~ 30000
水準 3	30001 ~ 50001
水準 4	50001 ~

【0071】 比較了兩面研磨後之表背面的研磨裕度量之研磨比率 (若為 1.00 以上, 則意謂正面側之研磨裕度較背面側還要大。) 及係為平坦度指標之整體背面理想範圍 (GBIR: Global backside ideal range) 的評價結果揭示於表 3。表中, 右側之列揭示使用於正面側之研磨墊的水準, 左側之行揭示使用於背面側之研磨墊的水準。

【0072】 『表 3』

評價項目	背\正	水準 1	水準 2	水準 3	水準 4
研磨比率	水準 1	—	<b>1.28</b>	<b>1.51</b>	0.98
GBIR		<b>0.04</b>	<b>0.07</b>	<b>0.09</b>	<b>0.05</b>
研磨比率	水準 2	0.78	—	0.9	0.76
GBIR		<b>0.08</b>	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>
研磨比率	水準 3	0.66	1.11	—	0.62
GBIR		0.10	<b>0.06</b>	<b>0.03</b>	0.11
研磨比率	水準 4	1.02	<b>1.31</b>	<b>1.61</b>	—
GBIR		<b>0.05</b>	<b>0.08</b>	0.13	<b>0.06</b>

【0073】 在研磨比率為 1.25 以上的情況下, 確認到可將僅正面的高氧濃度層在兩面研磨後之狀態下去除。若比率小, 則會成為在正面側中未清除氧濃度高的區域或者亦去除背面的高氧濃度層之結果。可僅去除正面的高氧濃度層之條件的評價結果以粗體 PO224567-TW (2022TWP4432)

及底線表示。

【0074】 此外，**GBIR** 係表示晶圓內之厚度的最大與最小之差的值。在矽晶圓中亦要求厚度均勻，故作為表示平坦度之具體的厚度之偏差的指標來評價。**GBIR** 以 0.1 以下為佳，滿足此條件之值以粗體及底線表示。

【0075】 就此結果而言，在正面側之使用時間為水準 2 的情形中，背面側使用近於研磨速度慢的新品者或者使用時間變長而研磨速度變慢者則為佳。並且，在正面側之水準 3 的情形中，背面側藉由使用近於新品者，可確認到可製作適於 IGBT 用途之僅正面之高氧濃度層去除的矽晶圓。此外，此結果僅止於使用特定之研磨墊的情形之一例，當然可理解若因應實際使用之研磨墊的類別來合宜組合使用時間的水準或在正背面側組合不同種研磨墊等，可將研磨裕度在正背面做成不對稱，同時獲得良好的平坦度。

【0076】 根據本發明，可提供電阻變動少且可抑制滑移之發生的適於 IGBT 之用途的矽晶圓及其製造方法。

#### 【符號說明】

##### 【0077】

110:研磨前矽晶圓

110a:正面最表面

112:正面側高氧濃度層

113:背面側高氧濃度層

114:背面側高氧濃度區域

PO224567-TW (2022TWP4432)

第 20 頁，共 20 頁（發明說明書）

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種矽晶圓，其中在矽晶圓之厚度方向的氧濃度輪廓中氧濃度較前述矽晶圓之氧濃度（ASTM F121,1979）還要高  $1.5 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上的高氧濃度區域僅存在於背面表層部，

自前述矽晶圓之背面的最表面至厚度方向  $10 \mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上且  $15.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

【請求項2】 如請求項1所述之矽晶圓，自矽晶圓之正面的最表面至厚度方向  $10 \mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

【請求項3】 如請求項1或2所述之矽晶圓，其中前述高氧濃度區域的厚度為  $10 \mu\text{m}$  以上且  $30 \mu\text{m}$  以下。

【請求項4】 如請求項1或2所述之矽晶圓，其中前述矽晶圓的氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

【請求項5】 如請求項1或2所述之矽晶圓，其中前述矽晶圓的電阻率為  $30 \Omega \cdot \text{cm}$  以上且  $10000 \Omega \cdot \text{cm}$  以下。

【請求項6】 如請求項1或2所述之矽晶圓，其中前述矽晶圓不含差排群及 COP。

【請求項7】 一種矽晶圓的製造方法，其包含：

高氧濃度層形成工序，藉由將研磨前矽晶圓在含氧氣體環境下熱處理，於前述研磨前矽晶圓之正面側及背面側之各自的表層部形成高氧濃度層；以及

高氧濃度層去除工序，前述高氧濃度層形成工序之後，將前述研磨前矽晶圓之前述正面側的高氧濃度層去除；其中

在前述高氧濃度層形成工序中形成之前述高氧濃度層，在前述研磨前矽晶圓之厚度方向的氧濃度輪廓中具有氧濃度較前述研磨前矽晶圓之氧濃度（ASTM F121,1979）還要高  $1.5 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上的區域；

自前述高氧濃度層去除工序後之矽晶圓之背面的最表面至厚度方向  $10 \mu\text{m}$  之區域的平均氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以上且  $15.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

**【請求項8】** 如請求項7所述之矽晶圓的製造方法，其中在前述高氧濃度層形成工序中形成之高氧濃度層形成於自前述研磨前矽晶圓之正面及背面的最表面起厚度方向  $20 \mu\text{m}$  以下的各區域。

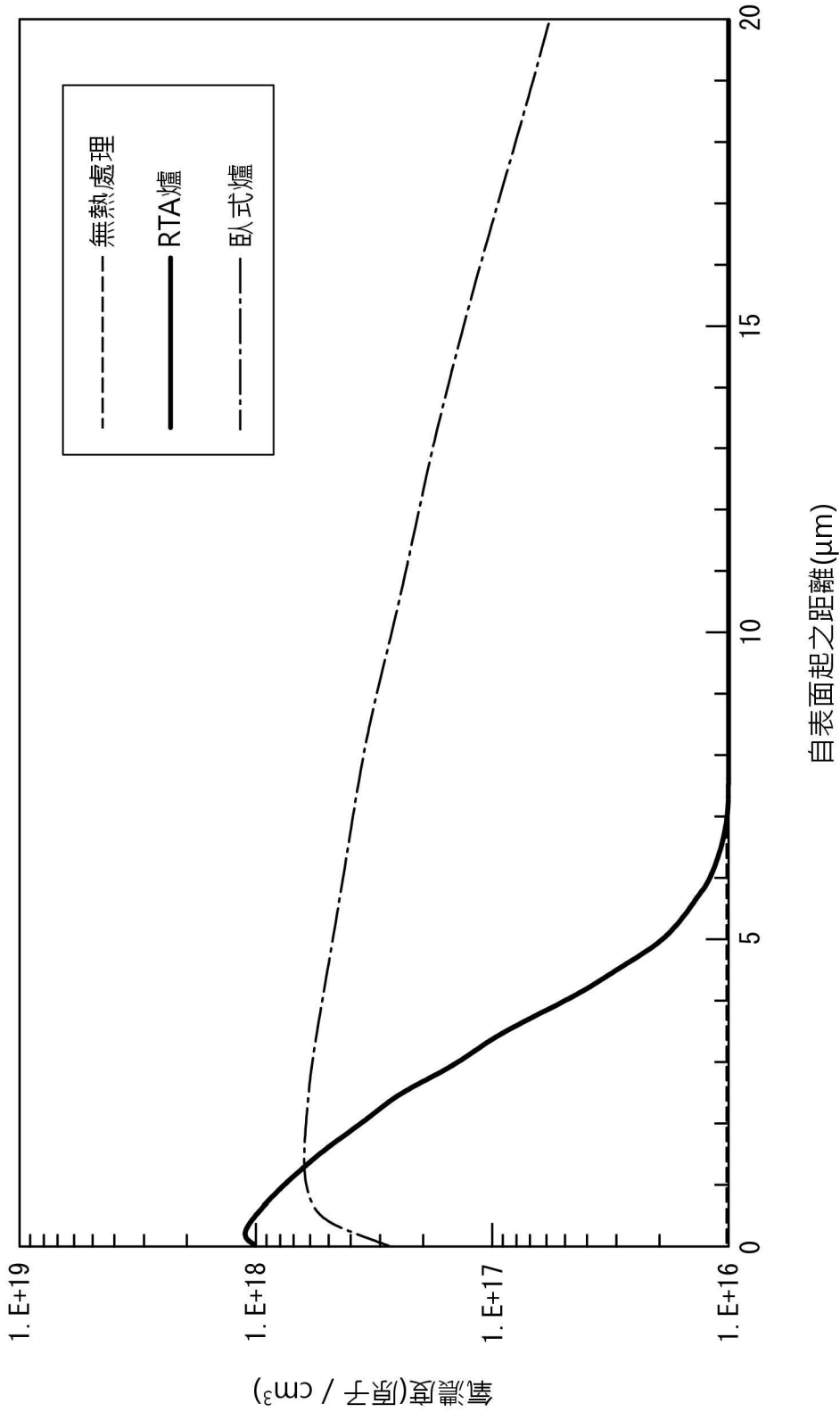
**【請求項9】** 如請求項7或8所述之矽晶圓的製造方法，其中前述研磨前矽晶圓的氧濃度為  $4.0 \times 10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^3$  以下。

**【請求項10】** 如請求項7或8所述之矽晶圓的製造方法，其中前述高氧濃度層去除工序包含兩面研磨工序，使用兩面研磨裝置同時研磨前述研磨前矽晶圓之正面及背面。

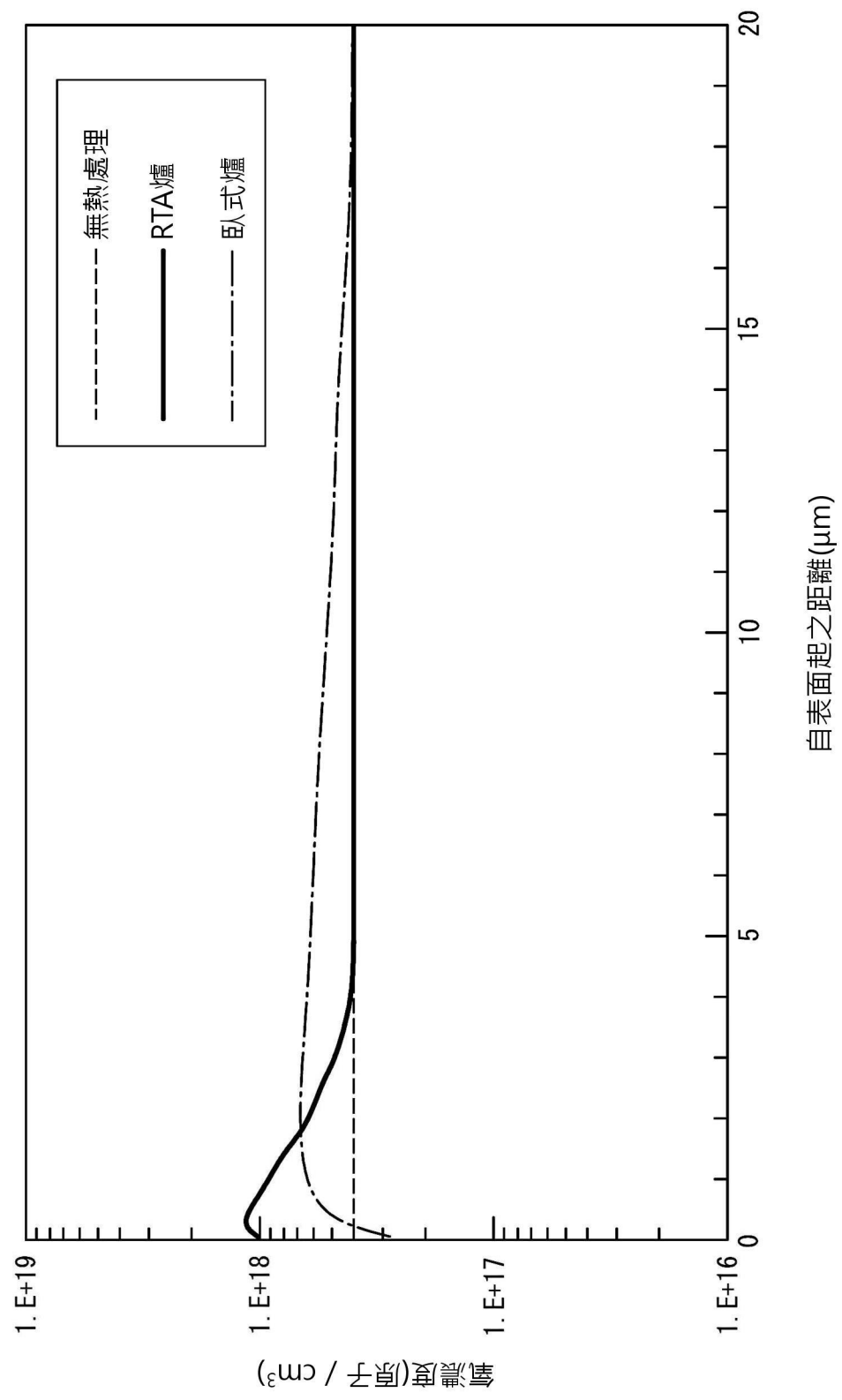
**【請求項11】** 如請求項10所述之矽晶圓的製造方法，其中在前述兩面研磨工序中，在正面側之研磨速度較背面側之研磨速度還要快的條件下進行兩面研磨處理。

【請求項12】 如請求項 10 所述之矽晶圓的製造方法，其中  
在前述兩面研磨工序之前先僅於背面側形成氧化膜。

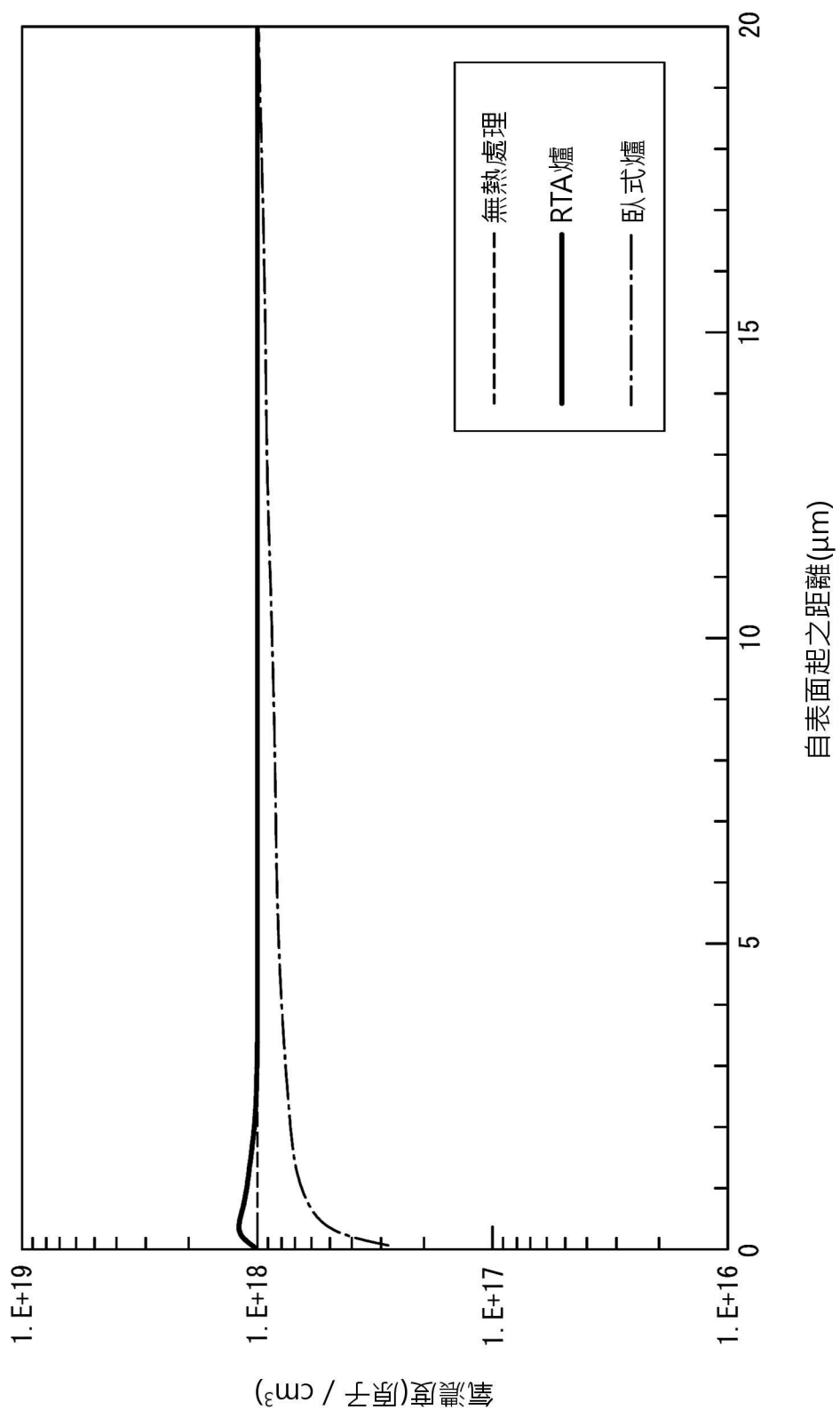
【發明圖式】



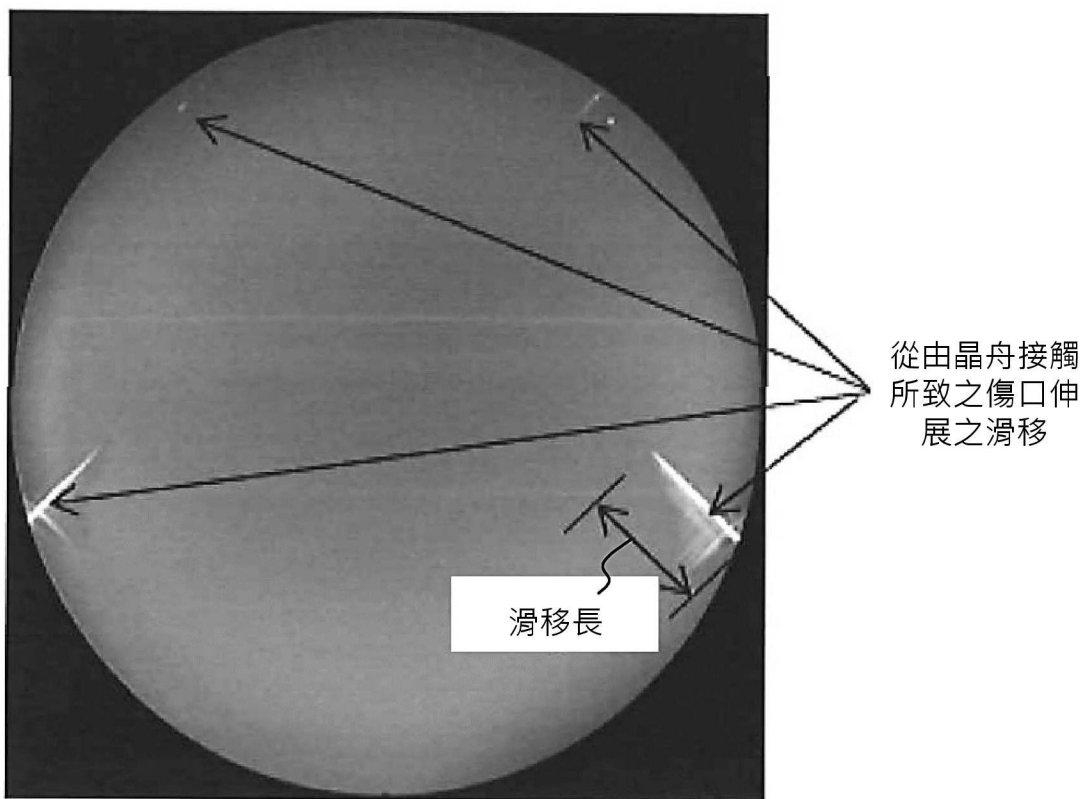
【圖1】



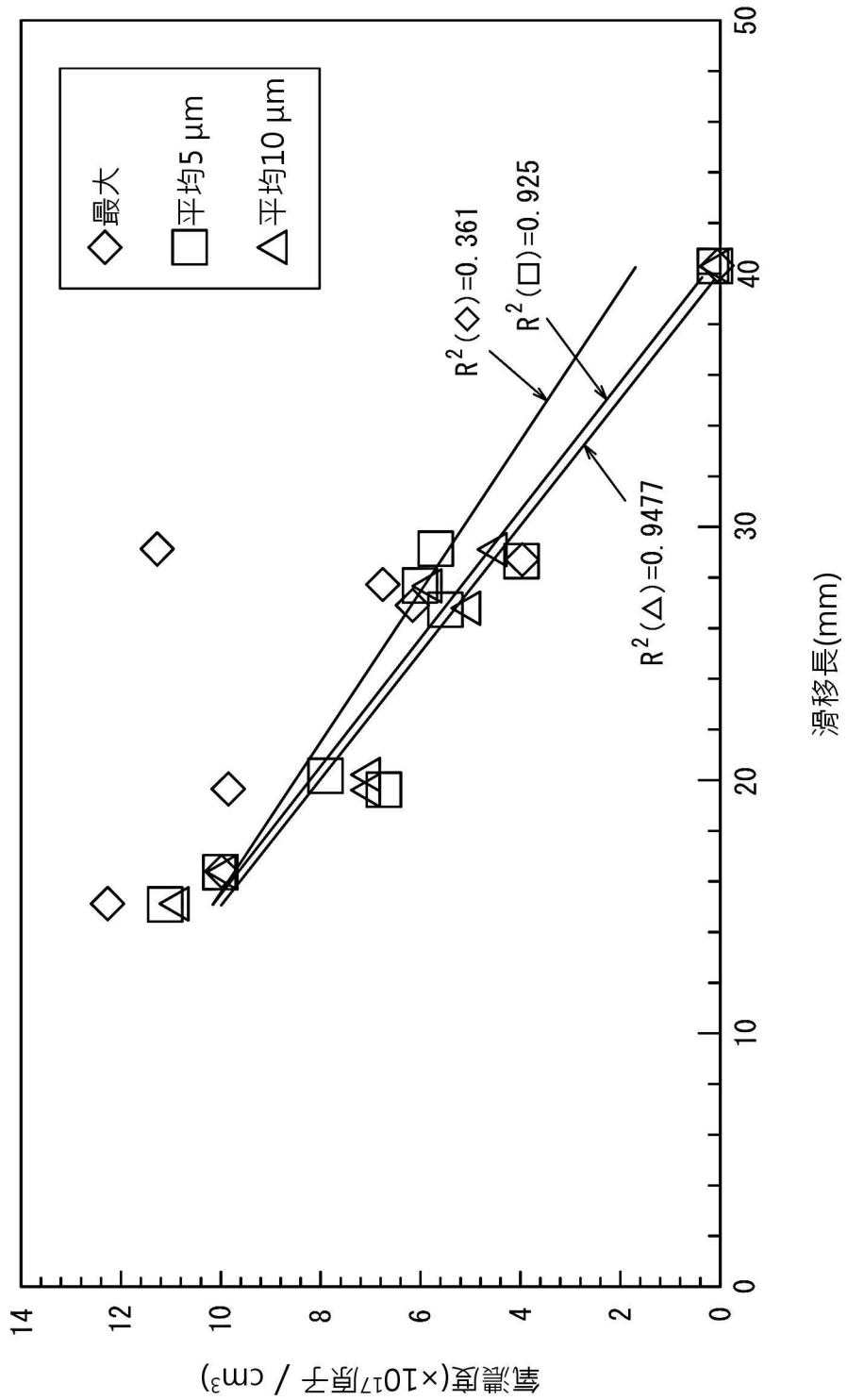
【圖2】



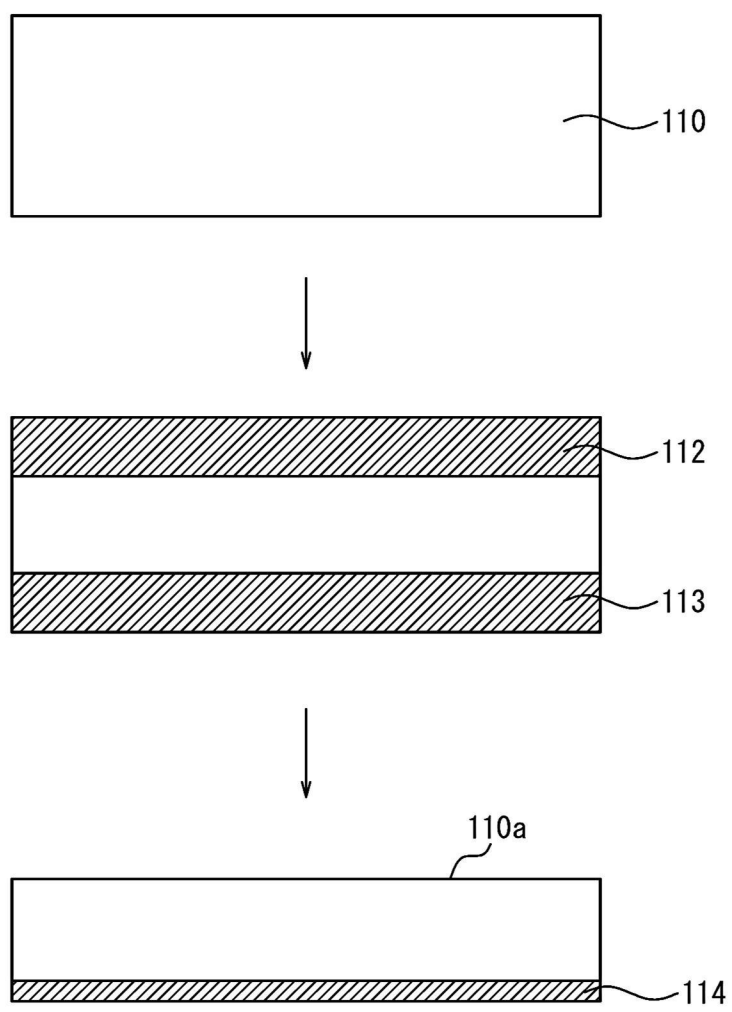
【圖3】



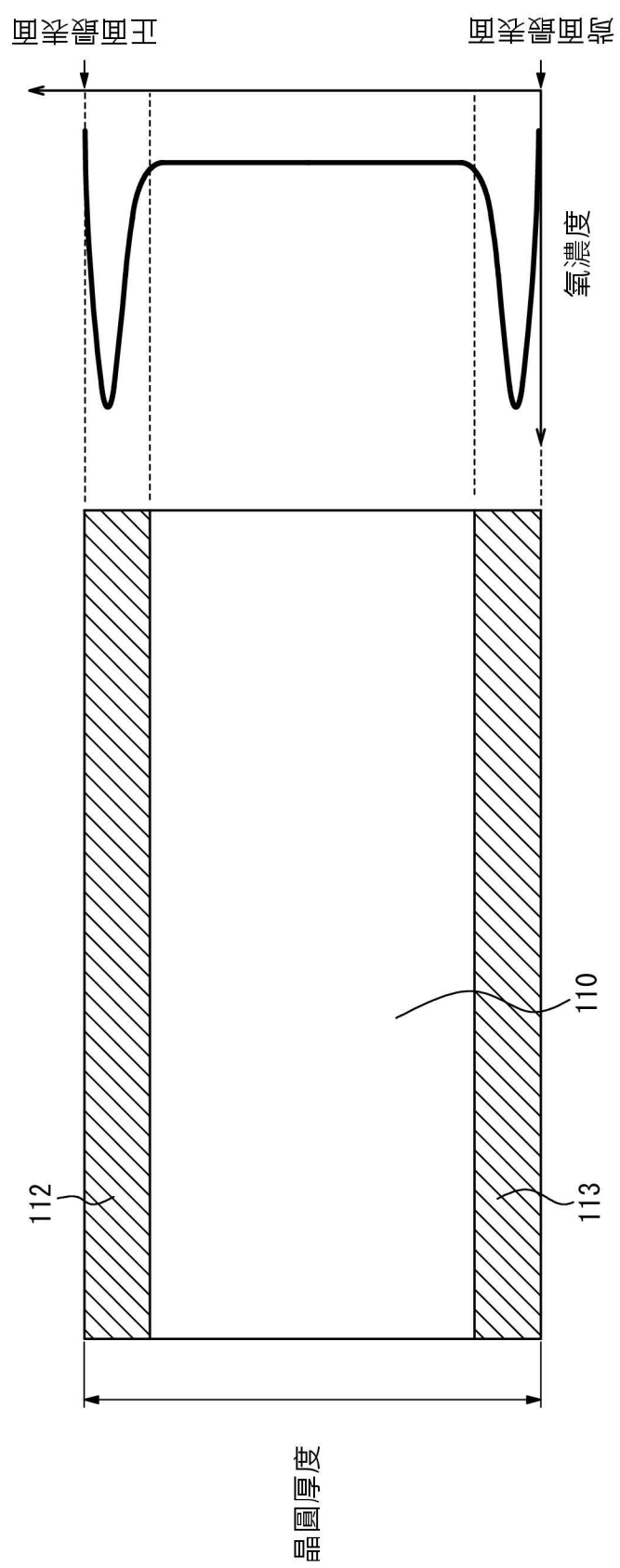
【圖4】



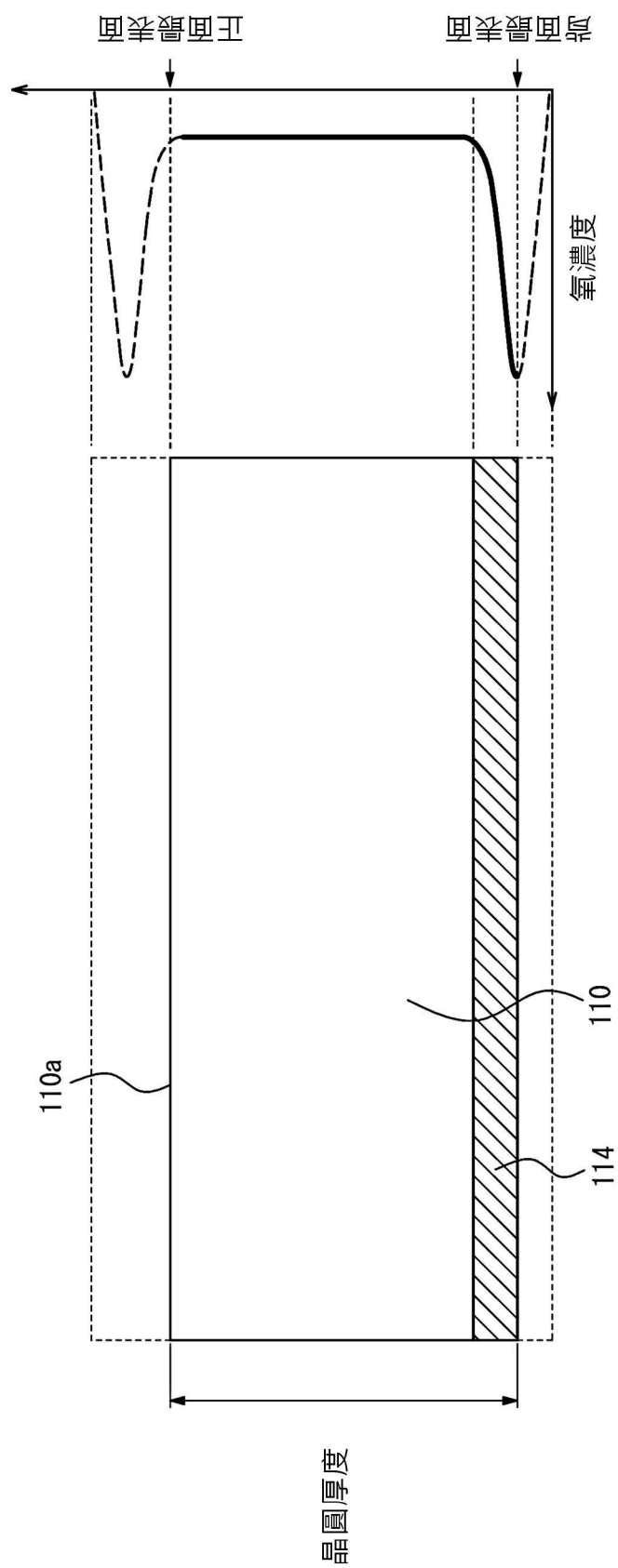
【圖5】



【圖6】



【圖7】



【圖8】