



(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 I433224 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：098105168

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 02 月 18 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/304 (2006.01)**H01L21/306 (2006.01)*

(30)優先權：2008/02/27 日本

2008-045425

2009/02/09 日本

2009-026834

(71)申請人：住友電氣工業股份有限公司 (日本) SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.  
(JP)

日本

(72)發明人：石橋惠二 ISHIBASHI, KEIJI (JP)；三上英則 MIKAMI, HIDENORI (JP)；松本直樹 MATSUMOTO, NAOKI (JP)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 514976

TW I249785

TW 200514158A

TW 200629396

JP 2004-319951A

US 5976983

US 20080014756A1

審查人員：陳英豪

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：31 共 0 頁

---

(54)名稱

氮化物半導體晶圓之加工方法、氮化物半導體晶圓、氮化物半導體元件之製造方法及氮化物半導體元件

## (57)摘要

本發明提供一種氮化物半導體晶圓之加工方法，其係在自氮化物半導體結晶上進行背面研削、外周研削(倒角)、表面研削、研磨而製作鏡面晶圓時，翹曲較少，不產生龜裂，基板製作製程良率較高，且元件面內良率較高。使用含有 0~40 重量百分比之氧化物研磨粒的橡膠研磨石或發泡樹脂結合之研磨石對氮化物半導體晶圓之外周部進行倒角處理，使外周部上殘存有厚度為 0.5  $\mu\text{m}$ ~10  $\mu\text{m}$  之加工變質層。

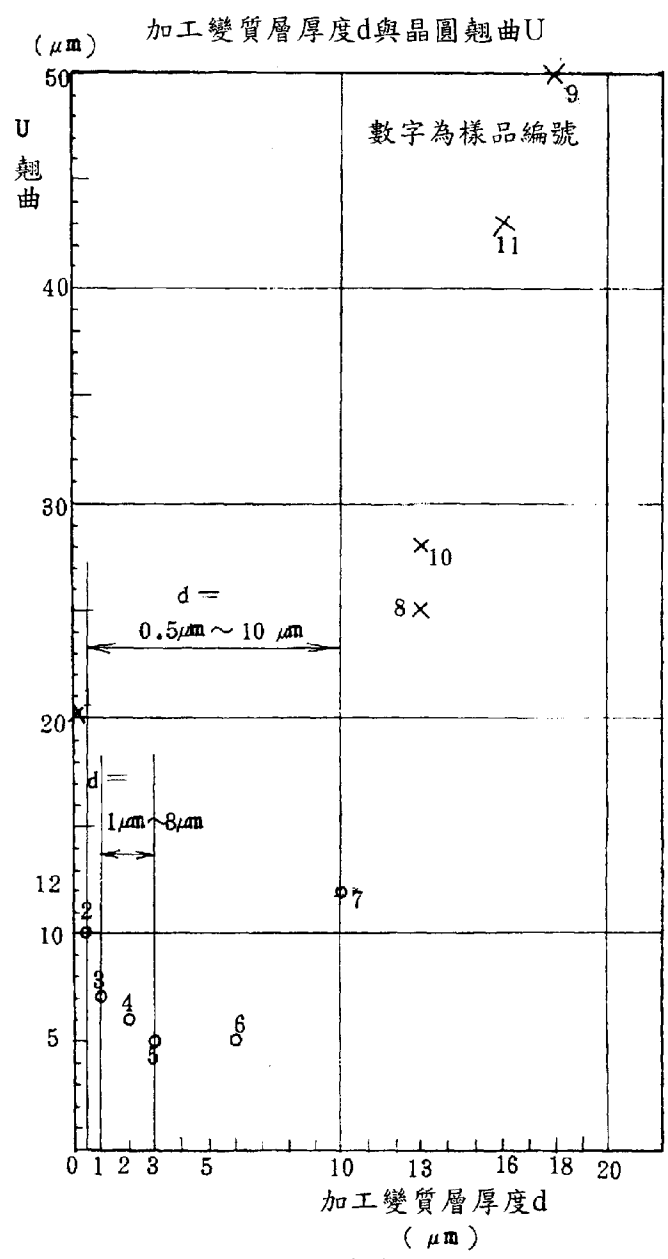


圖14

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：98105168

※ 申請日：98. 2. 18

※IPC 分類：H01L<sup>21/304(2006.01)</sup>  
<sup>21/306(2006.01)</sup>

## 一、發明名稱：(中文/英文)

氮化物半導體晶圓之加工方法、氮化物半導體晶圓、氮化物半導體  
元件之製造方法及氮化物半導體元件

## 二、中文發明摘要：

本發明提供一種氮化物半導體晶圓之加工方法，其係在自氮化物半導體結晶上進行背面研削、外周研削(倒角)、表面研削、研磨而製作鏡面晶圓時，翹曲較少，不產生龜裂，基板製作製程良率較高，且元件面內良率較高。使用含有0~40重量百分比之氧化物研磨粒的橡膠研磨石或發泡樹脂結合之研磨石對氮化物半導體晶圓之外周部進行倒角處理，使外周部上殘存有厚度為0.5  $\mu\text{m}$ ~10  $\mu\text{m}$ 之加工變質層。

## 三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 14 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無元件符號說明)

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種氮化物半導體晶圓之外周加工方法(倒角加工方法)。氮化鎵(GaN)、氮化鋁(AlN)等三族氮化物半導體之帶隙較寬，具有作為發光元件或電子元件之用途。較大的GaN單晶、AlN單晶並不天然存在，而係藉由以下方法所製作，即，讓原料氣體於非同種材料之底層基板上流動以利用氣相反應而合成之氣相成長法；或者使氮氣溶解於金屬鈉中且與Ga反應從而合成之鈉熔融法；或者使超臨界狀態之 $\text{NH}_3$ 與Ga反應從而合成之被稱為氮熱法之液相法。

### 【先前技術】

最初，因無法獲得獨立的氮化鎵或氮化鋁等之晶圓，故而於藍寶石晶圓上使GaN、InGaN、AlGaN膜等三族氮化物半導體薄膜磊晶成長而製作發光元件。之後，藉由氣相成長法或液相成長法而可製造較大的GaN之獨立結晶基板。目前，已能夠製作直徑為1英吋(約為25 mm)或直徑為2英吋(約50 mm)之獨立的GaN晶圓、AlN晶圓、AlGaN晶圓或者InGaN晶圓。

對於經氣相或液相成長所製作之結晶(as-grown，成長態)而言，其表面不平坦，且厚度亦不均勻，藉由對其進行研削、研磨使表面變得平滑而形成鏡面晶圓。半導體晶圓係於其上製作有各種元件之基板，因此表面平滑且無龜裂或翹曲成為其條件。

若晶圓之外周部較為尖銳，則會自此產生缺損，因此晶圓之外周部要斜切，該加工稱為倒角。由於Ga<sub>2</sub>N等之氮化物半導體結晶脆而硬，故需要在倒角上特別想辦法。

無論是矽(Si)晶圓或GaAs晶圓，較多利用圓形之基板以便於操作。對於Ga<sub>2</sub>N基板等之氮化物基板亦可製造圓形之晶圓。為使半導體晶圓形成為鏡面晶圓而需要對其表面進行研磨。根據目的，有時需將兩面研磨成鏡面，亦有時僅需將單面研磨成鏡面。

除了面之研磨之外，亦有對晶圓外周部之研削、研磨。其原因在於，若晶圓之側周緣較尖銳，則容易缺損而產生細小之屑片，從而劃傷或污染表面。因此，對晶圓之側周緣要進行斜切。不僅對側周緣，有時對晶圓之側面亦要進行研削·研磨。將對晶圓之外周部(面之周邊部及側面)進行傾斜研削之作業稱為倒角(chamfer)或去角(chamfering)，有時亦稱為削平(beveling)，該等之含義相同。

對於Si晶圓亦形成倒角。但是，Si晶圓與Ga<sub>2</sub>N晶圓等之氮化物半導體晶圓在硬度、脆度、堅固度等方面不同，且化學特性亦有差異。與Si相比，Ga<sub>2</sub>N等之氮化物結晶更硬且更脆，從而難以對Ga<sub>2</sub>N之Ga面等III族面進行化學蝕刻。

無法將Si晶圓所利用之倒角技術直接轉用於Ga<sub>2</sub>N等之氮化物半導體晶圓之倒角。Si晶圓所確立之倒角技術並非亦可應用於Ga<sub>2</sub>N等之氮化物半導體晶圓。

各種半導體晶圓因化學、機械特性不同而需要獨自的倒角技術，必須反覆試驗最適合於各種半導體之倒角方法，

從頭開始探索。

專利文獻1中，藉由ELO(Epitaxial Lateral Overgrowth，磊晶橫向成長)而首次成功製作出此前並未實際存在之氮化鎵之獨立基板，對其外周部進行斜切，建立定向平面(OF，orientation flat)。ELO採用(111)GaAs晶圓作為底層基板。於GaAs晶圓上附設具有分布成蜂巢狀之細小開口的SiO<sub>2</sub>掩膜，並於其上利用HVPE法(Hydride Vapor Phase Epitaxy，氫化物氣相磊晶法)而使GaN薄膜橫向成長，減少錯位，當晶粒於掩膜上合為一體後使C面成長。

持續進行氣相成長以形成厚度為100 μm以上之GaN結晶，去除GaAs底層基板而獲得獨立之GaN基板。該GaN基板係1片接近於矩形之結晶，但可將其研削成圓形而形成圓形之晶圓。為了可區分其方位與表面背面，於側周之(1-100)面或(2-1-10)面上建立OF(Orientation Flat，定向平面)、IF(Identification Flat，識別面)。

專利文獻1中，有如下記載：對側周緣以5°~30°之傾斜角進行斜切，或者斜切形成半徑為0.1 mm~0.5 mm之圓形剖面。對於前者，係以如下方式進行切削，即，使具有圓錐台面之研磨面的圓形研磨石旋轉，讓GaN晶圓之外周部(外接)接觸於圓形研磨石，使外周部形成5°~30°之傾斜。圓形研磨石係用樹脂將固定研磨粒保持於台面上之樹脂結合劑研磨石。

或者，亦可藉由如下方法而斜切成半圓形剖面，即，使具有半徑為0.1 mm~0.5 mm之半圓剖面凹部的線軸狀之圓

形研磨石旋轉，讓 GaN 晶圓之外周部觸碰(外接)到該研磨石並旋轉。

但是，已知若使用樹脂結合劑研磨石來對外周部進行倒角，則會引起晶圓破裂或者產生龜裂。所謂樹脂結合劑研磨石，係指用樹脂固定研磨粒之研磨石。

專利文獻 2 中，有如下記載：對於藉由在異種基板上使氮化鎵成長，再去除基板而形成為獨立的 GaN 晶圓之 GaN 基板而言，由於 GaN 之熱膨脹係數或晶格常數與底層基板不同，故而存在翹曲較大之問題，並且晶圓中心與周邊部之高度差達到  $\pm 40\ \mu\text{m} \sim \pm 100\ \mu\text{m}$ 。

在研磨晶圓時，可於研磨面上形成加工變質層。一般認為，若藉由研磨而導入加工變質層，則加工變質層具有使面展開之作用，藉此可減小翹曲。而且亦認為，若對加工變質層進行蝕刻而使其變薄，則對於面的壓展作用減小。由此，將表面及背面之研磨與蝕刻加以組合，從而可減少氮化鎵晶圓之翹曲。

亦即，當背面側(氮面)翹曲成凹狀時，若對背面側進行研磨，則於背面側會形成加工變質層，該加工變質層欲使背面展開。藉此，背面側成為凸狀，翹曲之方向反轉。由此反而會造成麻煩，因此對背面側進行蝕刻以去除加工變質層。在加工變質層變薄時，壓展背面之力減小，因此翹曲減少。

但是，有記載稱表面側(Ga面)堅固而難以研磨。表面側亦難以蝕刻，但表面(Ga面)可利用氯氣電漿進行乾式蝕

刻。在對氮化鎵晶圓進行研削、研磨之後，加工變質層會於表面側存在10  $\mu\text{m}$ 之厚度，且於背面側存在50  $\mu\text{m}$ 之厚度。對於背面側而言，藉由研磨與蝕刻之組合而可將加工變質層調整為10  $\mu\text{m}$ ~50  $\mu\text{m}$ 之間的適當值，因此可大幅減少翹曲。

專利文獻2之實施例1中，對表面方向上具有深度為50  $\mu\text{m}$ 之凹狀翹曲的Ga<sub>2</sub>N晶圓進行表面研削，從而於表面方向上形成30  $\mu\text{m}$ 之凸狀翹曲，對表面進行乾式蝕刻，形成表面側具有20  $\mu\text{m}$ 之凹狀翹曲之晶圓，進而對背面進行研削、乾式蝕刻，形成表面側凹陷5  $\mu\text{m}$ 之翹曲較少之晶圓。專利文獻2中主張藉由研削、蝕刻之組合，以2英吋晶圓換算後，最終可使翹曲減少至+30  $\mu\text{m}$ ~-20  $\mu\text{m}$ 。

將正翹曲定義為表面呈凸狀之翹曲，將負翹曲定義為表面呈凹狀之翹曲。因此，專利文獻2中有如下記載：對於Ga<sub>2</sub>N晶圓而言，可包含在自表面凸翹曲30  $\mu\text{m}$ 至表面凹翹曲20  $\mu\text{m}$ 之凹凸翹曲之範圍內。

專利文獻3中有如下記載：若使樹脂結合劑金剛石研磨石外接於Ga<sub>2</sub>N晶圓之邊緣並旋轉以對Ga<sub>2</sub>N晶圓進行倒角，則由於Ga<sub>2</sub>N為脆而硬之材料，故而會造成邊緣缺損或者晶圓破裂，因此並不理想。

因此，專利文獻3中提出一種膠帶研磨石去角法，即，使附著有研磨石之膠帶研磨石接觸於晶圓邊緣之長度方向，且使晶圓旋轉，由此斜切晶圓。隨著研磨石磨耗，可一點一點地送出膠帶，露出新的研磨面，並於相同狀態下

進行邊緣研磨。由於邊緣係與膠帶內接，因此接觸壓力較小且亦不會受到衝擊。並且有如下說明：與使樹脂結合劑研磨石外接旋轉之方法相比，良率有所提高。

本申請案之圖11係由專利文獻3(日本專利特開2004-319951號)而首次提出的膠帶倒角裝置之立體圖。本申請案之圖12係膠帶研磨石與邊緣之接觸部分之剖面圖。

專利文獻3中有如下記載：晶圓W係利用真空夾頭等而固定於轉盤(未圖示)上。邊緣S內接於膠帶研磨石T。內接部分之中心角設為 $40^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 。由於與具有彈性之膠帶相接觸，故可防止邊緣破損或者破裂。

[專利文獻1]日本專利特開2002-356398，「氮化鎵晶圓」(日本專利特願2001-166904)

[專利文獻2]日本專利特開2005-136167，「氮化物半導體基板之製造方法及氮化物半導體基板」(日本專利特願2003-370430)

[專利文獻3]日本專利特開2004-319951，「邊緣研磨後的氮化物半導體基板、邊緣研磨後的Ga<sub>N</sub>獨立基板及氮化物半導體基板之邊緣加工方法」(日本專利特願2003-275935)

### 【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

已可利用氣相成長法或液相成長法來製造氮化鎵等之氮化物半導體獨立結晶。液相成長法難以獲得大型結晶。利用氣相成長法，可於較大的底層基板上堆積較厚的氮化鎵，並用線鋸(wire saw)將氮化鎵之部分切斷，從而製作

氮化鎵之大型獨立結晶基板。對其進行背面研削、倒角、表面研削、研磨，形成氮化物半導體鏡面晶圓。

藉由研削而於接觸部分產生較厚(10  $\mu\text{m}$ ~50  $\mu\text{m}$ )之加工變質層。背面研削時，於背面形成加工變質層，外周研削時，於外周部形成加工變質層，表面研削時，於表面形成加工變質層。加工變質層係具有混亂之結晶構造之表面層，亦包含大量之錯位，並不含有雜質。由於加工變質層不可殘存於表面、背面，因此表面、背面之加工變質層藉由蝕刻而幾乎被去除。本發明以外周部之研削(倒角)為課題。對Si或GaAs等先前之半導體晶圓進行倒角時，使用有以樹脂或金屬將金剛石研磨粒固定於底盤上之樹脂結合劑研磨石或金屬結合劑研磨石。該等研磨石較為銳利且堅硬、堅固，倒角時間較短便完成。由於Si、GaAs晶圓較為柔軟且亦具有韌性，因此樹脂結合劑、金屬結合劑研磨石較為適合。但該等不能轉用於GaN倒角。已知當使用樹脂結合劑研磨石或金屬結合劑研磨石對GaN晶圓進行倒角時，缺裂(龜裂)之產生率較高，且產生較厚之加工變質層，引起較大之翹曲。由於GaN之硬度高、韌性低且較脆，因此抗衝擊能力較弱。龜裂產生率較高之原因在於：樹脂結合劑、金屬結合劑研磨石於底盤上的研磨粒之固定十分剛硬，無法吸收研磨粒與晶圓之接觸衝擊。使用樹脂結合劑、金屬結合劑研磨石進行倒角時會頻繁地產生缺裂，即便並不如此，亦會於外周部形成20  $\mu\text{m}$ ~50  $\mu\text{m}$ 之較厚之加工變質層M，而且翹曲亦增大，還存在翹曲之曲率

半徑為1 m以下之情形。先前之樹脂結合劑、金屬結合劑研磨石並不適合於高硬度高脆性之Ga<sub>2</sub>N晶圓之倒角。

本發明之第1目的在於提供一種以不使氮化物半導體晶圓產生缺裂之方式進行外周研削之加工方法。本發明之第2目的在於提供一種用以獲得翹曲較少之氮化物半導體晶圓之外周研削加工方法。本發明之第3目的在於提供一種外周部之加工變質層厚度得以控制之氮化物半導體之外周研削加工方法。本發明之第4目的在於提供一種基板製作製程良率較高之氮化物半導體之外周研削加工方法。本發明之第5目的在於提供一種元件面內良率較高之外周研削加工方法。又，本發明之第6目的在於獲得元件面內良率較高之氮化物半導體晶圓。另外，於本申請案中，將晶圓之表面、背面之平面外側之區域作為周邊部，將平面與側面之角作為側周緣，將包括平面之周邊部與側面之部分作為外周部。

#### [解決問題之技術手段]

本發明之氮化物半導體晶圓係以如下方法所獲得者：對成長態基板之背面進行研削、蝕刻，使用將金剛石或者金剛石與氧化物之混合研磨粒以柔軟之結合材料固定的研磨石進行外周研削(倒角)，使晶圓外周部之加工變質層之厚度為0.5 μm~10 μm，特別理想的是1 μm~3 μm，且對表面進行研削、研磨、蝕刻。所謂柔軟之結合材料，係指橡膠或發泡樹脂。金剛石研磨粒之粒徑在某種程度上較細，為3000目~600目。另外，可於金剛石研磨粒中混合氧化物研

磨粒，利用氧化物之化學作用與金剛石之機械作用的複合作用進行研削。除金剛石研磨粒之機械效果以外，還利用氧化物之化學效果而去除表面，因此稱之為機械化學效果。氧化物研磨粒為 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ 等。由於使用富有柔軟性之研磨石進行倒角，故有時需較長時間。

由於使用將較細之金剛石研磨粒及氧化物研磨粒以柔軟之材料安裝於底盤上之研磨石來進行倒角，故可緩和施加到晶圓外周上之衝擊，防止產生缺裂(龜裂)，減小加工變質層之厚度，抑制翹曲。為緩和對外周部之機械衝擊而利用橡膠結合劑、發泡樹脂結合劑研磨石。外周部所產生之加工變質層M之厚度d亦可作為測定外周部所受衝擊之尺度。若金剛石研磨粒較粗且結合材料較為剛硬，則衝擊力較大。此時，若隨後觀察外周部，便會發現加工變質層厚度d較厚。若金剛石研磨粒較細且結合材料較為柔軟，則衝擊力較小。此時，若隨後觀察外周部，便會發現加工變質層厚度d較薄。

若使用將低目數研磨粒以樹脂、金屬而固定於底盤上之樹脂結合劑、金屬結合劑等硬質之研磨石來切削外周部，則加工變質層厚度d達到 $20\text{ }\mu\text{m}\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ ，此時衝擊過強而會產生缺裂。本發明中，使用柔軟之研磨石以使 $d=0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 之方式進行輕柔地倒角，以此抑制缺裂、翹曲。為獲得柔軟之研磨石，以橡膠、發泡樹脂作為結合劑，使用粒徑較小、目數較高之金剛石研磨粒，並攪混氧

化物，從而可形成缺裂、翹曲較少之Ga<sub>2</sub>N晶圓之倒角。若使用具有適當柔性之研磨石進行倒角，則外周部加工變質層厚度d變成0.5 μm~10 μm。利用該厚度之加工變質層可抑制翹曲，提高元件之良率。

對自氮化鎵獨立結晶(成長態晶圓)出發之加工之全部步驟進行說明。以圖1之順序來加工晶圓。為調整厚度而進行背面(氮面)研削(A)。藉此，於背面產生較厚之加工變質層M。所謂加工變質層M，係指結晶構造產生應變之層。該層中存在大量錯位。加工變質層可利用CL(cathode-luminescence，陰極激發光)而與其他部分相區分進行觀察。亦可藉由CL觀察來測定厚度d。加工變質層並非指包含雜質之層。若於背面殘存較厚之加工變質層則並不理想。使用經加熱之KOH、NaOH、H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>水溶液對背面(氮面)進行蝕刻(B)。藉此去除背面之加工變質層。再者，亦可以研磨來代替背面研削。

使用將高目數之金剛石研磨粒、或者金剛石研磨粒與氧化物用橡膠或發泡樹脂而結合於其上的具有柔軟性之研磨石，對氮化鎵晶圓之外周部進行研削(C)。將晶圓外周部之研削稱為倒角加工。倒角係為了防止晶圓破裂、缺損。

本發明者認為，用以對Ga<sub>2</sub>N晶圓倒角之研磨石較好的是橡膠研磨石。所謂橡膠研磨石，係指以橡膠作為結合劑而將研磨粒固定於研磨石底盤上者。研磨粒為金剛石等硬質之素材。由於係以橡膠作為結合劑，因此應當稱為橡膠結合研磨石或橡膠結合劑研磨石，但此處簡稱為橡膠研磨

石。並非研磨粒為橡膠之義。使用橡膠研磨石來對Ga<sub>2</sub>N晶圓進行外周研削，本發明尚屬首次。

倒角之後，對晶圓之表面進行研削(D)、研磨(E)。研削可於表面形成10  $\mu\text{m}$ ~50  $\mu\text{m}$ 之較厚之加工變質層M。研磨可於表面形成0.1  $\mu\text{m}$ ~20  $\mu\text{m}$ 之加工變質層。作為磊晶成長用之基板，理想的是表面粗糙度較為平滑，表面不存在加工變質層M者。因此於研削之後，藉由研磨步驟而使表面變得平滑。進而，藉由氣相蝕刻(F)去除表面之加工變質層M，直至該加工變質層M消失為止。如上所述，晶圓加工包括背面研削A、背面蝕刻B、倒角C、表面研削D、研磨E、氣相蝕刻(F)之步驟。本發明之精力不在於背面研削A、表面研削D、研磨E。本發明欲對倒角步驟C加以改良。

本發明之主旨在於：使用將高目數金剛石研磨粒、或者金剛石研磨粒與氧化物研磨粒以橡膠、發泡樹脂而固定之橡膠研磨石或發泡樹脂結合劑研磨石，對氮化物半導體晶圓外周部進行倒角加工，使外周部之加工變質層厚度為0.5  $\mu\text{m}$ ~10  $\mu\text{m}$ ，特別理想的是1  $\mu\text{m}$ ~3  $\mu\text{m}$ 。藉由將外周部之加工變質層抑制為0.5  $\mu\text{m}$ ~10  $\mu\text{m}$ ，龜裂之產生及翹曲減少。後續步驟中之碎屑亦減少，且製品良率亦提高。

以下詳細地進行說明。研削後必定會於結晶表面產生晶格結構混亂之加工變質層M。至於加工變質層M之厚度d，研削所使用之固定研磨粒之粒子越大則其厚度d越厚，另外，加工負載越高則越厚。反之，研削所使用之固定研磨

粒越小、加工負載越低，則加工變質層M越薄。

如圖1所示，晶圓之加工係依序進行背面研削A，背面蝕刻B，外周研削(倒角)C，表面研削D、研磨E，表面蝕刻F。儘管亦取決於研削條件，藉由背面研削A會於背面產生 $10\text{ }\mu\text{m}\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ 左右之非常厚之加工變質層M。若殘存較厚之加工變質層則並不理想。利用經加熱之KOH、NaOH或 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 水溶液將背面之加工變質層去除。

N面與Ga面之化學、物理性質不同。背面(氮面、N面、000-1面)在物理、化學性方面弱於表面，可利用KOH、NaOH或 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 水溶液將其去除。只要是可蝕刻背面者，則亦可使用其他鹼、酸。表面(Ga面、0001面)在化學性方面更為堅固，KOH、NaOH或 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 水溶液不能將其去除。因此，背面與表面的加工變質層去除方法不同。

然後，對晶圓之外周部倒角。使將研磨粒以橡膠固定之橡膠(結合劑)研磨石、或者將研磨粒以發泡樹脂固定之發泡樹脂結合劑研磨石旋轉，使其接觸晶圓外周部對外周部進行斜切。固定研磨粒為金剛石研磨粒、或金剛石與氧化物之混合研磨粒。橡膠結合劑研磨石、發泡樹脂結合劑研磨石所包含之金剛石研磨粒之目數例如為600目 $\sim$ 3000目。所謂目數，係表示研磨粒之平均直徑之大小的用語。數字越大表示研磨粒越細。藉由倒角，對晶圓之外周部實施了斜切，同時於外周部產生加工變質層。使加工變質層之厚度d為 $0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 。更好的是 $d=1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 。當使用金剛石研磨粒之粒徑較大(目數較小)之研磨石來倒角時，d為20

$\mu\text{m}\sim 50\ \mu\text{m}$ ，翹曲較大且於研削過程中屢次產生缺裂(龜裂)。減小研磨粒之粒徑可使 $d$ 減小，但僅減小研磨粒之粒徑則並不充分。加入氧化物研磨粒來緩和金剛石之機械作用之方法亦較為有效。氧化物可使用 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 等之化學性不穩定之氧化物。本發明者首次發現，作為金屬氧化物之某些研磨粒具有化學作用，其存在促進氮化物之研削之效果。本發明者將其命名為機械化學研削(mechanochemical grinding)。

機械化學研削係藉由氧化物研磨粒之氧化等反應而使氮化物之表面軟質化，以減小研削之負載的方法，其可抑制研削加工時之加工變質層或龜裂。

儘管為氧化物，但是 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等穩定之氧化物並不適合，該等並不具有機械化學研削之作用。即便加入穩定之氧化物，亦不能夠使 $d$ 達到 $10\ \mu\text{m}$ 以下。將研磨粒固定於研磨石底盤上之結合材料為具有柔軟性之橡膠或者發泡樹脂。藉由將下述3個條件互補地組合，可使 $d$ 達到 $10\ \mu\text{m}$ 以下，即：提高金剛石研磨粒之目數，加入氧化物研磨粒，以及使結合材料為柔軟材料。本發明對於氮化物半導體晶圓之倒角首次提出使用橡膠結合劑研磨石、發泡樹脂結合劑研磨石。本發明對於氮化物半導體晶圓之倒角首次提出氧化物研磨粒混合研磨石。

之後進一步研削表面。於表面形成加工變質層。由於表面係要於其上製作元件之面，因此必需為鏡面狀態。故對表面加以研磨。研磨可使用較粗之研磨粒進行粗研磨，且

可使用較細之研磨粒進行精密修飾研磨。例如，粗研磨可使用粒徑為 $30\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 之研磨粒，精密修飾研磨可使用 $3\text{ }\mu\text{m}\sim 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 之研磨粒。研磨後於晶圓之表面形成加工變質層。再者，對於作為平面加工之研削、研磨，為同時實現生產性與表面品質多分階段地對表面實施該等，亦可將其中之任一者省略。於此情形時，研削可使用目數為3000目 $\sim$ 8000目之研磨石，研磨可使用 $30\text{ }\mu\text{m}\sim 15\text{ }\mu\text{m}$ 之研磨粒。亦可藉由於研削中使用高目數之研磨石而省略研磨，或者藉由於研磨中使用較粗之研磨粒而省略研削。於此情形時，研削可使用目數為3000目 $\sim$ 8000目之研磨石，研磨可使用 $30\text{ }\mu\text{m}\sim 15\text{ }\mu\text{m}$ 之研磨粒。

於該階段，加工變質層存在於表面及外周部。藉由氣相蝕刻僅將表面之加工變質層去除。亦可藉由化學機械研磨(CMP, Chemical-Mechanical Polishing)來去除加工變質層。於外周部殘存厚度為 $0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ ，更好的是 $1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 之加工變質層。外周部與作為平面之表面、背面不同，難以藉由蝕刻而去除加工變質層且控制厚度。晶圓之加工中，除上述步驟以外，亦可將氮化物結晶塊切片而製作基板，之後實施背面蝕刻B、外周研削C、表面研磨E以及氣相蝕刻F。由於藉由切片可調整厚度，因此可省略背面研削A、表面研削D。由於切片時會產生加工變質層，故而須對背面及表面實施蝕刻。於此情形時，例如步驟如下：切片 $\rightarrow$ 背面蝕刻B $\rightarrow$ 氣相蝕刻F $\rightarrow$ 外周研削C $\rightarrow$ 表面研磨E $\rightarrow$ 氣相蝕刻F。實施1次氣相蝕刻F即可。另外，亦可實

施CMP來代替第2次蝕刻。再者，亦可於結晶塊之狀態下實施外周研削C然後切片。

#### [發明之效果]

本發明係使用以柔軟之結合材料，將較細之金剛石研磨粒固定於底盤上、或者除金剛石研磨粒以外亦將氧化物固定於底盤上的橡膠結合劑研磨石、發泡樹脂結合劑研磨石，來對氮化物半導體晶圓倒角，故而可抑制晶圓破裂或產生龜裂。本發明係使晶圓外周部之加工變質層之厚度為 $0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ ，更好的是 $1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ ，故而可獲得翹曲較小之氮化物半導體晶圓。本發明既可使龜裂產生率較小，亦可改善基板製造良率。進而，於氮化物半導體基板上製作之元件之良率亦可得到提昇。

加工變質層厚度d亦成為之後判定倒角之機械衝擊強度之尺度，加工變質層厚度d為 $0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ ，表示研磨石與晶圓外周之接觸較為柔和、衝擊較弱。

#### 【實施方式】

氮化物基板係由III族氮化物(例如GaN、AlN、InN、AlGaIn、InGaIn)構成。於GaN之情形時，利用HVPE法、熔融(flux)法或氣熱法使其成長。於AlN之情形時，利用HVPE法、昇華法或熔融法使其成長。InN係利用HVPE法而成長。使用線鋸或片鋸從已成長之氮化物結晶塊上切片而獲得基板。平面加工係以研削、研磨而進行。蝕刻係以濕式蝕刻或乾式蝕刻而進行。

對於直徑為5英吋(12.7 cm)、厚度為 $850\text{ }\mu\text{m}$ 之GaN基

板，使用橡膠(結合劑)研磨石、多孔質樹脂結合劑研磨石來進行外周之斜切加工(倒角：外周研削)。無發泡之樹脂結合劑研磨石、金屬結合劑研磨石、電鍍研磨石因過硬而不適合於氮化物半導體晶圓倒角。對於橡膠研磨石之結合材料而言，就加工時之彈性變形、去除性之觀點而言，使用氯丁二烯系橡膠(CR：chloroprene rubber)。對於橡膠硬度而言，就抑制加工時之龜裂、損害之觀點而言，較好的是40~60之低硬度者。

多孔質樹脂結合劑研磨石係使用孔隙率為20~50%。為了使樹脂結合劑成為多孔質而以如下方法實現，即，於原料中混合碳酸鈣等之碳酸鹽，使煅燒時產生氣體。作為用以固定研磨粒之樹脂，例如使用聚乙烯醇(PVA：polyvinyl alcohol)樹脂或酚醛樹脂。

固定於研磨石上之研磨粒係使用金剛石研磨粒。可使用氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )研磨粒、碳化矽( $\text{SiC}$ )研磨粒、氮化硼(BN)研磨粒來代替金剛石研磨粒。金剛石、氧化鋁、碳化矽、氮化硼之作用幾乎相同，因此以下將金剛石作為代表例來加以說明。金剛石研磨粒之目數(＃)係使用220目~6000目。目數係表示研磨粒粒徑之尺度。目數越高，則表示研磨粒越細，目數越低，則表示研磨粒越粗。

使用較粗之研磨粒時，可於短時間內完成加工，但龜裂(研削過程中之缺裂)、翹曲會變大。使用較細之研磨粒時，會過於耗費時間，且翹曲、龜裂亦反而增加。結合材料中之固定研磨粒之含有率以體積比計為3~20%。

晶圓外周之斜切部之加工變質層厚度 $d$ 較好的是 $0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 。加工變質層之厚度 $d$ 小於 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 或者大於 $10\text{ }\mu\text{m}$ 時翹曲增加，並且龜裂之產生率增加。加工變質層更好的是 $1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 。翹曲受到外周之加工變質層與結晶之內部應力、及表面、背面之加工變質層之影響。另外，翹曲亦受到晶圓之直徑、厚度之影響。加工變質層可藉由解理面之CL(陰極激發光)、TEM(Transmission Electron Microscope，穿透式電子顯微鏡)而進行評價。

外周之斜切部之粗糙度較好的是於 $R_a$ (算術平均粗糙度)基準下為 $R_a\ 0.07\text{ }\mu\text{m}\sim R_a\ 3\text{ }\mu\text{m}$ 。 $R_a$ 係表面粗糙度之一種表示方法，其係將所有測定點之高度相對於平均高度之偏差之絕對值累計並平均後所得者。 $R_{ms}$ (均方根(root mean square)粗糙度)係所有測定點之高度相對於平均高度之偏差之平方之平均值的平方根。由於表面凹凸之不規則性而使 $R_a$ 及 $R_{ms}$ 各不相同， $R_a$ 與 $R_{ms}$ 既不一致亦不成比例。對於粗糙度小於 $R_a\ 0.07\text{ }\mu\text{m}$ 或者大於 $R_a\ 3\text{ }\mu\text{m}$ 之情形，最終製品之基板之外周部的雜質量會有所增加。雜質係自研磨粒之結合劑或保持基板之蠟所產生。外周部之粗糙度更好的是 $R_a\ 0.15\text{ }\mu\text{m}\sim R_a\ 1\text{ }\mu\text{m}$ 。外周部之粗糙度之測定係以使用有波長為 $658\text{ nm}$ 之半導體雷射之雷射顯微鏡，於 $30\text{ }\mu\text{m}\square(30\text{ }\mu\text{m}\times 30\text{ }\mu\text{m})$ 之範圍內進行測定。

可藉由使用有目數極高之金剛石研磨粒之研磨石來對氮化鎵晶圓進行倒角。若使用目數並不很高之金剛石研磨粒單獨研磨石來進行倒角，則由於機械作用過強而導致外周

部粗糙。為減小外周部之粗糙度，較好的是使用金剛石研磨粒與氧化物研磨粒(粉末)之複合研磨粒之研磨石。為誘發化學反應而選擇不穩定之氧化物粉末。於氧化物之化學作用下，可減小必要之金剛石研磨粒之機械作用，減輕衝擊。氧化物研磨粒可使用選自 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{Co}_3\text{O}_4$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 中之研磨粒。氧化物研磨粒具有由化學作用與機械作用所組成之機械化學效果。利用氧化物研磨粒之機械化學效果可促進表面之去除，且可在相較僅使用金剛石研磨粒時之負載(衝擊)更低之負載下實施斜切加工(倒角)。因此，可獲得平滑且損害較少之表面。二氧化矽( $\text{SiO}_2$ )、氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )等穩定之氧化物研磨粒則不適合。再者，氮化物基板之(0001)面(Ga面)較為穩定，化學耐久性較高。因此利用機械化學效果之研削加工之效率較低。外周研削係以自(0001)面傾斜之面作為對象，故而化學耐久性較低，可實現高效率之機械化學研削。

在研削環境與氧化物之影響下，氧混入到外周部。外周之斜切部之氧量較好的是3 at%~20 at%。若氧量小於3 at%，則容易產生碎屑；若大於20 at%，則外周部之元件之不良產生率增加。外周部之氧量可藉由氧化物研磨粒之調配比來控制，且亦可藉由於加工後之清洗時對清洗液之氧化效果進行調整來控制。較好的是氧量為5 at%~15 at%。外周部之組成可利用AES(Auger Electron Spectroscopy，歐傑電子能譜儀)來測定。

使用上述基板，可形成各種半導體元件。例如，為製作

發光元件而於n型GaN晶體基板上依序積層厚度為1  $\mu\text{m}$ 之n型GaN層、厚度為150 nm之n型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 層、發光層、厚度為20 nm之p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 層、及厚度為150 nm之p型GaN層，製作磊晶圓(epi-wafer)。發光層係由4層以厚度為10 nm之GaN層所形成之障壁層、與3層以厚度為3 nm之 $\text{Ga}_{0.85}\text{In}_{0.15}\text{N}$ 層所形成之井層交替積層而成之多重量子井結構者(圖25)。

進而，於n型基板背面((000-1)面)上安裝n側電極，且於p-GaN層之上表面上安裝p側電極。例如形成2 mm見方之LED晶片(light emitting diode chip，發光二極體晶片)並安裝於封裝之底座上。在將基板背面側安裝於底座上(正裝，epi-up)時，n側電極較寬地形成，p型電極較窄地形成。光自p側向外部射出。在將p側安裝於底座上(倒裝，epi-down)時，n型電極較窄，p側電極較寬，且將p側接合於底座上(圖26)。當以倒裝之方式安裝於底座上(圖27)時，由於Ga<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>N為透明，故而可使光自Ga<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>N基板側向外部射出。由於發光層靠近底座，熱沿著底座金屬而釋放，故而散熱性良好。由於Ga<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>N之熱傳導率良好，故而熱亦會自Ga<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>N基板散熱。由於Ga<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>N之熱傳導率高於藍寶石，故而Ga<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>N基板發光元件適合於大型晶片且輸出較大之情形。

#### [實施例1]

##### [1.各種厚度的加工變質層之Ga<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>N晶圓之製作]

準備複數片的由氣相成長法所製作之2英吋(約50 mm $\phi$ )之圓形氮化鎵晶圓。摻雜劑為矽(Si)或氧(O)且為n型之基

板。為將其形成為表面鏡面晶圓而進行以下加工。圖1表示其步驟圖。

A.背面研削；

B.KOH背面蝕刻；

C.使用600目~3000目之橡膠研磨石進行倒角；

D.表面研削；

E.研磨(粗、精密修飾)；

F.氣相蝕刻。

A.背面研削係用以使晶圓W之厚度達到特定範圍之值的步驟。藉由背面(氮面)研削使得晶圓厚度減小。與此同時，藉由研削而於背面產生加工變質層M。加工變質層M無法經目視或掃描電子顯微鏡(SEM, Scanning Electron Microscope)而觀察到，可藉由陰極激發光(CL)、螢光顯微鏡或者穿透式電子顯微鏡(TEM)而識別。靠近表面且於CL或螢光顯微鏡下不發光之部分、或者於TEM之明視野像(bright field image)中相較周圍更暗之部分為加工變質層M。加工變質層M之厚度d亦可利用CL、螢光顯微鏡或TEM而測定。例如利用SEM與CL來觀察同一位置，根據受到加工影響之表面附近之非發光部區域的厚度來進行評價。於該過程中所導入的背面之加工變質層M之厚度 $d=10\text{ }\mu\text{m}\sim 50\text{ }\mu\text{m}$ 。

B.由於殘存有加工變質層M之情況並不理想，故而要將背面之加工變質層M去除。B之蝕刻係將由背面研削所產生之加工變質層M去除者。將濃度為25%之KOH溶液加熱

至 90°C，並進行 10 min~120 min 之蝕刻。改變時間，使蝕刻量於 1  $\mu\text{m}$ ~50  $\mu\text{m}$  左右之範圍內改變。

C. 倒角係傾斜地或呈圓形地斜切晶圓 W 之外周部者。若進行倒角時使用樹脂結合劑研磨石，則如上所述會自外周部產生破裂或形成龜裂。若使用專利文獻 3 之膠帶研磨石，則需要耗費時間。因此，為防止破裂或龜裂，本發明使用橡膠研磨石。

橡膠研磨石係用橡膠將固定研磨粒固定於底盤上者。使研磨石外接於晶圓並旋轉，斜切晶圓之外周部以形成傾斜面或圓形曲面。

圖 9 表示使用具有圓曲面之鼓型橡膠研磨石 G 來對晶圓 W 之外周部 (包含側面) E 進行倒角之狀態。該倒角係呈圓形地斜切包含側面之外周部 E。

圖 10 表示使用具有傾斜圓錐面之圓錐台型橡膠研磨石 H 來對晶圓之外周部 E 進行倒角之狀態。該倒角係對上下緣斜切 2 次，進行傾斜成角形之斜切。此時，並不對晶圓之側面進行倒角。另外，研磨石之形狀並不限定於上述鼓型、圓錐台型，亦可讓小型研磨石移位而實施外周加工，藉以形成晶圓外周部之斜切形狀。

進行倒角時最初使用 600 目之橡膠研磨石。繼而使用 2000 目之橡膠研磨石。在使用 600 目之橡膠研磨石進行倒角時，外周部 E 之表面粗糙度達到 Ra 0.3  $\mu\text{m}$  左右。在使用 2000 目之橡膠研磨石進行倒角時，晶圓外周部之表面粗糙度達到 Ra 0.07  $\mu\text{m}$  左右。由此，外周部 E 變得平滑。經倒

角而於外周部E上產生加工變質層M。

D.藉由表面研削，使得厚度約為600~550  $\mu\text{m}$ 之晶圓W之厚度成為500  $\mu\text{m}$ ~520  $\mu\text{m}$ 左右。研削量可隨時間而改變。例如對厚度為580  $\mu\text{m}$ 之晶圓進行表面研削直至達到510  $\mu\text{m}$ 為止所需時間約60分鐘。藉此於晶圓W之表面上產生加工變質層M。

E.研磨係由表面之粗研磨與精密修飾研磨所組成。經粗研磨與精密修飾研磨而使表面變成平滑面。於表面、外周部上存在加工變質層M。加工變質層M之厚度d根據研削量而不同，為10  $\mu\text{m}$ ~50  $\mu\text{m}$ 左右。

F.關於晶圓表面之加工變質層之去除，可採用機械化學拋光(MCP, mechanochemical polishing)、電解研磨、液相蝕刻以及氣相蝕刻等各種方法，此次使用高溫之含有氯氣之氣體進行氣相蝕刻而去除加工變質層M。表面(Ga面)於化學性及物理性方面均比背面(N面)堅固，於鹼性蝕刻中難以腐蝕表面。因此表面之加工變質層之去除係藉由氣相蝕刻而完成。

改變研削、蝕刻之條件而製作出品圓外周部之加工變質層M之厚度d不同的若干晶圓。所製作的GaIn晶圓之外周部加工變質層M之厚度d=0  $\mu\text{m}$ ~20  $\mu\text{m}$ 左右。

## [2.外周部加工變質層厚度d與翹曲U之關係]

晶圓翹曲之表現方法有若干種，即，晶圓之中心線之曲率半徑R、曲率1/R、晶圓中心之高度等。此處之翹曲係利用2英吋晶圓換算而以晶圓放置於平坦面上時之中心之高

度  $U$  來表示。

圖 13 表示翹曲之定義。存在  $U=D^2/8R$  之關係。 $D$  為晶圓之直徑， $R$  為曲率半徑。分別測定各晶圓之翹曲  $U$ 。

繼而，將晶圓外周部之加工變質層  $M$  之厚度  $d$  設為變量，檢查其與翹曲  $U$  之關係。其結果顯示於圖 2 中。橫軸係以對數表示外周部加工變質層厚度  $d(\mu\text{m})$  者，縱軸為翹曲  $U(\mu\text{m})$ 。

可知雖亦存在其他多種因素，但翹曲  $U$  可用外周部加工變質層厚度  $d$  之大致單值函數來表示。已知翹曲  $U$  於外周部加工變質層厚度  $d$  為  $3\ \mu\text{m}\sim 20\ \mu\text{m}$  之範圍內單調增加。 $d=10\ \mu\text{m}$  時翹曲為  $50\ \mu\text{m}$ 。 $d=0.5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$  時翹曲未滿  $50\ \mu\text{m}$ 。 $d=3\ \mu\text{m}\sim 1\ \mu\text{m}$  時翹曲極小。可看出當外周部加工變質層厚度  $d$  薄於  $1\ \mu\text{m}$  時，翹曲反而增大之傾向。

### [3. 外周部加工變質層厚度 $d$ 與龜裂產生率 $C$ 之關係]

對晶圓之龜裂產生率  $C$  亦進行了檢查。圖 3 中顯示其結果。圖 3 之橫軸為外周部加工變質層厚度  $d$ ，右縱軸為龜裂產生率  $C(\%)$ ，虛線表示龜裂產生率。可知儘管龜裂係由多種因素而引起，但其亦與外周部加工變質層之厚度  $d$  存在主要的關係。

龜裂產生率  $C(\%)$  於外周部加工變質層厚度  $d$  為  $3\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$  之範圍內單調增大。於  $1\ \mu\text{m}\rightarrow 0\ \mu\text{m}$  內，龜裂產生率上升。 $d=0.5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$  時，可使龜裂產生率為  $50\%$  以下。使龜裂產生率達到極小的外周部加工變質層之厚度  $d$  為  $3\ \mu\text{m}$  以下。

[4.外周部加工變質層厚度 $d$ 與基板製作製程良率 $Y$ 之關係]

對基板製作製程之良率 $Y(\%)$ 亦進行了檢查。可知儘管晶圓(基板)製作之結果受到多種因素之影響，但基板製作製程良率 $Y$ 與外周部加工變質層之厚度 $d$ 存在主要的關係。

圖3之實線曲線表示基板製作製程良率與外周部加工變質層厚度 $d$ 之關係。於外周部加工變質層厚度 $d$ 為 $3\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 之間，基板製作製程良率 $Y$ 為 $80\%\sim 75\%$ 左右。當 $d=0.5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 時，基板製作製程良率 $Y$ 為 $72\sim 80\%$ 。當 $d=10\ \mu\text{m}$ 時，基板製作製程良率 $Y$ 為 $76\%$ 。當 $d=10\ \mu\text{m}\sim 20\ \mu\text{m}$ 時，基板製作製程良率 $Y$ 進一步低落而未圖示。

當外周部加工變質層厚度 $d$ 為 $1\ \mu\text{m}$ 時，基板製作製程良率 $Y$ 下降至 $75\%$ 左右。當 $d$ 向 $0\ \mu\text{m}$ 減小時，基板製作製程良率 $Y$ 下降至 $60\%$ 左右。

為了將基板製作製程良率 $Y$ 維持於 $72\sim 80\%$ ， $0.5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 左右之外周部加工變質層厚度 $d$ 較為合適。

[5.外周部加工變質層厚度 $d$ 與元件面內良率 $Q$ 之關係]

對在晶圓上製作發光元件等之元件的元件面內良率 $Q$ 亦進行了檢查。可知，元件面內良率 $Q$ 亦與晶圓之外周部加工變質層 $M$ 之厚度 $d$ 具有較強的關係。

圖4中顯示有測定結果。當厚度 $d$ 為 $1.7\ \mu\text{m}$ 左右時，元件面內良率 $Q$ 達到極大之 $80\%$ 左右。當 $d$ 超出 $3\ \mu\text{m}$ 時，元件面內良率 $Q$ 會下降。相反，當外周部加工變質層厚度 $d$ 接近於 $0\ \mu\text{m}$ 時，元件面內良率 $Q$ 經過 $50\%$ 後急遽下降至 $40\%$ 以

下。為使元件面內良率 $Q$ 為60%以上，必須使外周部加工變質層之厚度 $d$ 為 $0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 左右。為使元件面內良率 $Q$ 為70%以上，必須使 $d$ 為 $1\text{ }\mu\text{m}\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ 左右。

可認為外周部加工變質層厚度 $d=0\text{ }\mu\text{m}$ 時較好，但根據以上結果可知並非如此。已明確瞭解，殘存有 $d=0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 之外周部加工變質層時較好，特別理想的是 $1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 。

對翹曲 $U$ 、基板製作製程良率 $Y$ 、龜裂產生率 $C$ 、及元件面內良率 $Q$ 全部考慮後可知，表面上殘留之外周部加工變質層 $M$ 之厚度 $d$ 較好的是 $1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 。

以上記載的是對2英吋之Ga $N$ 晶圓實施背面研削、背面蝕刻、外周研削、表面研削、表面研磨、氣相蝕刻之情形。對於自Ga $N$ 結晶塊上切片而獲得晶圓，且實施背面蝕刻、外周研削、表面研磨、氣相蝕刻之情形，亦可獲得相同之結果。

以上係關於Ga $N$ 晶圓之記載，但對於Al $N$ 、AlGa $N$ 或InGa $N$ 等之氮化物晶圓，亦可獲得相同之結果。

根據上述結果之累積，本發明提出一種方法，在對氣相成長後之成長態之氮化物半導體晶圓進行背面研削、倒角、表面研削研磨而將其加工成鏡面晶圓時，使用橡膠研磨石或發泡樹脂研磨石進行倒角，使晶圓外周部之加工變質層殘存 $0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ ，更好的是 $1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 。

圖5~圖8表示以上述方法所製作之氮化物半導體晶圓 $W$ 之概略剖面圖。

圖5中，將使用具有圓形研磨面之鼓型橡膠研磨石(G)進

行了倒角的晶圓之表面之加工變質層M完全去除，且於外周部殘留 $0.5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 之加工變質層M，較好的是 $1\ \mu\text{m}\sim 3\ \mu\text{m}$ 。

圖6中，將使用具有圓形研磨面之鼓型橡膠研磨石(G)進行了倒角的晶圓之表面之加工變質層M完全去除，且於外周部(包含側面)殘留 $0.5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 之加工變質層M，較好的是 $1\ \mu\text{m}\sim 3\ \mu\text{m}$ 。

圖7中，將使用具有傾斜圓錐面之圓錐台型橡膠研磨石(H)進行了倒角的晶圓之表面及側面之加工變質層M完全去除，且於外周部殘存 $0.5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 之加工變質層M，較好的是 $1\ \mu\text{m}\sim 3\ \mu\text{m}$ 。

圖8中，將使用具有傾斜圓錐面之圓錐台型橡膠研磨石(H)進行了倒角的晶圓之表面之加工變質層M完全去除，且於外周部(包含側面)殘存 $0.5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 之加工變質層M，較好的是 $1\ \mu\text{m}\sim 3\ \mu\text{m}$ 。

#### [實施例2]

[實施例2；樣品1~11、表1；圖14、15、16]

晶圓之口徑越大，則越難以進行倒角。此時容易產生龜裂、翹曲之問題，且在形成半導體元件時，良率容易下降。本發明若可適用於大口徑晶圓，則有用性將進一步增大。

因此，於實施例2~4中，記述有對直徑為5英吋、厚度為 $850\ \mu\text{m}$ 之大口徑大厚度之Ga<sub>2</sub>N晶圓進行了1階段之倒角的26個示例。直徑為5英吋之Ga<sub>2</sub>N晶圓係由本發明最初提

出，不存在類似例。於圖14~圖24中，用數字標記了樣品編號。○為合格樣品，×為不合格樣品。此處，將對氮化鎵晶圓之加工中所有樣品1~26之共通之步驟進行說明。

#### [GaN基板之加工]

如圖1之步驟圖所示，進行以下步驟：GaN晶圓之背面研削(A)；使用KOH將由此而形成於背面上之加工變質層去除(B)；外周部加工(C，倒角加工，為研削之一種)；表面研削(D)；表面研磨(E)；以及藉由氣相蝕刻(F)而將形成於表面上之加工變質層去除。本發明之特徵在於步驟C之倒角，但將對所有步驟A~F進行說明。

##### (1)GaN基板之成形加工

利用線鋸，對藉由HVPE法所成長之直徑為5英吋(127 mm)之n型GaN結晶塊(摻雜劑為O)以與(0001)面平行之面進行切割，獲得厚度為850  $\mu\text{m}$ 之基板。對所獲得之基板進行背面研削(步驟A)。研削係使用#600之金剛石研磨石。藉由研削而於背面形成加工變質層。研削後，用濃度為15%之KOH水溶液實施50℃之蝕刻，去除加工變質層(步驟B)。對於背面之蝕刻，只要蝕刻速度充分，則可使用NaOH、 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 等之其他的鹼、酸之水溶液。另外，亦可藉由乾式蝕刻來去除加工變質層。對蝕刻後之基板，使用表1所示之研磨石而實施GaN基板之斜切加工(步驟C)。然後實施表面之研磨加工。

##### (2)GaN基板表面之研磨、CMP(化學機械研磨)

使用蠟將GaN基板(氮化物結晶)之N原子面側之C面(背

面，(000-1)面)安裝於陶瓷製結晶固定器上。於研磨裝置中設置直徑為600 mm之壓盤，一面自漿料供給口將分散有金剛石游離研磨粒之漿料供給至壓盤，一面使壓盤以其旋轉軸為中心而旋轉，且於結晶固定器上放有重物，藉此，一面讓GaN基板表面緊壓於壓盤上，一面使GaN基板以結晶固定器之旋轉軸為中心而旋轉，從而對n型GaN之表面(Ga原子面側，C面(0001)面)進行磨削。

此處，壓盤係使用銅壓盤、錫壓盤。準備研磨粒粒徑為9  $\mu\text{m}$ 、3  $\mu\text{m}$ 、2  $\mu\text{m}$ 之3種金剛石研磨粒(游離研磨粒)，進行磨削且逐步縮小研磨粒粒徑。研磨壓力設為100  $\text{g}/\text{cm}^2 \sim 500 \text{ g}/\text{cm}^2$ 。GaN基板及壓盤之轉速均設為30次/min $\sim$ 60次/min。藉由該磨削而使GaN結晶基板之表面成為鏡面。

在設置於拋光裝置中之直徑為600 mm之壓盤上設置拋光墊，一面自漿料供給口將分散有研磨粒之漿料供給至拋光墊，一面使拋光墊以旋轉軸為中心而旋轉，同時於結晶固定器上放有重物，藉此，一面讓GaN基板緊壓於拋光墊上，一面使GaN基板以結晶固定器之旋轉軸為中心而旋轉，從而對GaN之表面(Ga原子面之C面(0001)面)進行CMP(化學機械拋光)。

漿料係藉由如下方式製作：讓作為研磨粒之粒徑為2  $\mu\text{m}$ 之 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粒子分散於水中以使 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量為5質量百分比，並添加 $\text{HNO}_3$ 作為pH值調整劑，將pH值調整為2 $\sim$ 4。另外，作為拋光墊，使用的是聚胺基甲酸酯之鹿皮墊。作為

壓盤，使用的是不鏽鋼壓盤。拋光壓力設為  $50 \text{ g/cm}^2 \sim 600 \text{ g/cm}^2$ 。GaN 基板及拋光墊之轉速均設為  $30 \text{ 次/min} \sim 70 \text{ 次/min}$ 。

### (3) GaN 基板之表面之乾式蝕刻、清洗

對於經 CMP 處理之基板，使用含氯氣之氣體，以 ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma Reactive Ion Etching，感應耦合電漿反應性離子蝕刻) 裝置實施乾式蝕刻。蝕刻氣體使用的是氯氣。

對於經乾式蝕刻處理之基板，使用稀釋 KOH 水溶液及 IPA (isopropyl alcohol，異丙醇) 進行清洗。對最終狀態之基板之加工變質層、粗糙度、翹曲、氧量、金屬量及碎屑進行評價。表面之粗糙度均為  $R_a 1.5 \text{ nm}$ 。背面之粗糙度均為  $R_a 5.6 \text{ }\mu\text{m}$ 。其他結果顯示於表 1、2、3 中。

### (4) 包含 n 型 GaN 基板之 LED 元件

n 型 GaN 基板係使用電阻率為  $1 \times 10^{-2} \text{ }\Omega\text{cm}$ 、載子密度為  $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  者。將 n 型 GaN 基板設置於 MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition，金屬有機物化學氣相沈積) 裝置內，於 n 型 GaN 基板之表面 ((0001) 面) 側，藉由 MOCVD 法依序形成厚度  $1 \text{ }\mu\text{m}$  之 n 型 GaN 層 (摻雜劑：Si)、厚度  $150 \text{ nm}$  之 n 型  $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  層 (摻雜劑：Si)、發光層、厚度  $20 \text{ nm}$  之 p 型  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  (摻雜劑：Mg) 以及厚度  $150 \text{ nm}$  之 p 型 GaN 層 (摻雜劑：Mg)，獲得磊晶晶圓。將其 1 元件單元顯示於圖 25 中。發光層設為由 4 層以厚度為  $10 \text{ nm}$  之 GaN 層所形成之障壁層、與 3 層以厚度為  $3 \text{ nm}$  之  $\text{Ga}_{0.85}\text{In}_{0.15}\text{N}$  層所

形成之井層交替積層而成之多重量子井結構。

繼而，於n型之GaN結晶基板之另一背面((000-1)面、N面)，形成由厚度200 nm之Ti層、厚度1000 nm之Al層、厚度200 nm之Ti層、厚度2000 nm之Au層所形成之積層結構來作為第1電極，且於氮氣環境中加熱，藉此形成直徑為100  $\mu\text{m}$ 之n側電極。另一方面，於p型GaN層上，形成由厚度4 nm之Ni層、厚度4 nm之Au層所形成之積層結構來作為第2電極，且於惰性氣體環境中加熱，藉此形成p側電極。圖26中顯示有形成有電極之1元件單元之晶圓的剖面圖。使上述半導體晶圓以2 mm見方而晶片化之後，利用由AuSn形成之焊料層使上述p側電極接合於底座上。進而，用金屬線將上述n側電極與引線接腳接合，由此獲得具有作為LED之構成之半導體元件(圖27)。

之所以為倒裝，係由於GaN基板為透明，故可自基板側射出光，並且發熱之發光層靠近底座，藉由熱傳導可自底座通過封裝而散熱。GaN之熱傳導率(210 W/mK)約比藍寶石基板(40 W/mK)高出5倍，故亦可通過基板而自上部促進散熱。由此可充分發揮GaN基板之優異特性。於注入電流為4 A之條件下，使用積分球來測定所獲得之LED之光輸出。當流通有電流時，光自元件之發光層向周圍射出。一部分的光向上射出且通過基板向外部射出。一部分的光向下射出且由底座反射後向外部射出。抵達封裝側面之光亦向上反射且向外部射出。由於為2 mm見方之較大晶片，故以倒裝之方式被固定，且向下之光亦被朝方反射，因此成

為輸出較大的發光元件。

發光元件之光輸出係以如下方式測定。對配置於積分球內之發光元件注入特定之電流(4 A)，利用積分球使自該發光元件射出之幾乎全部的光聚集，對聚集在放置於聚光點上之檢測器上之光功率進行測定。對於LED而言，光輸出越大，則元件性能越高。光輸出為2 W以上時判定為特性良好，未滿2 W時判定為不良。以上之加工、元件製作、檢查對於樣品1~26係共通。

樣品1~11係將金剛石研磨粒目數、結合材料、氧化物比率進行各種變更，使外周部之加工變質層厚度多樣化，檢查翹曲、龜裂及元件良率。

[表 1]

|      |         |      | 樣品1                            | 樣品2                            | 樣品3  | 樣品4  | 樣品5  | 樣品6 | 樣品7 | 樣品8  | 樣品9   | 樣品10                           | 樣品11 |
|------|---------|------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-----|-----|------|-------|--------------------------------|------|
| 外周加工 | 結合劑     | 種類   | 橡膠                             | 橡膠                             | 橡膠   | 橡膠   | 橡膠   | 樹脂  | 橡膠  | 樹脂   | 金屬    | 金屬                             | 電鍍   |
|      |         | 材質   | CR                             | CR                             | CR   | CR   | CR   | PVA | CR  | 酚醛樹脂 | Cu-Sn | Cu-Sn                          | Ni   |
|      |         | 橡膠硬度 | 40                             | 40                             | 40   | 45   | 50   | -   | 60  | -    | -     | -                              | -    |
|      |         | 孔隙率  | 0%                             | 0%                             | 0%   | 0%   | 0%   | 40% | 0%  | 0%   | 0%    | 0%                             | 0%   |
|      | 研磨粒     | 金剛石  | 6000                           | 3000                           | 3000 | 2000 | 1500 | 800 | 600 | 600  | 600   | 3000                           | 3000 |
|      |         | 氧化物  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | -    | -    | -    | -   | -   | -    | -     | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | -    |
|      |         | 氧化物量 | 20                             | 20                             | -    | -    | -    | -   | -   | -    | -     | 20                             | -    |
| 基板特性 | 加工變質層d  | μm   | 0.3                            | 0.5                            | 1    | 2    | 3    | 6   | 10  | 13   | 18    | 13                             | 16   |
|      | 表面粗糙度Ra | μm   | 0.03                           | 0.07                           | 0.15 | 0.5  | 1    | 3   | 5   | 7    | 8     | 1                              | 2    |
|      | 翹曲U     | μm   | 20                             | 10                             | 7    | 6    | 5    | 5   | 12  | 25   | 50    | 28                             | 43   |
|      | 龜裂C     | %    | 9                              | 4                              | 2    | 0    | 1    | 2   | 5   | 12   | 26    | 14                             | 22   |
| 元件   | 良率Q     | %    | 52                             | 72                             | 82   | 84   | 85   | 80  | 70  | 50   | 20    | 52                             | 35   |

表1之最上一欄為樣品編號。樣品編號為1至11。基板特性係針對每個晶圓所測定之值。將每個樣品之外周加工、基板特性、元件特性顯示於表中。

表1之從第2列以下的記述為外周加工之部分表示加工時所使用之研磨石的物性。外周加工為研削，其藉由使固定有研磨粒之研磨石旋轉並接觸到外周而進行。所謂結合劑，係指將研磨粒固定於底盤上之材料。通常，作為研磨石，多使用以樹脂或金屬將研磨粒固定之樹脂結合劑研磨石、金屬結合劑研磨石或者使研磨粒電鍍之電鍍研磨石。但是，本發明並不使用樹脂結合劑研磨石、金屬結合劑研磨石及電鍍研磨石等。該等研磨石由於研磨粒剛直地固定於底盤上而不理想。

本發明係藉由橡膠結合劑研磨石、發泡樹脂結合劑研磨石而進行外周加工(研削)。為進行比較，亦使用樹脂結合劑研磨石、金屬結合劑研磨石、電鍍研磨石進行外周加工。材質欄表示結合材料之材質。所謂CR係指氯丁二烯橡膠(chloroprene rubber)。橡膠結合劑之硬度表示於下一欄中。於樹脂結合劑、金屬結合劑之情形時，硬度更高，故測定方法有所不同。若為樹脂(resin)本身，則由於缺乏彈性而不可使用，因此若使樹脂發泡且進一步提高其彈性則將有用。發泡後形成樹脂與氣泡之複合物。將氣孔之體積比率稱為孔隙率(體積%)。利用孔隙率可對柔軟性進行評價。

表中顯示氧化物研磨粒之種類及其重量百分比。由100%減去氧化物研磨粒之重量百分比後即為金剛石研磨粒之重量百分比。

基板特性欄中，顯示經外周加工後之基板之4個特性。第一欄為外周部之加工變質層之厚度( $\mu\text{m}$ )。可利用CL(陰極發光)將加工變質層部分與其他部分區加以區別。利用CL測定外周部所殘存之加工變質層之厚度。第二欄為表面粗糙度(Ra)，單位為 $\mu\text{m}$ 。第三欄為基板之翹曲，以使外周部接觸到平坦面之方式而放置晶圓時的中央部之高度H來表示翹曲。由於晶圓之面積較大(直徑較大)，故而以高度所表示之翹曲之值較大，但若以曲率表示則相當小。以二次函數來近似表示翹曲時，若曲率半徑為R，且晶圓之直徑為D，則中央部之高度為U時， $R=D^2/8U$ 。例如，若翹曲高度 $U=20\ \mu\text{m}$ ，則 $D=127\ \text{mm}$ 時， $R=100\ \text{m}$ 。換算成曲率，則 $1/R=0.01\ \text{m}^{-1}$ 。

所謂龜裂，係指於外周研削過程中晶圓上產生缺損或者破裂。所謂龜裂產生率，係指相同條件之樣品晶圓中，於研削過程中產生缺裂之晶圓片數相對於總片數之比。樣品1~11係於各種條件下進行外周研削，且對其後之晶圓之翹曲、龜裂產生率、元件良率進行試驗者。

於元件之欄中，將從1片GaIn晶圓所取出之元件單元中之良好元件單元之比率以良率來表示。元件單元為大型發光二極體，其係2 mm見方之晶片(面積為 $4\ \text{mm}^2$ )。通常製造銷售之通用發光二極體為 $300\ \mu\text{m}\sim 500\ \mu\text{m}$ 見方。與該等相比，上述所製造之發光二極體係具有15倍~40倍之面積之較大的發光二極體。直徑127 mm之晶圓之面積約為 $12000\ \text{mm}^2$ ，因此具有約3000晶片之面積。對晶片取樣且收容於封裝中，進行通電試驗以檢查良率。由於面積(2 mm見方)較大，故從概率

論角度而言，良率低於通常面積之晶片(0.3~0.5 mm見方)，但即便如此其良率亦非常高，因而能夠製造良好之大型發光二極體。

圖14係表示樣品1~11之加工變質層厚度 $d(\mu\text{m})$ 與晶圓翹曲 $U(\mu\text{m})$ 間的關係之圖表。圖中之數字表示樣品編號。箭頭所示之 $d=0.5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 係本發明所提出之 $d$ 的範圍。箭頭所示之 $d=1\sim 3\ \mu\text{m}$ 為特別理想之範圍。圖15係表示樣品1~11之加工變質層厚度 $d(\mu\text{m})$ 與龜裂產生率 $C(\%)$ 間的關係之圖表。圖16係表示樣品1~11之加工變質層厚度 $d(\mu\text{m})$ 與元件良率 $Q(\%)$ 間的關係之圖表。

[樣品1( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ；橡膠研磨石； $d=0.3\ \mu\text{m}$ ； $Q=52\%$ )]

對直徑為5英吋(127 mm)、厚度為850  $\mu\text{m}$ 之圓形GaN晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用以氯丁二烯橡膠(CR)作為結合材料之橡膠研磨石來進行外周研削(倒角C)。由於將研磨粒固定於基板上之結合材料使用的是橡膠，故應稱為橡膠結合劑研磨石，簡稱為橡膠研磨石。但是並非用橡膠進行研削，研削材料之主體為金剛石研磨粒。由於作為結合材料之橡膠無法進行發泡，故孔隙率為0%(於樹脂結合劑之情形時可進行發泡)。橡膠可藉由調配比而改變其硬度。該橡膠研磨石之橡膠硬度為40。

固定研磨粒為金剛石研磨粒及三氧化二鐵( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )研磨粒。氧化物( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )研磨粒之比率為20重量百分比。剩餘之80重量百分比為金剛石研磨粒。金剛石研磨粒係使用6000目者。所謂目數(#)，係表示研磨粒大小之值，數字越大，表

示粒子越細。

6000目係平均粒徑約為 $2.5\text{ }\mu\text{m}$ 之金剛石研磨粒。經外周研削而形成的外周部之加工變質層之厚度為 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 。外周研削後(倒角後)之外周部之表面粗糙度為 $Ra\ 0.03\text{ }\mu\text{m}$ 。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層而使表面變得平滑。晶圓之翹曲為 $20\text{ }\mu\text{m}$ 。所謂龜裂，係指外周研削時之晶圓缺裂。所謂龜裂產生率C(%), 係指外周研削時產生有缺損或破裂之晶圓數除以晶圓總數再乘以100所得之值。最後一欄之所謂元件良率(Q)係以如下方式獲得，即，於上述Ga<sub>2</sub>N晶圓上利用上述方法製作發光二極體(2 mm見方)，進行晶片分離且將晶片安裝於底座上，進行線接合且收納於封裝中而製成LED元件，進行通電試驗(4 A)，檢查發光之大小，再利用合格品(功率為2 W以上)之數除以晶片總數，由此得出元件良率(Q)。樣品1之良率Q為52%，故而不佳。樣品1不合格，因此於圖表中以×表示樣品1。推測其原因在於，加工變質層之厚度 $d=0.3\text{ }\mu\text{m}$ 較小，故而元件良率較低。為增大加工變質層厚度d，可使研磨石之目更粗或者增大加工負載。

[樣品2(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>；橡膠研磨石； $d=0.5\text{ }\mu\text{m}$ ； $Q=72\%$ )]

對直徑為5英吋(127 mm)、厚度為 $850\text{ }\mu\text{m}$ 之圓形Ga<sub>2</sub>N晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用以氯丁二烯橡膠(CR)作為材料之橡膠研磨石來進行外周研削(倒角C)。橡膠研磨石之孔隙率為0%，橡膠硬度為40。固定研磨粒為80 wt%之金剛石研磨粒與20 wt%之三氧化二鐵(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)研磨粒。

金剛石研磨粒係使用相較樣品1稍粗之3000目者，其係平均粒徑約為5  $\mu\text{m}$ 之金剛石研磨粒。倒角後外周部之加工變質層之厚度 $d=0.5 \mu\text{m}$ 。由於使用目更粗之研磨石，因此加工變質層厚度 $d$ 增大。外周研削後外周部之表面粗糙度為 $Ra 0.07 \mu\text{m}$ 。由於使用較粗之研磨石，因此表面粗糙度增大。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓之翹曲(中心部相對於周邊部之高度 $U$ )為10  $\mu\text{m}$ ，翹曲減少。翹曲之曲率半徑 $R=200 \text{ m}$ ，龜裂產生率 $C$ 為4%，為樣品1之一半以下。於該基板上製作多個發光二極體，進行晶片分離且搭載於底座上，安裝電極，進行通電試驗(4 A)檢查發光量，由此得出元件良率 $Q=72\%$ ，此為優異之高良率。該樣品2合格，故於圖表中以○表示樣品2。以下，圖表中之樣品之○、×與此相同。外周表面粗糙度為 $Ra 0.07 \mu\text{m}$ ，相較樣品1更粗糙，外周部之加工變質層厚度為0.5 mm，相較樣品1更厚。認為高良率之原因取決於外周部之粗糙度、加工變質層厚度。

[樣品3(無氧化物研磨粒；橡膠研磨石； $d=1 \mu\text{m}$ ； $Q=82\%$ )]

對與以上相同之直徑為5英吋(127 mm)、厚度為850  $\mu\text{m}$ 之圓形GaN晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用以氯丁二烯橡膠(CR)作為材料之橡膠研磨石來進行外周研削(倒角C)。橡膠研磨石之孔隙率為0%，硬度為40。不使用氧化物研磨粒，固定研磨粒僅為金剛石研磨粒。金剛石研磨粒係使用與樣品2相同之3000目者。倒角後外周部之加工變質層之厚度 $d=1 \mu\text{m}$ 。金剛石為100%，不存在氧化物研磨粒。

機械研削作用較大，故加工變質層厚度 $d$ 增加。外周研削後外周部之表面粗糙度為 $Ra\ 0.15\ \mu m$ 。由於金剛石為100%，因此機械作用較大，導致外周面變得粗糙。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓之翹曲 $U=7\ \mu m$ ，與樣品1、2相比翹曲增大。翹曲之曲率半徑 $R=286\ m$ 。外周面之加工變質層為 $1\ \mu m$ ，故翹曲減少。龜裂產生率 $C$ 為2%，小於樣品1、2。其原因在於加工變質層之 $d=1\ \mu m$ 。以與樣品1、2相同之方式製作發光二極體，製品良率 $Q=82\%$ 。加工變質層厚度 $d=1\ \mu m$ ，大於樣品1、2。因此於翹曲、龜裂產生、良率之所有方面均得到改善。

[樣品4(無氧化物研磨粒；橡膠研磨石； $d=2\ \mu m$ ； $Q=84\%$ )]

對尺寸、形狀相同(直徑為5英吋，厚度為 $850\ \mu m$ )之Ga<sub>2</sub>N晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)後，使用以氯丁二烯橡膠(CR)作為材料之橡膠研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為0%。硬度稍硬，為45。固定研磨粒僅為金剛石研磨粒。金剛石研磨粒係使用相較樣品1、2、3更粗的2000目(平均粒徑為 $7\sim 8\ \mu m$ )者。倒角後外周部之加工變質層之厚度 $d=2\ \mu m$ 。與樣品3相比，金剛石研磨粒較粗，因此機械研削作用較大，加工變質層厚度 $d$ 增大。外周研削後外周部之表面粗糙度為 $Ra\ 0.5\ \mu m$ 。由於使用的是金剛石研磨粒之目較粗之研磨石，故外周面變得更粗。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓之翹曲 $U=6\ \mu m$ ( $R=333\ m$ )。與樣

品1、2、3相比，翹曲變小。由於外周面之加工變質層為2  $\mu\text{m}$ ，故賦予最小翹曲。龜裂產生率C為0%，小於樣品1、2、3。該樣品4於所有樣品中具有最佳之龜裂抑制效果。加工變質層 $d=2\text{ }\mu\text{m}$ 時，使得龜裂最小。以與樣品1、2、3相同之方式製作發光二極體，製品良率 $Q=84\%$ 。加工變質層厚度 $d=2\text{ }\mu\text{m}$ ，大於樣品1、2、3。因此於翹曲、龜裂產生、良率之所有方面均得到改善。加工變質層之厚度為 $d=2\text{ }\mu\text{m}$ 附近時，可賦予最佳之結果。

[樣品5(無氧化物研磨粒；橡膠研磨石； $d=3\text{ }\mu\text{m}$ ； $Q=85\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為850  $\mu\text{m}$ 之Ga<sub>2</sub>N晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)後，使用以氯丁二烯橡膠(CR)作為材料之橡膠研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為0%。硬度稍高，為50。固定研磨粒僅為金剛石研磨粒。金剛石研磨粒係使用相較樣品1~4更粗之1500目(平均粒徑為10  $\mu\text{m}$ )者。倒角後外周部之加工變質層之厚度 $d=3\text{ }\mu\text{m}$ 。與樣品1~4相比，由於金剛石研磨粒更粗，因此機械研削作用較大，加工變質層厚度 $d$ 進一步增大。外周研削後外周部之表面粗糙度為 $R_a\text{ }1\text{ }\mu\text{m}$ 。由於使用的是金剛石研磨粒之目較粗之研磨石，故而外周面變得更粗。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓之翹曲 $U=5\text{ }\mu\text{m}$ ( $R=400\text{ m}$ )，在樣品1~5中為最小。由於 $d$ 較大，故翹曲減少。龜裂產生率C為1%。據此亦可瞭解， $d=3\text{ }\mu\text{m}$ 時可賦予較佳之結果。於該晶圓上製作發光二極體、進行晶片分離且收納於封裝中、並進行發光試驗

後之製品(元件)良率 $Q=85\%$ 。樣品5之製品良率最高。於翹曲、龜裂產生、元件良率之方面， $d=3\text{ }\mu\text{m}$ 為較好的值。

[樣品6(無氧化物研磨粒；樹脂結合劑； $d=6\text{ }\mu\text{m}$ ； $Q=80\%$ )]

對尺寸、形狀與以上相同(直徑為5英吋，厚度為 $850\text{ }\mu\text{m}$ )之GaIn晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用以聚乙烯醇(PVA)作為結合材料之研磨石來進行外周研削(倒角C)。該研磨石係以樹脂作為結合材料，故並非橡膠研磨石而係樹脂結合劑研磨石。使作為結合材料之PVA樹脂發泡以降低其硬度。孔隙率為 $40\%$ 。由於孔隙較多而變成柔軟之結合劑。無法利用與橡膠研磨石相同之方法來測定其硬度。固定研磨粒僅為金剛石研磨粒，其使用相較樣品1~5更粗的800目(平均粒徑為 $19\text{ }\mu\text{m}$ )者。倒角後外周部之加工變質層之厚度 $d=6\text{ }\mu\text{m}$ 。金剛石研磨粒相較樣品5更粗，因此機械研削作用較大，加工變質層厚度 $d$ 增加至兩倍。外周研削後外周部之表面粗糙度為 $Ra\ 3\text{ }\mu\text{m}$ 。由於使用的是金剛石研磨粒之目較粗之研磨石，故外周面變得更粗。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓之翹曲 $U=5\text{ }\mu\text{m}(R=400\text{ m})$ ，該翹曲最小，與樣品5相等。賦予最小翹曲 $U$ 之厚度 $d$ 為 $4\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ 。外周面之加工變質層相較樣品1~4更厚，故與樣品1~4相比翹曲減少。龜裂產生率 $C$ 為 $2\%$ ，小於樣品1、2且大於樣品4、5，與樣品3相等。可知，即便並非橡膠研磨石，而是以發泡後柔軟性增加之樹脂來作為結合劑之研磨石，亦可抑制產生龜裂。以與上述樣品相同之方式製作發光二極體，製

品良率  $Q=80\%$ ，此為高製品良率。

樣品 1~6 之結果可顯示，就抑制龜裂、抑制翹曲、提高元件良率之觀點而言，加工變質層厚度  $d=1\sim3\text{ }\mu\text{m}$  左右為優異之條件。且可知，尤其是加工變質層厚度  $d=2\text{ }\mu\text{m}$  時，可最大限度地抑制龜裂，良率亦較高。

[樣品 7(無氧化物研磨粒； $d=10\text{ }\mu\text{m}$ ； $Q=70\%$ )]

對直徑為 5 英吋、厚度為  $850\text{ }\mu\text{m}$  之 GaN 晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用以氯丁二烯橡膠(CR)作為材料之橡膠研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為 0%。硬度較高較硬，為 60。固定研磨粒僅為金剛石研磨粒。金剛石研磨粒係使用相較樣品 1~6 更粗的 600 目(平均粒徑為  $25\text{ }\mu\text{m}$ )者。倒角後外周部之加工變質層之厚度  $d=10\text{ }\mu\text{m}$ ，於樣品 1~6 中為最厚者。由於金剛石研磨粒相較樣品 6 更粗，因此機械研削作用較大，外周加工變質層厚度  $d$  進一步增大。外周研削後外周部之表面粗糙度為  $Ra\ 5\text{ }\mu\text{m}$ 。由於使用的是金剛石研磨粒之目較粗之研磨石，故外周面變得更粗。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓之翹曲  $U=12\text{ }\mu\text{m}$ ( $R=170\text{ m}$ )，與樣品 2~6 相比翹曲增大。外周面加工變質層增加後翹曲反變大。龜裂產生率  $C$  為 5%，小於樣品 1 且大於樣品 2~6。當  $d < 2\text{ }\mu\text{m}$  時，若  $d$  減小，則龜裂產生率增大，若  $d$  增加，則龜裂產生率減小。當  $d=2\text{ }\mu\text{m}$  時龜裂產生率為最小，由此可瞭解，若  $d$  增加，則龜裂產生率  $C$  反而增大。製作發光二極體時之製品良率  $Q=70\%$ 。 $d$  過大後會導致製品良率

下降。若良率必須為82%以上( $Q \geq 82\%$ )，則加工變質層之理想厚度 $d$ 為 $1 \mu\text{m} \leq d \leq 3 \mu\text{m}$ 。若良率為70%以上即可，則可容許之 $d$ 之範圍擴大為 $0.5 \mu\text{m} \leq d \leq 10 \mu\text{m}$ 。於此情形時，樣品1為不合格( $\times$ )，樣品2~7為合格( $\circ$ )。由樣品2~5、7可知，橡膠研磨石之橡膠硬度之合適範圍為40~60。

[樣品8(無氧化物研磨粒；樹脂結合劑； $d=13 \mu\text{m}$ ； $Q=50\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為850  $\mu\text{m}$ 之Ga<sub>2</sub>N晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用以酚醛樹脂作為結合材料之研磨石來進行外周研削(倒角C)。由於使用樹脂作為結合材料，故研磨石為樹脂結合劑研磨石而非橡膠研磨石。與樣品6不同，此時使用酚醛樹脂作為結合材料，且並不使其發泡。孔隙率為0%。無法利用與橡膠研磨石相同之方法來測定其硬度。固定研磨粒僅為金剛石研磨粒，使用相較樣品1~6更粗且與樣品7相同之600目(平均粒徑為25  $\mu\text{m}$ )之金剛石研磨粒。倒角後外周部之加工變質層之厚度 $d=13 \mu\text{m}$ 。與樣品7相比，金剛石研磨粒之目數相同，但將研磨石固定於底盤上之結合材料為無發泡之酚醛樹脂，故相較樣品7更硬。機械研削作用較大，故而加工變質層厚度 $d$ 大於樣品7。外周研削後外周部之表面粗糙度為 $Ra7 \mu\text{m}$ 。由於所使用的研磨石之金剛石研磨粒之目較粗、且結合樹脂更硬，故外周面變得更粗。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓之翹曲 $U=25 \mu\text{m}$ ( $R=80 \text{ m}$ )。龜裂產生率 $C$ 為12%，大於樣品

1~7。可知，由於無發泡之樹脂結合劑研磨石過硬而產生龜裂，故而不佳。製作發光二極體後，製品良率 $Q=50\%$ ，此為低製品良率。當要求良率 $Q \geq 70\%$ 時，樣品8不合格。

樣品1~8之結果表示，就抑制龜裂、抑制翹曲、提昇元件良率之觀點而言，加工變質層厚度 $d$ 理想的是 $d=0.5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 左右。可知，尤其 $d=1 \sim 3 \mu\text{m}$ 左右為優異之條件。

[樣品9(無氧化物研磨粒；金屬結合劑； $d=18 \mu\text{m}$ ； $Q=20\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為 $850 \mu\text{m}$ 之Ga<sub>2</sub>N晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用以銅錫合金(Cu-Sn)作為結合材料之研磨石來進行外周研削(倒角C)。由於使用金屬作為結合材料，故研磨石為金屬結合劑研磨石而並非橡膠研磨石。孔隙率為0%。無法利用與橡膠研磨石相同之方法來測定其硬度。固定研磨粒僅為金剛石研磨粒。使用相較樣品1~6更粗且與樣品7、8相同之600目(平均粒徑為 $25 \mu\text{m}$ )之金剛石研磨粒。倒角後外周部之加工變質層之厚度 $d=18 \mu\text{m}$ 。與樣品7、8相比，金剛石研磨粒之目數相同，但由於將研磨石固定於底盤上之結合材料係相較橡膠或樹脂更硬之銅錫合金，因此機械研削作用較大，加工變質層厚度 $d$ 大於樣品7、8。外周研削後外周部之表面粗糙度為 $R_a 8 \mu\text{m}$ 。由於所使用的研磨石之金剛石研磨粒之目較粗、且結合樹脂更硬，故外周面變得更粗。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓之翹曲 $U=50 \mu\text{m}$ ( $R=40 \text{ m}$ )。龜裂產生率 $C$ 為26%，大

於樣品1~8。可知，金屬結合劑研磨石過硬，不適合外周研削。製作發光二極體後，製品良率 $Q=20\%$ ，此製品良率極低。樣品9不合格。

由樣品1~9之結果可知，當加工變質層厚度 $d$ 為 $2\text{ }\mu\text{m}\sim 6\text{ }\mu\text{m}$ 時，翹曲 $U$ 極小，當 $d$ 為 $6\text{ }\mu\text{m}$ 以上時，翹曲 $U$ 隨著 $d$ 一同增大。當 $d=2\text{ }\mu\text{m}$ 時，龜裂產生率 $C$ 極小，當 $d$ 為 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上，龜裂產生率 $C$ 隨著 $d$ 一同增加。當 $d=1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 時，製品良率較高，當 $d$ 為上述值以下或以上時，良率均下降。

[樣品10( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ；金屬結合劑； $d=13\text{ }\mu\text{m}$ ； $Q=52\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為 $850\text{ }\mu\text{m}$ 之Ga $\text{N}$ 晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用以銅錫合金(Cu-Sn)作為結合材料之研磨石來進行外周研削(倒角C)，該研磨石為金屬結合劑研磨石。孔隙率為 $0\%$ 。固定研磨粒為金剛石研磨粒與 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 研磨粒。調配比為金剛石研磨粒 $80\%$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 研磨粒 $20\%$ (重量百分比)。金剛石研磨粒係使用與樣品2相同之較細之3000目(平均粒徑為 $5\text{ }\mu\text{m}$ )者，其比率亦與樣品2相同。與樣品2不同之處在於結合材料。樣品2中，氯丁二烯橡膠(CR)為結合材料，樣品10中，銅錫為結合材料。其原因在於，明確橡膠結合劑研磨石與金屬結合劑研磨石之差異。倒角後外周部之加工變質層之厚度 $d=13\text{ }\mu\text{m}$ 。與金屬結合劑相同之樣品9( $d=18\text{ }\mu\text{m}$ )相比 $d$ 減小( $13\text{ }\mu\text{m}$ )，此係由於金剛石研磨粒較細。 $d$ 大於樣品2( $d=0.5\text{ }\mu\text{m}$ )係由於橡膠結合與金屬結合之差異所引起。儘管研磨粒之目數、調配比相同，但 $d$ 分別為 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 與 $13\text{ }\mu\text{m}$ ，相差甚遠。此表示富有彈性之橡膠結合優異而

較佳。外周研削後外周部之表面粗糙度為  $Ra\ 1\ \mu m$ 。由於使用目較細之金剛石研磨粒與氧化物研磨粒，故而表面粗糙度較小。由於為金屬結合劑，故而表面粗糙度大於樣品2。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓之翹曲  $U=28\ \mu m(R=80\ m)$ 。龜裂產生率C為14%，大於樣品1~8且小於樣品9。可知，即便使用目較細之金剛石研磨粒，亦會因金屬結合劑研磨石之結合劑部分過硬而不適合外周研削。製作發光二極體後，製品良率  $Q=52\%$ ，此為低製品良率。若所要求之製品良率  $Q$  為82%以上，則  $d$  之範圍為  $1\ \mu m \leq d \leq 3\ \mu m$ ，若  $Q$  為70%以上，則  $d$  之範圍為  $0.5\ \mu m \leq d \leq 10\ \mu m$ ，樣品10不合格。若所要求之製品良率為50%以上，則可容許之  $d$  之範圍為  $0.3\ \mu m \leq d \leq 13\ \mu m$ 。

[樣品11(無氧化物；電鍍； $d=16\ \mu m$ ； $Q=35\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為850  $\mu m$ 之Ga<sub>2</sub>N晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用電鍍有金剛石研磨粒之研磨石來進行外周研削(倒角C)。研磨石為電鍍研磨石，孔隙率為0%。固定研磨粒為100%之較細之3000目金剛石研磨粒。與樣品10不同之處在於，此時不含氧化物且結合材料不同。雖為固定有目數相同之金剛石研磨石者，但並不使用結合材料而採用電鍍。倒角後外周部之加工變質層之厚度  $d=16\ \mu m$ 。 $d$ 大於樣品10，此係由於採用電鍍而使剛性增加以及金剛石研磨粒之比率較高之緣故。外周研削後外周部之表面粗糙度為  $Ra\ 2\ \mu m$ 。由於採用電鍍，故表面粗糙度大於樣品3。倒角之

後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓之翹曲 $U=43\text{ }\mu\text{m}$ ( $R=46\text{ m}$ )。龜裂產生率C為22%。翹曲、龜裂產生率C均次於樣品9而較大，此顯示出其等與加工變質層厚度d存在較強關聯。可知，即便使用目較細之金剛石研磨粒，亦會由於電鍍研磨石過硬而不適合外周研削。製作發光二極體後，製品良率 $Q=35\%$ ，此為無法容許之低製品良率。

觀察樣品1~11，外周部之表面粗糙度與加工變質層厚度d似乎並無主要的關聯，而較強地依存於金剛石研磨粒之大小及比率。研磨粒尺寸越大(目數越小)，則表面粗糙度Ra越大。包含氧化物研磨粒時的Ra小於僅為金剛石研磨粒之情形。與樣品2、3、10、11相比可知，結合劑為橡膠時表面粗糙度最低，為金屬或為電鍍時並無太大差異。進而可知，表面粗糙度Ra與翹曲、龜裂產生率C、良率之間似乎並無較強之關聯。對翹曲、龜裂產生率及良率進行支配者為加工變質層厚度d。

可知，若期待製品良率 $Q$ 為70%以上，則必須使加工變質層厚度d為 $0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 。若期待良率 $Q$ 為82%以上，則加工變質層厚度d必須為 $1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 。在使翹曲(高度 $U$ )最小時， $d=3\text{ }\mu\text{m}\sim 6\text{ }\mu\text{m}$ 。在使龜裂產生率C最小時， $d=2\text{ }\mu\text{m}$ 。該等值包含在可賦予高製品良率之d值之範圍內。因此，為賦予較高良率、較低龜裂產生率及較小翹曲，較好的是 $d=0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ ，更理想的是 $d=1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 。

對於加工變質層之厚度d而言，在金剛石研磨粒之比率較

大時，該厚度 $d$ 增加，金剛石研磨粒越粗，則該厚度 $d$ 越大。加工變質層厚度 $d$ 較大者依序為電鍍、金屬結合劑、樹脂結合劑、橡膠結合劑。為使 $d=0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ ，較好的是柔軟之橡膠結合劑。即便為樹脂結合劑，亦可使其發泡後變為柔軟者而加以利用(樣品6)。金剛石研磨石之目數為3000目 $\sim$ 600目左右。為進一步減小 $d$ ，有效的是減小金剛石之比率且增加氧化物研磨粒。由於氧化物研磨粒係在化學作用下於氮化物之表面形成軟質層，因此可降低外周研削加工之負載，抑制加工變質層。與 $d=0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 相對應之外周表面粗糙度為 $Ra\ 0.07\text{ }\mu\text{m}\sim Ra\ 5\text{ }\mu\text{m}$ 。與 $d=1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 相對應之外周表面粗糙度為 $Ra\ 0.15\text{ }\mu\text{m}\sim Ra\ 1\text{ }\mu\text{m}$ 。

觀察圖14可知，當外周部加工變質層厚度 $d$ 大於 $10\text{ }\mu\text{m}$ 時，翹曲超出 $12\text{ }\mu\text{m}$ ，當 $d$ 為 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 以下時，翹曲超出 $20\text{ }\mu\text{m}$ 。可知，為使翹曲為 $12\text{ }\mu\text{m}$ 以下，讓 $d=0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 即可。若 $d=1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ ，則可將翹曲抑制為 $7\text{ }\mu\text{m}\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ 。

觀察圖15，若外周部加工變質層厚度 $d$ 超出 $10\text{ }\mu\text{m}$ 時，則龜裂產生率 $C$ 超出5%。若 $d$ 為 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 以下，則龜裂產生率 $C$ 超出9%。為使 $C$ 為5% $\sim$ 0%，讓 $d$ 為 $0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 即可。若 $d=1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ ，則可將 $C$ 抑制為2% $\sim$ 0%。

觀察圖16，當外周部加工變質層厚度 $d$ 超出 $10\text{ }\mu\text{m}$ 時，元件良率 $Q$ 未滿70%。當 $d$ 為 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 以下時，元件良率 $Q$ 為52%以下。為使 $Q$ 達到70%以上，讓 $d=0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 即可。若 $d=1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ ，則可使 $Q$ 達到82%以上。

[實施例3]

[實施例3；樣品12~18；表2；圖17、18、19、20、28、29]

樣品12~18係將金剛石研磨粒固定為1000目，橡膠研磨石之橡膠硬度固定為50，改變氧化物而進行外周研削，對外周部之氧量、碎屑、元件良率進行試驗者。晶圓之準備、加工順序及元件製作與實施例2相同。檢查外周部之氧濃度會如何影響晶圓或元件之製作情況。其結果顯示於表2中。外周部氧量用原子比率(at%)來表示。所謂碎屑，係指平面加工(研削、研磨)時晶圓之外周部缺損或破裂所產生者。元件良率係以如下方式評價：於該晶圓上製作2 mm見方之發光二極體，進行通電試驗而使其發光，根據此時之合格與否而進行評價。

[表2]

|      |         |      |     | 樣品12 | 樣品13                           | 樣品14                           | 樣品15                           | 樣品16                           | 樣品17             | 樣品18                           |
|------|---------|------|-----|------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|
| 外周加工 | 結合劑     | 種類   |     | 橡膠   | 橡膠                             | 橡膠                             | 橡膠                             | 橡膠                             | 橡膠               | 橡膠                             |
|      |         | 材質   |     | CR   | CR                             | CR                             | CR                             | CR                             | CR               | CR                             |
|      |         | 橡膠硬度 |     | 50   | 50                             | 50                             | 50                             | 50                             | 50               | 50                             |
|      |         | 孔隙率  | 體積% | 0%   | 0%                             | 0%                             | 0%                             | 0%                             | 0%               | 0%                             |
|      | 研磨粒     | 金剛石  | 目數  | 1000 | 1000                           | 1000                           | 1000                           | 1000                           | 1000             | 1000                           |
|      |         | 氧化物  |     | -    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|      |         | 氧化物量 | 重量% | -    | 20                             | 20                             | 30                             | 30                             | 40               | 60                             |
| 基板特性 | 加工變質層d  |      | μm  | 5    | 2.5                            | 2                              | 2                              | 1.5                            | 1.5              | 1                              |
|      | 表面粗糙度Ra |      | μm  | 1.5  | 0.5                            | 0.5                            | 0.5                            | 0.5                            | 0.5              | 0.5                            |
|      | 組成      | 氧量O  | at% | 1    | 3                              | 5                              | 10                             | 15                             | 20               | 25                             |
|      | 碎屑      | 產生率p | %   | 25   | 5                              | 3                              | 2                              | 3                              | 5                | 15                             |
| 元件   | 良率Q     |      | %   | 73   | 78                             | 85                             | 84                             | 85                             | 80               | 61                             |

關於外周研削，以龜裂產生率及製品良率進行評價時，由

樣品 1~11 可明確瞭解：外周部加工變質層厚度  $d=0.5\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ ，特別理想的是  $d=1\sim 3\ \mu\text{m}$ ；以及作為結合劑，最適合的是橡膠，亦可使用發泡樹脂。關於結合材料已很明瞭，但存在如何處理研磨粒之問題。作為研磨粒，可採用 100% 之金剛石，亦可採用金剛石與氧化物研磨粒之組合。使用具有介於樣品 5~6 之間的 1000 目之金剛石研磨粒與氧化物研磨粒之混合研磨粒的研磨石來進行外周研削，且進行表面研削、表面研磨、表面蝕刻。檢查該步驟中之碎屑產生率、最終製品良率。龜裂係指外周研削時晶圓外周部之缺裂。所謂碎屑，係指其後之表面加工時晶圓外周部之缺裂。氧化物研磨粒係在化學作用下於氮化物之表面形成軟質層，故而可降低外周研削加工之負載。除上述優點以外，亦已知於外周研削後之平面加工時，外周部之氧化層之存在具有防止碎屑之作用。在以氧化物研磨粒進行外周研削時，似乎會因氧化物之存在而對晶圓賦予韌性，減小平面加工時之破損概率。

為弄清此情況，使用將種類及量不同之氧化物研磨粒混合於金剛石研磨粒中所得之研磨石來進行外周研削。研磨石統一為橡膠研磨石，金剛石研磨粒統一為 1000 目，且橡膠研磨石之橡膠硬度統一為 50。改變氧化物研磨粒之種類及量。圖 17 係表示樣品 12~18 之研磨石中所含之金剛石研磨粒 (100~40 wt%) 及氧化物研磨粒 (0~60 wt%) 之比率、與倒角後氮化鎵晶圓外周之氧量間的關係之圖表。圖 18 係表示樣品 12~18 之研磨石中所含之金剛石研磨粒 (100~40 wt%) 及氧化物研磨粒 (0~60 wt%) 之比率、與倒角後氮化鎵晶圓外周之加工變質層

厚度間的關係之圖表。圖 19 係表示樣品 12~18 之研磨石中所含之金剛石研磨粒(100~40 wt%)及氧化物研磨粒(0~60 wt%)之比率、與倒角後之晶圓平面加工中之碎屑產生率  $p$  間的關係之圖表。圖 20 係表示樣品 12~18 之研磨石中所含之金剛石研磨粒(100~40 wt%)及氧化物研磨粒(0~60 wt%)之比率、與元件良率  $Q$  間的關係之圖表。圖 28 係表示樣品 12~18 之晶圓外周部所含之氧量(at%)、與倒角後之晶圓平面加工中之碎屑產生率  $p$ (%)間的關係之圖表。圖 29 係表示樣品 12~18 之晶圓外周部所含之氧量(at%)、與元件良率  $Q$ (%)間的關係之圖表。

[樣品 12(無氧化物；0%； $d=5\text{ }\mu\text{m}$ ； $p=25\%$ ； $Q=73\%$ )]

對與以上相同之直徑為 5 英吋、厚度為  $850\text{ }\mu\text{m}$  之 GaN 晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將 1000 目金剛石研磨粒以氯丁二烯橡膠(CR)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角 C)。孔隙率為 0%，橡膠硬度為 50。外周研削後外周部之加工變質層厚度  $d=5\text{ }\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為  $Ra\ 1.5\text{ }\mu\text{m}$ 。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之氧濃度  $O=1\text{ at}\%$ 。該氧有可能在蝕刻、平面加工、清洗時所引起之氧化以及環境之作用下自然氧化，而並不從倒角研磨石混入。碎屑產生率  $p$  為 25%，此 25% 之晶圓無用。製作發光二極體後，製品良率  $Q=73\%$ 。成功加工成鏡面晶圓後之良率較高。但是其前一階段中之平面加工時之碎屑產生率較高，並不理想。因此需要進一步想辦法。

[樣品 13( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ; 20 wt% ;  $d=2.5\ \mu\text{m}$  ;  $p=5\%$  ;  $Q=78\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為850  $\mu\text{m}$ 之Ga<sub>N</sub>晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將80 wt%之1000目金剛石研磨粒與20 wt%之三氧化二鐵 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 研磨粒的混合物以氯丁二烯橡膠(CR)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為0%，橡膠硬度為50。外周研削後外周部之加工變質層厚度 $d=2.5\ \mu\text{m}$ ，表面粗糙度為 $R_a\ 0.5\ \mu\text{m}$ 。與樣品12相比 $d$ 減半。由於金剛石研磨粒之量較少，故而機械研削作用變弱， $d$ 減小。與樣品12相比，外周部表面粗糙度亦較低。在柔軟之氧化物研磨粒之作用下，外周面變得更加平滑。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之氧濃度 $O=3\ \text{at}\%$ ，其係樣品12之氧濃度(1 at%)之3倍。認為此係由於氧化物研磨粒之影響。碎屑產生率 $p$ 為5%，與樣品12相比，碎屑產生率為1/5。認為碎屑產生率減小係由於外周部存在氧化物。於氧化物研磨粒之化學作用下可減少倒角時之內在損傷，由此而抑制碎屑。對於其他的氧殘存樣品亦可作相同說明。使用氧化物研磨粒之優點在於此。製作發光二極體後，製品良率 $Q=78\%$ 。碎屑較少且製品良率較高，故較為理想。

[樣品 14( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ; 20% ;  $d=2\ \mu\text{m}$  ;  $p=3\%$  ;  $Q=85\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為850  $\mu\text{m}$ 之Ga<sub>N</sub>晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將80 wt%之1000目金剛石研磨粒與20 wt%之三氧化二鉻 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 研磨粒的混合物以CR(氯丁二

烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為0%，橡膠硬度為50。與樣品13不同之處僅在於使用鉻之氧化物研磨粒。外周研削後外周部之加工變質層厚度 $d=2\text{ }\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為 $Ra\ 0.5\text{ }\mu\text{m}$ 。與樣品12相比 $d$ 較小，且外周部表面粗糙度亦較低。由於金剛石研磨粒之量較少，故而機械研削作用變弱， $d$ 減小且表面粗糙度亦較低。在氧化物研磨粒之作用下表面變得更平滑。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之氧濃度 $O=5\text{ at}\%$ ，此為樣品12之5倍、樣品13之1.7倍。由於倒角時使用氧化物研磨粒，因此氧濃度較高。根據樣品12、13比較可知， $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 之氧化效果大於 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。碎屑產生率 $p$ 為3%，與樣品12相比，碎屑產生率為 $1/8$ 。碎屑產生率減小係由於外周部存在有氧化物，此係使用氧化物研磨粒之優點。由於此時之氧量多於樣品13( $p=5\%$ )，從而可能使碎屑產生率減小。製作發光二極體後，製品良率 $Q=85\%$ ，此為優異之高良率。碎屑較少且製品良率較高，故最理想。

[樣品15( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ；30%； $d=2\text{ }\mu\text{m}$ ； $p=2\%$ ； $Q=84\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為 $850\text{ }\mu\text{m}$ 之GaIn晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將70 wt%之1000目金剛石研磨粒與30 wt%之 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 研磨粒的混合物以CR(氯丁二烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為0%，橡膠硬度為50。外周研削後外周部之加工變質層厚度 $d=2\text{ }\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為 $Ra\ 0.5\text{ }\mu\text{m}$ ，與樣品14大致相同。雖

均使用  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，但與樣品 13 相比， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  研磨粒為 30% 而金剛石研磨粒之量較少，因此機械研削作用變弱， $d$  減小且表面粗糙度亦較低。在柔軟之氧化物研磨粒之作用下，表面變得更平滑。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之氧濃度  $\text{O}=10 \text{ at}\%$ 。與使用  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  之樣品 13 相比，此時之氧濃度更高，其原因在於  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  研磨粒比率較多。碎屑產生率  $p$  為 2%。與未使用氧化物研磨粒之樣品 12 相比，碎屑產生率為 1/12。與使用氧化物研磨粒之樣品 13、14 相比，碎屑產生率亦較低。此係由於外周部氧濃度更高之緣故。由樣品 12~15 可知，使碎屑產生量減少者為晶圓外周部所含之氧化物。此係使用氧化物研磨粒之優點。製作發光二極體後，製品良率  $Q=84\%$ ，此為優異之高良率。碎屑產生率較低且製品良率較高，故最理想。

[樣品 16( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ；30%； $d=1.5 \mu\text{m}$ ； $p=3\%$ ； $Q=85\%$ )]

對直徑為 5 英吋、厚度為  $850 \mu\text{m}$  之 GaN 晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將 70 wt% 之 1000 目金剛石研磨粒與 30 wt% 之  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  研磨粒的混合物以 CR(氯丁二烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角 C)。孔隙率為 0%，橡膠硬度為 50。外周研削後外周部之加工變質層厚度  $d=1.5 \mu\text{m}$ ，表面粗糙度為  $R_a 0.5 \mu\text{m}$ 。與樣品 14 相比， $\text{Cr}_2\text{O}_3$  研磨粒比率較大，因此金剛石研磨粒比率減小，機械研削作用變弱，加工變質層厚度  $d$  減小。表面粗糙度  $R_a$  與樣品 14、15 相同。可知，表面粗糙度係由金剛石研磨粒與氧化物研磨

粒之比率而決定，並不取決於氧化物之種類。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之氧濃度  $O=15 \text{ at}\%$ 。與使用有 30% 之  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  之樣品 15 相比氧濃度更高，從而  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  之氧化效果可能大於  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。碎屑產生率  $p$  為 3%。製作發光二極體後，製品良率  $Q=85\%$ ，此為優異之高良率。碎屑產生率較低且製品良率較高，故最理想。將樣品 14、16 加以比較後， $\text{Cr}_2\text{O}_3$  研磨粒之比率分別為 20 wt%、30 wt% 而不相同，但  $p$ 、 $Q$  並未改變。 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  之添加量較好的是 20~30 wt%。

[樣品 17( $\text{MnO}_2$ ；40%； $d=1.5 \mu\text{m}$ ； $p=5\%$ ； $Q=80\%$ )]

對直徑為 5 英寸、厚度為 850  $\mu\text{m}$  之 GaN 晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將 60 wt% 之 1000 目金剛石研磨粒與 40 wt% 之二氧化錳  $\text{MnO}_2$  研磨粒的混合物以 CR(氯丁二烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角 C)。孔隙率為 0%，橡膠硬度為 50。外周研削後外周部之加工變質層厚度  $d=1.5 \mu\text{m}$ ，表面粗糙度為  $R_a 0.5 \mu\text{m}$ 。與樣品 12 相比，金剛石研磨粒比率減小，因此機械研削作用變弱，加工變質層厚度  $d$  減小。表面粗糙度  $R_a$  與樣品 13~16 相同。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之氧濃度  $O=20 \text{ at}\%$ 。由於使用包含 40% 之氧化物之研磨粒，故而氧濃度較高。碎屑產生率  $p$  為 5%。製作發光二極體後，製品良率  $Q=80\%$ ，此為優異之高良率。碎屑產生率較低且製品良率較

高，故而較好。由樣品 12~17 之結果可知，二氧化錳研磨粒亦可利用於外周研削研磨石。

[樣品 18( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ；60%； $d=1\text{ }\mu\text{m}$ ； $p=15\%$ ； $Q=61\%$ )]

對直徑為 5 英吋、厚度為  $850\text{ }\mu\text{m}$  之 GaN 晶圓進行背面研削 (A)、背面蝕刻 (B) 之後，使用將 40 wt% 之 1000 目金剛石研磨粒與 60 wt% 之  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  研磨粒的混合物以 CR(氯丁二烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角 C)。孔隙率為 0%，橡膠硬度為 50。外周研削後外周部之加工變質層厚度  $d=1\text{ }\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為  $R_a\text{ }0.5\text{ }\mu\text{m}$ 。與樣品 13、15 同樣使用  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，但該此時之  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  研磨粒較多，金剛石研磨粒之量較少。因此機械研削作用變弱， $d$  減小。倒角之後進行表面研削 (D)、表面研磨 (E)，且進行表面蝕刻 (F) 以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之氧濃度  $O=25\text{ at}\%$ ，與樣品 13、15 相比氧濃度較高，此係由於  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  研磨粒比率較大的緣故。碎屑產生率  $p$  為 15%。製作發光二極體後，製品良率  $Q=61\%$ ，此並非高良率。碎屑產生率較高 ( $p=15\%$ ) 且製品良率較低 ( $Q=61\%$ )，故不合格。樣品 18 顯示，外周部之氧濃度過高時，反而會使碎屑產生率增加、製品良率下降。由樣品 12~18 之結果可知，為使碎屑產生率  $p$  為 5% 以下且製品良率為 70% 以上，要讓外周部氧量  $O$  為 3 at%~20 at%。為使碎屑產生率  $p$  為 5% 以下且製品良率為 80% 以上，要讓外周部氧量  $O=5\text{ at}\%\sim 20\text{ at}\%$ 。其結果為，氧量與氧化物研磨粒之調配比間之關係根據氧化物之種類而不同，但氧化物研磨粒為 20~40 wt% 時對減少碎屑較為有效。

觀察圖 17 可知，安裝於倒角研磨石上之氧化物研磨粒越多，則晶圓外周部之氧量越增加。由樣品 13 與 14 之比較以及樣品 15 與 16 之比較可知，即便於相同重量比時，使用  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  時之殘存氧量多於  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。本發明者認為，鉻氧化物比鐵氧化物富有反應性，且鉻氧化物之硬度高於鐵氧化物，故研削時之影響較大。

觀察圖 18 可知，氧化物之比率越減少(金剛石之比率越增多)，則加工變質層厚度  $d$  越增大。金剛石之機械作用強烈地發揮功能而使  $d$  增大。並且可知，氧化物使金剛石之機械破壞力得到緩和。

觀察圖 19 可知，在氧化物比率為 20 wt%~40 wt% 時，可將碎屑抑制為 5% 以下。當僅為金剛石研磨粒(樣品 12)時，產生碎屑之頻率特別高。

觀察圖 28 可知，在氧量為 3 at%~20 at% 時，可將碎屑抑制於 5% 以下。對於僅使用金剛石研磨粒進行加工而氧量較少為 1 at% 的樣品 12 之情形，產生碎屑之頻率特別高。

觀察圖 20 可知，在氧化物比率為 20 wt%~40 wt% 時，可使元件良率達到 78% 以上。

觀察圖 29 可知，在氧量為 3 at%~20 at% 時，可使元件良率達到 78% 以上。

#### [實施例 4]

[實施例 4；樣品 19~26；表 3；圖 21、22、23、30、31]

關於 GaN 晶圓外周研削可知，就龜裂產生率及製品良率之觀點而言，較好的是加工變質層厚度  $d=0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ ，特別

好的是 $d=1\ \mu\text{m}\sim 3\ \mu\text{m}$ ，並且橡膠結合研磨石較為適合。且可知用以減少碎屑、提高良率之理想的外周部氧濃度 $O$ 為 $3\ \text{at\%}\sim 20\ \text{at\%}$ 。亦可知為了增大外周部之氧濃度，較好的是於研磨石中混合氧化物研磨粒。

[表 3]

|          |                 |         |               | 樣品<br>19 | 樣品<br>20                | 樣品<br>21                | 樣品<br>22     | 樣品23         | 樣品24         | 樣品25 | 樣品26 |
|----------|-----------------|---------|---------------|----------|-------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|------|------|
| 外周<br>加工 | 結合劑             | 種類      |               | 橡膠       | 橡膠                      | 橡膠                      | 橡膠           | 橡膠           | 橡膠           | 金屬   | 電鍍   |
|          |                 | 材質      |               | CR       | CR                      | CR                      | CR           | CR           | CR           | Fe   | Ni   |
|          |                 | 橡膠硬度    |               | 55       | 55                      | 55                      | 55           | 55           | 55           | -    | -    |
|          |                 | 孔隙率     | 體積%           | 0%       | 0%                      | 0%                      | 0%           | 0%           | 0%           | 0%   | 0%   |
|          | 研磨粒             | 金剛石     | 目數            | 600      | 600                     | 600                     | 600          | 600          | 600          | 1500 | 1500 |
|          |                 | 氧化物     |               | -        | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{Cr}_2\text{O}_3$ | $\text{ZnO}$ | $\text{CuO}$ | $\text{CuO}$ | -    | -    |
|          |                 | 氧化物量    | 重量%           | -        | 20                      | 20                      | 20           | 20           | 50           | -    | -    |
| 基板<br>特性 | 加工變<br>質層 $d$   |         | $\mu\text{m}$ | 9        | 7                       | 7                       | 7            | 7            | 5            | 12   | 14   |
|          | 表面粗<br>糙度 $R_a$ |         | $\mu\text{m}$ | 4        | 2                       | 2                       | 2            | 2            | 2            | 4    | 4    |
|          | 組成              | 金屬量 $m$ | $\text{at\%}$ | 0        | 0.1                     | 0.2                     | 3            | 5            | 8            | 10   | 12   |
|          | 碎屑              | 產生率 $p$ | %             | 22       | 8                       | 4                       | 7            | 15           | 15           | 25   | 30   |
| 元件       | 良率 $Q$          |         | %             | 90       | 92                      | 90                      | 88           | 85           | 65           | 35   | 22   |

對於樣品19~26，使用氧化物之量及種類改變後之研磨石進行倒角，檢查晶圓外周上可容許存在多少金屬雜質。表3中之所謂金屬量係指倒角後樣品之外周部之金屬量。

圖21係表示樣品19~26之外周部加工變質層厚度 $d$ 與外周部金屬量 $m(\text{at\%})$ 間的關係之圖表。虛線 $d=10\ \mu\text{m}$ 表示本發明之臨界值。

圖22係表示樣品19~26之外周部加工變質層厚度 $d$ 與碎屑產

生率  $p(\%)$  間的關係之圖表。虛線  $d=10\text{ }\mu\text{m}$  表示本發明之臨界值。

圖 23 係表示樣品 19~26 之外周部加工變質層厚度  $d$  與元件良率  $Q(\%)$  間的關係之圖表。虛線  $d=10\text{ }\mu\text{m}$  表示本發明之臨界值。圖 30 係表示樣品 19~26 之外周部金屬量  $m$  與碎屑產生率  $p(\%)$  間的關係之圖表。圖 31 係表示樣品 19~26 之外周部金屬量  $m$  與元件良率  $Q(\%)$  間的關係之圖表。

[樣品 19(無氧化物；0%； $d=9\text{ }\mu\text{m}$ ； $p=22\%$ ； $Q=90\%$ )]

對與以上相同之直徑為 5 英吋、厚度為  $850\text{ }\mu\text{m}$  之 GaN 晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將 600 目金剛石研磨粒以 CR(氯丁二烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角 C)。孔隙率為 0%，橡膠硬度為 55。外周研削後外周部之加工變質層厚度  $d=9\text{ }\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為  $Ra\ 4\text{ }\mu\text{m}$ 。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之金屬濃度  $m=0\text{ at}\%$ 。因未使用金屬氧化物，故無金屬雜質混入。碎屑產生率  $p$  為 22%，此 22% 之晶圓無用。製作發光二極體後，製品良率  $Q=90\%$ ，此良率較好，但於其前一階段中之平面研削時之碎屑產生率較高，故並不理想。本發明者認為，由於金剛石研磨粒之粒徑相對較大，因此機械衝擊表現強烈，導致產生內在損傷。

[樣品 20( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ；0.1%； $d=7\text{ }\mu\text{m}$ ； $p=8\%$ ； $Q=92\%$ )]

對直徑為 5 英吋、厚度為  $850\text{ }\mu\text{m}$  之 GaN 晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將 80 wt% 之 600 目金剛石研磨

粒、與 20 wt%之 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 研磨粒混合所組成之研磨粒以CR(氯丁二烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為0%，橡膠硬度為55。外周研削後外周部之加工變質層厚度 $d=7\text{ }\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為 $Ra\ 2\text{ }\mu\text{m}$ 。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之金屬濃度 $m=0.1\text{ at}\%$ 。碎屑產生率 $p$ 為8%，此為可接受之值。製作發光二極體後，製品良率 $Q=92\%$ 。碎屑產生率 $p$ 較低且良率 $Q$ 亦較高，故此合格。因使用鐵氧化物，故而於外周殘留有0.1 at%之鐵(Fe)。金屬或氧之存在使 $d$ 減小且使 $p$ 降低，認為其係由於金屬、氧自身可強化結晶，且可緩和倒角時之內在損傷。

[樣品 21( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ；0.2%； $d=7\text{ }\mu\text{m}$ ； $p=4\%$ ； $Q=90\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為850  $\mu\text{m}$ 之Ga<sub>2</sub>N晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將80 wt%之600目金剛石研磨粒、與20 wt%之 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 研磨粒混合所組成之研磨粒以CR(氯丁二烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為0%，橡膠硬度為55。外周研削後外周部之加工變質層厚度 $d=7\text{ }\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為 $Ra\ 2\text{ }\mu\text{m}$ 。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之金屬濃度 $m=0.2\text{ at}\%$ 。碎屑產生率 $p$ 為4%，此為可接受之值。製作發光二極體後，製品良率 $Q=90\%$ 。碎屑產生率 $p$ 較低且良率 $Q$ 亦較高，故此合格。因使用氧化鉻，故而於外周殘留有0.2

at%之鉻(Cr)。金屬、氧之殘留使p降低且使d減小，認為氧、金屬之存在可強化結晶構造，且可緩和倒角時之內在損傷。

[樣品 22(ZnO；3%；d=7  $\mu\text{m}$ ；p=7%；Q=88%)]

對直徑為5英吋、厚度為850  $\mu\text{m}$ 之Ga<sub>2</sub>N晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將80 wt%之600目金剛石研磨粒、與20 wt%之ZnO研磨粒混合所組成之研磨粒以CR(氯丁二烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為0%，橡膠硬度為55。外周研削後外周部之加工變質層厚度d=7  $\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為Ra 2  $\mu\text{m}$ 。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之金屬濃度m=3 at%。碎屑產生率p為7%。此為可接受之值。製作發光二極體後，製品良率Q=88%。碎屑產生率p較低且良率Q亦較高，故此合格。因使用氧化鋅，故而於外周殘留有3 at%之鋅(Zn)。鋅、氧之存在使得p及d減小，認為氧、金屬之存在可強化結晶構造，且可緩和倒角時之內在損傷。

[樣品 23(CuO；5%；d=7  $\mu\text{m}$ ；p=15%；Q=85%)]

對直徑為5英吋、厚度為850  $\mu\text{m}$ 之Ga<sub>2</sub>N晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將80 wt%之600目金剛石研磨粒、與20 wt%之CuO研磨粒混合所組成之研磨粒以CR(氯丁二烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為0%，橡膠硬度為55。外周研削後外周部之加工變質層厚度d=7  $\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為Ra 2  $\mu\text{m}$ 。倒角之後進行表

面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之金屬濃度 $m=5$  at%。碎屑產生率 $p$ 為15%。製作發光二極體後，製品良率 $Q=85\%$ 。儘管不可說此時之碎屑產生率 $p$ 較低，但良率 $Q$ 較高，因而可容許此情形。

於外周殘留有5 at%之銅(Cu)。金屬、氧之存在使得 $p$ 降低且使 $d$ 減小，認為氧、金屬之殘存可強化結晶構造，且可緩和倒角時之內在損傷。將樣品20~23加以比較後，儘管氧化物之比率同樣為20 wt%，但殘存金屬量 $m$ 以Cu(5 at%)、Zn(3 at%)、Cr(0.2 at%)、Fe(0.1 at%)之順序增多，此係化學反應之反應性、研磨粒之硬度、清洗時之去除容易性的影響所致。

[樣品24(CuO；8%； $d=5\text{ }\mu\text{m}$ ； $p=15\%$ ； $Q=65\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為850  $\mu\text{m}$ 之Ga<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將50 wt%之600目金剛石研磨粒、與50 wt%之CuO研磨粒混合所組成之研磨粒以CR(氯丁二烯橡膠)固定於底盤上之研磨石來進行外周研削(倒角C)。孔隙率為0%，橡膠硬度為55。外周研削後外周部之加工變質層厚度 $d=5\text{ }\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為 $R_a\ 2\text{ }\mu\text{m}$ 。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之金屬濃度 $m=8$  at%。碎屑產生率 $p$ 為15%。製作發光二極體後，製品良率 $Q=65\%$ 。碎屑產生率 $p$ 較高且良率 $Q$ 較低，故此不適合。由於在含有50%之CuO時雜質會增加，故而元件良率可能會下

降。使碎屑產生率  $p$  為最小之金屬量  $m=0.2 \text{ at\%}$ ，使良率  $Q$  為最大之金屬量  $m=0.1$ 。金屬量並非越多越好，較好的是  $m=0.1\sim 5 \text{ at\%}$ ，更好的是  $m=0.1\sim 3 \text{ at\%}$ 。

將樣品 19~23 加以比較後可知，與僅為金剛石研磨粒之研磨石相比，使用含有適當量之氧化物的研磨石進行外周研削時可減小後續步驟中之碎屑產生率。

由於金屬存在於外周，從而可能防止碎屑。製品良率不變。

對於金剛石研磨粒為 100% 之樣品 19 中， $d=9 \text{ }\mu\text{m}$ ，對於金剛石研磨粒之比率為 80% 之樣品 20~23 中， $d=7 \text{ }\mu\text{m}$ ，據此可知加工變質層厚度  $d$  係由金剛石研磨粒之分量所決定。

[樣品 25(無氧化物；10%； $d=12 \text{ }\mu\text{m}$ ； $p=25\%$ ； $Q=35\%$ )]

對直徑為 5 英吋、厚度為  $850 \text{ }\mu\text{m}$  之 GaN 晶圓進行背面研削 (A)、背面蝕刻 (B) 之後，使用將 100 wt% 之 1500 目金剛石研磨粒以鐵 (Fe) 系結合材料固定於底盤上的金屬結合劑研磨石來進行外周研削 (倒角 C)。外周研削後外周部之加工變質層厚度  $d=12 \text{ }\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為  $Ra4 \text{ }\mu\text{m}$ 。加工變質層厚度  $d$ 、表面粗糙度較大之原因係由於金剛石之比率較高，且使用金屬結合劑之緣故。倒角之後進行表面研削 (D)、表面研磨 (E)，且進行表面蝕刻 (F) 以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之金屬濃度  $m=10 \text{ at\%}$ 。儘管無氧化物研磨粒，但結合材料為鐵，因此於外周部殘留有 10 at% 之鐵。碎屑產生率  $p$  為 25%。製作發光二極體後，製品良率  $Q=35\%$ 。碎屑產生率  $p$  較高且良率  $Q$  較低，故此並不適合。

碎屑產生率較高且良率較低之原因係由於加工變質層 $d$ 過厚( $d=12\text{ }\mu\text{m}$ )、以及金屬濃度過高(10 at%)，而加工變質層 $d$ 過厚以及金屬濃度過高之原因在於金屬結合劑，因而金屬結合劑研磨石並不適合。

[樣品 26(無氧化物；12%； $d=14\text{ }\mu\text{m}$ ； $p=30\%$ ； $Q=22\%$ )]

對直徑為5英吋、厚度為 $850\text{ }\mu\text{m}$ 之Ga<sub>2</sub>N晶圓進行背面研削(A)、背面蝕刻(B)之後，使用將1500目金剛石研磨粒藉由使用有鎳之電鍍而固定於底盤上的電鍍研磨石來進行外周研削(倒角C)。外周研削後外周部之加工變質層厚度 $d=14\text{ }\mu\text{m}$ ，表面粗糙度為 $R_a\text{ }4\text{ }\mu\text{m}$ 。加工變質層厚度 $d$ 、表面粗糙度較大之原因係由於金剛石之比率較高且剛性較高之電鍍研磨石之緣故。倒角之後進行表面研削(D)、表面研磨(E)，且進行表面蝕刻(F)以去除表面之加工變質層，使表面變得平滑。晶圓外周部之金屬濃度 $m=12\text{ at}\%$ 。儘管無氧化物研磨粒，但使用鎳進行電鍍，因此一部分鎳被削除而有12 at%之鎳殘留於外周部。碎屑產生率 $p$ 為30%。製作發光二極體後，製品良率 $Q=22\%$ 。碎屑產生率 $p$ 較高且良率 $Q$ 較低，故此並不適合。碎屑產生率較高且良率較低之原因係由於加工變質層 $d$ 過厚( $d=14\text{ }\mu\text{m}$ )以及金屬濃度過高(12 at%)，而加工變質層 $d$ 過厚以及金屬濃度過高之原因在於使用有電鍍研磨石之加工，因而電鍍研磨石並不適合。

由樣品19~26可知，為使碎屑產生率達到15%以下、製品良率達到80%以上，要讓加工變質層為 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下且金屬量 $m$ 為0.1~5 at%。若 $m=0.1\sim 3\text{ at}\%$ ，則可使碎屑達到8%以下，良

率達到88%以上。

圖24係表示全部樣品1~26之加工變質層厚度 $d(\mu\text{m})$ 與外周部表面粗糙度 $Ra(\mu\text{m})$ 間的關係。

$d$ 變大時表面粗糙度亦變大。若金剛石研磨粒較粗且氧化物比率較小，則物理作用變強，因此 $d$ 變大，且表面粗糙度亦變大。因此 $d$ 與 $Ra$ 大體上成比例地增減。

但是，除 $d$ 與 $Ra$ 成比例之主要系列以外，亦存在如樣品10、11之脫離比例關係者。其係指使用如金屬結合劑研磨石、電鍍研磨石之類的結合劑之剛性較高者時，即便表面粗糙度變低，加工變質層 $d$ 亦會變厚。

金屬結合劑、電鍍研磨石不適於Ga<sub>2</sub>N晶圓之倒角。可知，與外周部表面粗糙度 $Ra$ 相比，加工變質層厚度 $d$ 更適合用以判斷倒角加工之良否。圖30係表示樣品19~26之外周部金屬量 $m(\text{at}\%)$ 與碎屑產生率 $p(\%)$ 間的關係。若金屬量為0.1 at%~5 at%，則可使碎屑產生率 $p$ 達到15%以下。圖31係表示樣品19~26之外周部金屬量(at%)與元件良率 $Q(\%)$ 間的關係。若外周部之金屬量為0~5 at%，則可使元件良率 $Q$ 達到85%以上。

### 【圖式簡單說明】

圖1係表示由在底層基板上進行氣相成長且將底層基板去除後的成長態之氮化物半導體圓形結晶來製造鏡面晶圓之步驟的步驟圖。

圖2係表示對於Ga<sub>2</sub>N晶圓之加工變質層之厚度 $d$ 與晶圓之翹曲 $U$ 間的關係之實驗結果之圖表。橫軸為以對數表示之外周

部加工變質層之厚度( $d: \mu\text{m}$ )，縱軸為翹曲 $U(\mu\text{m})$ 。

圖3係表示GaN晶圓之外周部加工變質層之厚度 $d$ 、與基板製作製程良率 $Y$ (實線)及龜裂產生率 $C$ (虛線)之測定結果的圖表。橫軸為以對數表示之外周部加工變質層之厚度( $d: \mu\text{m}$ )，右縱軸為龜裂產生率 $C(\%)$ ，左縱軸為基板製作製程良率 $Y(\%)$ 。

圖4係表示對於GaN晶圓之外周部加工變質層之厚度 $d$ 與晶圓上所製作之元件之面內良率 $Q$ 間的關係之測定結果之圖表。橫軸為以對數表示之外周部加工變質層之厚度( $d: \mu\text{m}$ )，縱軸為元件面內良率 $Q(\%)$ 。

圖5係利用本發明之方法所製造的外周部上具有厚度為 $0.5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 、更好的是 $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ 之加工變質層之GaN晶圓的剖面圖。

圖6係利用本發明之方法所製造的外周部上具有厚度為 $0.5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 、更好的是 $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ 之加工變質層，且側面上亦具有加工變質層之GaN晶圓的剖面圖。

圖7係利用本發明之方法所製造的外周部上具有厚度為 $0.5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 、更好的是 $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ 之加工變質層，且側面之加工變質層被完全去除之GaN晶圓的剖面圖。

圖8係利用本發明之方法所製造的外周部上具有厚度為 $0.5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 、更好的是 $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ 之加工變質層，且側面上亦具有加工變質層之GaN晶圓的剖面圖。

圖9係表示利用橡膠研磨石使晶圓之外周部(包含側面)形成為圓形之倒角加工的剖面圖。

圖10係表示利用橡膠研磨石使晶圓之外周部形成為傾斜面之倒角加工的剖面圖。

圖11係表示由日本專利特開2004-319951(日本專利特願2003-275935)所提出之倒角加工裝置之立體圖，該倒角加工裝置係藉由使GaN晶圓之外周部與膠帶砂輪之長度方向大範圍地接觸並使晶圓旋轉而研磨外周部。

圖12係表示由日本專利特開2004-319951(日本專利特願2003-275935)所提出之倒角加工裝置之剖面圖，該倒角加工裝置係藉由使GaN晶圓之外周部與膠帶研磨石之長度方向大範圍地接觸並使晶圓旋轉而研磨外周部。

圖13係表示藉由放置於水平面上之直徑D之晶圓W之中心的高度U來定義翹曲的剖面圖。

圖14係表示樣品1~11之加工變質層厚度 $d(\mu\text{m})$ 與晶圓翹曲 $U(\mu\text{m})$ 間的關係之圖表，數字為樣品編號。○為合格之樣品，×為不合格之樣品(以下相同)。

圖15係表示樣品1~11之加工變質層厚度 $d(\mu\text{m})$ 與龜裂產生率 $C(\%)$ 間的關係之圖表。數字為樣品編號。

圖16係表示樣品1~11之加工變質層厚度 $d(\mu\text{m})$ 與元件良率 $Q(\%)$ 間的關係之圖表。數字為樣品編號。

圖17係表示樣品12~18之氧化物研磨粒比率(wt%)與晶圓外周部氧量 $O(\text{at}\%)$ 間的關係之圖表。氧化物研磨粒比率+金剛石研磨粒比率=100%。

圖18係表示樣品12~18之氧化物研磨粒比率(wt%)與晶圓外周部加工變質層厚度 $d(\mu\text{m})$ 間的關係之圖表。

圖 19 係表示樣品 12~18 之氧化物研磨粒比率 (wt%) 與碎屑產生率  $p(\%)$  間的關係之圖表。

圖 20 係表示樣品 12~18 之氧化物研磨粒比率 (wt%) 與元件良率  $Q(\%)$  間的關係之圖表。

圖 21 係表示樣品 19~26 之加工變質層厚度  $d(\mu\text{m})$  與晶圓外周部金屬量  $m(\text{at}\%)$  間的關係之圖表。

圖 22 係表示樣品 19~26 之加工變質層厚度  $d(\mu\text{m})$  與碎屑產生率  $p(\%)$  間的關係之圖表。

圖 23 係表示樣品 19~26 之加工變質層厚度  $d(\mu\text{m})$  與元件良率  $Q(\%)$  間的關係之圖表。

圖 24 係表示樣品 1~26 之加工變質層厚度  $d(\mu\text{m})$  與外周部表面粗糙度  $Ra(\mu\text{m})$  間的關係之圖表。

圖 25 係為了製作發光元件而於本發明之氮化鎵晶圓上使  $n\text{-GaN}$  薄膜、 $n\text{-AlGaIn}$  薄膜、發光層、 $p\text{-AlGaIn}$  薄膜、 $p\text{-GaIn}$  薄膜磊晶成長所成之磊晶晶圓之剖面圖。

圖 26 係為了製作發光元件而於本發明之氮化鎵晶圓上使  $\text{GaInN}$  膜、 $\text{AlGaIn}$  薄膜、 $\text{GaInN}$  薄膜磊晶成長，且形成有  $p$  側電極及  $n$  側電極之元件之 1 單元之剖面圖。

圖 27 係利用  $\text{AuSn}$  焊料將元件晶片以倒裝 ( $p$  側在下， $n$  側在上) 之方式固定於封裝之底座上，且用金屬線將  $n$  側電極連接於引線接腳所成的發光元件之縱剖面圖。

圖 28 係表示樣品 12~18 之晶圓外周部之氧量  $O(\text{at}\%)$  與碎屑產生率  $p(\%)$  間的關係之圖表。

圖 29 係表示樣品 12~18 之晶圓外周部之氧量  $O(\text{at}\%)$  與元件

良率  $Q(\%)$  間的關係之圖表。

圖 30 係表示樣品 19~26 之晶圓外周部之金屬量  $m(\text{at}\%)$  與碎屑產生率  $p(\%)$  間的關係之圖表。

圖 31 係表示樣品 19~26 之晶圓外周部之金屬量  $m(\text{at}\%)$  與元件良率  $Q(\%)$  間的關係之圖表。

### 【主要元件符號說明】

|   |                 |
|---|-----------------|
| C | 龜裂產生率           |
| d | 外周部加工變質層厚度      |
| D | 晶圓直徑            |
| E | 外周部             |
| G | 橡膠研磨石           |
| H | 橡膠研磨石           |
| M | 加工變質層           |
| m | 外周部金屬量          |
| O | 外周部氧量           |
| p | 碎屑產生率           |
| Q | 元件面內良率          |
| S | 側面              |
| T | 膠帶研磨石           |
| U | 翹曲(相對於周邊部之中心高度) |
| W | 晶圓              |
| Y | 基板製作製程良率        |

## 七、申請專利範圍：

1. 一種氮化物半導體晶圓之加工方法，其特徵在於：

對氮化物半導體晶圓之背面進行平面加工，將所產生之背面加工變質層藉由蝕刻而去除，並使用金剛石研磨石來研削晶圓之外周部，再對表面進行平面加工，所產生之表面加工變質層藉由氣相蝕刻而去除，使晶圓之外周部殘存有厚度為  $0.5\ \mu\text{m}$ ~ $10\ \mu\text{m}$  之加工變質層。

2. 一種氮化物半導體晶圓之加工方法，其特徵在於包括以下步驟：

將氮化物半導體結晶塊切斷以切下晶圓；

將背面所產生之加工變質層藉由蝕刻而去除；

使用金剛石研磨石來研削晶圓之外周部；

對表面進行平面加工；以及

將表面所產生之表面加工變質層藉由氣相蝕刻而去除；

使晶圓之外周部殘存有厚度為  $0.5\ \mu\text{m}$ ~ $10\ \mu\text{m}$  之加工變質層。

3. 如請求項 1 或 2 之氮化物半導體晶圓之加工方法，其中上述金剛石研磨石係以橡膠或發泡樹脂作為結合材料而將 3000 目~600 目、且 100 wt%~60 wt% 之金剛石研磨粒、及 0 wt%~40 wt% 之氧化物研磨粒以合計 100 wt% 之方式固定於底盤上的研磨石。
4. 如請求項 3 之氮化物半導體晶圓之加工方法，其中氧化物研磨粒為  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{Co}_3\text{O}_4$ 、

$\text{Fe}_3\text{O}_4$ 中之任一者。

5. 一種氮化物半導體晶圓之加工方法，其特徵在於：

對氮化鎵晶圓之背面進行研削，藉此於晶圓背面產生加工變質層，使用 $\text{KOH}$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 中之任一種溶液將背面加工變質層進行蝕刻去除，利用橡膠研磨石來對氮化鎵晶圓之外周部進行倒角加工，藉此於晶圓之外周部上產生加工變質層，再對氮化鎵晶圓之表面進行研削，藉此於晶圓表面上產生加工變質層，並使用較粗之研磨粒來對晶圓表面進行粗研磨，然後使用較細之研磨粒進一步進行精密修飾研磨，並不完全去除外周部加工變質層，而係使其殘存 $1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 。

6. 一種氮化物半導體晶圓，其特徵在於：外周部具有倒角部，外周倒角部之加工變質層之厚度為 $0.5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 。
7. 如請求項6之氮化物半導體晶圓，其中外周部之倒角部之表面粗糙度為 $\text{Ra } 0.07\text{ }\mu\text{m}\sim \text{Ra } 3\text{ }\mu\text{m}$ 。
8. 如請求項6或7中任一項之氮化物半導體晶圓，其中外周部之倒角部中的氧量為 $3\text{ at}\%\sim 20\text{ at}\%$ 。
9. 如請求項8之氮化物半導體晶圓，其中外周部之倒角部中的金屬量為 $0.1\text{ at}\%\sim 5\text{ at}\%$ 。
10. 一種氮化物半導體晶圓，其特徵在於：外周部具有由橡膠研磨石所形成之倒角部，且外周部之倒角部具有厚度為 $1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 之加工變質層。
11. 一種氮化物半導體元件之製造方法，其特徵在於：藉由於請求項6至10中任一項之氮化物半導體晶圓上使氮化

物半導體薄膜磊晶成長，並形成電極，再進行晶片分離而製作。

12. 一種氮化物半導體元件，其特徵在於：具備於請求項6至10中任一項之氮化物半導體晶圓上磊晶成長而成之氮化物半導體薄膜、以及電極。

八、圖式：

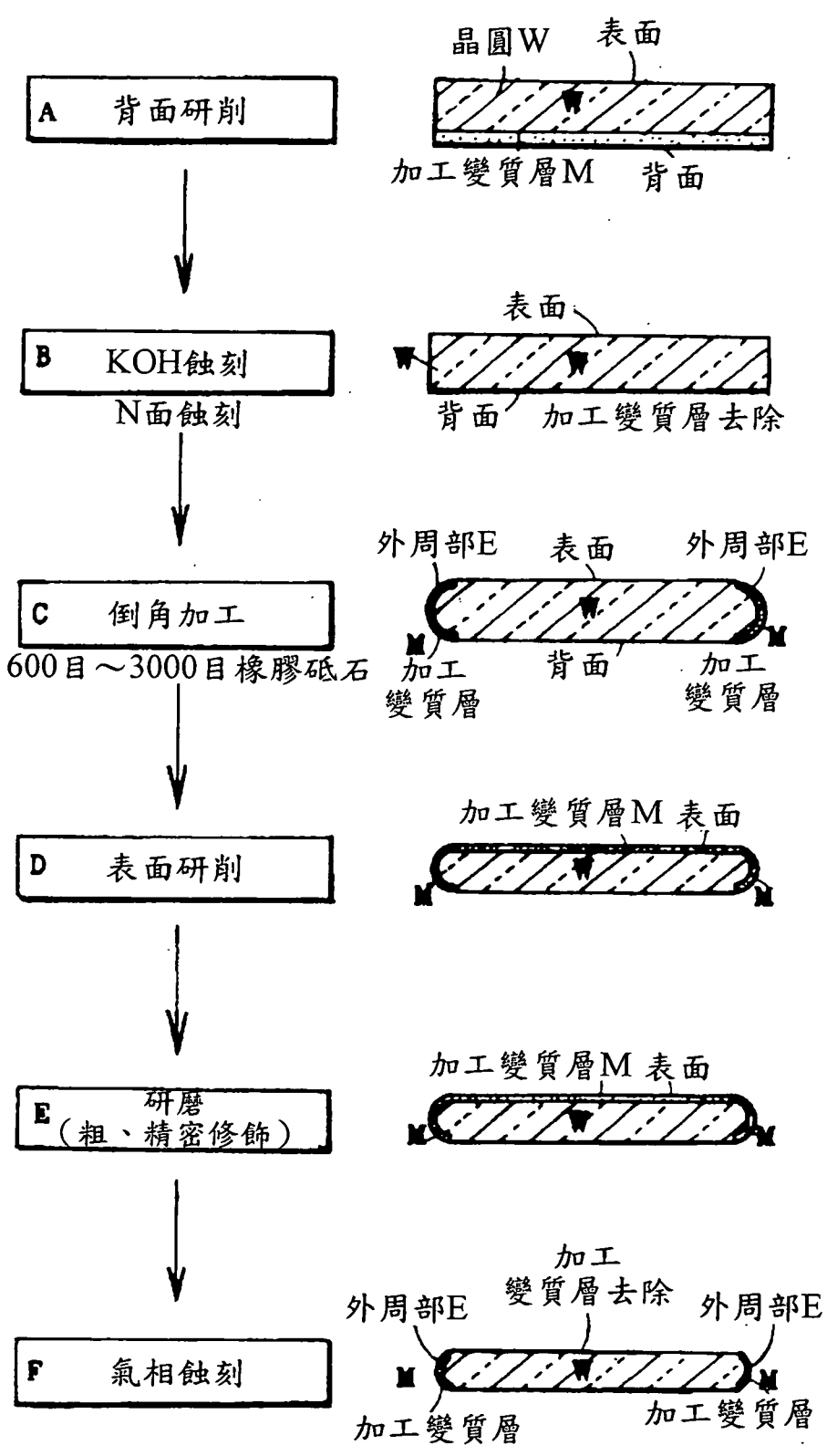


圖 1

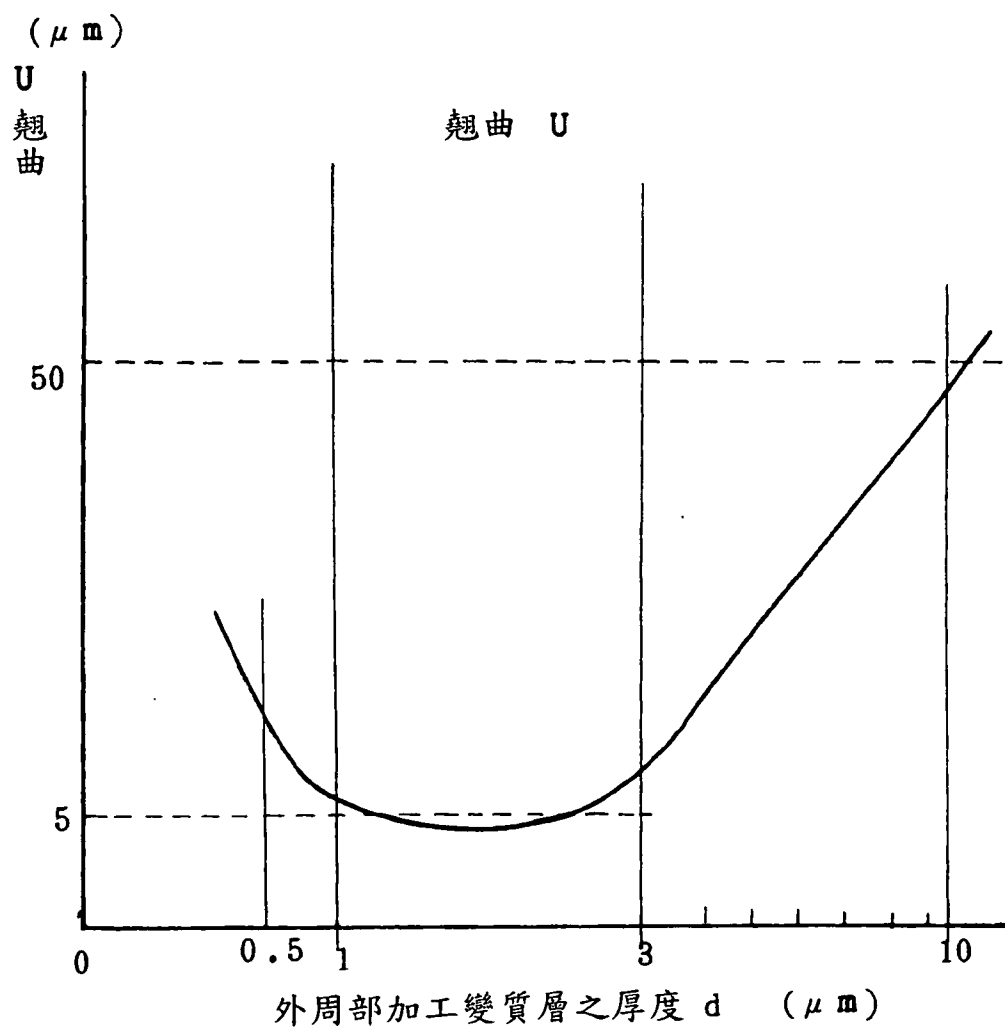


圖2

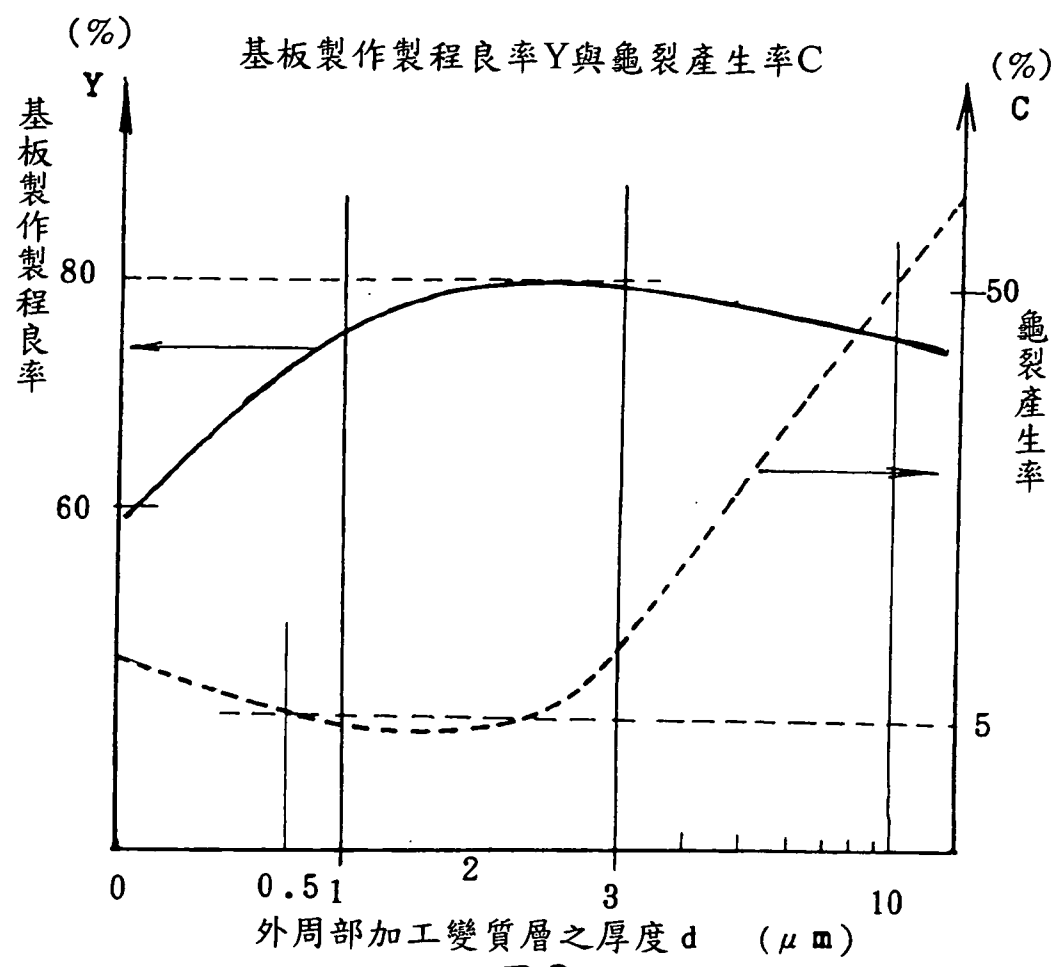


圖3

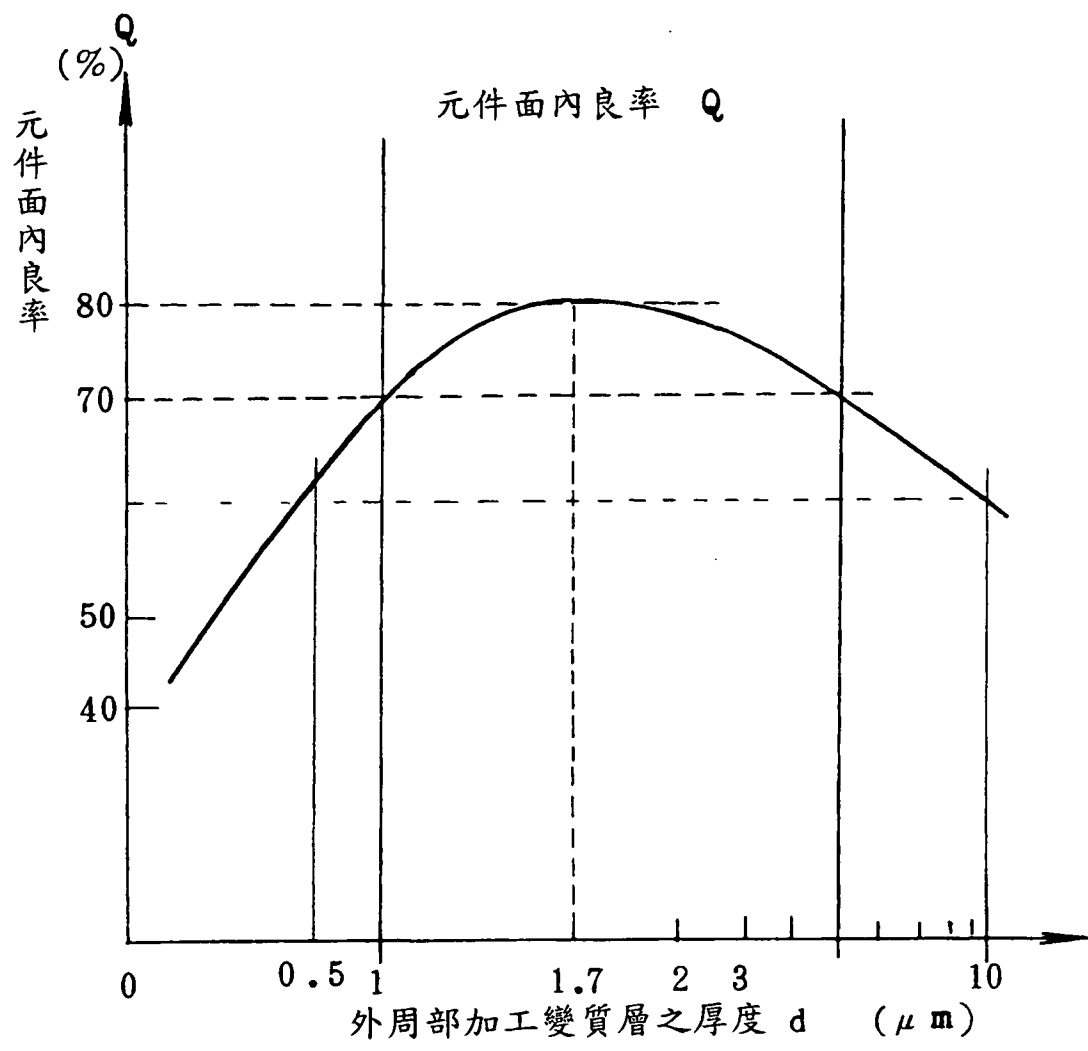


圖4

0.5  $\mu\text{m}$  ~ 10  $\mu\text{m}$  ,  
更好的是 1  $\mu\text{m}$  ~ 3  $\mu\text{m}$

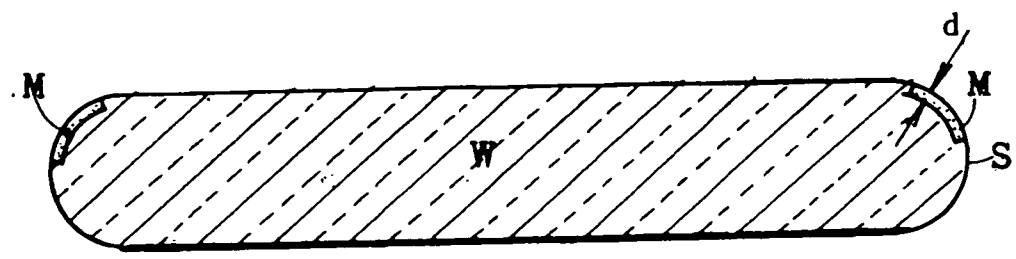


圖5

0.5  $\mu\text{m}$  ~ 10  $\mu\text{m}$  ,  
更好的是 1  $\mu\text{m}$  ~ 3  $\mu\text{m}$

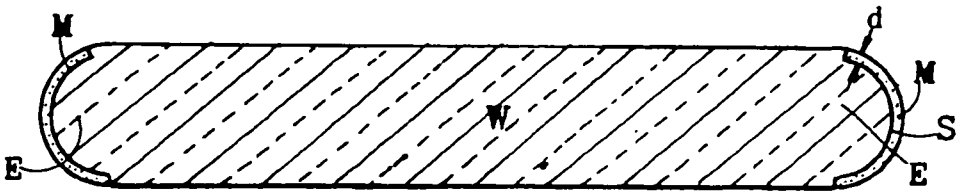


圖 6

0.5  $\mu\text{m}$  ~ 10  $\mu\text{m}$  ,  
更好的是 1  $\mu\text{m}$  ~ 3  $\mu\text{m}$

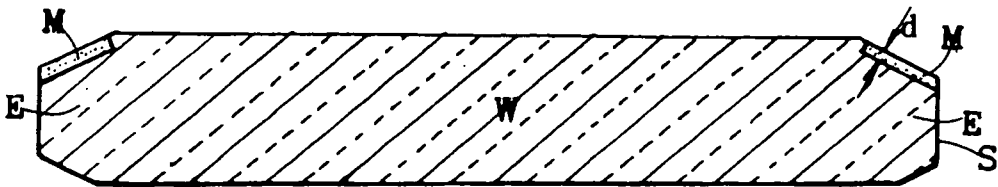


圖 7

0.5  $\mu\text{m}$  ~ 10  $\mu\text{m}$  ,  
更好的是 1  $\mu\text{m}$  ~ 3  $\mu\text{m}$

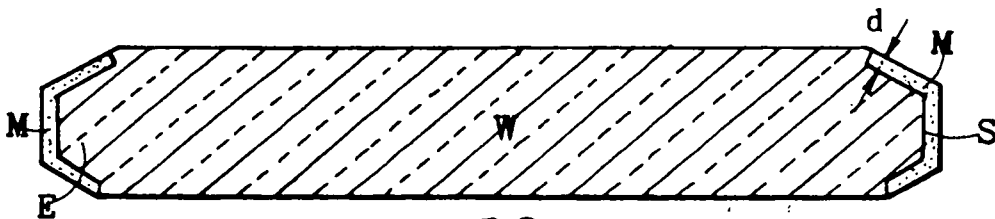


圖 8

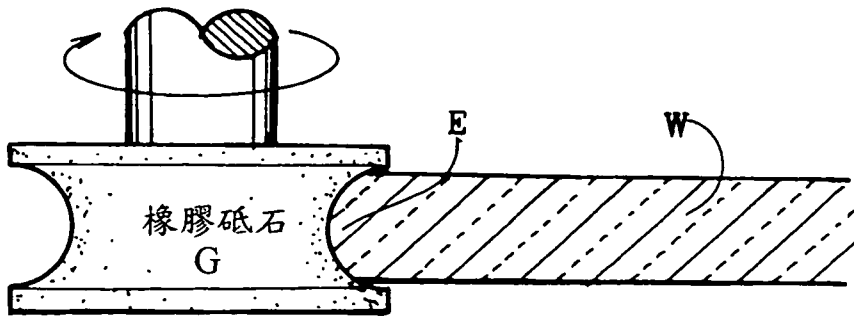


圖 9

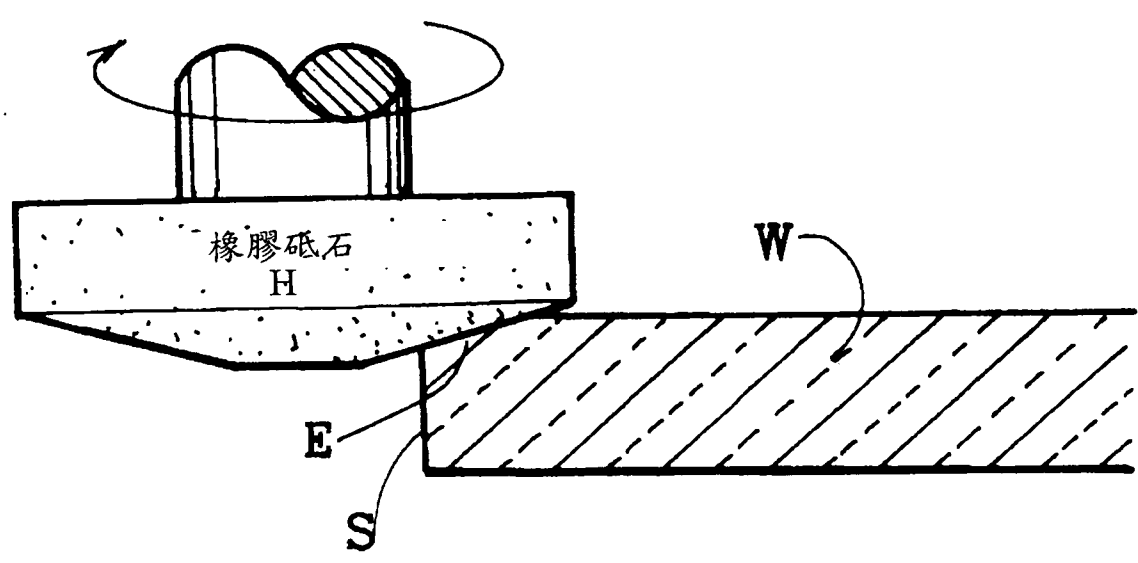


圖10

日本專利特開2004-319951

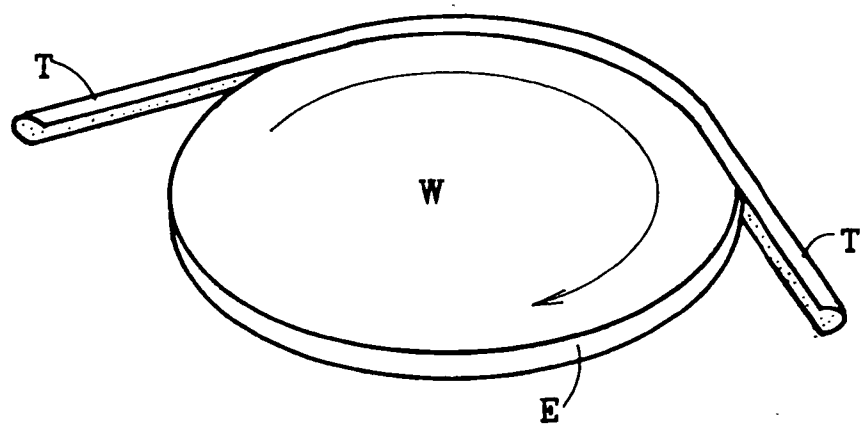


圖11

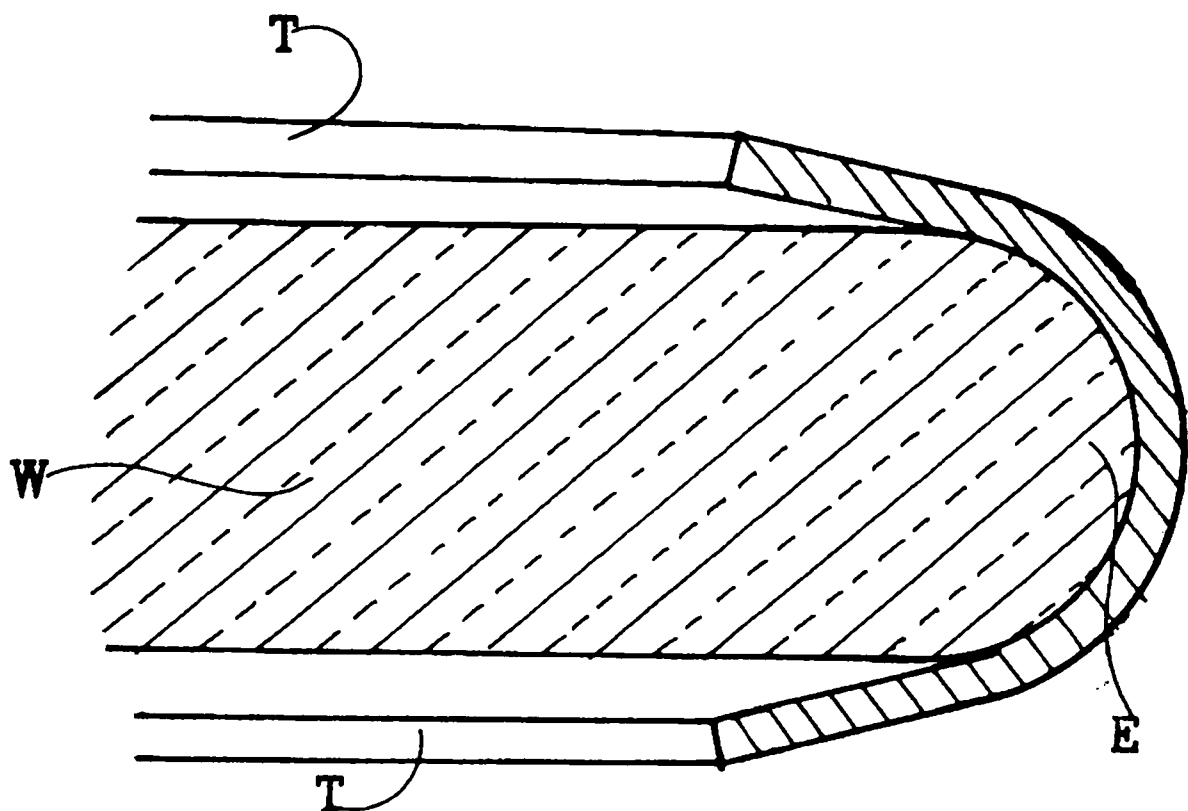


圖 12

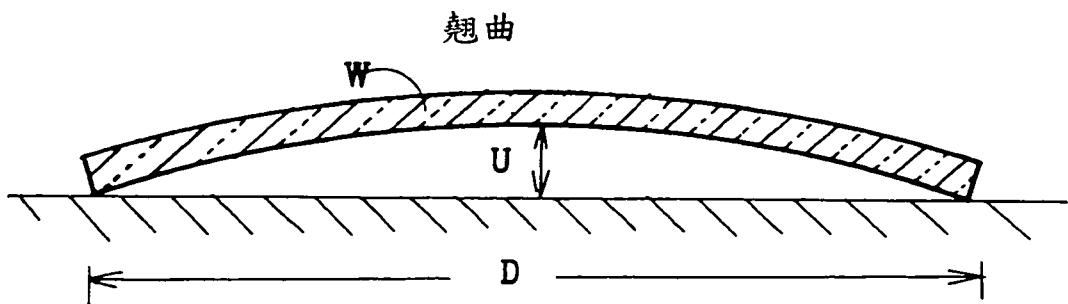


圖 13

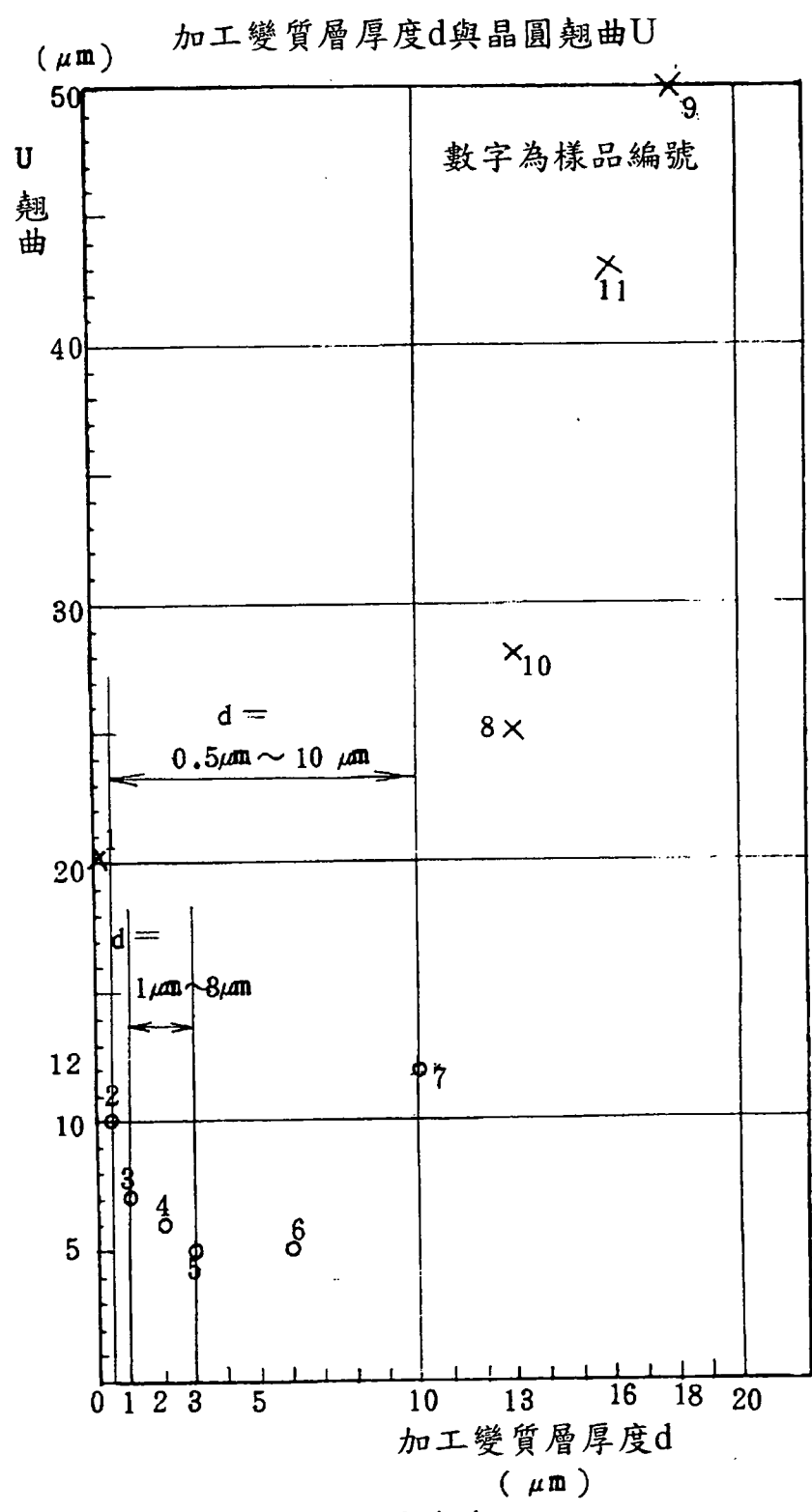


圖14

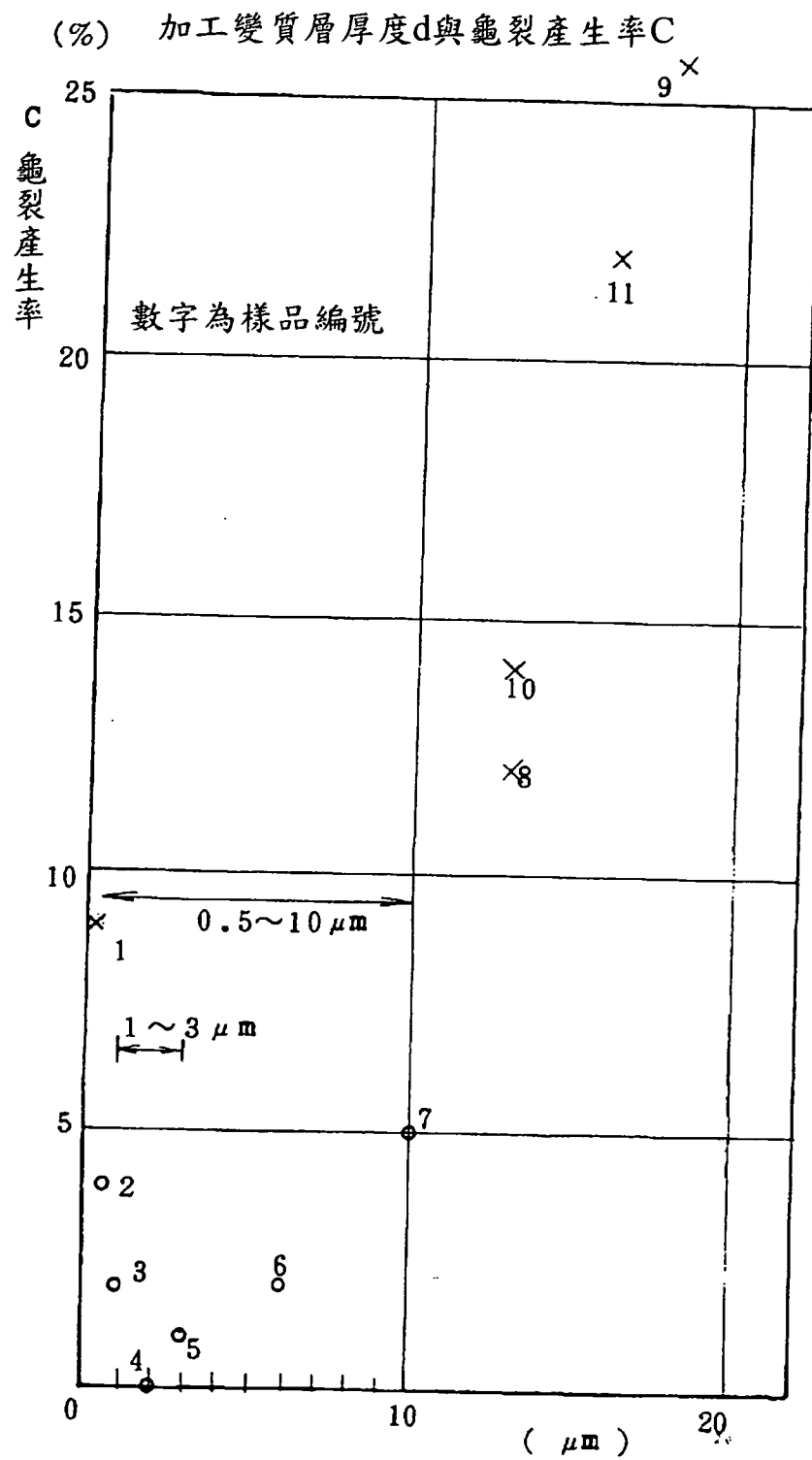


圖15

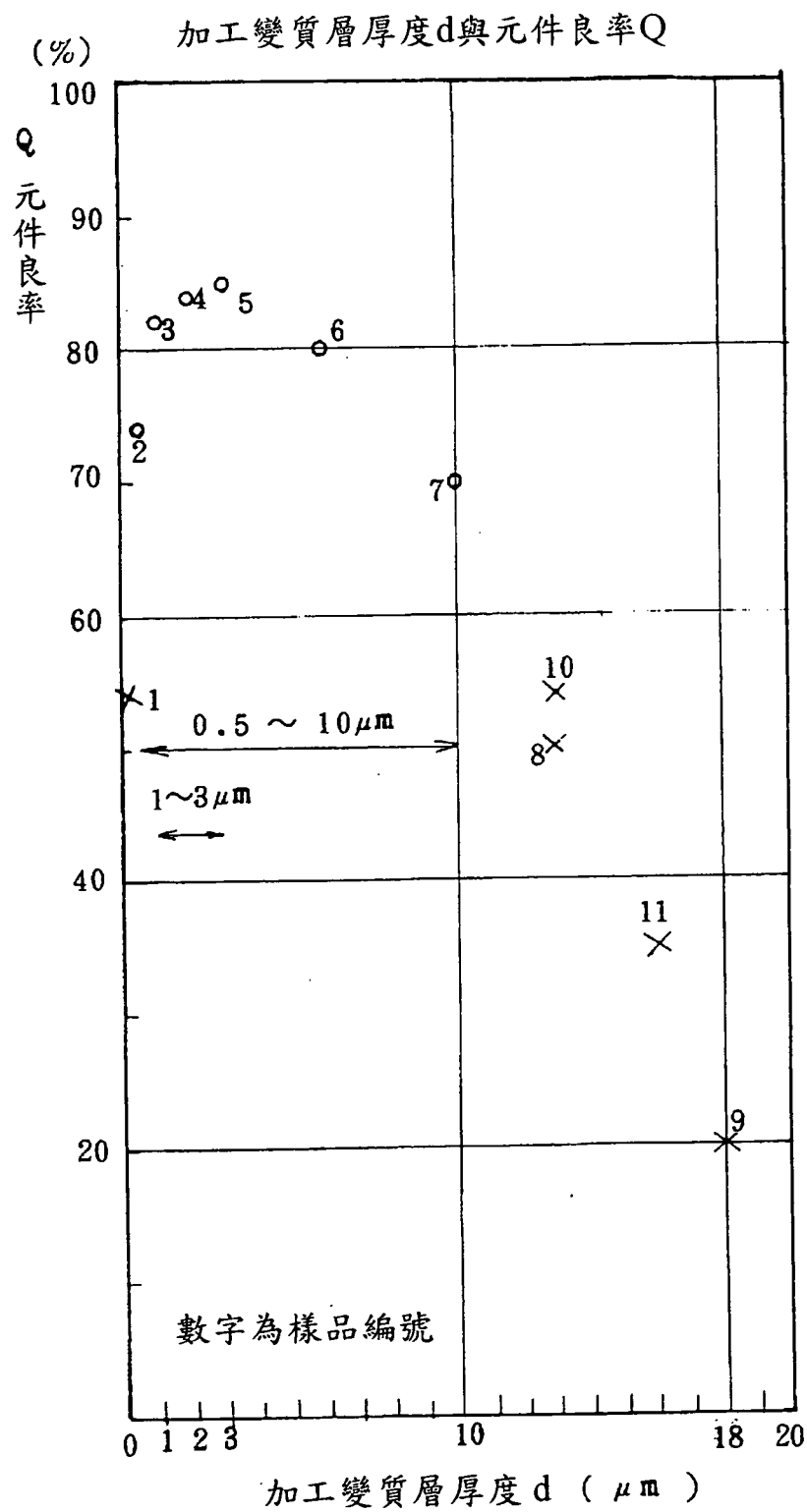


圖16

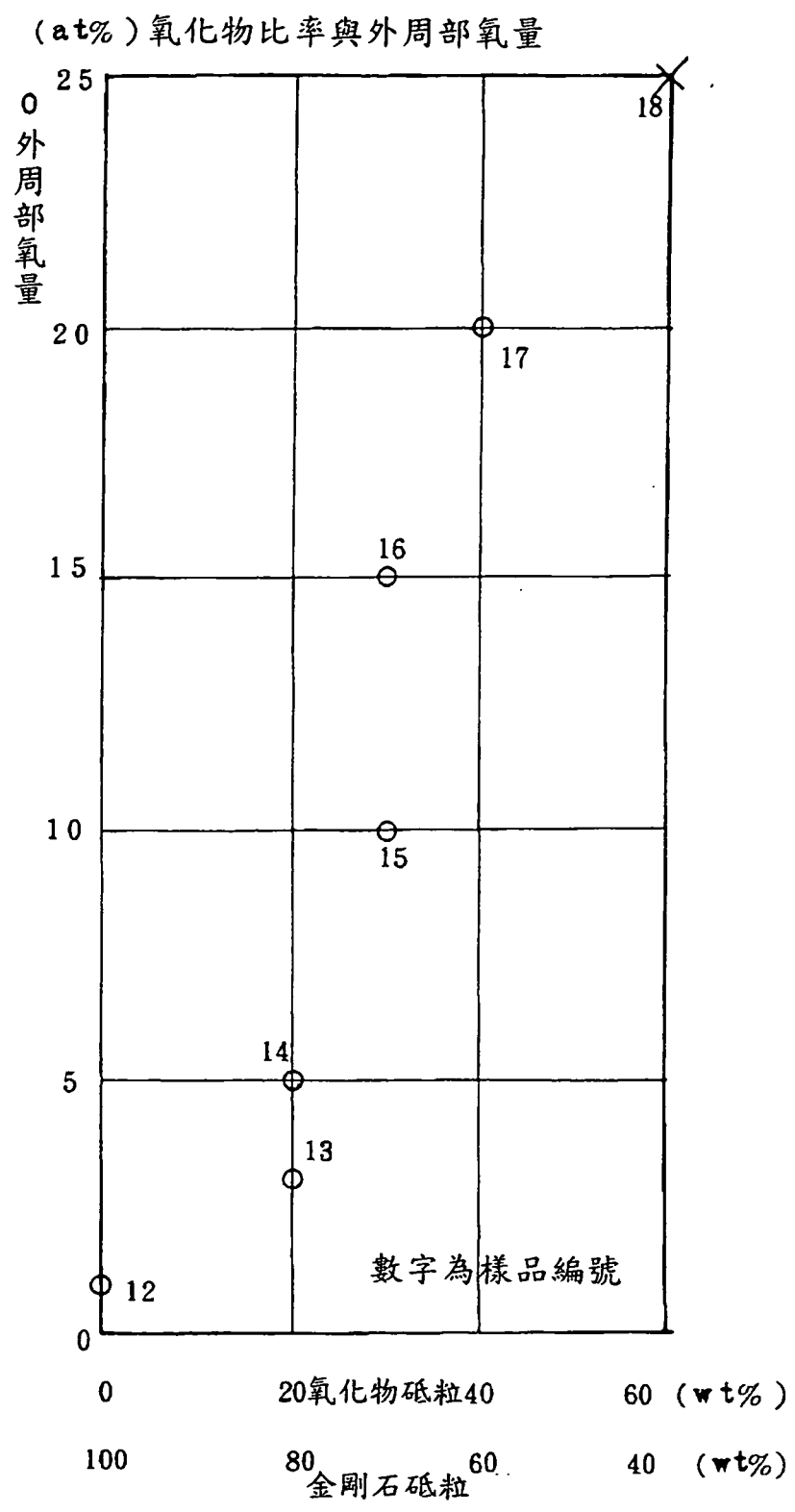


圖 17

( $\mu\text{m}$ ) 氧化物比率與外周部加工變質層厚度d

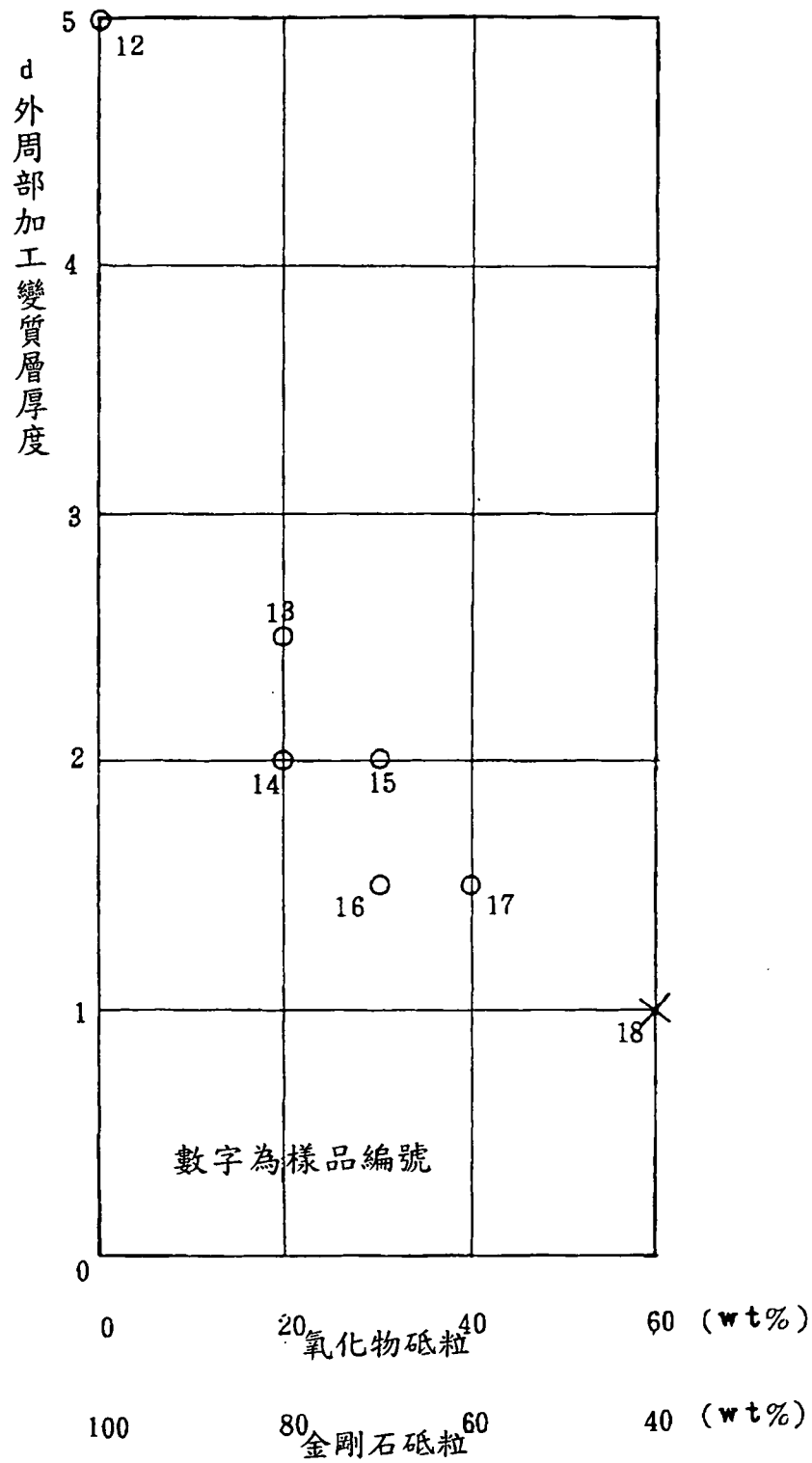


圖18

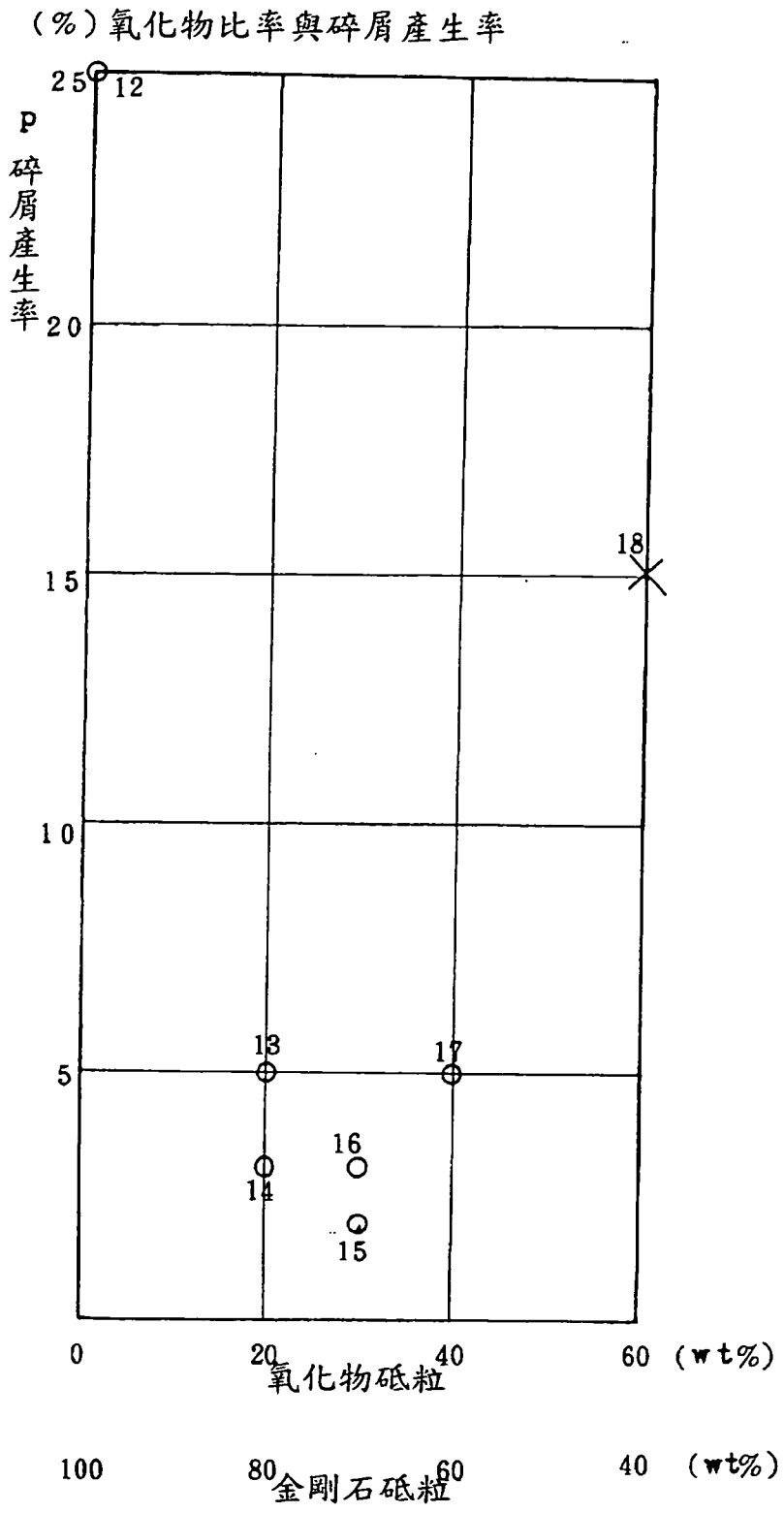


圖 19

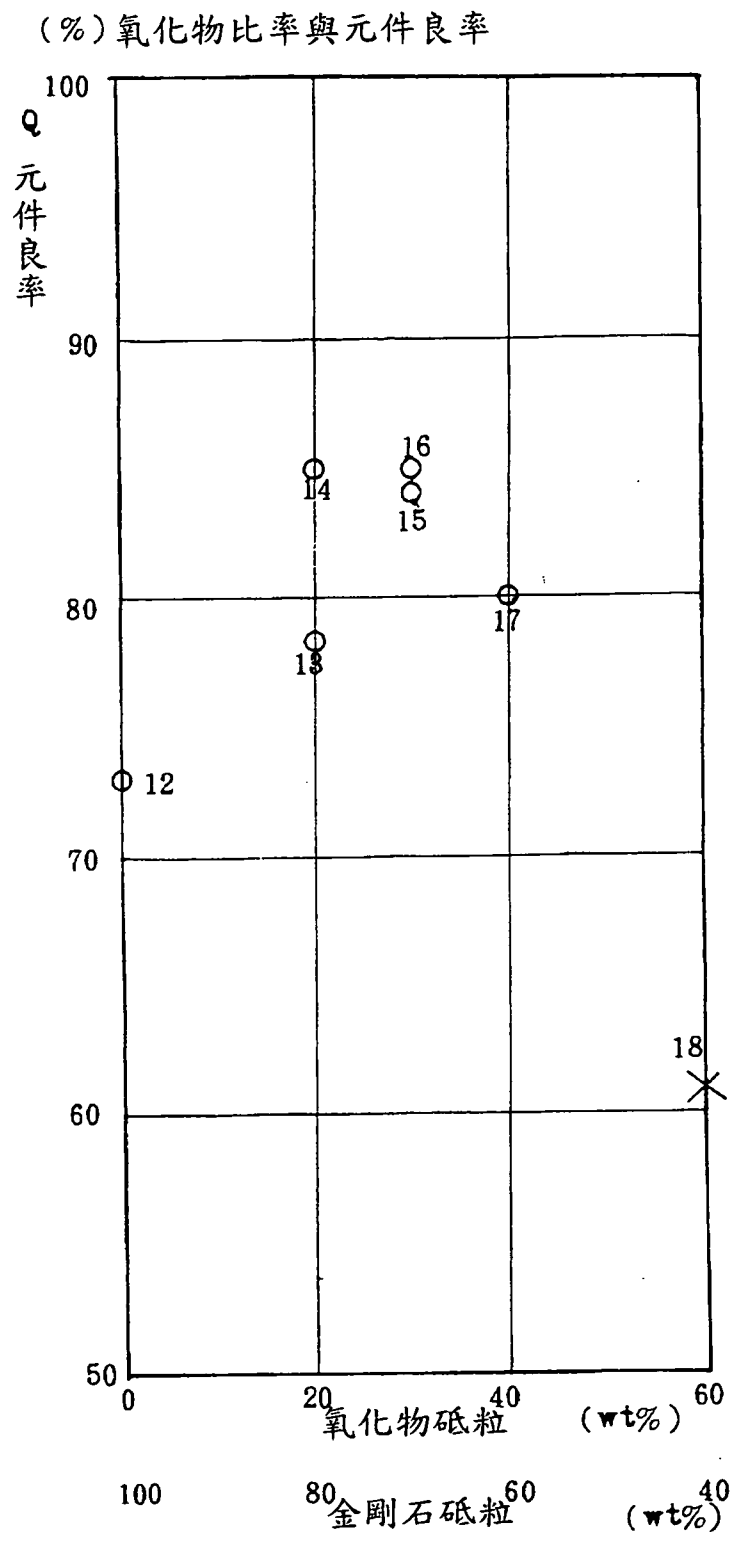


圖20

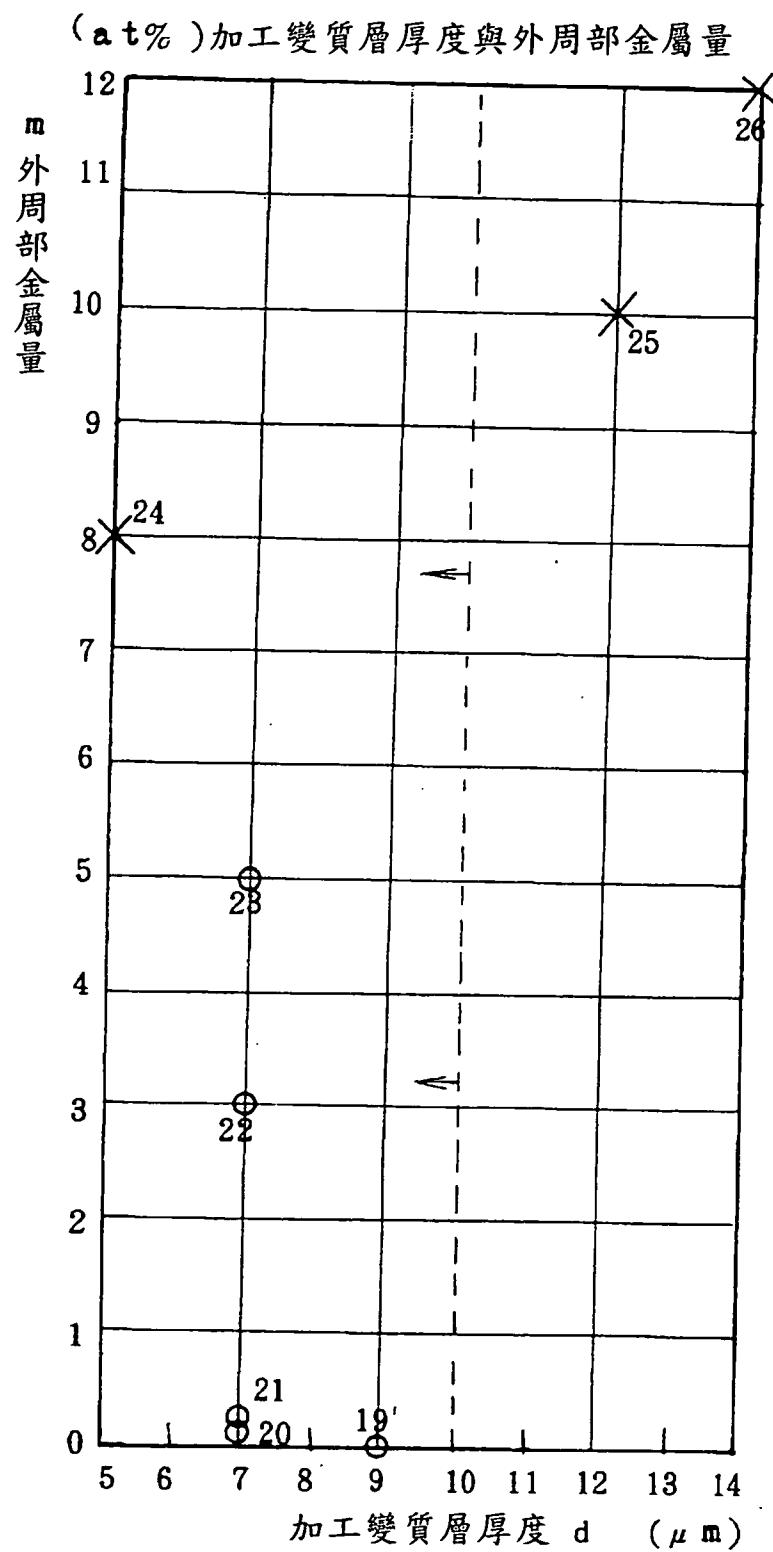


圖21

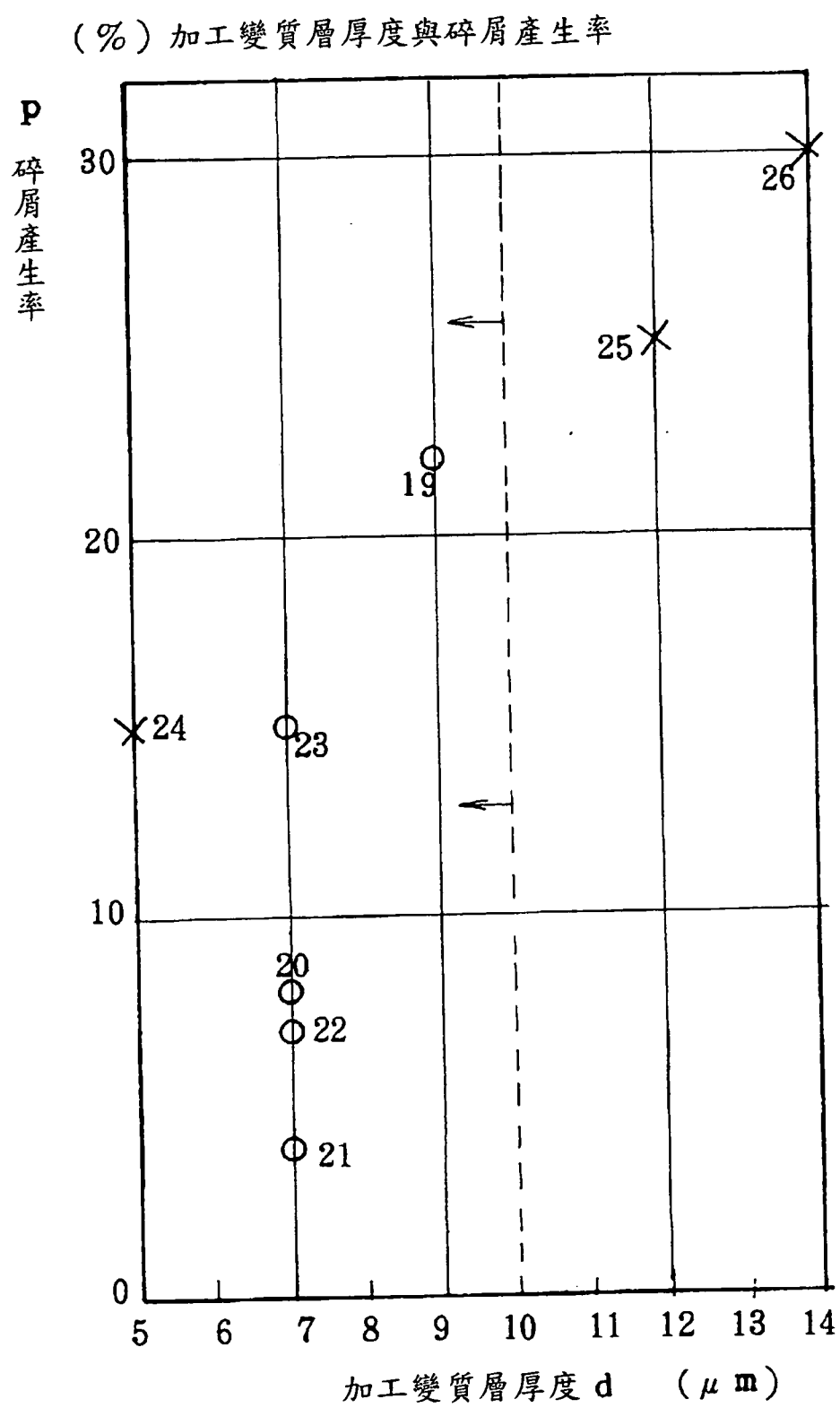


圖22

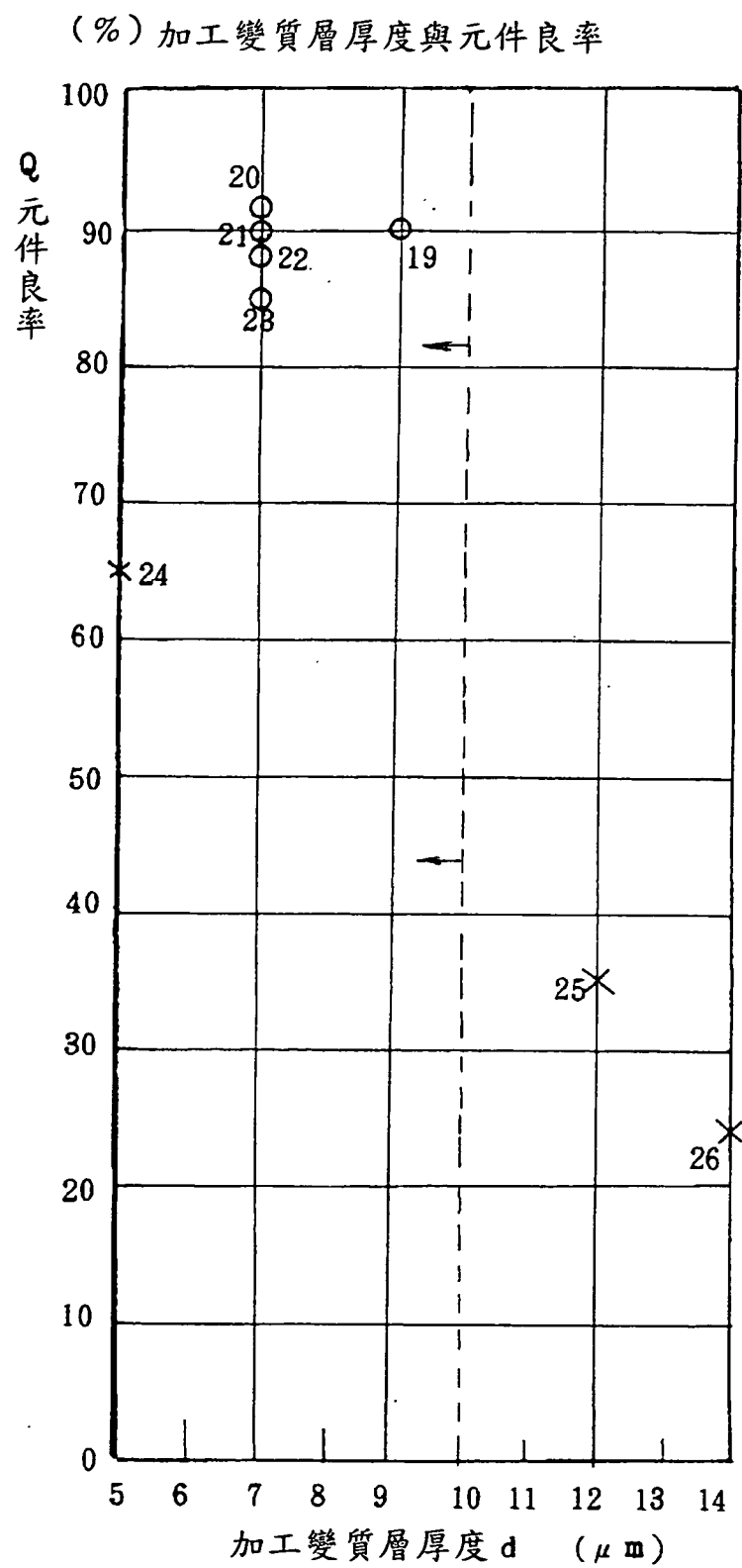


圖23

Ra (μm)加工變質層厚度與外周部表面粗糙度Ra

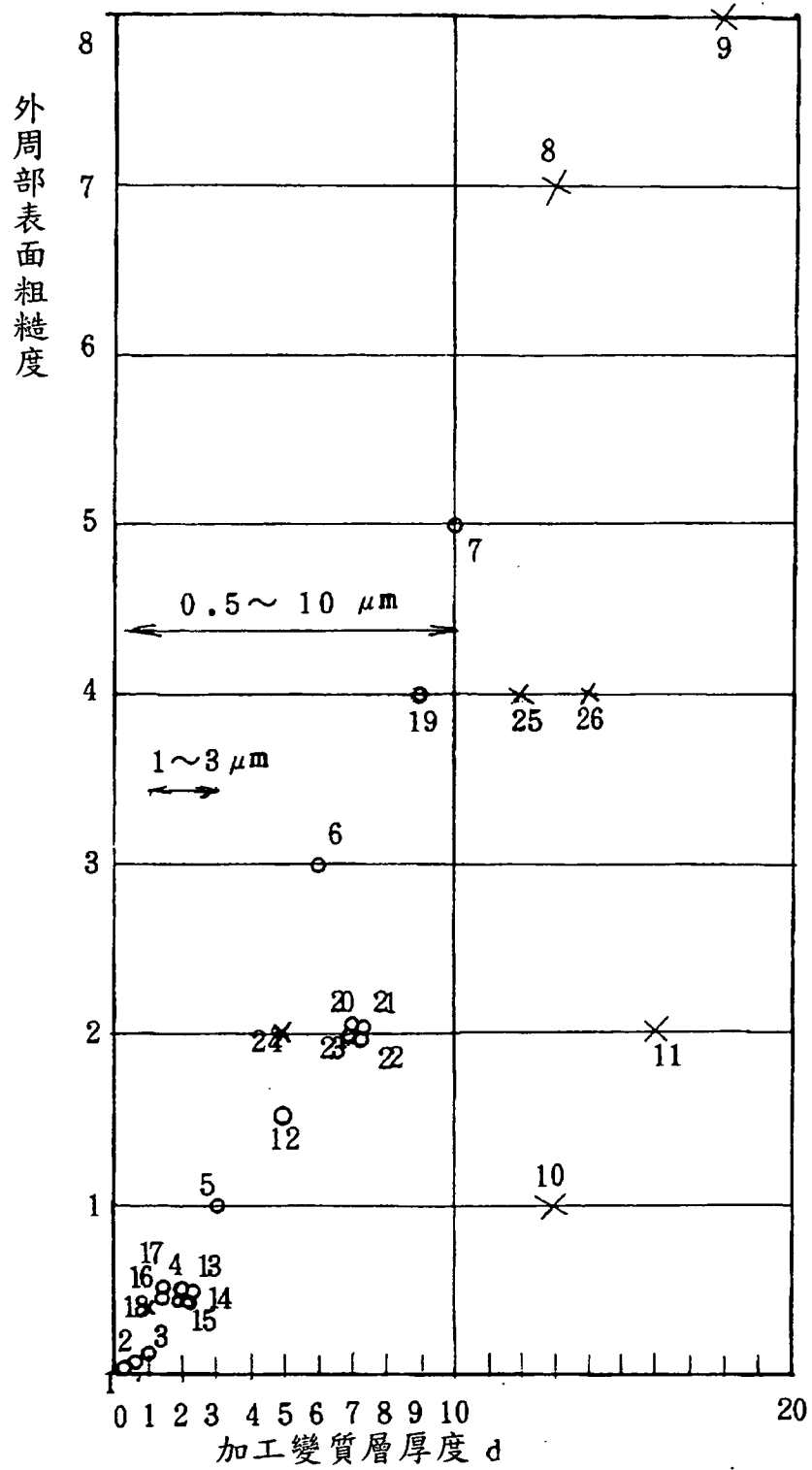


圖24

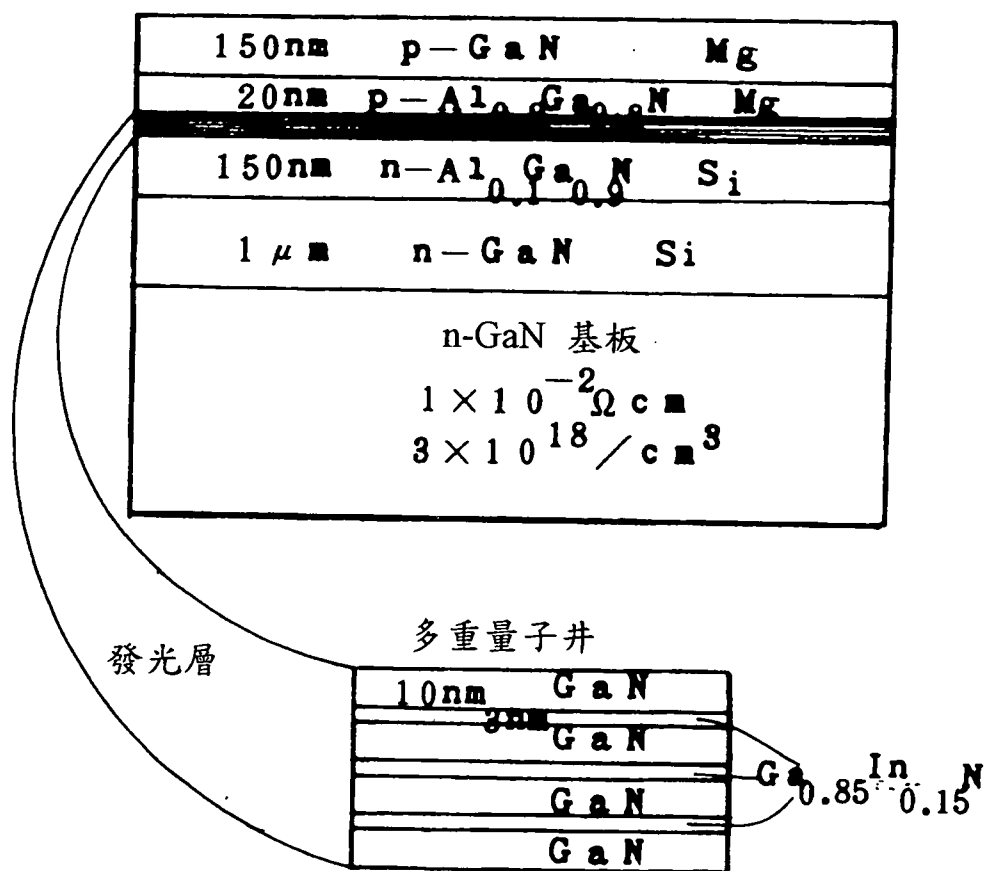


圖 25

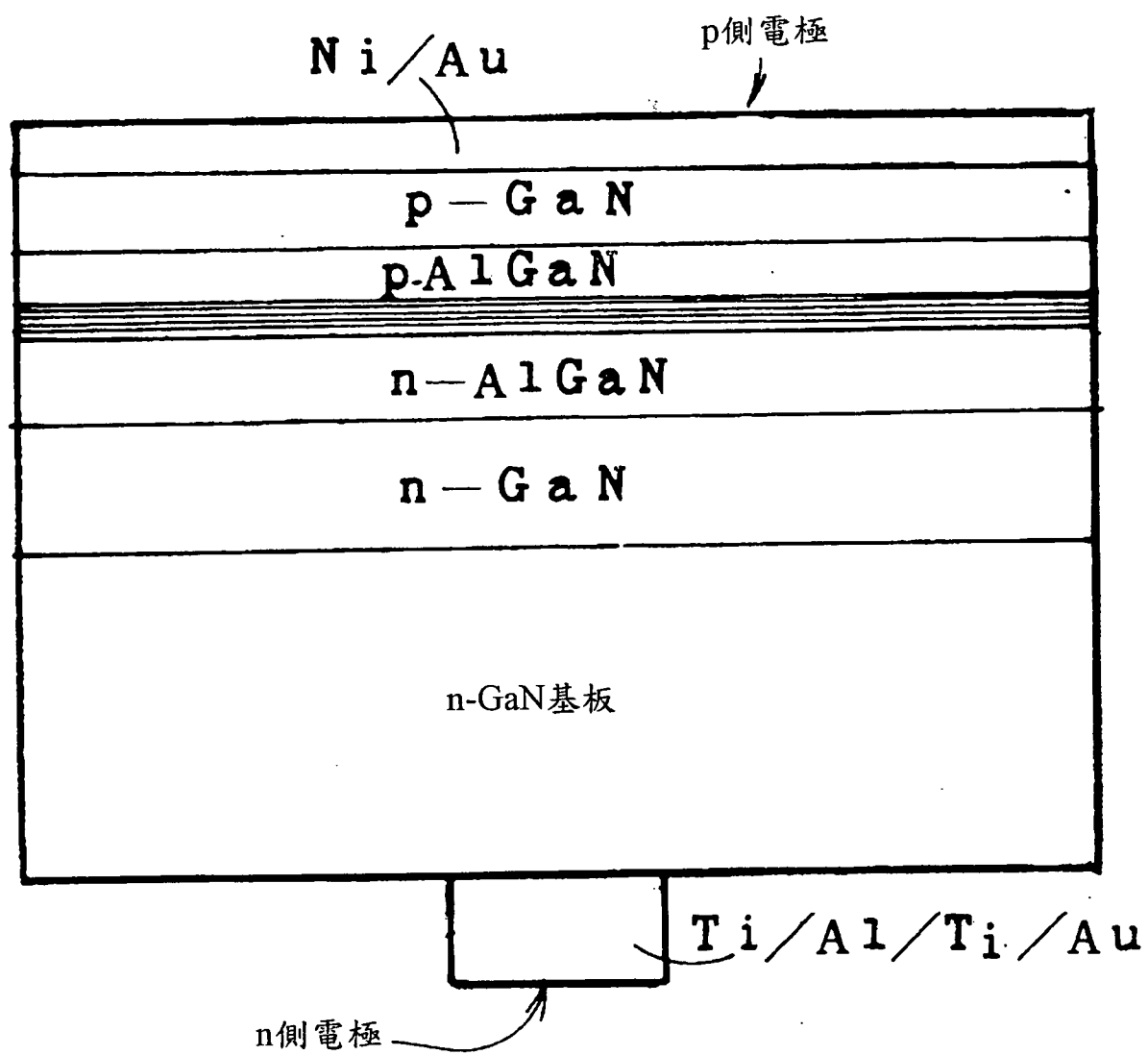


圖26

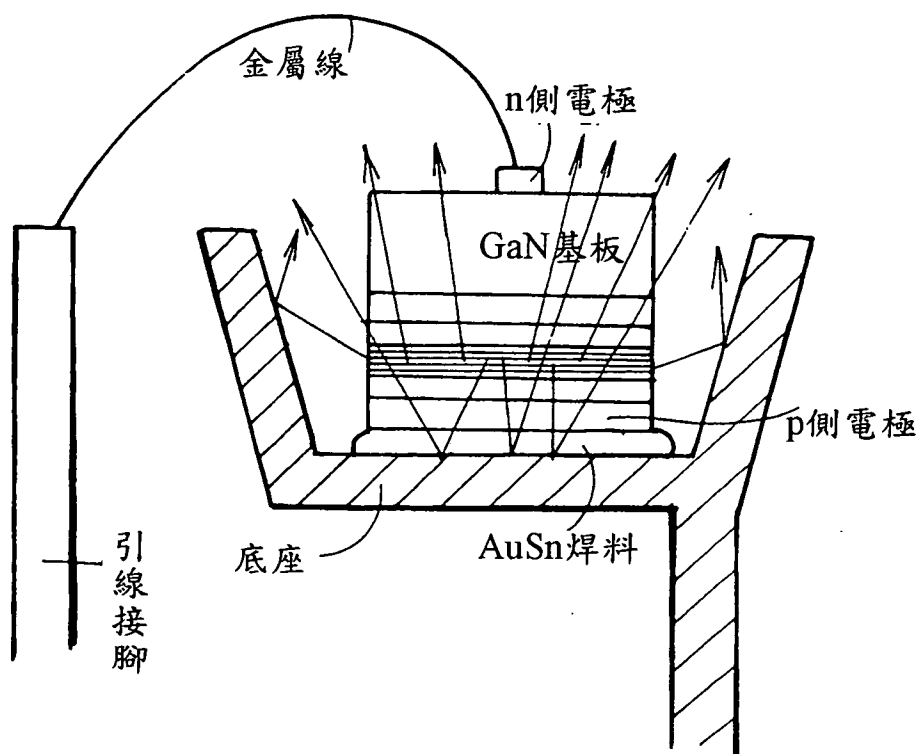


圖 27

氧量與碎屑產生率

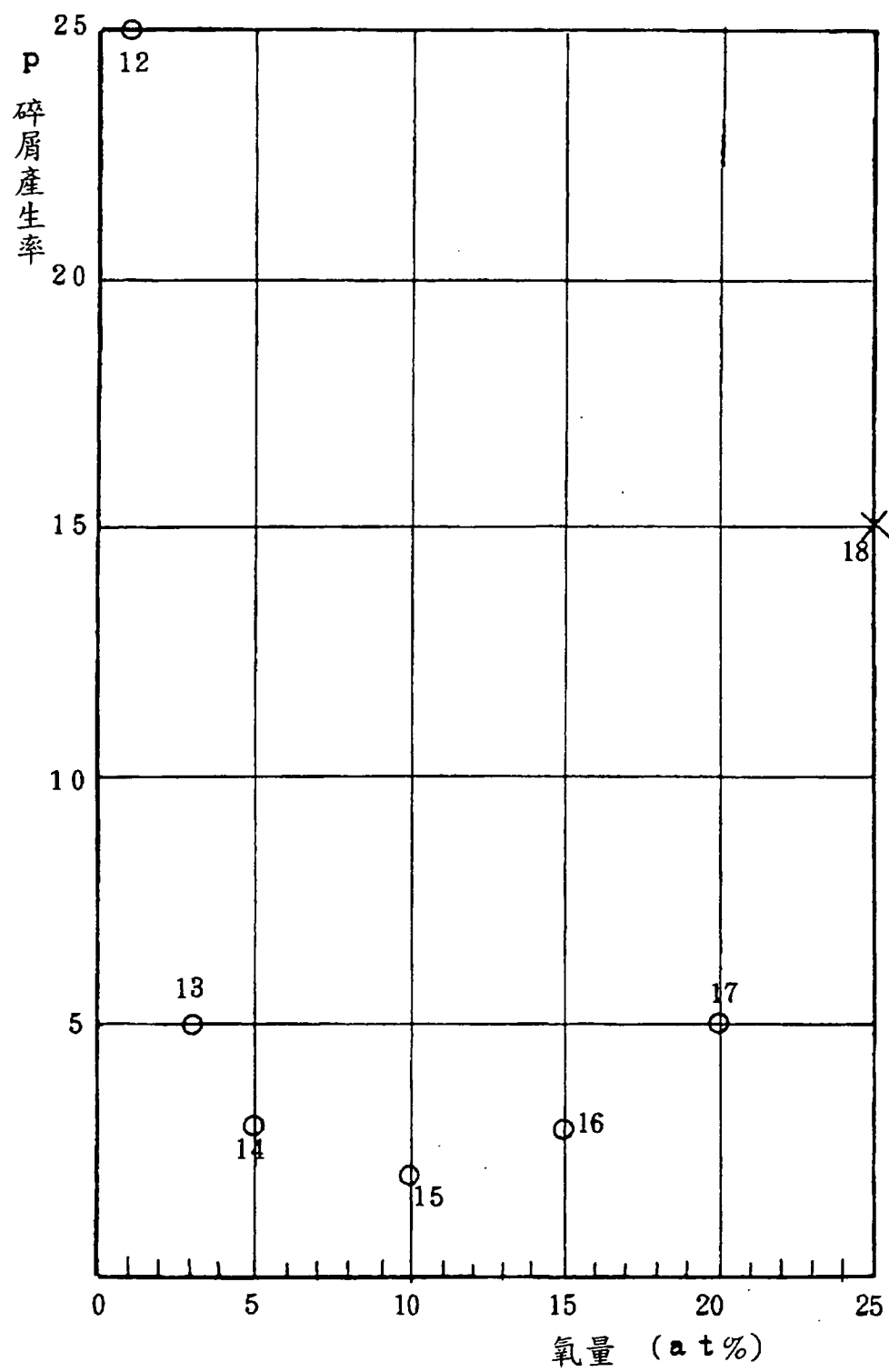


圖28

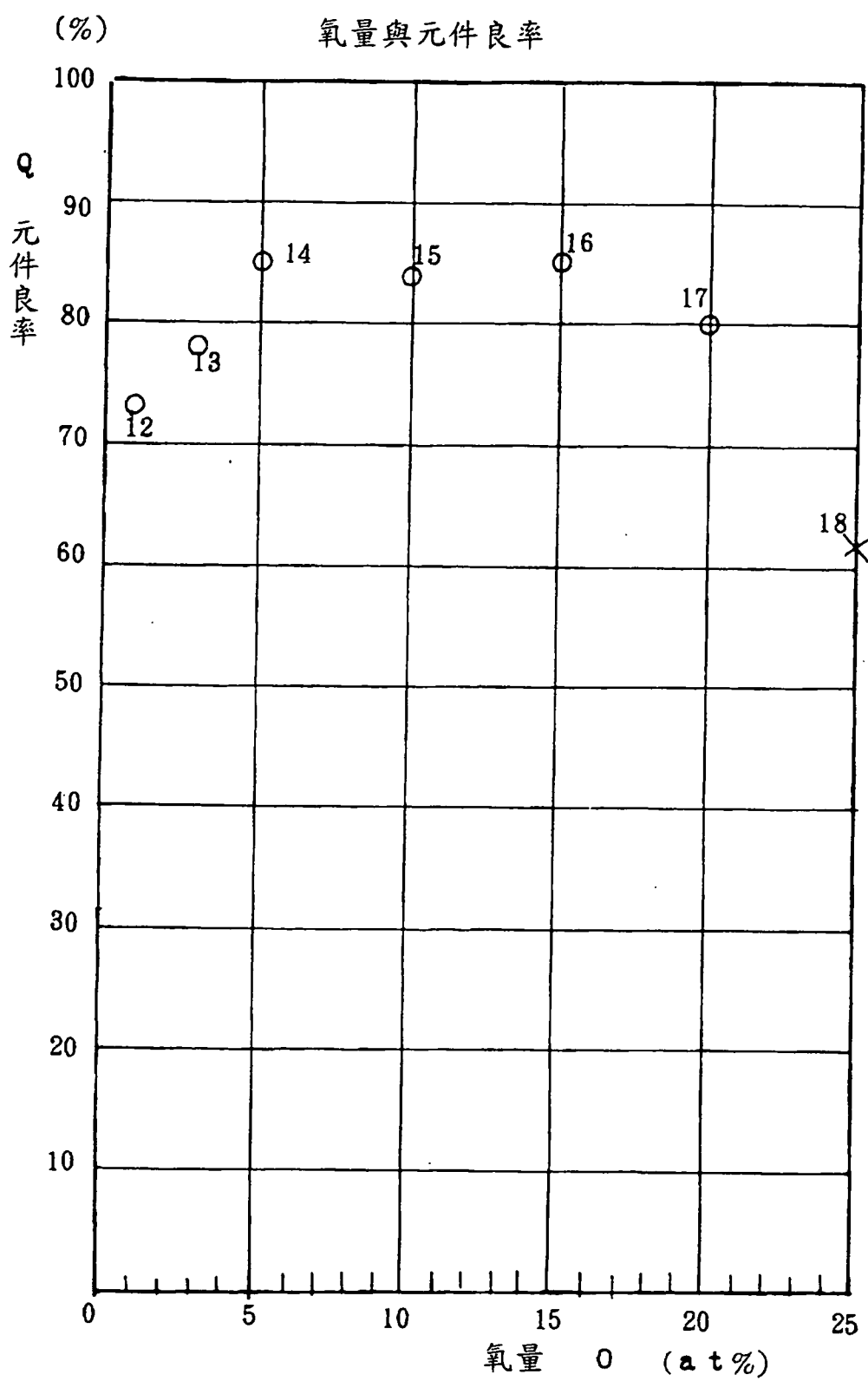


圖 29

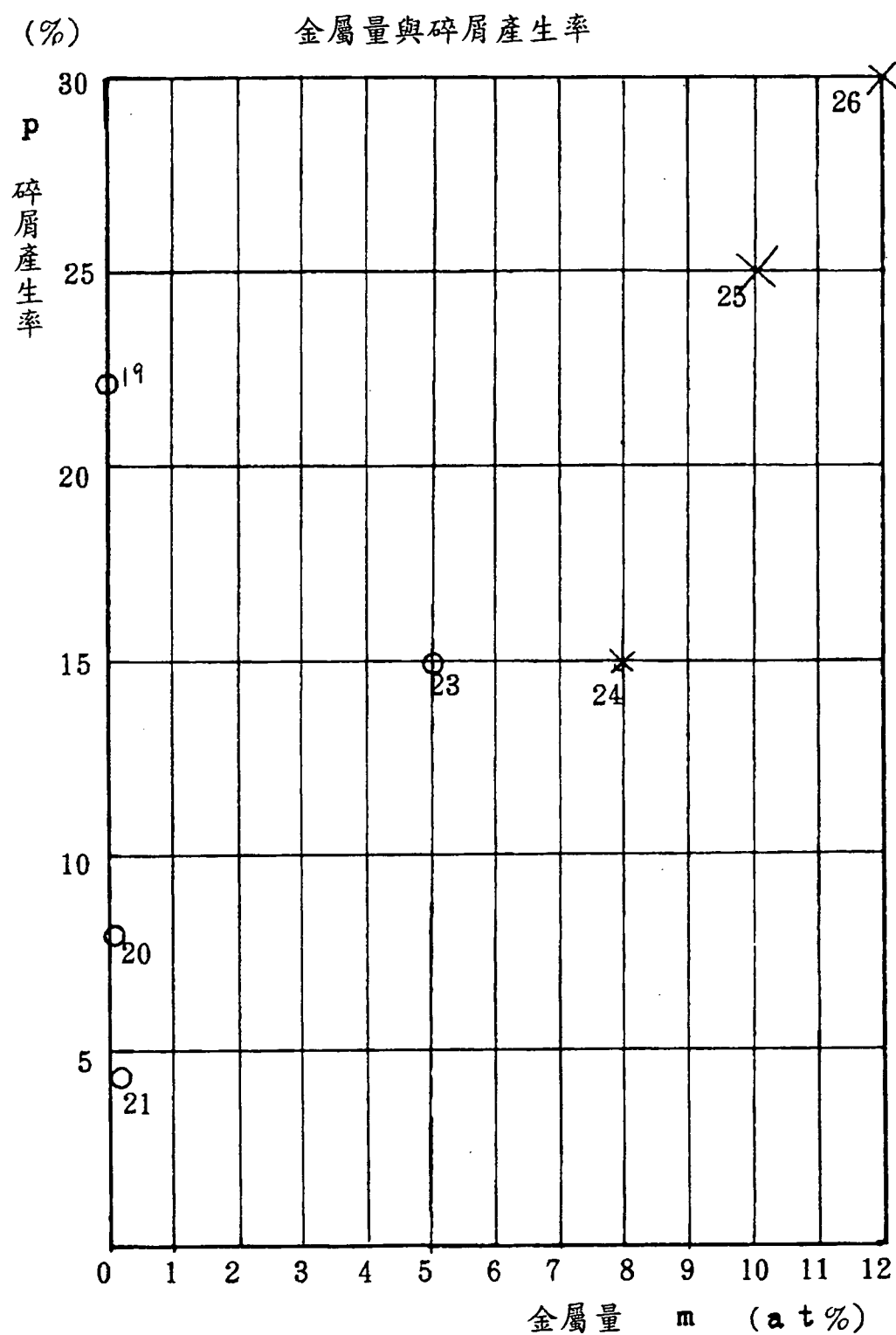


圖30

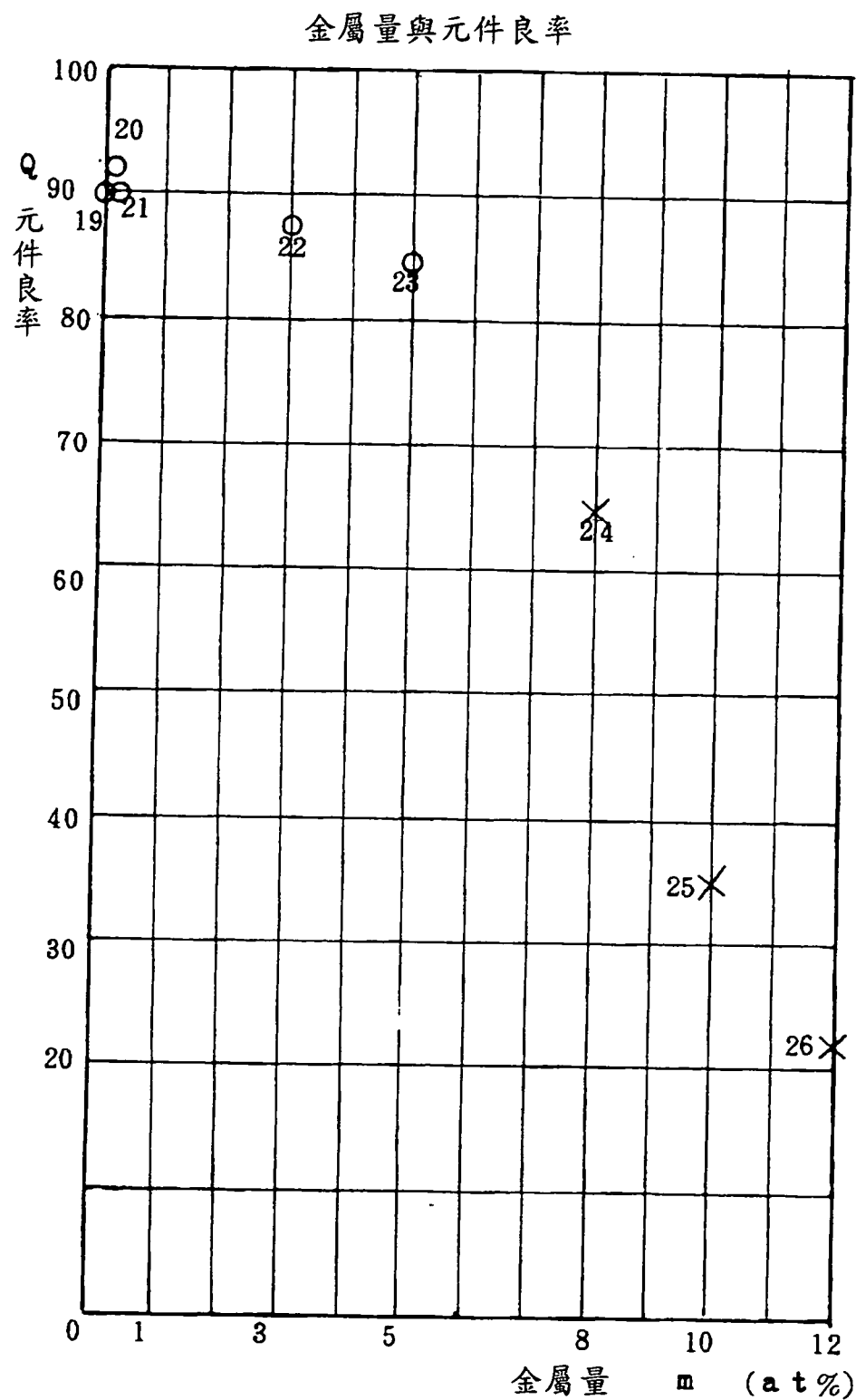


圖31