



(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 I721945 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：104114927

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 05 月 11 日

(51)Int. Cl. : C23C16/40 (2006.01)

C30B25/20 (2006.01)

C30B29/16 (2006.01)

H01L21/205 (2006.01)

H01L21/365 (2006.01)

(30)優先權：2014/05/09 日本

2014-097751

(71)申請人：日商田村製作所股份有限公司(日本) TAMURA CORPORATION (JP)

日本

國立大學法人東京農工大學(日本) NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION

TOKYO UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND TECHNOLOGY (JP)

日本

(72)發明人：後藤健 GOTO, KEN (JP)；纈纈明伯 KOUKITU, AKINORI (JP)；熊谷義直

KUMAGAI, YOSHINAO (JP)；村上尚 MURAKAMI, HISASHI (JP)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

US 2011/0198562A1

WO 2013/035464A1

審查人員：于若天

申請專利範圍項數：7 項 圖式數：8 共 30 頁

(54)名稱

半導體基板、以及磊晶晶圓及其製造方法

(57)摘要

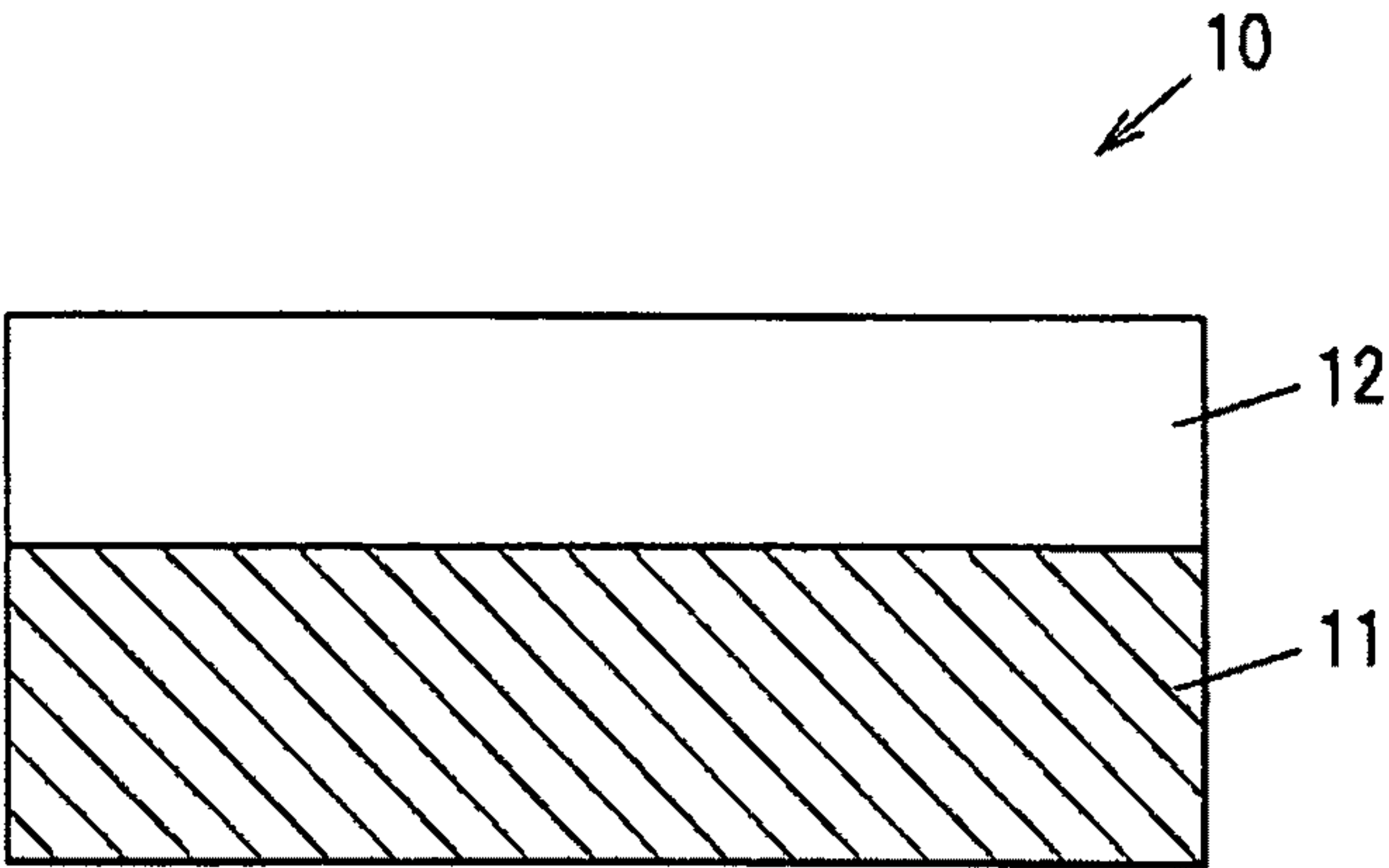
本發明的問題在於提供一種半導體基板、具有此半導體基板與磊晶層之磊晶晶圓、以及此磊晶晶圓的製造方法，該半導體基板可藉由 HVPE(氫化物氣相磊晶)法來使由 β -Ga₂O₃ 單晶所構成之磊晶層以高成長速率成長，且該半導體基板是由 β -Ga₂O₃ 單晶所構成。

為了解決上述問題，作為一實施型態，提供一種半導體基板 11，是作為依據 HVPE 法而實行的磊晶結晶成長用的基底基板來使用，該半導體基板 11 是由 β -Ga₂O₃ 系單晶所構成，且將平行於 β -Ga₂O₃ 系單晶的[010]軸之面設為主面。

指定代表圖：

第1圖

- 符號簡單說明：
- 10 . . . 磊晶晶圓
 - 11 . . . 半導體基板
 - 12 . . . 磊晶層



I721945

【發明摘要】

【中文發明名稱】半導體基板、以及磊晶晶圓及其製造方法

【英文發明名稱】無

【中文】本發明的問題在於提供一種半導體基板、具有此半導體基板與磊晶層之磊晶晶圓、以及此磊晶晶圓的製造方法，該半導體基板可藉由HVPE(氫化物氣相磊晶)法來使由 β -Ga₂O₃單晶所構成之磊晶層以高成長速率成長，且該半導體基板是由 β -Ga₂O₃單晶所構成。

爲了解決上述問題，作爲一實施型態，提供一種半導體基板11，是作爲依據HVPE法而實行的磊晶結晶成長用的基底基板來使用，該半導體基板11是由 β -Ga₂O₃系單晶所構成，且將平行於 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸之面設爲主面。

【英文】無

【指定代表圖】第1圖。

【代表圖之符號簡單說明】

10 磊晶晶圓

11 半導體基板

12 磊晶層

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】半導體基板、以及磊晶晶圓及其製造方法

【英文發明名稱】無

【技術領域】

【0001】 本發明是關於一種半導體基板、以及磊晶晶圓及其製造方法。

【先前技術】

【0002】 以往，已知有在 β -Ga₂O₃ 系基板上，藉由依據 MBE (Molecular Beam Epitaxy，分子束磊晶) 法而實行的磊晶結晶成長來形成 β -Ga₂O₃ 單晶膜的技術 (例如，參照專利文獻 1)。

【0003】 若依據專利文獻 1，則藉由將 β -Ga₂O₃ 系基板的主面的晶面方向設為預定的晶面方向，可藉由 MBE 法來使 β -Ga₂O₃ 單晶膜以高成長速率成長。

[先前技術文獻]

(專利文獻)

【0004】 專利文獻 1：國際公開第 2013 / 035464 號

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0005】 本發明的目的之一在於提供一種半導體基板、具有此半導體基板與磊晶層之磊晶晶圓、以及此磊晶晶圓

的製造方法，該半導體基板可藉由HVPE(氯化物氣相磊晶)法來使由 β -Ga₂O₃單晶所構成之磊晶層以高成長速率成長，且該半導體基板是由 β -Ga₂O₃單晶所構成。

〔解決問題之技術手段〕

【0006】 本發明之一態樣，爲了達成上述目的，提供下述〔1〕～〔4〕之半導體基板。

【0007】 〔1〕一種半導體基板，是作爲依據HVPE法而實行的磊晶結晶成長用的基底基板來使用，該半導體基板是由 β -Ga₂O₃系單晶所構成，且將平行於 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸之面設爲主面。

【0008】 〔2〕如前述〔1〕所述之半導體基板，其中，前述主面，是將 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸作爲旋轉軸，並在由(100)面朝向(101)面之方向，以38°以上且90°以下的範圍內的角度來旋轉後之面。

【0009】 〔3〕如前述〔2〕所述之半導體基板，其中，前述角度是 $68 \pm 10^\circ$ 。

【0010】 〔4〕如前述〔2〕所述之半導體基板，其中，前述角度是 $38 \pm 1^\circ$ 、 $53.8 \pm 1^\circ$ 、 $68 \pm 1^\circ$ 、 $76.3 \pm 1^\circ$ 、 $77.3 \pm 1^\circ$ 、 $83 \pm 1^\circ$ 、或 $90 \pm 1^\circ$ 。

【0011】 又，本發明之另一態樣，爲了達成上述目的，提供下述〔5〕之磊晶晶圓。

【0012】 〔5〕一種磊晶晶圓，具有：如前述〔1〕～〔4〕中任1項所述之前述半導體基板；及，磊晶層，其是在前述

半導體基板的前述主面上，藉由依據HVPE法而實行的磊晶結晶成長所形成，且是由 β -Ga₂O₃系單晶所構成。

【0013】 又，本發明之另一態樣，爲了達成上述目的，提供下述〔6〕～〔10〕之磊晶晶圓的製造方法。

【0014】 〔6〕一種磊晶晶圓的製造方法，包含：在半導體基板上，藉由依據HVPE法而實行的磊晶結晶成長來形成由 β -Ga₂O₃系單晶所構成之磊晶層的步驟，該半導體基板是由 β -Ga₂O₃系單晶所構成，且將平行於 β -Ga₂O₃系單晶的〔010〕軸之面設爲主面。

【0015】 〔7〕如前述〔6〕所述之磊晶晶圓的製造方法，其中，前述磊晶層的成長速率是1.2 μ m/h以上。

【0016】 〔8〕如前述〔6〕或〔7〕所述之磊晶晶圓的製造方法，其中，前述半導體基板的前述主面，是將 β -Ga₂O₃系單晶的〔010〕軸作爲旋轉軸，並在由(100)面朝向(101)面之方向，以38°以上且90°以下的範圍內的角度來旋轉後之面。

【0017】 〔9〕如前述〔8〕所述之磊晶晶圓的製造方法，其中，前述角度是68±10°。

【0018】 〔10〕如前述〔8〕所述之磊晶晶圓的製造方法，其中，前述角度是38±1°、53.8±1°、68±1°、76.3±1°、77.3±1°、83±1°、或90±1°。

〔發明功效〕

【0019】 若依據本發明，則可提供一種半導體基板、具有此半導體基板與磊晶層之磊晶晶圓、以及此磊晶晶圓

的製造方法，該半導體基板可藉由HVPE法來使由 β -Ga₂O₃單晶所構成之磊晶層以高成長速率成長，且該半導體基板是由 β -Ga₂O₃單晶所構成。

【圖式簡單說明】

【0020】 第1圖是第1實施型態之磊晶晶圓的垂直剖面圖。

第2圖是實施型態之氣相成長裝置的垂直剖面圖。

第3A圖是顯示用於評估之 β -Ga₂O₃單晶基板的主面的一部分的斜視圖。

第3B圖是顯示用於評估之 β -Ga₂O₃單晶基板的主面的一部分的側視圖。

第4A圖是 $\theta = 38^\circ$ 時的 β -Ga₂O₃單晶基板的SEM(掃描式電子顯微鏡)觀察圖像。

第4B圖是 $\theta = 38^\circ$ 時的 β -Ga₂O₃單晶基板的SEM觀察圖像。

第5A圖是 $\theta = 68^\circ$ 時的 β -Ga₂O₃單晶基板的SEM觀察圖像。

第5B圖是 $\theta = 68^\circ$ 時的 β -Ga₂O₃單晶基板的SEM觀察圖像。

第6A圖是 $\theta = 98^\circ$ 時的 β -Ga₂O₃單晶基板的SEM觀察圖像。

第6B圖是 $\theta = 98^\circ$ 時的 β -Ga₂O₃單晶基板的SEM觀察圖像。

第7圖是藉由評估所得到之圖表，其顯示依據HVPE法而實行的 β -Ga₂O₃單晶的成長速率與基底面的晶面方位之關係。

第8圖是第2實施型態的水平式電晶體的垂直剖面圖。

【實施方式】

【0021】〔第1實施型態〕

(結晶積層構造體的構成)

第1圖是第1實施型態之磊晶晶圓10的垂直剖面圖。磊晶晶圓10具有半導體基板11與磊晶層12，該磊晶層12是藉由依據HVPE(Halide Vapor Phase Epitaxy，氯化物氣相磊晶)法而實行的磊晶結晶成長，形成於半導體基板11的主面上。

【0022】半導體基板11是由 β -Ga₂O₃系單晶所構成之基板。此處， β -Ga₂O₃系單晶意謂將 β -Ga₂O₃單晶、或添加有Al(鋁)、In(銦)等元素而成之 β -Ga₂O₃單晶作為母結晶之結晶。例如，添加有Al及In之 β -Ga₂O₃單晶的組成，是以 β -(Ga_xAl_yIn_(1-x-y))₂O₃(0<x≤1，0≤y≤1，0<x+y≤1)來表示。添加有Al時， β -Ga₂O₃單晶的能帶間隙會加寬，添加有In時能帶間隙則會變窄。又，半導體基板11可包含Si(矽)等導電型雜質。

【0023】半導體基板11是藉由例如將Ga₂O₃系單晶的塊材結晶切片並研磨表面來形成，該Ga₂O₃系單晶是藉由FZ(Floating Zone，懸浮區熔)法和EFG(Edge

Defined Film Fed Growth，限邊饋膜生長)法等熔融液成長法來培養。

【0024】半導體基板11的主面是平行於構成半導體基板11之 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸之面。這是基於本案發明人的發現所設定者，該發現是當 β -Ga₂O₃系單晶基板的主面的晶面方向是(010)時， β -Ga₂O₃系單晶層的依據HVPE法而實行的磊晶成長的成長速率會變得極低。

【0025】本案發明人發現， β -Ga₂O₃系單晶基板的主面的晶面方向，是垂直於(010)面即不適合此依據HVPE法而實行的 β -Ga₂O₃系單晶層成長之面時，亦即，平行於[010]軸之面時， β -Ga₂O₃系單晶層的依據HVPE法而實行的磊晶成長的成長速率會變高。

【0026】較佳是，半導體基板11的主面，是將 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸作為旋轉軸，並在由(100)面朝向(101)面之方向，以38°以上且90°以下的範圍內的角度來旋轉後之面。

【0027】進一步較佳是，半導體基板11的主面，是將 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸作為旋轉軸，並在由(100)面朝向(101)面之方向旋轉 $68 \pm 10^\circ$ 後之面。此處，「±」是表示容許誤差，例如， $68 \pm 10^\circ$ 是表示58°以上且78°以下的範圍內的任意角度。

【0028】又，半導體基板11的主面，亦可是將 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸作為旋轉軸，並在由(100)面朝向(101)

面之方向旋轉 $38 \pm 1^\circ$ 、 $53.8 \pm 1^\circ$ 、 $68 \pm 1^\circ$ 、 $76.3 \pm 1^\circ$ 、 $77.3 \pm 1^\circ$ 、 $83 \pm 1^\circ$ 、或 $90 \pm 1^\circ$ 後之面。

【0029】 磊晶層 12，與半導體基板 11 同樣地是由 β -Ga₂O₃ 系單晶所構成。又，磊晶層 12 可包含 Si 等導電型雜質。

【0030】 (氣相成長裝置的構造)

以下，針對本實施型態之磊晶層 12 的成長所使用之氣相成長裝置的構造的一例來說明。

【0031】 第 2 圖是實施型態之氣相成長裝置 2 的垂直剖面圖。氣相成長裝置 2 是 HVPE 法用之氣相成長裝置，其具有：反應腔體 20，其具有第 1 氣體導入口 21、第 2 氣體導入口 22、第 3 氣體導入口 23、及排氣口 24；及，第 1 加熱手段 26 和第 2 加熱手段 27，其設置於反應腔體 20 的周圍，會加熱反應腔體 20 內的預定區域。

【0032】 相較於 PLD (脈衝雷射沉積) 法等，HVPE 法的成膜速率高。又，膜厚的面內分佈均勻性高，可成長大口徑的膜。因此，適合結晶的大量生產。

【0033】 反應腔體 20，具有：原料反應區域 R1，其配置了收納有 Ga (鎵) 原料之反應容器 25，並生成鎵原料氣體；及，結晶成長區域 R2，其配置有半導體基板 11，並進行磊晶層 12 的成長。反應腔體 20 是由例如石英玻璃所構成。

【0034】 此處，例如，反應容器 25 是石英玻璃，收納於反應容器 25 中之 Ga 原料是金屬鎵。

【0035】第1加熱手段26與第2加熱手段27可分別加熱反應腔體20的原料反應區域R1與結晶成長區域R2。第1加熱手段26和第2加熱手段27，例如是電阻加熱式或輻射加熱式等之加熱裝置。

【0036】第1氣體導入口21是使用載體氣體以將含C1(氯)氣體導入至反應腔體20的原料反應區域R1內之口，該含C1氣體是Cl₂氣體或HCl氣體，該載體氣體是惰性氣體(N₂氣體、Ar氣體或He氣體)。

【0037】第2氣體導入口22是使用載體氣體以將含氧氣體和氯化物系氣體向反應腔體20的結晶成長區域R2導入之口，該含氧氣體是氧的原料氣體也就是O₂氣體和H₂O氣體等，該氯化物系氣體(例如，四氯化矽等)是用以對磊晶層12添加Si等雜質，該載體氣體是惰性氣體(N₂氣體、Ar氣體或He氣體)。

【0038】第3氣體導入口23是用以將載體氣體向反應腔體20的結晶成長區域R2導入之口，該載體氣體是惰性氣體(N₂氣體、Ar氣體或He氣體)。

【0039】(磊晶層的成長)

以下，針對本實施型態之磊晶層12的成長步驟的一例來說明。

【0040】首先，使用第1加熱手段26來加熱反應腔體20的原料反應區域R1，並將原料反應區域R1的氣氛溫度保持在預定的溫度。

【0041】 其次，從第1氣體導入口21使用載體氣體將含Cl氣體導入，在原料反應區域R1中，於上述氣氛溫度來使反應容器25內的金屬鎵與含Cl氣體反應而生成氯化鎵系氣體。

【0042】 此時，上述原料反應區域R1內的氣氛溫度，較佳是下述溫度：在藉由反應容器25內的金屬鎵與含Cl氣體之反應所生成的氯化鎵系氣體中，GaCl（氯化鎵）氣體的分壓會成為最高之溫度。此處，在氯化鎵系氣體中，包含GaCl氣體、GaCl₂氣體、GaCl₃氣體、(GaCl₃)₂氣體等。

【0043】 在氯化鎵系氣體所含有的氣體之中，GaCl氣體是可保持住Ga₂O₃結晶的成長驅動力至最高溫之氣體。由於為了得到高純度、高品質的Ga₂O₃結晶，利用高成長溫度之成長是有效的，故為了磊晶層的成長，較佳是生成GaCl氣體的分壓高之氯化鎵系氣體，該GaCl氣體在高溫的成長驅動力高。

【0044】 並且，由於若在使磊晶層12成長時的氣氛中包含氫，則磊晶層12的表面平坦性及結晶成長驅動力會低下，故較佳是將不含氫之Cl₂氣體作為含Cl氣體來使用。

【0045】 又，為了要增加氯化鎵系氣體中的GaCl氣體的分壓比，較佳是在藉由第1加熱手段26而將原料反應區域R1的氣氛溫度保持在300℃以上的狀態下，來使反應容器25內的金屬鎵與含Cl氣體反應。

【0046】 又，由於在例如850℃以上的氣氛溫度，GaCl氣體的分壓比會變得壓倒性地高（GaCl氣體的平衡分壓會

比 GaCl_2 氣體大 4 階 (order)，比 GaCl_3 氣體大 8 階)，故 GaCl 氣體以外的氣體對 Ga_2O_3 結晶的成長會幾乎沒有貢獻。

【0047】 並且，考慮第 1 加熱手段 26 的壽命和由石英玻璃等所構成之反應腔體 20 的耐熱性等，則較佳是在將原料反應區域 R1 的氣氛溫度保持在 1000°C 以下的狀態下，來使反應容器 25 內的金屬鎵與含 Cl 氣體反應。

【0048】 其次，使在原料反應區域 R1 中所生成的氯化鎵系氣體、與從第 2 氣體導入口 22 所導入之含氧氣體，在結晶成長區域 R2 中混合，並將半導體基板 11 暴露於此混合氣體，而在半導體基板 11 上使磊晶層 12 磊晶成長。此時，將收納反應腔體 20 之爐內的結晶成長區域 R2 中的壓力保持在例如 1 atm。

【0049】 此處，要形成包含 Si、Al 等添加元素之磊晶層 12 時，添加元素之原料氣體 (例如，四氯化矽 (SiCl_4) 等氯化物系氣體) 亦合併於氯化鎵系氣體及含氧氣體中而由氣體導入口 22 導入至結晶成長區域 R2。

【0050】 並且，由於若在使磊晶層 12 成長時的氣氛中包含氫，則磊晶層 12 的表面平坦性及結晶成長驅動力會低下，故較佳是將不含氫之 O_2 氣體作為含氧氣體來使用。

【0051】 又，為了要抑制 GaCl 氣體的平衡分壓的低下以使磊晶層 12 有效率地成長，較佳是在結晶成長區域 R2 中的 O_2 氣體的供給分壓相對於 GaCl 氣體的供給分壓之比是 0.5 以上的狀態下，來使磊晶層 12 成長。

【0052】 又，爲了使高品質的磊晶層12成長，較佳是將成長溫度設爲90℃以上。

【0053】 並且，磊晶層12會包含例如 5×10^{16}

(atoms/cm³)以下的Cl。這是起因於磊晶層12是藉由使用含Cl氣體之HVPE法所形成。一般而言，由於在藉由HVPE法以外的方法來形成Ga₂O₃單晶膜時不會使用含Cl氣體，故在Ga₂O₃單晶膜中不會包含Cl，至少不會包含 1×10^{16} (atoms/cm³)以上的Cl。

【0054】 (半導體基板的主面的晶面方向)

以下，顯示半導體基板11的主面的晶面方向與磊晶層12的成長速率的關係的評估結果。此評估是使用β-Ga₂O₃單晶基板來進行，該β-Ga₂O₃單晶基板在主面也就是(010)面上形成有線寬與線距圖形(line-and-space pattern)之凹凸。

【0055】 第3A圖、第3B圖是顯示用於評估之β-Ga₂O₃單晶基板30的主面的一部分之斜視圖與側視圖。將β-Ga₂O₃單晶基板30的主面的凸部的頂面設爲面31，將凹部的底面設爲面32，將凸部的側面設爲面33、34。

【0056】 面31、32的晶面方向是(010)。面33、34是垂直於面31、32之面，且是將[010]軸作爲旋轉軸而由(100)面朝向(101)面之方向僅旋轉角度θ後之面。並且，面34的晶面方向是從角度θ再進一步旋轉180°，即相等於面33的晶面方向。

【0057】藉由HVPE法在 β -Ga₂O₃單晶基板30上使 β -Ga₂O₃單晶磊晶成長，並觀察垂直於面33、34之方向的 β -Ga₂O₃單晶的成長，藉此來評估平行於[010]軸之面的晶面方向與 β -Ga₂O₃單晶的成長速率之關係。

【0058】第4A圖、第4B圖是 $\theta = 38^\circ$ 時的 β -Ga₂O₃單晶基板30的SEM(Scanning Electron Microscope，掃描式電子顯微鏡)觀察圖像。第4A圖是從垂直於主面之方向所觀察的圖像，第4B圖是從斜上方所觀察的圖像。

【0059】第5A圖、第5B圖是 $\theta = 68^\circ$ 時的 β -Ga₂O₃單晶基板30的SEM觀察圖像。第5A圖是從垂直於主面之方向所觀察的圖像，第5B圖是從斜上方所觀察的圖像。

【0060】第6A圖、第6B圖是 $\theta = 98^\circ$ 時的 β -Ga₂O₃單晶基板30的SEM觀察圖像。第6A圖是從垂直於主面之方向所觀察的圖像，第6B圖是從斜上方所觀察的圖像。

【0061】第4B圖、第5B圖、第6B圖所示之厚度t，表示向垂直於面33、34之方向所成長之 β -Ga₂O₃單晶的厚度。

【0062】第7圖是藉由評估所得到之圖表，其顯示依據HVPE法而實行的 β -Ga₂O₃單晶的成長速率與基底面的晶面方位之關係。第7圖的橫軸顯示面33的角度 θ ，縱軸顯示垂直於面33、34之方向的 β -Ga₂O₃單晶的成長速率(厚度t每單位時間的增加量)。

【0063】 第7圖中的虛線顯示對應於(010)面、(001)面、(-101)面、(-201)面之角度 θ ，例如，顯示了 $\theta = 53.8^\circ$ 時，面33會與(101)面一致，面34會與(-10-1)面一致。

【0064】 第7圖中的繪圖符號◆是依據使用上述 β -Ga₂O₃單晶基板30之評估方法的測定值。繪圖符號◇是未使用 β -Ga₂O₃單晶基板30而在具有對應晶面方向之平坦主面之 β -Ga₂O₃單晶基板上，使Ga₂O₃單晶成長，並觀察垂直於主面之方向的成長所得到的測定值。

【0065】 以下表1顯示第7圖所示之各測定點的數值。

【0066】 [表1]

角度 θ (度)	成長速率 ($\mu\text{m/h}$)
8.0	3.20
30.5	2.13
38.0	4.53
53.8	4.10
68.0	7.20
76.3	6.40
77.3	5.80
83.0	4.67
90.0	3.90
90.0	3.73
98.0	1.33
126.2	1.20
128.0	1.60
143.0	2.67
158.0	2.67
172.0	3.07

【0067】 並且，在將(010)面設為主面之 β -Ga₂O₃單晶基板上，使 β -Ga₂O₃單晶以相同成長條件成長時，垂直於主面之方向的 β -Ga₂O₃單晶的成長速率是0.3 $\mu\text{m/h}$ 。

【0068】 第7圖如同表1所示，在 $0 \leq \theta \leq 180^\circ$ 全範圍中，平行於[010]軸之面上的 β -Ga₂O₃單晶的成長速率明顯比(010)面上的成長速率來得高。例如，在第7圖、表1所示的平行於[010]軸之面上的 β -Ga₂O₃單晶的成長速率中，即使是最低成長速率也就是

1.20 $\mu\text{m/h}$ ($\theta = 126.2$)，也是(010)面上的成長速率也就是0.3 $\mu\text{m/h}$ 的4倍。據此，可以說 β -Ga₂O₃單晶基板的主面是平行於[010]軸之面時， β -Ga₂O₃單晶的依據HVPE法而實行的磊晶成長的成長速率會變高。

【0069】 又，如第7圖、表1所示，在 $38^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 的範圍中， β -Ga₂O₃單晶的成長速率會特別高。

【0070】 更且，認為在 $38^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 的範圍中，角度 θ 在接近68°附近之程度， β -Ga₂O₃單晶的成長速率會有變高的傾向，而推測在 $68 \pm 10^\circ$ 的範圍中可得到特別高的成長速率。

【0071】 又，由於若 β -Ga₂O₃單晶基板的主面的傾斜度是約 $\pm 1^\circ$ 以內，則成長速率不會有太大變化，故由實測值，可以說在 $\theta = 38 \pm 1^\circ$ 、 $53.8 \pm 1^\circ$ 、 $68 \pm 1^\circ$ 、 $76.3 \pm 1^\circ$ 、 $77.3 \pm 1^\circ$ 、 $83 \pm 1^\circ$ 、或 $90 \pm 1^\circ$ 時， β -Ga₂O₃單晶的成長速率會變高。

【0072】 以上的評估是藉由在 β -Ga₂O₃ 單晶基板上使 β -Ga₂O₃ 單晶成長來進行，但在使用其他 β -Ga₂O₃ 系單晶取代 β -Ga₂O₃ 單晶作為基板材料及成長結晶來進行評估之情況下，和使用包含雜質之 β -Ga₂O₃ 系單晶來進行評估之情況下，也皆會得到同樣的結果。

【0073】 因此，可以說為了增加磊晶層12的依據HVPE法而實行的磊晶成長的成長速率，磊晶晶圓10的半導體基板11的主面較佳是平行於[010]軸之面。

【0074】 又，可以說半導體基板11的主面進一步較佳是將 β -Ga₂O₃ 系單晶的[010]軸作為旋轉軸，並在由(100)面朝向(101)面之方向，以38°以上且90°以下的範圍內的角度來旋轉後之面。

【0075】 更且，可以說半導體基板11的主面進一步較佳是將 β -Ga₂O₃ 系單晶的[010]軸作為旋轉軸，並在由(100)面朝向(101)面之方向，旋轉 $68 \pm 10^\circ$ 後之面。

【0076】 又，可以說半導體基板11的主面亦較佳是將 β -Ga₂O₃ 系單晶的[010]軸作為旋轉軸，並在由(100)面朝向(101)面之方向，旋轉 $38 \pm 1^\circ$ 、 $53.8 \pm 1^\circ$ 、 $68 \pm 1^\circ$ 、 $76.3 \pm 1^\circ$ 、 $77.3 \pm 1^\circ$ 、 $83 \pm 1^\circ$ 、或 $90 \pm 1^\circ$ 後之面。

【0077】 [第2實施型態]

第2實施型態是針對包含第1實施型態之磊晶晶圓10之半導體元件之型態。作為此半導體元件的一例，以下針對具有MESFET(Metal Semiconductor Field

Effect Transistor，金屬半導體場效電晶體)構造之水平式電晶體來說明。

【0078】 (半導體元件的構造)

第8圖是第2實施型態之水平式電晶體40的垂直剖面圖。水平式電晶體40，包含：磊晶層12，其形成於半導體基板11上；與閘極電極41、源極電極42、及汲極電極43，其位於磊晶層12上。閘極電極41配置於源極電極42與汲極電極43之間。

【0079】 源極電極42和汲極電極43，接觸於磊晶層12的頂面(與半導體基板11相接之面的相反側之面)而形成歐姆接面(Ohmic junction)。又，閘極電極41接觸於磊晶層12的頂面而形成肖特基接面(Schottky junction)，在磊晶層12中的閘極電極41下方形成空乏層。依據此空乏區域的厚度，水平式電晶體40會作為常閉(normally-off)型電晶體或常開(normally-on)型電晶體而作動。

【0080】 半導體基板11是由包含Mg(鎂)、Be(鉍)、Zn(鋅)、Fe(鐵)等p型雜質之Ga₂O₃系單晶所構成，且具有高電阻。

【0081】 磊晶層12包含Si、Sn等n型雜質。在與源極電極42和汲極電極43之接觸部附近的n型雜質濃度，會比其他部份的n型雜質濃度來得高。磊晶層12的厚度例如是0.1~1 μm。

【0082】 閘極電極41、源極電極42、及汲極電極43，是由例如Au(金)、Al、Ti(鈦)、Sn、Ge(鍺)、In、Ni(鎳)、Co(鈷)、Pt(鉑)、W(鎢)、Mo(鉬)、Cr(鉻)、Cu(銅)、Pb(鉛)等金屬、包含這些金屬中2種以上之合金、ITO(氧化銦錫)等導電性化合物、或導電性聚合物所構成。作為導電性聚合物，可使用在聚噻吩衍生物(PEDOT: poly(3,4)-ethylene dioxythiophene，聚二氧乙烯噻吩)中摻雜有聚苯乙烯磺酸(PSS)者，和在聚吡咯衍生物中摻雜有TCNA(tetracyano tetraazanaphthalene，四氰基四氮雜萘)者等。又，閘極電極41可具有由2種不同金屬所構成之2層構造，例如Al/Ti、Au/Ni、Au/Co。

【0083】 在水平式電晶體40中，藉由控制施加於閘極電極41之偏壓，可使磊晶層12內的閘極電極41下方的空乏層厚度變化，而控制汲極電流。

【0084】 上述水平式電晶體40是包含第1實施型態的磊晶晶圓10之半導體元件的一例，除此之外，尚可使用磊晶晶圓10來製造各種半導體元件。

【0085】 例如，可製造將磊晶層12作為通道層來使用之MISFET(Metal Insulator Semiconductor Field Effect Transistor，金屬絕緣體半導體場效電晶體)和HEMT(High Electron Mobility Transistor，高電子移動性電晶體)、肖特基二極體(其歐姆電極與肖特基電極分別連接至半導體基板11與磊晶層12)等。依據所製

造之半導體元件的種類來適當設定半導體基板 1 1 與磊晶層 1 2 所包含的雜質的種類和濃度。

【0086】（實施型態的效果）

若依據上述實施型態，則可提供一種半導體基板，其可藉由HVPE法來使由 β -Ga₂O₃單晶所構成之磊晶層以高成長速率成長，且是由 β -Ga₂O₃單晶所構成。

【0087】又，藉由在此半導體基板上使磊晶層磊晶成長，可效率良好地製造磊晶晶圓。又，由於藉由使磊晶層以高成長速率來成長可抑制來自半導體基板的雜質擴散，故此磊晶晶圓具有高品質的磊晶層。

【0088】更且，藉由使用此磊晶晶圓，可效率良好地製造高品質的半導體元件。

【0089】以上，說明了本發明的實施型態，但本發明並非限於上述實施型態，在不超出本發明精神的範圍內，可進行各種變化實施。

【0090】又，上述所記載之實施型態並非用以限定申請專利範圍之發明。又，應注意並非實施型態中所說明之特徵的組合的全部，皆對於用以解決發明問題的手段為必須。

【符號說明】

【0091】

2 氣相成長裝置

1 0 磊晶晶圓

1 1 半導體基板

- 1 2 磊 晶 層
- 2 0 反 應 腔 體
- 2 1 第 1 氣 體 導 入 口
- 2 2 第 2 氣 體 導 入 口
- 2 3 第 3 氣 體 導 入 口
- 2 4 排 氣 口
- 2 5 反 應 容 器
- 2 6 第 1 加 熱 手 段
- 2 7 第 2 加 熱 手 段
- 3 0 β - G a ₂ O ₃ 單 晶 基 板
- 3 1 、 3 2 、 3 3 、 3 4 面
- 4 0 水 平 式 電 晶 體
- 4 1 閘 極 電 極
- 4 2 源 極 電 極
- 4 3 汲 極 電 極
- R 1 原 料 反 應 區 域
- R 2 結 晶 成 長 區 域
- t 厚 度

【生物材料寄存】

【 0 0 9 2 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 9 3 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

- ・
- ・
- ・
- ・

- ・
- ・

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種半導體基板，是作為依據HVPE法而實行的 β -Ga₂O₃系單晶之磊晶結晶成長用的基底基板來使用，該半導體基板是由 β -Ga₂O₃系單晶所構成，且將平行於 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸之面設為主面，

前述主面，是將 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸作為旋轉軸，並在由(100)面朝向(101)面之方向，以一角度來旋轉後之面，前述角度是 $68 \pm 10^\circ$ 。

【第2項】一種半導體基板，是作為依據HVPE法而實行的 β -Ga₂O₃系單晶之磊晶結晶成長用的基底基板來使用，該半導體基板是由 β -Ga₂O₃系單晶所構成，且將平行於 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸之面設為主面，

前述主面，是將 β -Ga₂O₃系單晶的[010]軸作為旋轉軸，並在由(100)面朝向(101)面之方向，以一角度來旋轉後之面，前述角度是 $38 \pm 1^\circ$ 、 $53.8 \pm 1^\circ$ 、 $83 \pm 1^\circ$ 、或 $90 \pm 1^\circ$ 。

【第3項】一種磊晶晶圓，具有：

如請求項1～2中任1項所述之前述半導體基板；
及，

磊晶層，其是在前述半導體基板的前述主面上，藉由依據HVPE法而實行的磊晶結晶成長所形成，且是由

β -Ga₂O₃ 系單晶所構成。

【第4項】一種磊晶晶圓的製造方法，包含：

在半導體基板上，藉由依據 HVPE 法而實行的磊晶結晶成長來形成由 β -Ga₂O₃ 系單晶所構成之磊晶層的步驟，該半導體基板是由 β -Ga₂O₃ 系單晶所構成，且將平行於 β -Ga₂O₃ 系單晶的 [010] 軸之面設為主面，

前述半導體基板的前述主面，是將 β -Ga₂O₃ 系單晶的 [010] 軸作為旋轉軸，並在由 (100) 面朝向 (101) 面之方向，以一角度來旋轉後之面，前述角度是 $68 \pm 10^\circ$ 。

【第5項】一種磊晶晶圓的製造方法，包含：

在半導體基板上，藉由依據 HVPE 法而實行的磊晶結晶成長來形成由 β -Ga₂O₃ 系單晶所構成之磊晶層的步驟，該半導體基板是由 β -Ga₂O₃ 系單晶所構成，且將平行於 β -Ga₂O₃ 系單晶的 [010] 軸之面設為主面，

前述磊晶層的成長速率是 $1.2 \mu\text{m/h}$ 以上，

前述半導體基板的前述主面，是將 β -Ga₂O₃ 系單晶的 [010] 軸作為旋轉軸，並在由 (100) 面朝向 (101) 面之方向，以一角度來旋轉後之面，前述角度是 $68 \pm 10^\circ$ 。

【第6項】一種磊晶晶圓的製造方法，包含：

在半導體基板上，藉由依據 HVPE 法而實行的磊晶

結晶成長來形成由 β -Ga₂O₃ 系單晶所構成之磊晶層的步驟，該半導體基板是由 β -Ga₂O₃ 系單晶所構成，且將平行於 β -Ga₂O₃ 系單晶的 [010] 軸之面設為主面，

前述半導體基板的前述主面，是將 β -Ga₂O₃ 系單晶的 [010] 軸作為旋轉軸，並在由 (100) 面朝向 (101) 面之方向，以一角度來旋轉後之面，前述角度是 $38 \pm 1^\circ$ 、 $53.8 \pm 1^\circ$ 、 $83 \pm 1^\circ$ 、或 $90 \pm 1^\circ$ 。

【第7項】一種磊晶晶圓的製造方法，包含：

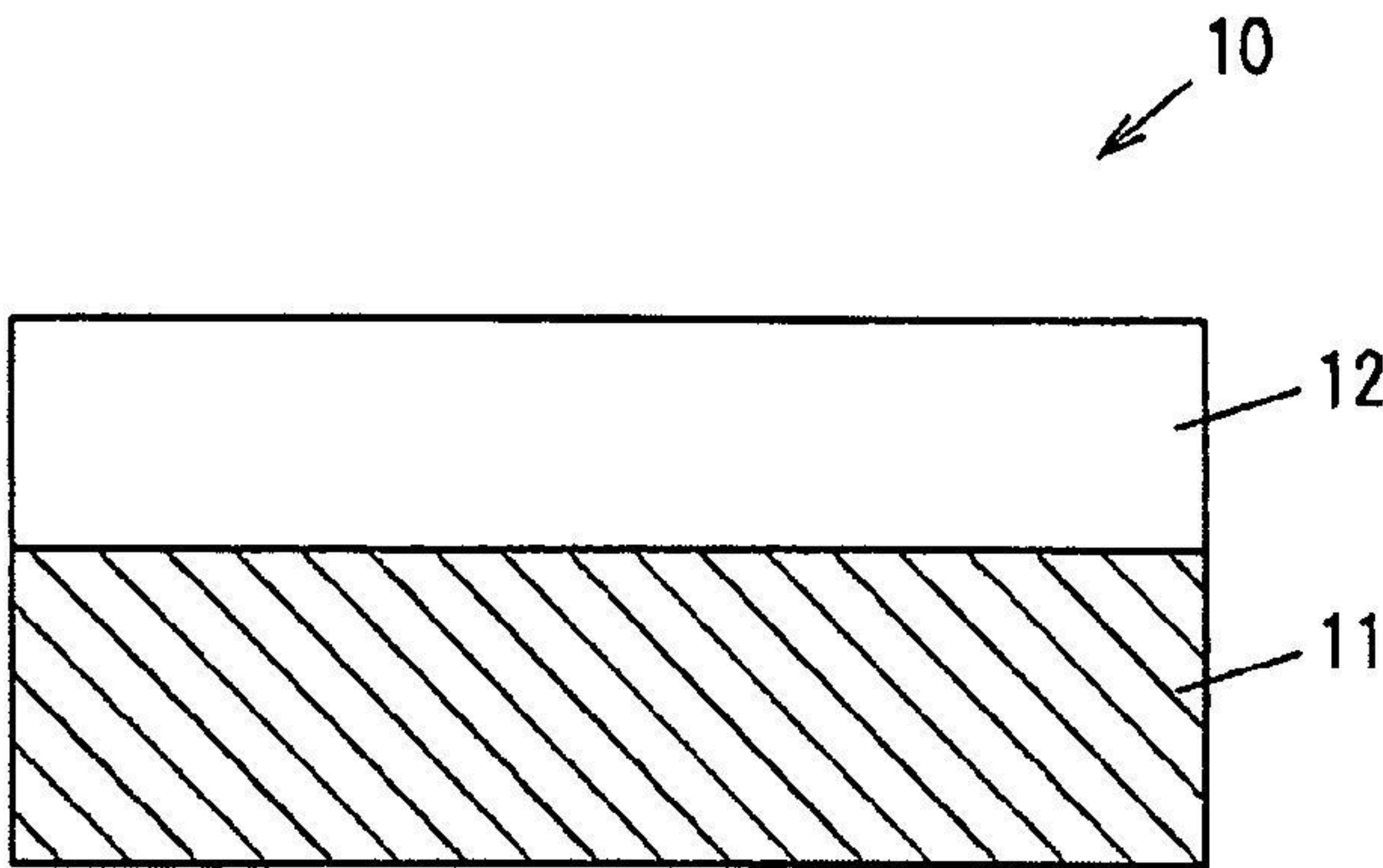
在半導體基板上，藉由依據 HVPE 法而實行的磊晶結晶成長來形成由 β -Ga₂O₃ 系單晶所構成之磊晶層的步驟，該半導體基板是由 β -Ga₂O₃ 系單晶所構成，且將平行於 β -Ga₂O₃ 系單晶的 [010] 軸之面設為主面，

前述磊晶層的成長速率是 $1.2 \mu\text{m/h}$ 以上，

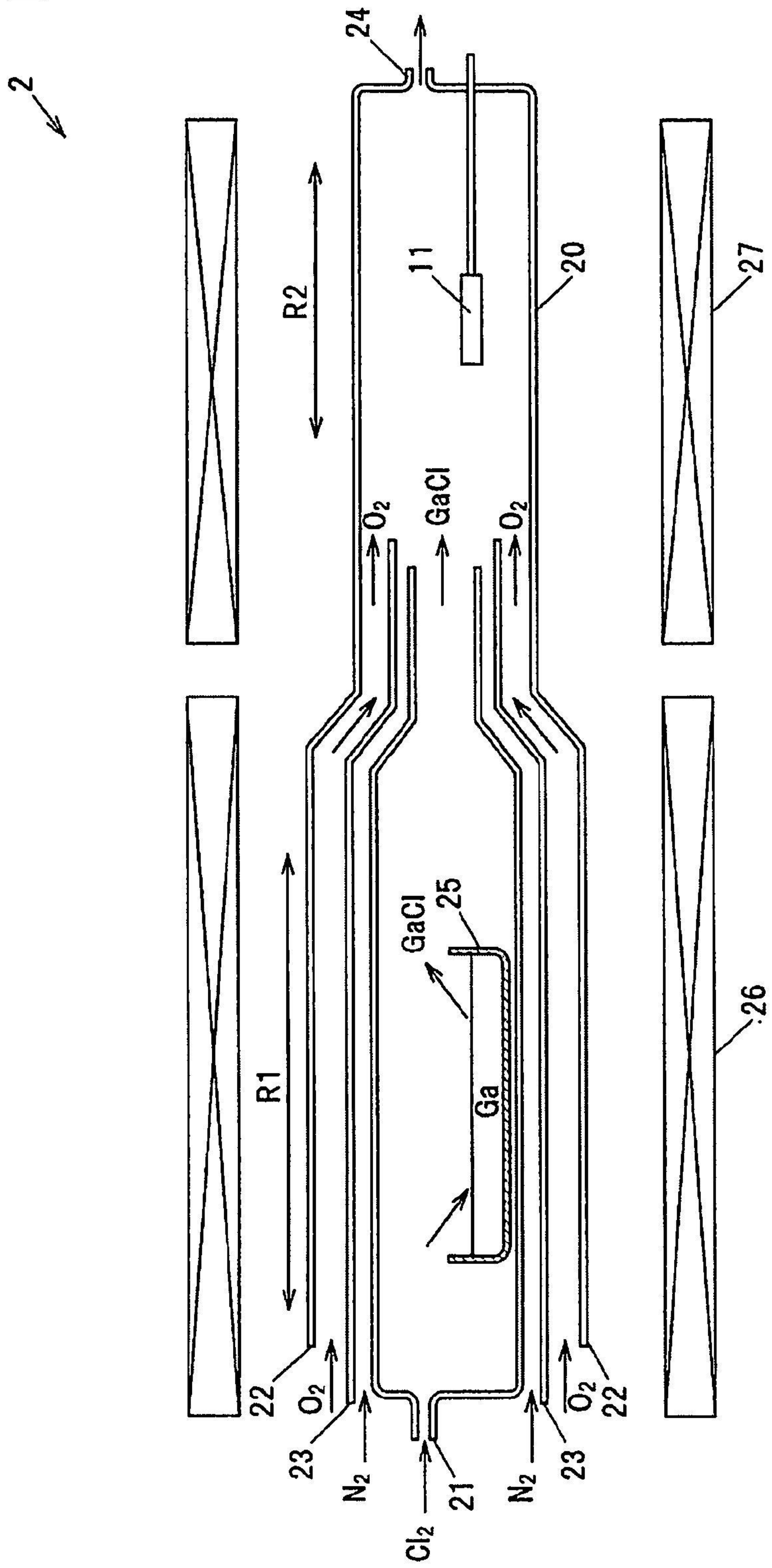
前述半導體基板的前述主面，是將 β -Ga₂O₃ 系單晶的 [010] 軸作為旋轉軸，並在由 (100) 面朝向 (101) 面之方向，以一角度來旋轉後之面，前述角度是 $38 \pm 1^\circ$ 、 $53.8 \pm 1^\circ$ 、 $83 \pm 1^\circ$ 、或 $90 \pm 1^\circ$ 。

圖式

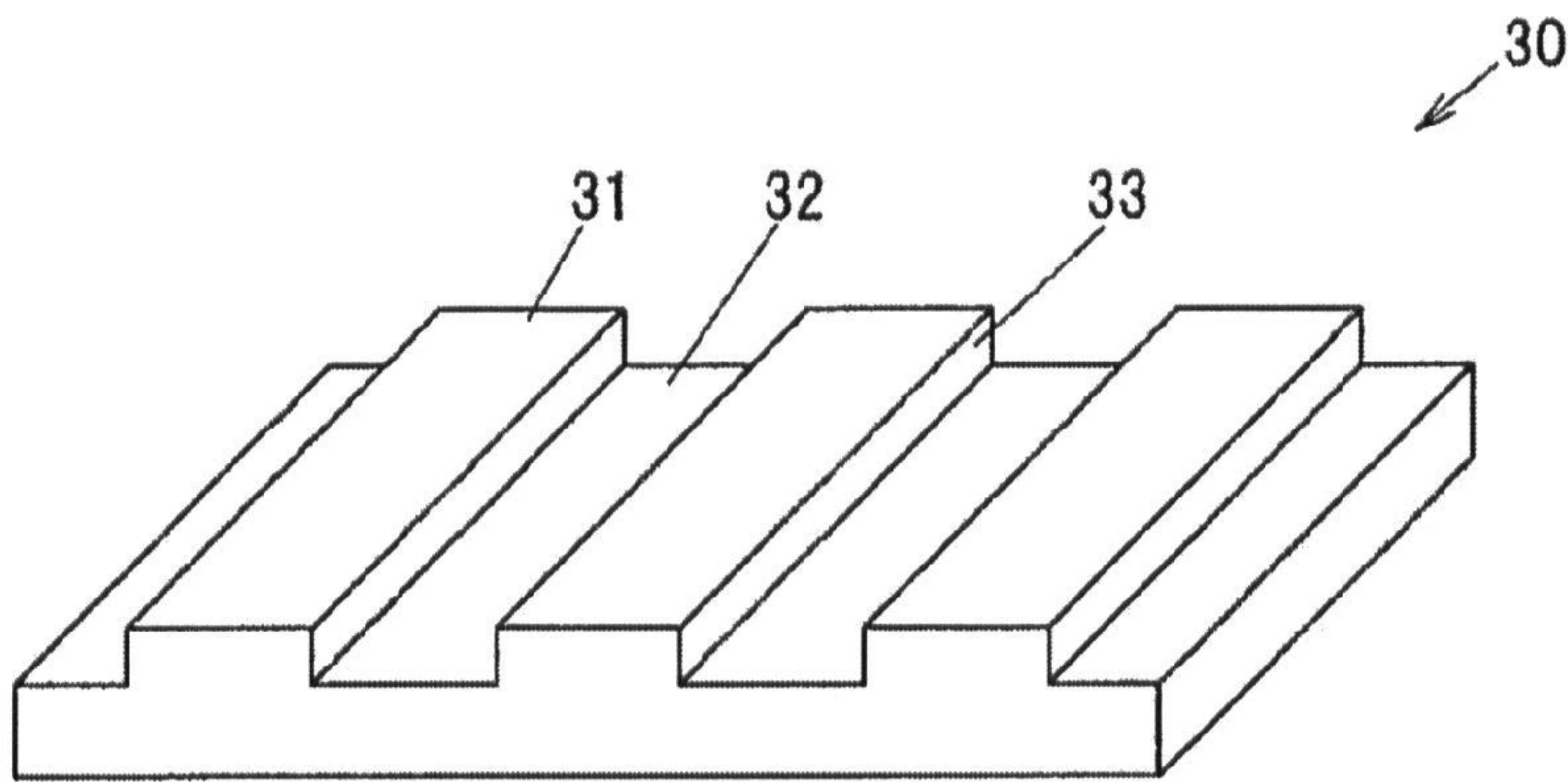
第1圖



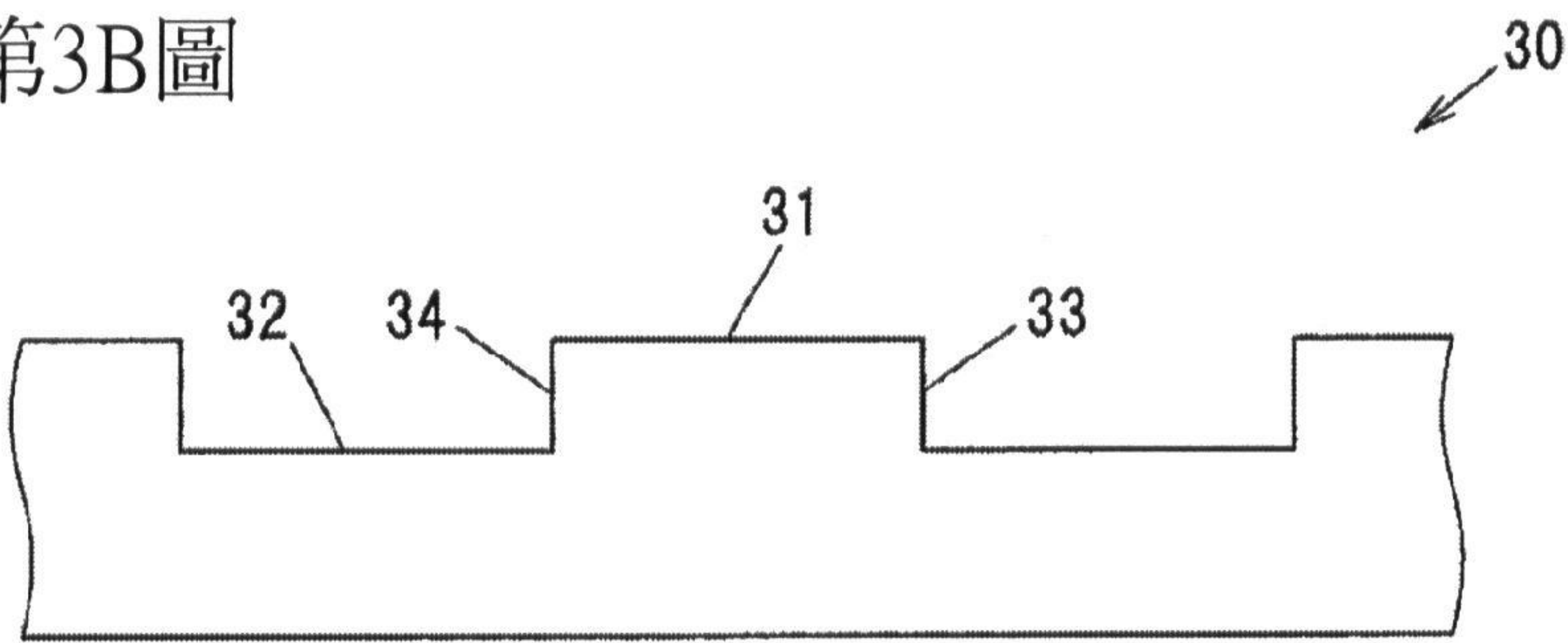
第2圖



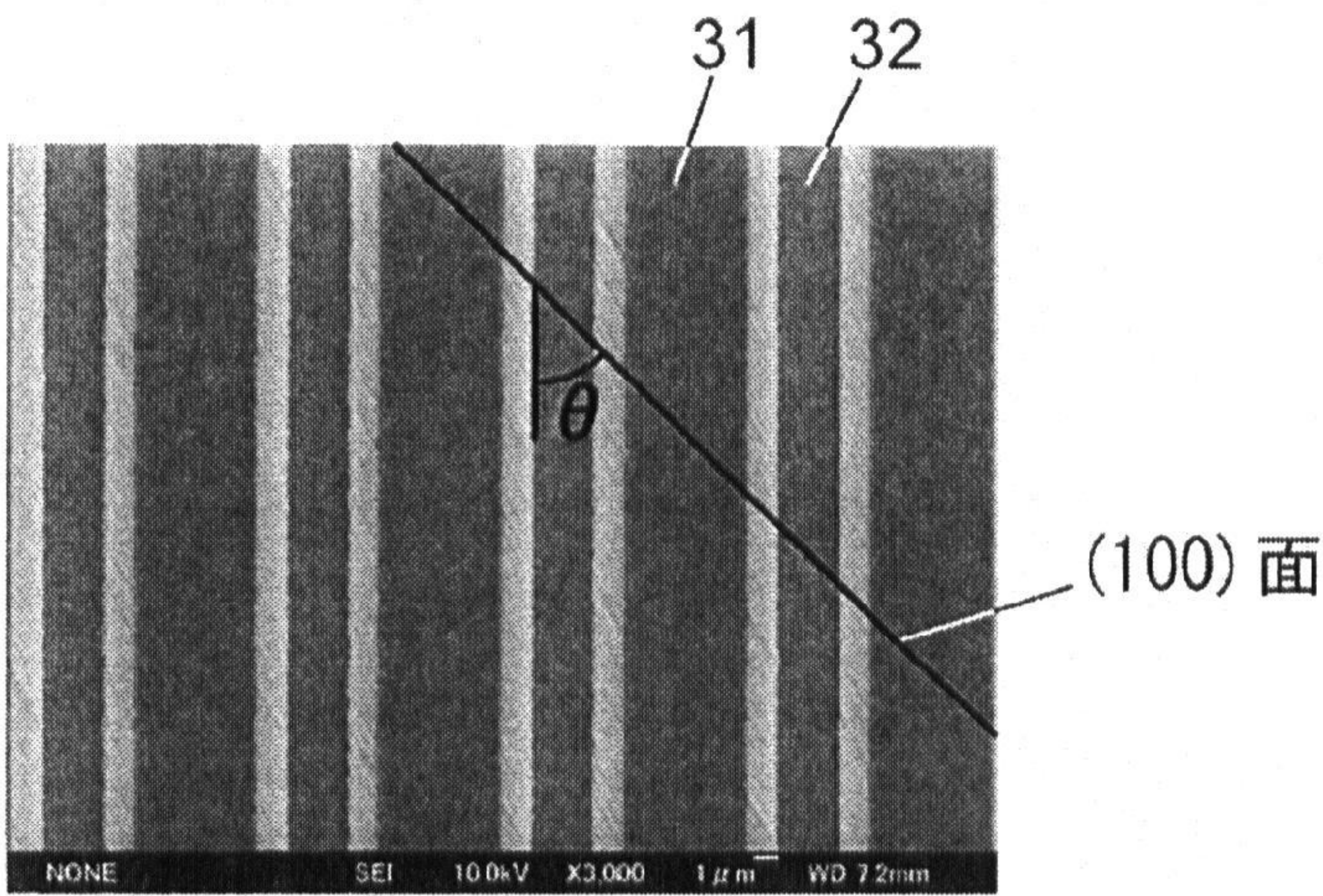
第3A圖



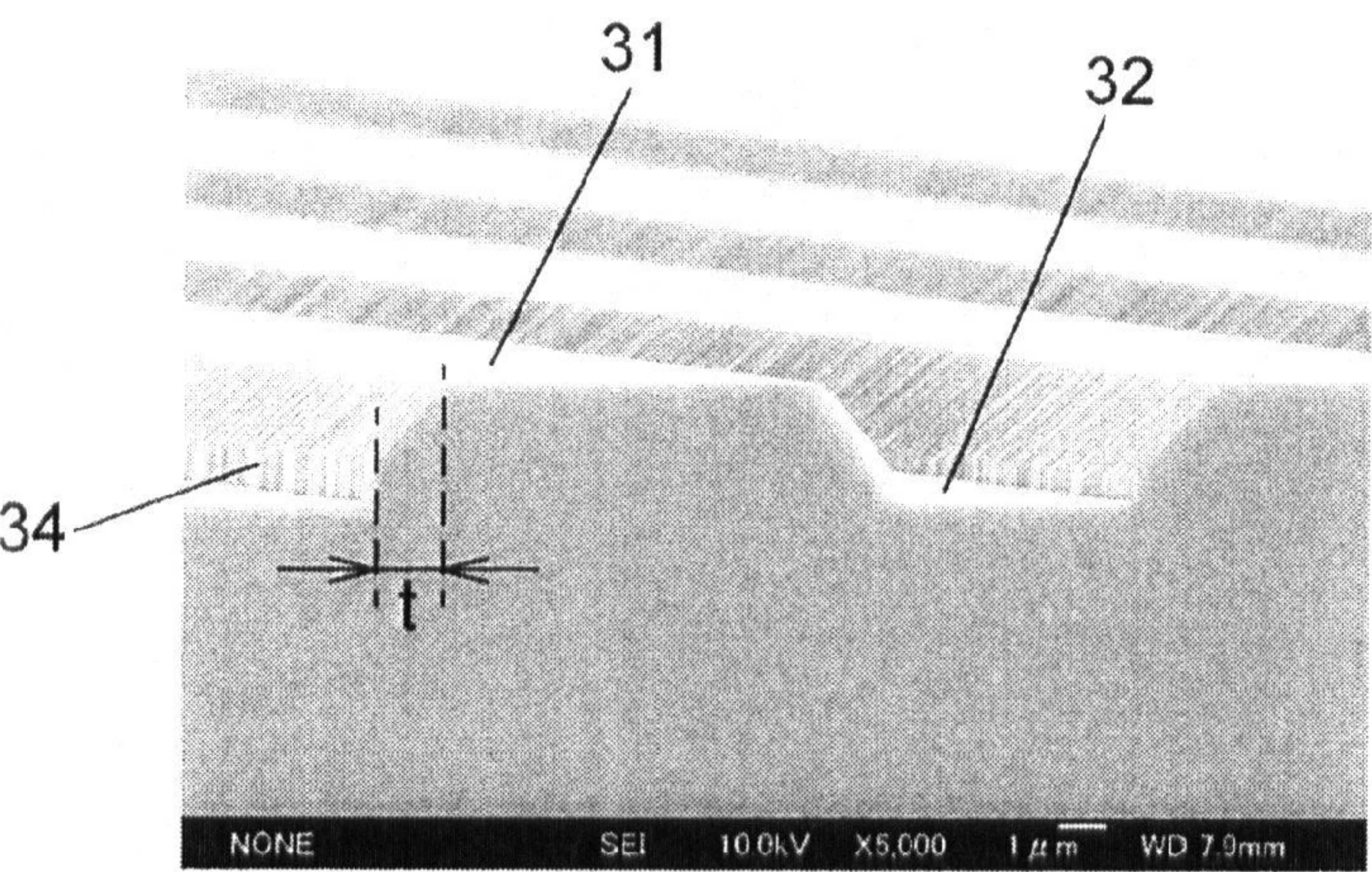
第3B圖



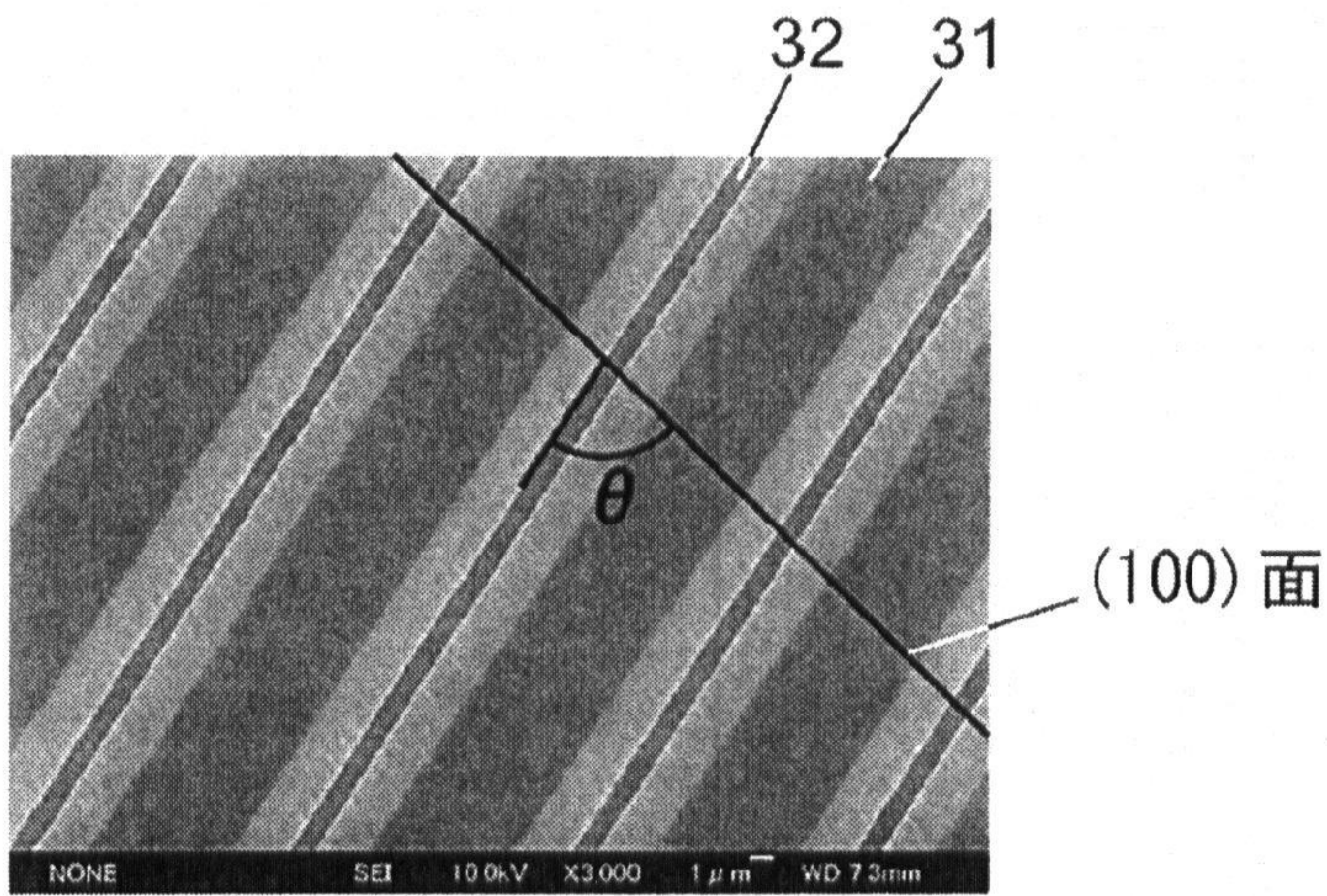
第4A圖



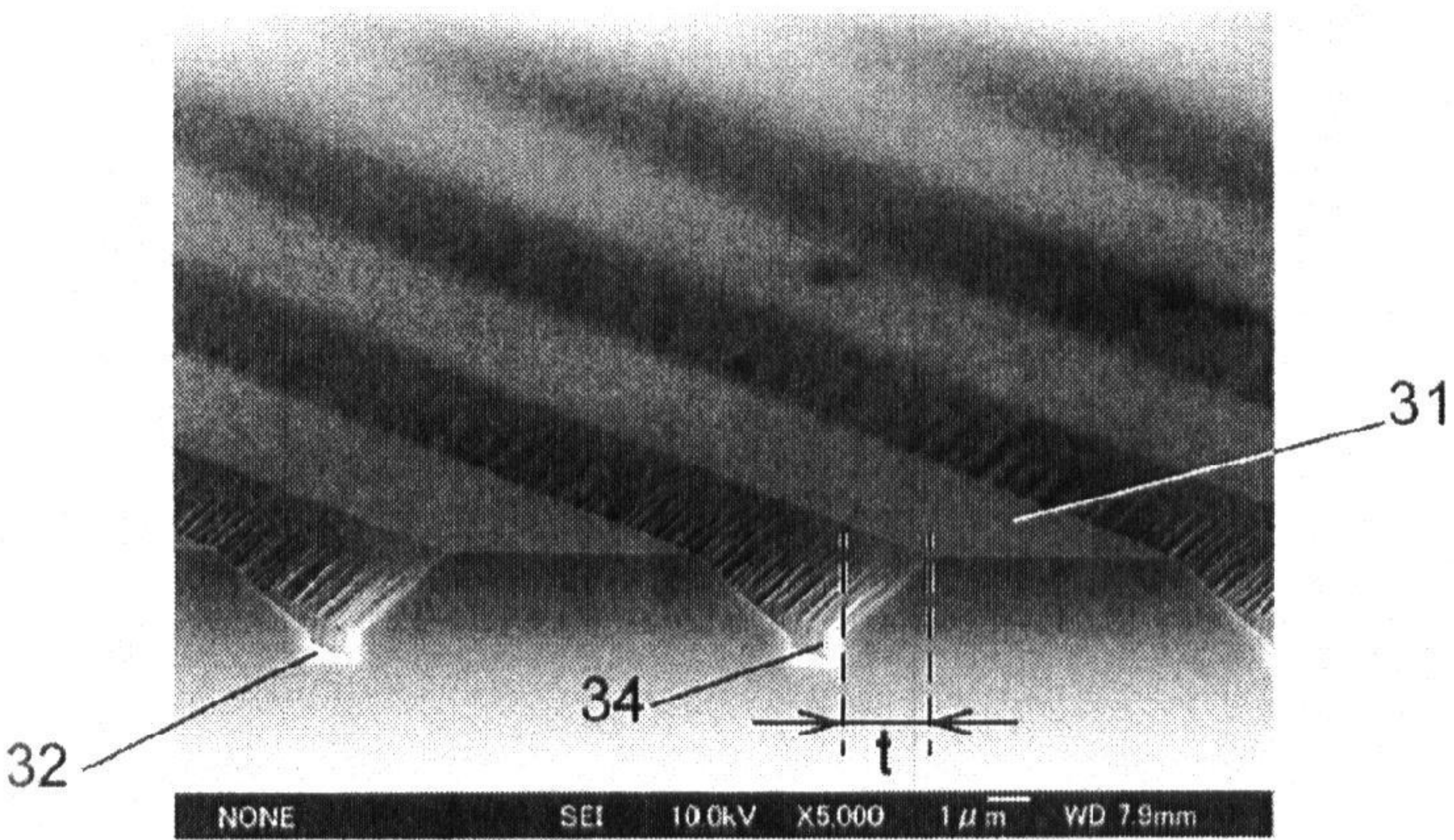
第4B圖



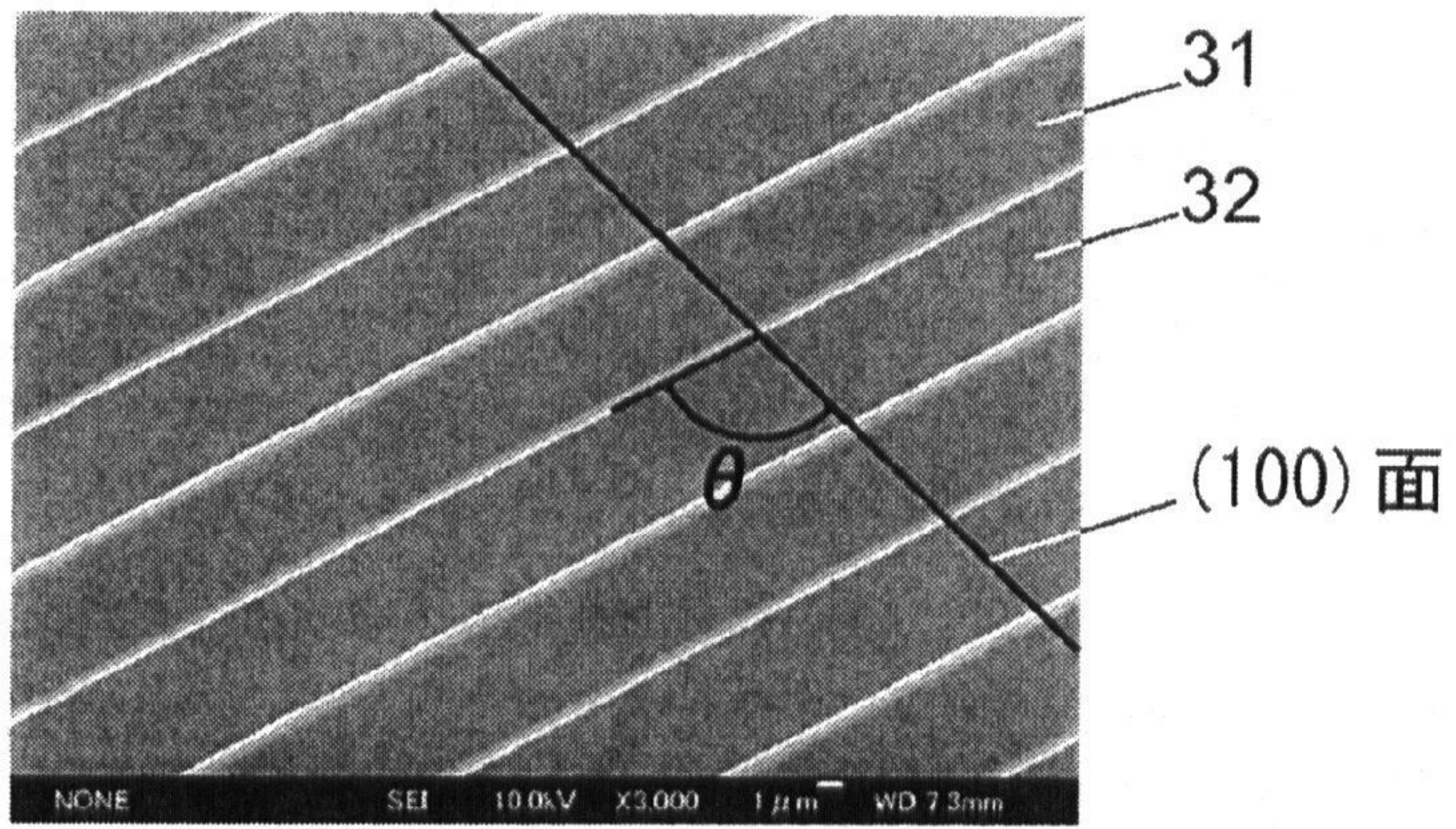
第5A圖



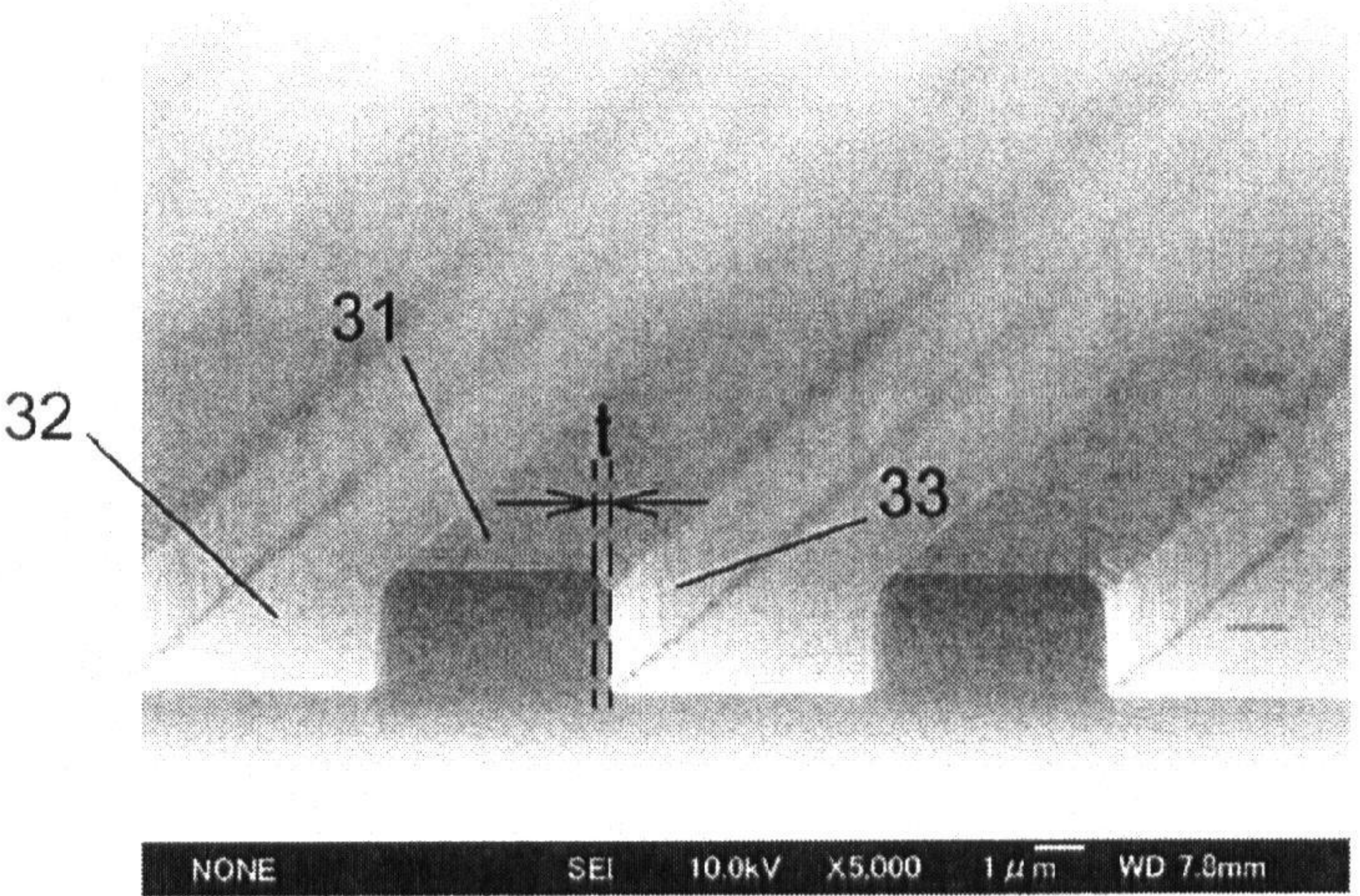
第5B圖



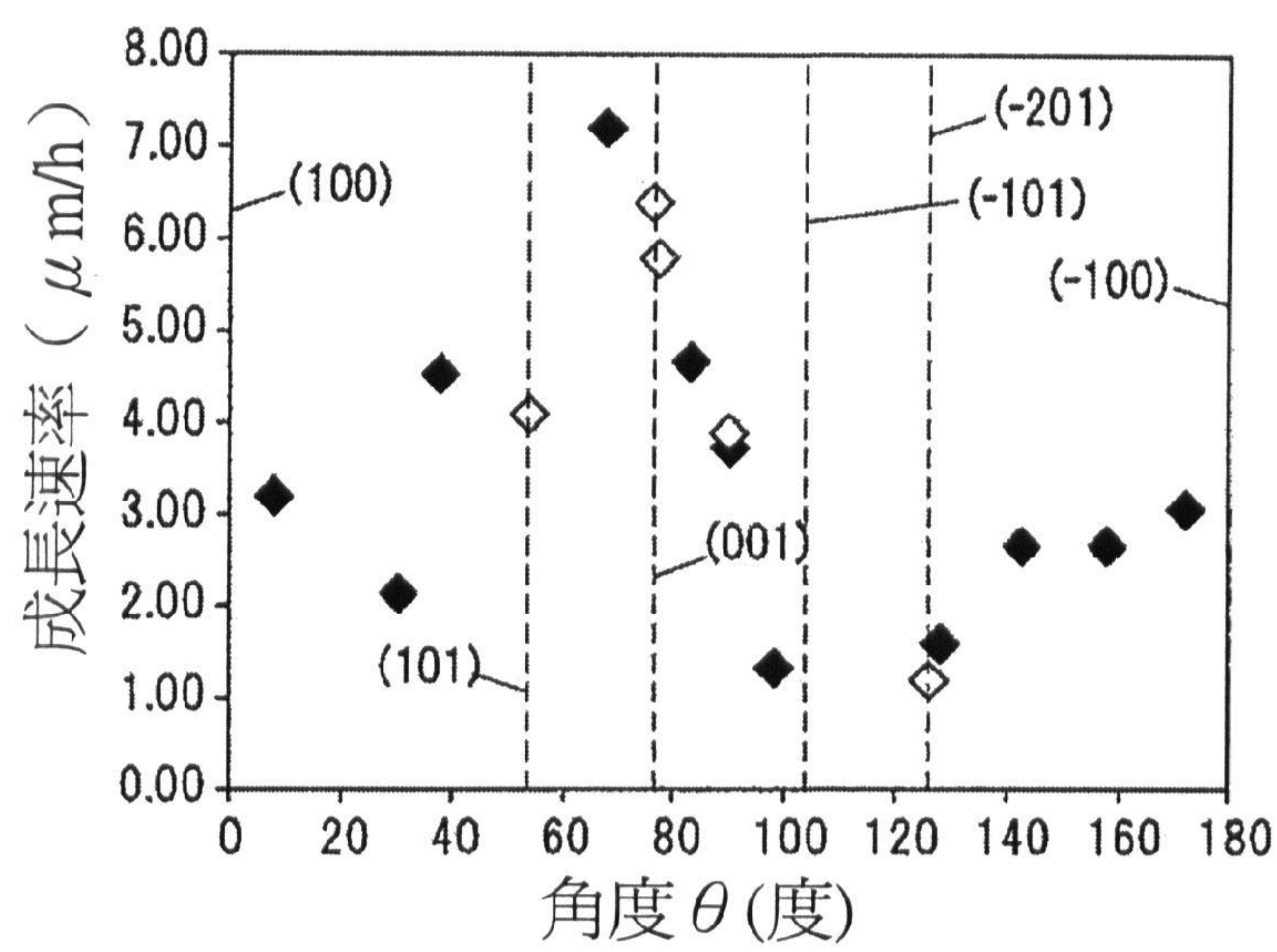
第6A圖



第6B圖



第7圖



第8圖

