



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03145867. X

[43] 公开日 2004 年 3 月 17 日

[11] 公开号 CN 1482690A

[22] 申请日 1994. 4. 28 [21] 申请号 03145867. X  
分案原申请号 98118311. 5

[30] 优先权

- [32] 1993. 4. 28 [33] JP [31] 124890/1993
- [32] 1993. 5. 31 [33] JP [31] 129313/1993
- [32] 1993. 7. 28 [33] JP [31] 207274/1993
- [32] 1993. 9. 21 [33] JP [31] 234684/1993
- [32] 1993. 9. 21 [33] JP [31] 234685/1993
- [32] 1993. 10. 8 [33] JP [31] 253171/1993
- [32] 1994. 1. 28 [33] JP [31] 008726/1994
- [32] 1994. 1. 28 [33] JP [31] 008727/1994

[71] 申请人 日亚化学工业株式会社

地址 日本德岛县

[72] 发明人 中村修二 山田孝夫 妹尾雅之  
山田元量 板东完治

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商  
标事务所

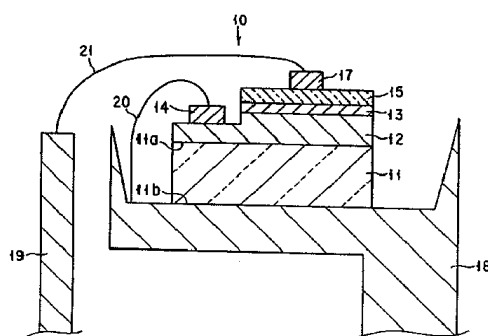
代理人 王以平

权利要求书 1 页 说明书 22 页 附图 10 页

[54] 发明名称 氮化镓系化合物半导体发光器件

[57] 摘要

一种氮化镓系化合物半导体发光器件，在绝缘衬底上至少依次层叠的 n 型氮化镓系化合物半导体层和 p 型氮化镓系化合物半导体层，所述 p 型氮化镓系化合物半导体层的侧面为发光观察面，其特征在于：在所述 p 型氮化镓系化合物半导体层的整个表面上形成有透光的第一电极，同时在所述第一电极上形成有贯通该第一电极的一部分的切口状窗口；在所述窗口上形成有与第一电极电连接的焊接用第二电极，以及所述第二电极与 p 型氮化镓系化合物半导体层粘结得比第一电极牢固。



1. 氮化镓系化合物半导体发光器件，在绝缘衬底上至少依次层叠的 n 型氮化镓系化合物半导体层和 p 型氮化镓系化合物半导体层，所述 p 型氮化镓系化合物半导体层的侧面为发光观察面，其特征在于：

在所述 p 型氮化镓系化合物半导体层的整个表面上形成有透光的第一电极，同时在所述第一电极上形成有贯通该第一电极的一部分的切口状窗口；在所述窗口上形成有与第一电极电连接的焊接用第二电极，以及

所述第二电极与 p 型氮化镓系化合物半导体层粘结得比第一电极牢固。

2. 如权利要求 1 所述的氮化镓系化合物半导体发光器件，其特征在于：所述第二电极用粘结性比所述第一电极好的 p 型氮化镓系化合物半导体层形成。

3. 如权利要求 2 所述的氮化镓系化合物半导体发光器件，其特征在于：所述第二电极由从 Cr、Al、Au 中选出的至少 2 种材料或由 Al 单独构成。

4. 如权利要求 1 所述的氮化镓系化合物半导体发光器件，其特征在于：所述第二电极的膜厚大于所述第一电极的膜厚。

5. 如权利要求 1 所述的氮化镓系化合物半导体发光器件，其特征在于：所述第一电极由 Ni 和 Au 构成。

## 氮化镓系化合物半导体发光器件

本申请是申请号为 98118311.5、发明名称为“氮化镓系 III-V 族化合物半导体器件及其制造方法”、申请日为 94 年 4 月 28 日的发明专利申请的分案申请。

### 技术领域

本发明涉及具有欧姆电极的氮化镓系化合物半导体发光器件。

### 背景技术

近年来，采用 GaN、GaAlN、InGaN、InAlGaN 等氮化镓系 III-V 族化合物半导体材料的发光器件备受关注。这类发光器件通常具有在衬底上将 n 型氮化镓系化合物半导体层与掺 p 型掺杂剂的氮化镓系化合物半导体层叠层的结构。

已往，掺 p 型掺杂剂的氮化镓 III-V 族化合物半导体层仍是高阻 i 型，因而，已有的器件就是所谓的 MIS 结构。最近，将高阻 i 型层转化为低阻 p 型层的技术，例如已被特开平 2-257676 号、特开平 3-218325 号以及特开平 5-183189 号所揭示，由此可以制造出 p-n 结型氮化镓系 III-V 族化合物半导体发光器件。

但是，为了实现此类 p-n 结型氮化镓化合物半导体器件，在 p 型层和/或 n 型层上形成与之接触的电极方面尚存在各种问题。

现在，因受制造方面的制约，在 p-n 结型氮化镓系 III-V 族化合物半导体发光器件化合物半导体层内的最上层具有 p 型化合物半导体层。另外，作为此类器件的衬底，一般使用透明的蓝宝石衬底。与其它半导体发光器件中使用的 GaAs、GaAlP 等半导体衬底不同，因蓝宝石是绝缘的，为给化合物半导体层施加预定的电流使器件执行其发光机能，不能把电极直接固定在衬底本身上。p 电极和 n 电极必须各自与 p 型化合物半导体层和 n 型化合物导体层形成直接接触。为保证向整个 p 型化合物半导体层施加均匀电流，以便得到来自器件

的均匀发光，须将 p 型层基本上全面覆盖地形成 p 电极。但是，因为已有 p 电极是不透光的，为避免所发的光被 p 型电极衰减，外部量子效率变坏，不能从与形成 p 型化合物半导体层和 n 型化合物半导体层的衬底相反的一侧观察已有发光器件的发光。

但是，对于此类已有化合物半导体发光器件固定在引线架上的情况，为使未形成化合物半导体层的衬底面朝上，必须将 p 电极和 n 电极朝下安装于 2 个引线架上。即，必须将一个半导体芯片横跨安装于 2 个引线架上。此时，为了避免 p 型化合物半导体层与 n 型化合物半导体层的电短路，必须确保 2 个引线架有一定间隔，自然而然地不得不把半导体的一个芯片尺寸加大到  $1\text{mm}^2$  以上。因而，以已有的器件结构而论，由一枚晶片所得到的芯片数目必然减少。另外，2 个引线架还需要非常精密的位置配合，并需要氮化镓系化合物半导体的精细的腐蚀技术。

其次，就 n 电极而论，如上所述，为实现 p-n 结型氮化镓系 III-V 族化合物半导体发光器件，是最近提出的课题。在已有的 MIS 型结构的发光器件中，因为关键是利用电极与高阻的 i 型层的肖特基势垒，几乎未对 n 电极给予关注。

作为已有 MIS 构造的氮化镓系 III-V 族化合物半导体发光器件的 n 电极材料，例如已被特开昭 55-9442 号披露的铝或铝合金。另外也往往使用铟。由此可见，不管用铝或铟均难以得到与 n 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体层十分满意的欧姆接触，还有，发觉由于退火使电极变质而容易失去导电性。

总而言之，已往尚没有达到与氮化镓系 III-V 族化合物半导体层十分满意的欧姆接触的电极材料。

#### 发明目的

因而，本发明之目的在于提供一种设有与氮化镓系化合物半导体层形成欧姆接触电极的氮化镓系化合物半导体发光器件。

本发明的氮化镓系化合物半导体发光器件在绝缘衬底上至少依次层叠的 n 型氮化镓系化合物半导体层和 p 型氮化镓系化合物半导

体层,所述 p 型氮化镓系化合物半导体层的侧面为发光观察面,其特征在于:在所述 p 型氮化镓系化合物半导体层的整个表面上形成有透光的第一电极,同时在所述第一电极上形成有贯通该第一电极的一部分的切口状窗口;在所述窗口上形成有与第一电极电连接的焊接用第二电极,以及所述第二电极与 p 型氮化镓系化合物半导体层粘结得比第一电极牢固。

#### 附图说明

图 1 是表示将本发明的第一实施方案的发光器件安装在引线架上的状态示意断面图;

图 2 是表示本发明的 p 电极的电流-电压特性曲线图(图中 X 轴的 1 刻度为 0.5V, Y 轴的 1 刻度为 0.2mA);

图 3 是本发明第 2 实施方案的发光器件的平面图;

图 4 是沿图 3 的 IV-IV 线的断面图;

图 5 是表示本发明的第 2 实施方案的一个变形例的斜视图;

图 6 是表示本发明第 3 实施方案的发光器件的断面图;

图 7 是表示本发明第 3 方案的第 1 变形例的断面图;

图 8 是表示本发明第 3 方案的第 2 变形例的断面图;

图 9 是表示本发明第 3 方案的第 3 变形例的平面图;

图 10 是表示本发明第 4 实施方案的半导体发光器件的断面图;

图 11A~图 11D 是与比较例一起表示本发明的各种不同的 n 电极的电流-电压特性曲线图(图中 X 轴 1 刻度为 0.5V、Y 轴 1 刻度为 50 $\mu$ A);

图 12A~图 12D 是表示本发明的另一些 n 电极与比较例相比的电流-电压特性曲线图(图中 X 轴 1 刻度为 0.5V、Y 轴 1 刻度为 50 $\mu$ A);

图 13A~图 13D 是与比较例一起表示本发明各种不同的 n 电极的电流-电压特性曲线图(图中 X 轴 1 刻度为 0.5V、Y 轴 1 刻度为 50 $\mu$ A);

图 14A~图 14D 是与比较例一起表示本发明的另一些不同的 n

电极的电流-电压特性曲线图(图中 X 轴 1 刻度为 0.5V、Y 轴 1 刻度为 50 $\mu$ A)；

图 15 是说明 n 电极粘结试验的图；

图 16 是表示本发明第 5 实施方案的半导体发光器件的一部分断面图；以及

图 17 是与比较例一起表示本发明第 5 实施方案的各种不同的 n 电极的电流-电压特性曲线图(图中 X 轴 1 刻度为 0.5V、Y 轴 1 刻度为 50 $\mu$ A)。

具体实施方式

关于本发明，氮化镓系 III-V 族化合物半导体是指诸如 GaN、GaAlN、InGaN、InAlGaN 之类的包括镓在内的周期表第 III 族元素的氮化物半导体。这些化合物半导体可用化学式



表示，其中  $0 \leq X \leq 1$ 、 $0 \leq Y \leq 1$   $X + Y \leq 1$ 。

另外，在本发明中，所谓欧姆接触采用的是半导体领域中通常的含意。

在本发明中，所谓电极的透光性是指从氮化镓系 III-V 族化合物半导体发光器件发出的光有 1% 以上透过电极，并非意味着电极必须是无色透明的。透光性电极通常要使从氮化镓系 III-V 族化合物半导体发光器件发出的光透过 20~40% 或更多。

还有，在本发明中，金属材料为含 2 种以上金属的情况，将 2 种以上的金属预先合金化也可以，将各金属层层叠起来也行。在金属材料为含 2 种以上的金属的情况下，对各种金属虽无特别的限制，最好所含的各种金属至少为 0.1 原子%。

以下，参照附图对本发明加以详细说明。在所有的图中，同一部位用同一标号表示。

图 1 示意地表示本发明第 1 实施方案的氮化镓系 III-V 族化合物半导体发光器件 10。

该发光器件(LED) 10 具有由蓝宝石等材料构成的透明绝缘性

的衬底 11。形成一层 n 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体层 12，例如  $0.5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$  厚，将整个衬底 11 的一主面 11a 覆盖住。在 n 型半导体层 12 中，虽然不掺入 n 型掺杂剂也可以，但最好掺入硅 (Si)、锗 (Ge)、硒 (Se)、硫 (S)、碲 (Te) 等 n 型掺杂剂。

在 n 型半导体层 12 的表面上，形成一层例如  $0.01\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$  厚的 p 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体层 13。在 p 型半导体层 13 中掺入锌 (Zn)、镁 (Mg)、铍 (Be)、锶 (Sr)、钡 (Ba) 等 p 型掺杂剂，再在  $400^\circ\text{C}$  以上的温度下退火（关于退火请参阅涉及本受让人的申请特开平 5-183189 号公报 [对应于转让给本受让人的 1992 年 1 月 2 日申请的美国专利申请系列号 No. 07/970, 145 (此内容作为本说明书的揭示内容而插入本说明书)]）。

将 p 型半导体层 13 与 n 型半导体层 12 的表面层腐蚀去掉一部分，露出部分 n 型半导体层 12 的表面。

在 n 型半导体层的露出面上，形成 n 电极 14。

几乎全面覆盖住 p 型半导体层，形成本发明的 p 电极 15。该 p 电极是由金属材料构成的透光性的欧姆电极。对形成 p 电极 15 的金属材料无特别限制。例如，p 电极材料可以含有从金、镍、铂、铝、锡、铟、铬、钛中选出的 1 种或 2 种以上的金属。能获得满意的欧姆接触的金属材料包含从铬、镍、金、钛及铂组成的组中选出的至少 2 种金属。最好的金属材料包含金及镍。对金及镍的形成来说，最好先将镍层直接与 p 型半导体层 13 接触，再在其上形成金层。

如上所述，对金属材料含 2 种以上金属的情况下，具有各种金属层的叠层结构也可，预先合金化也行。具有叠层结构的金属材料经后述的退火可形成合金。

对 p 电极 15，可在 p 型半导体层 13 上用例如蒸镀、溅射等通常的被覆技术形成金属材料层，再经退火进行调整。退火优选在  $400^\circ\text{C}$  以上的温度进行。在  $400^\circ\text{C}$  以下的温度下进行退火，显示出金属材料层与 p 型半导体层难以形成满意的欧姆接触的倾向。不用说，退火应在氮化镓系 III-V 族化合物半导体分解温度（约  $1200^\circ\text{C}$ ）以下的温

度进行。退火时间优选为 0.01 分 ~ 30 分。

本退火的效果与上述的 US - SN 07/970, 145 中记载的效果相同。即, 若将气相生长法生长的含 p 型掺杂剂的氮化镓系 III - V 族化合物半导体层在 400℃ 以上的温度退火后, 则其电阻率会急剧下降。经过退火, 因将与半导体结晶中的受主结合的氢原子赶出, 而使受主杂质激活。所以, 因将电极在 400℃ 以上的温度退火, 实际上增加了掺入 p 型杂质的氮化镓系 III - V 族化合物半导体载流子的浓度, 而易于得到欧姆接触。与 p 型半导体层 13 呈欧姆接触的优选材料, 不管有无透光性, 是含镍及金的金属材料。

用于 p 电极 15 的金属材料最好这样形成: 使退火后的厚度变成  $0.001\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$ 。由于退火, 在金属材料向 p 型半导体层 13 的内部扩散的同时, 还有一部分向外逸散, 因而使厚度变薄。在退火后通过将金属材料的最终厚度调节到  $0.001\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$  厚, 可以使 p 电极有理想的透光性。超过  $1\mu\text{m}$  的厚度, 虽无特别的障碍, 但这样一来, 电极有逐渐显现金属色泽的倾向, 使透光性下降。p 电极 15 的厚度若薄于上述范围, 从透光性之观点看是好的, 但厚度过薄会使电极 15 与 p 型半导体层 13 的接触电阻有增加的倾向。这样, p 电极的厚度就优选为  $0.005\mu\text{m} \sim 0.2\mu\text{m}$ , 最好为  $0.01\mu\text{m} \sim 0.2\mu\text{m}$ 。

本发明的 p 电极是透光的, 并与 p 型半导体层形成理想的欧姆接触, 而使发光器件的正向电压降低, 使器件的发光效率提高。

### 实验例 1

在掺锌的 p 型 GaN 层上, 依次蒸镀一层镍以及在其上的一层金, 厚度各为  $0.1\mu\text{m}$ , 在 600℃ 退火, 在将其合金化之同时, 得到变得透明的 p 电极。其厚度为  $0.03\mu\text{m}$ 。该 p 电极的电流电压特性由图 2 中的曲线 A 表示。由该图可知, 本 p 电极与 p 型氮化镓系 III - V 族化合物半导体形成了良好的欧姆接触。

那么, 对具备此种透光性的欧姆 p 电极 15 的本发明的发光器件 10, 可通过 p 电极 15 进行发光观察。从而, 如图 1 所示, 作为使用氮化镓系化合物半导体以外的半导体形成的发光器件的装置, 一般在



所用的杯状引线架 18 之上，将基片 11 未形成半导体层的底面，即与第 1 主面 11a 相对的第 2 主面 11b 朝向引线架安装。

p 电极 15 以在其一部分上所形成的焊盘 17 的部位与被连接在另一引线架（金属柱）19 上的金丝一类的焊丝 21 相连接。n 电极通过金丝一类的焊丝 20 与杯状引线架 18 相连接。

在本发明的优选实施方案中，焊盘 17 最好由单质金、或含金而不含铝或铬的 2 种以上的金属构成的金属材料形成。至于含金而不含铝或铬的金属材料可以列举出金，以及含金和钛、镍、钨和/或铂的材料。由此类金属材料构成的焊盘与 p 电极的粘结性是良好的，在与金丝的丝焊时，与由金丝形成的焊球的粘结性也是良好的。而且，这种金属材料在退火时，或在为发光而向器件通电的过程中，几乎不向 p 电极迁移不使 p 电极变质（透光性下降）。而含铝或铬的金属材料在通电中，在比较短的时间（例如 500 小时）就发生向 p 电极的迁移，使 p 电极变质。

### 实验例 2

在图 1 所示的具有作为基片 11 的蓝宝石基片、作为 n 型半导体层 12 的厚度为  $4\mu\text{m}$  的 n 型 GaN 层、作为 p 型半导体层 13 的厚度为  $1\mu\text{m}$  的掺镁的 p 型 GaN 层的器件的 p 电极 15 之上形成的由各种金属材料构成的焊盘。p 电极是经依次蒸镀厚度各为  $0.1\mu\text{m}$  的镍层和金层，在  $600^\circ\text{C}$  退火，使之合金化同时变得透明，得到厚度为  $0.05\mu\text{m}$  的电极。

更具体的说，用下列表 1 所示的焊盘材料在 p 电极上形成焊盘。即在 p 电极上直接形成表 1 的列中所示的金属层，再在其上蒸镀表 1 的行中所示的金属层，在 p 电极退火过程之同时进行退火形成焊盘。焊丝是金丝。

使如此得到的发光器件连续发光 500 小时，检验焊盘对 p 电极的影响。将结果一并记载于表 1 中。

表 1

	Au	Ni	Ti	In	Pt	Al	Cr
Au	VG	VG	G	G	G	B	B
Ni	VG	-	-	-	-	B	
Ti	G	-	-	-	-	B	-
In	G	-	-	-	-	B	
Pt	G	-	-	-	-	B	B
Al	B	B	B	B	B	B	B
Cr	B	-	-	-	-	B	-

在表 1 中，标记 VG 是“很好”之省略、表示器件在 500 小时发光后，焊盘完全不变色，仍保持初期的透光性，而且 p 电极与 p 型半导体的欧姆接触特性不变的情况，标记 G 是“好”之省略，表示在焊盘周围的电极部分虽稍稍变色，但发光未到明显减弱的程度，而且 p 电极与 p 型半导体层的欧姆接触没有变化的情况，标记 B 是“坏”之省略，表示 p 电极失掉了透光性，p 电极与 p 型半导体也失去欧姆接触特性的情况。但是，不管 p 电极是否变色，与金球的粘结性变坏，将难以进行丝焊的焊盘用符号“-”表示。

如表 1 所示，例如用 Ni-Au 形成 p 电极的情况，用与 p 电极材料相同的材料即 Ni-Au 形成焊盘时，p 电极一点也不变色而仍保持原有的透光性。另外，用单质金形成焊盘的情况也能得到相同的结果。可是 Cr 或 Al 都容易向 p 电极中迁移，即使 p 电极含金，p 电极的特性也会变坏。

### 实验例 3

除用 Au-Ti 形成 p 电极(这种 p 电极的欧姆特性稍稍劣于 Ni-Au 电极)以外，进行与实验例 2 相同的实验。其结果是对用单质金或用 Au-Ti 形成焊盘的情况，为 VG；对用金与除铝或铬以外的金属(即，镍、钛、钨、或铂)构成的金属材料形成的情况，结果为 G；对用金与铝或铬构成的金属材料形成的情况下，结果为 B。

### 实验例 4

除用 Au-Al 形成 p 电极（这种电极的欧姆特性稍稍劣于 Ni-Au）以外，进行与实验例 2 相同的实验。其结果是，对用单质金形成焊盘的情况，为 VG；对用金与除铝或铬以外的金属（即镍、钛、铟、或铂）构成的金属材料形成的情况下，结果为 G，但用金与铝构成的金属材料形成焊盘的情况，与 p 电极虽属同一材料，但结果仍为 B。还有，用金与铬构成的金属材料情况下，其结果也是 B。

图 3 是依本发明第 2 实施方案的半导体发光器件的平面图。图 4 是沿图 3 的 IV-IV 线的断面图。本实施方案特别涉及 p 电极用的焊盘之改进。如图所示，在半导体基片的方形的第 1 主面上形成有透光性 p 电极 15，其上设置切口 311，以露出 p 型半导体层 13 的一部分表面。焊盘 32 通过切口 311 与 p 型半导体层 13 牢固粘结，同时与 p 电极形成电连接。图示的实施方案，焊盘 32 不但填满了切口 311，而且还延伸到切口 311 周围的 p 电极的部分表面。切口部 311，因而焊盘 32 最好设在离设置在 n 型半导体层 12 上的 n 电极 14 最远的位置（这种情况，也适用于图 1 的器件）。因此，外加电流可以扩展到整个 p 型半导体层 13，使器件均匀发光。就图示例来说，在平面方形晶片的对角线上，切口部（窗）311 形成在透光性 p 型电极 15 的角部，而 n 电极 14 则形成在 n 型半导体层 12 上的角部。

对焊盘 32 来说，与 p 型半导体层 13 形成欧姆接触当然好，但因通过 p 电极 15 已达到与 p 型半导体层 13 的欧姆接触，如果与 p 电极 15 能实现电连接，不形成欧姆接触也行。但是，焊盘 32 是用与 p 型半导体层 13 粘接得比 p 电极 15 还牢固的导电性金属材料形成。由于焊盘 32 与 p 型半导体层 13 粘结得比 p 电极 15 还牢固，在引线丝焊接时，这样即使拉拽金丝等的焊丝，也能防止焊盘 32 和/或 p 电极 15 被剥离。作为这样的焊盘用的金属材料，可以举出是单纯铝、或含铬、铝和金之中至少二种金属的金属材料。形成焊盘 32 的金属材料含有两种以上金属的情况下，如上所述，可以预先使它们合金化。也可以例如依次层叠各金属层，在 p 电极退火时，同时合金化。这些金属材料，虽然不能与 p 型半导体层 13 形成良好的欧姆接触，但与

p 型半导体层 13 粘结牢固，丝焊时不会被剥离。因而，可使之薄膜化，薄至显示出有透光性。这样的薄膜焊盘，因能使器件所发出的光透过，就不会使器件的发光量有明显地下降。还有，将焊盘 32 做成多层结构，用比与 p 型半导体层 13 粘合得更牢固的材料，形成与 p 型电极 15 直接接触的层，而用与焊丝材料粘附性更优良的金属形成最上层。

### 实验例 5

在一层 p 型 GAN 层上，蒸镀层叠总厚度为  $0.01\mu\text{m}$  的 Ni-Au，形成 1000 个透光性焊盘。另一方面，分别蒸镀总厚为  $0.01\mu\text{m}$  的 Cr-Al、Al-Au、Cr-Au 或纯 Al，各形成 1000 个透光性的焊盘。在这些焊盘上用金丝进行丝焊之后，拿开该金丝，通过检测焊盘剥离的数目，来测定合格率。虽然由 Ni-Au 构成的焊盘的合格率约为 60%，但其它材料构成的焊盘的合格率都在 98% 以上。

还有，通过形成厚焊盘 32，由于其厚度较大，可使之提高与 p 型半导体层 13 的附着力。厚焊盘没有显示透光性，例如用与 p 电极相同的材料形成的话，但可实现欧姆接触。

图 5，除切除透光性 p 电极 15 之角部，形成切口部 312 以外，表明与图 4 器件是同样的器件。另外，在图 5 中，为了清楚地示出切口部 312，没有将焊盘表示出来。

图 6 除用绝缘透明保护膜（保护膜 411）覆盖薄透光性 p 电极 15 外，表明与图 1 所示发光器件相同。保护膜具有让 90% 以上的光透过的透明度。另外，保护膜由于是绝缘性的，丝焊时在 n 电极 14 上形成保留其上的金属球，即使与 p 电极相接触，也能防止两者电短路。还有，由于保护膜是透明的，能让器件发出的透过 p 电极的光透过，就不会降低器件的外部量子效率（光输出效率）。再有，与防止刺伤薄的 p 电极 15 的同时，保护膜还能防止丝焊时，因拉拽焊丝而使焊盘 17 和 p 电极被剥离。

形成保护膜的材料，只要透明绝缘，就没有特别限制，令人满意的是，包括氧化硅、氧化钛、氧化铝和氮化硅。这些材料不论膜厚

如何都无色透明，又是绝缘的。所以，用这些材料形成的保护膜，透过 p 电极的光几乎不会被衰减。保护膜可采用常规的蒸镀或溅射技术形成。对保护膜的厚度虽然不作特别限制，但一般为  $0.001\mu\text{m}$  至  $10\mu\text{m}$ 。

还有，在 n 电极 14 与焊盘 17 之间的区域，丝焊时，由焊丝形成的金属球也容易使 n 电极 14 与 p 电极 15 桥接。所以，在图 6 中，保护膜要全面地覆盖该区域。

图 7，保护膜（保护膜 412）除覆盖 p 电极 15 的整个露出面，p 型半导体层 13 的露出端面以及 n 型半导体层的露出端面外，都和图 6 所示结构同样。因此，图 7 发光器件的可靠性也比图 6 器件的可靠性又提高了。

图 8，除 n 电极 14 与焊丝的焊接部和焊盘 17 的焊接部外，连续的保护膜（保护膜 413）大致上覆盖全晶片以外，表明与图 6 结构都相同。这样一来，通过在焊盘 17 的表面上也形成了保护膜，焊盘 17 成了被保护膜压着的状态，因而防止了焊盘 17 从 p 电极 15 上剥离。此外，因保护膜也形成在 n 电极 14 上，所以，也防止了 n 电极 14 从 n 型半导体层 12 上被剥离。这样，就提供了可靠性特别优良的器件。

图 9，除 n 电极 14 和焊盘 17 形成在平面矩形晶片对角线上的对角部之外，都与图 8 所示结构相同。采用这种电极配置，可以取得与图 3 所说明的优点相同的优点。

下面，说明有关本发明的 n 电极。

本发明的 n 电极用包含钛和铝与/或金的金属材料，例如，包含钛和铝的材料、包含钛和金的材料、或者包含钛、金与铝的材料形成。这些金属，可以预先合金化，也可以是由各金属层层叠的结构。用这些金属材料形成的电极，退火后，实现了与 n 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体层的优良欧姆接触。

在上述退火温度，最好在  $400^{\circ}\text{C}$  以上，退火可以进行 0.01 分钟到 30 分钟。

一般，氮化镓系 III-V 族化合物半导体即使没有掺杂剂掺入，由于在结晶中形成氮晶格空位，还是具有成为 n 型的性质。在化合物半导体的生长过程中，由于掺入硅、锗、硒、硫等的 n 型掺杂剂，表现出最好的 n 导电型。而且，氮化镓系 III-V 族化合物半导体，通常采用有机金属气相生长法（MOCVD，或 MOVPE）、氢化物气相生长法（HDCVD）、分子束外延（MBE）这样的气相生长法生长。就这些气相生长法来说，采用例如，用作镓源的三甲基镓、用作氮源的氨或联氨等含氮原子化合物，还用氢气等气体用作携带气体。含氮原子的这些气体，在氮化镓系 III-V 族化合物半导体生长中被热分解放出氢，氢被吸收到生长的半导体中，与氮晶格空位或 n 型掺杂剂结合，阻碍了它们作为施主的作用。如果在 400℃ 以上的温度使 n 电极材料或 p 电极材料退火，半导体结晶中捕集的氮元素会被赶出，于是，结晶中的 n 型掺杂剂或者 p 型掺杂剂被激活，有效地增加了结晶中电子载流子浓度或空穴载流子浓度，可以认为实现了与电极的欧姆接触。这样退火的效果和上述特开平 5-183189 号公告或 US SN07/970145 所记载的将 p 型掺杂剂掺入氮化镓系 III-V 族化合物半导体的效果是一样的。在该公告中，记载表明，掺入了 p 型掺杂剂的氮化镓系 III-V 族化合物半导体，从 400℃ 的退火温度开始，电阻率慢慢降低，在 700℃ 以上的退火温度则电阻率不变。然而本发明的 n 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体，在 400℃ 退火开始，虽然慢慢降低电阻率，但没有发现急烈的电阻率下降，在 600℃ 下退火，电阻率约变为初始电阻率的 1/2，即使在该温度以上进行退火，电阻率也不再降低。

对 n 电极的退火温度，以 500℃ 以上为好，600℃ 以上为更好。n 电极材料含铝时，退火温度用较低的温度就足够了，优选在 450℃ 以上，最好在 500℃ 以上。退火温度的上限，与 p 电极退火的上限温度一样，是不到氮化镓系 III-V 族化合物半导体分解的温度。对 n 电极的总厚度虽然没有特别限制，但通常为 50 埃以上，优选为 0.01μm 到 5μm 之间。

包含钛和铝与/或金的本发明 n 电极材料以各金属层的叠层结构为好。这时，可以让钛层在 n 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体层上直接接触。这是由于，钛与 n 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体能形成极优良的欧姆接触之故。这种情况下，钛层可以形成厚度为 20Å 到 0.3μm 范围。另外，铝或金层的总厚度以比钛层厚为好。因此，退火时钛表面迁移之后，在进行丝焊时就能防止与 n 电极焊丝或焊球的附着强度的降低。

包含钛与金、或者钛与金和铝的本发明的 n 型电极材料还比由钛与铝组成的 n 电极材料的抗氧化性能好，与丝焊时形成的金球附着更牢固。还有，含金的本发明的 n 电极材料，可以把最上层做成金层的叠层结构。当然，这是因为金层和金球粘结得非常坚固。

图 10 表示设有本发明 n 电极的双异质结构的发光器件。该器件，例如在由蓝宝石构成的基片 11 上，使例如由非掺杂的 GaN 构成的厚度为 0.02 至 0.5μm 的缓冲层介于其间（未图示），形成例如厚度为 1μm 至 10μm 的 n 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体层 51。

在 n 型半导体层 51 上，形成由 n 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体，例如掺入硅等的 n 型掺杂剂的 n 型 GaAlN 构成的第 1 盖层 52。该盖层 52，通常厚度为 0.01 至 5μm，较好为 0.1 至 4μm。

第 1 盖层 52 之上又形成与盖层 52 半导体组分不同的氮化镓系 III-V 族化合物半导体构成的有源层（发光层）53。该有源层 53 可以用掺入 n 型或者 p 型掺杂剂，优选为掺硅等 n 型掺杂剂的低电阻率  $\text{In}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$  ( $0 < a < 1$ ) 来形成。有源层 53 厚度在 10Å 至 1.5μm 间，较好为 0.01 至 0.2μm 间。

有源层 53 上再形成与有源层 53 有不同半导体组分的 p 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体，例如掺镁等的 p 型掺杂剂的 GaAlN 构成的第 2 盖层 54。第 2 盖层 54 通常厚度在 0.01μm 以上，较好为 0.1 至 1μm。

第 2 盖层 54 之上，形成由 p 型氮化镓系 III-V 族化合物半导体，例如 p 型 GaN 构成的接触层 55，其上还形成 p 电极 56。p 电极 56

用任何导电性合适的金属材料形成均可。显示良好欧姆特性而用作电极材料，可以举出的是含镍和金的金属材料。可以将镍和金预先做成合金，但是将各金属层层叠的结构(这时可使镍层与接触层直接接触)则更好。不言而喻，有关上述各实施方案的本发明透光性欧姆 p 电极 15 特别是焊盘 32 也都能用于图 10 的器件上。p 电极 56 经过金属球 59 与焊丝 60 连接。

晶片从接触层 55，沿其深度方向，到 n 型半导体层 51 的表面部位为止的部分由腐蚀除去，使 n 型半导体层 51 部分露出。再在该 n 型半导体层 51 的露出表面上，形成了本发明的 n 电极 57。n 电极 57 通过金属球 58 与焊丝 61 相连接。

#### 实验例 6

在直径 2 英寸的蓝宝石基片上，形成厚度  $4\mu\text{m}$  掺硅的 n 型 GaN 层，其表面上，蒸镀大小  $10\mu\text{m}$  的各种 n 电极材料每种各 1000 个，在  $450^\circ\text{C}$  下做退火。全部测定由同一材料构成的电极之间的电流 - 电压特性。结果表示于图 11A ~ 11D 的线 A ~ D。图 11A 对应于按 0.01:1 的厚度比依次层叠钛与铝所得的电极，图 11B 是用含有 1 重量% 钛的 Al-Ti 合金形成的电极，图 11C 是由钛单独构成的电极，图 11D 是由铝单独构成的电极。这些图是表示各自代表的电流 - 电压特性曲线图，而由铝和钛构成的电极，如图 11A、图 11B 所示那样，与 n 型 GaN 层形成良好的欧姆接触。还有，那些各 1000 个的电极全部表示出了如图 11A、图 11B 所示的欧姆特性。另一方面，单独钛或单独铝构成的电极，分别如图 11C、图 11D 所示的那样，哪个也没有表示出良好的欧姆特性，各 1000 个电极之中，能呈现如图 11A 或 11B 所示的那种欧姆特性的电极只不过几个。

而且，用显微镜观察了退火后的电极表面，由单独钛或单独铝构成的电极，其表面积 90% 以上都变质发黑了。

#### 实验例 7

在直径 2 英寸的蓝宝石基片上，形成厚度为  $0.2\mu\text{m}$  掺硅的 n 型  $\text{Ga}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{N}$  层。在该表面上，按  $100\mu\text{m}$  大小，改变钛与铝的叠层结



构 n 电极材料的钛层与铝层厚度之比，每种蒸发各自 1000 个，并在 450℃ 下退火。测定由同一材料构成电极的电流 ~ 电压特性。结果如图 12A ~ 12D 的线 A ~ D 所示。图 12A ~ 图 12D 分别对应于钛与铝按 0.001:1 的厚度比，铝与钛按 0.001:1 的厚度比，钛与铝按 1:0.001 的厚度比，以及铝与钛按 1:0.001 的厚度比，各自依次层叠所得的电极。这些图清楚表明不管钛与铝的含有比率如何，全都有良好的欧姆特性。还有，使钛层直接接触 n 型半导体层的 Ti-Al 电极全部呈现表示于图 12A 和 12C 的良好欧姆特性，但使铝层直接与 n 型半导体层接触的 Al-Ti 电极，没有呈现满意欧姆特性的各有几个。还有，无论哪一个电极也都未变质。

#### 实验例 8

在掺硅的 n 型 GaAlN 层上，首先蒸镀厚为 0.03 $\mu\text{m}$  的钛，其上蒸镀厚为 0.5 $\mu\text{m}$  的铝，再在其上蒸镀厚为 0.5 $\mu\text{m}$  的金之后，将这个叠层结构以各种温度退火 5 分钟。在图 13A ~ 13D 中用线 A ~ D 表示结果。图 13A 对应于退火温度 300℃ 的情况，图 13B 是退火温度为 400℃ 的情况，图 13C 是退火温度为 500℃ 的情况，而图 13D 则对应于退火温度为 600℃ 的情况。从这些图知道，退火温度为 300℃ 的情况下，电极与 n 型半导体层之间没有表现出良好的欧姆特性（图 13A）；退火温度为 400℃ 以上的情况下，表现出满意的欧姆特性（图 13B ~ 13D）。还有，用钛、铝和金的合金形成 n 电极，也得到同样的结果。

#### 实验例 9

在掺硅的 n 型 GaN 层上除蒸镀厚度为 0.03 $\mu\text{m}$  的钛，其上再蒸镀厚度为 0.5 $\mu\text{m}$  的金以外，进行与实验例 8 同样的实验。在图 14A ~ 14D 用线 A ~ D 表示结果，图 14A 是对应于退火温度为 300℃ 时情况，图 14B 是退火温度为 400℃ 的情况，图 14C 是退火温度为 500℃ 的情况，而图 14D 则对应于退火温度为 600℃ 的情况。从各个图知道，退火温度在 300℃ 的情况下，电极与 n 型半导体层之间没有表现出良好的欧姆特性（图 14A）；退火温度在 400℃ 以上的情况下，表现出满

意的欧姆特性（图 14B ~ 14D）。还有，用钛与金的合金形成电极也得到了同样的结果。

若将图 14A ~ 14D 和图 13A ~ 13D 作比较，对含钛与金的电极材料再外加铝，即使用较低的退火温度也可知能获得显示满意欧姆特性的 n 电极。所谓用较低温度获得满意的欧姆特性，这就是能抑制氮化镓系 III-V 族化合物半导体的热分解，对保持其结晶性这点上特别有利。

### 实验例 10

为了研究 n 电极和金球的粘结强度，进行了以下实验。

通过参照图 15，在掺硅的 n 型 GaN 层 71 上，形成由 Al 构成的薄膜、或由 Ti-Al、Ti-Au、Ti-Au-Al 或者 Ti-Al-Au 构成的多层膜（各多层膜从左起依次层叠），做成各自直径 120 $\mu$ m 大小每种 100 个，在 500 $^{\circ}$ C 下退火，形成 n 电极 72。接着，将各 n 电极放置在空气中一天提供表面氧化。然后，各 n 电极上球焊金丝 74。形成了直径 100 $\mu$ m 的金球 73。此后，从金球的正侧面放一把刀具 75，在刀具 75 加负荷，水平地拉刮球 73，使球 73 剥落，或者未被剥落而毁坏为止。结果表示在表 2 中。表 2 中，各种负荷下的数值，表示从电极上剥落球的个数，而球不被剥落而毁坏，记作“毁坏”。

表 2

材料 \ 负荷	20 克	30 克	40 克	50 克	60 克	70 克
Al	95	5				
Ti-Al	93	7	-	-	-	-
Ti-Au-Al	0	0	6	25	69	
Ti-Al-Au	0	0	0	1	5	毁坏
Ti-Au	0	0	0	0	1	毁坏

如表 2 所示，由钛和金或钛和铝及金构成的 n 电极，比由钛和铝构成的 n 电极，耐氧化性能更优越，因而，也就表现出与金球有更强的粘结力。并且，由钛和铝及金构成 n 电极的场合，金作为最上层

比铝作为最上层的情况，也清楚表现出更强的粘接力。

由钛和铝构成的 n 电极材料有良好欧姆特性，是由于防止了因氧化而降低金属球与 n 电极材料层的粘接力，其表面上最好层叠比铝有高熔点的高熔点金属材料层。这样的高熔点金属材料包括金、钛、镍、铂、钨、钼、铬和/或铜。最好是金、钛、和/或镍。这些材料和由钛与铝构成的第 1 金属材料层的粘合性非常好，不会与第 1 材料层剥离，而且，与丝焊时形成金属球的粘接力也良好。特别是，第 2 高熔点金属材料以包含金为好。最好是包含金和金以外的高熔点金属（优选为钛和/或镍）材料。这些高熔点金属材料，既可预先合金化，也可以是各金属层层叠的结构。这时，以金做最上层为好，这是已经说过的。形成这样的叠层膜之后，按上述条件进行退火，就得到 n 电极。第 2 高熔点金属材料能防止包含在下层金属材料中的铝向 n 电极表面迁移，从而能防止铝氧化。

图 16 表示这种叠层结构的 n 电极 57。图 16 中，n 电极 57 是由钛和铝叠层结构组成的第 1 薄膜 57a，以及在其上形成的例如叠层结构的高熔点金属材料组成的第 2 薄膜 57b 所构成。

### 实验例 11

掺硅的 n 型 GaN 层上，蒸镀厚度为  $0.03\mu\text{m}$  钛，其上再蒸镀厚度  $0.1\mu\text{m}$  铝，形成第 1 薄膜后，在铝层上除依次蒸镀厚度  $0.03\mu\text{m}$  的钛、 $0.03\mu\text{m}$  的镍、以及  $0.5\mu\text{m}$  的金外，进行与实验例 8 同样的实验。结果表示为图 17A~17D 中的线 A~D。图 17A 对应于退火温度为  $300^\circ\text{C}$  的情况、图 17B 是退火温度为  $400^\circ\text{C}$  的情况、图 17C 是退火温度为  $500^\circ\text{C}$  的情况，而图 17D 是退火温度为  $600^\circ\text{C}$  的情况。由各图可知，退火温度为  $300^\circ\text{C}$  的情况下，电极与 n 型半导体层之间没有表现出良好的欧姆特性（图 17A），退火温度在  $400^\circ\text{C}$  以上的情况下，则表现出满意的欧姆特性（图 17B~17D）。还有，采用  $600^\circ\text{C}$  退火温度也知道不会使欧姆特性劣化。

### 实验例 12

为了研究 n 电极和金球的粘接力强度，使用下面表 3 所示的电极

材料，进行与实验例 10 同样的实验，将结果合并记在表 3 内。

表 3

材料 \ 负荷	20 克	30 克	40 克	50 克	60 克	70 克
Ti-Al	93	7				
Ti-Al-Au	0	0	0	1	5	毁坏
Ti-Al-Ti-Au	0	0	0	0	0	毁坏
Ti-Al-Ni-Au	0	0	0	0	0	毁坏
Ti-Al-Ti-Ni-Au	0	0	0	0	0	毁坏

从表 3 可知，高熔点金属材料使钛和铝构成的金属材料的耐氧化性提高了，也使其与金球的粘结性提高了。

还有，上述的本发明的 n 电极，不言而喻，适用于图 1 以及图 3 到图 9 各器件的 n 电极 14，能提高这些器件的特性。

以下记载本发明的实施例

#### 实施例 1

在蓝宝石基片上，依次层叠由非掺杂 GaN 构成的缓冲层（厚度  $0.02\mu\text{m}$ ）、掺硅 n 型 GaN 层（厚  $4\mu\text{m}$ ）、以及掺镁的 p 型 GaN 层（厚  $1\mu\text{m}$ ）制备成 2 英寸直径的晶片。接着，为露出 n 型 GaN 层的 n 电极形成部，而腐蚀除去 p 型 GaN 层。

接着，掩蔽露出的 n 型 GaN 层部分之后，在整个 p 型 GaN 层上，蒸镀厚度为  $0.03\mu\text{m}$  镍，接着其上蒸镀厚度为  $0.07\mu\text{m}$  的金。接着，掩蔽该蒸镀膜，在露出的 n 型 GaN 层表面部分蒸镀铝。

然后，将所得的晶片在  $500^\circ\text{C}$  下进行 10 分钟退火处理，随着镍和金合金化，变为透光性。退火后的 p 电极厚度为  $0.07\mu\text{m}$ ，呈现透光性。

将该晶片切成  $350\mu\text{m}$  方形芯片，把一个芯片安装在图 1 所示杯形的引线架上，进行预定的丝焊，就制成了发光二极管。该二极管的发光输出， $20\text{mA}$  下为  $80\mu\text{w}$ ，正向电压为  $4\text{V}$ 。

还有，由 2 英寸晶片切开的芯片个数，约为 16000 个，从这些

芯片得到的发光二极管除去接触不好的产品之后的合格率在 95%以上。

附带说，用实施例 1 获得的晶片，与已有技术同样地把 p 电极和 n 电极分别与引线架直接接触配置(制作在蓝宝石基片上)芯片时，芯片尺寸最小也要有 1mm 见方。跨在 2 条引线架上安装该 1mm 见方的芯片，进行所需的电极连接，而制成发光二极管。该发光二极管，用 20mA 电流，发光输出为 40 $\mu$ w，而大家都知道横向发光不输出。而且，2 英寸晶片切成的芯片个数不超过 2000 个，由这些芯片得到的发光二极管，除去接触不好的产品之后的合格率仅为 60%。

因此，根据本发明，由于 p 型半导体层的电极是由实现欧姆接触金属构成的，而且是透光性的，所以能提供一种容许从氮化镓系化合物半导体层一侧观察发光的发光器件。还可以证实，由于不会降低发光器件的外部量子效率(光取出效率)，就是能有效地取出发射的光。并且，根据本发明，还可确认：能缩小 1 个芯片的尺寸、特别提高生产性，有增加合格率以及降低生产成本的效果。

#### 实施例 2

除用 600 $^{\circ}$ C 进行退火外，都进行实施例 1 的工艺过程。所得到的 p 型电极大致上和实施例 1 电极有同样的厚度，并表现出同样的透光性。而且，制成的发光二极管呈现与实施例 1 二极管大致相同的发光输出、正向电压，另外合格率也是大体一样。

#### 实施例 3

p 型 GaN 层上，除依次蒸镀厚度 0.5 $\mu$ m 的铬、厚度为 0.5 $\mu$ m 的镍以外，进行实施例 1 的工艺过程。所得到的 p 型电极的厚度为 0.7 $\mu$ m，并呈现同样的透光性。并且，制成的发光二极管表现出与实施例 1 发光二极管大致相同的发光输出和正向电压，且合格率也大致相同。

#### 实施例 4

p 型 GaN 层上，除依次蒸镀厚度为 0.01 $\mu$ m 的铂、厚度为 0.1 $\mu$ m 的钛以外，进行实施例 1 的工艺过程。所得到的 p 型电极具有 0.07 $\mu$ m

的厚度，并呈现同样的透光性。并且，制成的发光二极管表现出与实施例 1 的发光二极管大致相同的发光输出和正向电压，且合格率也大致一样。

#### 实施例 5

在直径 2 英寸的蓝宝石基片上，依次层叠 GaN 缓冲层、掺硅 n 型 GaN 层、掺硅 GaAlN 盖层、掺锌和硅的 InGaN 有源层、掺镁 GaAlN 盖层，以及掺镁 p 型 GaN 接触层，而形成双异质结构的晶片。

接着，对具有图 10 示出结构的 1 芯片施行腐蚀，露出部分的 n 型 GaN 层。用预定的掩模，在各个露出的 n 型 GaN 层上蒸镀 100 埃的钛，其上再蒸镀厚度  $0.5\mu\text{m}$  的金，形成直径  $100\mu\text{m}$  的多层膜。

将所得的晶片，在氮气氛中， $600^\circ\text{C}$  下，退火 5 分钟，使多层膜转化成 n 电极。用晶片探针测定 n 电极间的电流 ~ 电压特性，显示了图 12D 示出的欧姆特性。

接着，在 p 型接触层上，用常规方法形成 p 电极之后，把晶片切成芯片。于是，由 2 英寸晶片得到 15000 个芯片。

采用管芯焊接法，把各芯片安置在引线架上，再用球焊机在 p 和 n 电极上连接金丝。在 15000 个芯片之中，在球焊中球和 n 电极都没有剥离。并且，焊接后，任意抽出 20 个芯片，由于拉拽各条金丝时，在整个金球从 n 电极剥落前，金丝就断了。

#### 实施例 6

作为 n 电极材料，除蒸度  $100\text{\AA}$  的钛，其上再蒸底厚度的  $0.4\mu\text{m}$  的铝以外，与实施例 5 同样制做，得到 15000 个发光芯片。用晶片探针测定所有 n 电极的电流 ~ 电压特性，给出了图 11A 示出的特性。并且，在 15000 个芯片之内，在球焊的过程中，金球和 n 电极没有剥离。而且，在焊接后，任意抽出 20 个芯片，拉拽各条金丝时，所有金球都在从 n 电极剥落之前金丝就断了。

#### 实施例 7

作为 n 电极，除蒸镀厚度为  $0.5\mu\text{m}$  的含 1% 钛的 Ti-Al 合金以外；作法与实施例 5 相同，从而得到 15000 个发光芯片。用晶体探针测定

全部 n 电极的电流 ~ 电压特性，给出了图 11B 示出的特性。而且，15000 个芯片之内，在球焊中，金球与 n 电极没有剥离。并且，在焊接后，任意抽出 20 个芯片，拉拽各条金丝时，所有金球都在从 n 电极上剥落之前金丝就断了。

#### 实施例 8

将实施例 5 的发光芯片，在 p 电极和 n 电极处与有 2 条引线的架粘结。这种情况下，p 电极和 n 电极通过各自的钎粘结剂粘结。粘结后，拉拽 n 电极和连接的引线架时，在钎与引线架的界面发生了剥离。

本实施例表示了本发明的 n 电极用焊锡、钎、金合金等常用的粘结剂与引线架直接牢固粘合。

#### 实施例 9

在该实施例中，除了蒸镀  $100\text{\AA}$  的钛、在其上蒸镀厚度为  $0.1\mu\text{m}$  的铝以形成第 1 薄膜，再在其上形成厚度为  $0.1\mu\text{m}$  的钛和  $0.1\mu\text{m}$  的镍作为第 2 薄膜以外，n 型电极材料的其它制作方法都与实施例 5 相同。由此得到 15000 个发光芯片。用晶片探针测定全部 n 型电极的电流 ~ 电压特性，给出了图 13D 示出的特性。并且，15000 个芯片之内，在球焊中，金球和 n 电极都滑有剥离。而且，焊接后，随机抽出 20 个芯片，拉拽各个金丝时，所有金球都在从 n 电极剥落之前金丝就断了。

#### 实施例 10

作为 n 电极材料的第 2 薄膜，除蒸镀厚度为  $0.1\mu\text{m}$  的钛以及厚度为  $0.4\mu\text{m}$  的金以外，都与实施例 9 同样制作，得到 15000 个发光芯片。根据晶片探针测定全部 n 电极的电流 ~ 电压特性，给出图 14D 示出的特性。并且，15000 个芯片之中，在球焊中，金球和 n 电极没有剥离。而且，焊接后，随机抽出 20 个芯片，拉拽各金丝时，所有金球都在从 n 电极剥落之前金丝就已断了。

#### 实施例 11

作为 n 电极的第 2 薄膜，除蒸镀厚度为  $0.1\mu\text{m}$  的钛、厚度为  $0.1\mu\text{m}$

的铬，以及厚度为  $0.4\mu\text{m}$  的金以外，都与实施例 9 同样制作，得到 15000 个发光芯片。根据晶片探针测定的全部 n 电极的电流 ~ 电压特性，给出图 13C 或 13D 示出的特性。并且，15000 个芯片中，在球焊中，金球和 n 电极都不会剥离。而且，焊接后，随机抽出 20 个芯片，拉拽各金丝时，在整个金球从 n 电极剥落前，金丝就已断了。

#### 实施例 12

将实施例 9 的发光芯片，在 p 电极和 n 电极处与 2 引线架粘结。这种情况下，p 电极和 n 电极通过各自钎粘结剂粘结。粘结之后，拉拽与 n 电极连接的引线架时，钎和引线架的界面发生剥离。

以上虽然参照本发明的具体实施方案作出说明，但本发明不应仅限于此。各个实施方案，就其适用的范围来说，也能适用于其他实施方案。而且，例如，把本发明可加到 p-n 同质结或 p-n 双异质结的氮化镓系 III-V 族化合物发光器件上，也适用于 p-n 单异质结的氮化镓系 III-V 族化合物半导体发光器件。此外，本发明不但适用于发光二极管，而且也适用于激光二极管等其他发光器件、还有太阳能电池、光电二极管等对 600nm 以下波长敏感的光敏器件。本发明主要是提供与氮化镓系化合物半导体为欧姆接触的电极材料。因而，本发明能够适用于基片上具有 p 型氮化镓系化合物半导体层和/或 n 型氮化镓系化合物半导体层的任何半导体发光器件。该基片不限于蓝宝石等绝缘性基片，也可用碳化硅 (SiC)、硅 (Si)、氧化锌 (ZnO)、砷化镓 (GaAs)、磷化镓 (GaP) 等半导体基片。



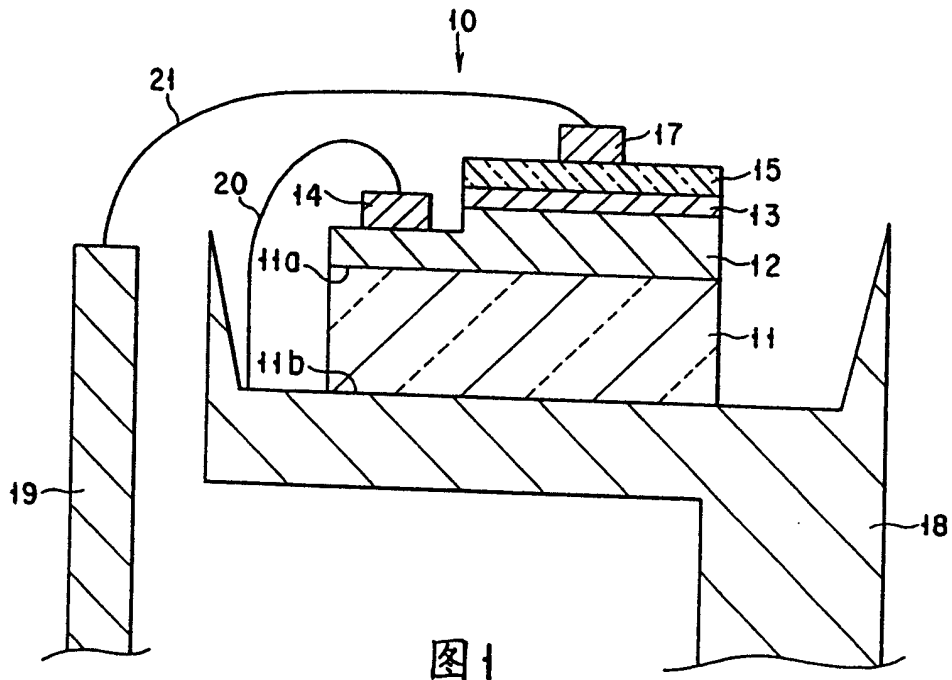


图1

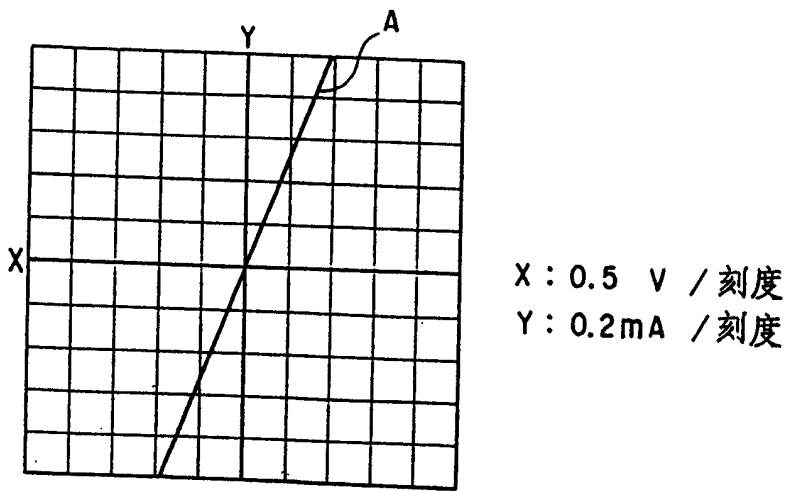


图2

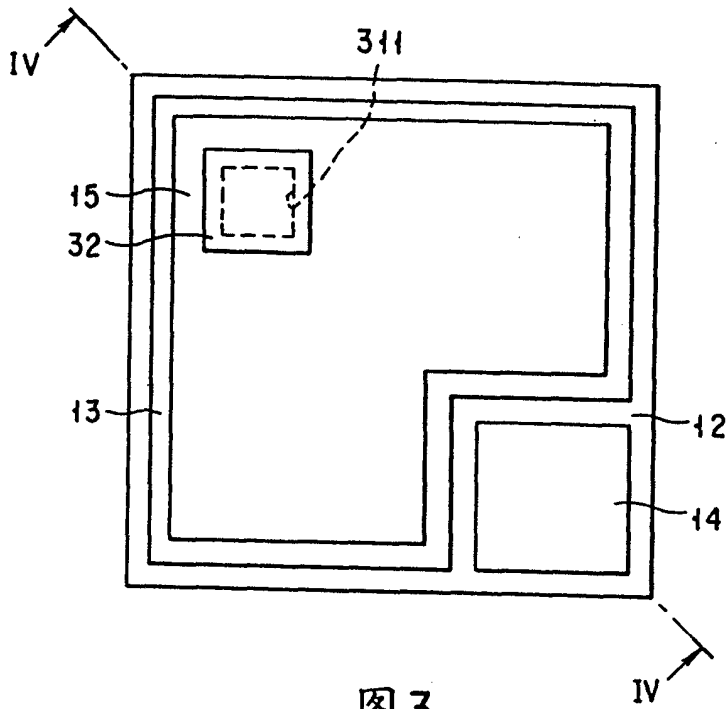


图3

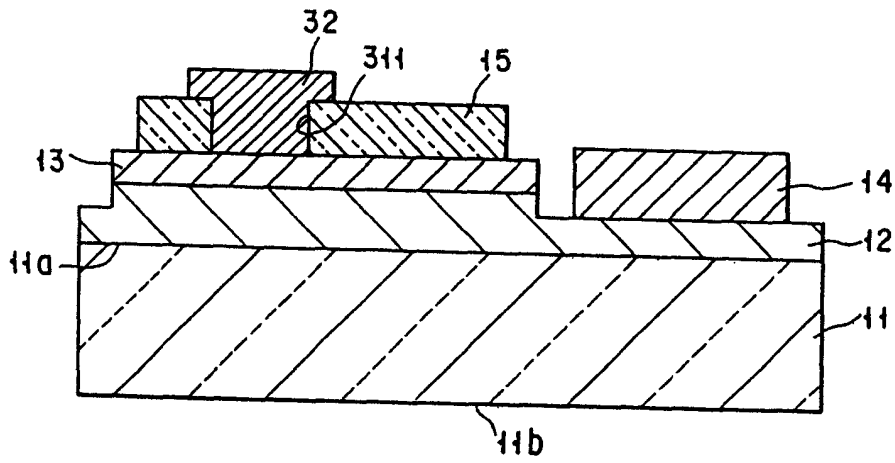


图4

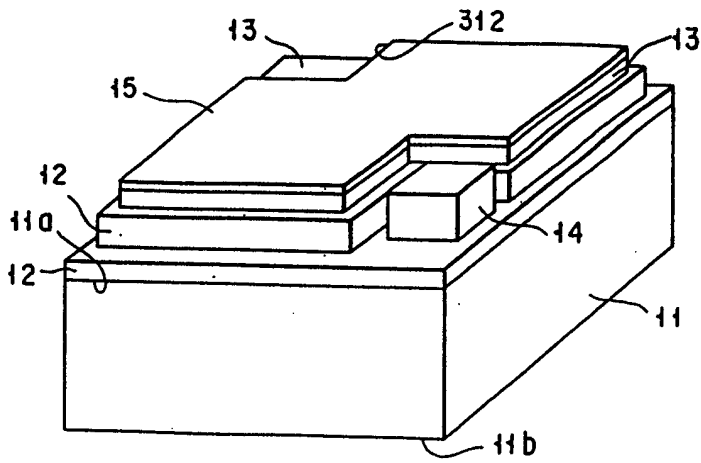


图5

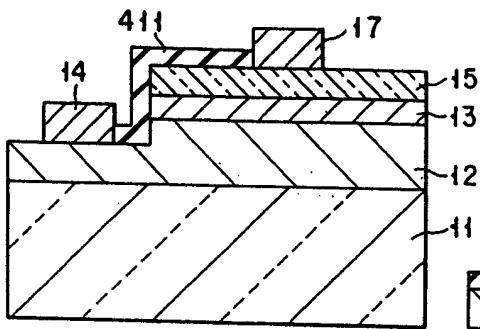


图6

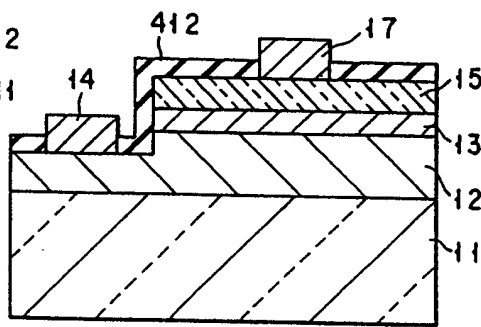


图7

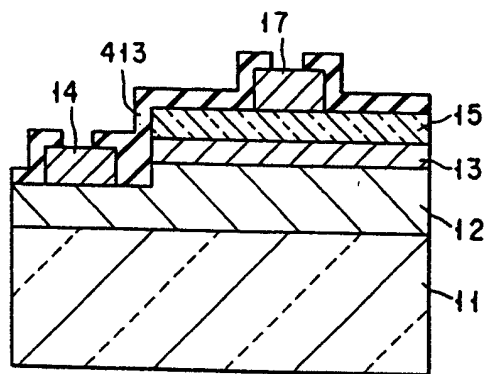


图8

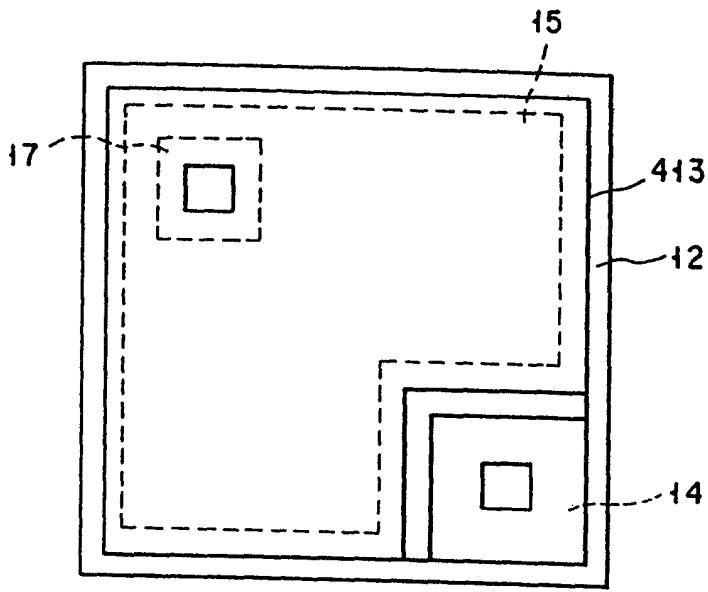


图9

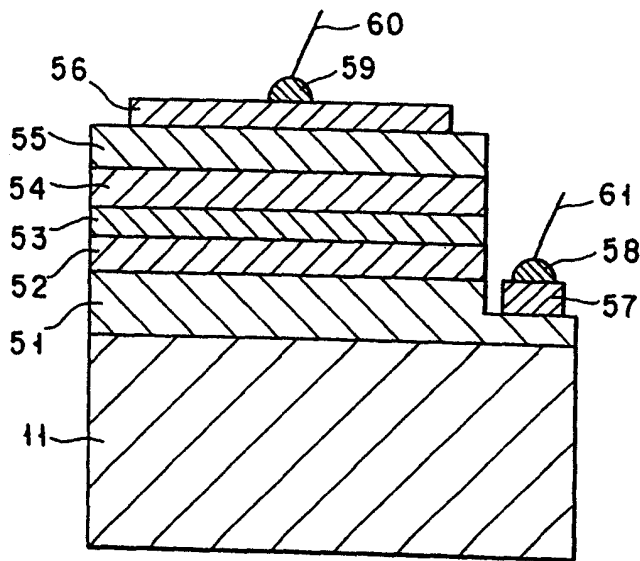


图10

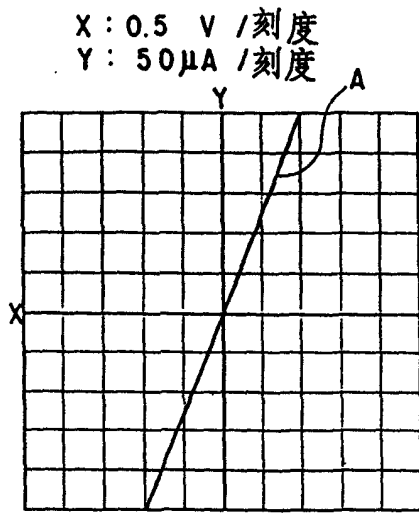


图 11 A

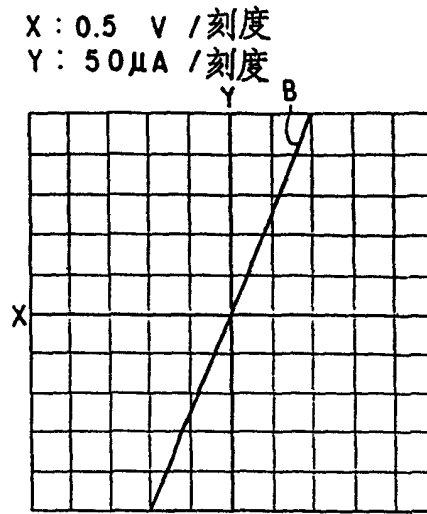


图 11 B

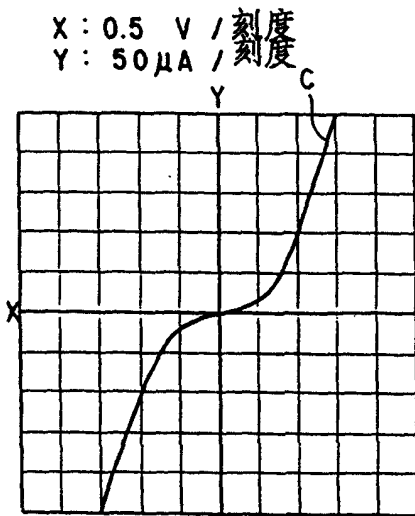


图 11 C

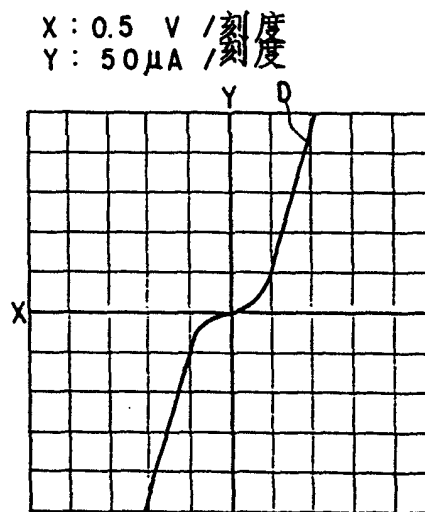


图 11 D

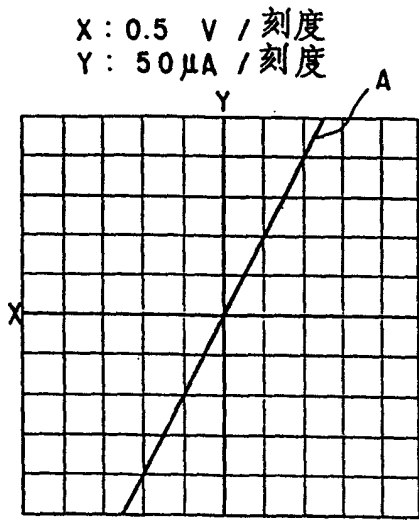


图12A

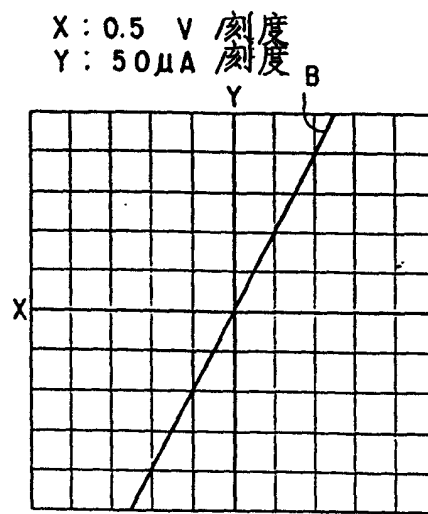


图12B

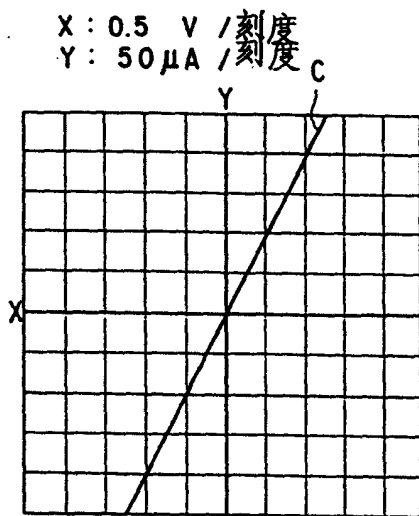


图12C

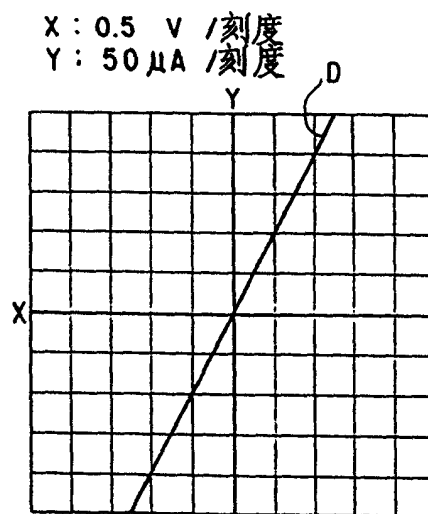


图12D

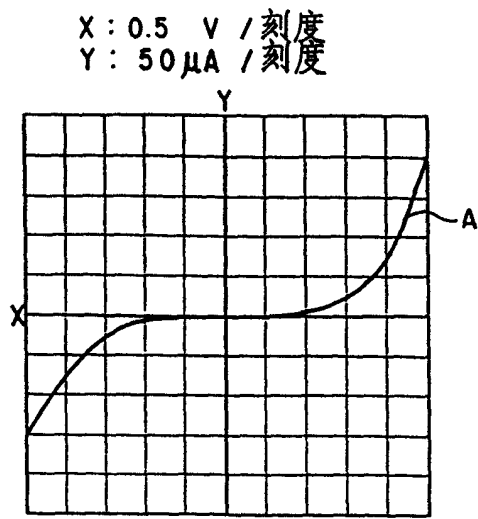


图13A

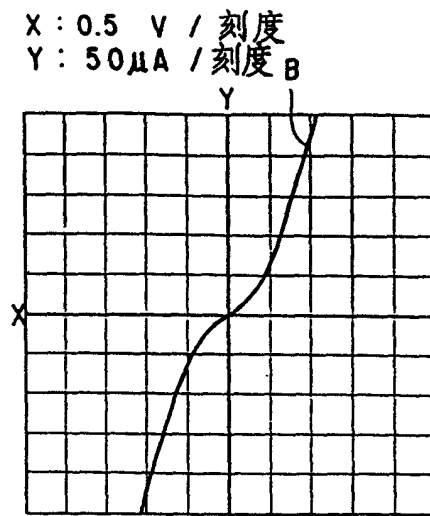


图13B

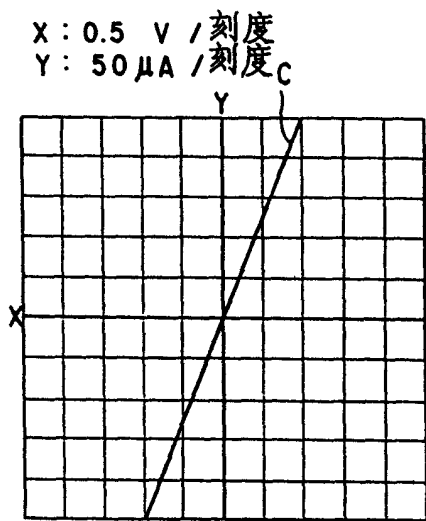


图13C

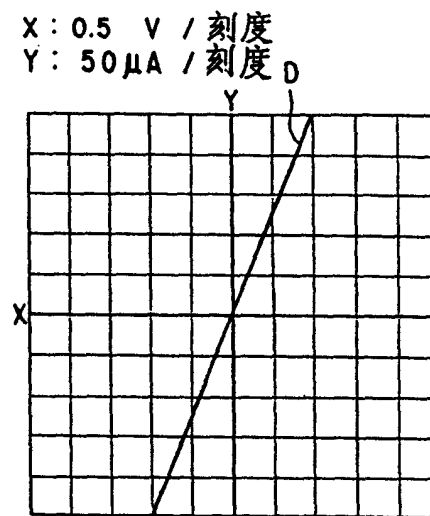


图13D

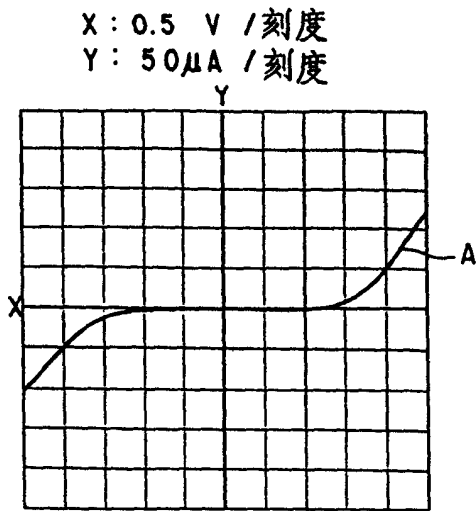


图14A

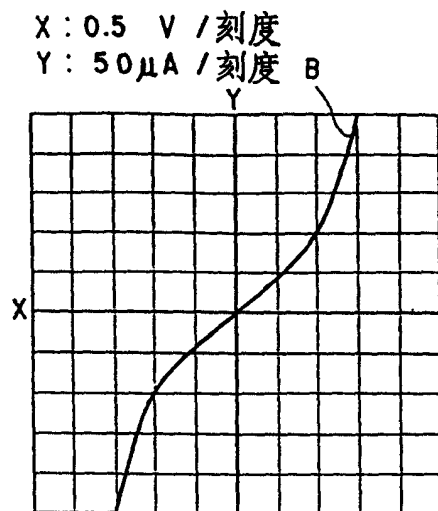


图14B

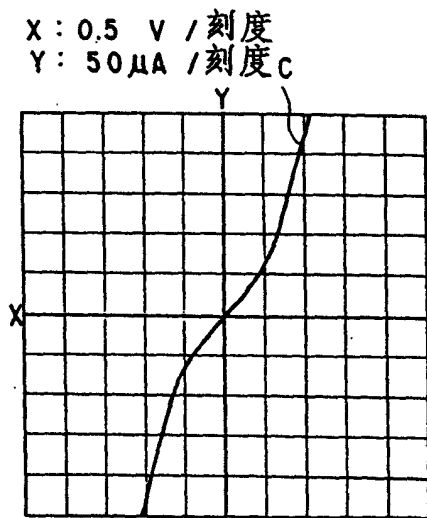


图14C

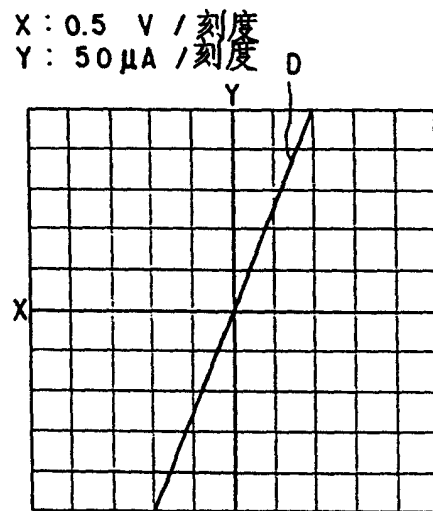


图14D



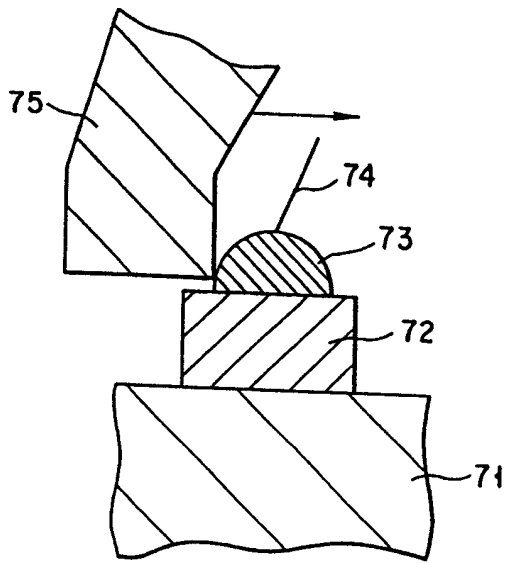


图15

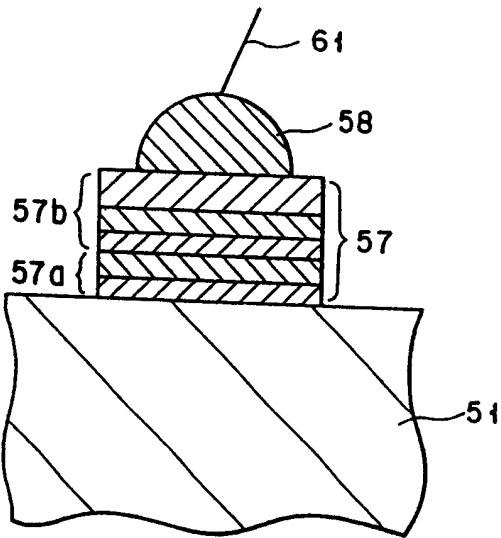


图16

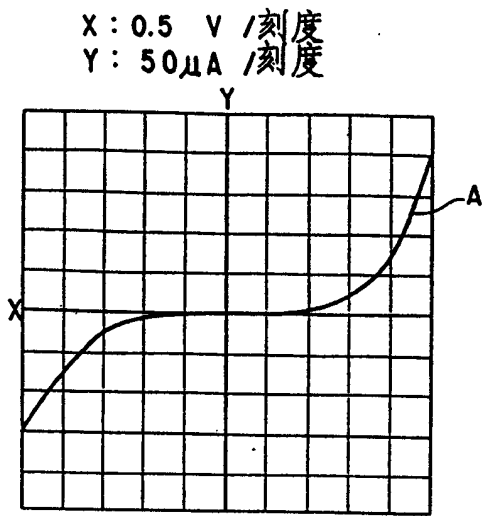


图17A

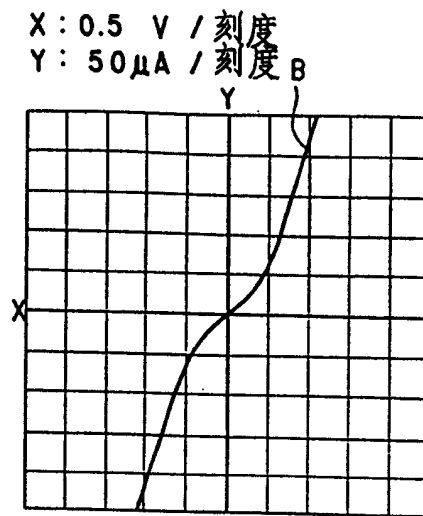


图17B

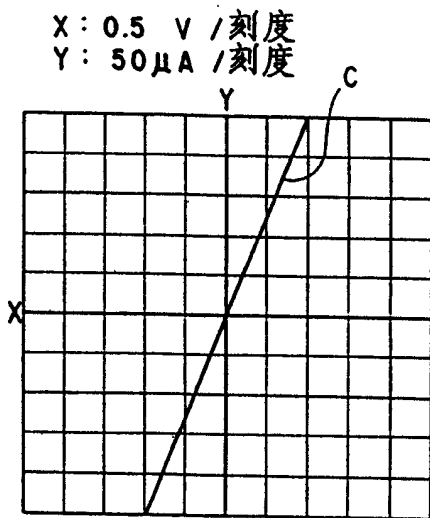


图17C

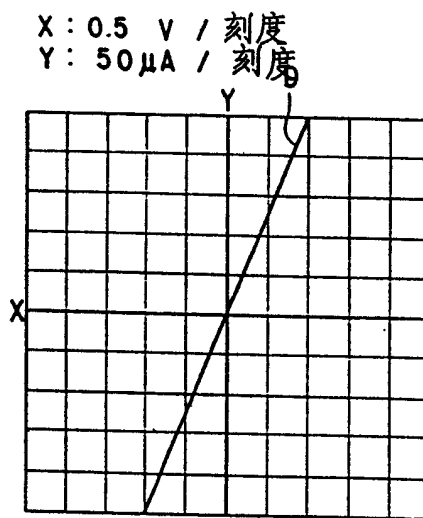


图17D