(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101884094 B
(45)授权公告日 2013.02.13

(21)申请号 200980101212.6

(22)申请日 2009.02.16

(30)优先权数据
2008-045425 2008.02.27 JP
2009-026834 2009.02.09 JP

(85)PCT申请进入国家阶段日
2010.06.01

(86)PCT申请的申请数据
PCT/JP2009/053112 2009.02.16

(87)PCT申请的公布数据
WO2009/107567 JA 2009.09.03

(73)专利权人 住友电气工业株式会社
地址 日本大阪府

(72)发明人 石桥惠二 三上英则 松本直树

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 关兆辉 穆德骏

(51)Int.Cl.
H01L 21/304(2006.01)
H01L 21/306(2006.01)

(56)对比文件
EP 1418617 A2,2004.05.12,
JP 4367348 B2,2009.11.18,
US 2006272572 A1,2006.12.07,
WO 2007018074 A1,2007.02.15,
KR 20070046748 A,2007.05.03,
JP 2003510418 A,2003.03.18,
JP 2000265160 A,2000.09.26,
CN 1898039 A,2007.01.17,
CN 1284531 A,2001.02.21,
CN 1284531 A,2001.02.21,
US 5035087 A,1991.07.30,
JP 2007042748 A,2007.02.15,
JP 2007042748 A,2007.02.15,
JP 2008028259 A,2008.02.07,
CN 1612290 A,2005.05.04,
JP 2005136311 A,2005.05.26,
JP 2005136311 A,2005.05.26,
JP 9168947 A,1997.06.30,

审查员 刘博

权利要求书 1 页 说明书 32 页 附图 24 页

(54)发明名称

氮化物半导体晶片的加工方法和氮化物半导体晶片

(57)摘要

本发明提供一种半导体晶片的加工方法，在对氮化物半导体晶体进行背面磨削、外周磨削（倒角）、表面磨削及研磨来形成镜面晶片时，翘曲小，不产生裂纹，基板制作工艺成品率高，设备面内成品率高。利用含有0～40重量%的氧化物砂粒的橡胶磨石或发泡树脂结合剂磨石，对氮化物半导体晶片外周部进行倒角，在外周部保留厚度为0.5μm～10μm的加工变性层。

CN 101884094 B

1. 一种氮化物半导体晶片的加工方法，其特征在于，

对氮化物半导体晶片的背面进行平面加工，通过蚀刻而去除所产生的背面加工变性层，通过金刚石磨石磨削晶片的外周部，对表面进行平面加工，通过气相蚀刻而去除所产生的表面加工变性层，在晶片的外周部保留厚度为 0.5μm～10μm 的加工变性层。

2. 一种氮化物半导体晶片的加工方法，其特征在于，

包括：切断氮化物半导体锭并切取晶片的工序；

通过蚀刻而去除产生于背面的加工变性层的工序；

通过金刚石磨石磨削晶片的外周部的工序；

对表面进行平面加工的工序；以及

通过气相蚀刻而去除产生于表面的表面加工变性层的工序，

在晶片的外周部保留厚度为 0.5μm～10μm 的加工变性层。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的氮化物半导体晶片的加工方法，其特征在于，

所述金刚石磨石是将橡胶或发泡树脂作为结合材料来将 3000 粒度号～600 粒度号的 100wt%～60wt%的金刚石砂粒和 0wt%～40wt%的氧化物砂粒固定在基盘上的磨石。

4. 根据权利要求 3 所述的氮化物半导体晶片的加工方法，其特征在于，

氧化物砂粒是 Fe_2O_3、Cr_2O_3、MnO_2、ZnO、CuO、Co_3O_4、Fe_3O_4 中的任一种砂粒。

5. 一种氮化物半导体晶片的加工方法，其特征在于，

磨削氮化镓晶片的背面，由此在晶片背面产生加工变性层，通过 KOH、NaOH、H_3PO_4 中的任一种溶液蚀刻去除背面加工变性层，通过橡胶磨石对氮化镓晶片的外周部进行倒角加工，由此在晶片的外周部产生加工变性层，磨削氮化镓晶片的表面，由此在晶片表面产生加工变性层，使用粗砂粒对晶片表面进行粗研磨后使用细砂粒进一步进行精研磨，不将外周部加工变性层完全去除，而是保留 1μm～3μm。

6. 一种氮化物半导体晶片，其特征在于，

在外周部具有通过橡胶磨石形成的倒角部，外周部的倒角部具有厚度为 1μm～3μm 的加工变性层。

氮化物半导体晶片的加工方法和氮化物半导体晶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种氮化物半导体晶片的外周加工方法（倒角加工方法）。氮化镓(GaN)、氮化铝(AlN)等3族氮化物半导体由于带隙宽，具有作为发光元件和电子设备的用途。大的GaN单晶、AlN单晶不是天然存在的，而是采用下述方法制得的，即，使原料气体在不同类型材料的基底基板上流过并通过气相反应而合成的气相生长法，或者通过将氮气溶解在金属钠中并与Ga反应而合成的钠溶剂法，通过使超临界状态的NH_3与Ga反应而合成的被称为氨热法的液相法。

[0002] 最初未能得到独立的氮化镓或氮化铝等晶片，所以使GaN、InGaN、AlGaN薄膜等3族氮化物半导体薄膜在蓝宝石晶片上外延生长，制作了发光元件。以后，能够通过气相生长法和液相生长法制作GaN较宽的独立结晶基板。目前，能够制作直径1英寸（约25mm）和直径2英寸（约50mm）的独立的GaN晶片、AlN晶片、AlGaN晶片或InGaN晶片。

[0003] 通过气相或液相生长而制作的晶体(as-grown)表面不平坦，厚度也有偏差。对晶片进行磨削、研磨，使表面变平滑，从而形成镜面晶片。半导体晶片将成为在其上面形成有各种设备的基板，所以表面平滑且没有裂纹和翘曲成为条件。

[0004] 如果晶片的外周部比较尖，将由此处出现缺口，所以对晶片的外周部进行倒角加工。把该处理称为倒角(chamfer)。GaN等氮化物半导体晶体脆且硬，所以需要对倒角进行特殊研究。

[0005] 背景技术

[0006] 硅(Si)晶片和GaAs晶片多采用圆形基板，以便于进行处理。GaN基板等氮化物基板也能够制作圆形的晶片。半导体晶片的表面被研磨，以便成为镜面晶片。根据目的，有时使两面成为镜面，有时只使一面成为镜面。

[0007] 除了面的研磨之外，还有晶片的外周部的磨削、研磨。因为如果晶片的侧周缘比较尖，将容易出现缺口，并形成细的龟裂片，致使表面损伤、变脏。因此，将晶片的侧周缘进行倒角加工。不仅侧周缘，有时也磨削、研磨晶片的侧面。把倾斜地磨削晶片的外周部（面的周边部和侧面）的作业称为倒角或倒棱。有时也称为磨斜棱，这些都是相同意思。

[0008] Si晶片也进行倒角。但是，Si晶片和GaN晶片等氮化物半导体晶片由于硬度、脆性、坚固程度等不同，所以化学特性也不同。GaN等氮化物晶体比Si硬且脆。很难对GaN的Ga面等III族面进行化学蚀刻。

[0009] 还不能马上将在Si晶片中采用的倒角技术直接转用于GaN等氮化物半导体晶片的倒角。并非在Si晶片中确定的倒角技术也能够在GaN等氮化物半导体晶片中使用。

[0010] 各种半导体晶片由于化学、机械特性不同，所以要求独立的倒角技术。必须对最适合于各半导体的倒角方法反复试验，从头开始摸索。

[0011] 专利文献1最先利用ELO(Epitaxial Lateral Overgrowth：横向外延过生长）制作此前不存在的氮化镓的独立基板，所以将外周部倒角加工，并形成定向平面(OF)。ELO采用(111)GaAs晶片作为基底基板。在GaAs晶片上设置呈蜂窝状分布的具有细小窗口SiO_2掩模，在其上利用HVPE法使GaN薄膜横向生长，减少位错，晶粒在掩模上合拢后进行C面生

长。

[0012] 继续进行气相生长成为厚度为 100μm 以上的 GaN 晶体，去除 GaAs 基底基板，形成独立 GaN 基板。其是一个接近矩形的晶体，但能够磨削为圆形，形成圆形的晶片。为了区分取向和表面背面，在侧周的 (1-100) 面或 (2-1-10) 面形成 OF(Orientation Flat :定向平面)、IF(Identification Flat :识别平面)。

[0013] 专利文献 1 中记述了以 5° ～ 30° 的倾斜角对侧周缘倒角加工，倒角加工成为半径 0.1mm ～ 0.5mm 的圆形剖面。在前者的情况下，使具有圆锥台面的砂面的圆形磨石旋转，使 GaN 晶片的外周部与圆形磨石 (外切) 接触，磨削外周部形成 5° ～ 30° 的倾斜。圆形磨石是利用树脂将固定砂粒保持在台面上的树脂结合剂磨石。

[0014] 或者，使具有半径 0.1mm ～ 0.5mm 的半圆剖面凹部的线橡胶状的圆形磨石旋转，接触 (外切)GaN 晶片的外周部并旋转，由此也能够进行半圆形剖面的倒角加工。

[0015] 但是，已经知道在利用树脂结合剂磨石对外周部进行倒角时，晶片将开裂，或产生裂纹。树脂结合剂是利用树脂固定砂粒的磨石。

[0016] 在专利文献 2 中记述了以下内容，在不同类型基板上生长氮化镓并去除基板而成的独立的 GaN 晶片即 GaN 基板，由于基底基板与 GaN 的热膨胀率和晶格常数的差异，存在翘曲大的问题。晶片的中心与周边部的高度差也达到 ±40μm ～ ±100μm。

[0017] 如果研磨晶片，则在研磨面形成加工变性层。通过研磨来导入加工变性层，则加工变性层具有将面扩大的作用，由此能够减小翘曲。并且，如果蚀刻加工变性层而使其变薄，则使面扩大的作用减小。这样，通过结合表面和背面的研磨及蚀刻，能够减小氮化镓晶片的翘曲。

[0018] 即，在背面侧 (氮面) 凹陷翘曲时，如果研磨背面侧，则在背面侧形成加工变性层，并将背面扩大。由此，背面侧凸起，翘曲的方向翻转。但是，反过来又遇到困难，所以蚀刻背面侧，去除加工变性层。如果加工变性层变薄，则使背面扩大的力减小，所以翘曲减小。

[0019] 但是，还记述了表面侧 (Ga 面) 坚固，研磨困难。虽然表面侧蚀刻困难，但表面 (Ga 面) 能够进行氯等离子的干式蚀刻。在氮化镓晶片中，在磨削研磨后，加工变性层在表面侧厚度为 10μm，在背面侧厚度为 50μm。背面侧通过研磨与蚀刻的结合，能够将加工变性层调整为 10μm ～ 50μm 之间的合适的值，所以能够大大减小翘曲。

[0020] 专利文献 2 的实施例 1 对沿表面方向具有深 50μm 的凹陷翘曲的 GaN 晶片进行表面磨削，在表面方向形成凸起 30μm 的翘曲，对表面进行干式蚀刻，形成在表面侧具有凹陷 20μm 的翘曲的晶片，再磨削背面并进行干式蚀刻，形成表面侧具有凹陷 5μm 的较小翘曲的晶片。专利文献 2 主张通过结合磨削、蚀刻，按照 2 英寸晶片换算，最终能够将翘曲减小为 +30μm ～ -20μm。

[0021] 将正定义为表面凸起的翘曲，将负定义为表面凹陷的翘曲。因此，专利文献 2 记述了在 GaN 晶片中，能够控制在表面凸起翘曲 30μm 到表面凹陷翘曲 20μm 的凹凸翘曲的范围内。

[0022] 专利文献 3 记述了如果使树脂结合剂金刚石磨石与 GaN 晶片的边缘外切并旋转，并进行 GaN 晶片的倒角，则由于 GaN 是脆且硬的材料，所以导致边缘缺口、晶片开裂，不期望如此处理。

[0023] 因此，专利文献 3 提出了磨石带倒棱法，使附带了磨石的磨石带与晶片的边缘的

长度方向接触，使晶片旋转，由此进行晶片的倒角加工。在磨石磨损时，一点一点地送进磨石带，出现新的砂面，能够在相同状态下进行边缘研磨。边缘与磨石带内切，所以接触压力小，不 会被施加冲击。并且说明了与使树脂结合剂磨石外切旋转的方法相比，成品率提高。

[0024] 本申请的图 11 是由专利文献 3（日本特开 2004-319951 号）最先提出的带式倒角设备的透视图。本申请的图 12 是磨石带与边缘的接触部分的剖视图。

[0025] 晶片 W 通过真空卡紧等被固定在旋转盘（未图示）上。边缘 S 与磨石带 T 内切。内切部分的中心角为 40° ～ 90° 。由于是与具有弹性的磨石带接触，所以能够防止边缘破损及开裂。

[0026] 专利文献 1 ：日本特开 2002-356398“窒化ガリウムウエハー（氮化镓晶片）”（日本特愿 2001-166904）

[0027] 专利文献 2 ：日本特开 2005-136167“窒化物半導体基板の製造方法と窒化物半導体基板（氮化物半导体基板的制造方法及氮化物半导体基板）”（日本特愿 2003-370430）

[0028] 专利文献 3 ：日本特开 2004-319951“エツジ研磨した窒化物半導体基板とエツジ研磨した GaN 自立基板及び窒化物半導体基板のエツジ加工方法（边缘被研磨的氮化物半导体基板和边缘被研磨的 GaN 独立基板及氮化物半导体基板的边缘加工方法）”（日本特愿 2003-275935）

[0029] 氮化镓等氮化物半导体独立晶体能够利用气相生长法和液相生长法制作。液相生长法获得大型晶体比较困难。利用气相生长法在较宽的基底基板上沉积较厚的氮化镓，利用线锯将氮化镓的部分切断，能够制作氮化镓的大型独立晶体基板。对该基板进行背面磨削、倒角、表面磨削及研磨，即形成氮化物半导体镜面晶片。

[0030] 通过磨削，在接触部分产生较厚 (10μm ～ 50μm) 的加工变性层。在磨削背面时，在背面形成加工变性层，在磨削外周时，在外周部形 成加工变性层，在磨削表面时，在表面形成加工变性层。加工变性层是晶体结构紊乱的表面层。也包含大量的位错，但不包含杂质。加工变性层不得保留在表面、背面，所以通过蚀刻将表面、背面的加工变性层几乎去除。本发明把外周部的磨削（倒角）作为问题。Si 和 GaAs 等以往的半导体晶片的倒角，采用通过树脂或金属将金刚石砂粒固定在基盘上的树脂结合剂磨石和金属结合剂磨石。这些磨石锐利、硬且坚固，所以倒角时间短。Si、GaAs 晶片柔软并具有韧性，所以树脂结合剂磨石、金属结合剂磨石比较适合。但是，这些磨石不能转用于 GaN 倒角。如果利用树脂结合剂磨石或金属结合剂磨石对 GaN 进行倒角，则裂口（裂纹）发生率大，产生较厚的加工变性层，并引发大的翘曲。GaN 由于硬度大、韧性低且脆，所以耐冲击性差。裂纹发生率高是因为树脂结合剂磨石、金属结合剂磨石的砂粒相对于基盘的固定坚硬，不能吸收砂粒与晶片的接触冲击。采用树脂结合剂磨石、金属结合剂磨石的倒角处理，将频繁产生裂口，即使不产生裂口也会在外周部形成厚达 20μm ～ 50μm 的加工变性层 M。并且，翘曲也变大。翘曲的曲率半径有时达 1m 以下。现有的树脂结合剂磨石、金属结合剂磨石不适合高硬度高脆性的 GaN 晶片的倒角。

[0031] 本发明的第一目的在于，提供一种对氮化物半导体晶片进行外周磨削且不产生裂口的加工方法。本发明的第二目的在于，提供一种用于获得翘曲小的氮化物半导体晶片的外周磨削加工方法。本发明的第三目的在于，提供一种控制外周部的加工变性层厚度的氮化物半导体的外周磨削加工方法。本发明的第四目的在于，提供一种基板制作工艺成品率

高的氮化物半导体的外周磨削加工方法。本发明的第五目的在于，提供一种设备面内成品率高的外周磨削加工方法。并且，本发明的第六目的在于，提供一种设备面内成品率高的氮化物半导体晶片。另外，在本申请中，把晶片的表面、背面的平面的外侧区域设为周边部，把平面与侧面的夹角设为侧周缘，把平面的周边部和侧面包括在内设为外周部。

发明内容

[0032] 本发明的一种氮化物半导体晶片，通过对生长的基板的背面进行磨削、蚀刻，并利用磨石进行外周磨削（倒角），使晶片外周部的加工变性层的厚度成为 0.5μm～10μm，特别优选成为 1μm～3μm，对表面进行磨削、研磨、蚀刻而制作，该磨石利用柔软的结合材料固定金刚石或金刚石和氧化物的混合砂粒而成。柔软的结合材料是橡胶或发泡树脂。金刚石砂粒的粒径是在某种程度上较细的 3000 粒度号～600 粒度号。并且，在金刚石砂粒中混合氧化物砂粒，利用氧化物的化学作用和金刚石的机械作用的复合作用进行磨削。在金刚石砂粒的机械效果的基础上，利用氧化物的化学效果去除表面，所以将其称为机械化学效果。氧化物砂粒是 Fe_2O_3、CuO、MnO_2、Cr_2O_3、ZnO 等。由于利用富有柔软性的磨石进行倒角，所以有时花费较长时间。

[0033] 通过利用磨石进行倒角，能够缓解对晶片外周的冲击，防止裂口（裂纹）的产生，降低加工变性层的厚度，并抑制翘曲，该磨石利用柔软的材料将细小的金刚石砂粒和氧化物砂粒固定在基盘上而成。为了缓解对外周部的机械冲击，利用橡胶结合剂磨石、发泡树脂结合剂磨石。产生于外周部的加工变性层 M 的厚度 d 是测定外周部遭受到的冲击的尺度。在金刚石砂粒较粗、结合剂材料坚硬时，冲击力增大。此时，在之后观察外周部时，加工变性层的厚度 d 变厚。在金刚石砂粒较细、结合剂材料柔软时，冲击力减小。此时，在之后观察外周部时，加工变性层的厚度 d 变薄。

[0034] 在利用树脂结合剂、金属结合剂等硬质磨石磨削外周部时，加工变性层的厚度 d 达到 20μm～50μm，该磨石利用树脂、金属将低粒度号砂粒固定在基盘上而成。在这种情况下，冲击过强，产生裂口。本发明利用柔软的磨石小心地进行倒角，以使 d＝0.5μm～10μm，由此抑制裂口、翘曲。由于是柔软的磨石，所以把橡胶、发泡树脂作为结合剂，使用粒径小且高粒度号的金刚石砂粒，并混合氧化物。能够实现裂口、翘曲情况少的 GaN 晶片的倒角。在利用柔软的合适的磨石进行倒角时， 外周部的加工变性层的厚度 d 达到 0.5μm～10μm。能够通过这种厚度的加工变性层抑制翘曲，并提高设备的成品率。

[0035] 从氮化镓独立晶体（生长的晶片）开始说明加工的全部过程。按照图 1 的顺序加工晶片。进行用于调整厚度的背面（氮元素面）磨削 (A)。由此，在背面产生较厚的加工变性层 M。加工变性层 M 指晶体结构变形的层，存在许多位错。可以通过 CL（阴极发光）与其他部分区别并观察加工变性层。也可以通过 CL 观察来测定厚度 d。加工变性层不是包含杂质的层。不希望在背面保留厚厚的加工变性层。利用被加热的 KOH、NaOH、H_3PO_4 水溶液对背面（氮元素面）进行蚀刻 (B)。由此去除背面的加工变性层。另外，背面磨削也可以用研磨来代替。

[0036] 利用具有柔软性的磨石磨削氮化镓晶片的外周部 (C)，该磨石利用橡胶或发泡树脂将高粒度号的金刚石砂粒、或者金刚石砂粒和氧化物结合而成。把晶片外周部的磨削称为倒角加工。进行倒角是为了防止晶片的开裂、缺口。

[0037] 本发明者认为优选在GaN晶片的倒角中使用的磨石是橡胶磨石。橡胶磨石是把橡胶作为结合剂，把砂粒固定在磨石基盘上而成的。砂粒是金刚石等硬质的材料。由于把橡胶作为结合剂，所以虽然是橡胶结合磨石或橡胶结合剂磨石，但此处简称为橡胶磨石。砂粒不是橡胶的。本发明最先把橡胶磨石应用于GaN晶片的外周磨削。

[0038] 在倒角之后，对晶片的表面进行磨削(D)、研磨(E)。通过磨削，在表面形成厚度为10μm～50μm的加工变性层M。通过研磨，在表面形成0.1μm～20μm的加工变性层。关于外延生长用的基板，优选表面粗糙度平滑，并且表面不存在加工变性层M。为此，在磨削之后，通过研磨工序使表面变平滑。另外，通过气相蚀刻(F)去除表面的加工变性层M直到消失。晶片加工包括背面磨削A、背面蚀刻B、倒角C、表面磨削D及研磨E、气相蚀刻(F)这些工序。本发明的研究点 不在于背面磨削A、表面磨削D及研磨E。本发明对倒角工序C进行了改进。

[0039] 本发明的发明点是利用橡胶磨石或发泡树脂结合剂磨石对氮化物半导体晶片的外周部进行倒角加工，使外周部的加工变性层厚度为0.5μm～10μm，特别优选1μm～3μm，该磨石利用橡胶、发泡树脂固定高粒度号金刚石砂粒或者金刚石砂粒和氧化物砂粒而成。通过把外周部的加工变性层抑制为0.5μm～10μm，裂纹产生及翘曲变少。在后面工序中的龟裂也减少，产品成品率提高。

[0040] 下面进行具体说明。通过磨削，在晶体表面一定产生晶格结构紊乱的加工变性层M。加工变性层M的厚度d在磨削所使用的固定砂粒的颗粒越大时越厚，并且加工负荷越大时越厚。与此相反，在磨削所使用的固定砂粒越小、加工负荷越小时，加工变性层M越薄。

[0041] 晶片的加工如图1所示按照背面磨削A、背面蚀刻B、外周磨削（倒角）C、表面磨削D及研磨E、表面蚀刻F的顺序进行。虽然也依赖于磨削条件，但通过背面磨削A，在背面产生约10μm～50μm的相当厚的加工变性层M。不希望保留厚厚的加工变性层。利用被加热的KOH、NaOH或H_3PO_4水溶液去除背面的加工变性层。

[0042] N面和Ga面的化学、物理性质不同。背面（氮元素面、N面、000-1面）的物理化学性质比表面弱，能够利用KOH、NaOH或H_3PO_4水溶液去除。只要能够对背面进行蚀刻，则也可以使用其他的碱、酸。表面(Ga面、0001面）的化学性质坚固，不能利用KOH、NaOH或H_3PO_4水溶液去除。因此，对于背面和表面去除加工变性层的方法不同。

[0043] 然后，对晶片的外周部进行倒角。使利用橡胶固定砂粒的橡胶（结合剂）磨石、或者利用发泡树脂固定砂粒的发泡树脂结合剂磨石旋转，使其与晶片外周部接触，对外周部进行倒角。固定砂粒是金刚石砂粒、 或者金刚石和氧化物的混合砂粒。橡胶结合剂磨石、发泡树脂结合剂磨石包含的金刚石砂粒的粒度号，例如是600号～3000号。粒度号是表示砂粒的平均直径的大小的用语。数字越大，表示越细小的砂粒。通过倒角，晶片的外周部被倒角，同时在外周部产生加工变性层。使加工变性层的厚度d为0.5μm～10μm。更优选d＝1μm～3μm。在利用金刚石砂粒的粒径大（粒度号小）的磨石进行倒角时，d达到20μm～50μm，翘曲增大，在磨削过程中经常产生裂口（裂纹）。虽然在减小砂粒的粒径时能够减小d，但仅仅如此还不够。添加氧化物砂粒来缓解金刚石的机械作用也比较有效。氧化物可以使用Fe_2O_3、Cr_2O_3、MnO_2、CuO、ZnO、Fe_3O_4等化学上不稳定的氧化物。本发明者最先发现作为金属氧化物某种砂粒具有化学作用，并具有促进氮化物磨削的效果。本发明者把该处理命名为机械化学磨削(mechanochemical grinding)。

[0044] 机械化学磨削是通过氧化物砂粒的氧化等反应来软化氮化物的表面，降低磨削的负荷的方法，能够抑制磨削加工时的加工变性层和裂纹。

[0045] 虽然是氧化物，但像 SiO_2、Al_2O_3 那样稳定的氧化物就不适合，这些氧化物不具有机械化学磨削作用。即使添加稳定的氧化物，也无法使 d 达到 10μm 以下。把砂粒固定在磨石基盘上的结合材料是具有柔软性的橡胶或发泡树脂。通过将提高金刚石砂粒的粒度号、添加氧化物砂粒、使结合材料变柔软这三个条件相辅地结合，能够使 d 达到 10μm 以下。本发明最先提出在氮化物半导体晶片的倒角中使用橡胶结合剂磨石、发泡树脂结合剂磨石。本发明最先提出在氮化物半导体晶片的倒角中使用氧化物砂粒混合磨石。

[0046] 然后继续磨削表面。在表面形成加工变性层。由于表面是在其上形成设备的面，所以必须是镜面状态。因此研磨表面。关于研磨可以进行使用粗砂粒的粗研磨、和使用细砂粒的精研磨。例如，粗研磨可以使用粒径 30μm ～ 3μm 的砂粒，精研磨可以使用 3μm ～ 0.1μm 的砂粒。 通过研磨，在晶片的表面形成加工变性层。另外，平面加工即磨削、研磨为了实现生产性和表面质量两方面，对于表面往往分阶段实施，但也可以省略其中一个。在这种情况下，在磨削时可以使用粒度号为 3000 号～ 8000 号的磨石，在研磨时可以使用 30μm ～ 15μm 的砂粒。在磨削时，通过使用粒度号高的磨石，能够省略研磨，而在研磨时，通过使用粗的砂粒，能够省略磨削。在这种情况下，在磨削时可以使用粒度号为 3000 号～ 8000 号的磨石，在研磨时可以使用 30μm ～ 15μm 的砂粒。

[0047] 加工变性层在该阶段存在于表面和外周部。通过气相蚀刻，只对表面去除加工变性层。加工变性层的去除也可以通过化学机械研磨 (CMP) 来实施。在外周部保留有厚度为 0.5μm ～ 10μm、更优选 1μm ～ 3μm 的加工变性层。外周部与作为平面的表面、背面不同，通过蚀刻去除加工变性层并控制厚度比较困难。晶片的加工除了上述工序之外，也可以将氮化物锭切片来制作基板，然后实施背面蚀刻 B、外周磨削 C、表面研磨 E、气相蚀刻 F。通过切片能够调制厚度，所以能够省略背面磨削 A、表面磨削 D。在切片时生成加工变性层，所以实施背面和表面的蚀刻。在这种情况下，例如实施切片→背面蚀刻 B →气相蚀刻 F →外周磨削 C →表面研磨 E →气相蚀刻 F 的工序。气相蚀刻 F 也可以进行 1 次。并且，第 2 次蚀刻可以用 CMP 替代。另外，外周磨削 C 可以在锭状态下实施后进行切片。

[0048] 利用橡胶结合剂磨石、发泡树脂结合剂磨石对氮化物半导体晶片进行倒角，所以能够抑制晶片开裂和裂纹产生，该磨石利用柔软的结合材料将细的金刚石砂粒、或者将金刚石砂粒和氧化物固定在基盘上而成。使晶片外周部的加工变性层的厚度为 0.5μm ～ 10μm，更优选 1μm ～ 3μm，所以能够获得翘曲小的氮化物半导体晶片。裂纹发生率减小，能够提高基板制作的成品率。另外，也能够提高制作于氮化物半导体基板上的设备的成品率。

[0049] 加工变性层的厚度 d 为在以后判定倒角的机械冲击强度的尺度，该厚度 d 为 0.5μm ～ 10μm，意味着磨石与晶片外周的接触柔和，冲击微弱。

附图说明

[0050] 图 1 是表示利用在基底基板上进行气相生长并去除基底基板而成的生长的氮化物半导体圆形晶体制作镜面晶片的工序的工序图。

[0051] 图 2 是表示 GaN 晶片的加工变性层的厚度 d 与晶片的翘曲 U 的关系的实验结果的

图表，横轴表示对数显示的外周部加工变性层的厚度（d：μm），纵轴表示翘曲 U（μm）。

[0052] 图 3 是表示 GaN 晶片的加工变性层的厚度 d 与基板制作工艺成品率 Y（实线）及裂纹发生率 C（虚线）的测定结果的图表，横轴表示对数显示的外周部加工变性层的厚度（d：μm），右纵轴表示裂纹发生率 C（%），左纵轴表示基板制作工艺成品率 Y（%）。

[0053] 图 4 是表示 GaN 晶片的外周部加工变性层的厚度 d 与在晶片上制作的设备的面内成品率 Q 的关系的测定结果的图表，横轴表示对数显示的外周部加工变性层的厚度（d：μm），纵轴表示设备面内成品率 Q（%）。

[0054] 图 5 是通过本发明的方法制作的在外周部具有厚度为 0.5μm ～ 10μm、更优选 1μm ～ 3μm 的加工变性层的 GaN 晶片的剖视图。

[0055] 图 6 是通过本发明的方法制作的在外周部具有厚度为 0.5μm ～ 10μm、更优选 1μm ～ 3μm 的加工变性层、在侧面也具有加工变性层的 GaN 晶片的剖视图。

[0056] 图 7 是通过本发明的方法制作的在外周部具有厚度为 0.5μm ～ 10μm、更优选 1μm ～ 3μm 的加工变性层、并完全去除侧面的加工变性层的 GaN 晶片的剖视图。

[0057] 图 8 是通过本发明的方法制作的在外周部具有厚度为 0.5μm ～ 10μm、更优选 1μm ～ 3μm 的加工变性层、在侧面也具有加工变性层的 GaN 晶片的剖视图。

[0058] 图 9 是表示利用橡胶磨石使晶片的外周部（含侧面）形成为圆面 的倒角加工的剖视图。

[0059] 图 10 是表示利用橡胶磨石使晶片的外周部形成为倾斜面的倒角加工的剖视图。

[0060] 图 11 是表示由日本特开 2004-319951（日本特愿 2003-275935）提出的使 GaN 晶片的外周部广泛接触磨石带的长度方向并使晶片旋转而研磨外周部的倒角加工装置的透视图。

[0061] 图 12 是表示由日本特开 2004-319951（日本特愿 2003-275935）提出的使 GaN 晶片的外周部广泛接触磨石带的长度方向并使晶片旋转而研磨外周部的倒角加工装置的剖视图。

[0062] 图 13 是表示通过放置于水平面上的直径为 D 的晶片 W 的中心高度 U 定义翘曲的剖视图。

[0063] 图 14 是表示试样 1 ～ 11 的加工变性层厚度 d（μm）与晶片翘曲 U（μm）的关系的图表，数字表示试样序号，○表示合格的试样，× 表示不合格的试样（以后相同）。

[0064] 图 15 是表示试样 1 ～ 11 的加工变性层厚度 d（μm）与裂纹发生率 C（%）的关系的图表，数字表示试样序号。

[0065] 图 16 是表示试样 1 ～ 11 的加工变性层厚度 d（μm）与设备成品率 Q（%）的关系的图表，数字表示试样序号。

[0066] 图 17 是表示试样 12 ～ 18 的氧化物砂粒比例（wt%）与晶片外周部氧量 O（at%）的关系的图表，氧化物砂粒比例 + 金刚石砂粒比例 = 100%。

[0067] 图 18 是表示试样 12 ～ 18 的氧化物砂粒比例（wt%）与晶片外周部加工变性层厚度 d（μm）的关系的图表。

[0068] 图 19 是表示试样 12 ～ 18 的氧化物砂粒比例（wt%）与龟裂发生率 p（%）的关系的图表。

[0069] 图 20 是表示试样 12 ～ 18 的氧化物砂粒比例（wt%）与设备成品率 Q（%）的关

系的图表。

[0070] 图 21 是表示试样 19 ～ 26 的加工变性层厚度 d(μm) 与晶片外周部金属量 m(at%) 的关系的图表。

[0071] 图 22 是表示试样 19 ～ 26 的加工变性层厚度 d(μm) 与龟裂发生 率 p(%) 的关系的图表。

[0072] 图 23 是表示试样 19 ～ 26 的加工变性层厚度 d(μm) 与设备成品率 Q(%) 的关系的图表。

[0073] 图 24 是表示试样 1 ～ 26 的加工变性层厚度 d(μm) 与外周部面粗糙度 Ra(μm) 的关系的图表。

[0074] 图 25 是表示为了制作发光元件设备而在本发明的氮化镓晶片上外延生长 n-GaN 薄膜、n-AlGaN 薄膜、发光层、p-AlGaN 薄膜、p-GaN 薄膜而成的外延晶片的剖视图。

[0075] 图 26 是表示为了制作发光元件设备而本发明的氮化镓晶片上外延生长 GaN 薄膜、AlGaN 薄膜、GaInN 薄膜并形成有 p 侧电极和 n 侧电极的一个设备的剖视图。

[0076] 图 27 是表示利用 AuSn 焊锡将设备芯片倒立 (p 侧朝下，n 侧朝上) 地固定在封装体的芯棒上，并利用连接线将 n 侧电极与导线引脚连接的发光元件设备的纵剖视图。

[0077] 图 28 是表示试样 12 ～ 18 的晶片外周部的氧量 O(at%) 与龟裂发生率 p(%) 的关系的图表。

[0078] 图 29 是表示试样 12 ～ 18 的晶片外周部的氧量 O(at%) 与设备成品率 Q(%) 的关系的图表。

[0079] 图 30 是表示试样 19 ～ 26 的晶片外周部的金属量 m(at%) 与龟裂发生率 p(%) 的关系的图表。

[0080] 图 31 是表示试样 19 ～ 26 的晶片外周部的金属量 m(at%) 与设备成品率 Q(%) 的关系的图表。

具体实施方式

[0081] 氮化物基板由 III 族氮化物 (例如 GaN、AlN、InN、AlGaN、InGaN) 构成。GaN 通过 HVPE 法、溶剂法 (Flux method)、氨热法生长。AlN 通过 HVPE 法、升华法、溶剂法生长。InN 通过 HVPE 法生长。利用线锯和片锯将生长后的氮化物的锭切片，获得基板。平面加工是通过磨削、研磨来进行的。蚀刻是通过湿式蚀刻或干式蚀刻来进行的。

[0082] 对于直径 5 英寸 (12.7cm)、厚度 850μm 的 GaN 基板，利用橡胶 (结合剂) 磨石、多孔质树脂结合剂磨石，进行外周的倒角加工 (倒角 :外周磨削)。非发泡的树脂结合剂磨石和金属结合剂磨石、电沉积磨石过硬，不适合氮化物半导体晶片倒角。从加工时的弹性变形、去除性能的方面考虑，橡胶磨石的结合剂材料使用氯丁二烯类橡胶 (CR :chloroprene rubber)。从抑制加工时的裂纹、损伤的方面考虑，优选橡胶硬度是 40 ～ 60 的低硬度。

[0083] 多孔质树脂结合剂磨石的孔隙率采用 20 ～ 50%。为了使树脂结合剂成为多孔质，通过向原料中混合碳酸钙等碳酸盐，并在烧结时产生气体来实现。关于固定砂粒用的树脂，例如使用聚乙烯醇 (PVA :polyvinyl alcohol)、苯酚。

[0084] 固定在磨石上的砂粒采用金刚石砂粒。也能够利用氧化铝 (Al_2O_3) 砂粒、碳化硅 (SiC) 砂粒、氮化硼 (BN) 砂粒代替金刚石砂粒。金刚石、氧化铝、碳化硅、氮化硼的作用几

乎相同，所以下面以金刚石为代表示例进行说明。金刚石砂粒的粒度号（#）采用 220 号～6000 号。粒度号是表示砂粒粒径的尺度。粒度号越高意味着砂粒越细，粒度号越低意味着砂粒越粗。

[0085] 虽然使用粗砂粒能够在短时间内加工，但裂纹（磨削中的裂口）、翘曲变大。在使用细砂粒时，将过度花费时间，有时翘曲、裂纹反而会增大。结合剂材料中的固定砂粒的含量按体积比为 3 ～ 20％。

[0086] 优选晶片外周的倒角部的加工变性层厚度 d 是 0.5μm ～ 10μm。加工变性层的厚度 d 小于 0.5μm 或者大于 10μm 时，翘曲增加。并且，裂纹的发生率也增加。更优选加工变性层为 1 ～ 3μm。翘曲受到外周的加工变性层和结晶的内部应力、表面、背面的加工变性层的影响。并且，翘曲也受晶片的直径、厚度影响。加工变性层能够利用劈开面的 CL（阴极发光）、TEM（透射型电子显微镜）评价。

[0087] 外周的倒角部的粗糙度根据 RA（算术平均粗糙度）基准可以是 Ra0.07μm ～ Ra3μm。Ra 是面粗糙度的表达方法的一种，是将全部测定点的高度相对于平均高度的偏差的绝对值进行累计并平均得到的。Rms（均方根粗糙度）是全部测定点的高度相对于平均高度的偏差的平方的平均的平方根。Ra 和 Rms 分别根据表面的凹凸的不规则性而不同，Ra 和 Rms 不一致也不成比例。粗糙度小于 Ra0.07μm 或者大于 Ra3μm 时，最终产品的基板的外周部的杂质的量增加。杂质是从砂粒的结合剂和保持基板的石蜡产生的。更优选外周部的粗糙度为 Ra0.15μm ～ Ra1μm。外周部的粗糙度是通过使用了波长 658nm 的半导体激光器的激光显微镜在 30μm □ (30μm×30μm) 的范围内测定的。

[0088] 能够通过使用粒度号极高的金刚石砂粒的磨石对氮化镓晶片进行倒角。在只利用粒度号不怎么高的金刚石砂粒的磨石进行倒角时，机械作用过强，外周部变粗糙。为了降低外周部的粗糙度，可以使用金刚石砂粒与氧化物砂粒（粉末）的复合砂粒的磨石。为了不引起化学反应，选择不稳定的氧化物粉末。利用氧化物的化学作用，能够减小所需要的金刚石砂粒的机械作用，并减轻冲击。氧化物砂粒可以使用从 Fe_2O_3、Fe_3O_4、Cr_2O_3、CuO、Co_3O_4、MnO_2、ZnO 中选择的砂粒。氧化物砂粒具有包括化学作用和机械作用的机械化学效果。通过氧化物砂粒的机械化学效果促进表面的去除，能够以比只有金刚石砂粒时低的负荷（冲击）实施倒角加工（倒角）。因此，能够获得平滑且损伤小的表面。二氧化硅 (SiO_2)、氧化铝 (Al_2O_3) 等稳定的氧化物砂粒不适合。另外，氮化物基板的 (0001) 面 (Ga 面) 稳定，化学耐久性高。因此，机械化学效果的磨削加工效率低。在磨削外周时，把相对于 (0001) 面倾斜的面作为对象，所以化学耐久性低，能够实现高效率的机械化学磨削。

[0089] 由于磨削氛围和氧化物的影响，氧混入到外周部中。优选外周的倒角部的氧量是 3at％～ 20at％。氧量小于 3at％，将容易产生龟裂。而 如果大于 20at％，则外周部的元件的不良发生率增加。外周部的氧量能够根据氧化物砂粒的配比进行控制。并且，在进行加工后的清洁时，能够通过调整清洁液的氧化效果进行控制。优选氧量为 5at％～ 15at％。外周部的组分能够利用 AES(Auger Electron Spectroscopy：俄歇电子能谱法）测定。

[0090] 使用前面叙述的基板能够形成各种半导体设备。例如，在制作发光元件设备时，制作在 n 型 GaN 结晶基板上依次层叠了厚度 1μm 的 n 型 GaN 层、厚度 150nm 的 n 型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ 层、发光层、厚度 20nm 的 p 型 $Al_{0.2}Ga_{0.8}N$ 层、厚度 150nm 的 p 型 GaN 层的外延片。发光层是交替层叠了由厚度 10nm 的 GaN 层形成的 4 层势垒层、和由厚度 3nm 的 $Ga_{0.85}In_{0.15}N$ 层形成

的 3 层阱层的多重量子阱结构的发光层（图 25）。

[0091] 另外，在 n 型基板背面（(000-1) 面）形成 n 侧电极，在 p-GaN 层上面形成 p 侧电极。例如，2mm 方形的 LED 芯片形成于封装体的芯棒 (Stem) 上。在基板背面侧形成于芯棒上（正立 :Epi-up) 的情况下，n 侧电极宽大，p 侧电极狭小。光从 p 侧射向外部。在 p 侧形成于芯棒上（倒立 :Epi-down) 的情况下，n 侧电极狭小，p 侧电极宽大，将 p 侧接合在芯棒上（图 26）。在倒立地形成于芯棒上时（图 27），由于 GaN 透明，所以能够使光从 GaN 基板侧射向外部。发光层与芯棒接近，在芯棒金属中传递的热量释放，所以散热性良好。GaN 的热传导率良好，所以也能够从 GaN 基板散热。GaN 的热传导率比蓝宝石高，所以 GaN 基板发光元件适合于大型芯片的大功率输出。

[0092] 实施例 1

[0093] 1. 制作多种厚度的加工变性层的 GaN 晶片

[0094] 准备通过气相生长法制作的多个 2 英寸（约 50mmΦ）圆形氮化镓晶片。掺杂剂是硅 (Si) 或氧 (O) 的 n 型基板。对晶片进行下面的加工使成为表面镜面晶片。图 1 表示其工序图。

[0095] A. 背面磨削

[0096] B. KOH 背面蚀刻

[0097] C. 利用 600 粒度号～ 3000 粒度号的橡胶磨石进行倒角

[0098] D. 表面磨削

[0099] E. 研磨（粗研磨、精研磨）

[0100] F. 气相蚀刻

[0101] A. 背面磨削是用于使晶片 W 的厚度成为预定范围内的值的工序。通过背面（氮元素面）磨削，晶片厚度减小。并且，通过磨削在背面产生加工变性层 (Process-induced degradation layer)M。加工变性层 M 无法通过目视和扫描电子显微镜 (SEM) 观察得知，但能够利用阴极发光 (CL)、荧光显微镜或透射型电子显微镜 (TEM) 识别。表面附近的在 CL 和荧光显微镜下不发光的部分、或者在 TEM 的明亮视野像中比周围暗的部分是加工变性层 M。加工变性层 M 的厚度 d 也能够利用 CL、荧光显微镜或 TEM 测定。例如，利用 SEM 和 CL 观察同一位置，根据受到加工影响的表面附近的非发光部区域的厚度进行评价。在该过程中导入的背面的加工变性层 M 是 d ＝ 10μm ～ 50μm。

[0102] B. 因为不希望保留加工变性层 M，所以去除背面的加工变性层 M。B 的蚀刻用于去除在背面磨削时产生的加工变性层 M。将浓度 25％的 KOH 溶液加热到 90℃，蚀刻 10 分钟～ 120 分钟。改变时间，并在约 1μm ～ 50μm 的范围内改变蚀刻量。

[0103] C. 倒角用于将晶片 W 的外周部倒角成为倾斜状或圆滑状。如果在倒角时使用树脂结合剂磨石，则如前面所述会从外周部开裂，并产生裂纹。如果使用专利文献 3 的磨石带，则花费时间。因此，为了防止开裂和裂纹，本发明使用橡胶磨石。

[0104] 橡胶磨石利用橡胶将固定砂粒固定在基盘上。使磨石与晶片外切并旋转，将晶片的外周部倒角加工成为倾斜面或者圆曲面。

[0105] 图 9 表示利用具有圆曲面的鼓轮型橡胶磨石 G 对晶片 W 的外周部（含侧面）E 进行倒角的状态。该倒角将包含侧面的外周部 E 倒角成为圆滑状。

[0106] 图 10 表示利用具有倾斜圆锥面的圆锥梯形橡胶磨石 H 对晶片的外周部 E 进行倒

角的状态。该倒角对上下缘倒角 2 次，进行倾斜成方形的倒角。在这种情况下，晶片的侧面没有被倒角。另外，磨石的形状不限于上述的鼓轮形、圆锥梯形，通过使小型的磨石位移来实施外周加工，也可以形成晶片外周部的倒角形状。

[0107] 倒角首先使用 600 粒度号的橡胶磨石。然后使用 2000 粒度号的橡胶磨石。在利用 600 粒度号的橡胶磨石进行倒角时，外周部 E 的面粗糙度约达到 Ra0.3μm。在利用 2000 粒度号的橡胶磨石进行倒角时，晶片的外周部成为约 Ra0.07μm 的面粗糙度。由此，外周部 E 变平滑。通过倒角，在外周部 E 产生加工变性层 M。

[0108] D. 通过表面磨削，使厚度约为 600 ～ 550μm 的晶片 W 的厚度成为约 500μm ～ 520μm。磨削量能够通过时间来改变。例如，将厚度 580μm 的晶片表面磨削到 510μm，约需要 60 分钟。由此，在晶片 W 的表面产生加工变性层 M。

[0109] E. 研磨包括表面的粗研磨和精研磨。通过粗研磨和精研磨，表面变成平滑面。在表面、外周部存在加工变性层 M。加工变性层 M 的厚度 d 根据磨削量而不同，约为 10μm ～ 50μm。

[0110] F. 晶片表面的加工变性层的去除可以通过机械化学抛光 (MCP)、电解研磨、液相蚀刻及气相蚀刻等实现，这一次是通过使用含有高温氯元素的气体的气相蚀刻来去除加工变性层 M。表面 (Ga 面) 在化学上和物理上都比背面 (N 面) 坚固，碱蚀刻不容易腐蚀表面。因此，表面的加工变性层去除采用气相蚀刻。

[0111] 改变磨削、蚀刻的条件，制作了晶片外周部的加工变性层 M 的厚度 d 不同的几种晶片。完成的 GaN 晶片的外周部加工变性层 M 的厚度约为 d ＝ 0μm ～ 20μm。

[0112] 2. 外周部加工变性层厚度 d 与翘曲 U 的关系

[0113] 晶片的翘曲的表示方法有几种，晶片的中心线的曲率半径 R、曲率 1/R、晶片中心的高度等。在此，利用通过 2 英寸晶片换算将晶片放置在平坦面上时的中心的高度 U 表示翘曲。

[0114] 图 13 表示定义。存在 $U = D^2/8R$ 的关系。D 表示晶片的直径，R 表示曲率半径。分别测定了晶片的翘曲 U。

[0115] 因此，把晶片外周部的加工变性层 M 的厚度 d 设为变量，确认了与翘曲 U 的关系。其结果如图 2 所示。横轴用于对数显示外周部加工变性层厚度 d(μm)。纵轴表示翘曲 U(μm)。

[0116] 虽然除此之外还有各种因素，但确认到能够利用外周部加工变性层厚度 d 的基本单值 (Monovalue) 的函数表示翘曲 U。并且得知翘曲 U 在外周部加工变性层厚度 d 为 3μm ～ 20μm 的范围内单调增加。在 d ＝ 10μm 时，翘曲为 50μm。在 d ＝ 0.5μm ～ 10μm 时，翘曲小于 50μm。在 d 为 3μm ～ 1μm 时达到极小。发现具有外周部加工变性层厚度 d 小于 1μm 时，翘曲反而增大的趋势。

[0117] 3. 外周部加工变性层厚度 d 与裂纹发生率 C 的关系

[0118] 也确认了晶片的裂纹发生率 C。其结果如图 3 所示。图 3 中的横轴表示外周部加工变性层厚度 d，右纵轴表示裂纹发生率 C(％)。虚线表示裂纹发生率。虽然裂纹是由于各种因素而产生的，但确认到裂纹与外周部加工变性层的厚度 d 大致存在明显的关系。

[0119] 裂纹发生率 C(％) 在外周部加工变性层厚度 d 为 3μm ～ 10μm 的范围内单调增大。在 d 为 1μm → 0μm 时，裂纹发生率上升。在 d ＝ 0.5μm ～ 10μm 时，能够将裂纹发

生率控制在50％以下。将裂纹发生抑制为极小时的外周部加工变性层的厚度d为3μm以下。

[0120] 4. 外周部加工变性层厚度d与基板制作工艺成品率Y的关系

[0121] 也确认了基板制作工艺的成品率Y(％)。虽然晶片（基板）制作的效果受到多种因素的影响，但确认到基板制作工艺成品率Y与外周部加工变性层的厚度d大致存在明显的关系。

[0122] 图3中的实线曲线表示基板制作工艺成品率与外周部加工变性层厚度d的关系。在外周部加工变性层厚度d为3μm～10μm之间时，基板制作工艺成品率Y约达到80％～75％。在d＝0.5μm～10μm时，基板制作工艺成品率Y为72～80％。在d＝10μm时为76％。在d为10μm～20μm时成品率进一步降低，所以没有图示。

[0123] 在外周部加工变性层厚度d为1μm时，基板制作工艺成品率Y约降低到75％。在d向0μm下降时，基板制作工艺成品率Y约降低到60％。

[0124] 为了将基板制作工艺成品率Y保持在72～80％，0.5μm～10μm左右的外周部加工变性层厚度d比较合适。

[0125] 5. 外周部加工变性层厚度d与设备面内成品率Q的关系

[0126] 在晶片上制作发光元件等设备，并确认了设备的面内成品率Q，得知设备面内成品率Q与晶片的外周部加工变性层M的厚度d也具有密切的关系。

[0127] 图4表示测定结果。在厚度d约为1.7μm时，成品率达到极大的80％左右。在d超过3μm时，设备面内成品率Q降低。相反，在外周 部加工变性层厚度d接近0μm时，设备面内成品率Q经过50％后急剧下降到40％以下。为了使设备面内成品率Q达到60％以上，必须把外周部加工变性层的厚度d设在0.5μm～10μm范围内。为了使设备面内成品率Q达到70％以上，必须把d设在约1μm～5μm范围内。

[0128] 虽然认为外周部加工变性层厚度d＝0μm比较好，但根据以上结果得知并非如此。很明显保留d＝0.5μm～10μm、更优选1～3μm的外周部加工变性层比较好。

[0129] 通过全面研究翘曲U、基板制作工艺成品率Y、裂纹发生率C、设备面内成品率Q得知，优选残留在表面上的外周部加工变性层M的厚度d为1μm～3μm。

[0130] 以上叙述了对于2英寸的GaN晶片实施背面磨削、背面蚀刻、外周磨削、表面磨削、表面研磨、气相蚀刻的情况。在从GaN锭切片得到晶片，并实施背面蚀刻、外周磨削、表面研磨、气相蚀刻的情况下，也能够获得相同的结果。

[0131] 以上记述了有关GaN晶片的情况，但对于AlN和AlGaN或InGaN等氮化物晶片，也能够获得相同的结果。

[0132] 本发明根据这些结果的积累提出了下述方法，在对通过气相生长而得到的生长的氮化物半导体晶片进行背面磨削、倒角、表面磨削研磨加工成为镜面晶片时，利用橡胶磨石或发泡树脂磨石进行倒角，将晶片外周部的加工变性层保留0.5μm～10μm、更优选1～3μm。

[0133] 图5～图8表示利用这种方法制作的氮化物半导体晶片W的概略剖视图。

[0134] 图5表示将利用具有圆形研磨面的鼓轮型橡胶磨石(G)进行倒角 后的晶片的表面的加工变性层M完全去除，在外周部保留0.5μm～10μm、更优选1μm～3μm的加工变性层M。

[0135] 图6表示将利用具有圆形研磨面的鼓轮型橡胶磨石(G)进行倒角后的晶片的表面的加工变性层M完全去除，在外周部（含侧面）保留0.5μm～10μm、更优选1μm～3μm的加工变性层M。

[0136] 图7表示将利用具有倾斜圆锥面的圆锥梯形橡胶磨石(H)进行倒角后的晶片的表面及侧面的加工变性层M完全去除，在外周部保留0.5μm～10μm、更优选1μm～3μm的加工变性层M。

[0137] 图8表示将利用具有倾斜圆锥面的圆锥梯形橡胶磨石(H)进行倒角后的晶片的表面的加工变性层M完全去除，在外周部（含侧面）保留0.5μm～10μm、更优选1μm～3μm的加工变性层M。

[0138] 实施例2

[0139] 实施例2：试样1～11，表1，图14、15、16

[0140] 倒角在晶片越是大口径时越难以进行。容易产生裂纹、翘曲的问题，在形成半导体设备时，成品率容易下降。本发明如果能够适用于大口径晶片，则实用性进一步增大。

[0141] 因此，在实施例2～4中，说明对直径5英寸、厚度850μm的大口径且较厚的GaN晶片进行了单一阶段倒角的26个示例。直径5英寸GaN晶片是本发明最先提出的，尚没有类似示例。在图14～图24中利用数字标注了试样序号。○表示合格的试样，× 表示不合格的试样。在此，说明在氮化镓晶片的加工中对于试样1～26全部相同的工序。

[0142] GaN基板的加工

[0143] 进行如图1的工序图所示的下述工序，即，进行GaN晶片的背面 磨削(A)，利用KOH去除通过背面磨削而形成于背面的加工变性层(B)，加工外周部(C：倒角加工，磨削的一种)，磨削表面(D)，研磨表面(E)，通过气相蚀刻(F)去除形成于表面的加工变性层。虽然本发明的特征在于C的倒角，但对全部工序A～F进行说明。

[0144] (1)GaN基板的成形加工

[0145] 利用线锯将采用HVPE法生长的直径5英寸(127mm)的n型GaN锭（掺杂剂：O)切取成为与(0001)面平行的面，得到厚度850μm的基板。对所得到的基板进行背面磨削（工序A)。磨削是使用#600的金刚石磨石进行。通过磨削在背面形成加工变性层。在磨削后，利用浓度15％的KOH水溶液实施50℃的蚀刻，去除加工变性层（工序B)。背面的蚀刻如果蚀刻速度足够，则也可以使用NaOH、H_3PO_4等其他碱、酸的水溶液。并且，也可以通过干式蚀刻来去除加工变性层。对于蚀刻后的基板，使用表1所示的磨石，实施了GaN基板的倒角加工（工序C)。然后，实施了表面的研磨加工。

[0146] (2)GaN基板表面的研磨、CMP（化学机械研磨）

[0147] 利用石蜡将GaN基板（氮化物结晶）的N原子面侧的C面（背面：(000-1)面）安装在陶瓷制的晶体支架上。将直径600mm的平台设置在研磨装置上，从料浆供给口向平台供给分散有金刚石的游离砂粒的料浆，使平台以其旋转轴为中心旋转，将砝码放置在晶体支架上，由此将GaN基板表面按压在平台上，并使GaN基板以晶体支架的旋转轴为中心旋转，进行n型GaN的表面(Ga原子面侧：C面(0001)面）的研磨。

[0148] 这里，平台采用铜平台、锡平台。准备砂粒粒径为9μm、3μm、2μm的三种金刚石砂粒（游离砂粒)，进行研磨并逐渐减小砂粒直径。研磨压力为100g/cm^2～500g/cm^2。GaN基板及平台的转数都是30次／分～60次／分。通过这种研磨，GaN结晶基板的表面成为

镜面。

[0149] 在设于抛光装置的直径600mm的平台上设置抛光垫，从料浆液供给口向抛光垫供给分散有砂粒的料浆，使抛光垫以其旋转轴为中心旋转，并且将砝码放置在晶体支架上，由此将GaN基板按压在抛光垫上，并使GaN基板以晶体支架的旋转轴为中心旋转，进行GaN的表面（Ga原子面的C面（0001）面）的CMP（化学机械研磨）。

[0150] 料浆是这样制作的，把作为砂粒的粒径2μm的Al_2O_3微粒分散到水中，把Al_2O_3含量设为5质量%，添加HNO_3作为pH调节剂，把pH调整为2～4。另外，抛光垫使用聚胺酯的绒面革垫。平台使用不锈钢平台。抛光压力是50g/cm^2～600g/cm^2。GaN基板和抛光垫的转数都是30次/分～70次/分。

[0151] (3)GaN基板的表面的干式蚀刻、清洁

[0152] 使用含氯气体，利用ICP-RIE装置对进行CMP处理后的基板实施干式蚀刻。蚀刻气体采用氯气。

[0153] 利用稀释的KOH水溶液和IPA（异丙醇），对进行干式蚀刻处理后的基板实施清洁。对于最终状态的基板进行了加工变性层、粗糙度、翘曲、氧量、金属量、龟裂的评价。表面的粗糙度都是Ra1.5nm。背面的粗糙度都是Ra5.6μm。其他结果如表1、2、3所示。

[0154] (4)包括n型GaN基板的LED设备

[0155] n型GaN基板采用电阻率$1\times10^{-2}\Omega$cm、载流子密度3×10^{18}/cm^{3}的基板。把n型GaN基板设置在MOCVD装置内，利用MOCVD法，在n型GaN基板的表面（(0001)面）侧依次形成厚度1μm的n型GaN层（掺杂剂:Si）、厚度150nm的n型$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$层（掺杂剂:Si）、发光层、厚度20nm的p型$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$层（掺杂剂:Mg）、及厚度150nm的p型GaN层（掺杂剂:Mg），得到了外延晶片。图25表示1个元件的外延晶片。发光层是交替层叠了由厚度10nm的GaN层形成的4层势垒层、和由厚度3nm的$Ga_{0.85}In_{0.15}N$层形成的3层阱 层的多重量子阱结构。

[0156] 然后，在n型GaN结晶基板的另一个背面（(000-1)面，N面），形成由厚度200nm的Ti层、厚度1000nm的Al层、厚度200nm的Ti层、厚度2000nm的Au层形成的层叠结构，并在氮氛围中加热，由此形成直径100μm的n侧电极，作为第1电极。另一方面，在p型GaN层上形成由厚度4nm的Ni层、厚度4nm的Au层形成的层叠结构，并在惰性气体氛围中加热，由此形成p侧电极作为第2电极。图26表示形成了电极的一个元件的晶片的剖视图。在所述半导体晶片形成为2mm方形的芯片后，将所述p侧电极通过由AuSn形成的焊锡层接合在芯棒上。另外，利用接合线将所述n侧电极与导线引脚接合，得到具有作为LED的结构的半导体设备（图27）。

[0157] 倒立是因为GaN基板是透明的，能够从基板侧射出光，而且发热的发光层与芯棒接近，能够通过热传导从芯棒经由封装体散热。GaN的热传导率（210W/mK）约比蓝宝石基板（40W/mK）高5倍，也通过基板从上部促进散热。能够没有保留地发挥GaN基板的良好特点。在注入电流4A的条件下，使用积分球测定了所得到的LED的光输出。在电流流过时，从元件的发光层向周围射出光。一部分光向上射出，并通过基板射向外部。一部分光向下射出，并在芯棒反射后射向外部。到达封装体侧面的光也向上反射并射向外部。在2mm方形的较大芯片中倒立固定，向下的光也向上反射，所以能够形成大输出功率的发光元件。

[0158] 发光元件的光输出是按照下面所述测定的。向配置在积分球内的发光元件注入预

定的电流(4A),从该发光元件射出的光几乎全部会聚在积分球上,测定被配置于聚光点的探测器上聚光的光功率。LED是光输出比较大时为高性能的设备。在光输出为2W以上时,判定为良好的特性,在小于2W时判定为不良。以上所述的加工、设备制作、检查对于试样1～26是相同的。

[0159] 关于试样1～11,分别改变金刚石砂粒粒度号、结合剂材料、氧化物比例,并将外周部的加工变性层厚度设为多种厚度,确认了翘曲、裂纹、设备成品率。

[0160]

表 1

			试样 1	试样 2	试样 3	试样 4	试样 5	试样 6	试样 7	试样 8	试样 9	试样 10	试样 11
外周加工	结合剂	类型	橡胶	橡胶	橡胶	橡胶	橡胶	树脂	橡胶	树脂	金属	金属	电沉积
		材质	CR	CR	CR	CR	CR	PVA	CR	苯酚	Cu-Sn	Cu-Sn	Ni
		橡胶硬度	40	40	40	45	50	-	60	-	-	-	-
		孔隙率	0%	0%	0%	0%	0%	40%	0%	0%	0%	0%	0%
	砂粒	金刚石	6000	3000	3000	2000	1500	800	600	600	600	3000	3000
		氧化物	Fe_2O_3	Fe_2O_3	-	-	-	-	-	-	-	Fe_2O_3	-
		氧化物量	20	20	-	-	-	-	-	-	-	20	-
基板特性	加工变性层 d		0.3	0.5	1	2	3	6	10	13	18	13	16
	表面粗糙度 Ra		0.03	0.07	0.15	0.5	1	3	5	7	8	1	2
	翘曲 U		20	10	7	6	5	5	12	25	50	28	43
	裂纹 C	发生率	9	4	2	0	1	2	5	12	26	14	22
设备	成品率 Q		52	72	82	84	85	80	70	50	20	52	35

[0161] 表 1 中的最上栏是试样序号。试样序号从 1 到 11。基板特性是对每个晶片测定的值。对于每个试样，将外周加工、基板特性、设备特性作成了表格。

[0162] 从表 1 中的第 2 行起往下被记述为外周加工的部分，表示在加工时使用的磨石的物理性质。外周加工是通过磨削，使固定了砂粒的磨石旋转，并使其与外周接触来进行的。结合剂指将砂粒固定在基盘上的材料。通常，磨石往往采用利用树脂和金属来固定砂粒的树脂结合剂磨石、金属结合剂磨石、或者电沉积了砂粒的电沉积磨石。但是，在本发明中，不使用树脂结合剂磨石、金属结合剂磨石、电沉积磨石等。这些磨石导致将砂粒坚硬地固定在基盘上，所以不希望采用。

[0163] 本发明利用橡胶结合剂磨石、发泡树脂结合剂磨石进行外周加工（磨削）。作为比较，也利用树脂结合剂磨石、金属结合剂磨石、电沉积磨石进行了外周加工。材质栏表示结合剂材料的材质。CR 表示氯丁二烯橡胶 (chloroprene rubber)。下一栏表示橡胶结合剂的硬度。树脂结合剂、金属结合剂的硬度更高，测定方法不同。树脂 (resin) 自身弹性不足是不行的，所以在将树脂发泡而进一步提高弹性后再使用。在发泡后成为树脂与气泡的复合物质。把气孔的体积比例称为孔隙率（体积％）。能够利用孔隙率评价柔软性。

[0164] 在表中示出了氧化物砂粒的类型及其重量％。从 100％减去氧化物砂粒的重量％，即得到金刚石砂粒的重量％。

[0165] 在基板特性的栏中示出了外周加工后的基板的 4 个特性。第一栏表示外周部的加工变性层的厚度（μm）。利用 CL（阴极发光）能够将加工变性层的部分与其他部分区分。利用 CL 测定保留在外周部上的加工变性层的厚度。第二栏表示表面粗糙度 (Ra)，其单位是 μm。第三栏表示基板的翘曲，利用将晶片放置成为使外周部与平坦面接触时的中央部的高度 H 表示翘曲。由于是具有较大面积（较大直径）的晶片，所以利用高度表示的翘曲的值比较大，但如果利用曲率表示，则相当小。如果利用二次函数近似翘曲，则在把曲率半径设为 R、把晶片的直径设为 D、把中央部的高度设为 U 时，$R = D^2/8U$。例如，把翘曲高度设为 U ＝ 20 μm 时，D ＝ 127mm，R ＝ 100m。转换为曲率是 $1/R = 0.01m^{-1}$。

[0166] 裂纹指在磨削外周的过程中晶片缺口、开裂。裂纹发生率指相同条件的试样晶片中在磨削时产生了裂口的晶片数量与总体数量之比。关于试样 1 ～ 11，在各种条件下进行外周磨削，然后试验了晶片的翘曲、裂纹发生率、设备成品率。

[0167] 在设备栏中，把能够从一块 GaN 晶片获得的元件中合格元件的比例表示为成品率。元件是大型的发光二极管，是 2mm 方形的芯片（面积 $4mm^2$）。通常制作销售的通用发光二极管是 300 μm ～ 500 μm 方形。与这些普通发光二极管相比，上述元件是具有 15 倍～ 40 倍的面积的大型发光二极管。直径 127mm 的晶片的面积约是 $12000mm^2$，所以约是 3000 个芯片的面积。将芯片取样并收容在封装体中，并进行通电试验确认了成品率。由于面积 (2mm 方形）较大，所以从概率上讲成品率比常规面积的芯片 (0.3 ～ 0.5mm 方形）低，尽管如此，也能够以相当高的成品率制作良好的大型发光二极管。

[0168] 图 14 是表示试样 1 ～ 11 的加工变性层厚度 d(μm) 与晶片翘曲 U(μm) 的关系的图表。图中的数字表示试样序号。利用箭头表示的 d ＝ 0.5 μm ～ 10 μm 是本发明提出的 d 的范围。利用箭头表示的 d ＝ 1 ～ 3 μm 是特别优选的范围。图 15 是表示试样 1 ～ 11 的加工变性层厚度 d(μm) 与裂纹发生率 C(％）的关系的图表。图 16 是表示试样 1 ～ 11 的加工变性层厚度 d(μm) 与设备成品率 Q(％）的关系的图表。

[0169] 试样 1(Fe_2O_3、橡胶磨石、d ＝ 0.3 μm、Q ＝ 52％）

[0170] 对直径 5 英寸 (127mm)、厚度 850 μm 的圆形 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻

(B)，然后使用把氯丁二烯橡胶 (CR) 作为结 合材料的橡胶磨石进行外周磨削（倒角 C)。由于将砂粒固定在基板上的结合材料使用橡胶，所以应该称为橡胶结合剂磨石，但是简称为橡胶磨石。虽说如此，但不是利用橡胶进行磨削，磨削材料的主体是金刚石砂粒。结合材料的橡胶不能发泡，所以孔隙率是 0%（树脂结合剂能够发泡）。橡胶能够通过配比来改变硬度。该橡胶磨石的橡胶硬度是 40。

[0171] 固定砂粒是金刚石砂粒和三氧化二铁 (Fe_2O_3) 砂粒。氧化物 (Fe_2O_3) 砂粒的比例是 20 重量%。剩余 80 重量%是金刚石砂粒。金刚石砂粒使用 6000 粒度号的砂粒。粒度号 (#) 是表示砂粒的大小的值，数字越大，表示砂粒越细。

[0172] 6000 粒度号是平均粒径约 2.5μm 的金刚石砂粒。通过外周磨削形成的外周部的加工变性层的厚度是 0.3μm。进行外周磨削后（倒角后）的外周部的面粗糙度是 Ra0.03μm。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲是 20μm。裂纹指磨削外周时的晶片裂口。裂纹发生率 C(%) 指将磨削外周时晶片缺口开裂的晶片数量除以晶片总数后乘以 100 得到的值。最后一栏的设备成品率 (Q) 指，利用前面叙述的方法在所述 GaN 晶片上制作发光二极管 (2mm 方形)，将芯片分离且安装在芯棒上并进行引线接合后收纳在封装体中，形成 LED 元件，然后进行通电试验 (4A) 并确认发光的大小，将合格品（输出 2W 以上）的数量除以芯片总数得到的值。试样 1 的成品率 Q 是 52%，所以不好。由于不合格，所以在图表中利用 × 表示试样 1。推测由于加工变性层的厚度是 d = 0.3μm，比较小，所以元件成品率比较低。为了增加加工变性层厚度 d，可以使磨石的筛目更粗或者增加加工负荷。

[0173] 试样 2(Fe_2O_3、橡胶磨石、d = 0.5μm、Q = 72%)

[0174] 对直径 5 英寸 (127mm)、厚度 850μm 的圆形 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用把氯丁二烯橡胶 (CR) 作为材 料的橡胶磨石进行外周磨削（倒角 C)。橡胶磨石的孔隙率是 0%。橡胶硬度是 40。固定砂粒是 80 重量%的金刚石砂粒和 20 重量%的三氧化二铁 (Fe_2O_3) 砂粒。金刚石砂粒使用比试样 1 稍粗的 3000 粒度号的砂粒，是平均粒径约 5μm 的金刚石砂粒。倒角后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 0.5μm。由于使用筛目更粗的磨石，所以加工变性层厚度 d 增大。进行外周磨削后的外周部的面粗糙度是 Ra0.07μm。由于使用粗磨石，所以面粗糙度变大。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲（中心部相对于周边部的高度 U) 是 10μm。翘曲较小。翘曲的曲率半径是 R = 200m。裂纹发生率 C 是 4%，是试样 1 的一半以下。在该基板上制作多个发光二极管，将芯片分离并安装在芯棒上形成电极，然后进行通电试验 (4A) 并确认发光量，如此得到的设备成品率是 Q = 72%。是良好且较高的成品率。由于合格，所以在图表中利用○表示试样 2。关于图表中的试样的○ × 在以后也相同。外周面粗糙度是 Ra0.07μm，比试样 1 粗，外周部的加工变性层厚度是 0.5mm，比试样 1 厚。关于成品率高的原因被认为是缘于外周部的粗糙度、加工变性层厚度。

[0175] 试样 3（没有氧化物砂粒、橡胶磨石、d = 1μm、Q = 82%）

[0176] 与此前相同，对直径 5 英寸 (127mm)、厚度 850μm 的圆形 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用把氯丁二烯橡胶 (CR) 作为材料的橡胶磨石进行外周磨削（倒角 C)。橡胶磨石的孔隙率是 0%。硬度是 40。不使用氧化物砂粒。固定砂粒只是金刚石

砂粒。金刚石砂粒使用与试样 2 相同的 3000 粒度号的砂粒。倒角后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 1μm。金刚石是 100%，没有氧化物砂粒。机械磨削作用增大，加工变性层厚度 d 增大。进行外周磨削后的外周部的面粗糙度是 Ra0.15μm。由于是 100%金刚石，所以机械作用增大，外周面变粗糙。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲是 U = 7μm。与试样 1、2 相比，翘曲变大。翘曲的曲率半径是 R = 286m。 由于外周面的加工变性层是 1μm，所以翘曲减小。裂纹发生率 C 是 2%，比试样 1、2 小。这是因为加工变性层是 d = 1μm。与试样 1、2 相同，制作发光二极管的产品成品率是 Q = 82%。加工变性层厚度是 d = 1μm，比试样 1、2 大。因此，翘曲、裂纹发生率、成品率全部得到改善。

[0177] 试样 4(没有氧化物砂粒、橡胶磨石、d = 2μm、Q = 84%)

[0178] 对相同尺寸形状 (直径 5 英寸、厚度 850μm) 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用把氯丁二烯橡胶 (CR) 作为材料的橡胶磨石进行外周磨削 (倒角 C)。孔隙率是 0%。硬度稍硬是 45。固定砂粒只是金刚石砂粒。金刚石砂粒使用比试样 1、2、3 粗的 2000 粒度号 (平均粒径 7 ～ 8μm) 的砂粒。倒角后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 2μm。与试样 3 相比，金刚石砂粒更粗，所以机械磨削作用增大，加工变性层厚度 d 增大。进行外周磨削后的外周部的面粗糙度是 Ra0.5μm。由于使用筛目粗的金刚石砂粒的磨石，所以外周面更粗糙。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲是 U = 6μm(R = 333m)。与试样 1、2、3 相比，翘曲变小。由于外周面的加工变性层是 2μm，所以翘曲减小。裂纹发生率 C 是 0%，比试样 1、2、3 小。在全部试样中具有最好的裂纹抑制效果。加工变性层 d = 2μm，能够使裂纹最小。与试样 1、2、3 相同，制作发光二极管的产品成品率是 Q = 84%。加工变性层厚度是 d = 2μm，比试样 1、2、3 大。因此，翘曲、裂纹发生率、成品率全部得到改善。加工变性层厚度约为 d = 2μm，能够得到最好的结果。

[0179] 试样 5(没有氧化物砂粒、橡胶磨石、d = 3μm、Q = 85%)

[0180] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用把氯丁二烯橡胶 (CR) 作为材料的橡胶磨石进行外周磨削 (倒角 C)。孔隙率是 0%。硬度稍硬是 50。固定砂粒只是金刚石砂粒。金刚石砂粒使用比试样 1 ～ 4 粗的 1500 粒度号 (平均粒径 10μm) 的砂粒。倒角后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 3μm。 与试样 1 ～ 4 相比，金刚石砂粒更粗，所以机械磨削作用增大，加工变性层厚度 d 进一步增大。进行外周磨削后的外周部的面粗糙度是 Ra1μm。由于使用筛目粗的金刚石砂粒的磨石，所以外周面更粗糙。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲是 U = 5μm(R = 400m)。在试样 1 ～ 5 中是最小的。由于 d 比较大，所以翘曲减小。裂纹发生率 C 是 1%。从这一点也可以看出 d = 3μm 产生了良好结果。在该晶片上制作发光二极管，将芯片分离并收纳在封装体中进行发光试验，所得到的产品 (设备) 成品率是 Q = 85%。产品成品率是试样 5 最高。从翘曲、裂纹发生率、设备成品率的方面考虑，d = 3μm 是优选值。

[0181] 试样 6(没有氧化物砂粒、树脂结合剂、d = 6μm、Q = 80%)

[0182] 对与此前相同尺寸形状 (直径 5 英寸、厚度 850μm) 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用把聚乙烯醇 (PVA) 作为结合剂材料的磨石进行外周磨削 (倒

角 C)。该试样是把树脂作为结合材料，所以不是橡胶磨石，而是树脂结合剂磨石。使结合材料的 PVA 树脂发泡，使硬度降低。孔隙率是 40％。由于孔隙多，所以成为柔软的结合剂。不能利用与橡胶磨石相同的方法测定硬度。固定砂粒只是金刚石砂粒。使用比试样 1 ～ 5 粗的 800 粒度号（平均粒径 19μm）的砂粒。倒角后的外周部的加工变性层的厚度是 d ＝ 6μm。与试样 5 相比，金刚石砂粒更粗，所以机械磨削作用增大，加工变性层厚度 d 增加到二倍。进行外周磨削后的外周部的面粗糙度是 Ra3μm。由于使用筛目粗的金刚石砂粒的磨石，所以外周面更粗糙。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲是 U ＝ 5μm(R ＝ 400m)。翘曲最小，与试样 5 相同。能够实现最小 U 的 d 约是 4 ～ 5μm。外周面的加工变性层比试样 1 ～ 4 厚，所以翘曲相比试样 1 ～ 4 减小。裂纹发生率 C 是 2％，比试样 1、2 小，比试样 4、5 大，与试样 3 相同。可以得知即使不是橡胶磨石，把通过发泡而增加了柔软性的树脂作为结合剂的磨石，也能够抑制裂纹的发生。与此前的试样相同，制作发光二极管的产品成 品率是 Q ＝ 80％，是较高的产品成品率。

[0183] 试样 1 ～ 6 的结果教导了：加工变性层厚度约为 d ＝ 1 ～ 3μm，从抑制裂纹、抑制翘曲、提高元件成品率的方面考虑，是非常良好的条件。尤其是加工变性层厚度 d ＝ 2μm 时，能够最大地抑制裂纹，成品率也高。

[0184] 试样 7（没有氧化物砂粒、d ＝ 10μm、Q ＝ 70％）

[0185] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用把氯丁二烯橡胶 (CR) 作为材料的橡胶磨石进行外周磨削（倒角 C)。孔隙率是 0％。硬度很硬是 60。固定砂粒只是金刚石砂粒。金刚石砂粒使用比试样 1 ～ 6 粗的 600 粒度号（平均粒径 25μm) 的砂粒。倒角后的外周部的加工变性层的厚度是 d ＝ 10μm。在试样 1 ～ 6 中是最厚的。与试样 6 相比，金刚石砂粒更粗，所以机械磨削作用增大，外周加工变性层厚度 d 进一步增大。进行外周磨削后的外周部的面粗糙度是 Ra5μm。由于使用筛目粗的金刚石砂粒的磨石，所以外周面更粗糙。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲是 U ＝ 12μm(R ＝ 170m)。与试样 2 ～ 6 相比，翘曲变大。在外周面加工变性层增加时，翘曲反而增大。裂纹发生率 C 是 5％，比试样 1 小，比试样 2 ～ 6 大。d ＜ 2μm 的情况下，d 减小时，裂纹发生率增大，在 d 增大时，裂纹发生率减小。得知在 d ＝ 2μm 时达到最小，当 d 由此时起增大时，裂纹发生率 C 反而增大。制作发光二极管的产品成品率是 Q ＝ 70％。d 过大，产品成品率降低。假设必须使成品率为 82％以上 (Q ≥ 82％）时，加工变性层的优选厚度 d 是 1μm ≤ d ≤ 3μm。假设成品率只要在 70％以上即可，则 d 的允许范围扩大到 0.5μm ≤ d ≤ 10μm。在这种情况下，试样 1 不合格 (×)，试样 2 ～ 7 合格（○）。根据试样 2 ～ 5、7 得知，橡胶磨石的橡胶硬度在 40 ～ 60 的范围内比较合适。

[0186] 试样 8（没有氧化物砂粒、树脂结合剂、d ＝ 13μm、Q ＝ 50％）

[0187] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背 面蚀刻 (B)，然后使用把酚醛树脂作为结合剂材料的磨石进行外周磨削（倒角 C)。由于把树脂作为结合材料，所以不是橡胶磨石，而是树脂结合剂磨石。与试样 6 不同，把酚醛树脂作为结合部件。不进行发泡。孔隙率是 0％。不能利用与橡胶磨石相同的方法测定硬度。固定砂粒只是金刚石砂粒。使用了比试样 1 ～ 6 粗、与试样 7 相同的 600 粒度号（平均粒径 25μm) 的金刚石砂

粒。倒角后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 13μm。与试样 7 相比，虽然金刚石砂粒的粒度号相同，但把磨石固定在基盘上的结合材料是不发泡的酚醛树脂，所以比试样 7 硬。机械磨削作用增大，加工变性层厚度 d 比试样 7 厚。进行外周磨削后的外周部的面粗糙度是 Ra7μm。由于使用筛目粗的金刚石砂粒和更硬的结合树脂的磨石，所以外周面更粗糙。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲是 U = 25μm(R = 80m)。裂纹发生率 C 是 12%，比试样 1 ～ 7 大。并得知不发泡的树脂结合剂磨石过硬，产生裂纹，因此不好。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 50%。产品成品率低。在要求成品率为 Q ≥ 70%的情况下，试样 8 不合格。

[0188] 试样 1 ～ 8 的结果表明，从抑制裂纹、抑制翘曲、提高元件成品率的观点考虑，希望加工变性层厚度约为 d = 0.5μm ～ 10μm。并得知尤其 d = 1 ～ 3μm 左右是非常良好的条件。

[0189] 试样 9(没有氧化物砂粒、金属结合剂、d = 18μm、Q = 20%)

[0190] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用把铜锡合金 (Cu-Sn) 作为结合剂材料的磨石进行外周磨削 (倒角 C)。由于把金属作为结合材料，所以不是橡胶磨石，而是金属结合剂磨石。孔隙率是 0%。不能利用与橡胶磨石相同的方法测定硬度。固定砂粒只是金刚石砂粒。使用了比试样 1 ～ 6 粗、与试样 7、8 相同的 600 粒度号 (平均粒径 25μm) 的金刚石砂粒。倒角后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 18μm。与试样 7、8 相比，虽然金刚石砂粒的粒度号相同，但把磨石固定在基盘上的结合材料是铜锡 合金，比橡胶和树脂硬，所以机械磨削作用增大，加工变性层厚度 d 比试样 7、8 厚。进行外周磨削后的外周部的面粗糙度是 Ra8μm。由于使用筛目粗的金刚石砂粒和更硬的结合树脂的磨石，所以外周面更粗糙。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲是 U = 50μm(R = 40m)。裂纹发生率 C 是 26%，比试样 1 ～ 8 大。并得知金属结合剂磨石过硬，不适合于外周磨削。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 20%。产品成品率极低。试样 9 不合格。

[0191] 根据试样 1 ～ 9 的结果得知，加工变性层厚度为 d 为 2μm ～ 6μm 时，翘曲 U 极小，在 d 为 6μm 以上时，翘曲 U 随着 d 增大而增大。裂纹发生率 C 在 d = 2μm 时极小，在 d 为 2μm 以上时，裂纹发生率 C 随着 d 增大而增大。产品成品率在 d = 1 ～ 3μm 时比较高，但在该范围以下或以上时，成品率降低。

[0192] 试样 10(Fe_2O_3、金属结合剂、d = 13μm、Q = 52%)

[0193] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用把铜锡合金 (Cu-Sn) 作为结合剂材料的磨石进行外周磨削 (倒角 C)。是金属结合剂磨石。孔隙率是 0%。固定砂粒是金刚石砂粒和 Fe_2O_3 砂粒。配比 (重量%) 是金刚石砂粒 80%、Fe_2O_3 砂粒 20%。金刚石砂粒使用与试样 2 相同的较细的 3000 粒度号 (平均粒径 5μm)。该比例也与试样 2 相同。与试样 2 不同的是结合材料。试样 2 是氯丁二烯橡胶 (CR) 结合材料，试样 10 是铜锡结合材料。这是为了明确橡胶结合剂磨石与金属结合剂磨石的差异。倒角后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 13μm。与相同金属结合剂的试样 9(d = 18μm) 相比，d 下降 (13μm)，这是因为金刚石砂粒细。比试样 2(d = 0.5μm) 大，是因为橡胶结合与金属结合的差异。砂粒的粒度号、配比相同，但 d 是 0.5μm 和 13μm，差异比较大。这是因为富有弹性的橡胶结合更好。进行外周磨削后的外周部的面粗糙度是 Ra1μm。由于使用

筛目细的金刚石砂粒和氧化物砂粒，所以面粗糙度较小。由于是金 属结合剂，所以面粗糙度比试样 2 大。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲是 U ＝ 28μm(R ＝ 80m)。裂纹发生率 C 是 14％，比试样 1 ～ 8 大，比试样 9 小。并得知即使使用筛目细的金刚石砂粒，由于金属结合剂磨石的结合剂部分过硬，所以不适合于外周磨削。制作发光二极管的产品成品率是 Q ＝ 52％。产品成品率低。在要求产品成品率为 82％以上时，d 的范围是 1μm ≤ d ≤ 3μm，在设为 70％以上时，d 的范围成为 0.5μm ≤ d ≤ 10μm，试样 10 不合格。在要求产品成品率为 50％以上时，d 的允许范围是 0.3μm ≤ d ≤ 13μm。

[0194] 试样 11（没有氧化物、电沉积、d ＝ 16μm、Q ＝ 35％）

[0195] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用电沉积有金刚石砂粒的磨石进行外周磨削（倒角 C)。是电沉积磨石。孔隙率是 0％。固定砂粒是 100％的较细的 3000 粒度号的金刚石砂粒。与试样 10 的不同之处是不含氧化物，以及结合材料不同。虽然是固定了相同粒度号的金刚石砂粒，但不使用结合材料而是进行电沉积。倒角后的外周部的加工变性层的厚度是 d ＝ 16μm。d 比试样 10 大，这是因为通过电沉积，刚性增大，以及金刚石砂粒比例高。外周磨削后的外周部的面粗糙度是 Ra2μm。由于进行电沉积，面粗糙度比试样 3 大。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片的翘曲是 U ＝ 43μm(R ＝ 46m)。裂纹发生率 C 是 22％。显示出翘曲、裂纹发生率 C 的大小都仅次于试样 9，并与加工变性层厚度 d 具有较强的相关。并得知即使使用筛目细的金刚石砂粒，由于电沉积磨石过硬，所以不适合于外周磨削。制作发光二极管的产品成品率是 Q ＝ 35％，是不能允许的低的产品成品率。

[0196] 观察试样 1 ～ 11，外周部的表面粗糙度与加工变性层厚度 d 没有明显的关系，而大大依赖于金刚石砂粒的大小和比例。砂粒尺寸越大（粒度号越小），面粗糙度 Ra 越大。在含有氧化物砂粒的情况下，Ra 比 只是金刚石砂粒时小。将试样 2、3、10、11 进行比较，在结合剂为橡胶时，面粗糙度最低，但在结合剂为金属和电沉积时没有多大区别。另外，面粗糙度 Ra 与翘曲、裂纹发生率 C、成品率之间没有强的关系。得知控制翘曲、裂纹发生率、成品率的是加工变性层厚度 d。

[0197] 并得知如果希望产品成品率 Q 为 70％以上，则必须把加工变性层厚度 d 设为 0.5μm ～ 10μm。如果希望成品率 Q 为 82％以上，则必须把加工变性层厚度 d 设为 1μm ～ 3μm。能够使翘曲（高度 U）为最小的 d ＝ 3μm ～ 6μm。能够使裂纹发生率 C 为最小的 d ＝ 2μm。这些数值包含在实现较高的产品成品率的 d 的数值范围内。因此，为了实现高成品率、低裂纹发生率、小的翘曲，优选 d ＝ 0.5μm ～ 10μm，更优选 d ＝ 1μm ～ 3μm。

[0198] 加工变性层 d 的厚度在金刚石砂粒的比例大时增加，在金刚石砂粒越粗时增加。加工变性层厚度 d 按照电沉积、金属结合剂、树脂结合剂、橡胶结合剂的顺序增大。为了实现 d ＝ 0.5μm ～ 10μm，优选柔软的橡胶结合剂。树脂结合剂通过发泡变柔软后也能够使用（试样 6)。金刚石磨石的粒度号约为 3000 粒度号～ 600 粒度号。为了进一步减小 d，减小金刚石的比例、并增加氧化物砂粒比较有效。氧化物砂粒通过化学作用在氮化物的表面形成软质层，所以能够降低外周磨削加工的负荷，抑制加工变性层。与 d ＝ 0.5μm ～ 10μm 对应的外周面粗糙度是 Ra0.07μm ～ Ra5μm。与 d ＝ 1μm ～ 3μm 对应的外周面粗糙度是

Ra0.15μm～Ra1μm。

[0199] 观察图14得知，在外周部的加工变性层厚度d大于10μm时，翘曲超过12μm，在d为0.3μm以下时，翘曲超过20μm。并得知为了使翘曲为12μm以下，需要设为d＝0.5μm～10μm。如果d＝1～3μm，则能够将翘曲抑制为7μm～5μm。

[0200] 观察图15，在外周部的加工变性层厚度d超过10μm时，裂纹发 生率C超过5%。在d为0.3μm以下时，裂纹发生率C超过9%。为了使C为5%～0%，d需要是0.5μm～10μm。如果d＝1～3μm，则能够把C控制为2%～0%。

[0201] 观察图16，在外周部的加工变性层厚度d超过10μm时，产品成品率Q小于70%。在d为0.3μm以下时，Q为52%以下。为了使Q为70%以上，需要设为d＝0.5μm～10μm。如果d＝1～3μm，则能够将Q控制为82%以上。

[0202] 实施例3

[0203] 实施例3：试样12～18，表2，图17、18、19、20、28、29

[0204] 关于试样12～18，金刚石砂粒被固定为1000粒度号，橡胶磨石的橡胶硬度被固定为50，改变氧化物并进行外周磨削，对外周部的氧量、龟裂、设备成品率进行了试验。晶片的准备、加工步骤、设备制作与实施例2相同。确认了外周部的氧浓度如何影响晶片和设备的制作效果。表2表示其结果。外周部氧量利用原子比例（at%）表示。龟裂指在进行平面加工（磨削、研磨）时晶片的外周部缺口开裂。设备成品率根据在该晶片上制作2mm方形的发光二极管，并进行通电试验而发光时的合格与否来评价。

[0205]

表 2

				试样 12	试样 13	试样 14	试样 15	试样 16	试样 17	试样 18
外周加工	结合剂	类型		橡胶	橡胶	橡胶	橡胶	橡胶	橡胶	橡胶
		材质		CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR
		橡胶硬度		50	50	50	50	50	50	50
		孔隙率	体积%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	砂粒	金刚石	粒度号	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
		氧化物		-	Fe_2O_3	Cr_2O_3	Fe_2O_3	Cr_2O_3	MnO_2	Fe_2O_3
		氧化物量	重量%	-	20	20	30	30	40	60
基板特性	加工变性层 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
	组分	氧量 O	at%	1	3	5	10	15	20	25
	龟裂	发生率 p	%	25	5	3	2	3	5	15
设备	成品率 Q		%	73	78	85	84	85	80	61

[0206] 通过试样 1 ～ 11 已经明确，在利用裂纹发生率和产品成品率对外周磨削进行评价时，优选外周部加工变性层厚度为 d ＝ 0.5 μ m ～ 10 μ m，特别优选 d ＝ 1 ～ 3 μ m，以及作为

结合剂最优选为橡胶，发泡树脂也可以。虽然关于结合材料已经明确，但关于砂粒仍存在问题。虽然砂粒也可以使用 100％金刚石，但也可以是金刚石与氧化物砂粒的组合。利用具有试样 5 ～ 6 中间的粒度号 1000 的金刚石砂粒与氧化物砂粒的混合砂粒的磨石进行了外周磨削、表面磨削、表面研磨、表面蚀刻。确认了该工序的龟裂发生率、最终产品成品率。裂纹指外周磨削时的晶片外周部的裂口。龟裂指在后面的表面加工时的晶片外周部的裂口。氧化物砂粒通过化学作用在氮化物的表面形成软质层，所以能够降低外周部磨削加工的负荷。除了这种优点之外，还确认到在外周磨削之后的平面加工中，外周部的氧化层的存在具有防止龟裂的作用。在利用氧化物砂粒磨削外周时，由于存在氧化物，能够对晶片赋予韧性，减小平面加工时的破损概率。

[0207] 为了确认这一点，使用将类型和数量不同的氧化物砂粒混合在金刚石砂粒中的磨石进行了外周磨削。磨石采用橡胶磨石，金刚石砂粒为 1000 粒度号，橡胶磨石的橡胶硬度一致为 50。改变氧化物砂粒的类型和数量。图 17 是表示在试样 12 ～ 18 中，磨石中含有的金刚石砂粒（100 ～ 40wt％）与氧化物砂粒（0 ～ 60wt％）的比例、和倒角之后的氮化镓晶片外周的氧量的关系的图表。图 18 是表示在试样 12 ～ 18 中，磨石中含有的金刚石砂粒（100 ～ 40wt％）与氧化物砂粒（0 ～ 60wt％）的比例、和倒角之后的氮化镓晶片外周的加工变性层厚度的关系的图表。图 19 是表示在试样 12 ～ 18 中，磨石中含有的金刚石砂粒（100 ～ 40wt％）与氧化物砂粒（0 ～ 60wt％）的比例、和倒角之后的晶片平面加工时的龟裂发生率 p 的关系的图表。图 20 是表示在试样 12 ～ 18 中，磨石中含有的金刚石砂粒（100 ～ 40wt％）与氧化物砂粒（0 ～ 60wt％）的比例、和设备成品率 Q 的关系的图表。图 28 是表示在试样 12 ～ 18 中，晶片外周部中含有的氧量（at％）与倒角之后的晶片平面加工时的龟裂发生率 p（％）的关系的图表。图 29 是表示在试样 12 ～ 18 中，晶 片外周部中含有的氧量（at％）与设备成品率 Q（％）的关系的图表。

[0208] 试样 12（没有氧化物、0％、d ＝ 5μm、p ＝ 25％、Q ＝ 73％）

[0209] 与此前相同，对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削（A）、背面蚀刻（B），然后使用通过氯丁二烯橡胶（CR）把 1000 粒度号金刚石砂粒固定在基盘上的磨石进行外周磨削（倒角 C）。孔隙率是 0％。橡胶硬度是 50。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d ＝ 1μm，面粗糙度是 Ra1.5μm。在倒角之后进行表面磨削（D），并研磨表面（E），蚀刻表面（F），去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片外周部的氧浓度是 O ＝ 1at％。该氧不是从倒角磨石混进来的，有可能是通过蚀刻、平面加工、清洁时的氧化、及氛围气体而自然氧化的。龟裂发生率 p 是 25％。25％的晶片成为废品。制作发光二极管的产品成品率是 Q ＝ 73％。能够加工成为镜面晶片后的成品率高。但是，不希望在其前面阶段的平面加工时的龟裂发生率 p 比较高。需要进行更进一步的研究。

[0210] 试样 13（Fe_2O_3、20wt％、d ＝ 2.5μm、p ＝ 5％、Q ＝ 78％）

[0211] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削（A）、背面蚀刻（B），然后使用通过氯丁二烯橡胶（CR）把 1000 粒度号金刚石砂粒 80wt％与三氧化二铁 Fe_2O_3 砂粒 20wt％的混合物固定在基盘上的磨石，进行外周磨削（倒角 C）。孔隙率是 0％。橡胶硬度是 50。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d ＝ 2.5μm，面粗糙度是 Ra0.5μm。与试样 12 相比，d 减小一半。由于金刚石砂粒的量少，所以机械磨削作用减弱，d 减小。与试样 12 相比，外周部面粗糙度也降低。由于柔软的氧化物砂粒的作用，外周面变得更平滑。在倒角之

后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片外周部的氧浓度是 O = 3at%，是试样 12 的氧浓度 (1at%) 的 3 倍。可以认为是氧化物砂粒的影响。龟裂发生率 p 是 5%。与试样 12 相比，龟裂发生率 p 是其 1/5。龟裂发生率减小被认为是由于在外周部具有氧化物。通过氧化物砂粒的化学作用减小 了倒角时的内在损伤，由此抑制了龟裂。可以说对于其他含有氧的试样也相同。使用氧化物砂粒的优点就在于此。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 78%。龟裂降低，产品成品率高，所以是优选方式。

[0212] 试样 14(Cr_2O_3、20%、d = 2μm、p = 3%、Q = 85%)

[0213] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用通过氯丁二烯橡胶 (CR) 把 1000 粒度号金刚石砂粒 80wt% 与三氧化二铬 Cr_2O_3 砂粒 20wt% 的混合物固定在基盘上的磨石，进行外周磨削 (倒角 C)。孔隙率是 0%。橡胶硬度是 50。与试样 13 的不同之处只是使用了铬的氧化物砂粒。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 2μm，面粗糙度是 Ra0.5μm。与试样 12 相比，d 减小，外周部面粗糙度也降低。由于金刚石砂粒的量少，所以机械磨削作用减弱，d 减小，面粗糙度也降低。由于氧化物砂粒的作用，表面变得更平滑。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片外周部的氧浓度是 O = 5at%，是试样 12 的 5 倍、试样 13 的 1.7 倍。由于在倒角时使用了氧化物砂粒，所以氧浓度高。通过与试样 12、13 相比得知，Cr_2O_3 的氧化效果比 Fe_2O_3 大。龟裂发生率 p 是 3%。与试样 12 相比，龟裂发生率 p 是其 1/8。龟裂发生率减小是因为在外周部具有氧化物。使用氧化物砂粒的优点就在于此。氧量比试样 13(p = 5%) 多，所以龟裂发生率减小。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 85%，是非常高的成品率。龟裂降低，产品成品率高，所以是优选方式。

[0214] 试样 15(Fe_2O_3、30%、d = 2μm、p = 2%、Q = 84%)

[0215] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用通过 CR(氯丁二烯橡胶) 把 1000 粒度号金刚石砂粒 70wt% 与 Fe_2O_3 砂粒 30wt% 的混合物固定在基盘上的磨石，进行外周磨削 (倒角 C)。孔隙率是 0%。橡胶硬度是 50。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 2μm，面粗糙度是 Ra0.5μm。与试样 14 大致相同。虽然使用 Fe_2O_3，但相比试样 13，Fe_2O_3 砂粒是 30wt%，而 且金刚石砂粒的量少，所以机械磨削作用减弱，d 减小，面粗糙度也低。由于柔软的氧化物砂粒的作用，表面变得更平滑。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片外周部的氧浓度是 O = 10at%。与使用 Fe_2O_3 的试样 13 相比，氧浓度高，这是因为 Fe_2O_3 砂粒比例大。龟裂发生率 p 是 2%。与不使用氧化物砂粒的试样 12 相比，龟裂发生率是其 1/12。与使用氧化物砂粒的试样 13、14 相比，龟裂发生率也低。这是因为外周部氧浓度更高。根据试样 12 ～ 15 得知，减少龟裂发生的是晶片外周部中含有的氧化物。使用氧化物砂粒的优点就在于此。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 84%，是非常高的成品率。龟裂发生率降低，产品成品率高，所以是优选方式。

[0216] 试样 16(Cr_2O_3、30%、d = 1.5μm、p = 3%、Q = 85%)

[0217] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用通过 CR(氯丁二烯橡胶) 把 1000 粒度号金刚石砂粒 70wt% 与 Cr_2O_3 砂粒 30wt% 的混合物固定在基盘上的磨石，进行外周磨削 (倒角 C)。孔隙率是 0%。橡胶硬度是 50。外周磨

削后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 1.5μm，面粗糙度是 Ra0.5μm。与试样 14 相比，由于 Cr_2O_3 砂粒比例大，所以金刚石砂粒比例减小，机械磨削作用减弱，加工变性层厚度 d 减小。面粗糙度 Ra 与试样 14、15 相同。并得知面粗糙度是根据金刚石 :氧化物砂粒比例确定的，与氧化物的类型无关。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片外周部的氧浓度是 O = 15at%，与使用 30% 的 Fe_2O_3 的试样 15 相比，氧浓度高，但是 Cr_2O_3 的氧化效果比 Fe_2O_3 大。龟裂发生率 p 是 3%。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 85%，是非常高的成品率。龟裂发生率降低，产品成品率高，所以是优选方式。与试样 14、16 相比，不同之处是 Cr_2O_3 砂粒的比例是 20、30wt%，但 p、Q 不变。Cr_2O_3 的优选添加量是 20 ～ 30wt%。

[0218] 试样 17(MnO_2、40%、d = 1.5μm、p = 5%、Q = 80%)

[0219] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用通过 CR(氯丁二烯橡胶) 把 1000 粒度号金刚石砂粒 60wt% 与二氧化锰 MnO_2 砂粒 40wt% 的混合物固定在基盘上的磨石，进行外周磨削 (倒角 C)。孔隙率是 0%。橡胶硬度是 50。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 1.5μm，面粗糙度是 Ra0.5μm。与试样 12 相比，金刚石砂粒比例减小，机械磨削作用减弱，加工变性层厚度 d 减小。面粗糙度 Ra 与试样 13 ～ 16 相同。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片外周部的氧浓度是 O = 20at%。由于试样含有 40% 氧化物的砂粒，所以氧浓度高。龟裂发生率 p 是 5%。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 80%，是非常高的成品率。龟裂发生率降低，产品成品率高，所以是优选方式。根据试样 12 ～ 17 的结果得知，二氧化锰砂粒也能够适用于外周磨削磨石。

[0220] 试样 18(Fe_2O_3、60%、d = 1μm、p = 15%、Q = 61%)

[0221] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用通过 CR(氯丁二烯橡胶) 把 1000 粒度号金刚石砂粒 40wt% 与 Fe_2O_3 砂粒 60wt% 的混合物固定在基盘上的磨石，进行外周磨削 (倒角 C)。孔隙率是 0%。橡胶硬度是 50。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 1μm，面粗糙度是 Ra0.5μm。与试样 13、15 相同，虽然使用 Fe_2O_3，但 Fe_2O_3 砂粒多，金刚石砂粒的量少。机械磨削作用减弱，d 减小。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片外周部的氧浓度是 O = 25at%。与试样 13、15 相比，氧浓度高。这是因为 Fe_2O_3 砂粒比例大。龟裂发生率 p 是 15%。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 61%。成品率不高。龟裂发生率升高 (p = 15%)，产品成品率降低 (Q = 61%)，所以不合格。试样 18 教导了在外周部的氧浓度过高时，龟裂发生率反而增加，产品成品率降低。根据试样 12 ～ 18 的结果得知，为了使龟裂发生率 p 在 5% 以下、产品成品率在 70% 以上，需要使外周部氧量 O 为 3at% ～ 20at%。为了使龟裂发生率 p 在 5% 以下、产品成品率在 80% 以上，需要使外周部氧量 O 为 5at% ～ 20at%。作为结果，氧量与氧化物砂粒的配比的关系根据氧化物的类型而不同，氧化物砂粒为 20 ～ 40at% 对减少龟裂比较有效。

[0222] 观察图 17 得知，在附加在倒角磨石上的氧化物砂粒增多时，晶片外周部氧量增加。根据试样 13、14 的对比、试样 15、16 的对比得知，即使重量比相同，Cr_2O_3 的残留氧量比 Fe_2O_3 多。可以认为铬氧化物的反应性能比铁氧化物好，铬氧化物的硬度比铁氧化物大，磨削时的影响大。

[0223] 观察图 18 得知，在氧化物的比例越小（金刚石比例越大）时，加工变性层厚度 d 越大。金刚石的机械作用良好地发挥，d 增加。得知氧化物缓解金刚石的机械破坏力。

[0224] 观察图 19 得知，在氧化物比例为 20wt％～ 40wt％时，能够将龟裂抑制为 5％以下。在只是金刚石砂粒（试样 12）的情况下，龟裂的产生频度尤其增加。

[0225] 观察图 28 得知，在氧量为 3at％～ 20at％时，能够将龟裂抑制为 5％以下。在只利用金刚石砂粒进行加工，而且氧量比较少为 1at％时，在试样 12 中，龟裂的产生频度尤其增加。

[0226] 观察图 20 得知，在氧化物比例为 20wt％～ 40wt％时，能够实现设备成品率为 78％以上。

[0227] 观察图 29 得知，在氧量为 3at％～ 20at％时，能够实现设备成品率为 78％以上。

[0228] 实施例 4

[0229] 实施例 4 :试样 19 ～ 26，表 3，图 21、22、23、30、31

[0230] 已经得知关于 GaN 晶片外周磨削，从裂纹发生率和产品成品率方面考虑，优选加工变性层厚度为 d ＝ 0.5μm ～ 10μm，特别优选 d ＝ 1μm ～ 3μm，以及橡胶结合剂磨石比较合适。并且得知为了降低龟裂、提高成品率，优选外周部氧浓度 O 为 3at％～ 20at％。并且得知为了提高外周部的氧浓度，优选向磨石中混合氧化物砂粒。

[0231]

表 3

					试样 19	试样 20	试样 21	试样 22	试样 23	试样 24	试样 25	试样 26
外周加工	结合剂	类型			橡胶	橡胶	橡胶	橡胶	橡胶	橡胶	金属	电沉积
		材质			CR	CR	CR	CR	CR	CR	Fe	Ni
		橡胶硬度			55	55	55	55	55	55	-	-
		孔隙率	体积%		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	砂粒	金刚石	粒度号		600	600	600	600	600	600	1500	1500
		氧化物			-	Fe_2O_3	Cr_2O_3	ZnO	CuO	CuO	-	-
		氧化物量	重量%		-	20	20	20	20	50	-	-
基板特性	加工变性层 d		μm		9	7	7	7	7	5	12	14
	表面粗糙度 Ra		μm		4	2	2	2	2	2	4	4
	组分	金属量 O	at%		0	0.1	0.2	3	5	8	10	12
	龟裂	发生率 p	%		22	8	4	7	15	15	25	30
设备	成品率 Q		%		90	92	90	88	85	65	35	22

[0232] 关于试样 19 ～ 26，使用改变氧化物的量及类型的磨石进行倒角，确认了对于晶片外周允许存在何种程度的金属杂质。在表 3 中，金属量指倒角之后的试样的外周部的金属

量。

[0233] 图 21 是表示试样 19 ～ 26 的外周部加工变性层厚度 d 与外周部金属量 m(at％) 的关系的图表。虚线的 d ＝ 10μm 表示本发明的临界值。

[0234] 图 22 是表示试样 19 ～ 26 的外周部加工变性层厚度 d 与龟裂发生率 p(％) 的关系的图表。虚线的 d ＝ 10μm 表示本发明的临界值。

[0235] 图 23 是表示试样 19 ～ 26 的外周部加工变性层厚度 d 与设备成品率 Q(％) 的关系的图表。虚线的 d ＝ 10μm 表示本发明的临界值。图 30 是表示试样 19 ～ 26 的外周部金属量 m 与龟裂发生率 p(％) 的关系的图表。图 31 是表示试样 19 ～ 26 的外周部金属量 m 与设备成品率 Q(％) 的关系的图表。

[0236] 试样 19(没有氧化物、0％、d ＝ 9μm、p ＝ 22％、Q ＝ 90％)

[0237] 与此前相同，对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用通过 CR(氯丁二烯橡胶) 把 600 粒度号金刚石砂粒固定在基盘上的磨石进行外周磨削 (倒角 C)。孔隙率是 0％。橡胶硬度是 55。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d ＝ 9μm，面粗糙度是 Ra4μm。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片外周部的金属浓度是 m ＝ 0at％。由于不使用金属氧化物，所以没有金属杂质进入。龟裂发生率 p 是 22％。22％的晶片成为废品。制作发光二极管的产品成品率是 Q ＝ 90％。虽然成品率比较好，但是不希望在其前面阶段的平面磨削时的龟裂发生率比较高。认为在金刚石砂粒的粒径比较大时，将出现强烈的机械冲击，并产生内在损伤。

[0238] 试样 20(Fe_2O_3、0.1％、d ＝ 7μm、p ＝ 8％、Q ＝ 92％)

[0239] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用通过 CR(氯丁二烯橡胶) 把由 600 粒度号金刚石砂粒 80wt％与 Fe_2O_3 砂粒 20wt％的混合物构成的砂粒固定在基盘上的磨石，进行外周磨削 (倒角 C)。孔隙率是 0％。橡胶硬度是 55。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d ＝ 7μm，面粗糙度是 Ra2μm。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片外周部的金属浓度是 m ＝ 0.1at％。龟裂发生率 p 是 8％。这是允许的值。制作发光二极管的产品成品率是 Q ＝ 92％。龟裂发生率 p 降低，成品率 Q 也提高。该产品合格。由于使用铁氧化物，所以在外周残留有 0.1at％的铁 (Fe)。金属和氧的存在使 d 降低，并降低 p。这被认为是金属、氧自身能够强化结晶，并缓解倒角时的内在损伤。

[0240] 试样 21(Cr_2O_3、0.2％、d ＝ 7μm、p ＝ 4％、Q ＝ 90％)

[0241] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B)，然后使用通过 CR(氯丁二烯橡胶) 把由 600 粒度号金刚石砂粒 80wt％与 Cr_2O_3 砂粒 20wt％的混合物构成的砂粒固定在基盘上的磨石，进行外周磨削 (倒角 C)。孔隙率是 0％。橡胶硬度是 55。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d ＝ 7μm，面粗糙度是 Ra2μm。在倒角之后进行表面磨削 (D)，并研磨表面 (E)，蚀刻表面 (F)，去除表面的加工变性层，使表面变平滑。晶片外周部的金属浓度是 m ＝ 0.2at％。龟裂发生率 p 是 4％。这是允许的值。制作发光二极管的产品成品率是 Q ＝ 90％。龟裂发生率 p 降低，成品率 Q 也提高，因此该产品合格。由于使用氧化铬，所以在外周残留有 0.2at％的铬 (Cr)。金属、氧的存在使 p 降低，并减小 d。这被认为是氧、金属的存在能够强化结晶结构，并缓解倒角时的内在损伤。

[0242] 试样 22(ZnO、3%、d = 7μm、p = 7%、Q = 88%)

[0243] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B),然后使用通过 CR(氯丁二烯橡胶)把由 600 粒度号金 刚石砂粒 80wt%与 ZnO 砂粒 20wt%的混合物构成的砂粒固定在基盘上的磨石,进行外周磨削(倒角 C)。孔隙率是 0%。橡胶硬度是 55。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 7μm,面粗糙度是 Ra2μm。在倒角之后进行表面磨削 (D),并研磨表面 (E),蚀刻表面 (F),去除表面的加工变性层,使表面变平滑。晶片外周部的金属浓度是 m = 3at%。龟裂发生率 p 是 7%。这是允许的值。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 88%。龟裂发生率 p 降低,成品率 Q 也提高,所以该产品合格。由于使用氧化锌,所以在外周残留有 3at%的锌 (Zn)。锌、氧的存在使 p 和 d 降低。这被认为是氧、金属的存在能够强化结晶结构,并缓解倒角时的内在损伤。

[0244] 试样 23(CuO、5%、d = 7μm、p = 15%、Q = 85%)

[0245] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B),然后使用通过 CR(氯丁二烯橡胶)把由 600 粒度号金刚石砂粒 80wt%与 CuO 砂粒 20wt%的混合物构成的砂粒固定在基盘上的磨石,进行外周磨削(倒角 C)。孔隙率是 0%。橡胶硬度是 55。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 7μm,面粗糙度是 Ra2μm。在倒角之后进行表面磨削 (D),并研磨表面 (E),蚀刻表面 (F),去除表面的加工变性层,使表面变平滑。晶片外周部的金属浓度是 m = 5at%。龟裂发生率 p 是 15%。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 85%。虽然不能说龟裂发生率 p 降低,但由于成品率 Q 提高,所以是允许的。

[0246] 在外周残留有 5at%的铜 (Cu)。金属、氧的存在使 p 降低,并减小 d。这被认为是氧、金属的残留能够强化结晶结构,并缓解倒角时的内在损伤。对比试样 20 ～ 23,虽然氧化物的比例相同是 20wt%,但残留金属量 m 按照从多到少的顺序是 Cu(5at%)、Zn(3at%)、Cr(0.2at%)、Fe(0.1at%)。这其中包含化学反应的反应性能、砂粒的硬度、清洁时被去除的难易度的影响。

[0247] 试样 24(CuO、8%、d = 5μm、p = 15%、Q = 65%)

[0248] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B),然后使用通过 CR(氯丁二烯橡胶)把由 600 粒度号金刚石砂粒 50wt%与 CuO 砂粒 50wt%的混合物构成的砂粒固定在基盘上的磨石,进行外周磨削(倒角 C)。孔隙率是 0%。橡胶硬度是 55。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 5μm,面粗糙度是 Ra2μm。在倒角之后进行表面磨削 (D),并研磨表面 (E),蚀刻表面 (F),去除表面的加工变性层,使表面变平滑。晶片外周部的金属浓度是 m = 8at%。龟裂发生率 p 是 15%。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 65%。龟裂发生率 p 升高,成品率 Q 降低,所以不合适。如果包含 50%的 CuO,由于杂质增加,所以设备成品率降低。用于使龟裂发生率 p 为最小的金属量为 m = 0.2at%,用于使成品率 Q 为最大的金属量为 m = 0.1。并不是金属量越多越好,优选 m = 0.1 ～ 5at%。更优选 m = 0.1 ～ 3at%。

[0249] 对比试样 19 ～ 23 得知,与只是金刚石砂粒的磨石相比,利用含有合适量的氧化物的磨石进行外周磨削,在后面工序中能够减少龟裂的产生。

[0250] 因为在外周具有金属并能够防止龟裂。产品成品率没有变化。

[0251] 在金刚石砂粒为 100%的试样 19 中,d = 9μm,在金刚石砂粒的比例为 80%的试样 20 ～ 23 中,d = 7μm,所以加工变性层的厚度 d 可以根据金刚石砂粒的分量确定。

[0252] 试样 25(没有氧化物、10%、d = 12μm、p = 25%、Q = 35%)

[0253] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B),然后使用通过铁 (Fe) 类的结合材料把 100wt%的 1500 粒度号金刚石砂粒固定在基盘上的金属结合剂磨石进行外周磨削(倒角 C)。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 12μm,面粗 糙度是 Ra4μm。加工变性层厚度 d、面粗糙度增大,这是因为金刚石的比例大,属于金属结合剂。在倒角之后进行表面磨削 (D),并研磨表面 (E),蚀刻表面 (F),去除表面的加工变性层,使表面变平滑。晶片外周部的金属浓度是 m = 10at%。虽然没有氧化物砂粒,但由于结合材料是铁,所以在外周部残留有 10at%的铁。龟裂发生率 p 是 25%。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 35%。龟裂发生率 p 升高,成品率 Q 降低,所以不合适。龟裂发生率升高、成品率降低,这是因为加工变性层厚度 d 过厚 (d = 12μm),以及金属浓度过高 (10at%)。其原因是金属结合剂。金属结合剂磨石不合适。

[0254] 试样 26(没有氧化物、12%、d = 14μm、p = 30%、Q = 22%)

[0255] 对直径 5 英寸、厚度 850μm 的 GaN 晶片进行背面磨削 (A)、背面蚀刻 (B),然后使用通过利用镍的电沉积把 1500 粒度号金刚石砂粒固定在基盘上的电沉积磨石进行外周磨削(倒角 C)。外周磨削后的外周部的加工变性层的厚度是 d = 14μm,面粗糙度是 Ra4μm。加工变性层厚度 d、面粗糙度增大,这是因为金刚石的比例大,属于高刚性的电沉积磨石。在倒角之后进行表面磨削 (D),并研磨表面 (E),蚀刻表面 (F),去除表面的加工变性层,使表面变平滑。晶片外周部的金属浓度是 m = 12at%。虽然没有氧化物砂粒,但由于使用镍进行电沉积,所以一部分镍被磨削掉,在外周部残留有 12at%的镍。龟裂发生率 p 是 30%。制作发光二极管的产品成品率是 Q = 22%。龟裂发生率 p 升高,成品率 Q 降低,所以不合适。龟裂发生率升高、成品率降低,这是因为加工变性层厚度 d 过厚 (d = 14μm),以及金属浓度过高 (12at%)。其原因是使用电沉积磨石的加工。电沉积磨石不合适。

[0256] 根据试样 19 ～ 26 得知,为了使龟裂发生率为 15%以下、使产品成品率为 80%以上,需要使加工变性层为 10μm 以下、使金属量为 0.1 ～ 5at%。如果 m = 0.1 ～ 3at%,则能够使龟裂为 8%以下、成品率为 88%以上。

[0257] 图 24 表示全部试样 1 ～ 26 的加工变性层厚度 d(μm) 与外周部面粗糙度 Ra(μm) 的关系。

[0258] 在 d 增大时,面粗糙度也增大。在金刚石砂粒较粗、氧化物比例较小时,物理作用增强,所以 d 增大,面粗糙度也增大。因此,d 和 Ra 大致成比例地增减。

[0259] 但是,与 d 和 Ra 成比例的主要系列不同,也存在像试样 10、11 那样偏离比例关系的情况。即在像金属结合剂、电沉积那样结合剂为高刚性时,即使面粗糙度降低,加工变性层 d 也变厚。

[0260] 金属结合剂、电沉积磨石不适合于 GaN 晶片的倒角。为了判定晶片倒角加工的合格与否,相比外周部面粗糙度 Ra,加工变性层厚度 d 更合适。图 30 表示试样 19 ～ 26 的外周部金属量 m(at%) 与龟裂发生率 p(%) 的关系。如果金属量为 0.1at% ～ 5at%,则能够使龟裂发生率 p 在 15%以下。图 31 表示试样 19 ～ 26 的外周部金属量 (at%) 与设备成品率 Q(%) 的关系。如果外周部的金属量为 0 ～ 5at%,则能够使设备成品率 Q 为 85%以上。

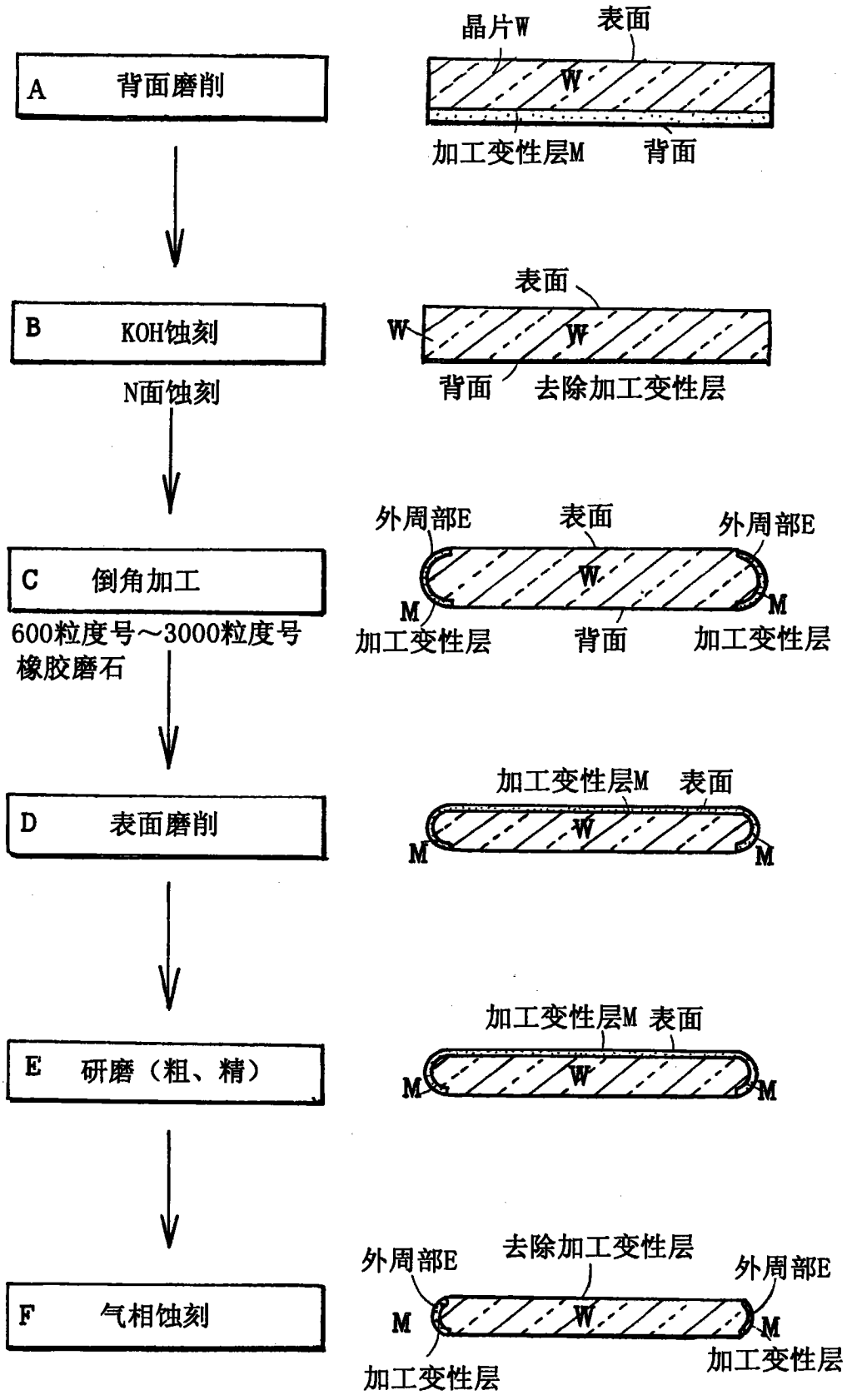

A 背面磨削
晶片W
表面
W
加工变性层M
背面
B KOH蚀刻
N面蚀刻
表面
W
W
背面
去除加工变性层
C 倒角加工
600粒度号～3000粒度号
橡胶磨石
外周部E
表面
外周部E
W
M
M
加工变性层
背面
加工变性层
D 表面磨削
加工变性层M
表面
W
M
M
E 研磨（粗、精）
加工变性层M
表面
W
M
M
F 气相蚀刻
外周部E
去除加工变性层
外周部E
M
W
M
加工变性层
加工变性层

图 1

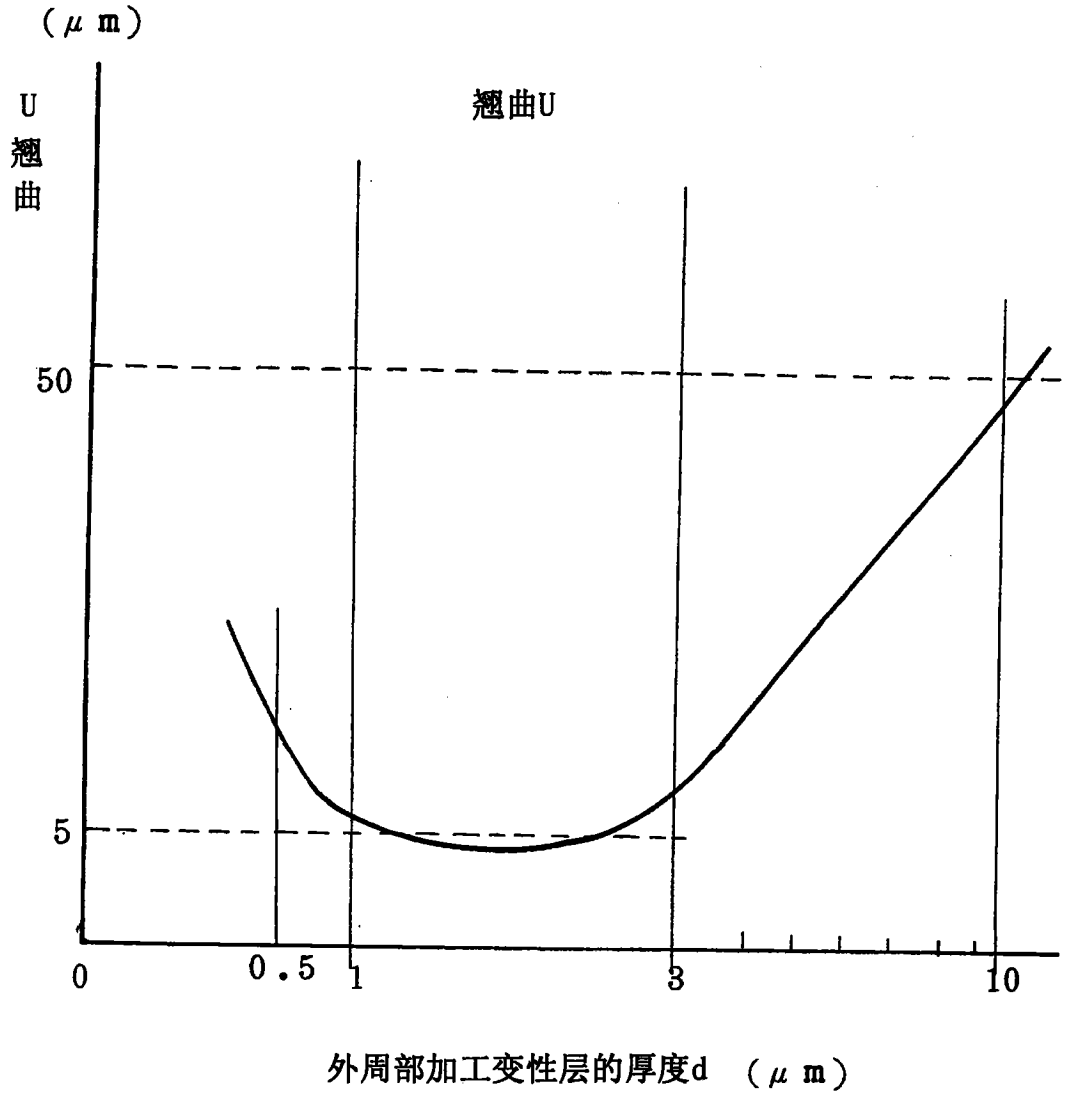


图 2

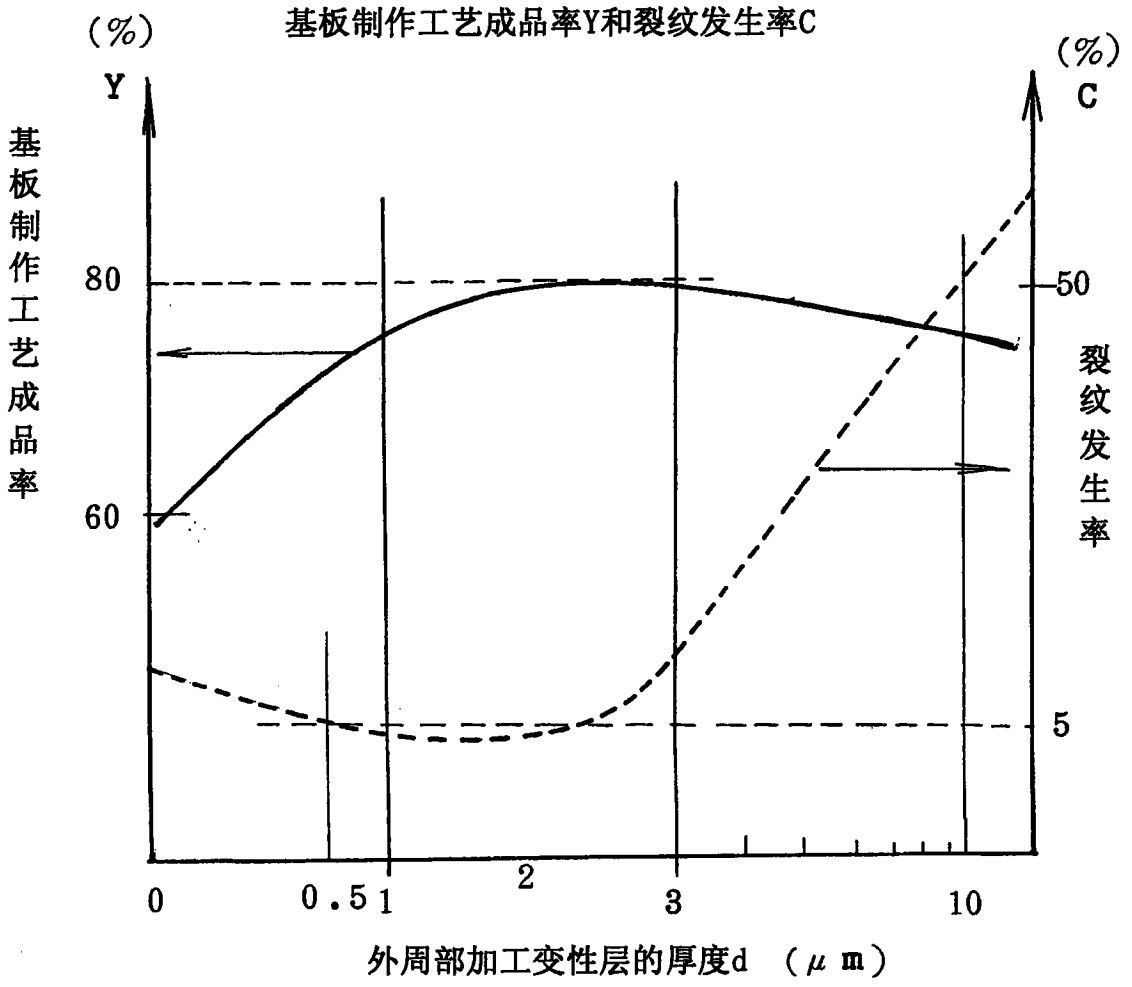

基板制作工艺成品率Y和裂纹发生率C
(%)
Y
基板制作工艺成品率
80
60
(%)
C
50
裂纹发生率
5
0
0.5
1
2
3
10
外周部加工变性层的厚度d （μm）

图 3

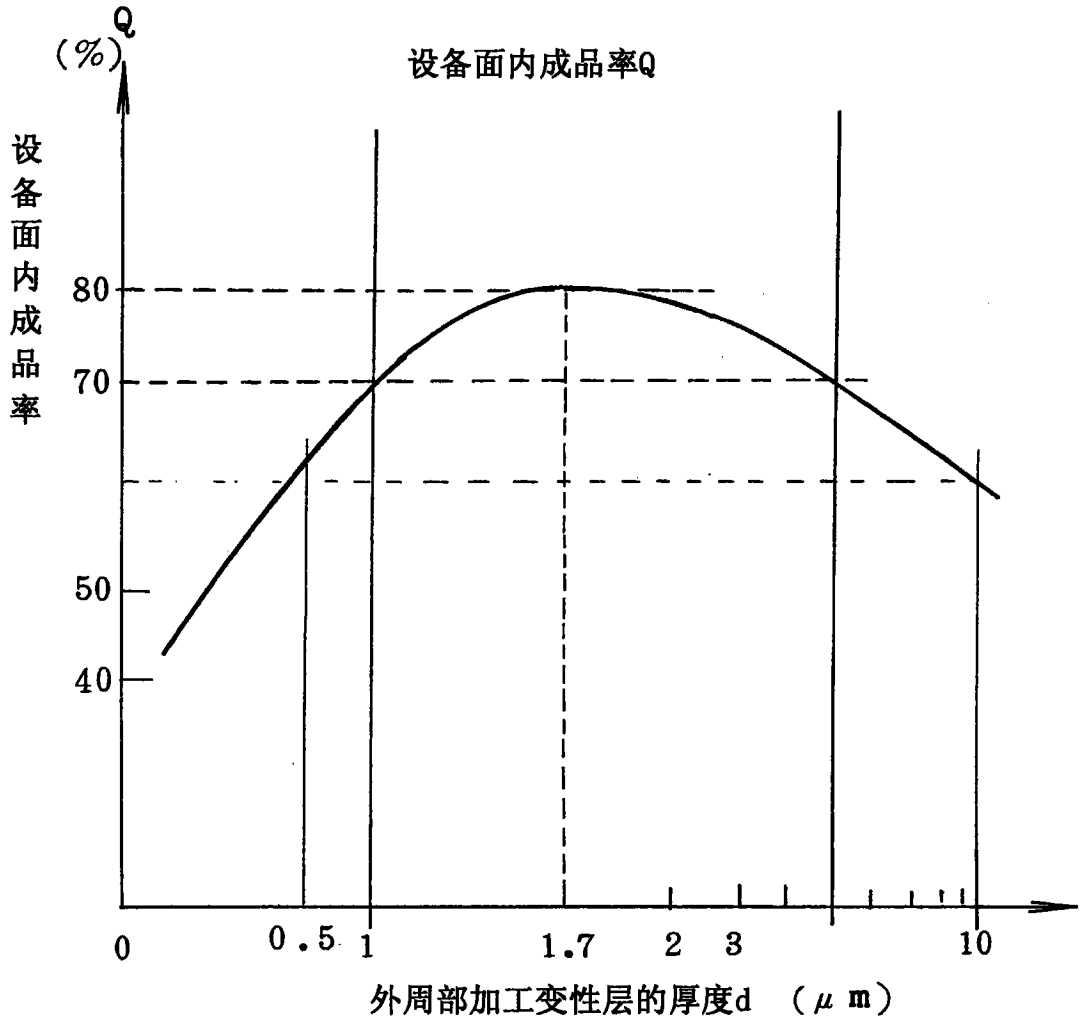

Q
(%)
设备面内成品率Q
设备面内成品率
80
70
50
40
0
0.5
1
1.7
2
3
10
外周部加工变性层的厚度d （μm）

图 4

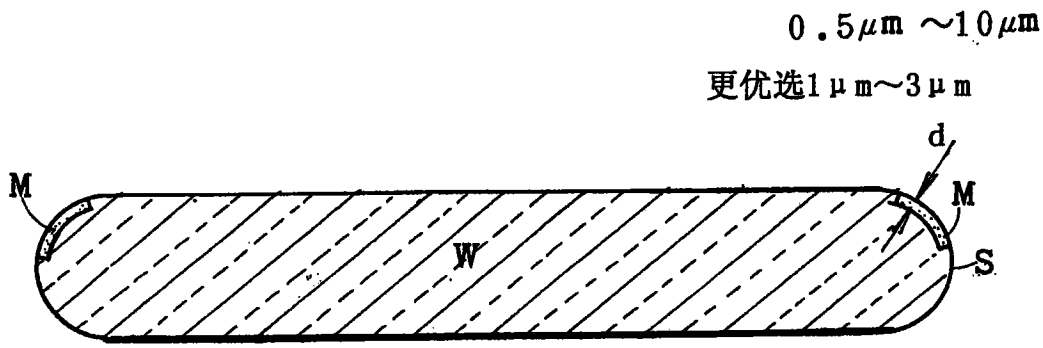

0.5μm ～10μm
更优选1μm～3μm
d
M
M
W
S

图 5

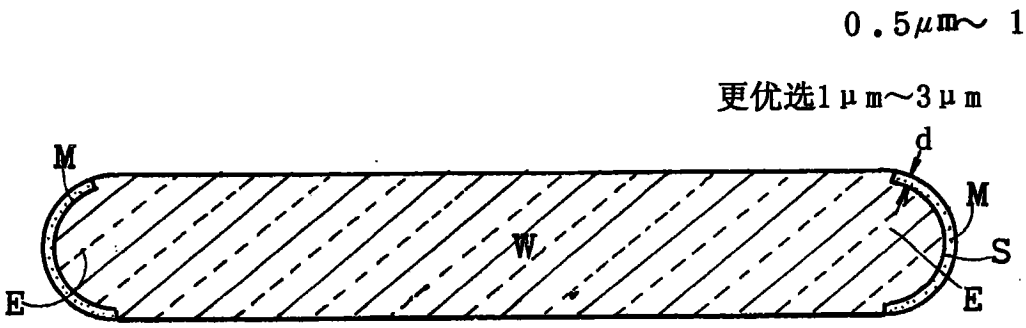

0.5μm～ 10μm
更优选1μm～3μm
M
d
M
W
S
E
E

图 6

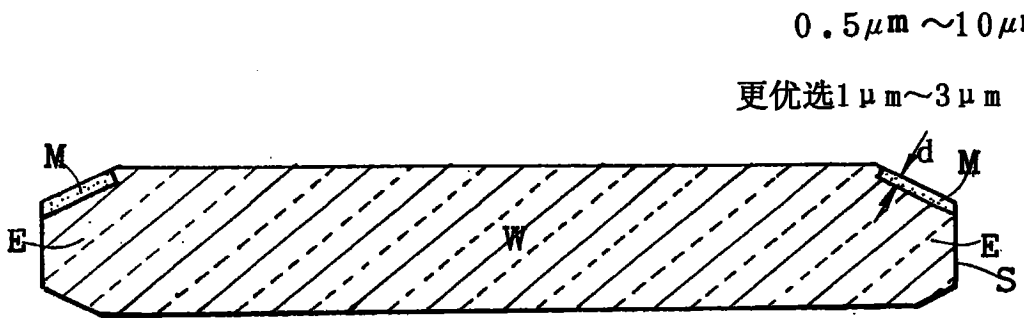

0.5μm ～10μm
更优选1μm～3μm
M
d
M
E
W
E
S

图 7

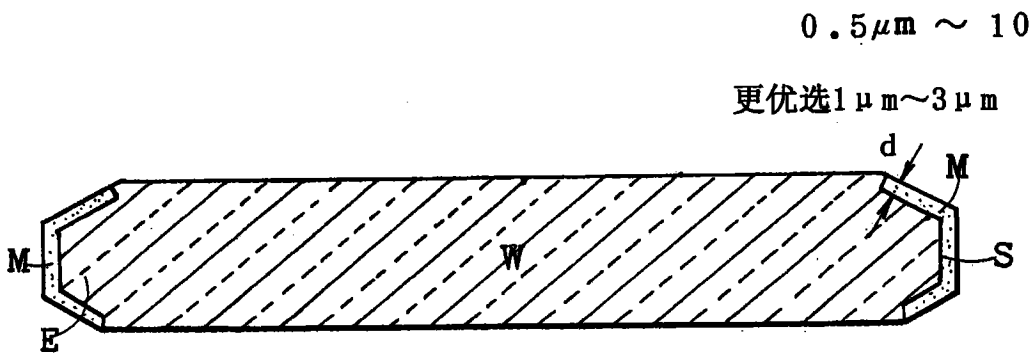

0.5μm ～ 10μm
更优选1μm～3μm
d
M
M
W
S
E

图 8

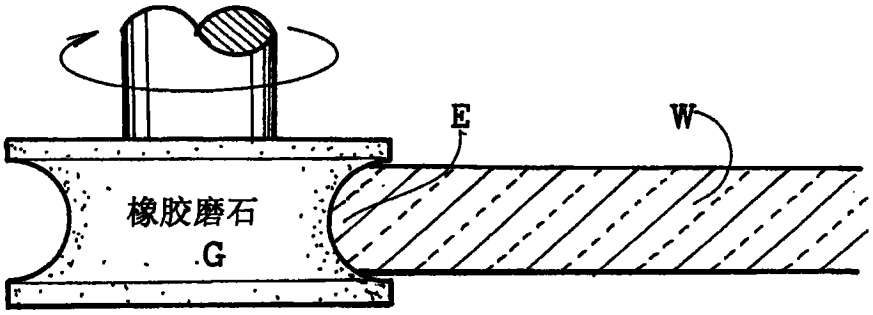


图 9

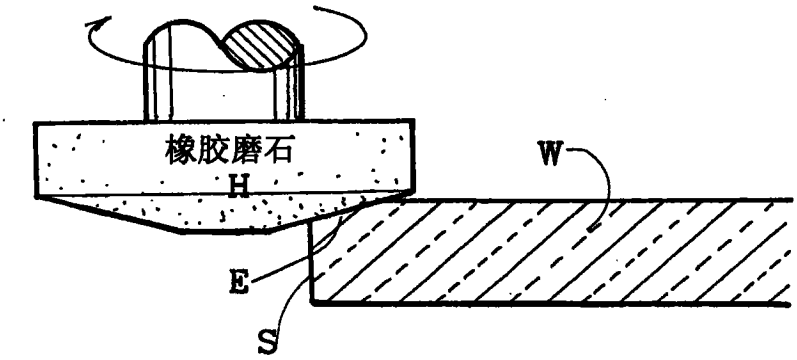


图 10

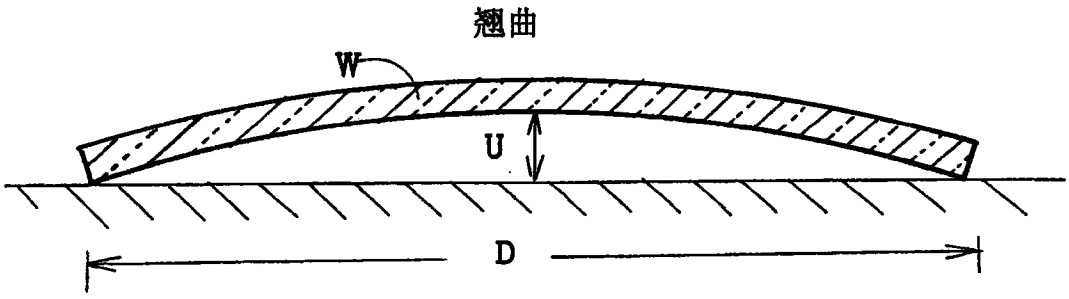


图 13

日本特开2004-319951

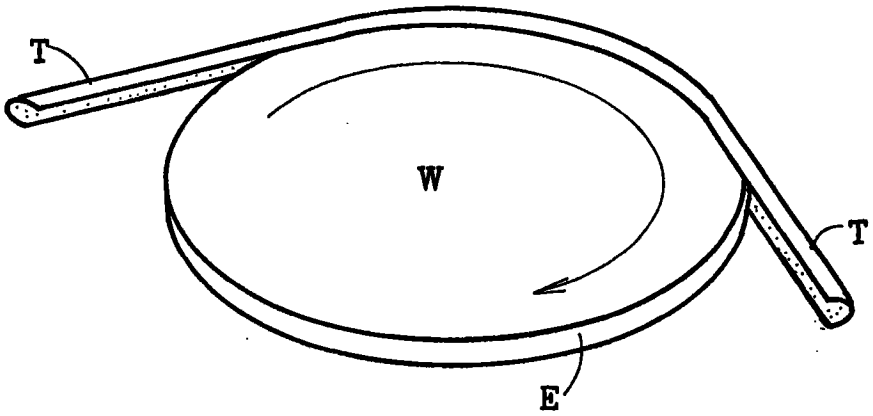


图 11

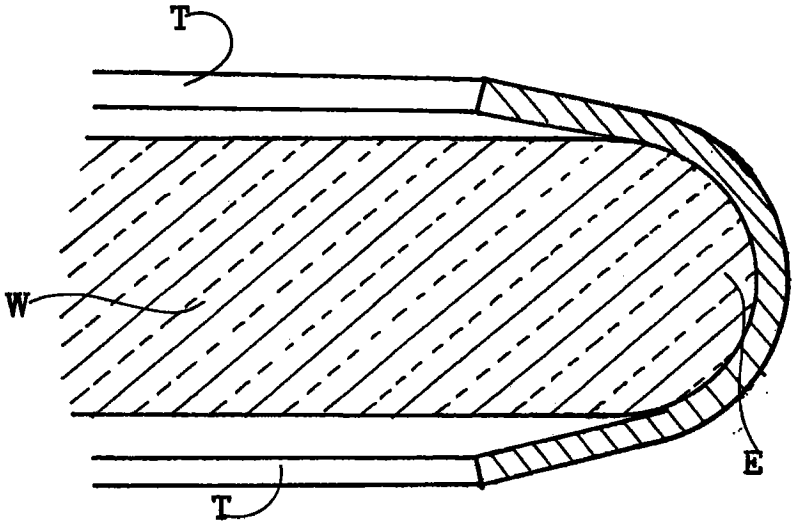


图 12

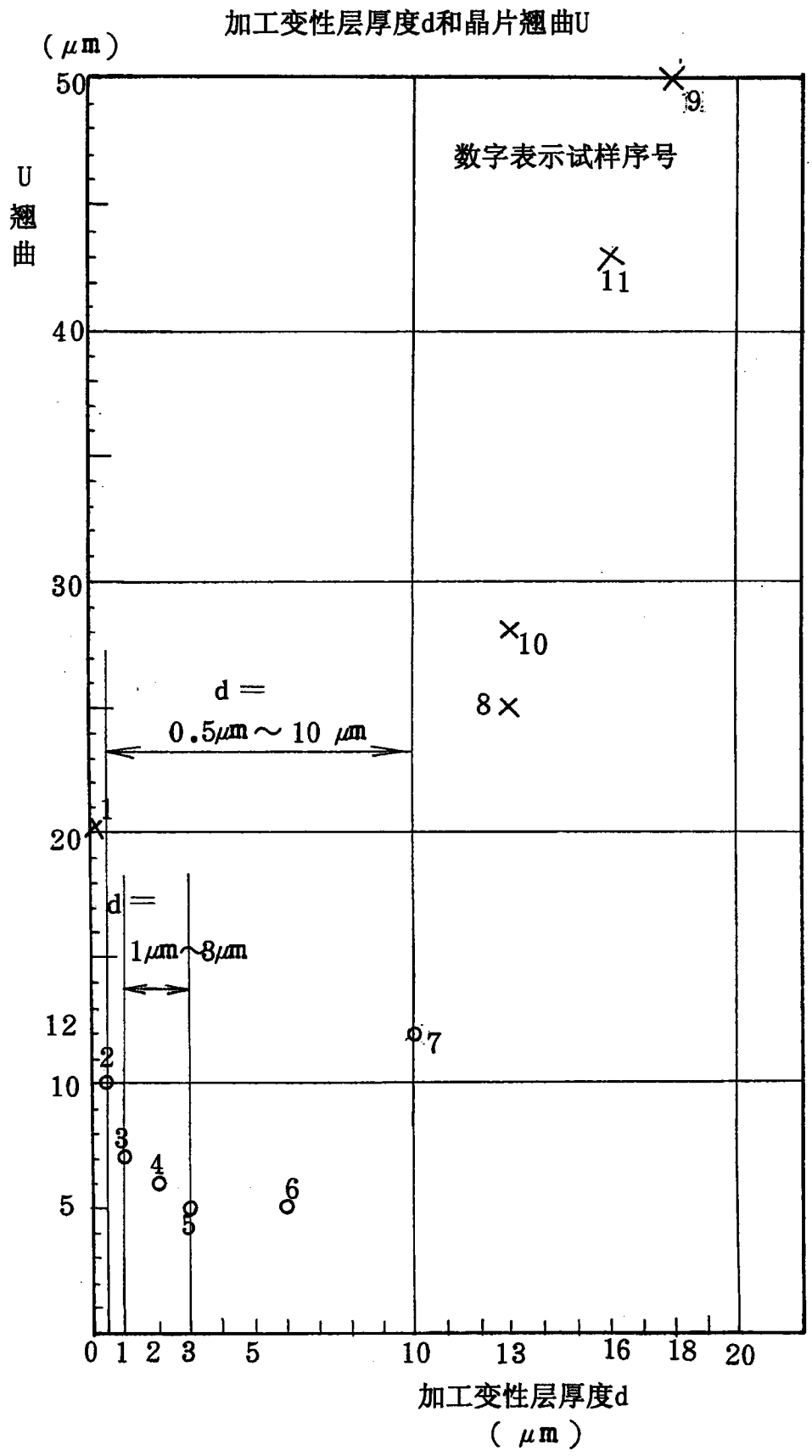

加工变性层厚度d和晶片翘曲U
（μm）
50
40
30
20
12
10
5
U
翘
曲
数字表示试样序号
9
11
10
8
d＝
0.5μm～10 μm
1
d＝
1μm～8μm
7
2
3
4
6
5
0 1 2 3 5 10 13 16 18 20
加工变性层厚度d
（μm）

图 14

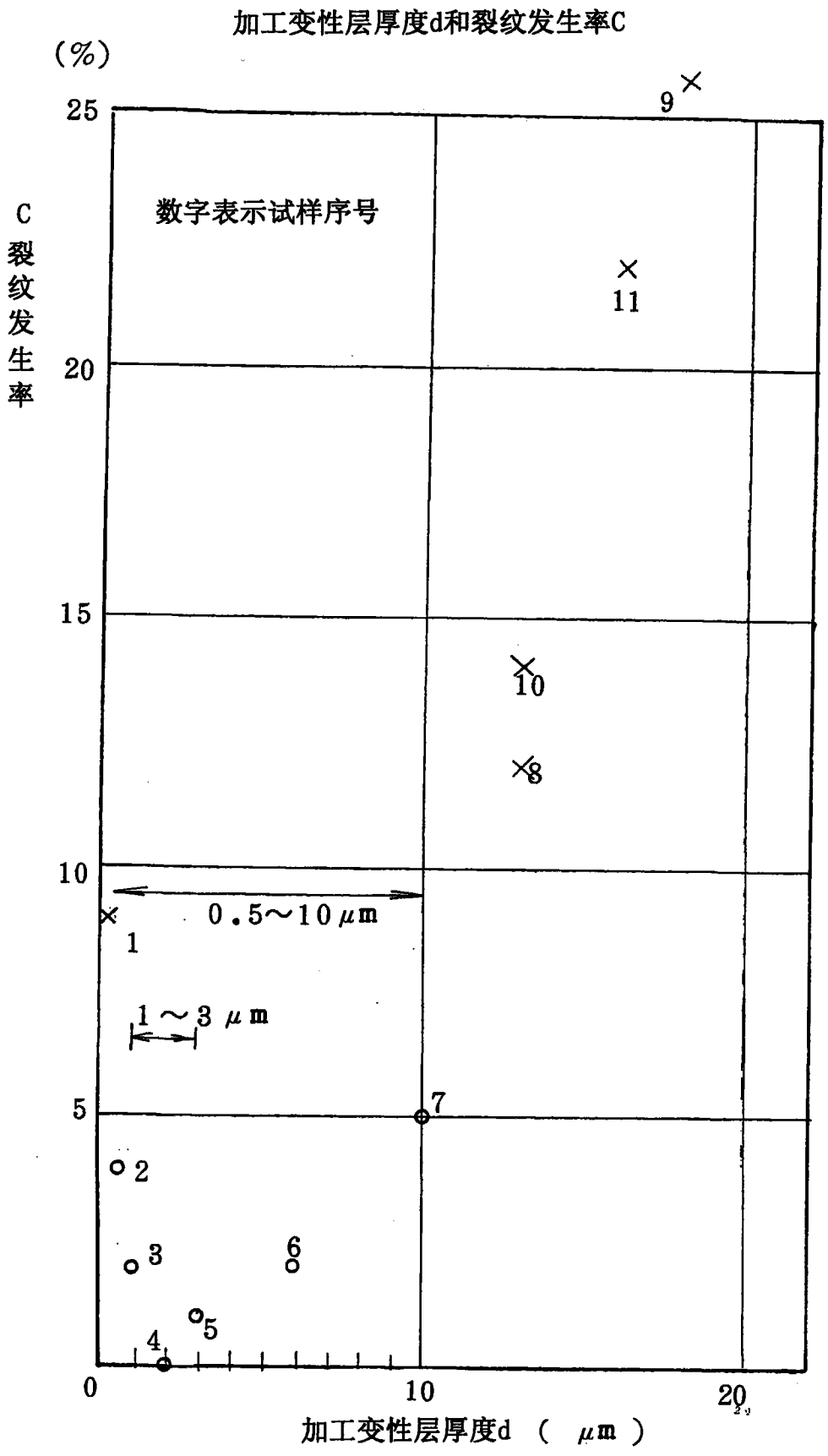

加工变性层厚度d和裂纹发生率C
(%)
25
20
15
10
5
0
C
裂
纹
发
生
率
数字表示试样序号
9
11
10
8
0.5～10μm
1
1～3 μm
7
2
3
6
5
4
10
20
加工变性层厚度d （ μm ）

图 15

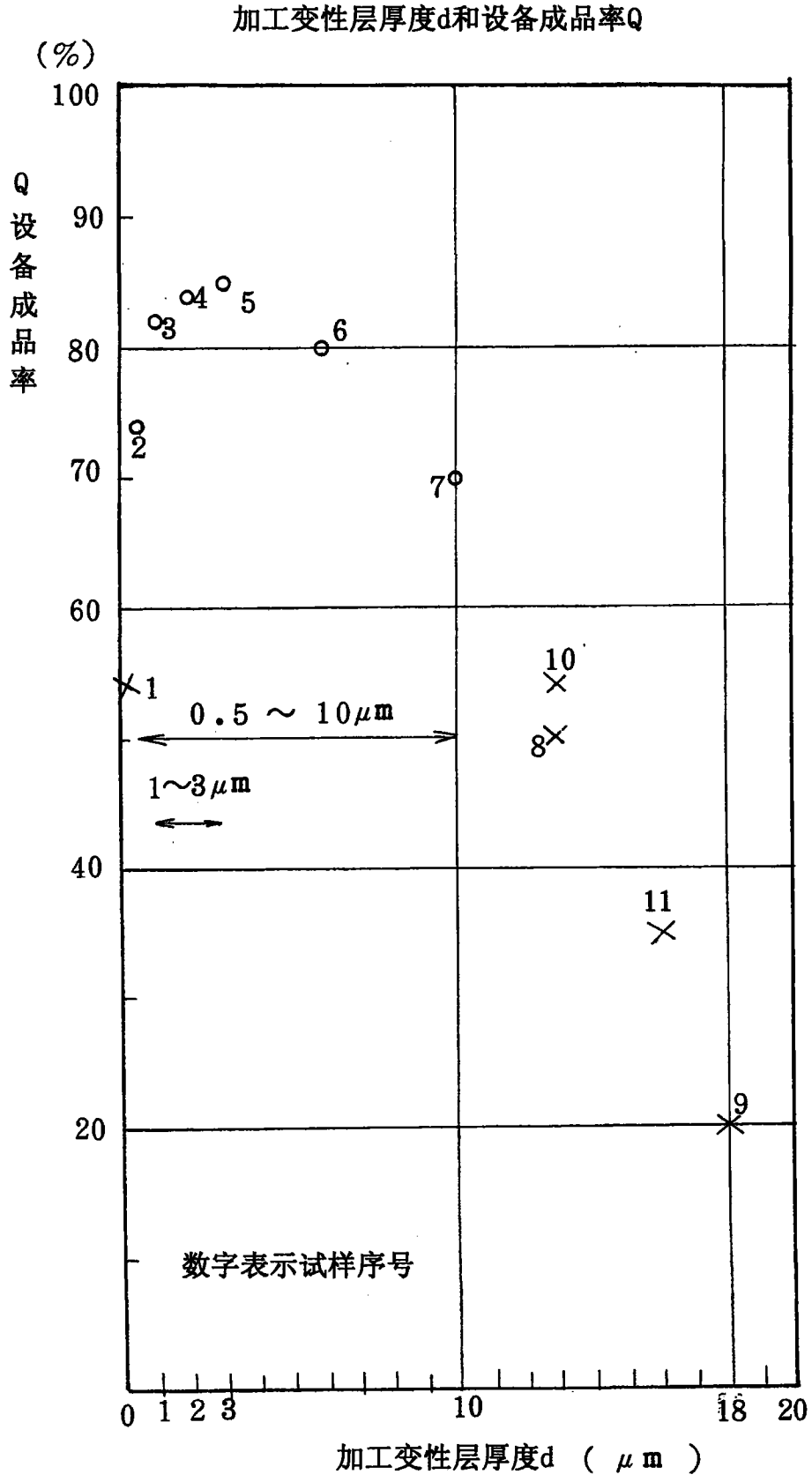

加工变性层厚度d和设备成品率Q
(%)
100
90
80
70
60
40
20
Q 设备成品率
0.5 ～ 10μm
1～3μm
数字表示试样序号
0 1 2 3 10 18 20
加工变性层厚度d （ μm ）

图 16

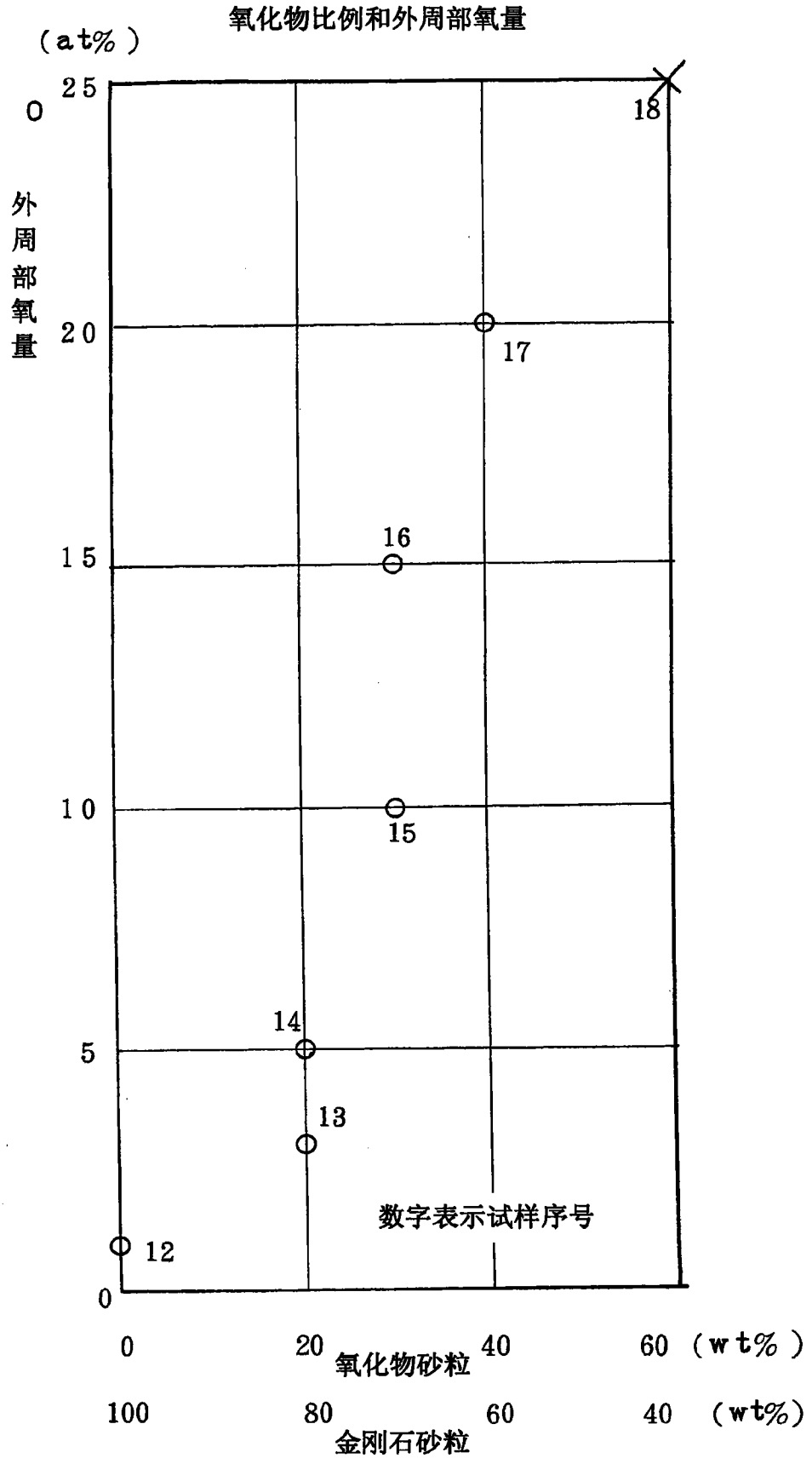

氧化物比例和外周部氧量
（at%）
25
0
外周部氧量
20
15
10
5
0
18
17
16
15
14
13
12
数字表示试样序号
0
20
40
60
（wt%）
氧化物砂粒
100
80
60
40
（wt%）
金刚石砂粒

图 17

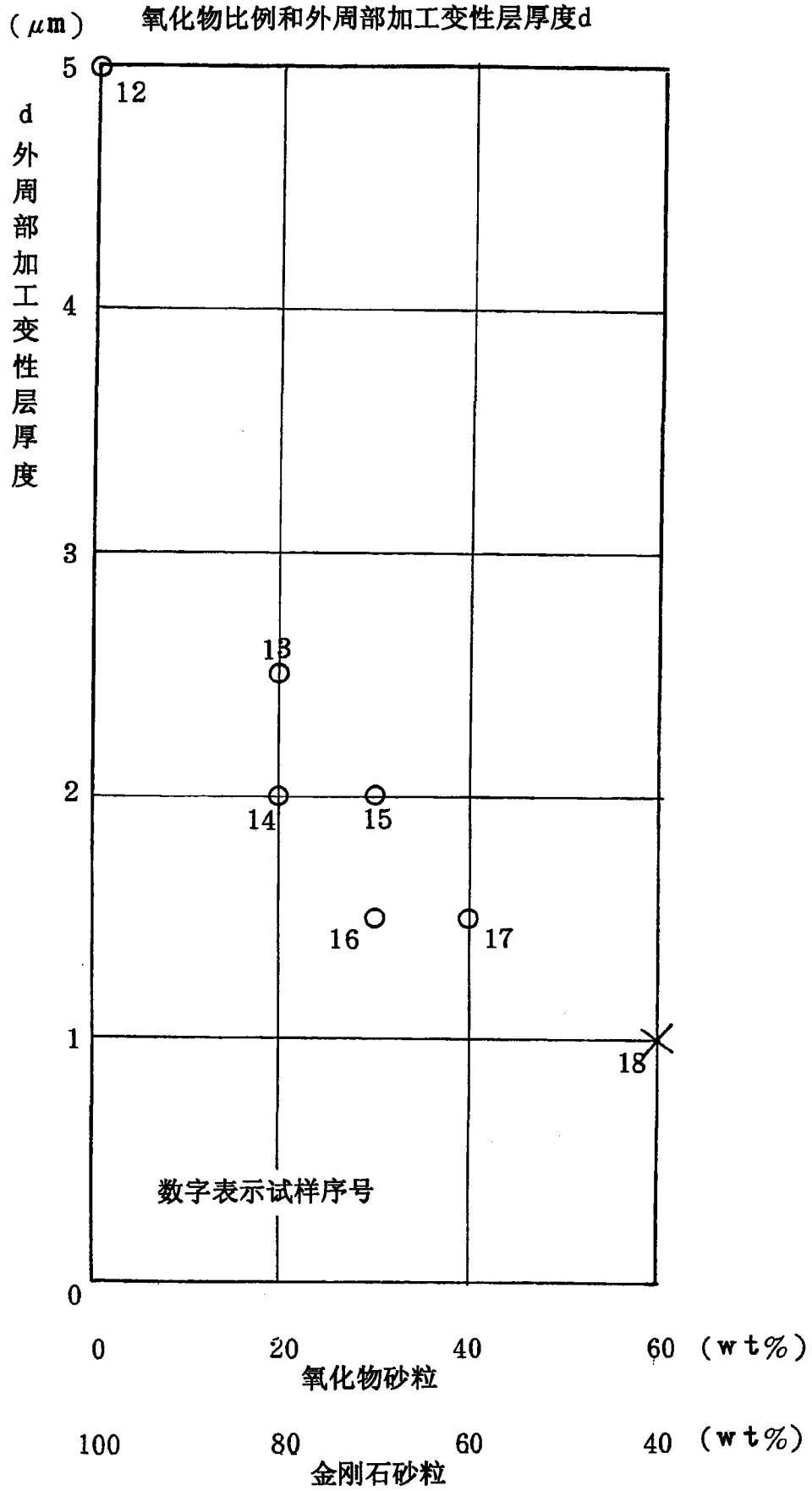

氧化物比例和外周部加工变性层厚度d
（μm）
d
外周部加工变性层厚度
5
4
3
2
1
0
12
13
14
15
16
17
18
数字表示试样序号
0
20
40
60
（wt%）
氧化物砂粒
100
80
60
40
（wt%）
金刚石砂粒

图 18

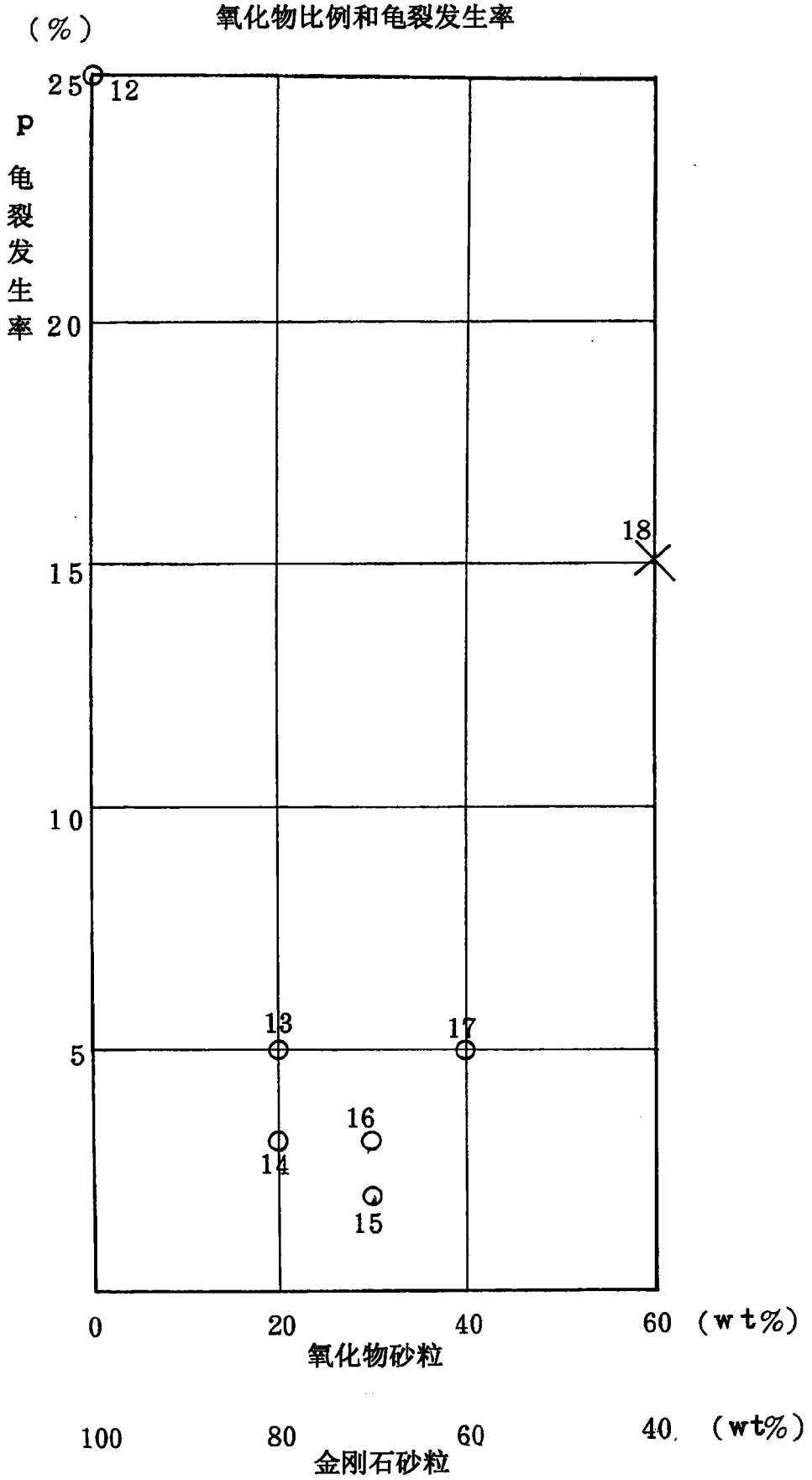

氧化物比例和龟裂发生率
（%）
P
龟裂发生率
25
20
15
10
5
12
18
13
17
16
14
15
0
20
40
60
（wt%）
氧化物砂粒
100
80
60
40
（wt%）
金刚石砂粒

图 19

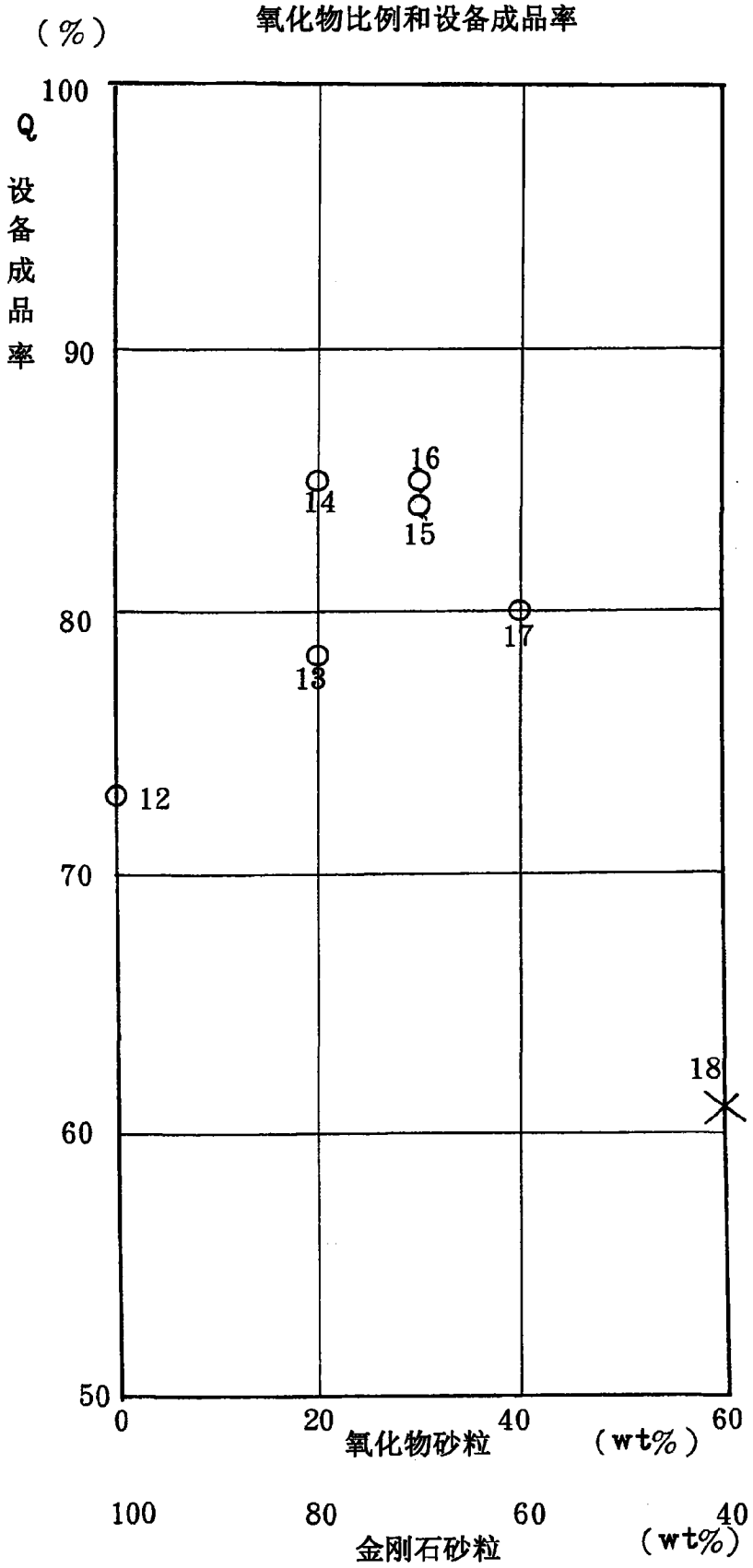

氧化物比例和设备成品率
（%）
Q
设备成品率
100
90
80
70
60
50
12
13
14
15
16
17
18
0
20
40
60
氧化物砂粒
（wt%）
100
80
60
40
金刚石砂粒
（wt%）

图 20

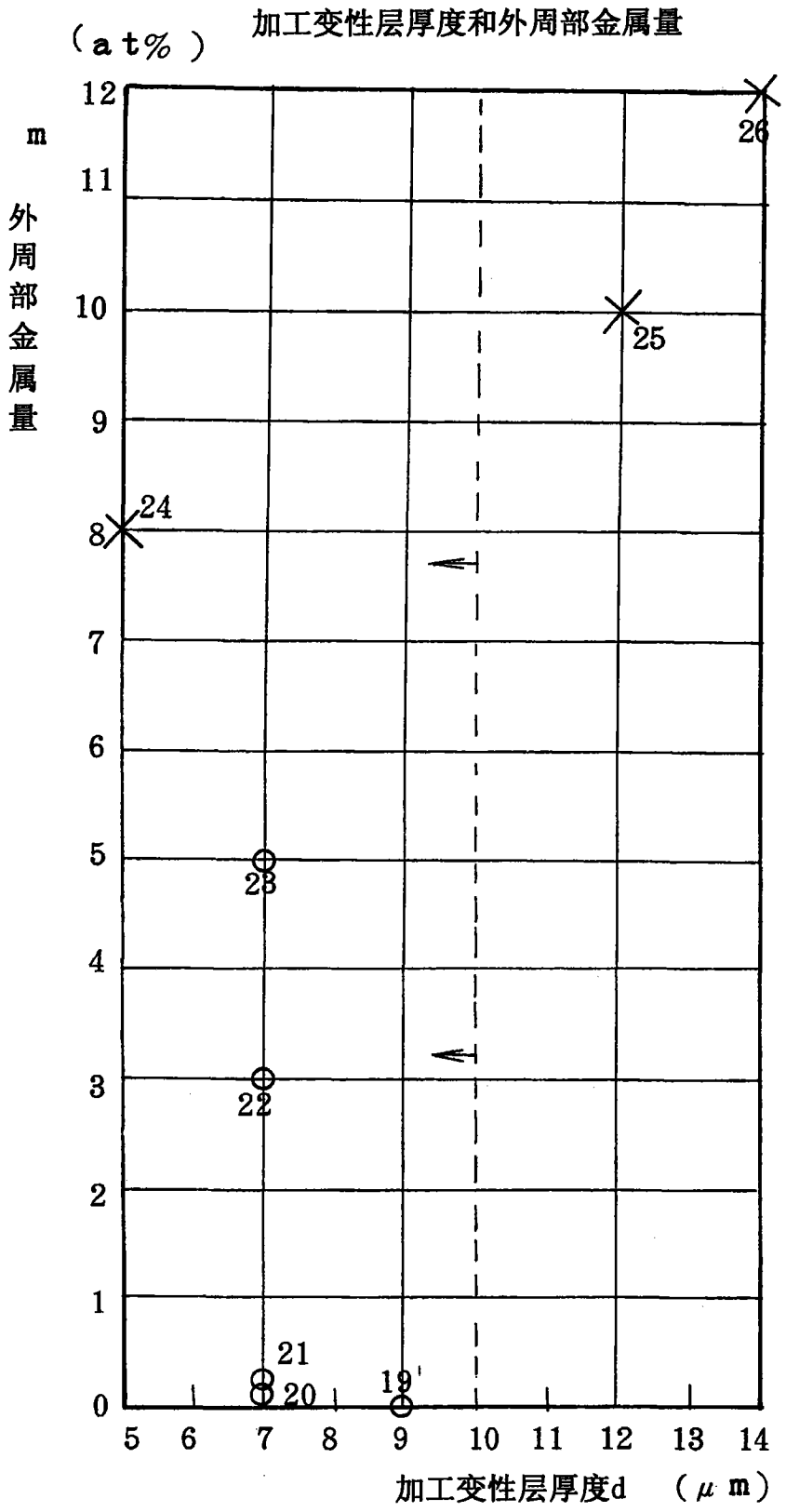

加工变性层厚度和外周部金属量
（at%）
m
外周部金属量
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
26
25
24
23
22
21
20
19
5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
加工变性层厚度d （μm）

图 21

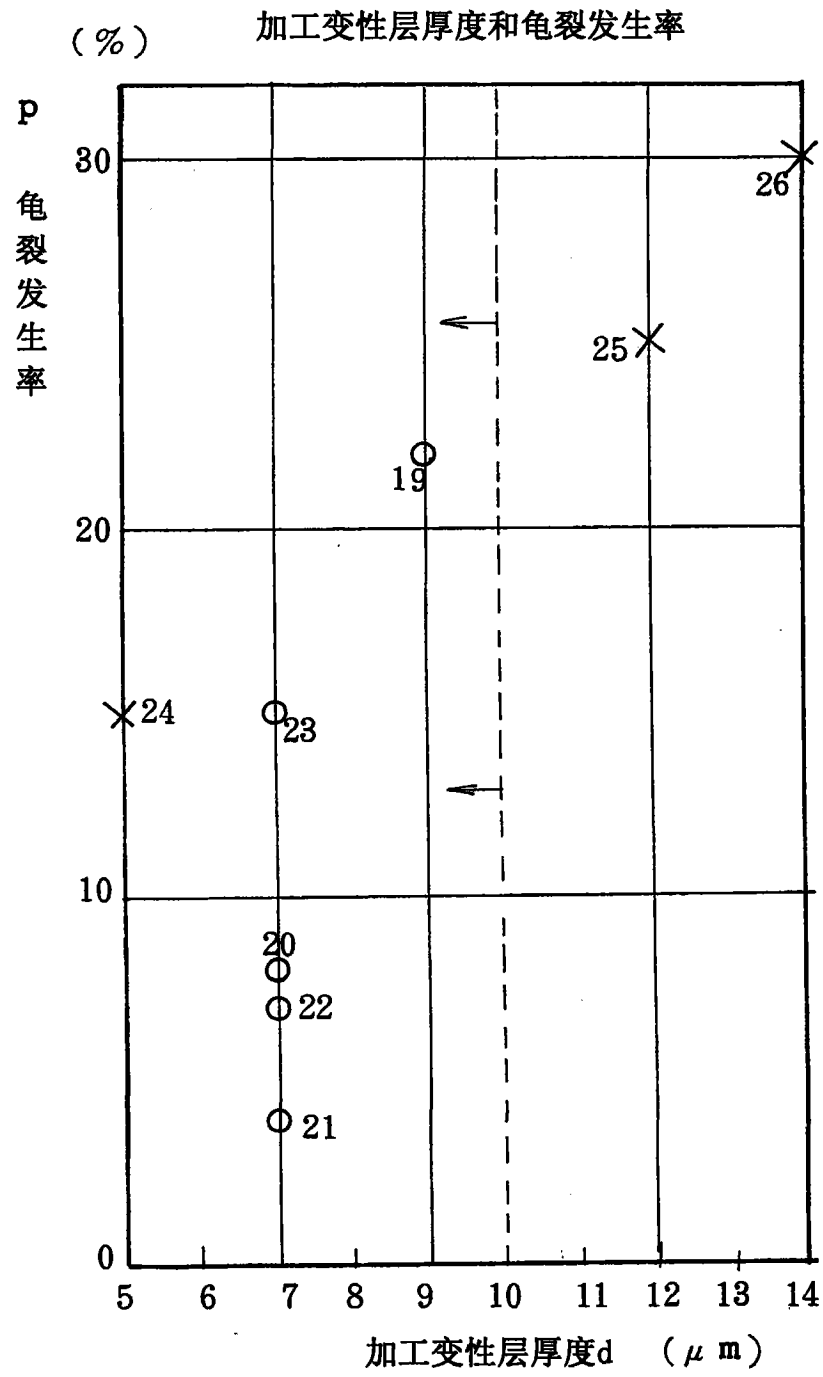

加工变性层厚度和龟裂发生率
（%）
p
龟裂发生率
30
20
10
0
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
加工变性层厚度d （μm）
26
25
19
24
23
20
22
21

图 22

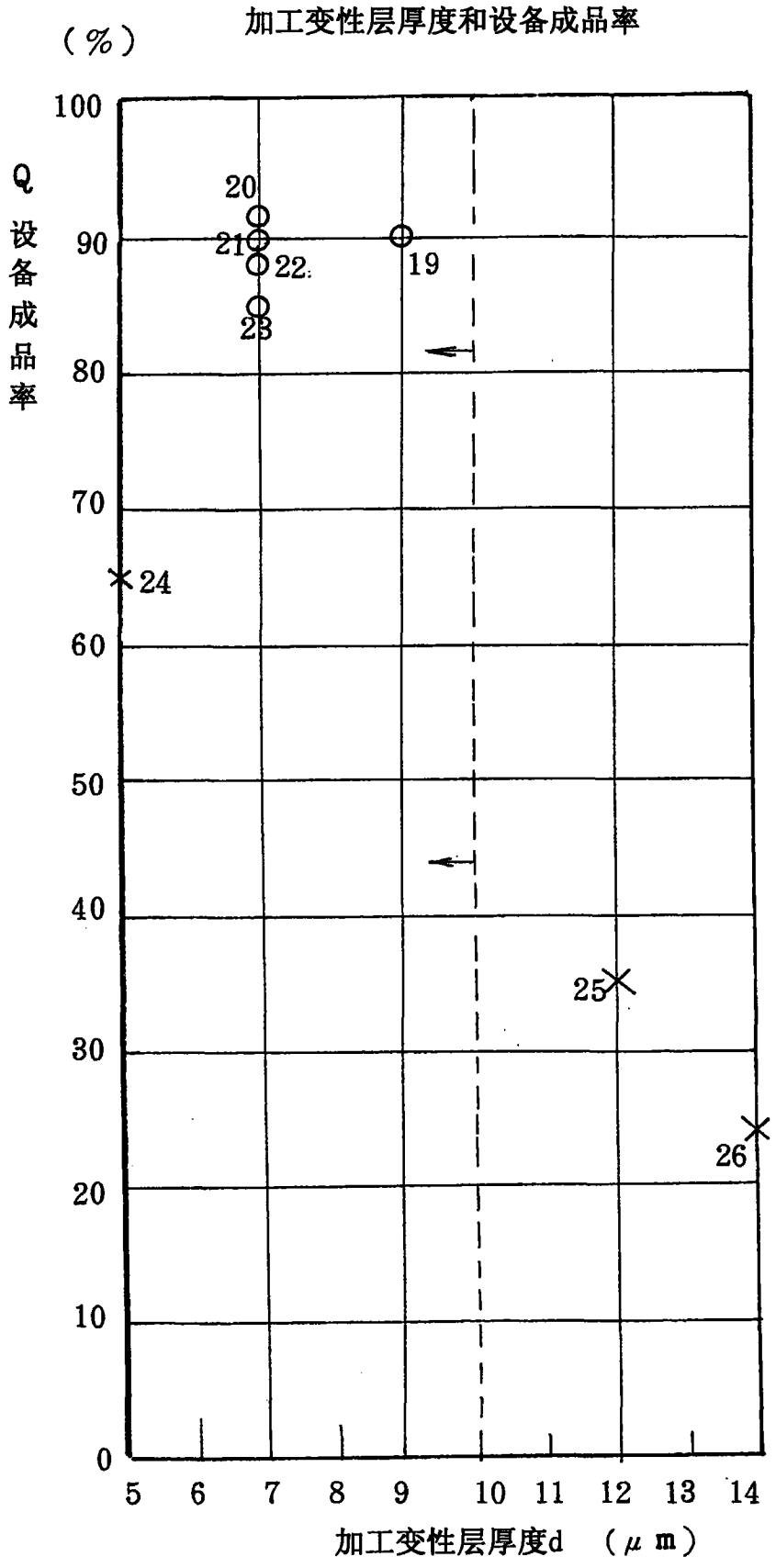

加工变性层厚度和设备成品率
（%）
Q 设备成品率
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
20
21
22
23
19
24
25
26
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
加工变性层厚度d （μm）

图 23

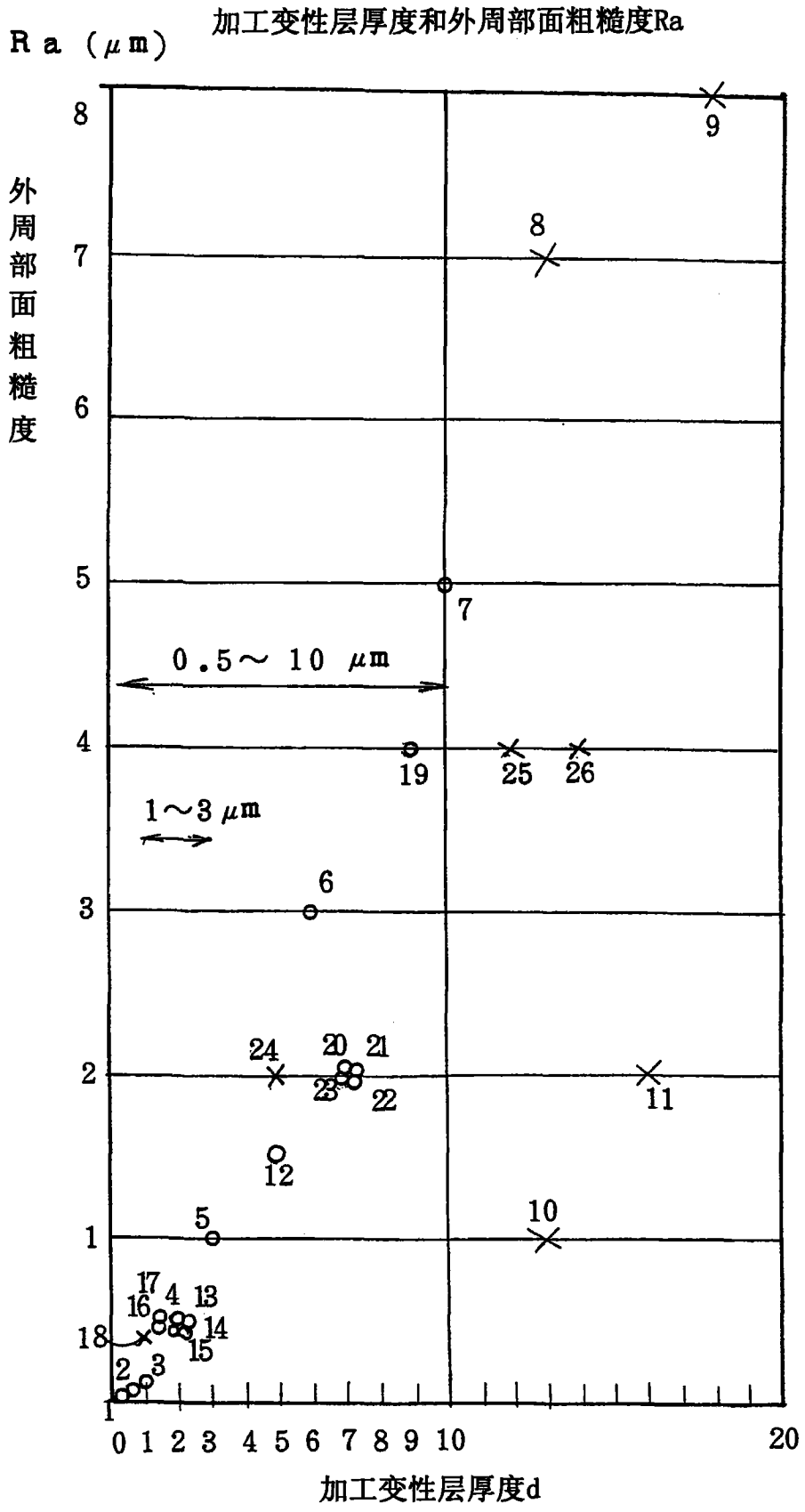

加工变性层厚度和外周部面粗糙度Ra
Ra（μm）
外周部面粗糙度
8
7
6
5
4
3
2
1
0.5～10 μm
1～3 μm
9
8
7
19
25
26
6
24
20
21
23
22
11
12
5
10
17
4
13
16
14
18
15
2
3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
20
加工变性层厚度d

图 24

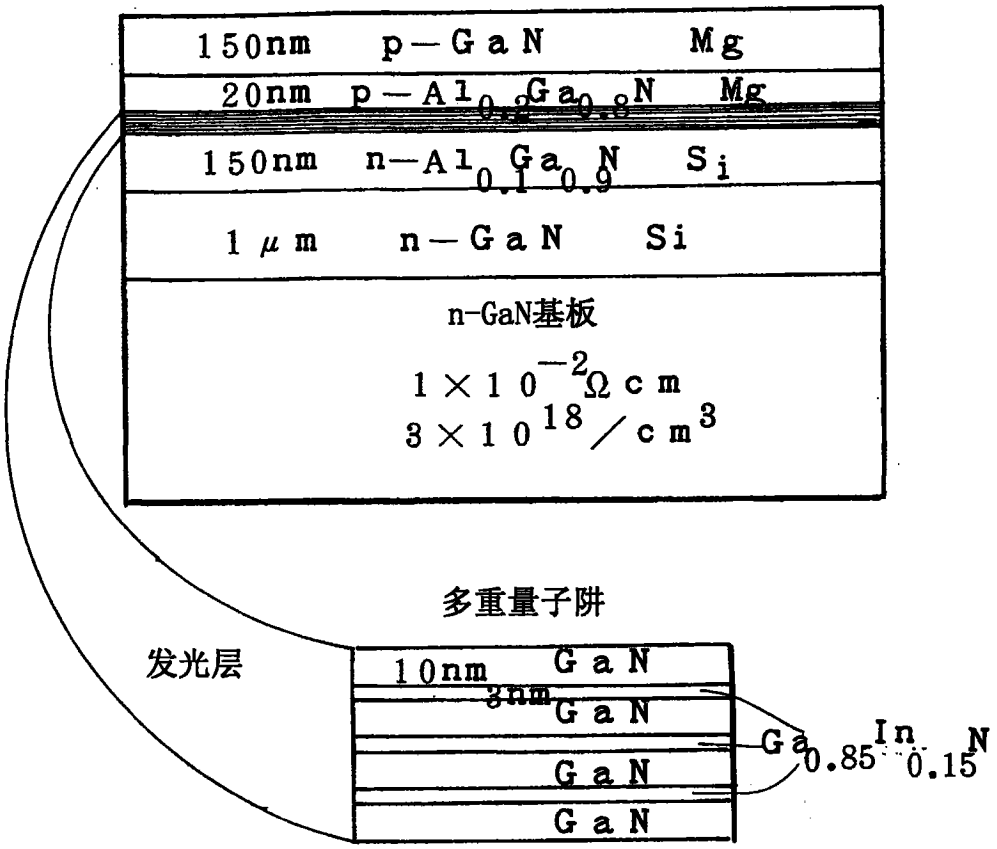

150nm p—GaN Mg
20nm p—Al0.2Ga0.8N Mg
150nm n—Al0.1Ga0.9N Si
1 μm n—GaN Si
n-GaN基板
1×10⁻²Ω cm
3×10¹⁸/cm³
多重量子阱
发光层
10nm GaN
3nm GaN
GaN
GaN
Ga0.85In0.15N

图 25

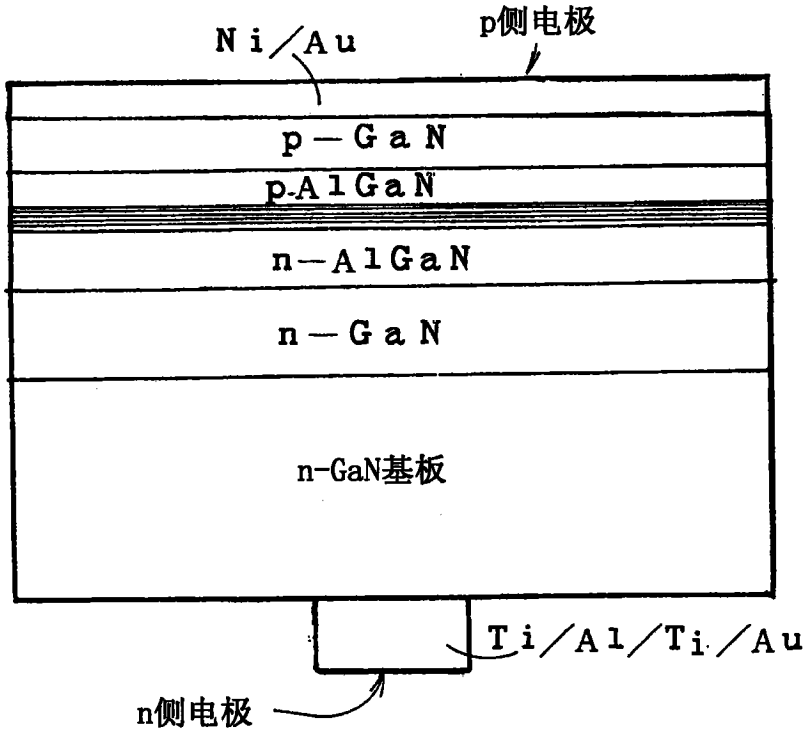

Ni/Au
p侧电极
p—GaN
p-AlGaN
n—AlGaN
n—GaN
n-GaN基板
Ti/Al/Ti/Au
n侧电极

图 26

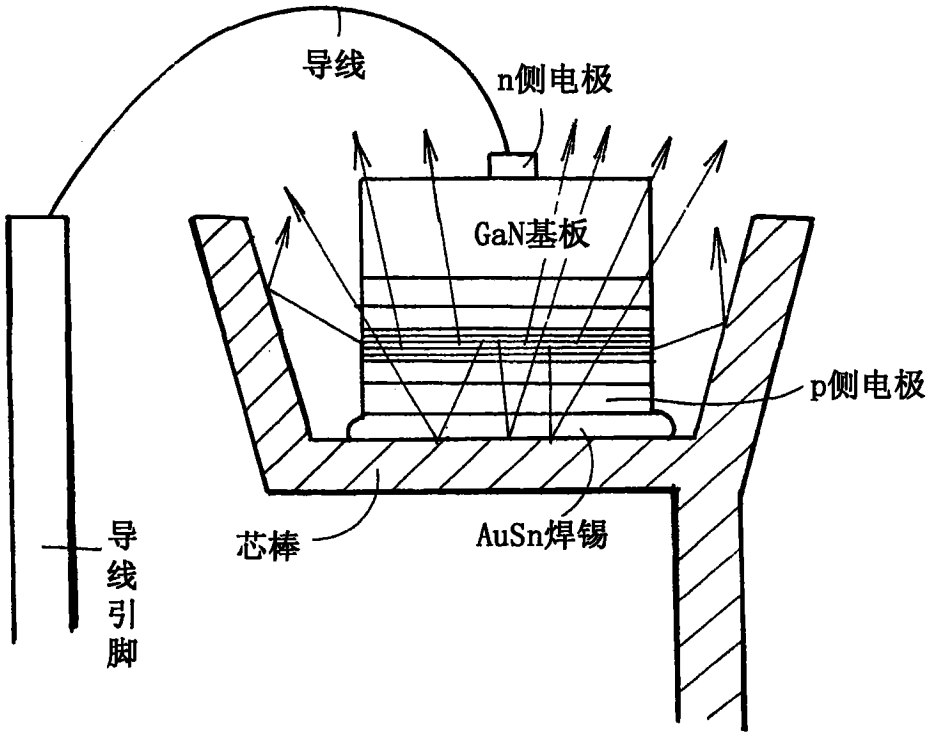


图 27

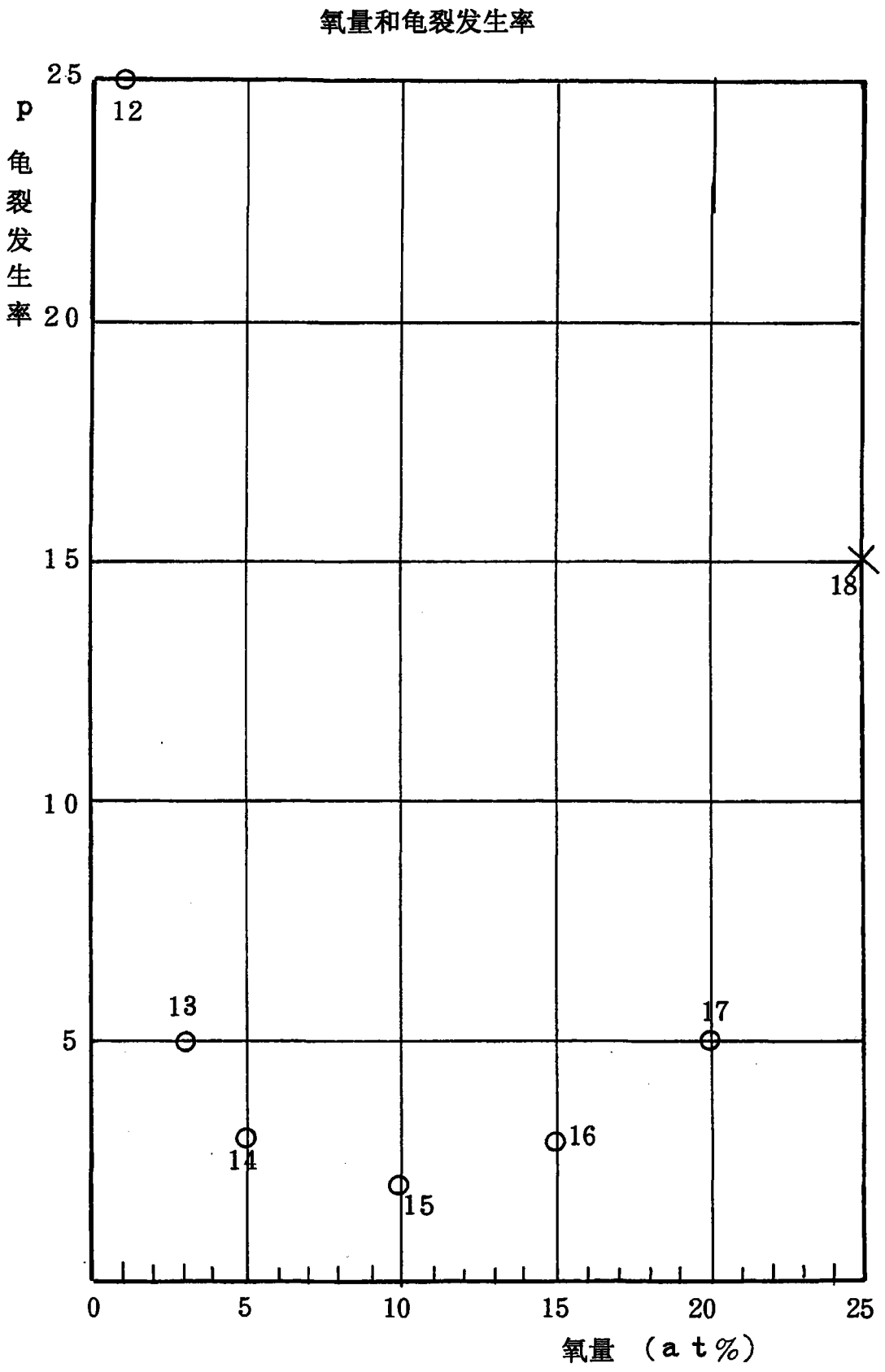

氧量和龟裂发生率
25
20
15
10
5
0
5
10
15
20
25
p
龟
裂
发
生
率
氧量 （at%）
12
13
14
15
16
17
18

图 28

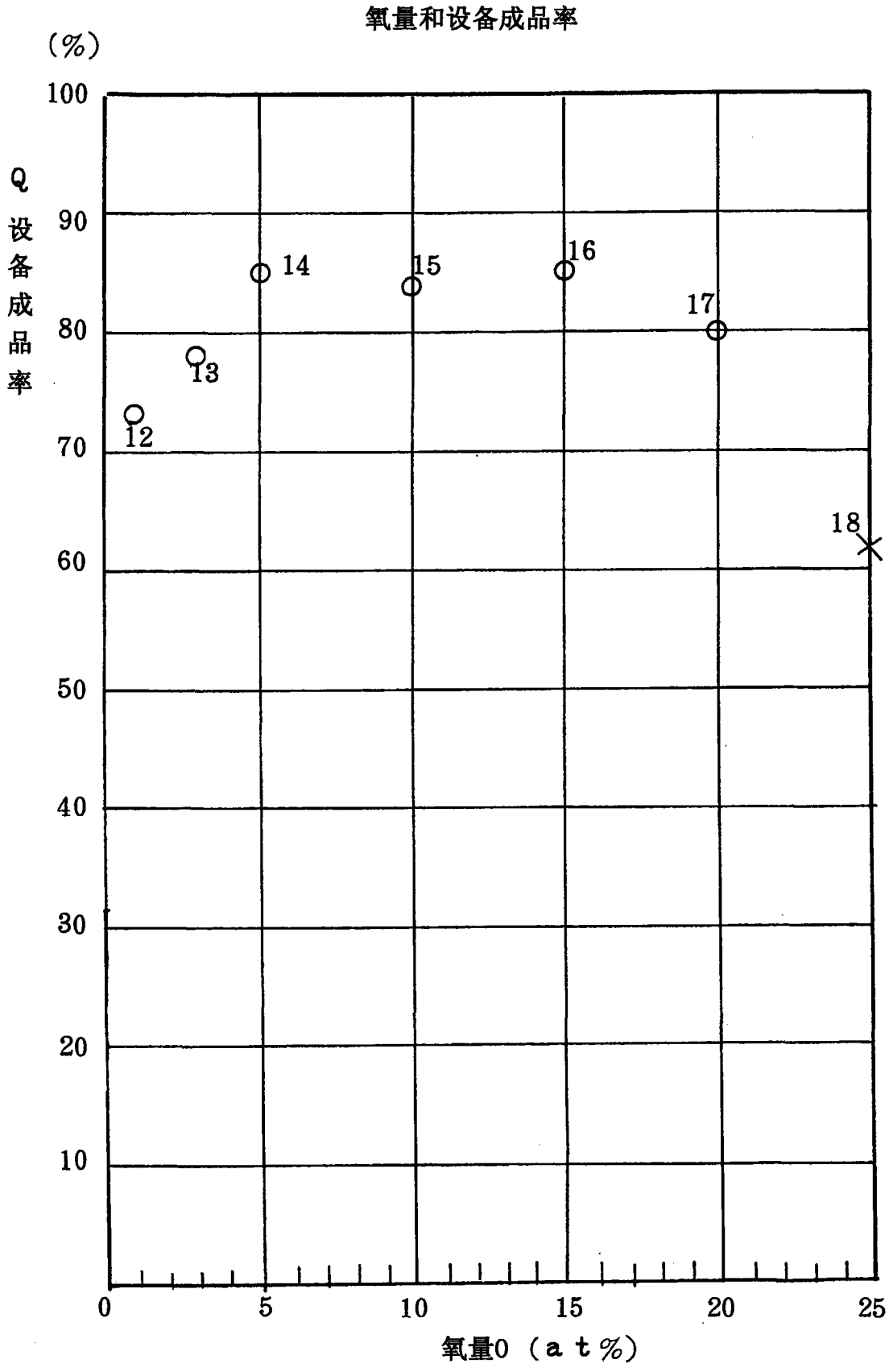

氧量和设备成品率
(%)
Q设备成品率
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
5
10
15
20
25
氧量0 (at%)
12
13
14
15
16
17
18

图 29

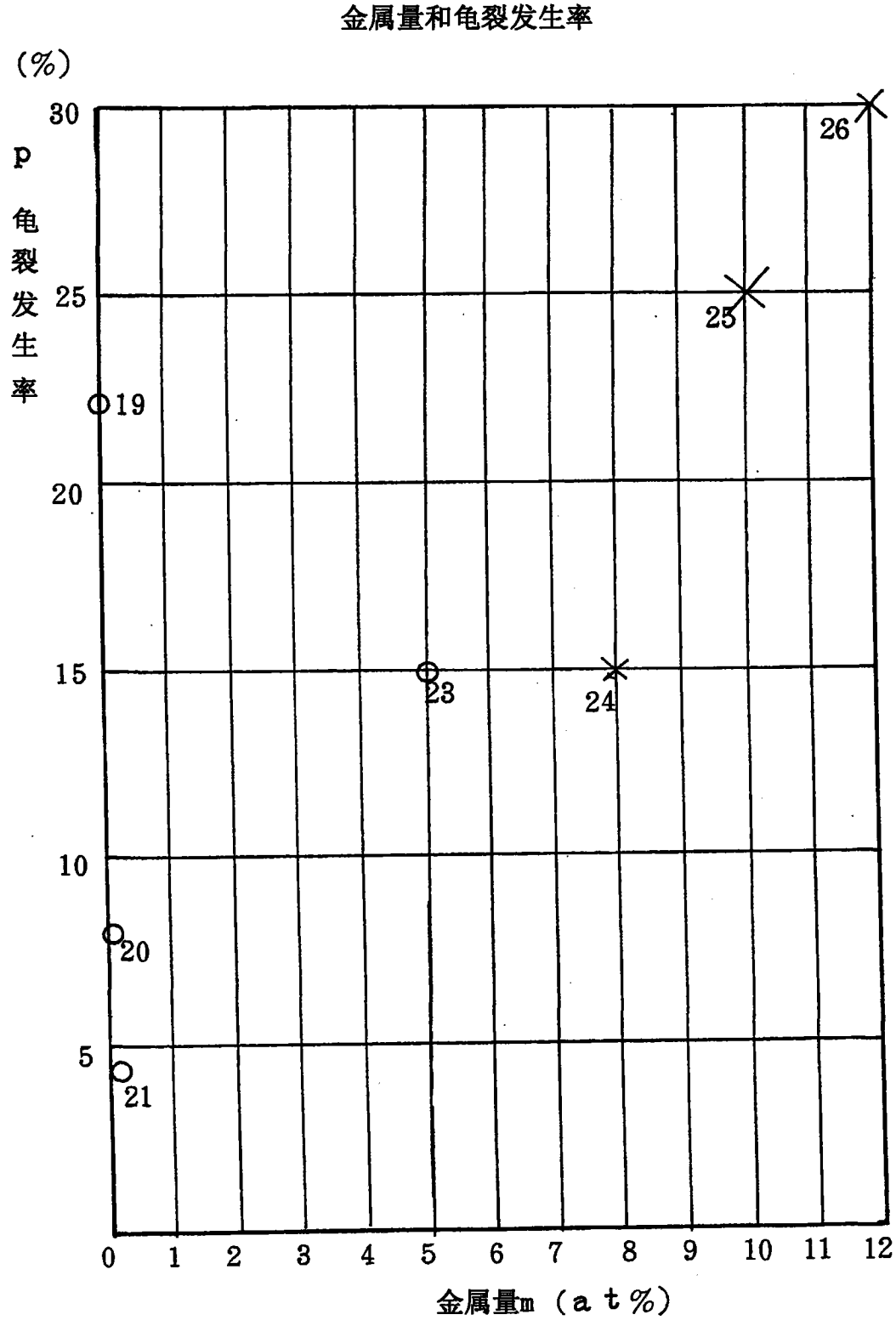

金属量和龟裂发生率
(%)
P
龟裂发生率
30
25
20
15
10
5
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
金属量m (at%)
19
20
21
23
24
25
26

图 30

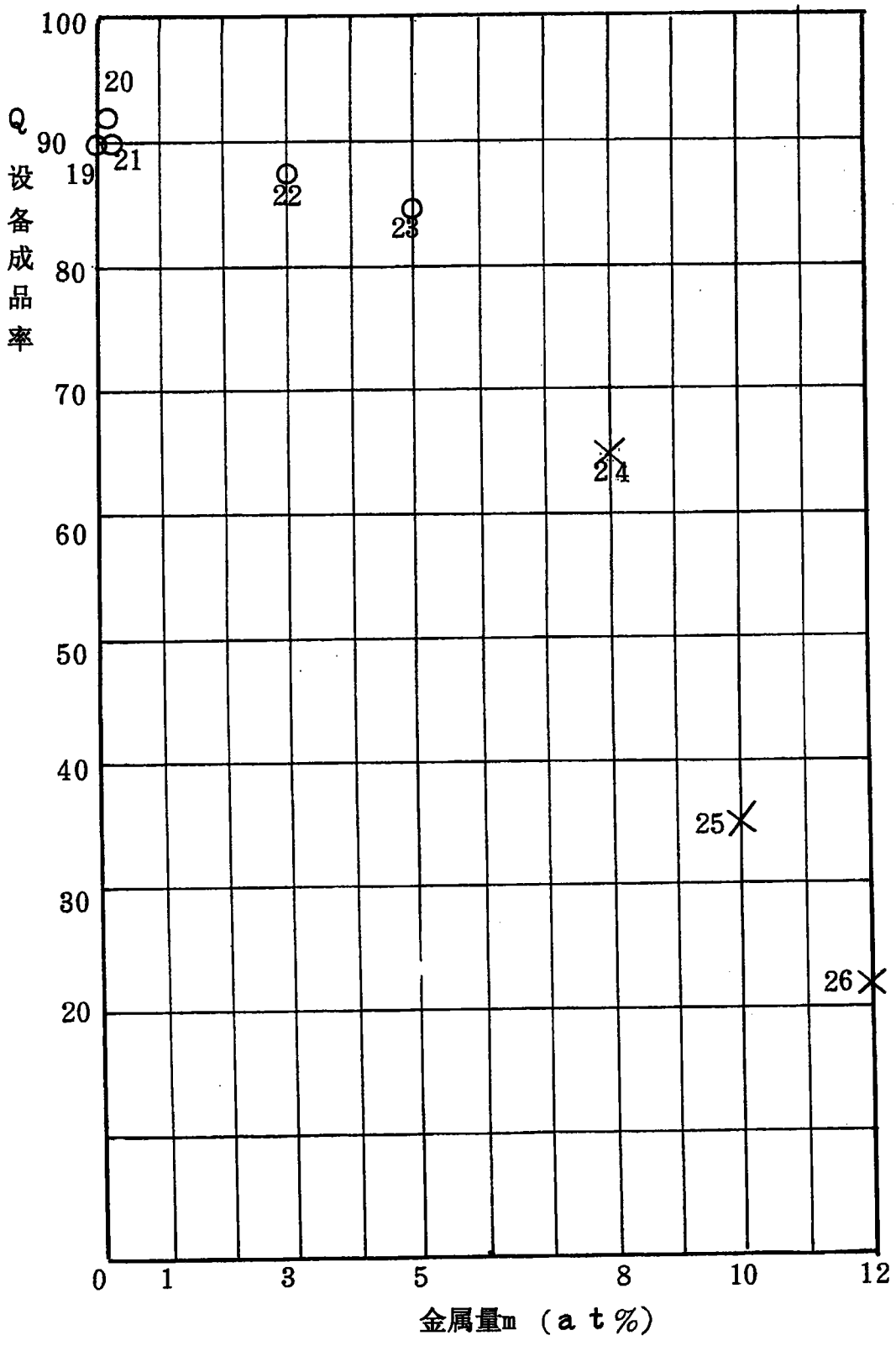

金属量和设备成品率
Q设备成品率
100
90
80
70
60
50
40
30
20
0
1
3
5
8
10
12
金属量m（at%）
20
21
19
22
23
24
25
26

图 31