



(21) 申請案號：107105000 (22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 02 月 12 日

(51) Int. Cl. : **H01L21/3065(2006.01)**

(30) 優先權：2017/10/26 世界智慧財產權組織 PCT/JP2017/038670  
2017/02/16 日本 2017-027118

(71) 申請人：日商信越聚合物股份有限公司 (日本) SHIN-ETSU POLYMER CO., LTD. (JP)  
日本

國立大學法人埼玉大學 (日本) NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION  
SAITAMA UNIVERSITY (JP)

日本

(72) 發明人：池野順一 IKENO, JUNICHI (JP)；山田洋平 YAMADA, YOHEI (JP)；鈴木秀樹  
SUZUKI, HIDEKI (JP)

(74) 代理人：洪武雄；陳昭誠

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：13 共 35 頁

(54) 名稱

蝕刻方法

ETCHING METHOD

(57) 摘要

一種蝕刻方法，係包括去除步驟，該去除步驟係使用已設定為預定的高溫域的熔融氫氧化鈉 (SHL) 作為熔融鹼，藉此於高溫而且含氧的環境下，一邊在基板面為由 Si 面與 C 面所構成之 SiC 基板 (PL) 的被蝕刻面形成氧化被膜，一邊以較 C 面更高的速度將被蝕刻面的 Si 面予以去除。在前述去除的步驟中，係以被蝕刻面為上面側而使 SiC 基板 (PL) 相對於水平面傾斜預定角度，且使熔融氫氧化鈉 (SHL) 從被蝕刻面的上部側流動至下部側。

An etching method comprises a removing step by using molten sodium hydroxide (SHL) in a predetermined high temperature range as a molten alkali, thereby forming an oxide film on the etched surface of the SiC substrate (PL) whose substrate surface is composed of the Si surface and the C surface under an environment containing high temperature and oxygen, while removing the etched surface of the Si at a higher speed than the C surface. In the removing step, the SiC substrate (PL) is inclined at a predetermined angle with respect to the horizontal plane with the etched surface facing upward, and molten sodium hydroxide (SHL) flows from the upper side to the lower side of the etched surface.

指定代表圖：

符號簡單說明：

10 . . . 容器

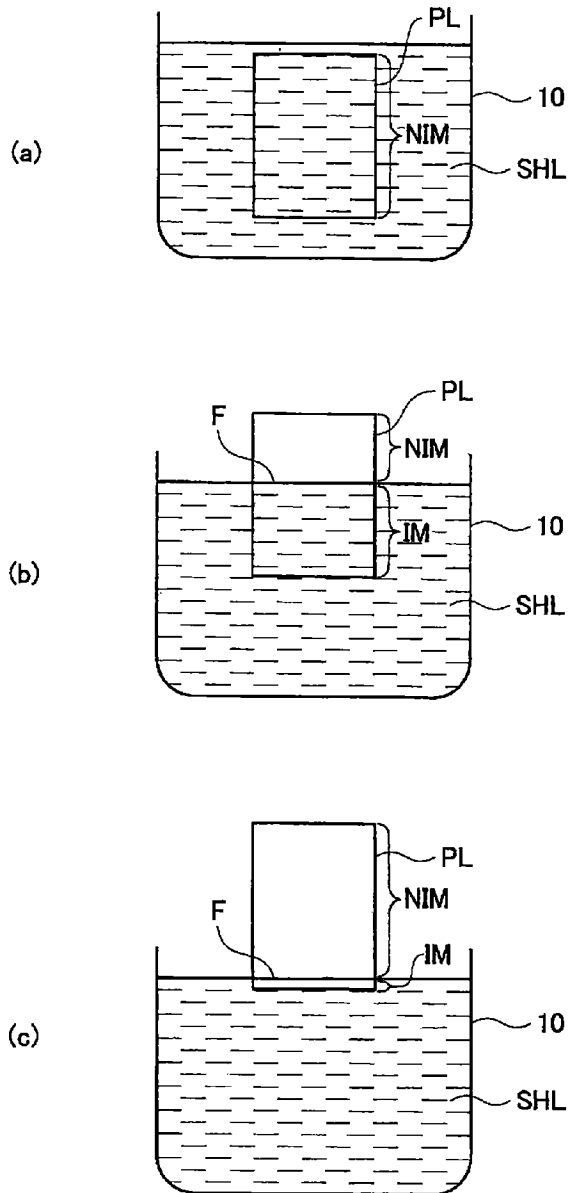
F . . . 界面位置

IM . . . 浸漬部

NIM . . . 非浸漬部

PL . . . SiC 基板

SHL . . . 熔融氫氧化鈉



【第1圖】

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

蝕刻方法

ETCHING METHOD

## 【技術領域】

【0001】本發明係關於一種以熔融鹼蝕刻 SiC( silicon carbide, 碳化矽) 基板的蝕刻方法。

## 【先前技術】

【0002】在半導體的製造等中，已廣泛地進行將 SiC 等的基板進行蝕刻以檢測缺陷。再者，SiC 基板係由於其優異的特性而被期待作為下一世代的功率(power)半導體基板。

【0003】另一方面，在製造高性能且良率高的半導體裝置上，極為重要的是要將損傷較少之良好的面形成於 SiC 基板。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

## 【0004】

專利文獻 1：日本特開 2014-22677 號公報

## 【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0005】然而，要將損傷較少之良好的面形成於 SiC 基板，會有所需處理步驟數較多，而要耗費更多的時間及

成本的問題。此外，為了要獲得無缺陷的狀態，需要有精密的研磨加工，因此必要的處理步驟數會變多，而這又成為耗費更多時間及成本的主要原因。

【0006】尤其 SiC 基板為高硬度，且除一部分的藥品外在化學上安定的難加工材料、難切削材料，因此研磨、研削上耗費時間，使此等問題更為顯著。

【0007】有鑑於上述問題，本發明之目的為提供一種蝕刻方法，係可在蝕刻凹坑（etch pit）不存在的狀態下進行蝕刻，結果可製造出具有不存在缺陷的表面狀態與鏡面的晶圓。

[解決課題之手段]

【0008】本發明人為了解決上述問題，乃經不斷檢討，著眼於以熔融鹼（熔融的鹼）檢查出 SiC 晶圓之缺陷的方法。此方法係為檢測出存在於 SiC 晶圓表面附近之缺陷的方法，為藉由將 SiC 晶圓浸漬於熔融鹼中，藉此使缺陷呈現為蝕刻凹坑而被觀察出。

【0009】再者，經過不斷實驗並進行檢討，已發現不將 SiC 基板浸漬於熔融鹼中，而是藉由一邊形成氧化被膜一邊連續地進行蝕刻，可獲得不存在蝕刻凹坑之鏡面的晶圓。然後，再經過不斷的實驗及檢討，終至完成本發明。

【0010】用以解決上述問題之本發明的一態樣，係一種包括去除步驟的蝕刻方法，該去除步驟係藉由使用已設定為預定的高溫域的熔融氫氧化鈉作為熔融鹼，於高溫而且含氧的環境下，一邊在基板面為由 Si 面與 C 面所構成

之 SiC 基板的被蝕刻面形成氧化被膜，一邊以較 C 面更高的速度將前述被蝕刻面的 Si 面予以去除。在前述去除的步驟中，係以前述被蝕刻面為上面側而使前述 SiC 基板相對於水平面傾斜預定角度，且使前述熔融氫氧化鈉從前述被蝕刻面的上部側流動至下部側。

【0011】藉此，即可獲得在不存在蝕刻凹坑的狀態下進行蝕刻，結果可製造出具有不存在缺陷之表面狀態與鏡面之晶圓的蝕刻方法。

【0012】前述預定的高溫域亦可設為 650°C 以上。

【0013】此時，亦可進行配置步驟，係將聚集雷射光的雷射聚光器以非接觸方式配置於 SiC 結晶構件之被照射面上、形成改質層步驟，係藉由前述雷射聚光器將雷射光照射於前述被照射面而將前述雷射光聚集於前述 SiC 結晶構件內部，並且使前述雷射聚光器與前述 SiC 結晶構件相對地移動，而在前述 SiC 結晶構件內部形成 2 次元狀之改質層、及形成 SiC 結晶基板步驟，係將經由前述改質層分割而成的結晶層從前述改質層剝離，從而形成 SiC 結晶基板的步驟，其中，使用經由前述剝離所獲得的前述 SiC 結晶基板作為前述 SiC 基板。

【0014】亦可藉由對前述被蝕刻面進行等向性蝕刻而將前述氧化被膜予以去除。

【0015】亦可將前述 SiC 基板的氧化速度設為前述氧化被膜的溶解速度以上，藉此而對前述被蝕刻面進行前述等向性蝕刻。

【0016】前述高溫且含氧的環境亦可設為在大氣中使用前述熔融氫氧化鈉的環境。

【0017】前述高溫且含氧的環境亦可設為在將氧氣供給至前述被蝕刻面的空間使用前述熔融氫氧化鈉的環境。

[發明之功效]

【0018】依據本發明，可提供一種可廣範圍地高速形成良好之鏡面的蝕刻方法。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0019】

第 1 圖 (a) 至 (c) 分別說明以本發明之一實施形態之蝕刻方法依序將 SiC 基板進行蝕刻的示意前視圖。

第 2 圖係第 1 圖 (b) 的部分放大側視圖。

第 3 圖係顯示藉由本發明之一實施形態的蝕刻方法，用以形成所使用之 SiC 基板之基板加工裝置之一例的立體圖。

第 4 圖係為說明第 3 圖所示之基板加工裝置之修正環內之透鏡的側視圖。

第 5 圖係為說明藉由本發明之一實施形態之變形例的蝕刻方法將 SiC 基板進行蝕刻的示意側視圖。

第 6 圖係實驗例 1，顯示蝕刻後之基板面之粗糙度的曲線圖。

第 7 圖係實施例 1，顯示蝕刻後之基板面之非浸漬部中之界面附近的照片圖。

第 8 圖係實施例 1，顯示蝕刻後之基板面之浸漬部的

照片圖。

第 9 圖係實施例 1，以 AFM(Atomic Force Microscope，原子力顯微鏡)拍攝蝕刻後之非浸漬部所獲得的立體圖。

第 10 圖係實驗例 2，顯示蝕刻溫度與蝕刻率之關係的曲線圖。

第 11 圖係實驗例 2，(a) 係顯示浸漬部中之蝕刻時間與粗糙度之關係的曲線圖，(b) 係顯示非浸漬部之界面附近中之蝕刻時間與粗糙度之關係的曲線圖。

第 12 圖係實驗例 2，(a) 係顯示氮流量與蝕刻率之關係的曲線圖，(b) 係顯示氮流量與粗糙度之關係的曲線圖。

第 13 圖係實驗例 2，(a) 係顯示空氣流量與蝕刻率之關係的曲線圖，(b) 係顯示空氣流量與粗糙度之關係的曲線圖。

### 【實施方式】

【0020】以下參照所附圖式來說明本發明的實施形態。在以下的說明中，對於與已說明者相同或類似的構成要素係賦予相同或類似的符號，且適當地省略其詳細的說明。

【0021】第 1 圖 (a) 至 (c) 係分別說明藉由本發明之一實施形態 (以下稱本實施形態) 的蝕刻方法將 SiC 基板依序蝕刻的示意前視圖。第 2 圖係第 1 圖 (b) 的部分放大側視圖。

【0022】本實施形態的蝕刻方法，係將基板面為由 Si

面與 C 面所構成的 SiC 基板以熔融鹼予以蝕刻的蝕刻方法，且為藉由使用已設為預定高溫域的熔融氫氧化鈉作為熔融鹼，而在高溫且含氧的環境下一邊在 SiC 基板的被蝕刻面形成氧化被膜，一邊以較 C 面更高的速度將被蝕刻面的 Si 面予以去除的方法。

【0023】具體而言，係在大氣中，首先在已放入於容器 10 的熔融氫氧化鈉 SHL 中置入基板面為由 Si 面與 C 面所構成的 SiC 基板 PL（參照第 1 圖（a））。然後，將 SiC 基板 PL 以一定速度緩緩地拉升（參照第 1 圖（a）至（c））。因此，SiC 基板 PL 之基板面 PLS 中的熔融氫氧化鈉 SHL 的界面位置 F（液面位置），會從基板上端逐漸往下方移動。另外，如第 1 圖、第 2 圖所示，在本說明中，所謂熔融氫氧化鈉 SHL 的界面位置 F 係與熔融氫氧化鈉 SHL 的液面位置相同。

【0024】由於配置有熔融氫氧化鈉 SHL，使得其周圍之大氣溫度上升。因此，SiC 基板 PL 的基板面 PLS 藉由大氣中的氧而成為易被氧化的環境。再者，在 SiC 基板 PL 的界面附近 V 或接近界面的非浸漬部 NIM（尤其在界面附近 V），氧化反應會因為大氣中的氧而高效率地進行，且高效率地形成氧化被膜。再者，藉由與此並行以熔融氫氧化鈉 SHL 將氧化被膜去除，而高速地進行良好的蝕刻。更詳而言之，在液面的交界區域，熔融鹼會因為表面張力而攀上 SiC 面，而作出薄的熔融鹼液的膜。再者，由於此膜較薄，因此易於將空氣中的氧供給至 SiC 面，而使氧化活躍。

然後，會活躍地重複進行熔融鹼去除該氧化膜的循環。因此，會高效率地促進鏡面化（等向性蝕刻）。

【0025】而且，在界面附近 V 及非浸漬部 NIM（尤其在界面附近 V）中，係可將 SiC 基板 PL 之被蝕刻面的 Si 面，以大幅高於 C 面的速度進行蝕刻去除。另外，所謂 Si 面、C 面，係將 1 個 SiC 鍵結切斷時，面向 Si 原子成為表面之方向的面（以 Si 原子形成終端的基板面）即為 Si 面，而面向 C 原子成為表面之方向的面（以 C 原子形成終端的基板面）即為 C 面。

【0026】再者，尤其當使用熔融氫氧化鈉時，容易以高速度來蝕刻 SiC 基板 PL 的 Si 面。由於 Si 面在機械上或在化學上都難以研磨，因此此點在要以高速度將 Si 面予以鏡面化上極具功效。另外，在將 C 面而非 Si 面進行蝕刻時，在將 C 面予以高效率地去除（蝕刻速度的高速化）而鏡面化的觀點而言，係以使用熔融氫氧化鈉為佳。

【0027】為了要以高速度蝕刻 Si 面，係以在高溫環境下進行蝕刻為佳，具體而言係為 650℃ 以上，尤佳為 800℃ 以上，亦可更高溫。在本發明的蝕刻方法中，雖一邊在 Si 面形成氧化膜（氧化被膜）一邊藉由蝕刻將氧化膜去除，但可推知所形成的氧化膜，係將會迅速被氧化之 10nm 左右的氧化膜予以連續地蝕刻去除而最終去除 10 $\mu$ m 至數十  $\mu$ m 的膜厚而可獲得無研削痕跡或缺陷之良好的鏡面者。在此氧化過程中，存在於晶圓內部的缺陷部分亦會被作為氧化膜，從而可進行等向性蝕刻。

【0028】SiC 基板 PL 的拉升速度（上升速度）係考慮氧化被膜的厚度或氧化被膜的 formed 速度與蝕刻速度的關係，而依據熔融氫氧化鈉 SHL 的種類、溫度、氣體環境中的氧濃度等，而以 Si 面高速地進行良好的蝕刻之方式來決定。

【0029】再者，在本實施形態中，係將 SiC 基板 PL 的氧化速度設為氧化被膜的溶解速度以上，藉此對被蝕刻面進行等向性蝕刻。如此，藉由將 SiC 基板 PL 的氧化速度設為氧化被膜的溶解速度以上，而避免了未氧化階段的基板材料（SiC）被蝕刻。亦即，即使在基板材料產生了缺陷（結晶缺陷），此缺陷也會在氧化後，亦即成為氧化被膜後而被蝕刻，結果 SiC 基板 PL 會被等向性蝕刻。因此，藉由此等向性蝕刻而被蝕刻之面的缺陷也會被去除，而避免基板面 PLS 的缺陷被直接蝕刻的異向性蝕刻，因此可於基板面 PLS 廣範圍且高速地形成良好的鏡面。亦即，相較於藉由將 SiC 基板整體全部浸漬於熔融氫氧化鈉 SHL 中（使基板整體成為浸漬部）而進行蝕刻，可在極短時間內在涵蓋基板全面地形成此良好的鏡面。

【0030】另外，即使藉由使 SiC 基板 PL 從上方以一定速度緩緩地下降至熔融氫氧化鈉 SHL，而使 SiC 基板 PL 中之熔融氫氧化鈉 SHL 的界面位置 F（熔融氫氧化鈉 SHL 的液面位置）從基板上方逐漸移動，也可將良好的鏡面廣範圍且高速地形成於 SiC 基板 PL 的基板面 PLS。

【0031】雖亦可考慮使用熔融氫氧化鉀（KOH）取代

熔融氫氧化鈉，但從成本及易於取得等的觀點而言，係以熔融氫氧化鈉 SHL（參照第 1 圖、第 2 圖）為佳。

【0032】此時，當使用氫氧化鈉設為 600°C 以上（更佳為 650 至 1100°C 的範圍、或其以上的溫度）的熔融氫氧化鈉時，易於進行此種高速且良好的蝕刻。另外，在 1000°C 以上情形下，將會成為較後述之第 10 圖所示之 750°C 的蝕刻率更高的蝕刻率。

【0033】再者，隨著將熔融氫氧化鈉 SHL 的溫度增高蝕刻率會大幅上升，而可將界面附近 V 的粗糙度在短時間內縮小（亦參照後述的實驗例 2、第 10 圖、第 11 圖（b）），因此亦可將熔融氫氧化鈉 SHL 散佈於基板面 PLS 的凸部而使之有效率地平滑化。

【0034】再者，亦可在基板面 PLS 形成溫度分布而提升在溫度較高之基板面部分的蝕刻率，藉此而調整基板面 PLS 的平面度。此溫度分布係例如可藉由雷射光照射等而進行。

【0035】再者，亦可在使屬於 SiC 基板 PL 的被蝕刻面之基板面 PLS 氧化而進行蝕刻時，一邊形成預定厚度（例如數 nm 至數十 nm 的厚度）的氧化被膜，一邊以已設為預定高溫域的熔融氫氧化鈉 SHL 將此氧化被膜予以去除。此時，最終要被蝕刻去除的氧化被膜厚度（蝕刻深度）係以設為 10 至 80 $\mu$ m 的範圍為佳。當較 10 $\mu$ m 更薄時，有蝕刻量容易不足之虞，當較 80 $\mu$ m 更厚時，即容易變得難以獲得鏡面。

【0036】再者，就 SiC 基板 PL 而言，可為從 SiC 結晶構件切出者，或亦可為從 SiC 結晶構件剝離者。

【0037】為了要從 SiC 結晶構件剝離而獲得 SiC 基板 PL，係以例如下述方式獲得。首先，如第 3 圖所示，在 XY 平台 (stage) 11 上載置 SiC 結晶構件 20。然後，進行配置步驟，係將聚集雷射光 B 的雷射聚光裝置 14 (雷射聚光器) 以非接觸方式配置於 SiC 結晶構件 20 的被照射面 20r 上。

【0038】然後，進行形成改質層 22 的步驟，係藉由雷射聚光裝置 14，將雷射光 B 照射於 SiC 結晶構件 20 (在第 3 圖中係被描繪成基板狀作為一例) 的被照射面 20r 而將雷射光 B 聚集於 SiC 結晶構件 20 內部的預定厚度位置，並且使雷射聚光裝置 14 與 SiC 結晶構件 20 相對地移動，而於 SiC 結晶構件 20 的內部形成 2 次元狀之改質層 22。

【0039】進一步，形成 SiC 結晶基板步驟，係進行將經由改質層 22 分割而成的結晶層從改質層 22 剝離，藉此而形成 SiC 結晶基板。使用經由此剝離而獲得的 SiC 結晶基板作為 SiC 基板 PL。藉此，可藉由蝕刻將良好的鏡面廣範圍且高速地形成於預定厚度之 SiC 結晶基板的剝離面。

【0040】再者，即使該剝離面 (基板面) 的表面粗糙度較粗糙，亦可將熔融氫氧化鈉 SHL 散佈在剝離面的凸部而使之有效率地平滑化，又，亦可藉由在剝離面形成溫度分布而提升在溫度較高之基板面部分的蝕刻率，藉此而調整剝離面的平面度。

【0041】所使用之 SiC 結晶構件 20，係可為第 3 圖所示的基板狀，藉此即可藉由自改質層 22 的剝離而獲得預定厚度的 2 片 SiC 結晶基板。

【0042】再者，雷射聚光裝置 14 係可包括修正環 13、及保持於修正環 13 內的聚光透鏡 15，具有修正起因於 SiC 結晶構件 20 的折射率所引起之像差的功能，亦即具有作為像差修正環的功能。具體而言，如第 4 圖所示，聚光透鏡 15 在空氣中聚光時，以使到達聚光透鏡 15 之外周部 E 的雷射光 B 較到達聚光透鏡 15 之中央部 M 的雷射光 B 更聚集在聚光透鏡側之方式進行修正。換言之，在聚光時，以使到達聚光透鏡 15 之外周部 E 之雷射光 B 的聚光點 EP，相較於到達聚光透鏡 15 之中央部 M 之雷射光 B 的聚光點 MP，更靠近聚光透鏡 15 的位置之方式進行修正。藉此，即可縮短因為雷射光之聚光所形成之加工痕之在雷射照射方向的長度，亦即易於使改質層 22 的厚度薄化。

【0043】若要以此方式將改質層 22 的厚度薄化，係例如以在空氣中聚光的第 1 透鏡 16、及配置於該第 1 透鏡 16 與 SiC 結晶構件 20 之間的第 2 透鏡 18 來構成該聚光透鏡 15。再者，藉由調整修正環 13 的旋轉位置，亦即調整第 1 透鏡 16 與第 2 透鏡 18 的間隔，即可調整聚光點 EP 與聚光點 MP 的間隔，而雷射聚光裝置 14 係被設為以簡單的構成具有作為附設修正環之透鏡功能的構成。

【0044】

(變形例)

以下說明一邊使容器內的熔融氫氧化鈉流動一邊進行蝕刻之例子。在本變形例中，如第 5 圖所示，係配置：電氣爐 30；基板保持部 32，係配置於電氣爐 30 內，用以將基板保持於上面側；槽 34，係貯存熔融氫氧化鈉，可從供給口 34m 供給；及收容部 36，使流過基板保持部 32 上之基板面 PLS 的熔融氫氧化鈉 SHL 流入而予以收容。

【0045】在基板保持部 32 中，係在上面側設有保持基板 PL (SiC 晶圓) 的傾斜保持板 38。以此傾斜保持板 38 而言，係可構成爲使流過基板 PL 上部的熔融氫氧化鈉 SHL 朝基板 PL 下方流動之方式，相對於水平面傾斜成可變之傾斜角度，而且，可相對於供給口 34m 跨越基板 PL 上部整體而水平移動 (朝紙面正交方向移動)。另外，亦可從噴嘴將熔融氫氧化鈉 SHL 朝基板 PL 上部噴附，此外，亦可構成爲使傾斜保持板 38 可繞著旋轉軸旋轉。

【0046】此外，在電氣爐 30 中，係透過開閉閥 39 而連接氧供給部 40 (例如氧氣瓶)。再者，在電氣爐 30 中係連接開閉閥 42，而可釋出電氣爐內的氣體。

【0047】在本變形例中，係使傾斜保持板 38 相對於水平面傾斜預定角度，且使 SiC 基板 PL 以上面側爲被蝕刻面而保持於該傾斜保持板 38。再者，在已設爲氧環境的電氣爐 30 內，係一邊使熔融氫氧化鈉 SHL 從槽 34 流動至 SiC 基板 PL 的被蝕刻面亦即基板面 (基板上部) PLS 的上部側，一邊使傾斜保持板 38 水平移動 (朝紙面正交方向移動) 而使熔融氫氧化鈉 SHL 涵蓋 SiC 基板 PL 上部整體而

朝下部側流動。電氣爐 30 內的溫度、熔融氫氧化鈉 SHL 的溫度及流量、SiC 基板 PL 的移動速度等係調整為使 SiC 基板 PL 的氧化速度為氧化被膜之溶解速度以上，而且，使形成於 SiC 基板 PL 之被蝕刻面亦即基板面 PLS 的氧化被膜以高效率被去除，藉此而可將 Si 面以較 C 面更高的速度予以去除。

【0048】在本變形例中，係以此方式使熔融氫氧化鈉從上部朝下方流動於傾斜的 SiC 基板 PL 的基板面 PLS，因此可一邊將 SiC 基板 PL 予以等向性蝕刻，一邊高效率地進行將良好的鏡面廣範圍且高速地形成於基板面 PLS。

【0049】另外，即使不如本變形例以氧氣置換電氣爐內的全域，藉由至少以氧氣覆蓋被蝕刻面（基板面），亦可獲得與本變形例相等的效果。

#### 【0050】

< 實驗例 1（濕式蝕刻之高速鏡面化現象的確認） >

在本實驗例中，係將 SiC 晶圓於熔融 NaOH（熔融氫氧化鈉）中浸漬一半左右，藉此而在產生浸漬於熔融 NaOH 的浸漬部 IM、及未浸漬於熔融 NaOH 的非浸漬部 NIM 的狀態下進行了蝕刻。另外，以下實驗例中所使用的 SiC 晶圓，係以鑽石砂輪（diamond wheel）的 #1000 將表面進行了研磨作為前加工。

#### 【0051】

（實驗條件及實驗方法）

本發明人係於 Ni（鎳）製的坩堝置入約 5g 的固形

NaOH，以電氣爐加熱而使之成為 750°C 的熔融狀態，且將經由 Ni 線固定的 SiC 晶圓（SiC 基板）於已熔融的 NaOH 浸漬一半左右，進行 20 分鐘的蝕刻。所使用的晶圓係傾斜角 4°、10mm 見方的 4H-SiC 晶圓。以前加工而言，係藉由鑽石砂輪（SD # 1000）進行了研削。蝕刻率的評估係從蝕刻前後之厚度的差分而求出。粗糙度的測量，係使用了觸針式粗糙度測量機（Taylor Hobson 公司製 PGI840）。另外，進行研削之主要的理由，係用以先將晶圓的起伏或翹曲予以去除。

#### 【0052】

（蝕刻面的外觀與形狀）

第 6 圖顯示蝕刻後之 SiC 晶圓表面的形狀。在用以獲得第 6 圖的測量中，測量了在基板面沿著直線的表面的高度。

【0053】從第 6 圖可判斷出非浸漬部 NIM 被蝕刻去除者較浸漬部 IM 被蝕刻去除者多。尤其在非浸漬部 NIM 中，在從界面位置 F 距離 1mm 的區域中，係較浸漬部 IM 多去除了 60 $\mu$ m。

#### 【0054】

（蝕刻表面的詳細觀察）

再者，藉由雷射顯微鏡像觀察浸漬部 IM 與非浸漬部 NIM 的界面附近 V 並進行了攝像。茲將攝像結果分別顯示於第 7 圖、第 8 圖。

【0055】在浸漬部 IM 中，雖觀察到蝕刻凹坑的產生

(參照第 8 圖)，但在非浸漬部 NIM 中，則確認了無蝕刻凹坑的平滑面 (參照第 7 圖)。

【0056】再者，茲將藉由 AFM 以  $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$  測量非浸漬部 NIM 的結果顯示於第 9 圖。經此測量的結果，確認了粗糙度為  $0.54\text{nmRa}$ 、 $8.7\text{nmRz}$  的鏡面。

### 【0057】

< 實驗例 2 (蝕刻之基礎特性的調查) >

在本實驗例中，係進行了檢查蝕刻的特性會在溫度、氣體環境下產生何種影響的實驗。

### 【0058】

(溫度對於到達面粗糙度與蝕刻率造成的影響)

以實驗例 1 的實驗方法為基礎，將實驗時間設為 20 至 120 分鐘、溫度設為  $600$  至  $750^\circ\text{C}$  進行了蝕刻實驗。在本實驗例中，係針對浸漬部 IM 與非浸漬部 NIM 的界面附近 V，調查了蝕刻溫度與蝕刻率的關係。實驗結果如第 10 圖所示。

【0059】可判斷出浸漬部 IM、界面附近 V 都有愈高溫度則蝕刻率愈大的傾向，兩者變大的比例均為相同程度。再者，在界面附近 V 的蝕刻率，係較浸漬部 IM 高出 2 至 3 倍左右。尤其在  $750^\circ\text{C}$ ，高至  $289\mu\text{m/h}$  的值。

【0060】再者，第 11 圖 (a) 顯示浸漬部 IM 之蝕刻面的粗糙度，第 11 圖 (b) 顯示非浸漬部 NIM 之界面附近 V 之蝕刻面的粗糙度。在浸漬部 IM 中，可看出粗糙度一度增大，之後則減少的傾向。從蝕刻面的觀察結果來考察，

推測係因為在蝕刻初期出現因為鑽石砂輪所導致的擦痕，之後逐漸變得平滑。

【0061】再者，在浸漬部 IM 的蝕刻率較低，在 120 分鐘的實驗中，其係尚不足以減小浸漬部 IM 的粗糙度的時間。然而，由於可看出蝕刻凹坑增加的傾向，故難以適用於鏡面化。

【0062】另一方面，可判斷出在非浸漬部 NIM 中，當到達 700℃ 時，即達到到達面粗糙度 1.4nmRa。再者，從蝕刻面的觀察結果可得知，任何條件均未發現蝕刻凹坑的產生。關於此蝕刻凹坑，從蝕刻率低至 23 $\mu\text{m}/\text{h}$  的處理條件，亦即 600℃ 120 分鐘之蝕刻處理後的觀察結果而言，亦未發現有蝕刻凹坑的產生。

### 【0063】

（環境對於粗糙度與蝕刻率造成的影響）

以實驗例 1 的實驗條件為基礎，以實驗時間為 30 分鐘，分別在氣體環境為大氣時與氮氣（排除氧氣而使之為惰性的氣體）的情形下進行實驗，調查了其影響。

### 【0064】

（氮氣環境的影響）

一邊使氮氣流動於電氣爐內一邊進行了蝕刻。關於浸漬部 IM 與非浸漬部 NIM 的界面附近 V，係分別於第 12 圖（a）顯示氮氣流量與蝕刻率的關係，第 12 圖（b）顯示氮氣流量與粗糙度的關係。另外，第 12 圖（a）中氮氣流量 0L/min 係指不流動氮氣，因此電氣爐內仍為大氣環境。

【0065】蝕刻率於浸漬部 IM、界面附近 V，氮氣流量均為 10L/min，都大幅降低，而在超過該流量的流量中，未見到超過該程度的變化。

【0066】另一方面，關於粗糙度，在浸漬部 IM、界面附近 V，均有氮氣流量愈增加則愈增大的傾向。因此，可推測出在蝕刻時首先會露出因為研削所導致的擦痕，之後消失，從而成為鏡面。從蝕刻面的觀察結果來看，浸漬部 IM、界面附近 V 均觀察出擦痕，可推知粗糙度的增大傾向其原因為蝕刻率之降低所導致鏡面過程的鈍化。

#### 【0067】

（大氣的影響）

接著，進行了用以調查大氣影響的蝕刻。關於浸漬部 IM 與非浸漬部 NIM 的界面附近 V，係分別於第 13 圖（a）顯示空氣流量與蝕刻率的關係，第 13 圖（b）顯示空氣流量與粗糙度的關係。浸漬部 IM、界面附近 V，蝕刻率均與空氣流量無關而幾乎未見變化。然而，可得知即使相同的蝕刻時間，在浸漬部 IM 中，也是空氣流量愈增加，擦痕（蝕刻凹坑）就愈被去除。此外，在空氣流量為 20L/min 下於界面附近 V 會產生膜狀的凹凸，粗糙度顯著地增大。

【0068】另外，成為可在大氣中及至空氣流量 10L/min 為止獲得所要達成的蝕刻狀態之結果。當空氣流量超過該程度時，氧化被膜會產生過剩而有變得不佳之可能性。惟藉由調整蝕刻溫度與熔融氫氧化鈉之液量的關係而非僅調整空氣流量，即使空氣流量超過該程度時亦有獲得效果之

可能性。

【0069】經由以上的實驗結果、推測，可得知空氣會在蝕刻中產生作用。因此，可推知在非浸漬部 NIM 中由於氫氧化鈉蒸氣或表面張力所導致之熔融氫氧化鈉的薄膜會在與 SiC 反應時引進大氣的氧氣而促進氧化。

### 【0070】

<實驗例 3(調查在 Si 面與 C 面藉由蝕刻而去除的量)>

在本實驗例中，係在一邊的基板面為 Si 面而另一邊的基板面為 C 面的 SiC 基板中，針對兩基板面測量蝕刻量 (SiC 的去除量)，藉此而比較了蝕刻速度。

【0071】在本實驗例中，係從各個基板面，使雷射光聚光於在基板深度方向成為等間隔的位置而形成了加工痕。形成位置係設為浸漬部 IM、界面附近 V、及非浸漬部 NIM。再者，在藉由熔融氫氧化鈉進行蝕刻後，以顯微鏡測量了浸漬部 IM、界面附近 V、及非浸漬部 NIM 中之加工痕的深度位置。測量結果如表 1 所示。

### 【0072】

表 1

	浸漬部 (IM)	界面附近 (V)	非浸漬部(NIM)
Si 面 去除量	0.70	56.94	26.8
C 面 去除量	45.26	40.23	44.54
合計	45.96	97.17	71.40

【0073】從表 1 可得知的結果為，在 C 面的去除量，在浸漬部 IM、界面附近 V、非浸漬部 NIM 中幾乎無差異，但在 SiC 面的去除量，在界面附近 V 為最大，而在浸漬部 IM 中，相較於界面附近 V 幾乎未被去除，在非浸漬部 NIM 中則為界面附近 V 的一半左右。

【0074】再者，出現的結果為，於浸漬部 IM 及非浸漬部 NIM 中，在 Si 面的去除量雖較在 C 面的去除量為小，但於界面附近 V 中，在 Si 面的去除量則較在 C 面的去除量更大。

#### 【0075】

##### < 實驗例 1 至 3 的總結 >

綜上所述，經由實驗例 1 至 3，已發現使用了熔融 NaOH 的 SiC 基板之藉由濕式蝕刻而在非浸漬部中之 Si 面（在 Si 原子形成終端的基板面）之高效率的鏡面化現象。從用以調查該基礎特性的實驗可得知，藉由 750°C、20 分鐘的蝕刻而成為到達面粗糙度 1.4nmRa，在 750°C、45 分鐘間，蝕刻率成為最大的 304 $\mu\text{m}/\text{h}$ 。再者，可得知在蝕刻環境中，空氣產生了作用。

【0076】綜上雖已說明了實施形態及實驗例，但此等實施形態及實驗例，係用以將本發明之技術思想予以具體化的例示，發明之範圍並未限定於此等。此等實施形態係可藉由其他各種形態實施，只要在不脫離發明之要旨的範圍內，可進行各種省略、置換、及變更。

[產業上的可利用性]

【0077】依據本發明，由於可效率良好地進行蝕刻，因此可利用於半導體領域、顯示器領域、能源領域等之廣泛的領域，最適用於 SiC 系功率元件 (power device) 等，可適用於透明電子領域、照明領域、複合型 (hybrid) / 電動汽車領域等廣泛的領域。

### 【符號說明】

#### 【0078】

10	容器	11	XY 平台
13	修正環	14	雷射聚光裝置
15	聚光透鏡	16	第 1 透鏡
18	第 2 透鏡	20	SiC 結晶構件
20r	被照射面	22	改質層
30	電氣爐	32	基板保持部
34	槽	34m	供給口
36	收容部	38	傾斜保持板
39	開閉閥	40	氧供給部
42	開閉閥	B	雷射光
E	外周部	EP	聚光點
F	界面位置	IM	浸漬部
M	中央部	MP	聚光點
NIM	非浸漬部	PL	SiC 基板
PLS	基板面	SHL	熔融氫氧化鈉
V	界面附近		

# 發明摘要

## 【發明名稱】(中文/英文)

蝕刻方法

ETCHING METHOD

## 【中文】

一種蝕刻方法，係包括去除步驟，該去除步驟係使用已設定為預定的高溫域的熔融氫氧化鈉（SHL）作為熔融鹼，藉此於高溫而且含氧的環境下，一邊在基板面為由 Si 面與 C 面所構成之 SiC 基板（PL）的被蝕刻面形成氧化被膜，一邊以較 C 面更高的速度將被蝕刻面的 Si 面予以去除。在前述去除的步驟中，係以被蝕刻面為上面側而使 SiC 基板（PL）相對於水平面傾斜預定角度，且使熔融氫氧化鈉（SHL）從被蝕刻面的上部側流動至下部側。

## 【英文】

An etching method comprises a removing step by using molten sodium hydroxide (SHL) in a predetermined high temperature range as a molten alkali, thereby forming an oxide film on the etched surface of the SiC substrate (PL) whose substrate surface is composed of the Si surface and the C surface under an environment containing high temperature and oxygen, while removing the etched surface of the Si at a higher speed than the C surface. In the removing step, the SiC substrate (PL) is inclined at a predetermined angle with respect to the horizontal plane with the etched surface facing upward, and molten sodium hydroxide (SHL) flows from the upper side to the lower side of the etched surface.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（ 1 ）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

10	容器
F	界面位置
IM	浸漬部
NIM	非浸漬部
PL	SiC 基板
SHL	熔融氫氧化鈉

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

本案無化學式。

## 申請專利範圍

1. 一種蝕刻方法，係包括去除步驟，該去除步驟係藉由使用已設定為預定的高溫域的熔融氫氧化鈉作為熔融鹼，於高溫而且含氧的環境下，一邊在基板面為由 Si 面與 C 面所構成之 SiC 基板的被蝕刻面形成氧化被膜，一邊以較 C 面更高的速度將前述被蝕刻面的 Si 面予以去除；

在前述去除的步驟中，係以前述被蝕刻面為上面側而使前述 SiC 基板相對於水平面傾斜預定角度，且使前述熔融氫氧化鈉從前述被蝕刻面的上部側流動至下部側。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之蝕刻方法，其中，前述預定的高溫域係設為 650°C 以上。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之蝕刻方法，係進行：

配置步驟，係將聚集雷射光的雷射聚光器以非接觸方式配置於 SiC 結晶構件之被照射面上；

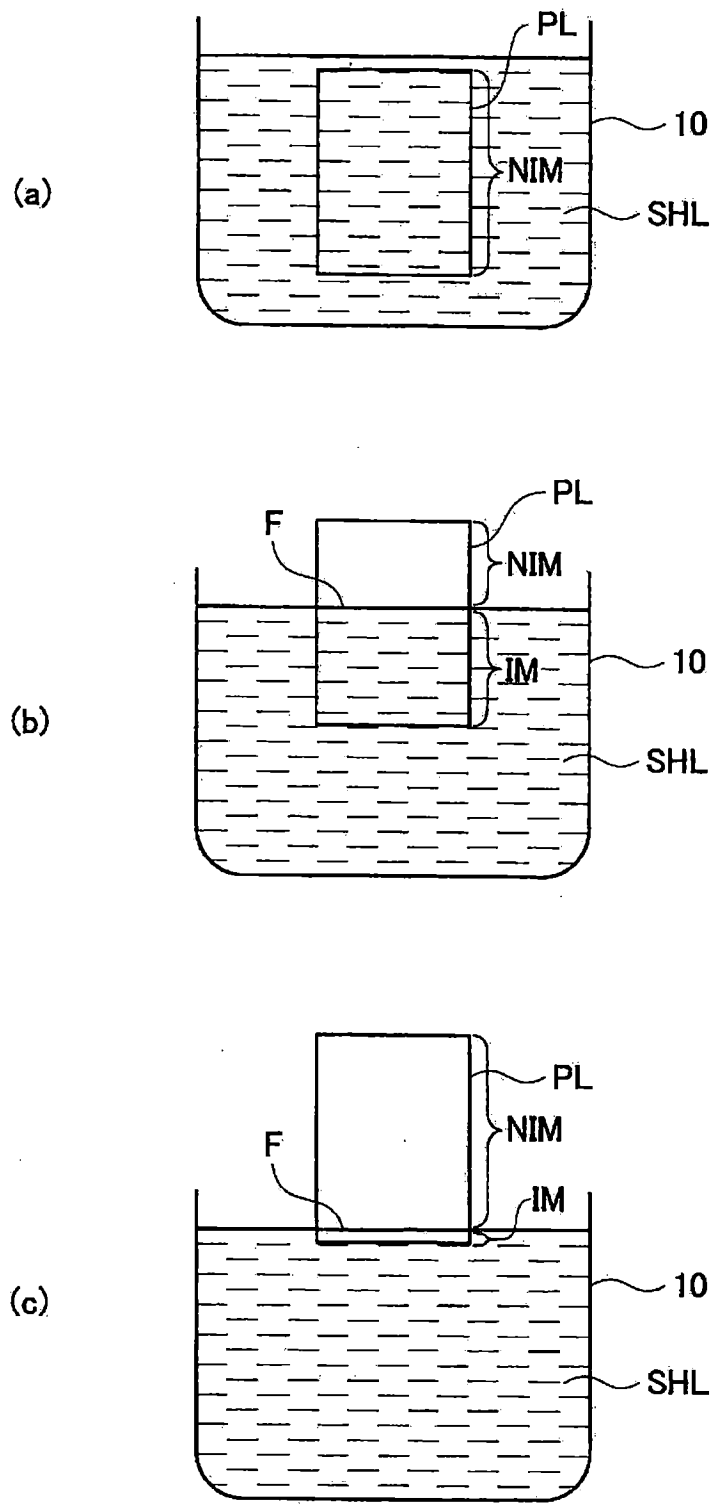
形成改質層步驟，係藉由前述雷射聚光器將雷射光照射於前述被照射面而將前述雷射光聚集於前述 SiC 結晶構件內部，並且使前述雷射聚光器與前述 SiC 結晶構件相對地移動，而在前述 SiC 結晶構件內部形成 2 次元狀之改質層；以及

形成 SiC 結晶基板步驟，係將經由前述改質層分割而成的結晶層從前述改質層剝離，從而形成 SiC 結晶基板；其中，

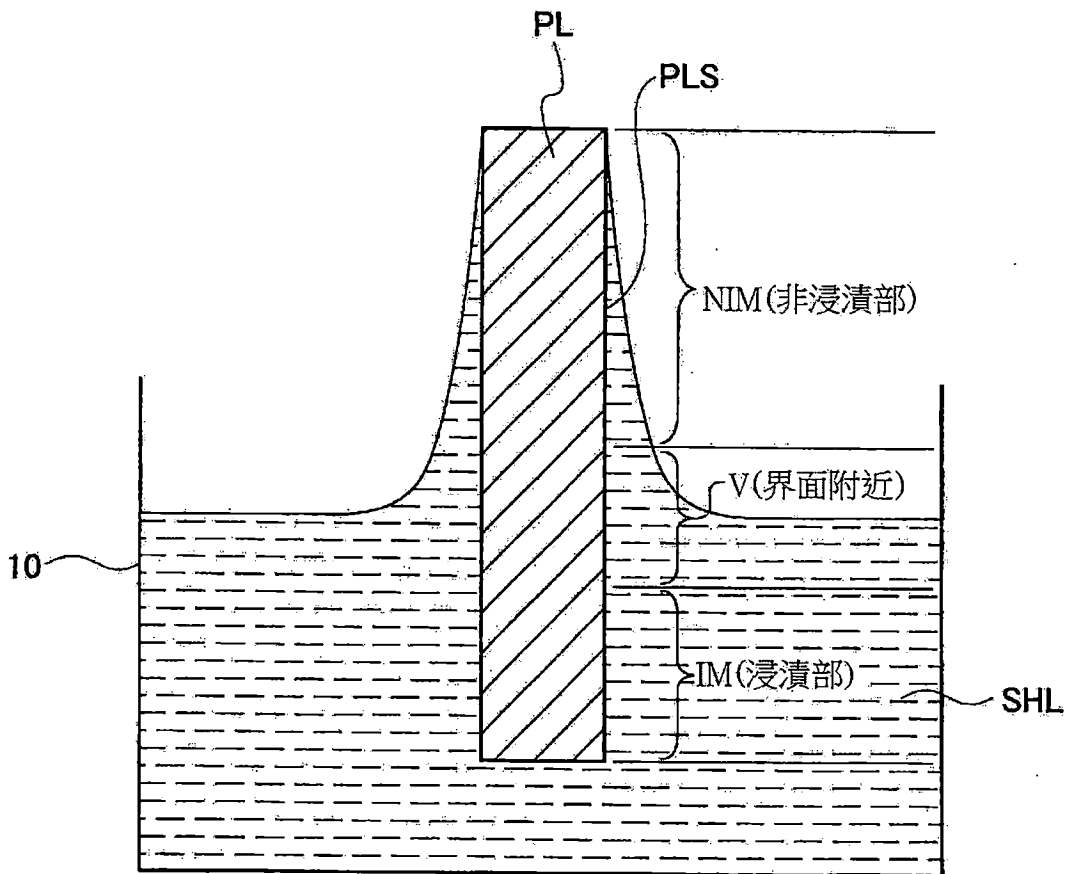
使用經由前述剝離所獲得的前述 SiC 結晶基板作為前述 SiC 基板。

4. 如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述之蝕刻方法，係藉由對前述被蝕刻面進行等向性蝕刻而將前述氧化被膜予以去除。
5. 如申請專利範圍第 4 項所述之蝕刻方法，其中，前述高溫且含氧的環境係設為在大氣中使用前述熔融氫氧化鈉的環境。
6. 如申請專利範圍第 4 項所述之蝕刻方法，其中，前述高溫且含氧的環境係設為在將氧氣供給至前述被蝕刻面的空間使用前述熔融氫氧化鈉的環境。

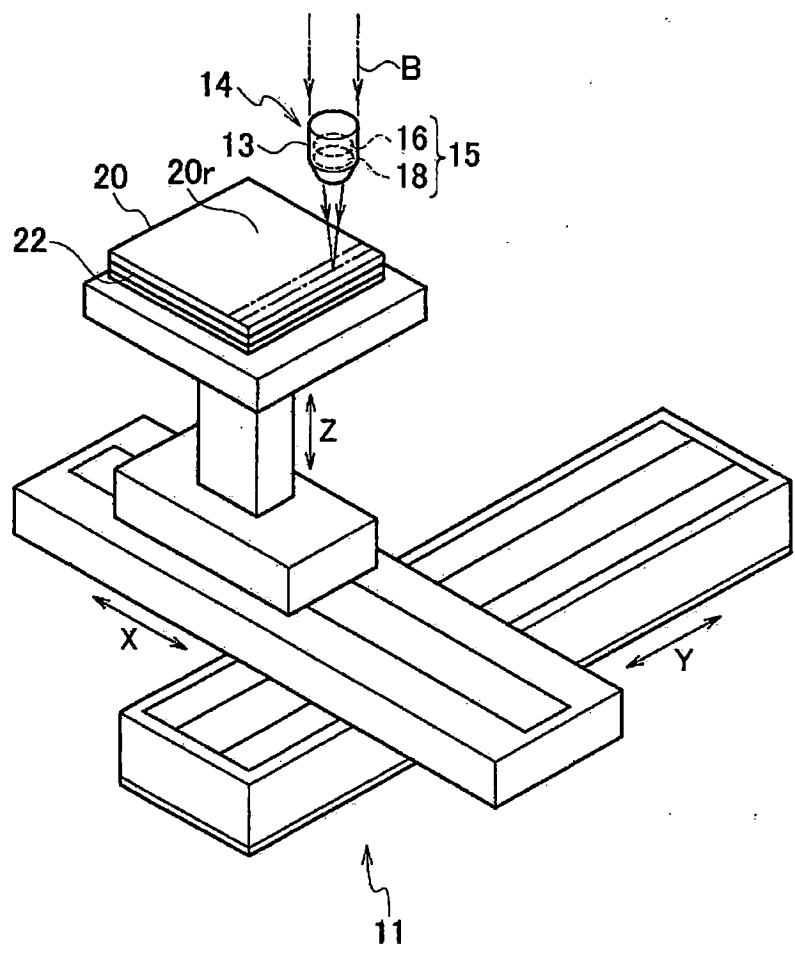
【發明圖式】



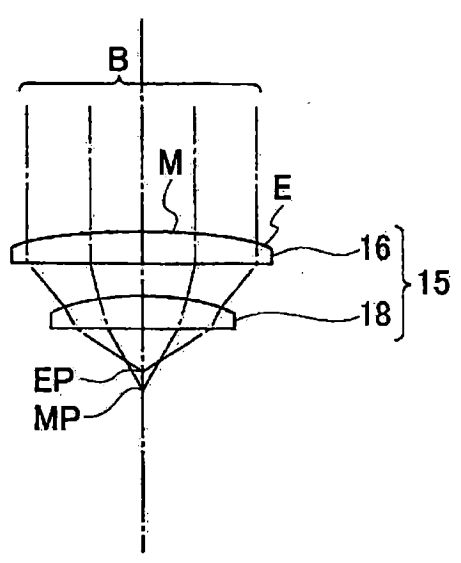
【第1圖】



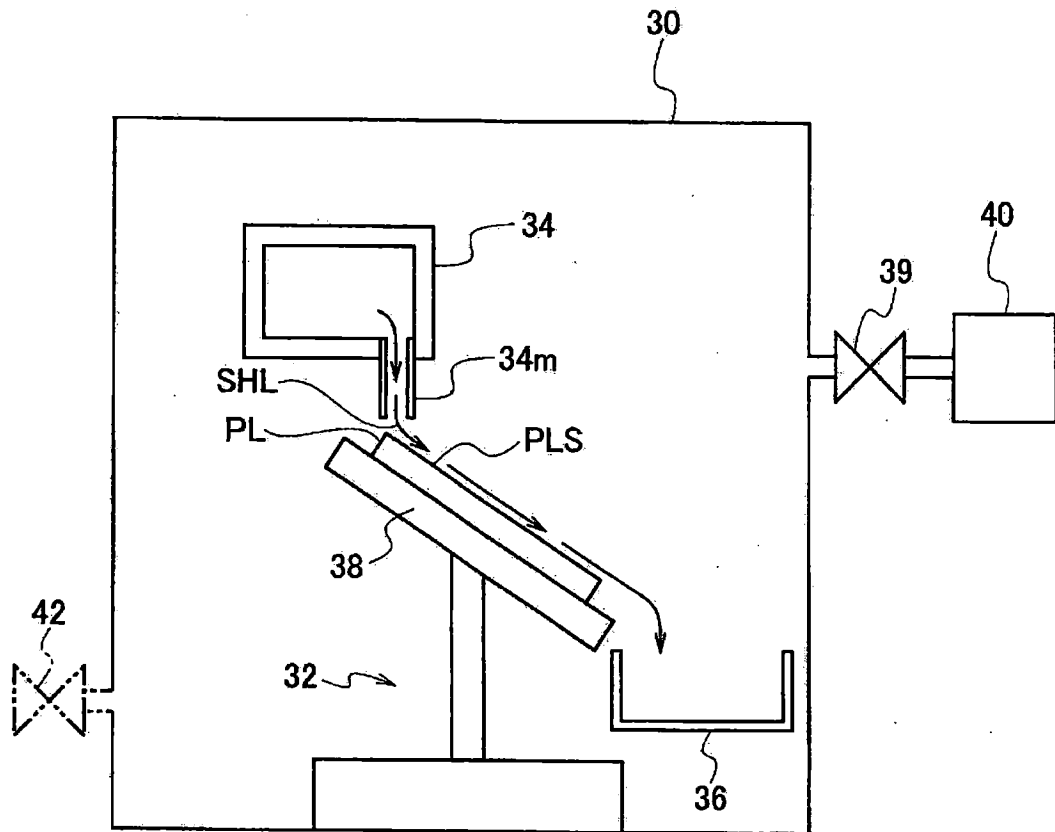
【第2圖】



【第3圖】



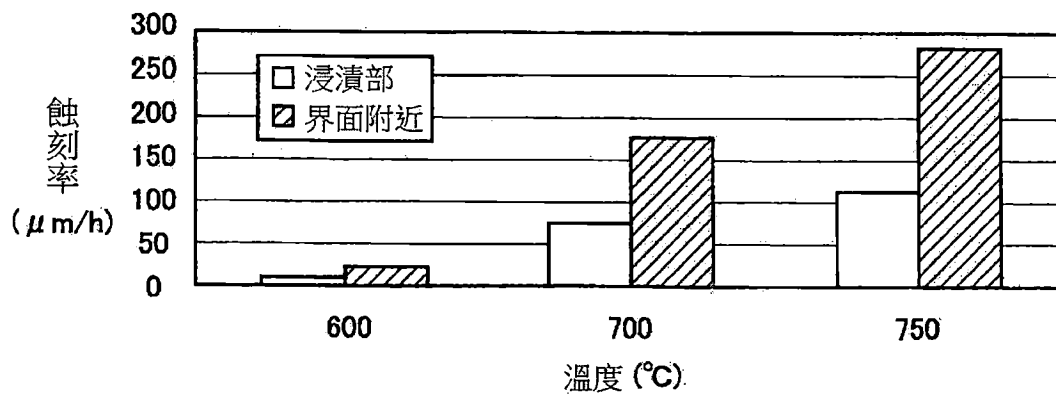
【第4圖】



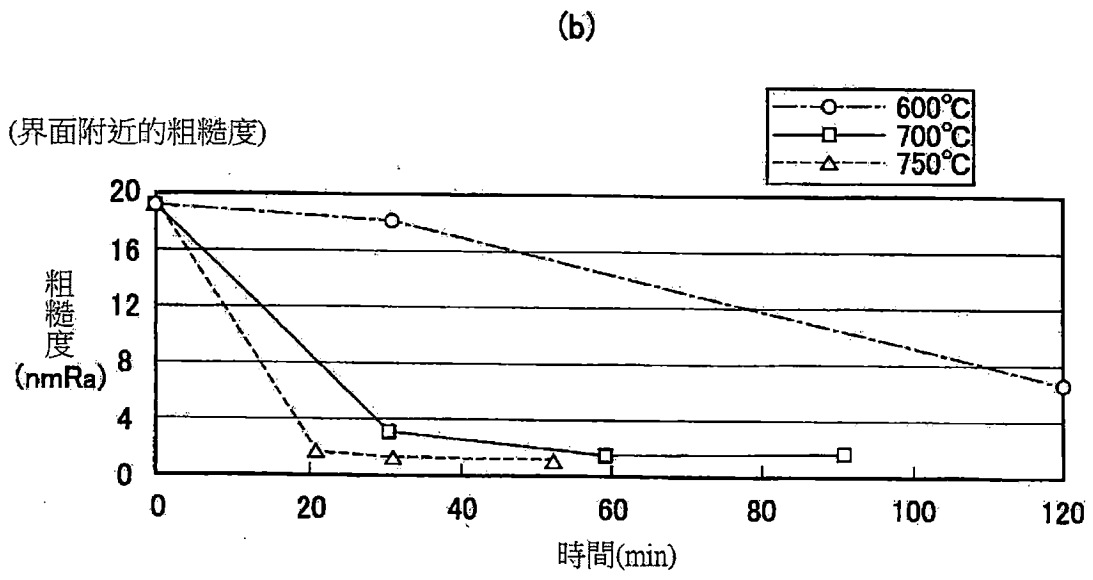
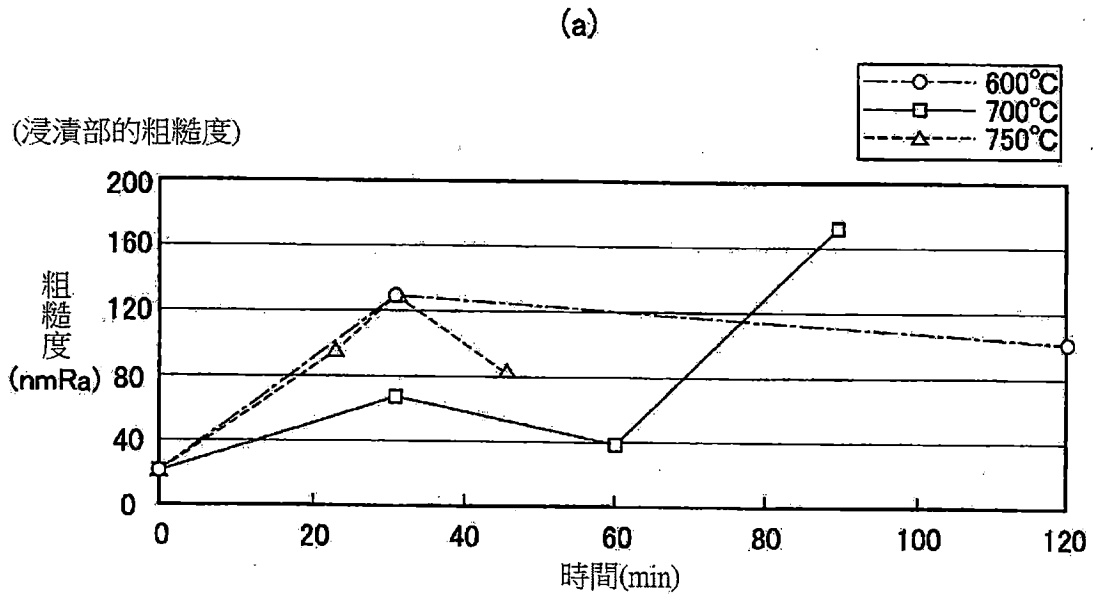
【第5圖】





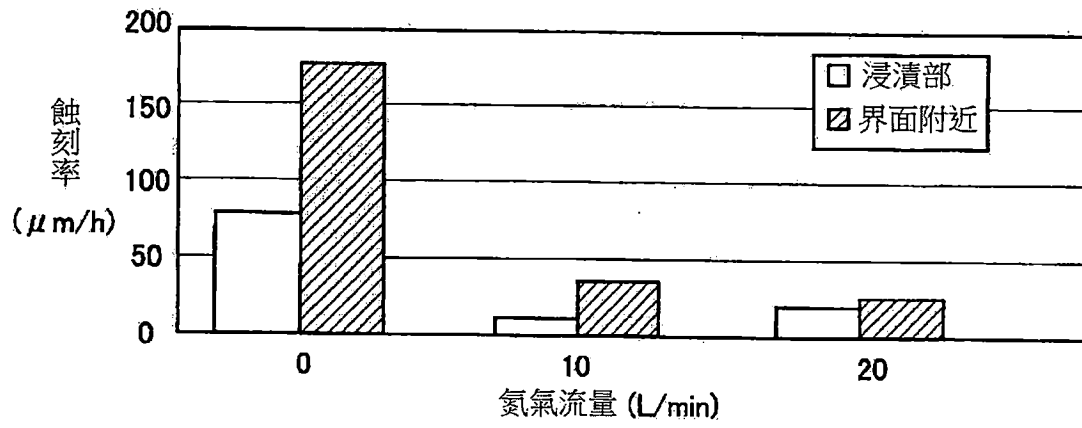


【第10圖】

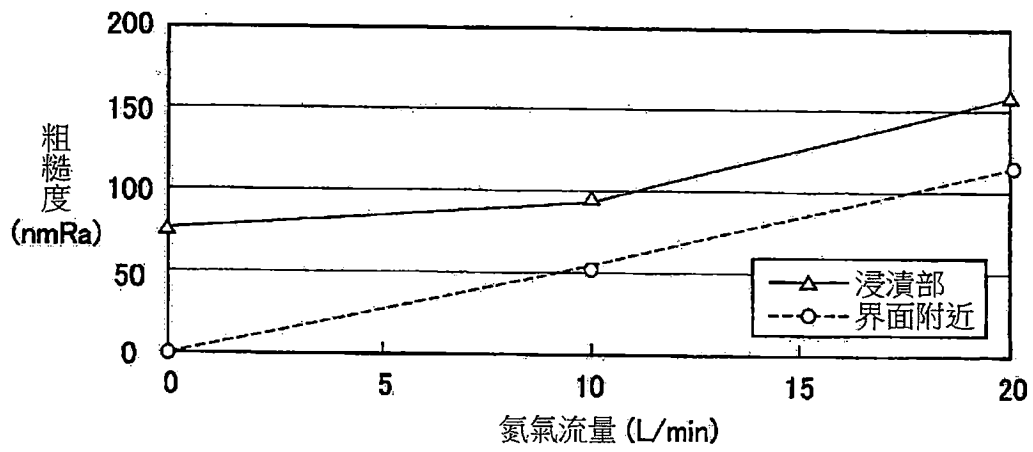


【第11圖】

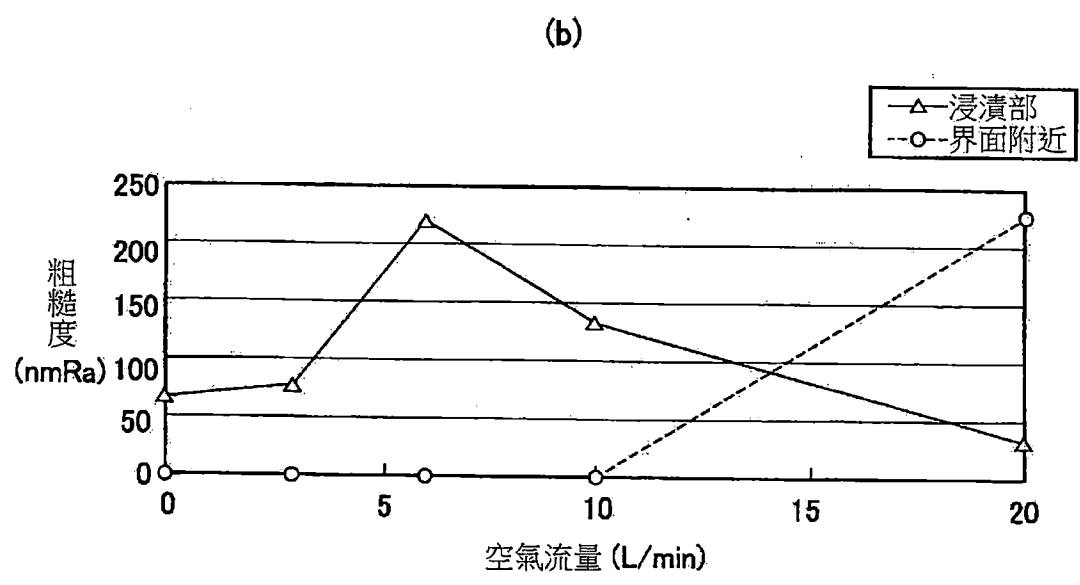
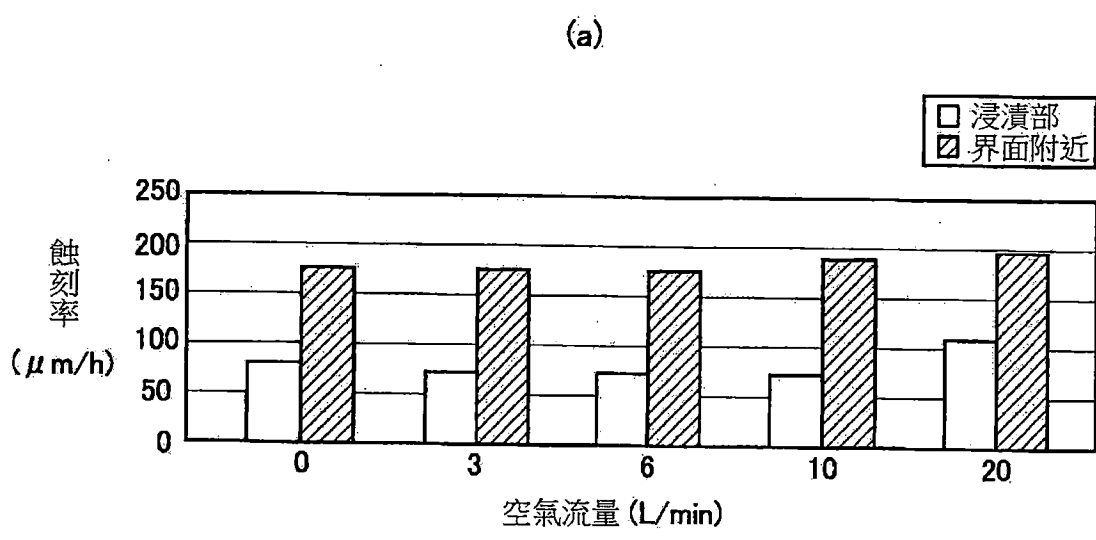
(a)



(b)



【第12圖】



【第13圖】