



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103730553 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 16

(21) 申请号 201210422661. 4

(22) 申请日 2012. 10. 30

(30) 优先权数据

101137770 2012. 10. 12 TW

(71) 申请人 财团法人工业技术研究院

地址 中国台湾新竹县竹东镇中兴路四段
195 号

(72) 发明人 胡智威 廖宸梓 方彦翔 宣融

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理
有限公司 11006

代理人 祁建国 梁挥

(51) Int. Cl.

H01L 33/12(2010. 01)

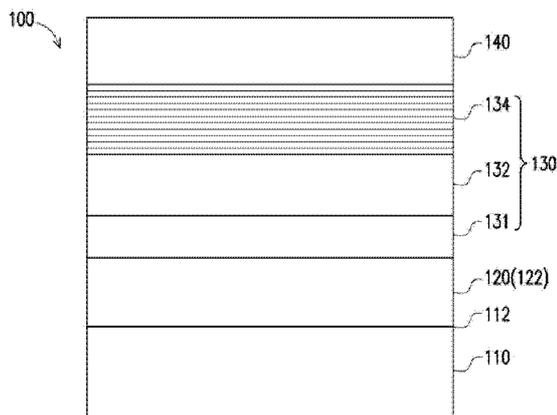
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

氮化物半导体结构

(57) 摘要

本发明公开了一种氮化物半导体结构,所述氮化物半导体结构包括一硅基板、一成核层、一缓冲层及一氮化物半导体层。成核层设置于硅基板上,成核层包括以立方体晶格排列的一氮化硅碳层(SiCN)。缓冲层设置于成核层上。氮化物半导体层设置于缓冲层上。本发明能减缓氮化物半导体层与硅基板之间因膨胀系数及晶格的差异所造成应力,以降低破裂的状况。同时本发明不需使用晶片贴合与激光剥离等繁琐的工艺,有效提高了大尺寸且表面无破裂的氮化物半导体结构的良率。



1. 一种氮化物半导体结构,其特征在于,包括:
硅基板;
成核层,设置于该硅基板上,该成核层包括以立方体晶格排列的氮化硅碳层,该氮化硅碳层为 $\text{Si}_x\text{C}_y\text{N}_z$;
缓冲层,设置于该成核层上;以及
氮化物半导体层,设置于该缓冲层上。
2. 根据权利要求 1 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该硅基板包括与该成核层接触的表面及多个凹穴,该些凹穴凹陷于该表面。
3. 根据权利要求 1 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该硅基板的晶格方向为 (111)。
4. 根据权利要求 1 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该 $\text{Si}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 中的 $x=y+z$, z 值小于 0.3。
5. 根据权利要求 1 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该缓冲层包括以六方晶系排列的第一氮化物层,该第一氮化物层接触该成核层。
6. 根据权利要求 5 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该第一氮化物层包括氮化铝层。
7. 根据权利要求 1 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该缓冲层包括以六方晶系排列的第二氮化物层,且该第二氮化物层包括铝。
8. 根据权利要求 7 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该第二氮化物层包括铝含量步阶渐变的氮化铝镓渐变层。
9. 根据权利要求 7 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该第二氮化物层是由氮化铝层渐变至氮化铝镓层或是氮化镓层。
10. 根据权利要求 1 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该缓冲层包括复合层,该复合层包括多个互相交叠的碳化硅层与第三氮化物层或是多个互相交叠的氮化硅碳层与第三氮化物层,该复合层接触该氮化物半导体层。
11. 根据权利要求 10 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该第三氮化物层包括氮化镓层。
12. 根据权利要求 10 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该复合层的该氮化硅碳层以六方晶系排列。
13. 根据权利要求 1 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该氮化物半导体层的厚度约为 0.5 微米至 10 微米。
14. 根据权利要求 1 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该氮化硅碳层为氮含量为渐变的渐变层。
15. 根据权利要求 1 所述的氮化物半导体结构,其特征在于,该氮化硅碳层包括由碳化硅及氮化硅碳组成的渐变层。

氮化物半导体结构

技术领域

[0001] 本发明是有关于一种氮化物半导体结构,且特别是有关于一种硅基板的氮化物半导体结构。

背景技术

[0002] 目前,氮化物发光二极管的成本远较其他照明元件高出许多,且用来成长氮化物的蓝宝石基板具有导热性差的缺点,严重影响其使用寿命。因此,以较低成本及高导热性的基板来取代目前的蓝宝石基板是各大公司努力的目标。由于硅基板具有高导热性、高导电、容易切割及低成本等优点,近年来,各大公司争相研发以硅基板为基础的发光二极管。

[0003] 然而,以硅基板为基础所制造的大尺寸的氮化物半导体结构由于制作良率不高,使得元件成本无法大幅降低。影响大尺寸的氮化物半导体结构的良率的主要因素在于氮化物半导体层与硅基板间的膨胀系数与晶格的差异造成应力释放不易,而导致大量的缺陷,进而造成氮化物半导体结构容易破裂。并且,制造过程中利用晶片贴合技术与激光剥离系统达成基板分离的技术所需的设备昂贵且良率不高。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种氮化物半导体结构,其能减缓氮化物半导体层与硅基板之间因膨胀系数及晶格的差异所造成应力,以降低破裂的状况。并且,不需使用晶片贴合与激光剥离等繁琐的工艺,有效提高大尺寸且表面无破裂的氮化物半导体结构的良率。

[0005] 为实现本发明的目的而提出一种氮化物半导体结构,包括一硅基板、一成核层、一缓冲层及一氮化物半导体层。成核层设置于硅基板上,成核层包括以立方体晶格排列的一氮化硅碳层(SiCN)或是由碳化硅及氮化硅碳组成的一渐变层。缓冲层设置于成核层上。氮化物半导体层设置于缓冲层上。

[0006] 该硅基板包括与该成核层接触的一表面及多个凹穴,这些凹穴凹陷于该表面。

[0007] 该硅基板的晶格方向为(111)。

[0008] 该氮氧化物半导体结构 $Si_xC_yN_z$ 中的 $x=y+z$, z 值小于 0.3。

[0009] 该缓冲层包括以六方晶系排列的一第一氮化物层,该第一氮化物层接触该成核层。该第一氮化物层包括一氮化铝层。

[0010] 该缓冲层包括以六方晶系排列的一第二氮化物层,且该第二氮化物层包括铝。该第二氮化物层包括铝含量步阶渐变(step graded)的一氮化铝镓渐变层。该第二氮化物层是由一氮化铝层渐变至一氮化铝镓层或是一氮化镓层。

[0011] 该缓冲层包括一复合层,该复合层包括多个互相交叠的碳化硅层与第三氮化物层或是多个互相交叠的氮化硅碳层与第三氮化物层,该复合层接触该氮化物半导体层。该第三氮化物层包括一氮化镓层。该复合层的该氮化硅碳层以六方晶系排列。

[0012] 该氮化物半导体层的厚度约为 0.5 微米至 10 微米。

[0013] 该氮化硅碳层为氮含量为渐变的一渐变层。

[0014] 该氮化硅碳层包括由碳化硅及氮化硅碳组成的一渐变层。

[0015] 基于上述,本发明的氮化物半导体结构透过以立方体晶格排列的一氮化硅碳层或是由碳化硅及氮化硅碳组成的一渐变层来当作成核层,通过提供氮化硅碳或是渐变层,有效地减缓氮化物半导体层与硅基板之间因膨胀系数的差异所造成应力。并且,本发明的氮化物半导体结构可避开晶片贴合与激光剥离等繁琐的工艺,进而增加大尺寸的氮化物半导体结构的良率。

[0016] 以下结合附图和具体实施例对本发明进行详细描述,但不作为对本发明的限定。

附图说明

[0017] 图 1A 是本发明的一实施例的氮化物半导体结构的示意图;

[0018] 图 1B 是本发明的另一实施例的氮化物半导体结构的示意图;

[0019] 图 2 是图 1A 的氮化物半导体结构的硅基板的扫描式电子显微镜的影像;

[0020] 图 3 是图 1A 的氮化物半导体结构的穿透式电子显微镜(TEM)的横截面的影像;

[0021] 图 4A 是图 1A 的氮化物半导体结构以氮化硅碳层为起始点向硅基板方向分析的示意图;

[0022] 图 4B 是图 4A 的以氮化硅碳层为起始点向硅基板方向分析的深度 - 原子百分比示意图;

[0023] 图 5 是图 1A 的氮化物半导体结构的波峰位置 - 强度示意图;

[0024] 图 6 是依照本发明的另一实施例的氮化物半导体结构的示意图。

[0025] 其中,附图标记:

[0026] 100、100':氮化物半导体结构

[0027] 110:硅基板

[0028] 112:表面

[0029] 114:凹穴

[0030] 120、120':成核层

[0031] 122:氮化硅碳层

[0032] 124:渐变层

[0033] 131:第一氮化物层

[0034] 130:缓冲层

[0035] 132:第二氮化物层

[0036] 134:复合层

[0037] 140:氮化物半导体层

具体实施方式

[0038] 图 1A 是依照本发明的一实施例的氮化物半导体结构的示意图。请参阅图 1A,本实施例的氮化物半导体结构 100 包括一硅基板 110、一成核层 120、一缓冲层 130 及一氮化物半导体层 140。成核层 120 设置于硅基板 110 上,在本实施例中,成核层 120 包括以立方体晶格排列的一氮化硅碳层 122 ($\text{Si}_x\text{C}_y\text{N}_z$)。缓冲层 130 设置于成核层 120 上,在本实施例中,立方晶格排列的氮化硅碳层 122 上面接的是六方晶系的各种氮化物。氮化物半导体层

140 设置于缓冲层 130 上。在本实施例中,成核层 120、缓冲层 130 及氮化物半导体层 140 分别以有机金属化学气相沉积法(metal organic chemical vapor deposition, MOCVD)的沉积于硅基板 110 上。但成核层 120、缓冲层 130 及氮化物半导体层 140 形成于硅基板 110 上的方式不以此为限制。

[0039] 图 2 是图 1A 的氮化物半导体结构的硅基板的扫描式电子显微镜的影像。请参阅图 2,硅基板 110 包括与成核层 120 接触的一表面 112 及多个凹穴 114,这些凹穴 114 凹陷于表面 112,以使形成于硅基板 110 上的成核层 120 能够侧向成长。若以此氮化物半导体结构 100 来制造发光二极管装置,由于成核层 120 与硅基板 110 之间会存在由这些凹穴 114 所形成的多个空隙,这些空隙可用来帮助释放应力。因此,光取出效率可被提高。此外,在本实施例中,硅基板 110 的晶格方向为(111)。在图 2 中,凹陷于表面 112 的这些凹穴 114 只是其中一种硅基板的实施方式,在其他实施例中,硅基板 110 的表面 112 亦可为一平面,硅基板 110 的种类并不以此为限制。

[0040] 在氮化硅碳层 122 ($\text{Si}_x\text{C}_y\text{N}_z$) 中 $x=y+z$,且 z 值小于 0.3。本实施例的氮化物半导体结构 100 通过上述氮化硅碳层 122 的参数关系,有效地减缓氮化物半导体层 140 与硅基板 110 之间因膨胀系数及晶格的差异所造成应力。

[0041] 缓冲层 130 包括以六方晶系(hexagonal)排列的一第一氮化物层 131 及一第二氮化物层 132,第一氮化物层 131 接触成核层 120。在本实施例中,第一氮化物层 131 包括一氮化铝层。第二氮化物层 132 包括铝。在本实施例中,第二氮化物层 132 包括铝含量步阶渐变(step graded)的一氮化铝镓渐变层,本实施例的氮化物半导体结构 100 通过铝含量步阶渐变的氮化铝镓渐变层可降低氮化物半导体层 140 与硅基板 110 之间因热膨胀系数的差异所造成应力而导致氮化物半导体结构 100 出现凹陷(pit)或是裂痕(crack)的机率。但在其他实施例中,第二氮化物层 132 亦可包括铝含量连续渐变(continuously graded)的一氮化铝镓渐变层,铝含量连续渐变的氮化铝镓渐变层亦可减缓氮化物半导体层 140 与硅基板 110 之间因膨胀系数的差异所造成应力。

[0042] 在本实施例中,缓冲层 130 更包括一复合层 134,复合层 134 包括多个互相交叠的碳化硅层与第三氮化物层或是多个互相交叠的氮化硅碳层与第三氮化物层。在本实施例中,复合层的氮化硅碳层以六方晶系排列。复合层 134 设置在第二氮化物层 132 与氮化物半导体层 140 之间。在本实施例中,第三氮化物层包括一氮化镓层。本实施例的复合层 134 例如是由多层氮化硅碳层与氮化镓层形成的超晶格结构(superlattice),减缓氮化物半导体层 140 与硅基板 110 之间因膨胀系数的差异所造成应力。此外,在本实施例中,氮化物半导体层 140 包括一氮化镓层。

[0043] 如图 1A 所示,在本实施例中,缓冲层 130 的组成可以有两种情形,一种是由第一氮化物层 131 (例如是氮化铝层)、第二氮化物层 132 (例如是铝含量步阶渐变的氮化铝镓渐变层)及复合层 134 (例如是由多层氮化硅碳层与氮化镓层形成的超晶格结构)所组成。

[0044] 图 1B 是依照本发明的另一实施例的氮化物半导体结构的示意图。请参阅图 1B,在另一种情形下,第一氮化物层 131 亦可为第二氮化物层 132 的一部分。也就是说,缓冲层 130 亦可由第二氮化物层 132 (例如是铝含量步阶渐变的氮化铝镓渐变层)及复合层 134 (例如是由多层氮化硅碳层与氮化镓层形成的超晶格结构)所组成,且第二氮化物层 132 是由氮化铝层(也就是第一氮化物层 131)渐变至氮化铝镓层或是氮化镓层。

[0045] 图 3 是图 1A 的氮化物半导体结构的穿透式电子显微镜(TEM)的横截面的影像。请参阅图 3,在本实施例的氮化物半导体结构 100 的横截面中并未有裂痕或空隙产生,也就是说,在氮化物半导体结构 100 中加入氮化硅碳层 122 可以大幅降低氮化物半导体层 140 与硅基板 110 之间因膨胀系数及晶格的差异所造成应力,有效地提升了氮化物半导体结构 100 的品质。

[0046] 在本实施例中,氮化物半导体结构 100 的成核层 120、缓冲层 130 及氮化物半导体层 140 分别可成长至一定厚度。氮化硅碳层 122 的厚度约为 50 纳米至 3000 纳米。第一氮化物层 131 (氮化铝层)的厚度约为 50 纳米至 500 纳米。第二氮化物层 132 (氮化铝镓渐变层)的厚度约为 0.5 微米至 10 微米。复合层 134 的超晶格结构可由 4 对至 120 对氮化硅碳层与氮化镓层所形成,其厚度约为 50 纳米至 300 纳米。若氮化物半导体层 140 以氮化镓层为例,氮化镓层的厚度约为 0.5 微米至 10 微米。较佳大于 1 微米。因此,氮化物半导体结构 100 的整体厚度可被提升。

[0047] 若将氮化物半导体结构 100 以氮化硅碳层 122 为起始点向硅基板 110 方向分析,氮原子所占的原子百分比约小于 30%。在其中一个实施例中,氮原子所占的原子百分比约小于 15%。在另一个实施例中,氮原子所占的原子百分比约小于 10%。在一较佳的实施例中,图 4A 是图 1A 的氮化物半导体结构以氮化硅碳层为起始点向硅基板方向分析的示意图。图 4B 是图 4A 的以氮化硅碳层为起始点向硅基板方向分析的深度 - 原子百分比示意图。请参阅图 4A 及图 4B,以氮化硅碳层 122 为起始点向硅基板 110 方向分析每一截面的原子百分比,如图 4B 所示,氮原子在深度为 0 纳米至 100 纳米之间所占的原子百分比约在 6%,在深度为 100 纳米至 130 纳米的区段,氮原子所占的原子百分比逐渐下降。由图 4B 可知,氮化硅碳层 122 中氮原子所占的原子百分比随着往硅基板 110 的方向逐渐下降,在本实施例中,氮化硅碳层 122 为一氮含量渐变的渐变层。此外,由于成核层 120 亦可由碳化硅及氮化硅碳组成的渐变层来取代氮化硅碳层 122,碳化硅及氮化硅碳组成的渐变层中氮原子所占的原子百分比随往硅基板的方向亦会逐渐下降。

[0048] 碳原子在深度为 0 纳米至 165 纳米的区段,碳原子所占的原子百分比由 43% 缓慢上升至接近 50%,在深度大于 165 纳米的区段,碳原子所占的原子百分比以较大的降幅下降。硅原子在深度为 0 纳米至 165 纳米的区段,其所占的原子百分比约为 50%,在深度大于 165 纳米的区段,硅原子所占的原子百分比快速地增加。如图 4B 所示,在深度为 0 纳米至 130 纳米的区段中,碳原子被氮原子取代。在深度为 0 纳米至 100 纳米的区段中,碳原子被氮原子取代的量约占原子百分比的 6%。而在深度为 100 纳米至 130 纳米的区段,碳原子被氮原子取代的原子百分比逐渐下降。

[0049] 图 5 是图 1A 的氮化物半导体结构的波峰位置 - 强度示意图。请参阅图 5,本实施例的氮化物半导体结构 100 进行波峰位置 - 强度分析的结果显示,在波峰位置为 -1.440 秒位置的波峰代表检测到氮化镓,在波峰位置为 694.1 秒位置的波峰代表检测到氮化硅碳。

[0050] 由图 3 至图 5 可知,本实施例的氮化物半导体结构 100 在实际测试上,可于成核层 120 所在的位置检验出氮原子的存在。将氮化物半导体结构 100 通过波峰位置 - 强度的分析可得到氮化硅碳。并且,由穿透式电子显微镜(TEM)的横截面的影像可知,本实施例的氮化物半导体结构 100 并未有空缺或是裂痕的发生。也就是说,经测试结果可知,本实施例的氮化物半导体结构 100 通过提供硅碳氮层可有效地减缓氮化物半导体层 140 与硅基板 110

之间因膨胀系数与晶格的差异所造成应力。因此,本实施例的氮化物半导体结构 100 可制作出厚度较大、大尺寸且高品质的产品,以应用于发光二极管或是电力元件等领域。

[0051] 图 6 是依照本发明的另一实施例的氮化物半导体结构的示意图。请参阅图 6,图 6 的氮化物半导体结构 100' 与图 1A 的氮化物半导体结构 100 的主要差异在于,图 6 的氮化物半导体结构 100' 的成核层 120' 中以碳化硅及氮化硅碳组成的一渐变层 124 取代图 1A 的成核层 120 中以立方体晶格排列的氮化硅碳层 122。在本实施例中,碳化硅与氮化硅碳组成的渐变层 124 的厚度约为 50 纳米至 150 纳米。

[0052] 本实施例的氮化物半导体结构 100' 通过碳化硅及氮化硅碳组成的渐变层 124、第二氮化物层 132 包括铝含量为非连续的氮化铝镓渐变层以及复合层 134 为互相交叠的碳化硅层与第三氮化物层或是互相交叠的氮化硅碳层与第三氮化物层,以降低氮化物半导体层 140 与硅基板 110 之间因膨胀系数及晶格的差异所造成应力,进而降低氮化物半导体结构 100' 出现凹陷(pit)或是裂痕(crack)的机率。

[0053] 综上所述,本发明的氮化物半导体结构通过提供硅碳氮层或是碳化硅及氮化硅碳组成的渐变层、铝含量为非连续的氮化铝镓渐变层以及互相交叠的碳化硅层与第三氮化物层或是互相交叠的氮化硅碳层与第三氮化物层,降低氮化物半导体层与硅基板之间因膨胀系数及晶格的差异所造成应力,进而降低氮化物半导体结构出现凹陷(pit)或是裂痕(crack)的机率。并且,本发明的氮化物半导体结构具有低成本、大尺寸与高导电导热等优势,可与高度成熟的硅半导体产业结合成光电积体电路,可应用于发光二极管领域。在本发明的氮化物半导体结构上制作的发光二极管可提供较高流明/瓦、高色温及高演色性。若工艺针对 8 吋以上硅晶圆,将使发光二极管的工艺能相容于现行的自动半导体生产线,其成本将会是蓝宝石基板的十分之一,可有效地提高发光二极管产业的性价比。此外,本发明的氮化物半导体结构亦可应用于电力元件(power device)等其他领域。

[0054] 当然,本发明还可有其它多种实施例,在不背离本发明精神及其实质的情况下,熟悉本领域的技术人员可根据本发明作出各种相应的改变和变形,但这些相应的改变和变形都应属于本发明权利要求的保护范围。

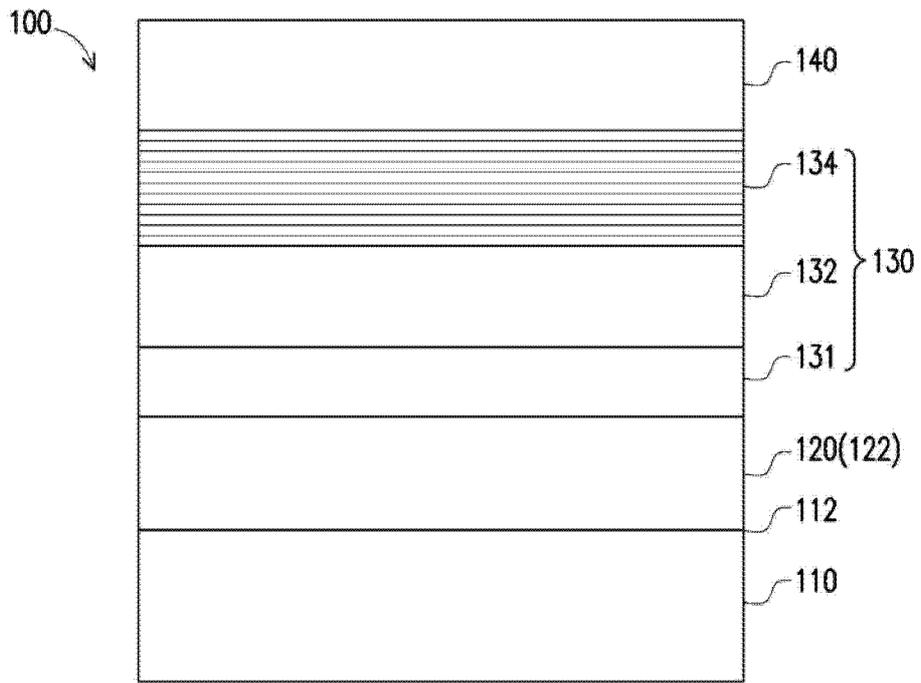


图 1A

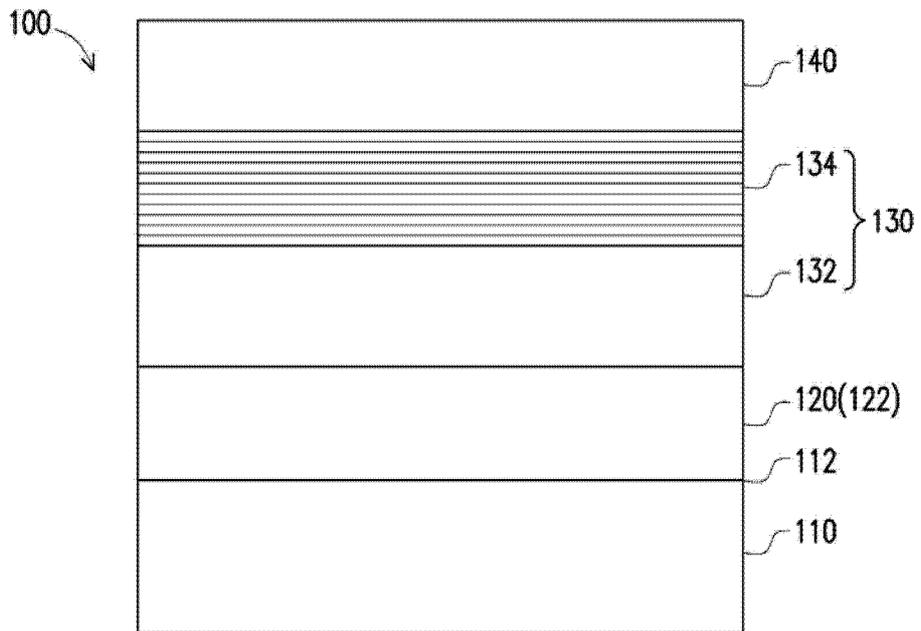


图 1B

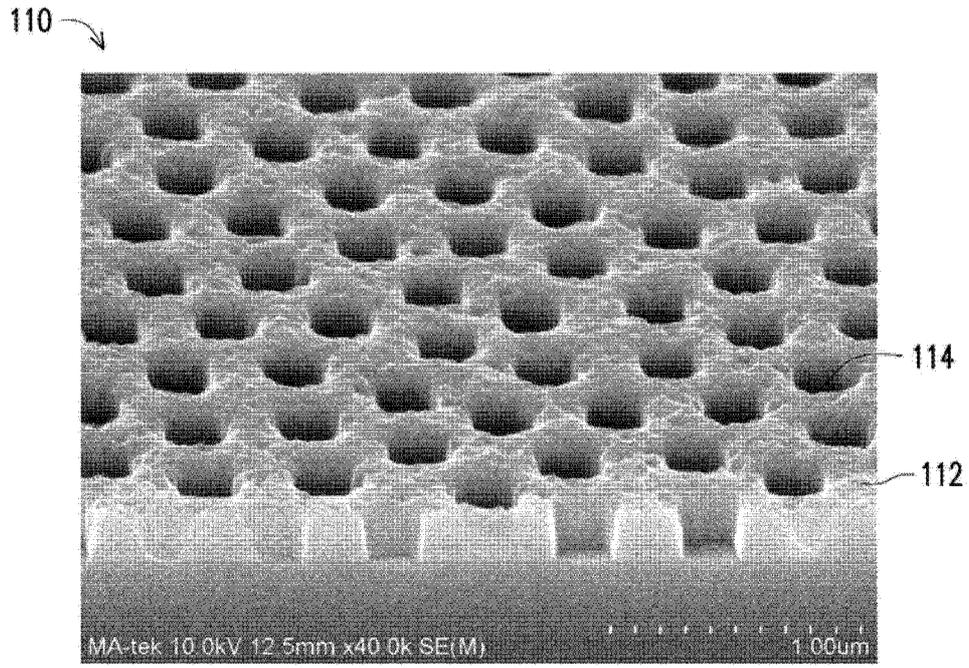


图 2

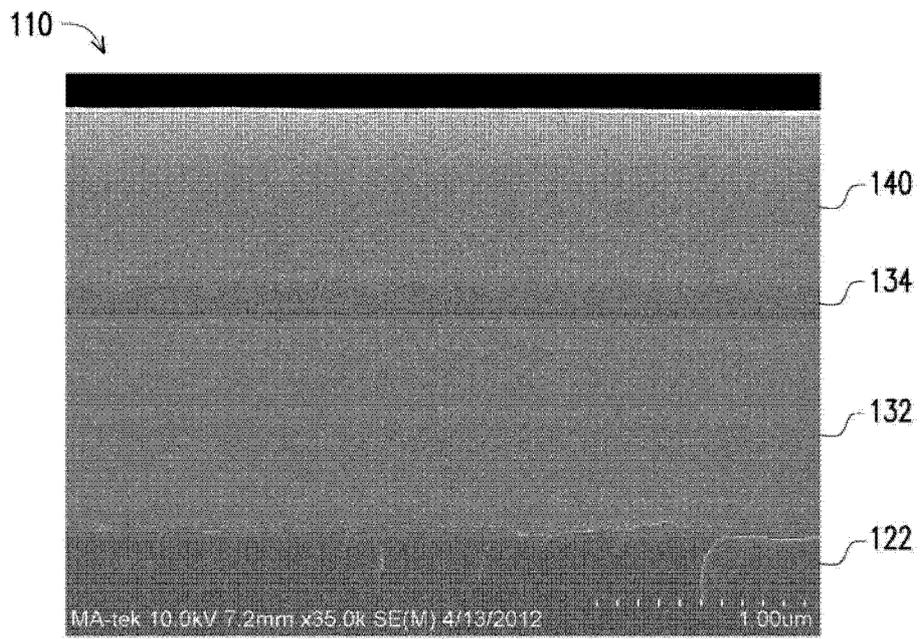


图 3

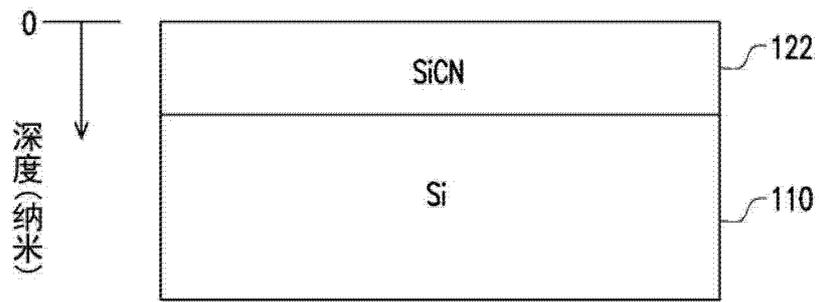


图 4A

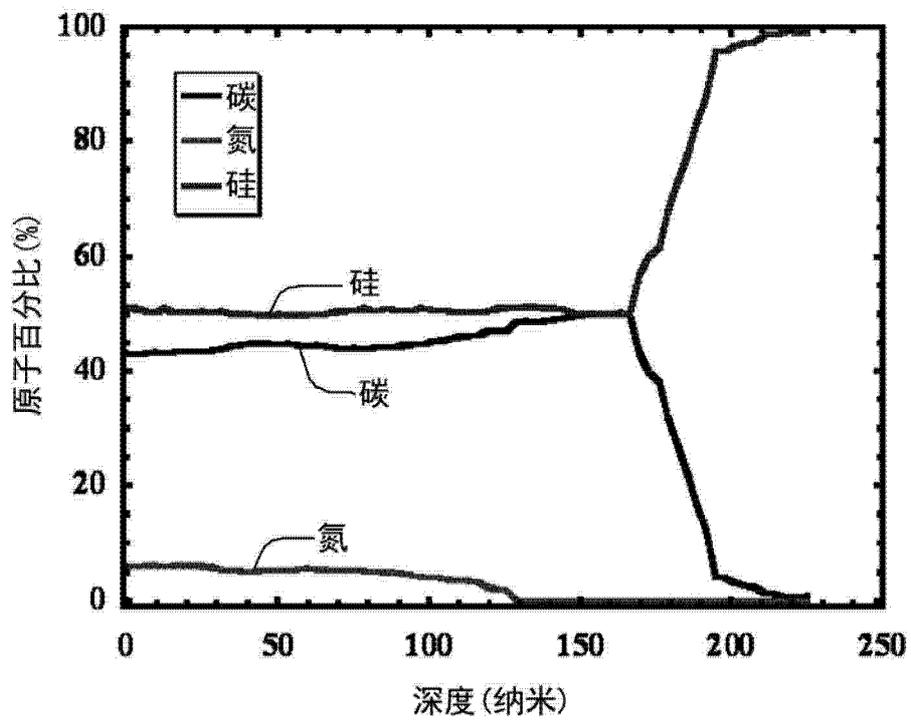


图 4B

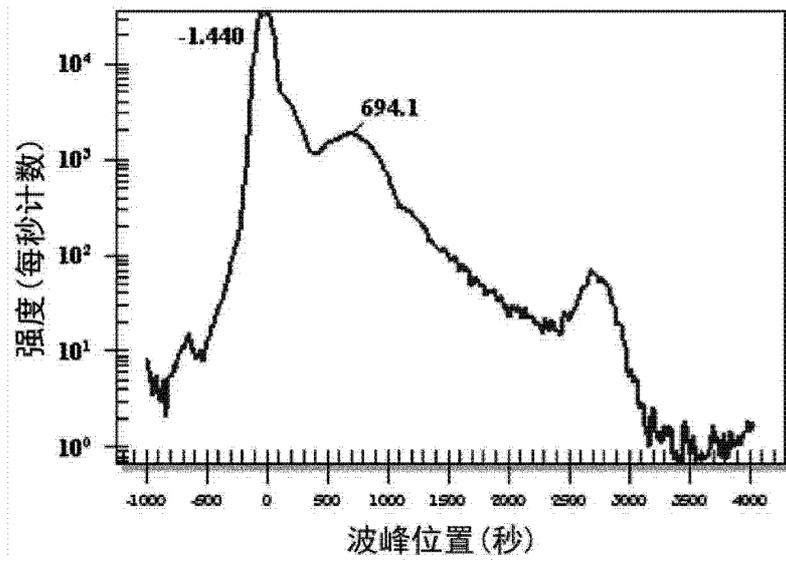


图 5

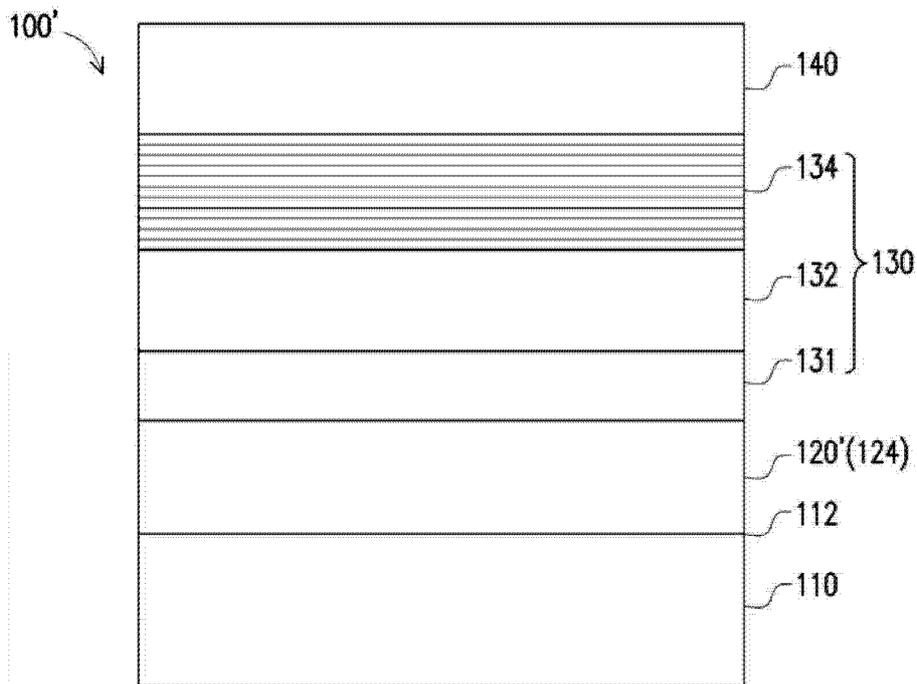


图 6