



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104851947 B

(45)授权公告日 2017.11.14

(21)申请号 201510189107.X

(56)对比文件

(22)申请日 2015.04.21

CN 101257075 A, 2008.09.03,

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 1551693 A, 2004.12.01,

申请公布号 CN 104851947 A

CN 102637782 A, 2012.08.15,

(43)申请公布日 2015.08.19

CN 1339828 A, 2002.03.13,

(73)专利权人 北京邮电大学

CN 2760762 Y, 2006.02.22,

地址 100876 北京市海淀区西土城路10号

CN 2867600 Y, 2007.02.07,

(72)发明人 刘凯 任晓敏 黄永清 王琦

CN 101009344 A, 2007.08.01,

段晓峰

CN 102237463 A, 2011.11.09,

(74)专利代理机构 北京永创新实专利事务所

US 2012043566 A1, 2012.02.23,

11121

审查员 聂一琴

代理人 姜荣丽

(51)Int.Cl.

权利要求书3页 说明书10页 附图4页

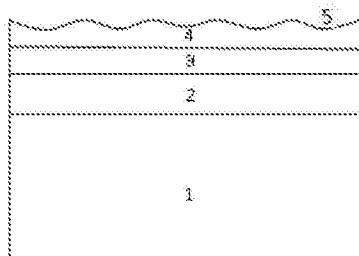
H01L 33/22(2010.01)

(54)发明名称

一种带有表面糙化透光结构的LED芯片及其制作方法

(57)摘要

本发明公开了一种带有表面糙化透光结构的LED芯片及其制作方法，属于LED芯片制造及LED照明领域。所述的带有表面糙化透光结构的LED芯片，包括芯片的衬底、n型半导体结构、i型有源区和p型半导体结构，以及形成在芯片表面的糙化透光结构；所述糙化透光结构是切面角度连续变化的糙化层。所述糙化透光结构在p型半导体结构上，或者在p型半导体结构的钝化层上，或者在p型半导体结构的透明电极上，或者在p型半导体结构的透明有机层上或者在n型半导体结构上，或者在衬底上。本发明可以改善LED器件出光受全反射角的影响，从而提升LED器件的出光效率。



1. 一种带有表面糙化透光结构的LED芯片的制作方法,其特征在于:

如果所述的糙化透光结构在p型半导体结构上,由如下方法制作:

(1) 在LED芯片p型半导体结构上涂覆有机弹性材料薄膜,有机弹性材料薄膜厚度 $1000\text{Å}\sim20\mu\text{m}$;

(2) 在有机弹性材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层,底层为黏附金属,厚度在 $10\sim50\text{ Å}$,顶层为主金属层,厚度在 $100\text{Å}\sim1\mu\text{m}$;

(3) 在加热平台上或烘箱中对上述具有有机弹性材料薄膜和金属复合层的p型半导体结构进行热诱导,在有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化的糙化结构,热诱导温度 $80^\circ\text{C}\sim500^\circ\text{C}$;

(4) 通过干法或湿法刻蚀将金属复合层去除;

(5) 通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到p型半导体材料中;

如果所述糙化透光结构在p型半导体结构的钝化层上,由如下方法制作:

A、在LED芯片p型半导体结构上制作一层钝化层;

B、在钝化层上涂覆有机弹性材料薄膜,有机弹性材料薄膜厚度 $1000\text{Å}\sim2\mu\text{m}$;

C、在弹性有机材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层,底层为黏附金属,厚度在 $10\sim50\text{ Å}$,顶层为主金属层,厚度在 $100\text{Å}\sim5000\text{Å}$;

D、在加热平台上或烘箱中对上述结构进行热诱导,在有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化糙化结构,热诱导温度 $80^\circ\text{C}\sim500^\circ\text{C}$;

E、通过干法或湿法刻蚀将金属复合层去除;

F、通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到钝化层中;

如果所述糙化透光结构在p型半导体结构的透明电极上,由如下方法制作:

A、在LED芯片p型半导体结构上制作一层透明电极;

B、在透明电极上涂覆有机弹性材料薄膜,有机弹性材料薄膜厚度 $1000\text{Å}\sim1\mu\text{m}$;

C、在有机弹性材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层,底层为黏附金属,厚度在 $10\sim50\text{ Å}$,顶层为主金属层,厚度在 $100\text{Å}\sim5000\text{Å}$;

D、在加热平台上或烘箱中对上述结构进行热诱导,在有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化糙化结构,热诱导温度 $80^\circ\text{C}\sim500^\circ\text{C}$;

E、通过干法或湿法刻蚀将金属复合层去除;

F、通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到透明电极中;

如果所述糙化透光结构在p型半导体结构的透明有机层上,由如下方法制作:

A、在LED芯片p型半导体结构上涂覆透明有机弹性材料薄膜,薄膜厚度 $1000\text{Å}\sim20\mu\text{m}$;

B、在透明有机弹性材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层,底层为黏附金属,厚度在 $10\sim50\text{ Å}$,顶层为主金属层,厚度在 $100\text{Å}\sim1\mu\text{m}$;

C、在加热平台上或烘箱中对上述结构进行热诱导,在透明有机弹性材料薄膜中形成切

面角度连续变化的糙化结构,热诱导温度80℃~500℃;

D、通过干法或湿法刻蚀将金属复合层去除;

如果所述的糙化透光结构在n型半导体结构上,由如下方法制作:

A、将LED芯片p型半导体结构键合或粘接到一固体结构上,然后将芯片的衬底通过机械减薄、湿法腐蚀、干法刻蚀或激光剥离方法去除,暴露出n型半导体结构;

B、在LED芯片n型半导体结构上涂覆有机弹性材料薄膜,有机弹性材料薄膜厚度1000Å~20μm;

C、在有机弹性材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层,底层为黏附金属,厚度在10~50 Å,顶层为主金属层,厚度在100Å~1μm;

D、在加热平台上或烘箱中对上述具有有机弹性材料薄膜和金属复合层的n型半导体结构进行热诱导,在有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化的糙化结构,热诱导温度80℃~500℃;

E、通过干法或湿法刻蚀将金属复合层去除;

F、通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到n型半导体结构材料中;

如果所述的糙化透光结构在芯片的衬底上,由如下方法制作:

A、在LED芯片的衬底上涂覆有机弹性材料薄膜,有机弹性材料薄膜厚度1000Å~20μm;

B、在有机弹性材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层,底层为黏附金属,厚度在10~50 Å,顶层为主金属层,厚度在100Å~1μm;

C、在加热平台上或烘箱中对上述具有有机弹性材料薄膜和金属复合层的芯片衬底进行热诱导,在有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化的糙化结构,热诱导温度80℃~500℃;

D、通过干法或湿法刻蚀将金属复合层去除;

E、通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到芯片衬底材料中。

2. 根据权利要求1所述的一种带有表面糙化透光结构的LED芯片的制作方法,其特征在于:所述的有机弹性材料是光刻胶或聚酰亚胺;所述的透明有机弹性材料选择SU-8、环氧树脂、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯或硅胶。

3. 根据权利要求1所述的一种带有表面糙化透光结构的LED芯片的制作方法,其特征在于:所述的钝化层材料是氧化硅、氧化钛、硅或氮化硅介质材料,钝化层厚度3000Å~2μm。

4. 根据权利要求1所述的一种带有表面糙化透光结构的LED芯片的制作方法,其特征在于:所述的黏附金属选择Ti、In、Zn或Cr;所述的主金属选择Al、Ti、Cr、Zn、Ni、W、Mo或Au金属。

5. 根据权利要求1所述的一种带有表面糙化透光结构的LED芯片的制作方法,其特征在于:所述的电极材料是ITO或ZnO电极材料,透明电极厚度2000Å~1μm。

6. 根据权利要求1所述的一种带有表面糙化透光结构的LED芯片的制作方法,其特征在于:所述的干法刻蚀选择ICP刻蚀或等离子体刻蚀或RIE刻蚀,干法刻蚀工艺参数如下:

ICP功率=1800W,RF功率=300W,腔压=50mTorr,C₂H₂流量=30sccm,Ar流量=15sccm,

BCl₃流量=50sccm;

等离子体刻蚀工艺条件:

ICP功率=1400W,RF功率=150W,腔压=80mtorr,Cl₂流量=50sccm,Ar流量=10sccm,BCl₃流量=20sccm;

或者ICP功率=1000W,RF功率=200W,腔压=100mtorr,Cl₂流量=60sccm,Ar流量=25sccm,BCl₃流量=20sccm;

RIE刻蚀工艺条件如下:

RF功率=100W,腔压=30mtorr,CHF₃流量=25sccm,Ar流量=25sccm;

或者,RF功率=150W,腔压=30mtorr,CHF₃流量=25sccm,Ar流量=15sccm,O₂流量=5sccm。

7.根据权利要求1所述的一种带有表面糙化透光结构的LED芯片的制作方法,其特征在于:所述的湿法刻蚀中,Au层刻蚀液选择KI:I₂:H₂O溶液,Ti层刻蚀液选择HCl:H₂O溶液,A1层刻蚀液选择H₃PO₄:H₂O或HCl:H₂O溶液;其中,KI:I₂:H₂O=(65~100)g:(25~50)g:300ml;HCl和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3);H₃PO₄和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3),其中,盐酸HCl的质量百分比浓度为37%,磷酸H₃PO₄的质量百分比浓度为84%。

8.根据权利要求1所述的一种带有表面糙化透光结构的LED芯片的制作方法,其特征在于:所述的糙化透光结构的周期长度在LED器件出光波长的2倍以上,而且糙化透光结构的周期与幅度比小于10。

一种带有表面糙化透光结构的LED芯片及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种LED芯片，具体的说涉及一种带有表面糙化透光结构的LED芯片及其制作方法，属于LED芯片制造及LED照明领域。

背景技术

[0002] 近年来地球温室效应、能源紧张等全球性问题越来越引起全世界范围内对开发绿色环保能源及新型节能减排技术的关注，一方面全世界都在大力开发可再生清洁能源，如太阳能、风能等；另一方面也在合理有效的利用能源方面加大了开发力度，反映在照明及显示方面就是各种节能光源的不断推陈出新及广泛应用。这其中，LED(发光二极管)以其低能耗、高光效、良好的光利用率、稳定的品质及高可靠性获得了越来越广泛的关注及应用。在照明领域，基于GaN LED芯片的白光LED被视为21世纪新型照明光源，预期在未来的十年中，在户外照明领域将以超过30%的年增长率快速成长，而在室内照明领域其年增长率将超过100%。而在显示领域LED背光源已基本替代了其它光源。

[0003] 如附图1所示，现有的LED芯片结构包括衬底1，n型半导体结构2，i型有源区3和p型半导体结构4，所述衬底1可以由Al₂O₃晶体材质的蓝宝石、SiC、Si、GaAs、GaP、InP或GaN等半导体晶体材料构成，n型半导体结构2由n型Al_xIn_yGa_{1-x-y}N (0≤x≤1, 0≤y≤1)、Al_xIn_yGa_{1-x-y}P (0≤x≤1, 0≤y≤1)或Al_xIn_yGa_{1-x-y}As (0≤x≤1, 0≤y≤1)材料构成，可以是一层材料或多层不同组分的材料构成，i型有源区3可以由一对或多对i型Al_xIn_yGa_{1-x-y}N (0≤x≤1, 0≤y≤1)、Al_xIn_yGa_{1-x-y}P (0≤x≤1, 0≤y≤1)或Al_xIn_yGa_{1-x-y}As (0≤x≤1, 0≤y≤1)材料的量子阱构成或者单层材料的体结构层构成，p型半导体结构4可以由一层或多层Al_xIn_yGa_{1-x-y}N (0≤x≤1, 0≤y≤1)、Al_xIn_yGa_{1-x-y}P (0≤x≤1, 0≤y≤1)或Al_xIn_yGa_{1-x-y}As (0≤x≤1, 0≤y≤1)材料层构成，n型半导体结构2、i型有源区3、p型半导体结构4这三层总共厚度为1~20微米。

[0004] LED芯片中i型有源区3中所发出的光向芯片各个方向上发射，包括LED芯片的表面5、底面6和侧面7，如图2所示。其中，可以被利用的主要是向表面5和侧面7发射的光，而向底面6发射的光在被反射向表面5后也可以被利用。i型有源区3直接发射向表面5和发射向底面6后反射回表面5的光占了可以被利用光的70%。对于LED器件，其出光的表面5通常为平面窗口，由于窗口半导体材料的折射率高于空气，由光学原理知道全反射角的存在将在很大程度上恶化LED器件的出光效率，如图3所示，大于全反射角θ_B的光将被上表面5完全反射而无法被利用。对于GaN材料构成的p型半导体结构4，其折射率为2.4，得出θ_B=24.5度；对于GaP材料构成的p型半导体结构4，其折射率为3.4，得出θ_B=17度。而对于LED芯片，其发射光为自发辐射，通常可以认为i型有源区3的出射光在360度的方向上发射几率是相同的，这样来看，受全反射角的影响，考虑到底面6的反射光GaN LED的出光效率只有14%左右，红光LED更是只能达到10%左右。所以，如何提升LED芯片上表面5的出射光效率是提升LED芯片性能的一个关键技术。

[0005] 目前，为了提升LED的出光效率，采用了多种技术来解决LED芯片上表面5的全反射影响，如光子晶体[参考文献1-6]、倒装焊结构[参考文献7-9]、表面等离子激元[参考文献

10-12]、芯片形状优化[参考文献13-14]和表面糙化[参考文献15-16]等。

[0006] 参考文献:

- [0007] [1]温熙森,光子/声子晶体理论与技术,北京,科学出版社,2006;
- [0008] [2]李天保,梁建,许并社,光子晶体提高GaN基LED出光效率的研究进展,半导体光电,2010,31(3):339-343,371;
- [0009] [3]Lee R K,Xu Y,Yariv A,Modified spontaneous emission from a two-dimensional photonic band gap crystal slab,J.Opt.Soc.Am.,2000,17:1438-1442;
- [0010] [4]Kim D H,Cho C O,Roh Y G,et al.,Enhanced light extraction from GaN-based light-emitting diodes with holographically generated two-dimensional photonic crystal patterns,[J].Appl.Phys.Lett.,2005,87:203508-203510;
- [0011] [5]Wiere J J,Krames M R,Epler J E,et al.,InGaN/GaN quantum-well hetero structure light-emitting diodes employing photonic crystal structures,[J].Appl.Phys.Lett.,2004,84:3885-3887;
- [0012] [6]Orita K,Tamura S,Takizawa T,et al.,High extraction-efficiency blue light-emitting diode using extended-pitch photonic crystal,[J].Jpn.J.Appl.Phys.,2004,43:5809-5813;
- [0013] [7]申屠伟进,胡飞,罗毅,等.GaN基发光二极管芯片光提取效率的研究[J].光电子.激光,2005,16(4):385-389;
- [0014] [8]WIERER J.J.,S TEIGERWALD D A,KRAMES M R,et al.,High-power AlGaNIn flip-chip light-emitting diodes[J].Appl.Phys.Lett.,2001,78(22):3379-3381;
- [0015] [9]熊伟平,范广涵,李琦,提高LED光提取效率的研究,光子学报,2010,39(11):1956-1960;
- [0016] [10]峦峰,带有周期性微结构的InGaN基蓝光LED和电子束诱导沉积法在光子晶体制备中的应用,硕士毕业论文,北京大学物理学院凝聚态专业,2001;
- [0017] [11]张锦龙,刘旭,李明宇等,利用棱镜结构高效率地耦合出表面等离子波,光学仪器,2006,08;
- [0018] [12]Koichi Okamoto,Isamu Niki,Alexander Shyatsky et al.,Surface plasmon enhanced InGaN light emitter,Proc.SPIE,2005,5733,94;
- [0019] [13]KRAMES M R,OCHIAI-HOLCOMB M,HOFLER G E,et al.High-power truncated-inverted-pyramid(Al_xGa_{1-x}) $0.5In0.5P/GaP$ light-emitting diodes exhibiting >50% external quantum efficiency,[J].Appl.Phys.Lett.,1999,75(22):2365-2367;
- [0020] [14]熊伟平,范广涵,李琦,提高LED光提取效率的研究,光子学报,2010,39(11):1956-1960;
- [0021] [15]FUJII T,GAO Y,SHA RMA R,et al.Increase in the extraction efficiency of GaN-based light-emitting diodes via surface roughening[J].Appl.Phys.Lett.,2004,84(6):855-857;
- [0022] [16]刘思南,邹德恕等,表面粗化提高红光LED的光提取率,固体电子学研究与进展,2008,28(2):245-247;

发明内容

[0023] 本发明的目的是提供一种带有表面糙化透光结构的LED芯片及其制作方法，所述的制作方法可以形成切面角度的连续变化的糙化层，并由此构成了一种具有表面糙化结构的LED芯片，通过糙化结构的引入降低LED芯片平面光窗口全反射的影响，从而提升LED芯片的出光效率。

[0024] 所述的带有表面糙化透光结构的LED芯片，包括芯片的衬底、n型半导体结构、i型有源区和p型半导体结构，以及形成在芯片表面的糙化透光结构；所述糙化透光结构是切面角度连续变化的糙化层。

[0025] 所述糙化透光结构在p型半导体结构上，或者在p型半导体结构的钝化层上，或者在p型半导体结构的透明电极上，或者在p型半导体结构的透明有机层上。

[0026] 如果所述的糙化透光结构在p型半导体结构上，由如下方法制作：

[0027] (1) 在LED芯片p型半导体结构上涂覆有机弹性材料薄膜，所述的有机弹性材料可以是光刻胶、聚酰亚胺等有机材料，有机弹性材料薄膜厚度 $1000\text{Å} \sim 20\mu\text{m}$ ；

[0028] (2) 在有机弹性材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层，底层为黏附金属，厚度在 $10 \sim 50\text{ Å}$ ，顶层为主金属层，厚度在 $100\text{Å} \sim 1\mu\text{m}$ ；所述的黏附金属可以选择Ti、In、Zn、Cr等金属；所述的主金属可以选择Al、Ti、Cr、Zn、Ni、W、Mo、Au等金属。

[0029] (3) 在加热平台上或烘箱中对上述具有有机弹性材料薄膜和金属薄膜的p型半导体结构进行热诱导，在有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化的糙化结构，热诱导温度 $80^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ ；

[0030] (4) 通过干法或湿法刻蚀将金属薄膜去除；

[0031] (5) 通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到p型半导体材料中。

[0032] 如果所述糙化透光结构在p型半导体结构的钝化层上，由如下方法制作：

[0033] A、在LED芯片p型半导体结构上制作一层钝化层，钝化层材料是氧化硅、氧化钛、硅或氮化硅等介质材料，钝化层厚度 $3000\text{Å} \sim 2\mu\text{m}$ ；

[0034] B、在钝化层上涂覆有机弹性材料薄膜，有机弹性材料可以是光刻胶、聚酰亚胺等有机材料，有机弹性材料薄膜厚度 $1000\text{Å} \sim 2\mu\text{m}$ ；

[0035] C、在弹性有机材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层，底层为黏附金属，厚度在 $10 \sim 50\text{ Å}$ ，顶层为主金属层，厚度在 $100\text{Å} \sim 5000\text{Å}$ ；所述的黏附金属可以选择Ti、In、Zn、Cr等金属；所述的主金属可以选择Al、Ti、Cr、Zn、Ni、W、Mo、Au等金属。

[0036] D、在加热平台上或烘箱中对上述结构进行热诱导，在有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化糙化结构，热诱导温度 $80^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ ；

[0037] E、通过干法或湿法刻蚀将金属薄膜去除；

[0038] F、通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到钝化层中。

[0039] 如果所述糙化透光结构在p型半导体结构的透明电极上，由如下方法制作：

[0040] A、在LED芯片p型半导体结构上制作一层透明电极,电极材料是ITO、ZnO等电极材料,透明电极厚度 $2000\text{Å}\sim1\mu\text{m}$;

[0041] B、在透明电极上涂覆有机弹性材料薄膜,有机弹性材料可以是光刻胶、聚酰亚胺等有机材料,有机弹性材料薄膜厚度 $1000\text{Å}\sim1\mu\text{m}$;

[0042] C、在有机弹性材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层,底层为黏附金属,厚度在 $10\sim50\text{ Å}$,顶层为主金属层,厚度在 $100\text{Å}\sim5000\text{Å}$;所述的黏附金属可以选择Ti、In、Zn、Cr等金属;所述的主金属可以选择Al、Ti、Cr、Zn、Ni、W、Mo、Au等金属。

[0043] D、在加热平台上或烘箱中对上述结构进行热诱导,在有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化糙化结构,热诱导温度 $80^\circ\text{C}\sim500^\circ\text{C}$;

[0044] E、通过干法或湿法刻蚀将金属薄膜去除;

[0045] F、通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到透明电极中。

[0046] 如果所述糙化透光结构在p型半导体结构的透明有机层上,由如下方法制作:

[0047] A、在LED芯片p型半导体结构上涂覆透明有机弹性材料薄膜,透明有机弹性材料可以是SU-8、环氧树脂、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯或硅胶等透明有机弹性材料,透明有机弹性材料薄膜厚度 $1000\text{Å}\sim20\mu\text{m}$;

[0048] B、在透明有机弹性材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层,底层为黏附金属,厚度在 $10\sim50\text{ Å}$,顶层为主金属层,厚度在 $100\text{Å}\sim1\mu\text{m}$;所述的黏附金属可以选择Ti、In、Zn、Cr等金属;所述的主金属可以选择Al、Ti、Cr、Zn、Ni、W、Mo、Au等金属。

[0049] C、在加热平台上或烘箱中对上述结构进行热诱导,在透明有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化的糙化结构,热诱导温度 $80^\circ\text{C}\sim500^\circ\text{C}$;

[0050] D、通过干法或湿法刻蚀将金属薄膜去除;

[0051] 如果所述的糙化透光结构在n型半导体结构上,由如下方法制作:

[0052] A、将LED芯片p型半导体结构键合或粘接到一固体结构上,然后将芯片的衬底通过机械减薄、湿法腐蚀、干法刻蚀或激光剥离等方法去除,暴露出n型半导体结构;

[0053] B、在LED芯片n型半导体结构上涂覆有机弹性材料薄膜,有机弹性材料薄膜厚度 $1000\text{Å}\sim20\mu\text{m}$;

[0054] C、在有机弹性材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层,底层为黏附金属,厚度在 $10\sim50\text{ Å}$,顶层为主金属层,厚度在 $100\text{Å}\sim1\mu\text{m}$;

[0055] D、在加热平台上或烘箱中对上述具有有机弹性材料薄膜和金属复合层的n型半导体结构进行热诱导,在有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化的糙化结构,热诱导温度 $80^\circ\text{C}\sim500^\circ\text{C}$;

[0056] E、通过干法或湿法刻蚀将金属薄膜去除;

[0057] F、通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到n型半导体结构材料中;

[0058] 如果所述的糙化透光结构在芯片的衬底上,由如下方法制作:

[0059] A、在LED芯片的衬底上涂覆有机弹性材料薄膜,有机弹性材料薄膜厚度

1000Å~20μm;

[0060] B、在有机弹性材料薄膜上溅射或蒸镀金属复合层，底层为黏附金属，厚度在10~50 Å，顶层为主金属层，厚度在100Å~1μm；

[0061] C、在加热平台上或烘箱中对上述具有有机弹性材料薄膜和金属复合层的芯片衬底进行热诱导，在有机弹性材料薄膜中形成切面角度连续变化的糙化结构，热诱导温度80℃~500℃；

[0062] D、通过干法或湿法刻蚀将金属薄膜去除；

[0063] E、通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到芯片衬底材料中。

[0064] 所述的湿法刻蚀中，Au层刻蚀液选择KI:I₂:H₂O溶液，Ti层刻蚀液选择HCl:H₂O溶液，Al层刻蚀液选择H₃PO₄:H₂O或HCl:H₂O溶液；其中，KI:I₂:H₂O=(65~100)g:(25~50)g:300ml；HCl和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3)；H₃PO₄和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3)，其中，盐酸HCl的质量百分比浓度为37%，磷酸H₃PO₄的质量百分比浓度为84%。

[0065] 本发明的优点在于：

[0066] 本发明可以改善LED器件出光受全反射角的影响，从而提升LED器件的出光效率。

附图说明

[0067] 图1是本发明背景技术中LED芯片的结构示意图；

[0068] 图2是本发明背景技术中LED芯片外表面示意图；

[0069] 图3是本发明背景技术中光学全反射示意图；

[0070] 图4是本发明技术优点说明中糙化优势示意图；

[0071] 图5是本发明实施例1、实施例2、实施例3示意图；

[0072] 图6是本发明实施例1糙化结构表面照片；

[0073] 图7是本发明实施例4示意图；

[0074] 图8是本发明实施例5示意图；

[0075] 图9是本发明实施例6示意图；

[0076] 图10是本发明实施例7示意图；

[0077] 图11是本发明实施例8示意图。

[0078] 图中：

[0079] 1-衬底； 2-n型半导体结构； 3-i型有源区； 4-p型半导体结构；

[0080] 5-表面； 6-LED芯片底面； 7-LED芯片侧面； 8-钝化层；

[0081] 9-透明电极； 10-透明有机材料； 11-固体结构。

具体实施方式

[0082] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细说明。

[0083] 实施例1，如图5所示，一种带有表面糙化透光结构的LED芯片，包括衬底1，所述衬底1的上侧依次外延生长有n型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)半导体结构2，i型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)量子阱有源区3和p型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)半

导体结构4,其表面5是切面角度连续变化的糙化透光结构,糙化透光结构照片如图6所示,其周期为7μm。

[0084] 上述LED芯片的制作方法是:

[0085] (1)在LED芯片p型半导体结构上涂覆光刻胶AZ5214E薄膜,薄膜厚度2μm;

[0086] (2)在光刻胶上溅射金属薄膜Ti/Au,Ti薄膜厚度10Å,Au薄膜厚度1000Å;

[0087] (3)在加热平台上80℃烘烤1min;

[0088] (4)通过湿法刻蚀将金属薄膜去除,Au层刻蚀液选择KI:I₂:H₂O溶液,Ti层刻蚀液选择HCl:H₂O溶液;其中,KI:I₂:H₂O=(65~100)g:(25~50)g:300ml;HCl:H₂O=(1:0)~(1:3)。

[0089] (5)通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到p型半导体材料中,干法刻蚀选择ICP刻蚀,干法刻蚀工艺参数如下:

[0090] ICP功率=1800W,RF功率=300W,腔压=50mtorr,C_{l2}流量=30sccm,Ar流量=15sccm,BCl₃流量=50sccm。

[0091] 另外,相应等离子体刻蚀还可以应用如下条件,结果与上述所示结果基本一致。

[0092] ICP功率=1400W,RF功率=150W,腔压=80mtorr,C_{l2}流量=50sccm,Ar流量=10sccm,BCl₃流量=20sccm;

[0093] ICP功率=1000W,RF功率=200W,腔压=100mtorr,C_{l2}流量=60sccm,Ar流量=25sccm,BCl₃流量=20sccm。

[0094] 实施例2,示意图同图5所示,一种带有表面糙化透光结构的LED芯片,包括衬底1,所述衬底1的上侧依次外延生长有n型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)半导体结构2,i型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)量子阱有源区3和p型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)半导体结构4,其表面5是切面角度连续变化的糙化透光结构,糙化透光结构周期为3μm。

[0095] 上述LED芯片的制作方法如下:

[0096] (1)在LED芯片p型半导体结构上涂覆光刻胶AZ5214E薄膜,薄膜厚度1.4μm;

[0097] (2)在光刻胶上溅射金属薄膜Ti/Au,Ti薄膜厚度50Å,Au薄膜厚度100Å;

[0098] (3)在加热平台上100℃烘烤1min;

[0099] (4)通过湿法刻蚀将金属薄膜去除,Au层刻蚀液选择KI:I₂:H₂O溶液,Ti层刻蚀液选择HCl:H₂O溶液;其中,KI:I₂:H₂O=(65~100)g:(25~50)g:300ml;HCl和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3)。

[0100] (5)通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到p型半导体材料中,干法刻蚀选择ICP刻蚀,刻蚀工艺同实施例1。

[0101] 实施例3,示意图同图5所示,一种带有表面糙化透光结构的LED芯片,包括衬底1,所述衬底1的上侧依次外延生长有n型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)半导体结构2,i型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)量子阱有源区3和p型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)半导体结构4,其表面5是切面角度连续变化的糙化透光结构,糙化透光结构周期为14μm。

[0102] 上述LED芯片的制作方法如下:

[0103] (1)在LED芯片p型半导体结构上涂覆光刻胶AZ5214E薄膜,薄膜厚度2μm;

[0104] (2)在光刻胶上溅射金属薄膜Ti/Au,Ti薄膜厚度50Å,Au薄膜厚度2500Å;

[0105] (3) 在加热平台上100℃烘烤0.5min;

[0106] (4) 通过湿法刻蚀将金属薄膜去除,Au层刻蚀液选择KI:I₂:H₂O溶液,Ti层刻蚀液选择HCl:H₂O溶液;

[0107] (5) 通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到p型半导体材料中,干法刻蚀选择ICP(Inductively Coupled Plasma)刻蚀,刻蚀工艺同实施例1。

[0108] 实施例4,示意图同图7所示,一种带有表面糙化透光结构的LED芯片,包括衬底1,所述衬底1的上侧依次外延生长有n型Al_xIn_yGa_{1-x-y}As (0≤x≤1,0≤y≤1) 半导体结构2,i型Al_xIn_yGa_{1-x-y}As (0≤x≤1,0≤y≤1) 量子阱有源区3和p型Al_xIn_yGa_{1-x-y}As (0≤x≤1,0≤y≤1) 半导体结构4,在p型半导体结构4上制作钝化层8,表面5是切面角度连续变化的糙化透光结构,糙化透光结构周期为5μm。

[0109] 上述LED芯片的制作方法如下:

[0110] (1) 在LED芯片p型半导体结构4上应用PECVD制作6000Å的氧化硅钝化层8;

[0111] (2) 在钝化层8上涂覆光刻胶AZ5214E薄膜,薄膜厚度1000Å;

[0112] (3) 在光刻胶上溅射金属薄膜Ti/Al,Ti薄膜厚度10Å,Al薄膜厚度350Å;

[0113] (4) 在加热平台上100℃烘烤1.5min;

[0114] (5) 通过湿法刻蚀将金属薄膜去除,A1层刻蚀液选择H₃PO₄:H₂O溶液,Ti层刻蚀液选择HCl:H₂O溶液;H₃PO₄和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3),HCl和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3)。

[0115] (6) 通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到钝化层8中,干法刻蚀选择RIE(Reactive Ion Etching),刻蚀工艺如下:

[0116] RF(Radio Frequency)功率=100W,腔压=30mtorr,CHF₃流量=25sccm,Ar流量=25sccm。

[0117] 实施例5,示意图同图8所示,一种带有表面糙化透光结构的LED芯片,包括衬底1,所述衬底1的上侧依次外延生长有n型Al_xIn_yGa_{1-x-y}N (0≤x≤1,0≤y≤1) 半导体结构2,i型Al_xIn_yGa_{1-x-y}N (0≤x≤1,0≤y≤1) 量子阱有源区3和p型Al_xIn_yGa_{1-x-y}N (0≤x≤1,0≤y≤1) 半导体结构4,在p型半导体结构4上制作透明电极9,表面5是切面角度连续变化的糙化透光结构,糙化透光结构周期为11μm。

[0118] 上述LED芯片的制作方法如下:

[0119] (1) 在LED芯片p型半导体结构4上应用电子束制作4500Å的ITO(Indium Tin Oxide)透明电极9;

[0120] (2) 在透明电极9上涂覆光刻胶PI1511聚酰亚胺薄膜,薄膜厚度1μm;

[0121] (3) 在光刻胶上溅射金属薄膜Ti/Al,Ti薄膜厚度50Å,Al薄膜厚度1500Å;

[0122] (4) 在烘箱中250℃烘烤15.0min;

[0123] (5) 通过湿法刻蚀将金属薄膜去除,A1层刻蚀液选择H₃PO₄:H₂O溶液,Ti层刻蚀液选择HCl:H₂O溶液;H₃PO₄和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3),HCl和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3)。

[0124] (6) 通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到透明电极9中,干法刻蚀选择RIE,刻蚀工艺如下:

[0125] RF功率=150W,腔压=30mtorr,CHF₃流量=25sccm,Ar流量=15sccm,O₂流量=

5sccm。

[0126] 实施例6,示意图同图9所示,一种带有表面糙化透光结构的LED芯片,包括衬底1,所述衬底1的上侧依次外延生长有n型Al_xIn_yGa_{1-x-y}N(0≤x≤1,0≤y≤1)半导体结构2,i型Al_xIn_yGa_{1-x-y}N(0≤x≤1,0≤y≤1)量子阱有源区3和p型Al_xIn_yGa_{1-x-y}N(0≤x≤1,0≤y≤1)半导体结构4,在p型半导体结构4上制作透明有机材料10,其表面5是切面角度连续变化的糙化透光结构,糙化透光结构周期为18μm。

[0127] 上述LED芯片的制作方法如下:

[0128] (1)在LED芯片p型半导体结构上涂覆透明有机弹性材料SU-8薄膜,薄膜厚度20μm;

[0129] (2)在光刻胶上溅射金属薄膜Ti/Al,Ti薄膜厚度50Å,Al薄膜厚度1μm;

[0130] (3)在烘箱中氮气环境下500℃烘烤30min;

[0131] (4)通过湿法刻蚀将金属薄膜去除,Al层刻蚀液选择H₃PO₄:H₂O溶液,Ti层刻蚀液选择HCl:H₂O溶液。H₃PO₄和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3),HCl和H₂O的体积比为(1:0)~(1:3)。

[0132] 实施例7,如图10所示,一种带有表面糙化透光结构的LED芯片,包括衬底1,所述衬底1的上侧依次外延生长有n型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)半导体结构2,i型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)量子阱有源区3和p型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P(0≤x≤1,0≤y≤1)半导体结构4,将芯片p型半导体结构4粘接到固体结构11上,然后通过机械减薄和湿法腐蚀将衬底1去除,在暴露出的n型半导体结构2的底面6是切面角度连续变化的糙化透光结构,糙化透光结构照片如图6所示,其周期为7μm。

[0133] 上述LED芯片的制作方法是:

[0134] (1)将LED芯片从p型半导体结构4面通过银胶粘接到固体结构11铜块上;

[0135] (2)通过9微米和3微米的Al₂O₃粉末研磨将GaAs衬底减薄到25微米厚;

[0136] (3)通过NH₄OH:H₂O₂:H₂O=1:4:20腐蚀液(体积比)将剩余的GaAs衬底腐蚀干净;

[0137] (4)在暴露出的LED芯片n型半导体结构2底面上涂覆光刻胶AZ5214E薄膜,薄膜厚度2μm;

[0138] (5)在光刻胶上溅射金属薄膜Ti/Au,Ti薄膜厚度10Å,Au薄膜厚度1000Å;

[0139] (6)在加热平台上80℃烘烤1min;

[0140] (7)通过湿法刻蚀将金属薄膜去除,Au层刻蚀液选择KI:I₂:H₂O溶液,Ti层刻蚀液选择HCl:H₂O溶液;其中,KI:I₂:H₂O=(65~100)g:(25~50)g:300ml;HCl:H₂O=(1:0)~(1:3)。

[0141] (8)通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到n型半导体材料中,干法刻蚀选择ICP刻蚀,干法刻蚀工艺参数如下:

[0142] ICP功率=1800W,RF功率=300W,腔压=50mtorr,C_{l2}流量=30sccm,Ar流量=15sccm,BCl₃流量=50sccm。

[0143] 另外,相应等离子体刻蚀还可以应用如下条件,结果与上述所示结果基本一致。

[0144] ICP功率=1400W,RF功率=150W,腔压=80mtorr,C_{l2}流量=50sccm,Ar流量=10sccm,BCl₃流量=20sccm;

[0145] ICP功率=1000W,RF功率=200W,腔压=100mtorr,C_{l2}流量=60sccm,Ar流量=25sccm,BCl₃流量=20sccm。

[0146] 实施例8,如图11所示,一种带有表面糙化透光结构的LED芯片,包括衬底1,所述衬

底1的上侧依次外延生长有n型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P (0≤x≤1, 0≤y≤1) 半导体结构2, i型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P (0≤x≤1, 0≤y≤1) 量子阱有源区3和p型Al_xIn_yGa_{1-x-y}P (0≤x≤1, 0≤y≤1) 半导体结构4, 其衬底1的底面6是切面角度连续变化的糙化透光结构, 糙化透光结构照片如图6所示, 其周期为7μm。

[0147] 上述LED芯片的制作方法是:

[0148] (1) 在LED芯片的衬底上涂覆光刻胶AZ5214E薄膜, 薄膜厚度2μm;

[0149] (2) 在光刻胶上溅射金属薄膜Ti/Au, Ti薄膜厚度10Å, Au薄膜厚度1000Å;

[0150] (3) 在加热平台上80℃烘烤1min;

[0151] (4) 通过湿法刻蚀将金属薄膜去除, Au层刻蚀液选择KI:I₂:H₂O溶液, Ti层刻蚀液选择HCl:H₂O溶液; 其中, KI:I₂:H₂O = (65~100) g:(25~50) g:300ml; HCl:H₂O = (1:0) ~ (1:3)。

[0152] (5) 通过干法刻蚀将有机弹性材料薄膜中形成的切面角度连续变化糙化结构转移到芯片衬底材料中, 干法刻蚀选择ICP刻蚀, 干法刻蚀工艺参数如下:

[0153] ICP功率=1800W, RF功率=300W, 腔压=50mtorr, Cl₂流量=30sccm, Ar流量=15sccm, BC_l₃流量=50sccm。

[0154] 另外, 相应等离子体刻蚀还可以应用如下条件, 结果与上述所示结果基本一致。

[0155] ICP功率=1400W, RF功率=150W, 腔压=80mtorr, Cl₂流量=50sccm, Ar流量=10sccm, BC_l₃流量=20sccm;

[0156] ICP功率=1000W, RF功率=200W, 腔压=100mtorr, Cl₂流量=60sccm, Ar流量=25sccm, BC_l₃流量=20sccm。使用上述发明制作的带有表面糙化透光结构的LED芯片, 其出光效率比传统平明出光窗口的LED芯片出光效率可以提升10%~30%。

[0157] 本发明采取以上技术方案, 与现有技术相比, 具有以下优点:

[0158] 对于一般的LED芯片, 其出光表面是平面结构, 如背景技术所述, 由于窗口半导体材料的折射率高于空气, 由光学原理知道全反射角的存在将在很大程度上恶化LED器件的出光效率, 如图3所示, 大于θ_B的光将被表面5完全反射而无法被利用。对于GaN材料构成的p型半导体结构4, 其折射率为2.4, 得出θ_B=24.5度; 对于GaP材料构成的p型半导体结构4, 其折射率为3.4, 得出θ_B=17度。而对于LED芯片, 其发射光为自发辐射, 通常可以认为有源区3的出射光在360度的方向上发射几率是相同的, 这样来看, 受全反射角的影响, 考虑到底面6的反射光GaN LED的出光效率只有14%左右, 红光LED更是只能达到10%左右。本发明提供了一种制作切面角度连续变化的表面糙化结构的方法, 由此得到了一种具有表面糙化透光结构的LED芯片。糙化表面的引入可以在一定程度上改善LED器件出光受全反射角的影响, 从而提升LED器件的出光效率, 如图4所示, 如果出光面是平面, 则x₂点的入射角θ₀大于全反射角, 光线无法出射, 而由于糙化曲面的影响, 入射角减小到θ₁小于全反射角从而出射, 这就提升了器件的出光效率。而且, 通过采用薄膜间的材料特性差异在热诱导条件下形成糙化图形, 糙化图形的参数不仅受材料的热膨胀系数差异影响, 而且受薄膜材料的杨氏模量和泊松率的影响, 此外, 薄膜材料的厚度也会对形成的糙化结构的周期和幅度产生巨大的影响。因而, 采用本发明所提出的技术可以对糙化结构的周期和幅度进行更充分的优化。模拟显示只有在糙化周期与幅度比小于10时, 糙化结构才能够对LED出光效率起到明显的提升作用, 其提升效率可以在10%到30%左右变化, 这一变化由糙化结构的周期和幅度比决

定。此外，本发明所制作的糙化结构，其糙化周期远大于LED器件的出光波长，通常在400nm～1550nm，糙化周期长度则在LED器件出光波长的2倍以上，而且糙化结构的周期与幅度比小于10，因而糙化结构尺度上的角度变化可以改变出射光的入射角度，从而改善光学全反射角的影响。如果糙化尺度与LED出光波长相当时，则其只是散射在起作用，其对LED出光效率的提升作用将显著降低。更进一步，本发明所提出的糙化结构中，制作在p型半导体结构中的糙化结构可以获得最佳的LED出光效率提升效果，而制作在LED表面钝化层、透明电极和表面透光层中的糙化结构对LED出光效率的提升作用都低于p型半导体结构中的糙化结构，这是由于p型半导体结构与钝化层、透明电极和表面透光层的界面上也同样存在光学的全反射效应。

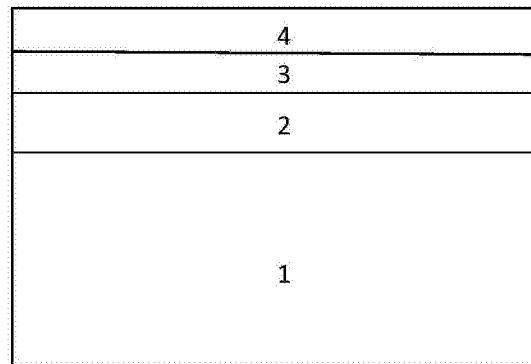


图1

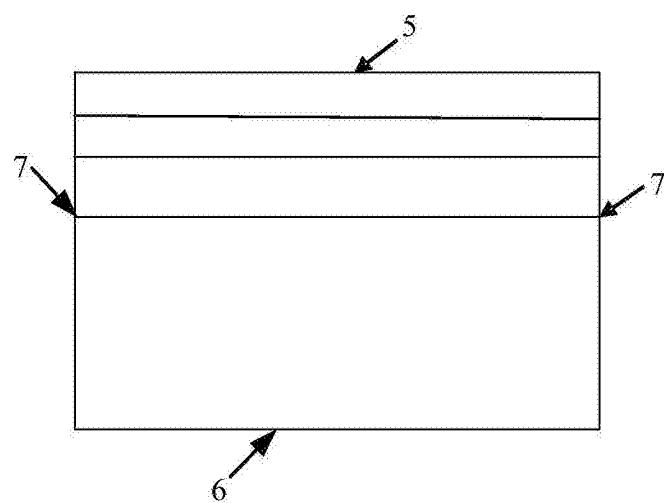


图2

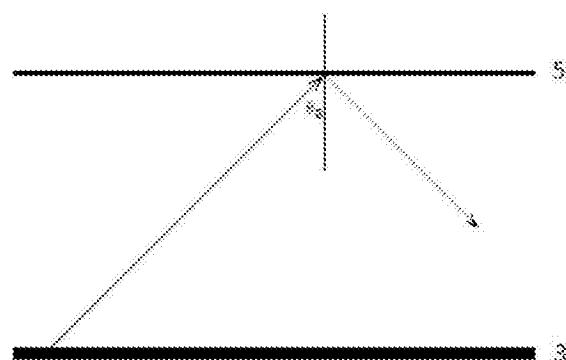


图3

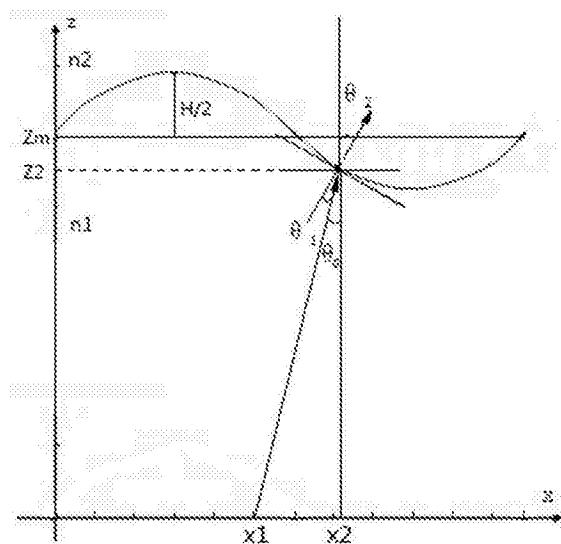


图4

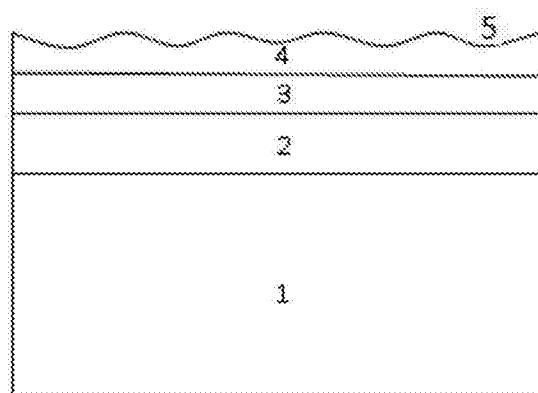


图5

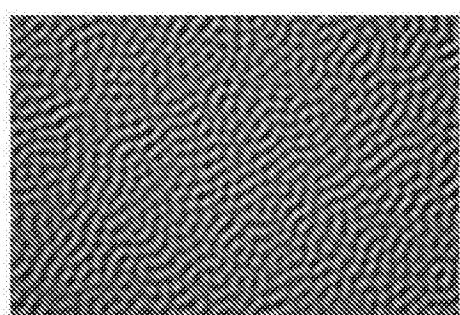


图6

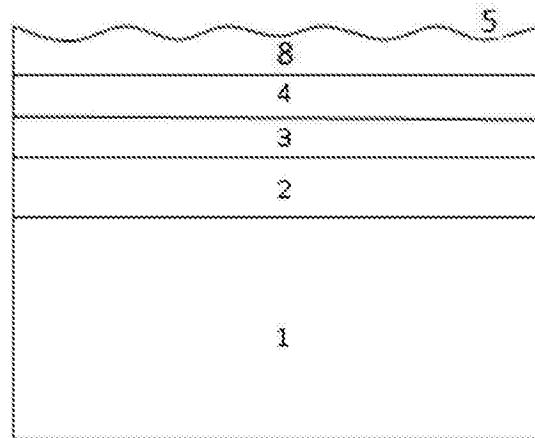


图7

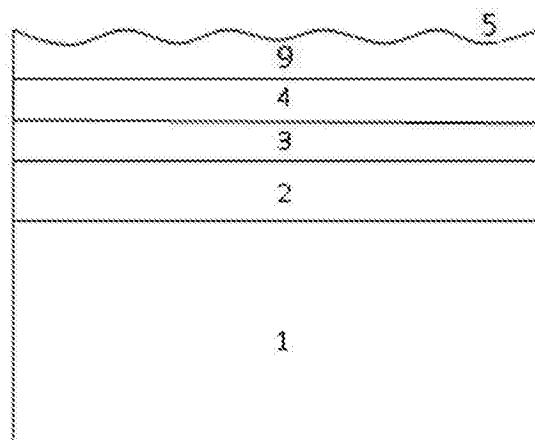


图8

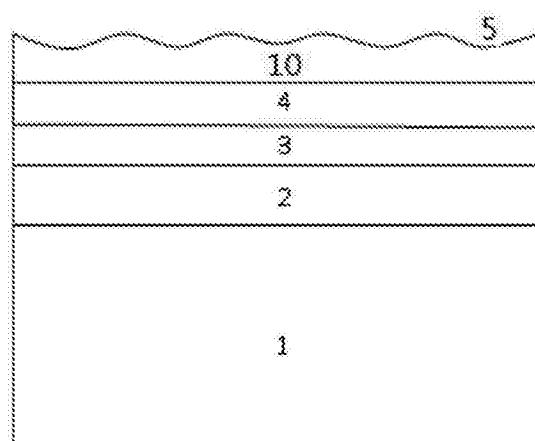


图9

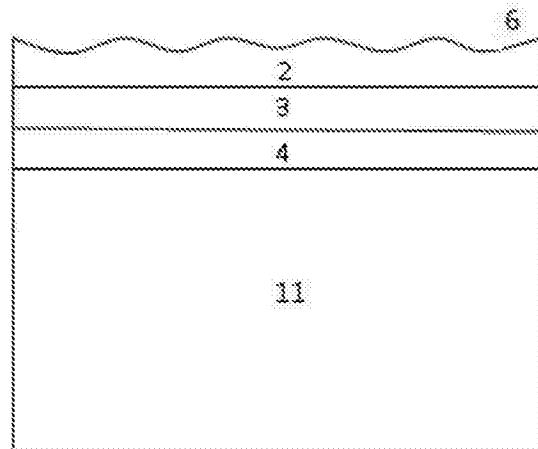


图10

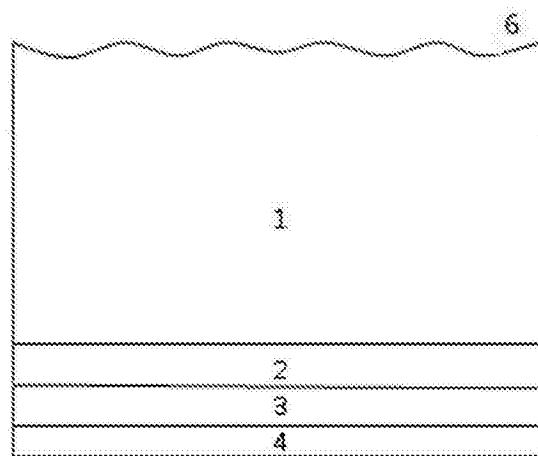


图11