

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

H01L 21/20 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510113997.2

[45] 授权公告日 2009年5月13日

[11] 授权公告号 CN 100487928C

[22] 申请日 2005.11.1

[21] 申请号 200510113997.2

[73] 专利权人 金 芑

地址 100871 北京市海淀区北京大学燕东
园33楼112号

共同专利权人 彭 晖

[72] 发明人 彭 晖 彭一芳

[56] 参考文献

US6933160B2 2005.8.23

CN1617363A 2005.5.18

US6649287B2 2003.11.18

氮化镓基高亮度发光二极管材料外延和干
法刻蚀技术. 罗毅等. 中国有色金属学报, 第
14卷第专辑1期. 2004

审查员 刘佳秋

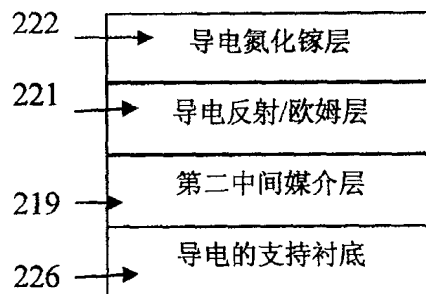
权利要求书3页 说明书20页 附图8页

[54] 发明名称

导电和绝缘准氮化镓基生长衬底及其制造方
法

[57] 摘要

利用硫化锌与硅之间的极小的晶格常数失配, 本发明揭示几种具有不同结构的生长于硅衬底上的导电和绝缘准氮化镓基生长衬底, 以及低成本生长的工艺方法。准氮化镓基衬底的组成部分包括, 但不限于: 支持衬底, 反射/欧姆层(层叠于所述的支持衬底上), 氮化镓层(层叠于所述的反射/欧姆层上), 第二中间媒介层(层叠在所述的支持衬底和所述的反射/欧姆层之间)。



1. 一种准氮化镓基衬底，其组成部分包括：
 - (a) 生长衬底；其中，生长衬底的材料是从一组材料中选出，该组材料包括：
硅晶片；
 - (b) 第一中间媒介层；其中，所述的第一中间媒介层包括：硫化锌层和第一中间媒介层的其他层；其中，所述的硫化锌层层叠于所述的生长衬底上，第一中间媒介层的其他层层叠于所述的硫化锌层上；其中，所述的第一中间媒介层的其他层包括：单层或多层结构，每层的材料是从一组材料中选出，该组材料包括：(1) 元素氮、镓、硼的二元系和三元系，包括：氮化铝、低温氮化镓、硼铝氮、硼镓氮 及它们的组合；(2) 低熔点金属层，所述的低熔点金属层的材料包括：铟、镉、银和锡；(3) 高熔点金属层，所述的高熔点金属层的材料包括：金、铅、钨、钼、钒、钛、铬、及它们的组合；(4) 氮化金属层，所述的氮化金属层的材料包括：氮化钼、氮化铅、氮化钛、氮化钛钼；(5) 上述材料(1)、(2)、(3)和(4)的组合；其中，所述的低温氮化镓层是第一中间媒介层的表面层。
2. 权利要求 1 的准氮化镓基衬底，其中，所述的生长衬底的一面具备蚀刻的纹理结构；所述的第一中间媒介层层叠于所述的生长衬底的具备蚀刻的纹理结构的一面。
3. 一种准氮化镓基衬底，其组成部分包括：
 - (a) 生长衬底；其中，生长衬底的材料是从一组材料中选出，该组材料包括：
硅晶片；
 - (b) 第一中间媒介层；其中，所述的第一中间媒介层包括：硫化锌层和第一中间媒介层的其他层；其中，所述的硫化锌层层叠于所述的生长衬底上，第一中间媒介层的其他层层叠于所述的硫化锌层上；其中，所述的第一中间

媒介层的其他层包括：单层或多层结构，每层的材料是从一组材料中选出，该组材料包括：(1) 元素氮、镓、硼的二元系和三元系，包括：氮化铝、低温氮化镓、硼铝氮、硼镓氮、及它们的组合；(2) 低熔点金属层，所述的低熔点金属层的材料包括：铟、镉和锡；(3) 高熔点金属层，所述的高熔点金属层的材料包括：金、铅、钨、钼、钒、钛、铬、及它们的组合；

(4) 氮化金属层，所述的氮化金属层的材料包括：氮化钼、氮化铅、氮化钛、氮化钛钼；(5) 上述材料 (1)、(2)、(3) 和 (4) 的组合；

(c) 氮化镓层；其中，所述的氮化镓层层叠于所述的第一中间媒介层上。

4. 权利要求 3 的准氮化镓基衬底，其中，所述的生长衬底的一面具备蚀刻的纹理结构；所述的第一中间媒介层层叠于所述的生长衬底的具备蚀刻的纹理结构的一面。

5. 权利要求 1 或 3 的准氮化镓基衬底，其中，所述的硅晶片生长衬底包括：非导电硅晶片生长衬底和导电硅晶片生长衬底；所述的硫化锌层包括：非导电硫化锌层和导电硫化锌层；所述的低温氮化镓层包括：非导电低温氮化镓层和导电低温氮化镓层；所述的氮化铝层包括：非导电氮化铝层和导电氮化铝层。

6. 一种生产准氮化镓基衬底的方法，包括下述工艺步骤：

(a) 提供一个生长衬底；

(b) 层叠硫化锌层于所述的生长衬底上；层叠第一中间媒介层的其它层于所述的硫化锌层上；其中，所述的第一中间媒介层的其它层包括：单层或多层结构，每层的材料是从一组材料中选出，该组材料包括：(1) 元素氮、铝、镓、硼的二元系和三元系，包括：氮化铝、低温氮化镓、硼铝氮、硼镓氮、及它们的组合；(2) 低熔点金属层，所述的低熔点金属层的材料包括：铟、

镉和锡；(3) 高熔点金属层，所述的高熔点金属层的材料包括：金、铅、铟、锆、钒、钛、铬、及它们的组合；(4) 氮化金属层，所述的氮化金属层的材料包括：氮化锆、氮化铅、氮化钛、氮化钛锆；(5) 上述材料(1)、(2)、(3) 和(4) 的组合。

7. 权利要求 6 的生产准氮化镓基衬底的方法，进一步包括工艺步骤：外延生长氮化镓层于所述的第一中间媒介层上。

8. 权利要求 6 的生产准氮化镓基衬底的方法，其中，所述的第一中间媒介层的表面层是低温氮化镓层，进一步包括工艺步骤：

(a) 层叠反射/欧姆层于所述的低温氮化镓层上；

(b) 层叠支持衬底于所述的反射/欧姆层上，形成键合衬底；

(c) 从所述的键合衬底上剥离所述的生长衬底和部分所述的第一中间媒介层的其它层，使得低温氮化镓层暴露；其中，所述的剥离的方法包括：精密机械研磨/抛光、选择性蚀刻、加热熔化分离、及它们的组合；

(d) 热处理。

9. 权利要求 6 的生产准氮化镓基衬底的方法，进一步包括工艺步骤：

(a) 外延生长氮化镓层于所述的第一中间媒介层上；

(b) 层叠反射/欧姆层于所述的氮化镓层上；

(c) 层叠支持衬底于所述的反射/欧姆层上，形成键合衬底；

(d) 从所述的键合衬底上剥离所述的生长衬底和所述的第一中间媒介层，使得氮化镓层暴露；其中，所述的剥离的方法包括：精密机械研磨/抛光、选择性蚀刻、加热熔化分离、及它们的组合；

(e) 热处理。

导电和绝缘氮化镓基生长衬底及其制造方法

技术领域

本发明揭示生长于大直径的硅(Si)生长衬底上的高质量的导电的和绝缘的氮化镓基生长衬底及其生长的技术和工艺,属于半导体电子技术领域。

背景技术

大功率LED具有取代白炽灯的巨大前途,工业上,大功率氮化镓基LED以蓝宝石为生长衬底。但是,蓝宝石晶片有下述不足:(1)氮化镓外延层和蓝宝石晶片之间的热胀系数和晶格常数有极大的失配,因而降低外延层的质量和内量子效率;(2)蓝宝石晶片散热效率低;(3)成本高。

为解决以蓝宝石为生长衬底的大功率氮化镓基LED的散热问题,大量的研究投入垂直结构的氮化镓基LED,垂直结构的氮化镓基LED的两个电极分别层叠在支持衬底的两面。垂直结构的LED不但具备散热效率高的优点,而且具备电流分布均匀,电流密度大,电阻较低,正向电压较低,可靠性较高,光取出效率高等优点。欧斯郎(Osram)和日亚(Nichia)公司的生产工艺是在氮化镓基外延层生长完成之后,键合支持衬底,利用激光方法剥离蓝宝石生长衬底。但是,利用激光方法剥离蓝宝石的工艺复杂,成本高,尚未成熟,剥离蓝宝石的过程会降低外延层的质量。而且,激光方法不能应用于硅生长衬底。

为降低大功率LED的生产成本,一个成效显著的方法是使用大直径的生长衬底,但是,生产大直径的氮化镓,氮化铝,蓝宝石,氧化锌,和碳化硅晶片不但技术上有困难,而且成本很高,大直径的氮化镓,氮化铝,氧化锌,和碳化硅晶片都没有商业化。

硅晶片的优点如下：商品晶片直径大（因此生产成本进一步降低），导热率高，价格低（大约是蓝宝石的 1/10），质量高。因此，大量的研究工作集中于在硅晶片上生长氮化镓基 LED。但是，在硅晶片上生长氮化镓外延层的主要困难来源于氮化镓外延层和硅晶片之间的热胀系数和晶格常数的失配，该失配造成氮化镓外延层内的应力，该应力降低外延层的质量。氮化镓外延层和硅晶片之间的热胀系数的失配所造成氮化镓外延层内的应力产生于外延生长后的冷却过程，从外延生长的约 1050 摄氏度冷却到室温的约 20 摄氏度，约 1000 摄氏度的温度差在氮化镓外延层内产生应力，该应力产生位错和畸变，降低外延层的质量。另外，硅晶片吸收光。

为解决上述问题，生长于硅衬底上的导电的和绝缘的准氮化镓基生长衬底及其生长的技术和工艺被提出[美国专利，专利号：6, 649, 287, (2003)；中国专利申请，申请号：200410086564.8]，该准氮化镓基生长衬底具备直径大，质量高，散热效率高，和生产成本低，同时，避免上面提到的各种生长衬底的缺点。

本发明提供利用不同的中间媒介层，制造的导电的和绝缘的准氮化镓基生长衬底。导电的准氮化镓基生长衬底可以用于生长垂直结构的氮化镓基 LED，绝缘的准氮化镓基生长衬底可以用于生长横向(lateral)结构但具备高导热率的氮化镓基 LED，带有金属层的绝缘的准氮化镓基生长衬底可以用于生长新型的垂直结构的氮化镓基 LED[中国专利申请，申请号：200510000296.8]。

发明内容

利用硫化锌与硅(Si)之间的极小的晶格常数失配，本发明揭示利用不同的中间媒介层，生长高质量的导电的和绝缘的准氮化镓基生长衬底，以及低成本生

长的工艺方法。工艺方法的一个具体实施实例的主要工艺步骤如下：蚀刻硅衬底的上表面以形成纹理结构，层叠中间媒介层在纹理结构上，第一中间媒介层的材料包括：硫化锌，导电硫化锌，氮化铝，导电氮化铝，金属，氮化金属，硼镓氮，硼铝氮，低温氮化镓，导电低温氮化镓，然后，依次层叠氮化镓层或导电氮化镓层，反射/欧姆层或导电反射/欧姆层，第二中间媒介层，键合绝缘或导电支持衬底（导电支持衬底的暴露的一面上层叠第一电极），剥离硅衬底和第一中间媒介层，氮化镓层或导电氮化镓层暴露，形成准氮化镓基生长衬底。

当采用低熔点金属键合导电或绝缘支持衬底时，无需第二中间媒介层。

可以选用导电硅晶片或其它导电材料作为导电支持衬底，选用氮化铝陶瓷作为绝缘支持衬底。

使用硅晶片作为生长衬底和支持衬底带来巨大的好处：（1）硅晶片的直径大，因此，外延生长，光刻，层叠电极等工艺的生产率极大的提高，生产成本降低；（2）硅晶片的价格比蓝宝石，碳化硅，氧化锌生长衬底低，成本进一步降低；（3）硅晶片的导热性能优于蓝宝石，可以用于大功率氮化镓基 LED；（4）导电硅晶片可以用于制造导电准氮化镓基生长衬底。

使用氮化铝陶瓷作为绝缘支持衬底的好处是：（1）热涨系数的失配小，无需第二中间媒介层；（2）氮化铝陶瓷的导热率优于硅晶片。

本发明揭示的在硫化锌/硅衬底上生长导电的和绝缘的准氮化镓基生长衬底的技术和生产方法，可以应用于其他准生长衬底。

本发明的目的和能达到的各项效果如下：

- （1）本发明的目的是综合利用硫化锌与硅之间的晶格常数失配很小的优点，硅晶片的大直径和低价格的优点，以及垂直结构的 LED 的散热效率高，电流分布均匀，光取出效率高等优点，生产大直径，低价格，晶片缺陷密度低，

散热效率高的导电的和绝缘的准氮化镓基生长衬底。导电的准氮化镓基生长衬底可用于生长垂直结构的 LED，无需剥离生长衬底。绝缘的准氮化镓基生长衬底可用于生长导热率高的横向结构的大功率 LED，无需倒装焊。某些绝缘的准氮化镓基生长衬底可用于生长新型的垂直结构的 LED，无需剥离生长衬底。

(2) 由于下面的原因，本发明提供的导电的和绝缘的准氮化镓基生长衬底具有高质量：

- (a) 当把硅单晶考虑为六角(hexagonal)结构时，硫化锌与硅晶片之间的晶格常数失配很小。作为第一中间媒介层的第一层，硫化锌直接生长在硅晶片上。
- (b) 在有些第一中间媒介层的具体实施实例中，氮化镓层生长在硫化锌层上。氮化镓和硫化锌均是高度极化的(high polarity)，因此，氮化镓和硫化锌在长周期结构(long period structure)中是晶格匹配的，即畴匹配(domain match)。
- (c) 在有些准氮化镓基生长衬底的具体实施实例中，高温氮化镓层或导电高温氮化镓层生长在低缺陷密度的低温氮化镓或导电低温氮化镓或氮化铝缓冲层上。
- (d) 在图 1c，图 1d，图 1g，和图 1h 的工艺流程中，因为剥离生长衬底是在准氮化镓基生长衬底形成之前，所以，剥离过程不会降低后续生长于准氮化镓基生长衬底上的氮化镓外延层(包括发光层)的质量。在图 1a，图 1b，图 1e，和图 1f 的工艺流程中，不包括剥离生长衬底工艺。

- (e) 硅衬底的表面上的纹理结构最小化和局部化硫化锌层和硅衬底之间的热胀系数的不同所带来的效应[中国专利申请, 申请号: 200510008931.7], 该效应造成硫化锌层内的应力, 该应力降低硫化锌层的质量。
- (f) 在层叠第一中间媒介层时, 采用成份分层 (compositionally graded layer) 法以减轻晶格常数的失配的效应。
- (g) 在层叠氮化镓基外延层时, 采用贫镓/富镓两步法以提高氮化镓基外延层的质量。
- (h) 层叠第二中间媒介层以减轻后续生长氮化镓发光层时热胀系数的失配产生的应力。
- (i) 在图 1c, 图 1d, 图 1g, 和图 1h 的工艺流程中, 进行热处理时, 原始生长衬底已经剥离, 原始生长衬底对氮化镓基外延层的晶格的束缚力不再存在, 氮化镓基外延层回复到正常晶体结构, 因此晶格缺陷降低。

(3) 本发明的反射/欧姆层提高光取出效率。

(4) 本发明使用具有高导热率的硅晶片或其它材料作为支持衬底, 热传导效率高。

(5) 本发明采用硅晶片作为生长衬底, 剥离硅晶片的工艺很成熟。

本发明和它的特征及效益将在下面的详细描述中更好的展示。

附图说明

图 1a 至图 1d 分别展示本发明的在大直径的硅衬底上低成本生长高质量的绝缘的准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第一至第四组具体实施实例。

图 1e 至图 1h 分别展示是本发明的在大直径的硅衬底上低成本生长高质量的

导电的准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第一至第四组具体实施实例。

图 2a 至图 2d 分别是本发明的采用图 1a 的工艺流程生长的高质量绝缘的准氮化镓基生长衬底的第一至第四组具体实施实例。

图 2e 至图 2h 分别是本发明的采用图 1b 的工艺流程生长的高质量绝缘的准氮化镓基生长衬底的第五至第八组具体实施实例。

图 2i 至图 2m 分别是本发明的采用图 1c 的工艺流程生长的高质量绝缘的准氮化镓基生长衬底的第九至第十二组具体实施实例。

图 2n 和图 2p 分别是本发明的采用图 1d 的工艺流程生长的高质量绝缘的准氮化镓基生长衬底的第十三组和第十四组具体实施实例。

图 2q 是本发明的采用图 1e 的工艺流程生长的高质量导电的准氮化镓基生长衬底的第一组具体实施实例。

图 2r 是本发明的采用图 1f 的工艺流程生长的高质量导电的准氮化镓基生长衬底的第二组具体实施实例。

图 2s 和图 2t 分别是本发明的采用图 1g 的工艺流程生长的高质量导电的准氮化镓基生长衬底的第三组和第四组具体实施实例。

图 2u 是本发明的采用图 1h 的工艺流程生长的高质量导电的准氮化镓基生长衬底的第五组具体实施实例。

图 3a 到图 3s 是本发明的第一中间媒介层的一些具体实施实例的截面图。

具体实施实例和发明的详细描述

虽然本发明的具体化实施实例将会在下面被描述，但下列各项描述只是说明本发明的原理，而不是局限本发明于下列各项具体化实施实例的描述。

注意下列各项：在本发明中，

- (1) 在图中和描述中，相同的数字代表相同的工艺流程或相同的结构。
- (2) 图 1 展示的生产高质量的导电的和绝缘的准氮化镓基生长衬底的技术和工艺可以应用于其它的准生长衬底的生产。
- (3) “氮化镓基”包括由元素镓，铝，铟，氮，硼，磷所组成的二元系，三元系，四元系，等，例如，氮化镓 (GaN)，硼镓氮 (BGaN)，铝镓氮 (AlGaN)，铟镓氮 (InGaN)，等。
- (4) 生长衬底的材料包括，但不限于，硅晶片，导电硅晶片，等。硅晶片的晶体平面的取向可以是，但不限于，(111)。
- (5) 生长衬底的一面可以具有由蚀刻形成的纹理结构。蚀刻方法包括湿法和干法。湿法化学蚀刻的一个具体实施实例：使用 NH_4OH 和 HF 的醋酸溶液蚀刻硅晶片。干法蚀刻的一个具体实施实例：等离子体（包括 ICP）蚀刻硅晶。
- (6) 为了在外延生长时，本发明的硅生长衬底的边缘不会向上翘起，可以使用，但不限于，下述方法：(1) 非刚性固定硅生长衬底于一个导热良好的托盘上。托盘的材料包括，但不限于，钼。非刚性固定的方法包括，但不限于，低熔点金属键合，非刚性机械夹具，或两者的组合。(2) 硅晶片具有较高的热导率，使用较厚的硅生长衬底。(3) 上述方法的组合。
- (7) 第一中间媒介层包括单层或多层结构，每层的材料由一组材料选出，该组材料包括，但不限于：(A) 元素氮，硫，锌，铝，硼，镓的二元系和三元系，等，包括，但不限于：硫化锌，导电硫化锌，氮化铝，导电氮化铝（掺杂硅），低温氮化镓，导电低温氮化镓，铝镓氮，导电铝镓氮，硼镓氮，硼铝氮，及它们的组合；(B) 低熔点金属，低熔点金属包括，但不限于，铟，镉，和锡，等；(C) 高熔点金属，高熔点金属包括，但不限于，金，钨，钽，钼，钒，钛，铬，等，及它们的组合；(D) 氮化金属，包

- 括，但不限于，氮化锆，氮化铪，氮化钛，氮化钛锆，等；(E) 上述材料(A)，(B)，(C)，和(D)的组合。
- (8) 层叠低熔点金属层和高熔点金属层的方法包括，但不限于，真空蒸镀，真空溅镀(sputtering)，电镀，化学镀，等。
- (9) 第一中间媒介层的三元系(例如，硼铝氮，等)具有成份分层结构：在该层的不同深度，每种成份之间的比例不同。例如，当第一中间媒介层的硼铝氮层层叠在硫化锌层上时，硼铝氮层的表面层的各种成份之间的比例使得硼铝氮层与硫化锌层之间的晶格常数的差别最小，逐渐改变硼铝氮层的各种成份之间的比例，使得硼铝氮层与后续生长于其上的外延层之间的晶格常数的差别最小。
- (10) 氮化镓基外延层和第一中间媒介层中的低温氮化镓层的生长方法包括，但不限于，贫镓/富镓两步生长法：在镓元素按化学计量少于氮元素的条件下，生长氮化镓层和氮化镓基外延层，由此得到的氮化镓层的表面粗糙，但是可以减少位错和畸变；然后，在镓元素按化学计量多于氮元素的条件下，继续生长氮化镓层和氮化镓基外延层，由此生长的氮化镓层的表面平滑，晶体质量高。
- (11) 第一中间媒介层中的低熔点金属层的功能：低熔点金属层层叠在硅生长衬底上，高熔点金属层层叠在低熔点金属层上。在剥离硅生长衬底的工艺中，直接加热，使低熔点金属层熔化，即可分离硅生长衬底和第一中间媒介层。
- (12) 反射/欧姆层的材料包括，但不限于，分布布拉格反射器(DBR)，金，铯，镍，铂，钯，等高反射率的金属及其组合，组合包括，但不限于，镍

/金(Ni/Au)，钯/金(Pd/Au)，钯/镍(Pd/Ni)。层叠反射/欧姆层的方法包括，但不限于，真空蒸镀，真空溅镀，化学镀，电镀，外延生长，等。

- (13) 第二中间媒介层包括单层或多层结构，每层的材料由一组低熔点金属材料选出，该组材料包括，但不限于，铟，锡，镉，银，金锡等金属或合金。第二中间媒介层层叠在反射/欧姆层和支持衬底之间。低熔点金属层的功能：当外延生长结束，温度降低，低熔点金属层凝固，温度继续降到约 20 摄氏度室温。在较小的温度差的范围内，外延层和支持衬底之间的热胀系数的差别造成应力， 但此应力小，该应力对外延层的质量的影响小。
- (14) 导电支持衬底的材料包括，但不限于，导电硅晶片，导电金属薄膜，导电薄膜。
- (15) 绝缘支持衬底的材料包括，但不限于，硅晶片，氮化铝陶瓷，等。
- (16) 剥离生长衬底的工艺：当第一中间媒介层不包括金属层时，剥离生长衬底和第一中间媒介层的方法包括，但不限于，精密机械研磨/抛光，选择性湿法或干法蚀刻，及它们的组合（例如，精密机械研磨生长衬底到一定的厚度，例如 10 微米，然后采用湿法或干法蚀刻剩余部分）。当第一中间媒介层包括金属层时，可直接加热，使金属层熔化，即可分离生长衬底和第一中间媒介层，然后利用选择性蚀刻腐蚀第一中间媒介层中的其它层。
- (17) 剥离生长衬底后，氮化镓层暴露，进行热处理，因为此时造成氮化镓层缺陷的生长衬底已被剥离，造成缺陷的外力已不存在，在适当的温度和时间下，氮化镓基外延层回复到正常晶体结构，氮化镓层的晶格缺陷（defect）密度降低。

图 1a 展示本发明的低成本的批量生产绝缘的准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第一个具体实施实例。

工艺流程 101: 在硅生长衬底的一面上蚀刻纹理结构, 纹理结构使得硅生长衬底和第一中间媒介层之间的热胀系数的失配所造成的应力局部化并互相抵消一部分, 因而, 减少位错, 提高外延层的质量。

工艺流程 102: 第一中间媒介层层叠在硅晶片有纹理结构的一面上。

在硅晶片上外延生长氮化镓外延层的最大问题在于晶格常数和热胀系数的失配, 引入第一中间媒介层将晶格常数和热胀系数的失配的效应降低到最小。第一中间媒介层包括单层或多层结构, 每层的材料由一组材料选出, 该组材料包括, 但不限于: (A) 元素氮, 硫, 锌, 铝, 硼, 镓的二元系, 三元系, 和四元系, 包括, 但不限于: 硫化锌, 导电硫化锌, 氮化铝, 导电氮化铝 (掺杂硅), 低温氮化镓, 导电低温氮化镓, 铝镓氮, 导电铝镓氮, 硼镓氮, 硼铝氮, 及它们的组合; (B) 低熔点金属, 低熔点金属包括, 但不限于, 铟, 锡, 镉, 银, 金, 锡等金属或合金; (C) 高熔点金属, 高熔点金属包括, 但不限于, 金, 钨, 钽, 钼, 钒, 钛, 铬, 及它们的组合; (D) 氮化金属, 包括, 但不限于, 氮化钨, 氮化钽, 氮化钼, 等; (E) 上述材料 (A), (B), (C), 和 (D) 的组合。

工艺流程 102 的第一个具体实施实例: 在硅晶片上生长硫化锌或导电硫化锌。

具体实施实例 1。硅生长衬底放在真空蒸镀 (vacuum vapor deposition) 或电子束溅镀 (electron beam deposition) 设备中, 在温度 150-250 摄氏度下, 利用 3N-硫化锌源 (pellet), 蒸镀 1 到 500 纳米厚度硫化锌。然后在 800 到 1000 摄氏度退火。

具体实施实例 2。硅生长衬底放在脉冲激光溅镀 (Pulsed Laser Deposition:

PLD) 设备中, 在温度 700-800 摄氏度下, 蒸镀 1 到 500 纳米厚度硫化锌。

具体实施实例 3。放在分子束外延生长设备 (Molecular-beam epitaxy, MBE) 中, 在温度 350-450 摄氏度下, 利用二乙基锌 (diethylzinc, DEZn) 和 ditertiarybutyl sulfide (DtBS) 分别作为锌源和硫源, 生长 1 到 500 纳米厚度硫化锌。

在生长过程中, 选择掺杂元素, 得到 P-类型或 N-类型导电硫化锌层。

工艺流程 102 的第二个具体实施实例: 在硫化锌层上生长氮化铝/导电氮化铝。带有硫化锌层的生长衬底放在金属有机物化学气相淀积炉 (MOCVD) 中, 在大气压下, 使用三甲脂铝 (trimethylaluminum, TMA), 和氨气。在 1000-1250 摄氏度, 生长厚度为 1 到 500 纳米的有平滑表面的氮化铝在硫化锌层上。在生长过程中, 选择掺杂元素, 例如, 硅, 得到 N-类型导电氮化铝层。

工艺流程 102 的第三个具体实施实例: 在硫化锌层上利用成份分层方法生长硼铝氮: 氮化铝/硼铝氮 ($B_xAl_{1-x}N$)。在 MOCVD 中, 在大气压下, 温度为 1050-1150 摄氏度, 使用三甲脂铝 (TMA), 三乙基硼 (TEB), 和氨气, 在硫化锌层上生长硼铝氮。硼铝氮具有成份分层结构: 在该层的不同深度, 硼和铝的成份不同, 即不同的 “x” 的值。在与硫化锌层接触的硼铝氮层, 选择 “x” 的值, 使得硼铝氮层和硫化锌层之间的晶格常数的差别最小。然后 “x” 的值逐步减低直到 0, 即从硼铝氮 ($B_xAl_{1-x}N$) 过渡成氮化铝。“x” 的值可以连续变化, 也可以不连续变化。

工艺流程 102 的第四个具体实施实例: 在硫化锌层上层叠金属氮化物/金属, 例如, 氮化铝/铝。首先在硫化锌层上层叠厚度为几个单原子层 (monolayer) 到几个纳米的铝, 再使用工艺流程 102 的第二个具体实施实例的方法继续生长氮化铝。另一具体实施实例: 层叠铝层后, 氮化所形成的铝层, 得到氮化铝层。

工艺流程 102 的第五个具体实施实例: 氮化铝/钛/铟。在硫化锌层上层叠一

层铟，再层叠一层钛，氮化铝生长在钛层上。

注意，本具体实施实例中的钛，可以由铪，铪，锆，钒，铬，金，及它们的组合替换。

工艺流程 102 的第六个具体实施实例：氮化铝/氮化钛/钛/铟。在硫化锌层上层叠一层铟，再层叠一层钛，放入 MOCVD 中，在 1000-1100^o C，通入氨气和氢气，在钛层的表面形成氮化钛层。在氮化钛层上继续生长氮化铝。

工艺流程 102 的第七个具体实施实例：金属。在硫化锌层上层叠一层高熔点金属，高熔点金属层的材料包括，但不限于，金，铪，铪，锆，钒，钛，铬，及它们的组合，层叠的方法包括，但不限于，真空蒸发法，真空溅镀，磁控溅镀。氮化铝生长在高熔点金属层上。

工艺流程 102 的第八个具体实施实例：低温氮化镓/导电低温氮化镓。在 MOCVD 中，400-650^oC 温度下，生长厚度为 10-2000 埃的氮化镓层作为中间媒介层的表面层。采用贫镓/富镓两步法生长中间媒介层的氮化镓层：两步法包括两个步骤：在镓元素按化学计量少于氮元素的条件下，例如镓元素与氮元素按化学计量的比小于 1，生长氮化镓层，由此得到的氮化镓层的表面粗糙，但是可以减少位错和畸变；然后，在镓元素按化学计量多于氮元素的条件下，继续生长氮化镓层，由此生长的氮化镓层的表面平滑，晶体质量高。

工艺流程 103：热处理。

利用图 1a 的工艺，制造图 2a 到图 2d 所示的绝缘的准氮化镓基生长衬底。

图 2a 展示绝缘准氮化镓基生长衬底的第一组具体实施实例：第一中间媒介层包括低温氮化镓层 203 和第一中间媒介层的其他层 202。第一中间媒介层的其他层 202 层叠在硅生长衬底 201 上。低温氮化镓层 203 作为第一中间媒介层的表面层层叠在第一中间媒介层的其他层 202 上。

图 3d, 3g, 3i, 3m, 3p, 3q, 3r, 3s 展示的第一中间媒介层的一些具体实施实例都可以作为图 2a 所展示的绝缘准氮化镓基生长衬底的第一中间媒介层的具体实施实例。

图 2b 展示绝缘准氮化镓基生长衬底的第二组具体实施实例：第一中间媒介层包括金属层 205，导电低温氮化镓层 206，和第一中间媒介层的其他层 204。第一中间媒介层的其他层 204 层叠在硅生长衬底 201 上。金属层 205 层叠在第一中间媒介层的其他层 204 上，导电低温氮化镓层 206 作为第一中间媒介层的表面层层叠在金属层 205 上。

图 3g 展示的第一中间媒介层的具体实施实例可以作为图 2b 所展示的绝缘准氮化镓基生长衬底的第一中间媒介层的一个具体实施实例。

图 2c 展示绝缘的准氮化镓基生长衬底的第三个具体实施实例：第一中间媒介层包括金属层 205，导电低温氮化镓层 206，和第一中间媒介层的其他导电层 207。金属层 205 层叠在硅生长衬底 201 上。第一中间媒介层的其他导电层 207 层叠在金属层 205 上，导电低温氮化镓层 206 作为第一中间媒介层的表面层层叠在第一中间媒介层的其他导电层 207 上。

图 2d 展示绝缘的准氮化镓基生长衬底的第四个具体实施实例：第一中间媒介层包括金属层 205，第一中间媒介层的其他层 208，第一中间媒介层的其他导电层 209，和导电低温氮化镓层 206。第一中间媒介层的其他层 208 层叠在硅生长衬底 201 上，金属层 205 层叠在第一中间媒介层的其他层 208 和第一中间媒介层的其他导电层 209 之间，导电低温氮化镓层 206 作为第一中间媒介层的表面层层叠在第一中间媒介层的其他导电层 209 上。

图 3m, 3n, 3p, 3s 展示的第一中间媒介层的一些具体实施实例都可以作为图 2d 所展示的绝缘准氮化镓基生长衬底的第一中间媒介层的具体实施实例。

图 2a 所示的准氮化镓基生长衬底可以用于生长大功率高热导的横向结构的氮化镓基 LED。图 2b, 图 2c, 和图 2d 所展示的绝缘准氮化镓基生长衬底可以用于生长大功率高热导的新型垂直结构的氮化镓基 LED。

图 1b 展示本发明的低成本的批量生产绝缘准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第二个具体实施实例。工艺流程 101 和 112 与图 1a 展示的准氮化镓基生长衬底的工艺流程 101 和 102 基本相同, 唯一不同是工艺流程 112 并不要求低温氮化镓层作为第一中间媒介层的表面层。

工艺流程 113。在第一中间媒介层的表面层上, 生长高温导电的或绝缘的氮化镓层。生长的方法包括, 但不限于: 贫镓/富镓两步法。

利用图 1b 的工艺, 制造图 2e 到图 2h 所示的绝缘的准氮化镓基生长衬底。

图 2e 展示绝缘准氮化镓基生长衬底的第五个具体实施实例: 第一中间媒介层 210 层叠在硅绝缘生长衬底 201 上, 氮化镓层 211 层叠在第一中间媒介层 210 上。第一中间媒介层 210 与第一中间媒介层的其他层 202 基本相同, 唯一的不同是第一中间媒介层 210 并不要求低温氮化镓层作为第一中间媒介层的表面层。

图 3 展示的第一中间媒介层的所有具体实施实例都可以作为图 2e 所展示的绝缘准氮化镓基生长衬底的第一中间媒介层的具体实施实例。

图 2f 展示绝缘准氮化镓基生长衬底的第六个具体实施实例: 第一中间媒介层层叠在硅生长衬底 201 上, 导电氮化镓层 213 层叠在第一中间媒介层上。第一中间媒介层包括金属层 205 作为第一中间媒介层的表面层, 金属层 205 层叠在第一中间媒介层的其他层 212 上。

图 3b 展示的第一中间媒介层的具体实施实例可以作为图 2e 所展示的绝缘准氮化镓基生长衬底的第一中间媒介层的具体实施实例。

图 2g 展示绝缘准氮化镓基生长衬底的第七个具体实施实例: 第一中间媒介层

层叠在硅生长衬底 201 上，导电氮化镓层 213 层叠在第一中间媒介层上。第一中间媒介层包括金属层 205 和第一中间媒介层的其他导电层 214。金属层 205 层叠在硅绝缘生长衬底 201 上，第一中间媒介层的其他导电层 214 层叠在金属层 205 上。导电氮化镓层 213 层叠在第一中间媒介层的其他导电层 214 上。

图 2h 展示绝缘的准氮化镓基生长衬底的第八个具体实施实例：第一中间媒介层层叠在硅生长衬底 201 上，导电氮化镓层 213 层叠在第一中间媒介层上。第一中间媒介层包括金属层 205，第一中间媒介层的其他层 215，和第一中间媒介层的其他导电层 216。第一中间媒介层的其他层 215 层叠在硅生长衬底 201 上，金属层 205 层叠在第一中间媒介层的其他层 215 和第一中间媒介层的其他导电层 216 之间，导电氮化镓层 213 层叠在第一中间媒介层的其他导电层 216 上。

图 3g, 3h, 3m, 3n, 3p, 3s 展示的第一中间媒介层的一些具体实施实例都可以作为图 2h 所展示的绝缘准氮化镓基生长衬底的第一中间媒介层的具体实施实例。

图 2e 所示的准氮化镓基生长衬底可以用于生长大功率高热导的氮化镓基 LED。图 2f, 图 2g, 和图 2h 所展示的绝缘准氮化镓基生长衬底可以用于生长大功率高热导的新型垂直结构的氮化镓基 LED。

图 1c 展示本发明的低成本的批量生产绝缘准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第三个具体实施实例。工艺流程 101 和 102 与图 1a 展示的准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第一个具体实施实例相同。

工艺流程 123。采用工艺流程 101 和 102 生长的准氮化镓基生长衬底具有导电的或绝缘的低温氮化镓层作为表面层，层叠反射/欧姆层在导电的或绝缘的低温氮化镓层上，反射/欧姆层的材料包括，但不限于，金，铯，镍，铂，钯，等高反射率的金属及其组合，组合包括，但不限于，镍/金(Ni/Au)，钯/金(Pd/Au)，

钯/镍 (Pd/Ni)。层叠反射/欧姆层的方法包括,但不限于,真空蒸镀,真空溅镀,化学镀,电镀,外延生长,等。

反射/欧姆层也可以包括分布布拉格反射器 (DBR)。

在反射/欧姆层上层叠第二中间媒介层,第二中间媒介层的材料是低熔点金属,包括,但不限于,铟,锡,等。层叠的方法包括,但不限于,真空蒸镀,真空溅镀,化学镀,电镀,外延生长,等。

工艺流程 124。层叠绝缘的支持衬底在第二中间媒介层上。绝缘的支持衬底的材料包括,但不限于,硅晶片,氮化铝陶瓷,等。层叠的方法包括,但不限于,晶片键合,等。

工艺流程 125。剥离硅生长衬底和第一中间媒介层的其他层,低温氮化镓层暴露。

工艺流程 126。热处理。进行热处理时,因为造成低温氮化镓层缺陷的生长衬底已被剥离,在氮化镓层内造成缺陷的外力已不存在,因此,低温氮化镓层的缺陷密度降低。

工艺流程 127。在低温氮化镓层上外延生长导电或绝缘氮化镓层。生长的方法包括,但不限于:贫镓/富镓两步法。

利用图 1c 的工艺,制造图 2i 到图 2m 所示的绝缘准氮化镓基生长衬底。

图 2i 展示绝缘的准氮化镓基生长衬底的第九个具体实施实例:第二中间媒介层 219 层叠在绝缘的支持衬底 218 上,反射/欧姆层 220 层叠在第二中间媒介层 219 和低温氮化镓层 203 之间。其中,反射/欧姆层 220 和低温氮化镓层 203 不必是导电的,例如,反射/欧姆层 220 是非导电的分布布拉格反射器。没有进行工艺流程 127。

图 2j 展示绝缘的准氮化镓基生长衬底的第十个具体实施实例:第十个具体实

施实例与第九个具体实施实例基本相同，唯一的不同是氮化镓层 211 外延生长在低温氮化镓层 203 上。

图 2k 展示绝缘的准氮化镓基生长衬底的第十一个具体实施实例：第二中间媒介层 219 层叠在绝缘的支持衬底 218 上，导电反射/欧姆层 221 层叠在第二中间媒介层 219 和导电低温氮化镓层 206 之间。

图 2m 展示绝缘的准氮化镓基生长衬底的第十二个具体实施实例：第十二个具体实施实例与第十一个具体实施实例基本相同，唯一的不同是导电氮化镓层 222 外延生长在导电低温氮化镓层 206 上。

具有绝缘支持衬底的图 2i 和图 2j 所示的准氮化镓基生长衬底可以用于生长大功率高热导的氮化镓基 LED。图 2k 和图 2m 所展示的绝缘准氮化镓基生长衬底可以用于生长大功率高热导的新型垂直结构的氮化镓基 LED。

图 1d 展示本发明的低成本批量生产绝缘的准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第四个具体实施实例。工艺流程 101, 123, 124, 和 126 与图 1c 展示的准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第三个具体实施实例相同。工艺流程 112 和 113 与图 1b 展示的准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第二个具体实施实例相同。

工艺流程 136。剥离硅或蓝宝石生长衬底和第一中间媒介层，氮化镓层或导电氮化镓层暴露。

利用图 1d 的工艺，制造图 2n 到图 2p 所示的绝缘准氮化镓基生长衬底。

图 2n 展示绝缘的准氮化镓基生长衬底的第十三个具体实施实例：第十三个具体实施实例与第十个具体实施实例基本相同，但没有低温氮化镓层 203。

图 2p 展示绝缘的准氮化镓基生长衬底的第十四个具体实施实例：第十四个具体实施实例与第十二个具体实施实例基本相同，但没有导电低温氮化镓层 206。

具有绝缘支持衬底的图 2n 所示的准氮化镓基生长衬底可以用于生长大功率高

热导的氮化镓基 LED。图 2p 所展示的绝缘准氮化镓基生长衬底可以用于生长大功率高热导的新型垂直结构的氮化镓基 LED。

图 2i 到图 2p 展示的绝缘的准氮化镓基生长衬底也可以不包括第二中间媒介层，尤其是使用氮化铝陶瓷作为绝缘的支持衬底。

图 1e 展示本发明的低成本的批量生产导电准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第一个具体实施实例。工艺流程 141 和 142 与图 1a 展示的工艺流程 101 和 102 基本相同。但是，生长衬底，第一中间媒介层，和低温氮化镓层都是导电的。

利用图 1e 的工艺，制造图 2q 所示的导电准氮化镓基生长衬底。

图 2q 展示导电准氮化镓基生长衬底的第一个具体实施实例：导电第一中间媒介层的其它层 224 层叠在导电硅生长衬底 223 上，导电低温氮化镓层 206 层叠在导电第一中间媒介层的其它层 224 上。

图 1f 展示本发明的低成本的批量生产导电准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第二个具体实施实例。工艺流程 152 和 153 与图 1b 展示的工艺流程 112 和 113 基本相同。但是，生长衬底，第一中间媒介层，和氮化镓层都是导电的。

利用图 1f 的工艺，制造图 2r 所示的导电准氮化镓基生长衬底。

图 2r 展示导电准氮化镓基生长衬底的第二个具体实施实例：导电的第一中间媒介层 225 层叠在导电硅生长衬底 223 上，导电氮化镓层 222 层叠在导电的第一中间媒介层 225 上。

图 1g 展示本发明的低成本的批量生产导电准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第三个具体实施实例。工艺流程 162, 163, 164, 165, 167 分别与图 1c 展示的工艺流程 102, 123, 124, 125, 127 基本相同，不同之处是，第一中间媒介层中的低温氮化镓层，第二中间媒介层，反射/欧姆层，支持衬底，和氮化镓层都是导电的。具有良好的导电和导热性能的支持衬底，层叠在导电第二中间媒

介层上。导电支持衬底的材料包括，但不限于，金属薄膜，导电硅晶片等。对于金属薄膜支持衬底，层叠的方法包括，但不限于，电镀，化学镀，真空蒸发法，真空溅镀，和金属薄膜/晶片键合等。对于导电硅晶片支持衬底，层叠的方法包括，但不限于，晶片键合。

利用图 1g 的工艺，制造图 2s 和图 2t 所示的导电准氮化镓基生长衬底。

图 2s 展示导电准氮化镓基生长衬底的第三个具体实施实例：导电的第二中间媒介层 219 层叠在导电的支持衬底 226 和导电反射/欧姆层 221 之间，导电低温氮化镓层 206 层叠在导电反射/欧姆层 221 上。第三个具体实施实例采用图 1g 的工艺，但是不包括工艺步骤 167。

图 2t 展示导电准氮化镓基生长衬底的第四个具体实施实例：导电的第二中间媒介层 219 层叠在导电的支持衬底 226 和导电反射/欧姆层 221 之间，导电低温氮化镓层 206 层叠在导电反射/欧姆层 221 和导电氮化镓层 222 之间。

图 2q 到图 2t 展示的导电准氮化镓基生长衬底可用于生长大功率垂直结构的氮化镓基 LED。

图 1h 展示本发明的低成本的批量生产导电准氮化镓基生长衬底的工艺流程的第四个具体实施实例。工艺流程 173, 163, 164, 和 176 分别与图 1d 展示的工艺流程 113, 123, 124, 和 136 基本相同，不同之处是，反射/欧姆层，支持衬底，和氮化镓层都是导电的。

利用图 1h 的工艺，制造图 2u 所示的导电准氮化镓基生长衬底。

图 2u 展示导电准氮化镓基生长衬底的第五个具体实施实例：导电的第二中间媒介层 219 层叠在导电的支持衬底 226 和导电反射/欧姆层 221 之间，导电氮化镓层 222 层叠在导电反射/欧姆层 221 上。

图 2u 所展示的导电准氮化镓基生长衬底可以用于生长大功率垂直结构的氮化

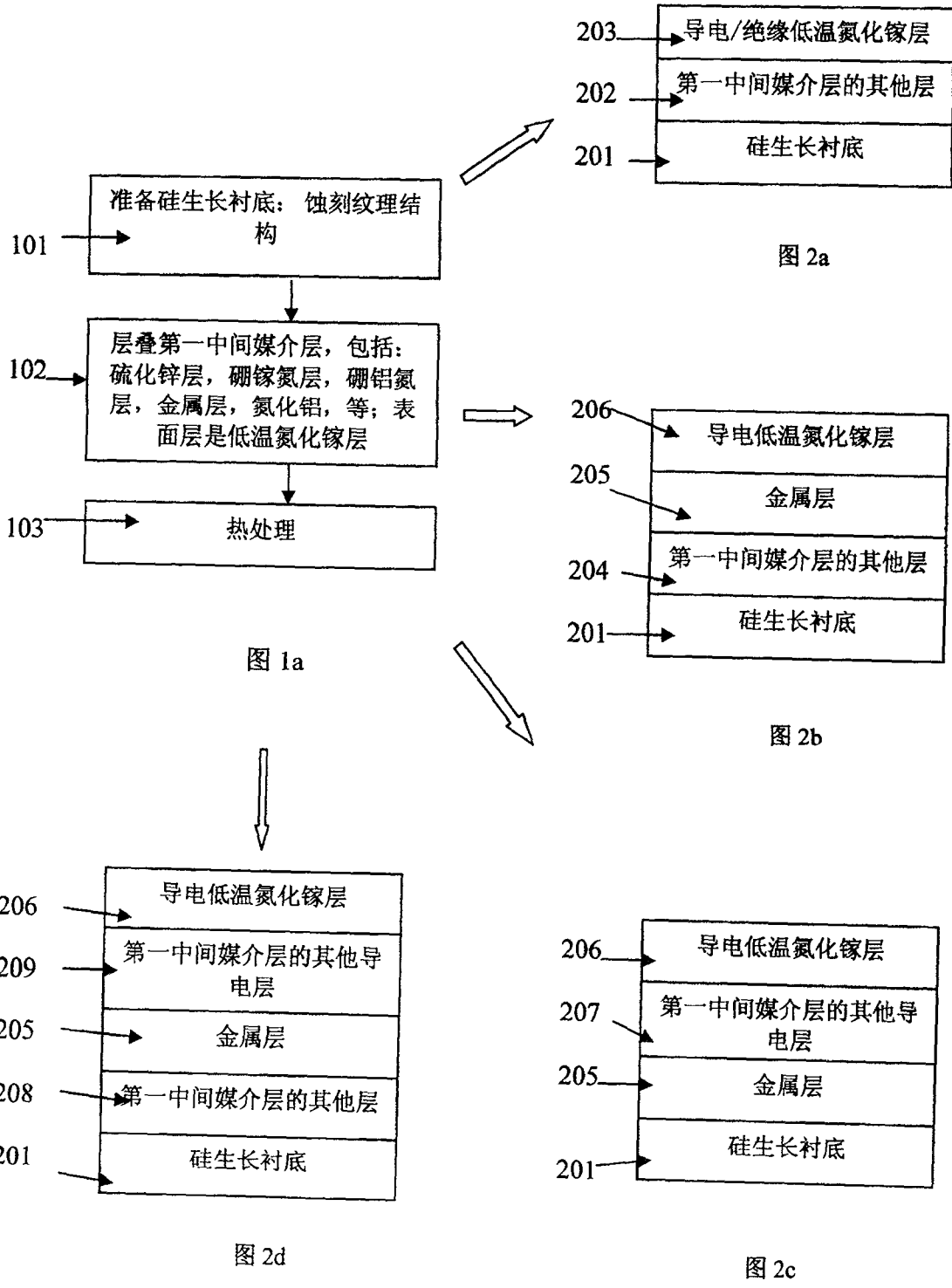
镓基 LED。

图 3a 到图 3s 展示不同的第一中间媒介层的结构。

图 3a 展示的第一中间媒介层具有单层结构，只包括硫化锌或导电硫化锌层，生长在硅晶片或导电硅晶片上。氮化镓层或导电氮化镓层生长在硫化锌或导电硫化锌层上以形成准氮化镓基生长衬底。

图 3b 到图 3s 展示的第一中间媒介层具有多层结构，是下列材料的各种组合：硫化锌，导电硫化锌层，金属层，氮化铝，导电氮化铝，低温氮化镓，导电低温氮化镓，硼铝氮，硼镓氮，氮化锆，氮化铪，氮化钛，氮化钛锆，等。其中硫化锌或导电硫化锌层生长在硅晶片或导电硅晶片上，第一中间媒介层的其它层生长在硫化锌或导电硫化锌层上。氮化镓层或导电氮化镓层生长在第一中间媒介层上以形成准氮化镓基生长衬底。

上面的具体的描述并不限制本发明的范围，而只是提供一些本发明的具体化的例证。因此本发明的涵盖范围应该由权利要求和它们的合法等同物决定，而不是由上述具体化的详细描述和实施实例决定。



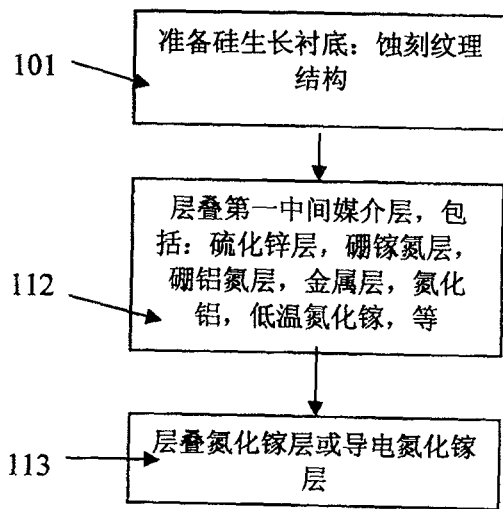


图 1b

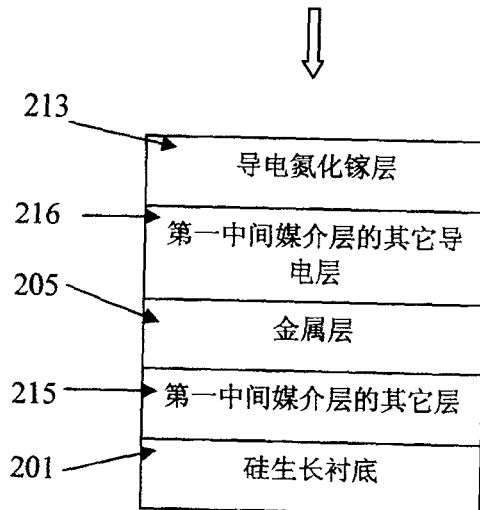


图 2h

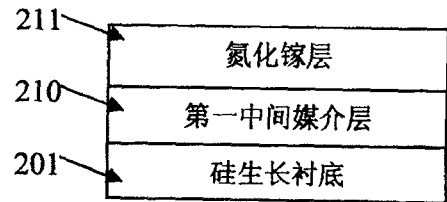


图 2e

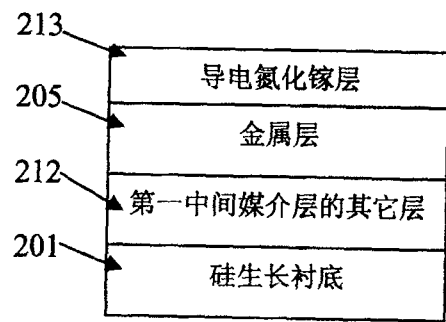


图 2f

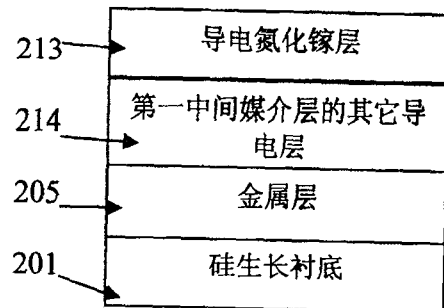


图 2g

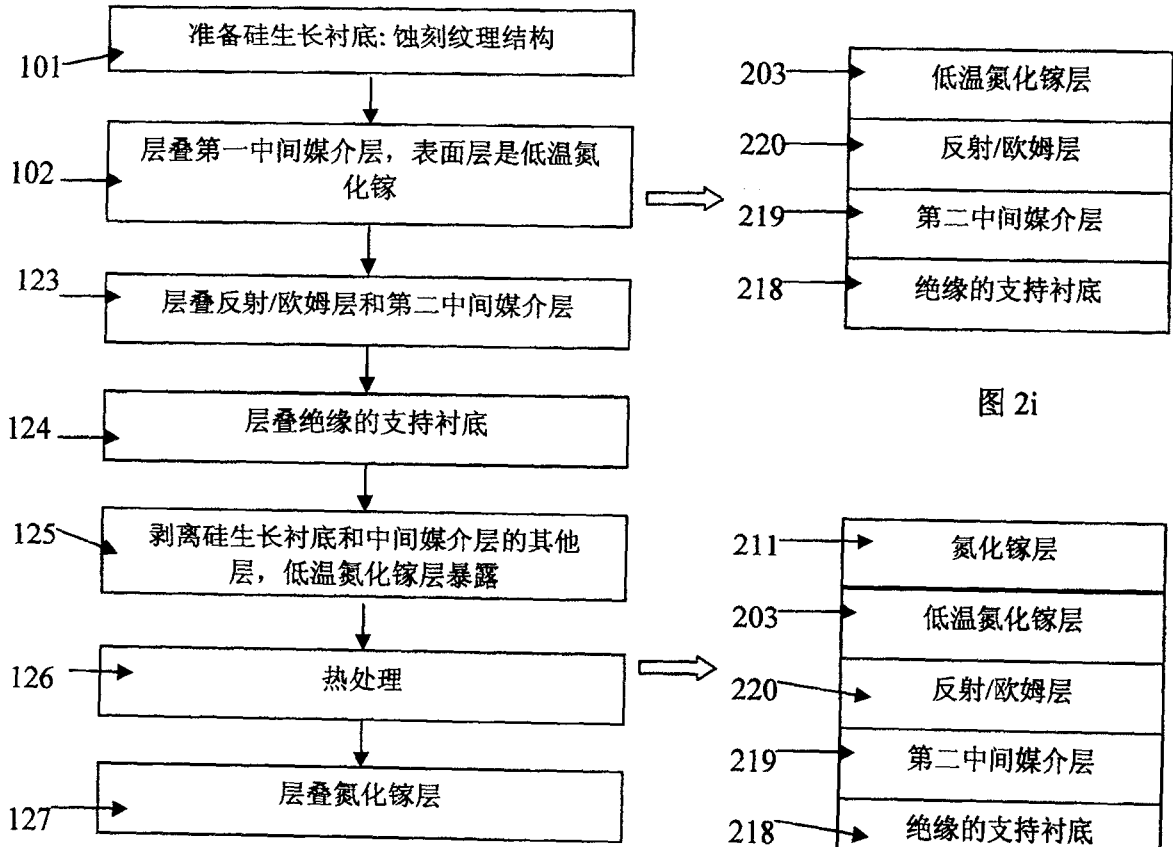


图 1c

图 2i

图 2j

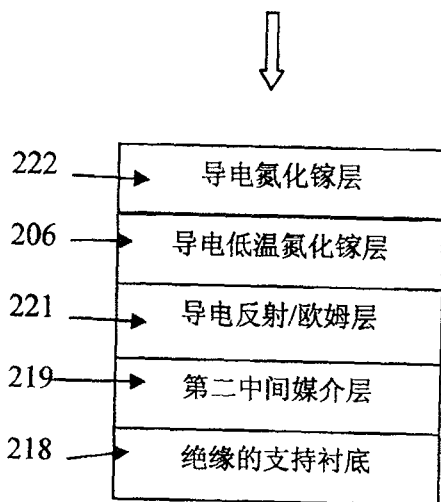


图 2m

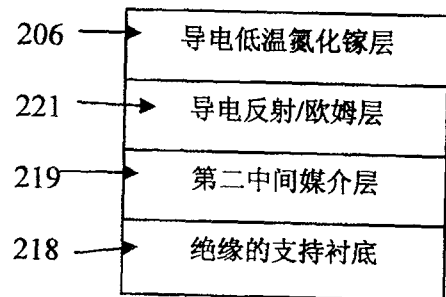


图 2k

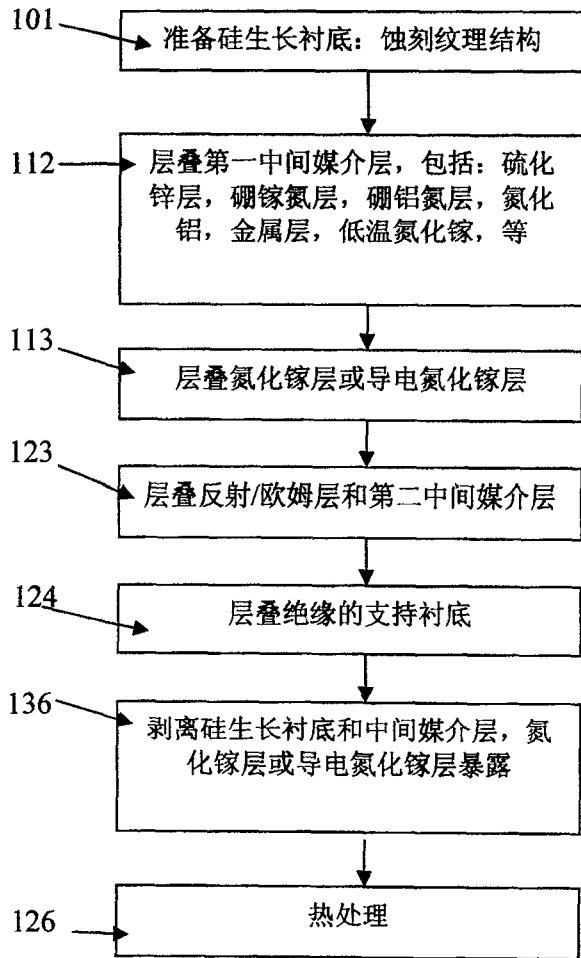


图 1d

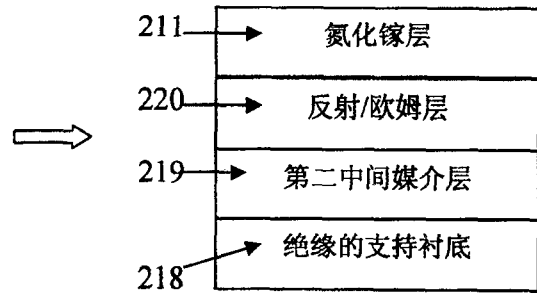


图 2n

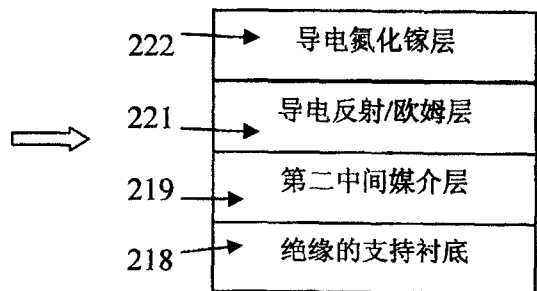


图 2p

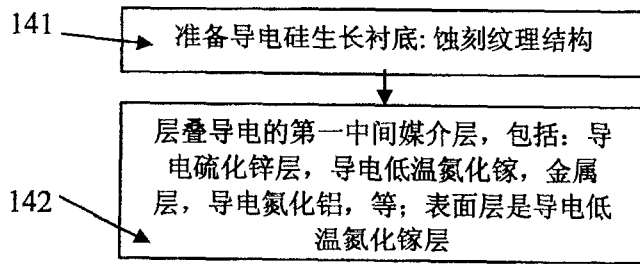


图 1e

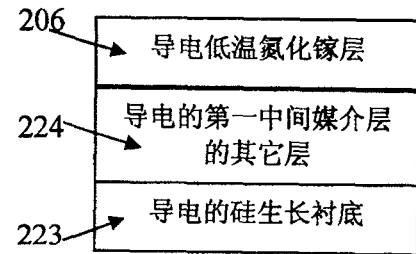


图 2q

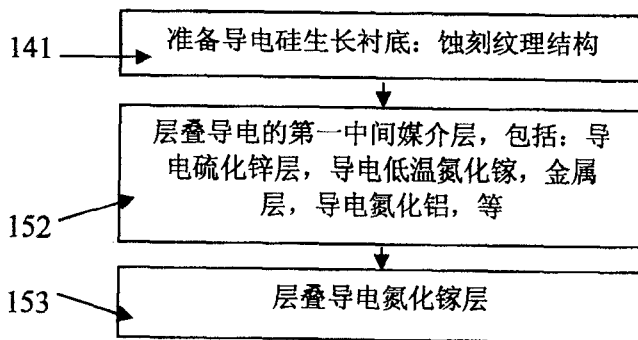


图 1f

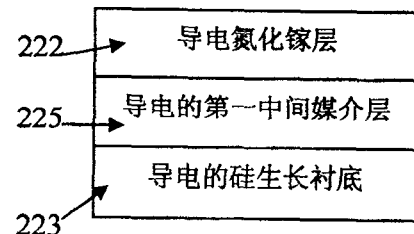


图 2r

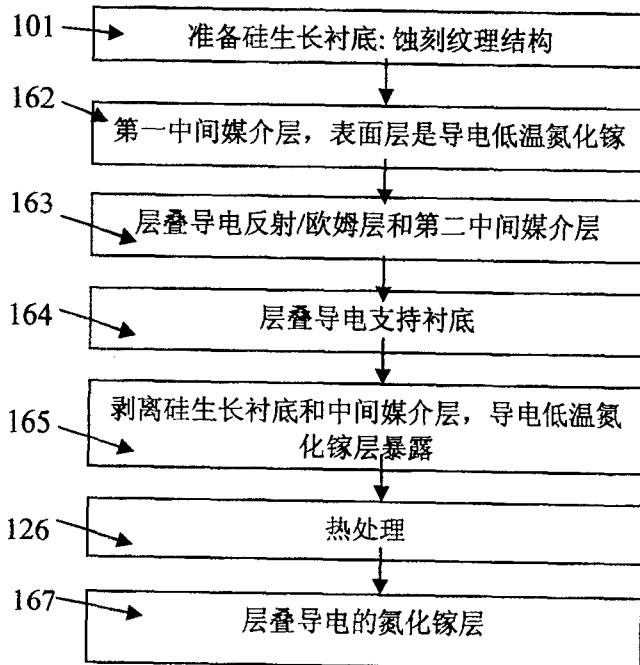


图 1g

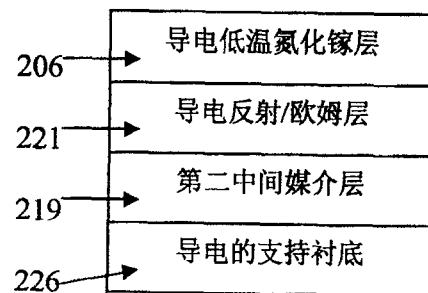


图 2s

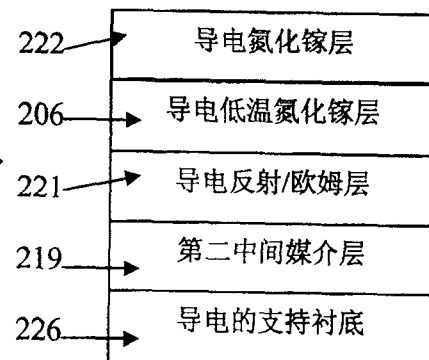


图 2t

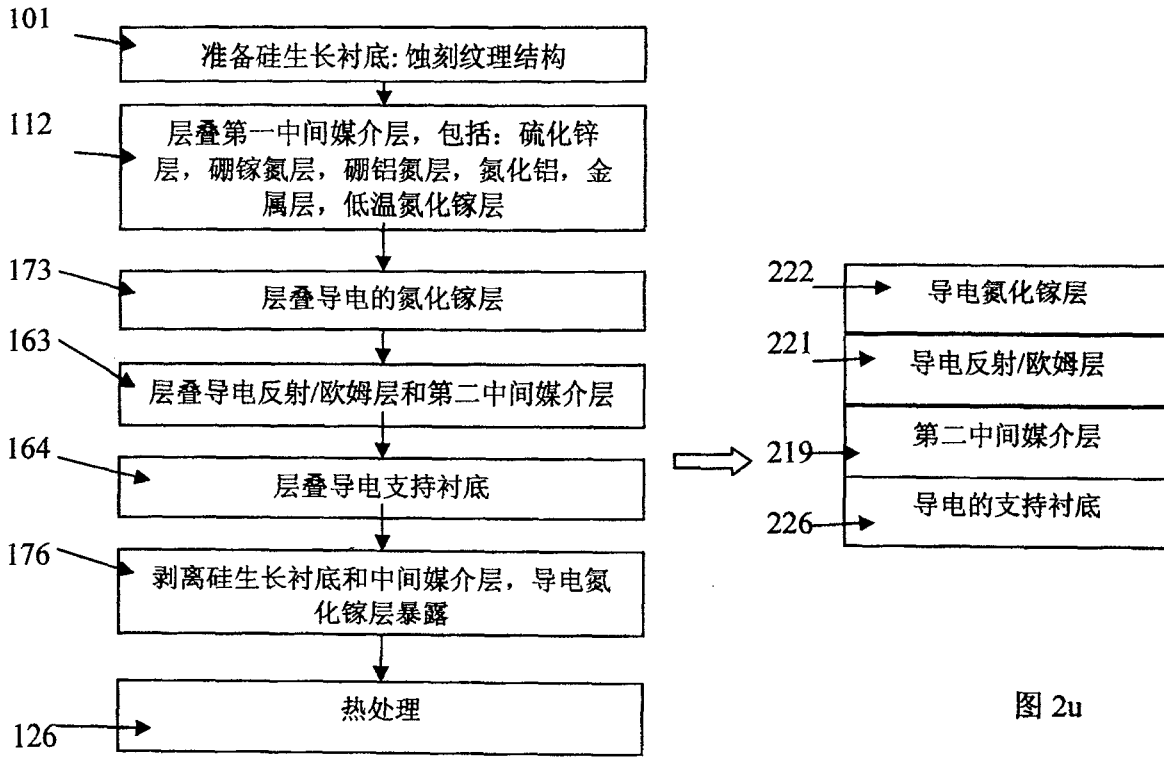


图 1h

图 2u

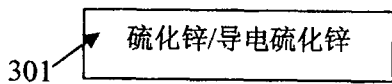


图 3a

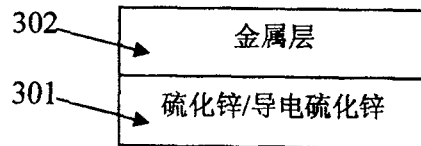


图 3b

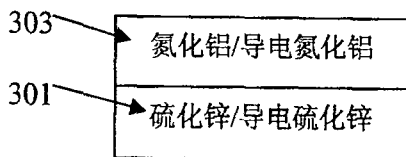


图 3c

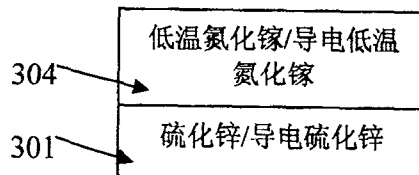


图 3d

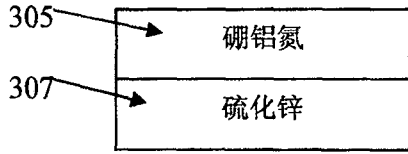


图 3e

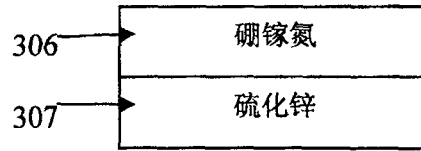


图 3f

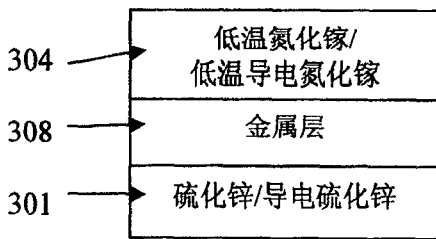


图 3g

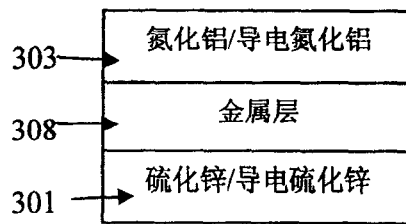


图 3h

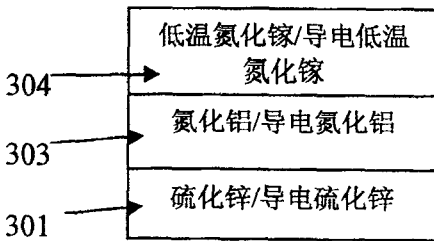


图 3i

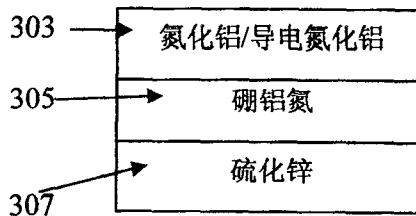


图 3j

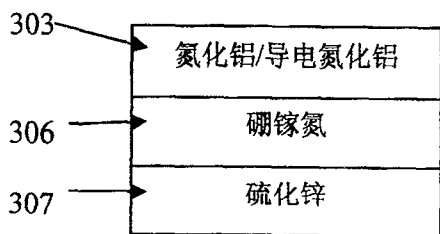


图 3k

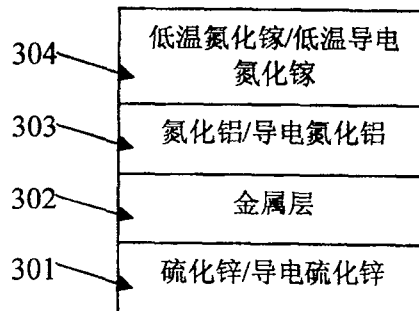


图 3m

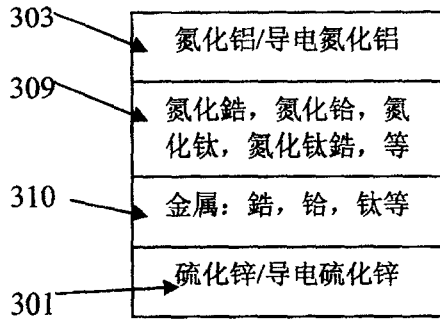


图 3n

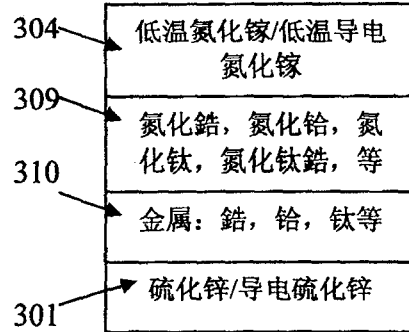


图 3p

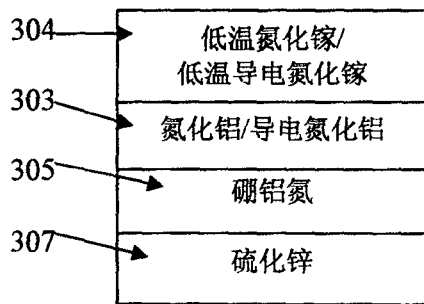


图 3q

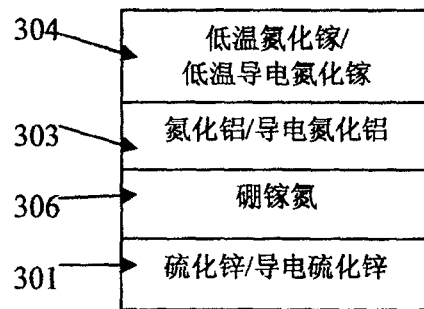


图 3r

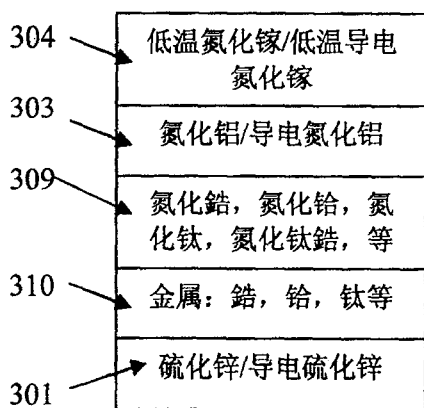


图 3s