



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1871699 B

(45) 授权公告日 2012.06.27

(21) 申请号 200480031316.1

H01L 21/329 (2006.01)

(22) 申请日 2004.10.25

H01L 21/02 (2006.01)

(30) 优先权数据

365736/2003 2003.10.27 JP

(56) 对比文件

JP 特开平 6-349731 A, 1994.12.22, 说明书第 0053 段至 0081 段, 说明书附图 4a-4e, 说明书附图 5a-5d.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2006.04.24

US 2002/0094661 A1, 2002.07.18, 全文.

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/JP2004/016186 2004.10.25

审查员 杨海波

(87) PCT 申请的公布数据

W02005/041287 JA 2005.05.06

(73) 专利权人 住友化学株式会社

地址 日本国东京都

(72) 发明人 秦雅彦 小野善伸 上田和正

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 朱丹

(51) Int. Cl.

H01L 21/331 (2006.01)

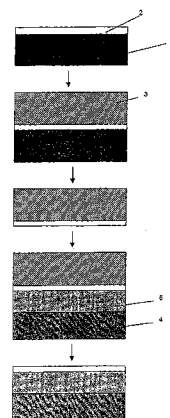
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

化合物半导体基板的制造方法

(57) 摘要

提供化合物半导体基板的制造方法, 包含以下的工序 (a) ~ (e)。(a) 在基板 (1) 上, 通过外延生长形成化合物半导体功能层 (2); (b) 在化合物半导体功能层 (2) 上接合支撑基板 (3); (c) 通过研磨除去基板 (1)、与基板 (1) 接触一侧的化合物半导体功能层 (2) 的一部分; (d) 在通过工序 (c) 露出的化合物半导体功能层 (2) 的表面接合具有比基板 (1) 大的热传导率的高热传导性基板 (4), 取得多层基板; (e) 从多层基板分离支撑基板 (3)。



1. 一种化合物半导体基板的制造方法,其中,包含以下的工序(f)~(h):
(f) 在基板(21)上,通过外延生长形成化合物半导体功能层(22);
(g) 在化合物半导体功能层(22)上,直接接合具有比基板(21)大的热传导率的高热传导性基板(23);
(h) 通过研磨除去基板(21)、和与基板(21)相接侧的化合物半导体功能层(22)的一部分。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中:
化合物半导体功能层(2)至少由2层构成。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中:
化合物半导体功能层(2)包含从由In、Ga、Al构成的群选择的至少一个、和从由N、P、As、Sb构成的群选择的至少一个。
4. 根据权利要求1或2所述的方法,其中:
高热传导性基板(23)包含从由Al、Cu、Fe、Mo、W、金刚石、SiC、AlN、BN、Si构成的群选择的至少一个。
5. 根据权利要求3所述的方法,其中:
高热传导性基板(23)包含从由Al、Cu、Fe、Mo、W、金刚石、SiC、AlN、BN、Si构成的群选择的至少一个。
6. 一种电子器件的制造方法,其中,包含:
权利要求1~5中的任一项所述的工序;和在取得的化合物半导体基板上形成电极的工序。

化合物半导体基板的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及化合物半导体基板的制造方法。

背景技术

[0002] 化合物半导体基板在电场效应晶体管、异质结双极性晶体管等电子器件的制造中使用。公知有若这些电子器件以高的电流密度工作,则电子器件的温度上升,就产生晶体管的电流放大率和二极管的整流特性等电子器件性能的下降和可靠性下降。为了减少电子器件的温度上升,正在研究散热性优异的化合物半导体基板的制造方法。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于,提供简便地制造散热性优异的化合物半导体基板的方法。

[0004] 本发明者们锐意研究简便制造散热性优异的化合物半导体基板的方法的结果完成了本发明。

[0005] 即本发明提供包含以下的工序(a)~(e)的化合物半导体基板的制造方法。

[0006] (a) 在基板1上,通过外延(epitaxial)生长形成化合物半导体功能层2;

[0007] (b) 在化合物半导体功能层2上接合支撑基板3;

[0008] (c) 通过研磨除去基板1、与基板1接触一侧的化合物半导体功能层2的一部分;

[0009] (d) 在通过工序(c)露出的化合物半导体功能层2的表面,接合具有比基板1大的热传导率的高热传导性基板4,而取得多层基板;

[0010] (e) 从多层基板分离支撑基板3。

[0011] 另外,本发明提供包含以下的工序(f)~(h)的化合物半导体基板的制造方法。

[0012] (f) 在基板21上,通过外延生长形成化合物半导体功能层22;

[0013] (g) 在化合物半导体功能层22上接合具有比基板21大的热传导率的高热传导性基板23;

[0014] (h) 通过研磨除去基板21、与基板21相接侧的化合物半导体功能层22的一部分。

[0015] 由本发明的制造方法取得的化合物半导体基板的散热性优异。通过使用该化合物半导体基板,能制造具有高的电流放大率的晶体管、异质结双极性晶体管、整流特性优异的二极管等电子器件。这些电子器件即使以高的电流密度工作时,电子器件的温度上升也小,所以在性能和可靠性上优异。

附图说明

[0016] 图1表示本发明实施方式(实施例1)。

[0017] 图2表示本发明实施方式(实施例2)。

[0018] 图3表示实施例2中取得的pn结二极管的截面构造。

[0019] 图4表示实施例2中取得的pn结二极管的电流-电压特性。

[0020] 图5表示比较例2中取得的pn结二极管的截面构造。

[0021] 图 6 表示比较例 2 中取得的 pn 结二极管的电流-电压特性。

[0022] 图 4、6 中,纵轴是 p 电极和 n 电极之间流过的电流值 I,电位是 A(安培),横轴是外加在 p 电极和 n 电极上的电压 V,单位是 V(伏特)。

具体实施方式

[0023] 化合物半导体基板的制造方法 I

[0024] 本发明的化合物半导体基板的制造方法 I 包含所述的工序 (a) ~ (e)。

[0025] 作为工序 (a) 中使用的基板 1,可列举出单晶 GaAs、单晶 InP 或如兰宝石的单晶基板。这些基板 1 可以使用市场上销售的。基板 1 优选对表面进行清洁化。

[0026] 工序 (a) 的化合物半导体功能层 2 由外延生长形成。作为外延生长,能够列举出有机金属气相生长 (MOCVD)、分子束外延生长、卤化物气相生长 (作为出发原料,使用包含卤素的气体)、氢化物气相生长、液相外延生长等。化合物半导体功能层 2 优选至少由 2 层构成,另外各层包含从由 In、Ga、Al 构成的群选择的至少一个的 3 族元素,并且更优选包含从由 N、P、As、Sb 构成的群选择的至少一个的 5 族元素。在本说明书中,In、Ga、Al、N、P、As 和 Sb 以外的元素是掺杂物。另外,在本说明书中,构成化合物半导体功能层 2 的层如果组成或所述掺杂物浓度不同,就是不同的。因此,化合物半导体功能层 2 例如包含由化合物半导体功能层 2A、与化合物半导体功能层 2A 的组成相同、掺杂物浓度不同的化合物半导体功能层 2B 构成的层。

[0027] 工序 (b) 的支撑基板 3,与具有化合物半导体功能层 2 的化合物半导体基板的外延生长面接合。支撑基板 3 在以下的工序中用于加强,从而化合物半导体基板不破损,可以是具有足够的机械强度的基板。支撑基板 3 例如是石英、兰宝石等绝缘性玻璃或陶瓷、Si、Ge 那样的半导体材料。

[0028] 工序 (b) 的接合可以使用接合剂进行。接合剂具有在接着的工序 (c) 中支撑基板 3 和化合物半导体功能层 2 不分离所必要的接合强度,并且在工序 (e) 中,对外延生长面不造成化学或物理变化 (不造成化学或物理的损伤),能从外延生长面除去,例如是电子蜡、胶带。

[0029] 在工序 (c) 中,通过研磨除去基板 1、基板 1 附近的化合物半导体功能层 2 的一部分。作为研磨的化合物半导体功能层 2,可以例举出例如进行外延生长时,在结晶生长上有用的层 (缓冲层等)。作为研磨,可列举出机械研磨、化学机械研磨、化学研磨等。机械研磨是在研磨材料或研磨药品的共存下,把被研磨体以适当的应力压在研磨台上的方法。化学机械研磨是组合基于研磨药品的研磨面的溶解和机械研磨的方法,把包含研磨材或研磨药品的水等液体在高压下作为细流对基板和化合物半导体功能层的界面附近喷射,通过化学和机械研磨作用,分开基板和化合物半导体功能层的方法。化学研磨法是使用基于液体的研磨药品的腐蚀溶解的方法,或使用基于气体的腐蚀和挥发的方法。

[0030] 在工序 (d) 中,在除去基板 1 的全部和基板 1 附近的化合物半导体功能层 2 的一部分后露出的化合物半导体功能层 2 的表面,接合具有比基板 1 更高的热传导度的高热传导性基板 4。高热传导性基板 4 的尺寸通常与基板 1 大致相同,但是也可以更大。高热传导性基板 4 例如是金刚石、碳化硅 (SiC)、氮化铝 (AlN)、氮化硼 (BN)、硅 (Si)、Al、Cu、Fe、Mo、W 等金属、金属氧化物、金属硼化物。金属也可以是合金,例如是从由 Al、Cu、Fe、Mo、W 构成

的群选择的至少 2 个合金。高热传导性基板 4 优选为金刚石、SiC、AlN、BN、Si、Al、Cu、Fe、Mo、W 以及这些金属的合金。

[0031] 高热传导性基板 4 更优选为通过化学气相堆积 (CVD) 法、烧结法取得的多晶硅基板；在单晶硅基板、多晶硅基板或陶瓷 (SiC、AlN、BN 等) 基板上形成厚度约 $300\text{ }\mu\text{m}$ 以下，优选为 $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下并且约 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上的多晶或非晶体的金刚石薄膜（以下称作金刚石基板）；由 CVD 法或烧结法取得的多晶或非晶体的 SiC、AlN、BN。

[0032] 其中优选为金刚石基板，更优选为金刚石薄膜是非晶体的金刚石基板。金刚石基板比较容易取得，热传导度高 ($> 1000\text{W/mK}$)，包含具有高强度的硅基板或陶瓷基板，所以处理性良好。

[0033] 在电子器件的动作时，伴随着热的发生，从电子器件侧到高热传导性基板 4 侧产生温度梯度。这时在形成器件的化合物半导体功能层 2 上接合的高热传导性基板 4 和化合物半导体功能层 2 之间，由于热膨胀系数的差，产生拉伸或压缩的应力，所以高热传导性基板 4 通常优选与化合物半导体功能层 2 的热膨胀系数相近。

[0034] 此外，高热传导性基板 4 通常是 GaAs 单晶基板、InP 单晶基板、兰宝石基板等具有比基板 1 的热传导度 (约 40W/mK —约 70W/mK) 更高的热传导度，约 100W/mK 以上，优选约 150W/mK 以上，更优选约 500W/mK 以上。

[0035] 从化合物半导体基板制造高频电子器件时，为了减少高频时的介电损失，化合物半导体基板的高热传导性基板 4 的电阻率约 $10^3\text{ }\Omega\text{cm}$ 以上，更优选是 $10^5\text{ }\Omega\text{cm}$ 以上的材料。而如果是不要高频时的介电损失小的用途，高热传导性基板 4 可以是各种半导体、陶瓷 (SiC、AlN、BN 等)、导电性材料 (金属、金属氧化物、金属硼化物等)。

[0036] 工序 (d) 的接合可以使用接合剂进行，可以用不使用接合剂的方法进行。使用接合剂时，作为接合剂，可列举出例如低熔点金属 (In、Sn 或焊锡等) 等的无机接合剂；热硬化性树脂、光硬化性树脂、电子蜡 (Apiezon 公司制造的蜡“W”等) 等有机接合剂，优选是有机接合剂。化合物半导体功能层 2、高热传导性基板 4 是光透过性时，也可以使用包含光硬化性树脂的接合剂接合。接合剂的层的厚度优选是不损害从化合物半导体功能层 2 向高热传导性基板 4 的传热的程度的厚度。

[0037] 在工序 (d) 中，在接合化合物半导体功能层 2 和高热传导性基板 4 之前，优选清洁处理或化学处理这些接合面的至少一个。另外，更优选热处理进行了这些处理的接合面的至少一个。通过这些处理，能直接接合化合物半导体功能层 2 和高热传导性基板 4 (例如，Journal of Optical Physics and Materials, Vol. 6, No. 1, 1997 年, p. 19-48)。在直接接合中，优选化合物半导体功能层 2 和高热传导性基板 4 的热膨胀系数的差小。

[0038] 在工序 (e) 中，从由工序 (d) 取得的按顺序层叠高热传导性基板 4、化合物半导体功能层 2、支撑基板 3 的多层基板分离支撑基板 3，取得化合物半导体基板。分离可以是例如加热接合剂，熔解的方法。电子蜡时，加热，把电子蜡熔解，分离支撑基板 3 后，使用有机溶剂除去化合物半导体基板上残存的电子蜡。

[0039] 化合物半导体基板的制造方法 II

[0040] 本发明的化合物半导体基板的制造方法 II 包含所述的工序 (f) ~ (h)。

[0041] 工序 (f) 可以通过与工序 (a) 相同的操作进行。基板 21 可以应用与基板 1 同等的。

[0042] 在工序(g)中,与工序(d)同样,可以使用接合剂接合化合物半导体层 22 和高热传导性基板 23,也可以用不使用接合剂的方法接合它们。接合剂可以应用与工序(d)中使用的接合剂相同的。工序(g)的化合物半导体功能层 22、高热传导性基板 23 分别相当于化合物半导体功能层 2、高热传导性基板 4。

[0043] 在工序(h)中,与工序(c)同样,可以通过研磨,除去基板 21、基板 21 附近的化合物半导体功能层 22 的一部分。研磨可以应用与工序(c)相同的方法。

[0044] 由本发明的化合物半导体基板的制造方法 I 和 II 取得的化合物半导体基板,从制造时或制品搬运时的化合物半导体基板的破损、缺损的观点出发,可以切除周边部,可以按照必要,加工为适合于电子器件的制造工序的形状。周边部的切除,可以在本发明的化合物半导体基板的制造方法的最终工序之后或这些工序的中间进行。

[0045] 此外,由本发明的化合物半导体基板的制造方法 I(或 II)取得的化合物半导体基板通常与基板 1(或 21)的尺寸、形状大致相同,使用该化合物半导体基板制造电子器件时,能应用现有的设备。

[0046] 电子器件的制造方法

[0047] 本发明的电子器件的制造方法包含在所述取得的化合物半导体基板上形成电极的工序。

[0048] 电极的形成可以通过在化合物半导体基板的化合物半导体层 2(或 22)上蒸镀金属(Au、Ti、Ni、Al、Ge等)的方法进行。另外,在电极的形成中,按照必要,可以将干蚀刻、王水蚀刻进行组合。

[0049] 实施例

[0050] 以下根据实施例说明本发明,但是本发明并不局限于此。

[0051] 实施例 1

[0052] [化合物半导体基板的制造]

[0053] 图 1 表示化合物半导体制造的工序。

[0054] 在市场上销售的直径 100mm、厚度 630 μm 的单晶半绝缘性 GaAs 基板 1 上,通过作为包含 III 族元素的出发原料,使用三甲基镓、三乙基镓、三甲基铝、三甲基铟,作为包含 V 族元素的出发原料,使用三氢化砷(arsine)、三氢化磷,还有作为用于控制传导性的掺杂物的原料,把乙硅烷(n 型控制)、三氯溴化甲烷(p 型控制),与氢载气一起使用的有机金属气相热分解法,使异质结双极性晶体管的化合物半导体功能层 2 生长,制造化合物半导体基板。化合物半导体功能层 2 的层构造从基板 1 侧为:

[0055] 非掺杂 GaAs 层 50nm

[0056] 非掺杂 AlAs 层 50nm

[0057] 非掺杂 GaAs 层 500nm

[0058] Si 掺杂(电子浓度 $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$)n 型 GaAs 子集电层 500nm

[0059] Si 掺杂(电子浓度 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$)n 型 GaAs 集电层 500nm

[0060] C 掺杂(电子浓度 $4 \times 10^{19}/\text{cm}^3$)p 型 GaAs 基极层 80nm

[0061] Si 掺杂(电子浓度 $3 \times 10^{17}/\text{cm}^3$)n 型 InGaP 发射层 30nm

[0062] Si 掺杂(电子浓度 $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$)n 型 GaAs 子发射层 100nm

[0063] Si 掺杂(电子浓度 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$)n 型 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$

[0064] ($x = 0 \sim 0.5$ 的倾斜结构) 接触层 100nm

[0065] 在图 1 中, 把这些层集中, 表示为化合物半导体功能层 2。

[0066] 在被加热到约 100°C 的加热板上, 安放直径 100mm、厚度 $500\ \mu\text{m}$ 的透明石英的支撑基板 3, 涂敷熔解电子蜡。接着把化合物半导体层基板的化合物半导体功能层 2 的外延生长面作为接合面, 与支撑基板 3 接合。这时, 从化合物半导体基板的背面, 通过夹具, 作用约 5kg 的负载, 把电子蜡均匀地附着在接合面上后, 停止加热板的加热, 使电子蜡凝固, 取得透明石英的支撑基板 3 上支撑的多层基板。通过度盘式指示器计测取得的多层基板的厚度是 $1130\ \mu\text{m}$ 。

[0067] 把取得的多层基板的支撑基板 3 固定在研磨装置上, 把 GaAs 基板 1 机械研磨约 20 分钟, 除去约 $580\ \mu\text{m}$ 。从研磨装置取下多层基板, 用水洗净。接着, 浸渍在柠檬酸 / 过氧化氢 / 氢类蚀刻溶液中, 进行约 4 小时蚀刻, 完全熔解 GaAs 基板 1、通过外延生长取得的比 AlAs 层更靠基板一侧的 GaAs 层。接着水洗后, 在 5% HF 水溶液中浸渍 3 分钟, 除去 AlAs 层。

[0068] 在直径 100mm、厚度约 $500\ \mu\text{m}$ 的市场上销售的单晶硅基板 4 上, 通过以氢以及甲烷为原料的等离子体 CVD 法, 形成厚度约 $50\ \mu\text{m}$ 的高电阻绝缘性的金刚石薄膜 5。对金刚石薄膜 5 进行镜面研磨, 把旋转涂敷聚酰亚胺水溶液而取得的面、和所述的 (除去单晶 GaAs 基板 1, 在支撑基板 3 上粘贴支撑的) 化合物半导体功能层 2 的研磨面分别作为接合面, 粘贴后, 加热到约 100°C , 进行接合, 并且熔解电子蜡, 取下支撑基板 3。在气氛: 氮气, 外加负载: 约 20kg, 温度: 约 300°C , 时间: 1 小时的条件下进行热处理, 取得具有足够的接合强度的化合物半导体基板。

[0069] [晶体管的制造和评价]

[0070] 通过丙酮、超声波洗净, 把取得的化合物半导体基板的化合物半导体功能层 2 的外延生长表面清洁后, 使用通常的光刻法 (lithography), 制造发射面的尺寸为 $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ 的异质结双极性晶体管。作为集电极金属, 使用 AuGe/Ni/Au, 作为发射极金属和基极金属, 使用 Ti/Au。代表的器件特性即电流放大率在集电极电流密度 $1\text{kA}/\text{cm}^2$ 时, 为 148。

[0071] 比较例 1

[0072] 在实施例 1 的 [化合物半导体基板的制造] 中, 除了不实施 GaAs 单晶基板 1 的除去和高热传导性基板 4 的接合以外, 进行相同的操作, 取得化合物半导体基板。

[0073] 载取得的化合物半导体基板中, 进行与实施例 1 的 [晶体管的制造和评价] 相同的操作。取得的发射面的尺寸为 $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ 的异质结双极性晶体管的电流放大率在集电极电流密度 $1\text{kA}/\text{cm}^2$ 时, 为 132。

[0074] 实施例 2

[0075] [化合物半导体基板的制造]

[0076] 在市场上销售的直径 50mm、厚度 $500\ \mu\text{m}$ 的单晶绝缘性的蓝宝石基板 1' 上, 作为包含 III 族元素的出发原料, 使用三甲基镓、三甲基铝, 作为包含 V 族元素的出发原料, 使用氨, 作为用于控制传导性的掺杂物的原料, 把硅烷 (n 型控制)、环戊二烯合镁 (p 型控制), 与氢载气一起使用的有机金属气相热分解法, 使 pn 结二极管的化合物半导体功能层 2' 生长, 制作化合物半导体基板。化合物半导体功能层 2' 的构造 (参照图 2) 从基板 1' 侧为:

[0077] 非掺杂 GaN 缓冲层 2a 20nm

[0078] 非掺杂 GaN 层 2b 500nm

[0079] Si 掺杂 (电子浓度 $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$) n 型 GaN 层 2c 5000nm

[0080] 非掺杂 GaN 层 2d 50nm

[0081] 非掺杂 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($x = 0.05$) 层 2e 30nm

[0082] Mg 掺杂 (空穴浓度 $8 \times 10^{18}/\text{cm}^3$) p 型 GaN 层 2f 80nm

[0083] 接着,在氮气气氛下把化合物半导体基板在 500°C 热处理 10 分钟,使 p 型 GaN 层 2f 活性化。

[0084] 在加热到约 100°C 的加热板上,安放直径 50mm、厚度 $500\ \mu\text{m}$ 的透明石英的支撑基板 3',涂敷熔解电子蜡。接着把化合物半导体基板的化合物半导体功能层 2' 的外延生长面作为接合面,与支撑基板 3' 接合。这时,从化合物半导体基板的背面,通过夹具,作用约 5kg 的负载,把电子蜡均匀地附着在接合面上后,停止加热板的加热,使电子蜡凝固,取得透明石英的支撑基板 3' 上支撑的多层基板。通过度盘式指示器计测取得的多层基板的厚度是 $1006\ \mu\text{m}$ 。

[0085] 把取得的多层基板的支撑基板 3' 固定在研磨装置上,把兰宝石基板 1' 机械研磨约 40 分钟,除去约 $480\ \mu\text{m}$ 。接着更换研磨剂和研磨垫,使用更细的研磨粒,除去约 $22\ \mu\text{m}$ 。从研磨装置取下化合物半导体基板,用水洗净多层基板,再用王水洗净。接着,把露出约 $0.5\ \mu\text{m}$ 的 GaN 面化学研磨后,水洗,干燥,取得化合物半导体基板。

[0086] 在直径 50mm、厚度 $500\ \mu\text{m}$ 的市场上销售的单晶硅基板 4' 上,通过以氢以及甲烷为原料的等离子体 CVD 法,形成厚度约 $50\ \mu\text{m}$ 的高电阻绝缘性的金刚石薄膜 5'。对金刚石薄膜 5' 进行镜面研磨,把旋转涂敷聚酰亚胺水溶液而取得的面、和所述的 (除去单晶兰宝石基板 1',在支撑基板 3' 上粘贴支撑的) 化合物半导体功能层 2 的研磨面分别作为接合面,粘贴后,加热到约 100°C ,进行接合,并且熔解电子蜡,取下支撑基板 3'。在气氛:氮气,外加负载:约 20kg,温度:约 300°C ,时间:1 小时的条件下进行热处理,取得具有足够的接合强度的化合物半导体基板。

[0087] [二极管的制造和评价]

[0088] 在 p 型 GaN 层 2f 表面蒸镀直径 $300\ \mu\text{m}$ 的 Au/Ni 电极,在 400°C 热处理 5 分钟,形成 p 型欧姆的电极 E_p 。通过干蚀刻除去化合物半导体基板的 p 型欧姆电极 E_p 的周围约 1000nm,再通过王水处理,蚀刻除去 50nm。接着,在表面蒸镀 500nm 的 Al 金属,形成 n 侧欧姆电极 E_n ,制作具有连接在 n 型 GaN 侧的铝 n 侧欧姆电极 E_n 、与 p 型 GaN 接合的 p 侧欧姆电极 E_p 的台式 GaN/AlGaIn pn 异质结二极管。图 3 表示其截面构造。对取得的试料 4 个,测定二极管的电流-电压特性。图 4 表示结果。

[0089] 比较例 2

[0090] 在实施例 2 的 [化合物半导体基板的制造] 中,除了不实施兰宝石基板 1' 的除去、高热传导性基板 (在单晶硅基板 4' 上层叠高电阻绝缘性的金刚石薄膜 5') 的接合以外,进行相同的操作,取得化合物半导体基板。

[0091] 对取得的化合物半导体基板,进行与实施例 2 的 [二极管的制造和评价] 相同的操作,取得具有连接在 n 型 GaN 侧的铝 n 侧欧姆电极 E_n 、与 p 型 GaN 接合的 p 侧欧姆电极 E_p 的台式 GaN/AlGaIn pn 异质结二极管。图 5 表示取得的二极管的截面构造。图 5 中,1' 是兰

宝石基板, 2a 是非掺杂 GaN 缓冲层, 2b 是非掺杂 GaN 层, 2c 是 Si 掺杂 n 型 GaN 层, 2d 是非掺杂 GaN 层, 2e 是非掺杂 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($x = 0.05$), 2f 是 Mg 掺杂 p 型 GaN 层, E_p 是 p 侧欧姆电极, e_n 是 n 侧欧姆电极。

[0092] 另外, 对 4 个试料, 测定二极管的电流 - 电压特性。图 6 表示结果。

[0093] 如图 4 所示, 由本发明的化合物半导体的制造方法取得的二极管 (实施例 2) 是正向偏压侧 (横轴的外加电压值 $> 0\text{V}$) 的电流值大, 并且反向偏压侧 (横轴的外加电压值 $< 0\text{V}$) 的泄漏电流值小, 整流特性优异。

[0094] 如图 6 所示, 由现有技术取得的二极管 (比较例 2), 正向偏压侧的电流值小, 反向偏压侧的泄漏电流值大。

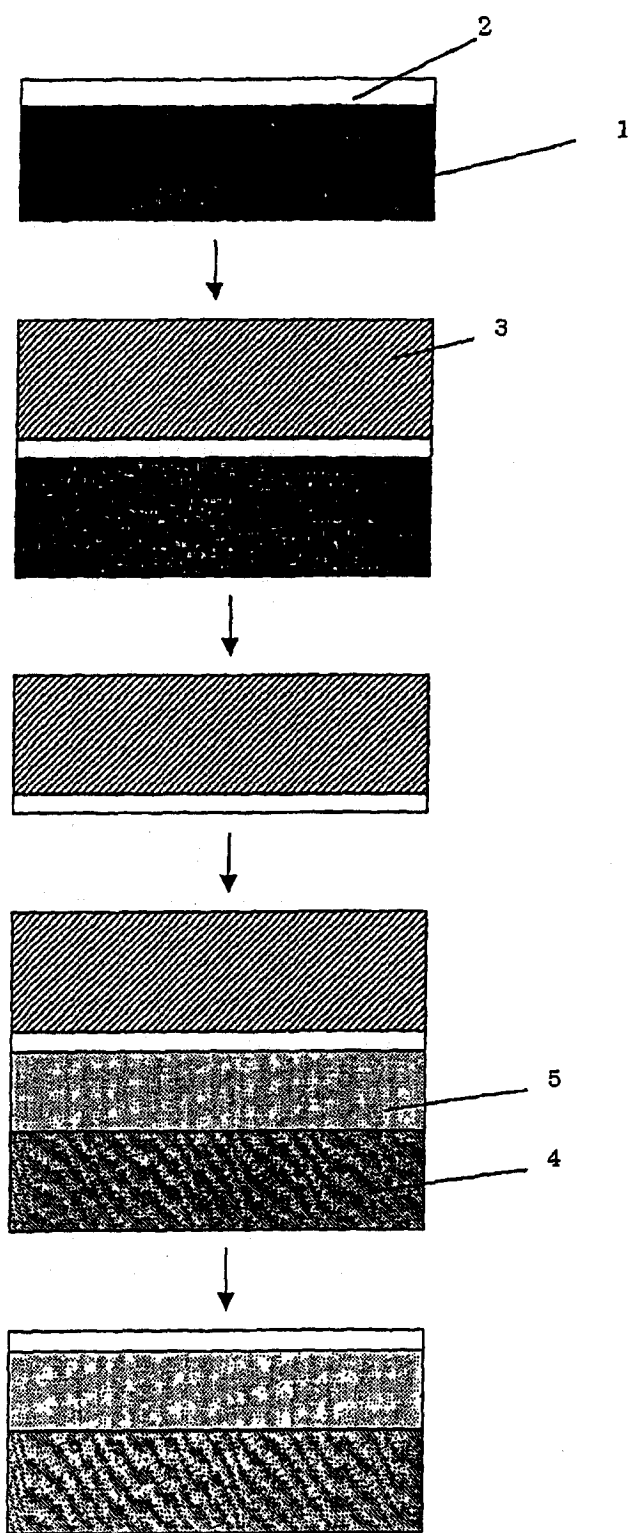


图 1

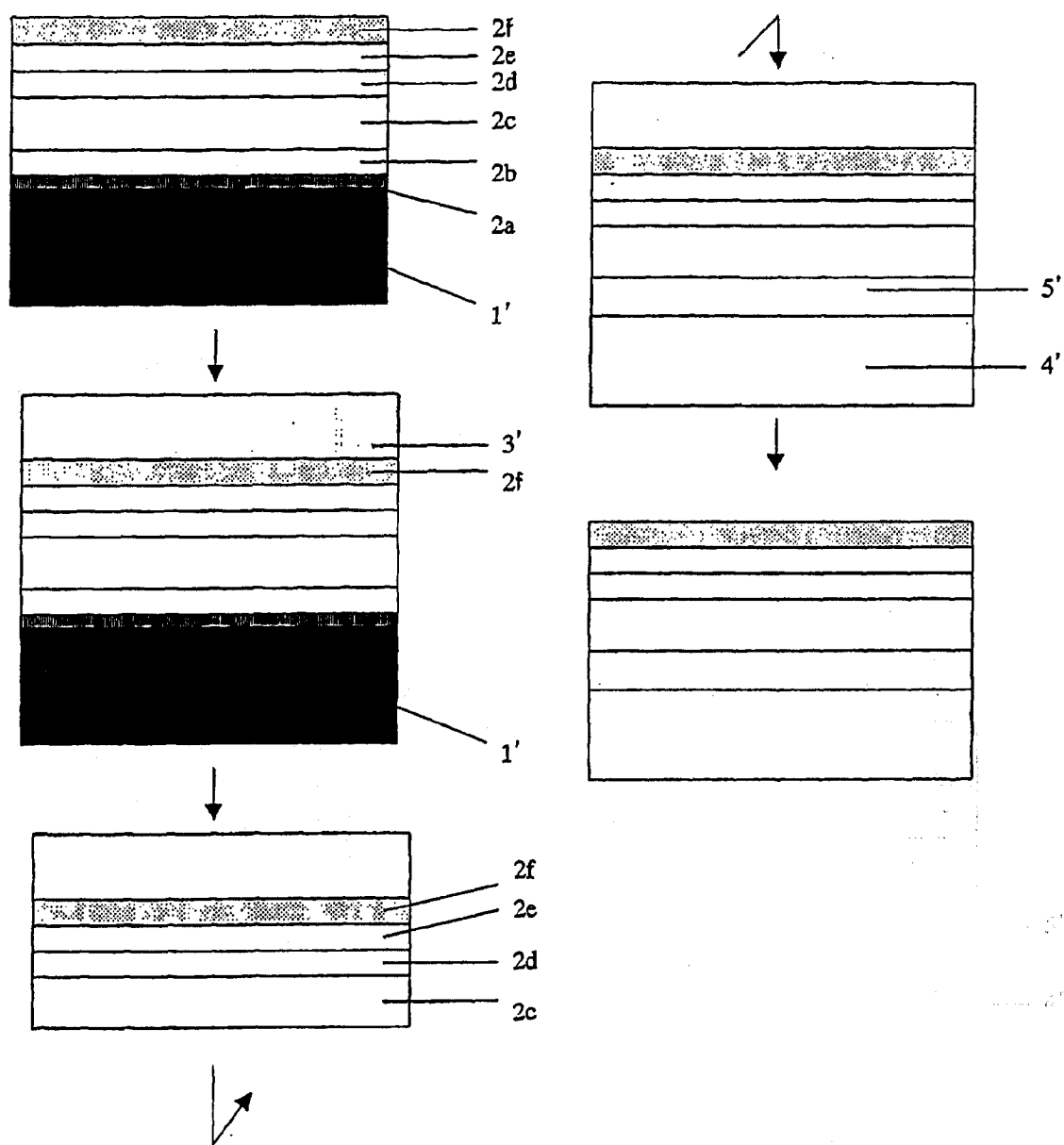


图 2

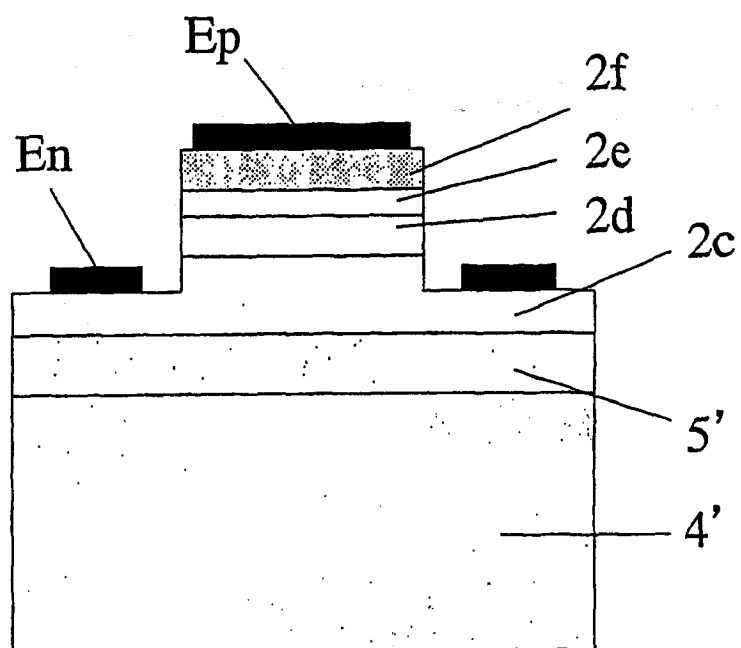


图 3

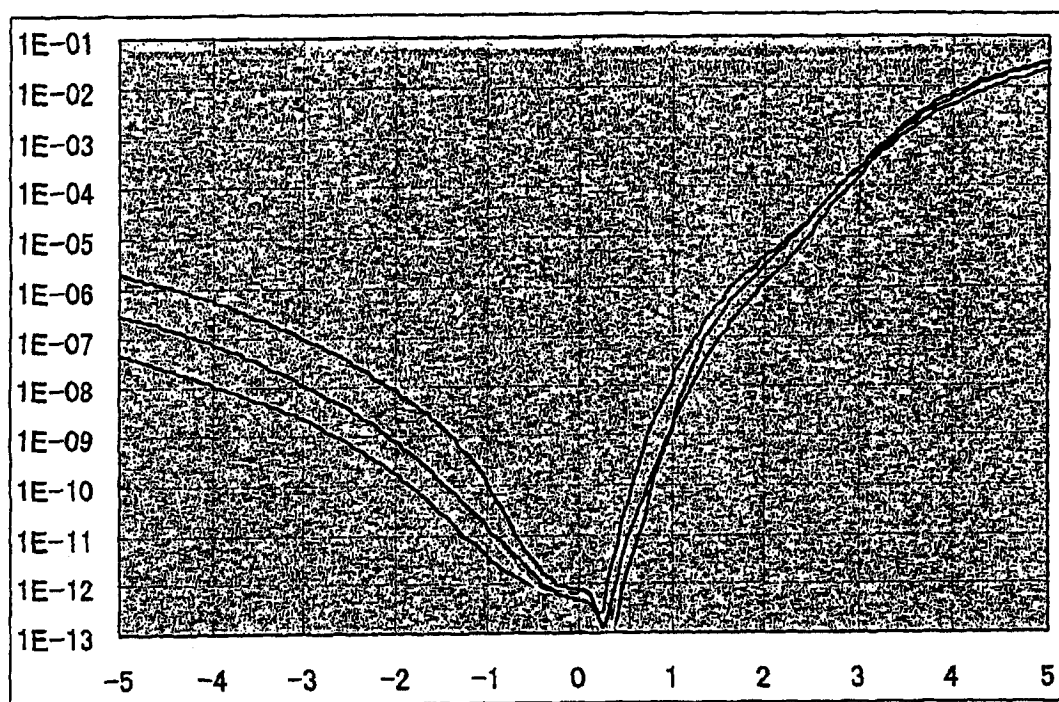


图 4

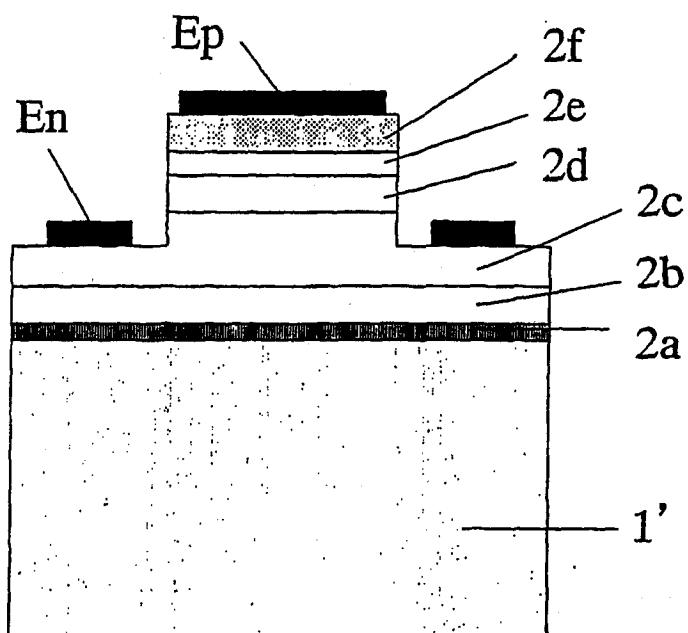


图 5

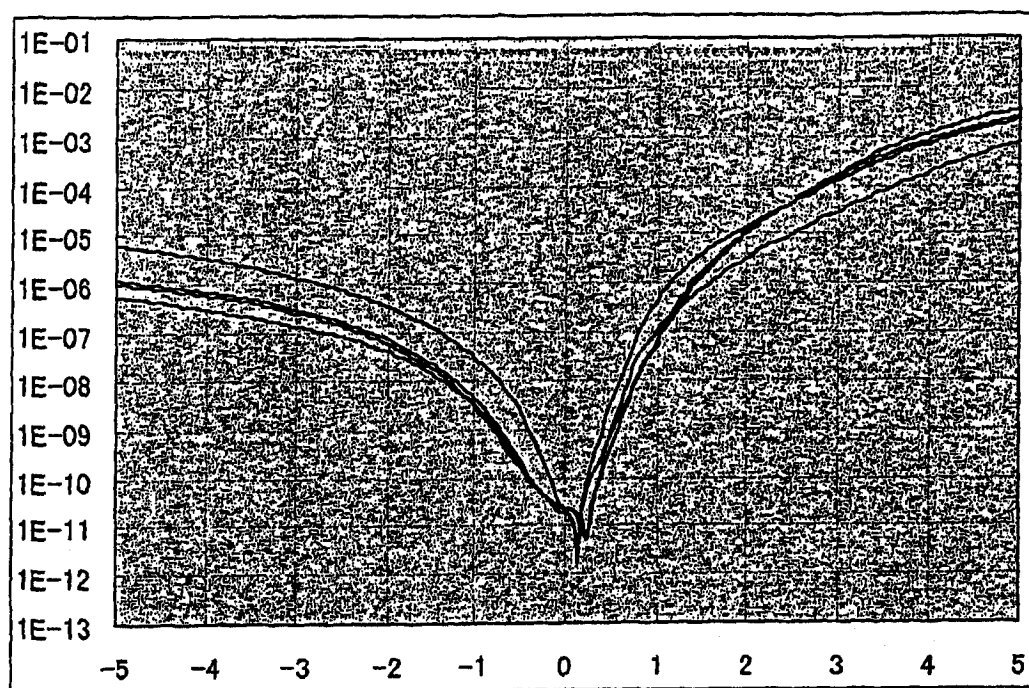


图 6