

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410070849.2

H05B 33/20 (2006.01)

H05B 33/14 (2006.01)

H05B 33/12 (2006.01)

H05B 33/10 (2006.01)

C09K 11/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 5 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 100388868C

[22] 申请日 2004.7.23

[21] 申请号 200410070849.2

[73] 专利权人 中国科学院半导体研究所

地址 100083 北京市海淀区清华东路甲 35 号

[72] 发明人 张建国 成步文 余金中 王启明

[56] 参考文献

CN1442883A 2003.9.17

审查员 白若鸽

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 汤保平

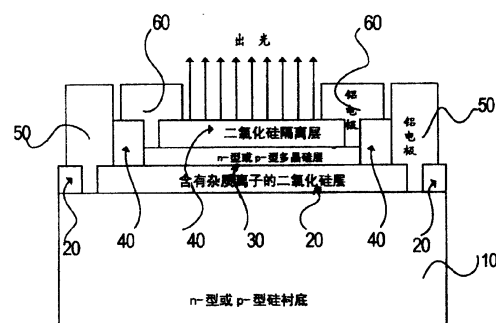
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称

包含硅基发光材料的电致发光器件及制备方法

[57] 摘要

一种包含硅基高效发光材料的电致发光器件，采用杂质离子注入在硅基二氧化硅薄膜里实现硅基材料的高效室温发光，包括：一 p-型或 n-型硅衬底；一掺杂层，该掺杂层制作在硅衬底上，该掺杂层是在硅衬底上生长的二氧化硅上用离子注入的方法形成的，该掺杂层是发光器件的有源区；一 n-型或 p-型多晶硅层，该 n-型或 p-型多晶硅层制作在掺杂层上；一二氧化硅隔离层，该二氧化硅隔离层生长在掺杂层和多晶硅层上；一电极，该电极制作在 n-型或 p-型多晶硅层上；另一电极，该电极制作在 p-型或 n-型硅衬底上；在二氧化硅隔离层表面留有一出光口。



1、一种包含硅基发光材料的电致发光器件，采用杂质离子注入在硅基二氧化硅薄膜里实现硅基材料的高效室温发光，其特征在于，包括：

— p-型或 n-型硅衬底；

— 掺杂层，该掺杂层制作在 p-型或 n-型硅衬底上，该掺杂层是在 p-型或 n-型硅衬底上生长的二氧化硅上用离子注入的方法形成的，该掺杂层是发光器件的有源区；

— n-型或 p-型多晶硅层，该 n-型或 p-型多晶硅层制作在掺杂层上；

— 二氧化硅隔离层，该二氧化硅隔离层生长在掺杂层和 n-型或 p-型多晶硅层上；

— 电极，该电极制作在 n-型或 p-型多晶硅层上；

另一电极，该电极制作在 p-型或 n-型硅衬底上；

在二氧化硅隔离层表面留有一出光口。

2、根据权利要求 1 所述的包含硅基发光材料的电致发光器件，其特征在于，其中掺杂层所注入的杂质离子为铝、镓、铟、砷、锑、铋或它们的组合。

3、一种包含硅基发光材料的电致发光器件的制备方法，其特征在于，包括如下步骤：

步骤 S10：基于 n-型或 p-型的硅衬底；

步骤 S20：在 n-型或 p-型的硅衬底表面生长一层二氧化硅薄膜；

步骤 S30：通过离子注入手段将大剂量的杂质离子注入到二氧化硅薄膜中；

步骤 S40：在不同的温度、气氛下退火，制备出室温发光硅基材料；

利用这种硅基发光材料，制备出金属-氧化物-半导体结构的硅基电致发光器件。

4、根据权利要求 3 所述的包含硅基发光材料的电致发光器件的制备方法，其特征在于，其中所注入的杂质离子为铝、镓、铟、砷、锑、铋或它们的组合。

5、根据权利要求4所述的包含硅基发光材料的电致发光器件的制备方法，其特征在于，其中注入到二氧化硅薄膜里面杂质离子的峰值浓度所占的原子百分比不低于1%。

6、根据权利要求3所述的包含硅基发光材料的电致发光器件的制备方法，其特征在于，其中退火温度选择在100℃到1000℃之间。

7、根据权利要求3所述的包含硅基发光材料的电致发光器件的制备方法，其特征在于，其中二氧化硅薄膜的化学表示式为 SiO_x ，x的取值在1到2之间。

包含硅基发光材料的电致发光器件及制备方法

技术领域

本发明涉及一种电致发光器件及制备方法，特别涉及一种包含硅基发光材料的电致发光器件及制备方法。

背景技术

硅基电子学和集成电路的成就已成为当代发展电子计算机、通信、电子控制和信息处理等信息高技术的不可替代的强大支柱，它不仅占据着国民经济和国防建设中的显赫地位，而且民用电子产品早已经深入千家万户，成为我们生活中必不可少的一部分。而且，地球上蕴藏着取之不尽的硅原料，随着近半个世纪以来集成电路的发展，硅基材料与器件工艺已获得惊人的成熟，硅基电子产业已成为当今信息产业的主导，更重要的是，硅基电子产品的性能价格比几乎无可匹敌。

然而在光电子领域的发展中，虽然在硅基太阳能电池、光电探测器等有强大的优势，以很高的性价比占领了市场，但是在当今最具代表性的光通信发展领域，硅仍然排斥在外，未能进入主角的位置。

硅基材料能否高效发光，从而做成高效率的发光二极管和激光器，这是自半导体激光器问世以来人们一直孜孜以求而尚未达到的目标，这也是决定硅基材料能否在光电子领域中占据主角位置的关键。然而众所周知，硅属于间接带隙材料，导带和价带的极值不在动量空间的同一点，根据动量守恒原理，注入到硅导带底的电子与价带顶的空穴的复合必须借助于声子的参与，它是一个多体跃迁的过程，几率远比直接带隙的化合物材料小得多，所以硅材料的带间复合发光的效率很低。

自从20世纪九十年代初发现多孔硅的高效室温发光以来，硅基高效发光的研究已经取得了长足的进展，在这其中，杂质掺杂一直是最重要的几种手段之一。

本发明在我们多次实验的基础上，提出一种与现有微电子工艺完全兼容的可以实现硅基发光材料和包含这种材料的电致发光器件的新办法和思想，并有可能在将来的硅基光电子学领域得到大规模的应用。

发明内容

本发明专利的目的是提供一种包含硅基发光材料的电致发光器件及制备方法，其核心是在硅基二氧化硅薄膜材料中大剂量的离子注入杂质离子铝（Al）、镓（Ga）、铟（In）、砷（As）、锑（Sb）、铋（Bi）或它们的组合。它的优点在于与现有的微电子工艺完全兼容，工艺简单，重复性好，容易实现，易于推广。

本发明提供一种包含硅基发光材料的电致发光器件，采用杂质离子注入在硅基二氧化硅薄膜里实现硅基材料的高效室温发光，其特征在于，包括：

- 一 p-型或 n-型硅衬底；

- 一掺杂层，该掺杂层制作在 p-型或 n-型硅衬底上，该掺杂层是在 p-型或 n-型硅衬底上生长的二氧化硅上用离子注入的方法形成的，该掺杂层是发光器件的有源区；

- 一 n-型或 p-型多晶硅层，该 n-型或 p-型多晶硅层制作在掺杂层上；

- 一二氧化硅隔离层，该二氧化硅隔离层生长在掺杂层和 n-型或 p-型多晶硅层上；

- 一电极，该电极制作在 n-型或 p-型多晶硅层上；

- 另一电极，该电极制作在 p-型或 n-型硅衬底上；

在二氧化硅隔离层表面留有一出光口。

其中掺杂层所注入的杂质离子为铝、镓、铟、砷、锑、铋或它们的组合。

本发明提供一种包含硅基发光材料的电致发光器件的制备方法，其特征在于，包括如下步骤：

步骤 S10：基于 n-型或 p-型的硅衬底；

步骤 S20：在 n-型或 p-型的硅衬底表面生长一层二氧化硅薄膜；

步骤 S30：通过离子注入手段将大剂量的杂质离子注入到二氧化硅

薄膜中；

步骤 S40：在不同的温度、气氛下退火，制备出室温发光硅基材料；
利用这种硅基发光材料，制备出金属-氧化物-半导体结构的硅基电致发光器件。

其中所注入的杂质离子为铝、镓、铟、砷、锑、铋或它们的组合。

其中注入到二氧化硅薄膜里面杂质离子的峰值浓度所占的原子百分比不低于 1%。

其中退火温度选择在 1000℃ 到 10000℃ 之间。

其中二氧化硅薄膜的化学表示式为 SiO_x ，x 的取值在 1 到 2 之间。

附图说明

为进一步说明本发明的技术内容，以下结合实施例及附图对本发明作一详细的描述，其中：

图 1 是利用杂质离子注入制备硅基室温发光 SiO_2 薄膜材料的流程图；

图 2 是制备出的 $\text{Al}^{3+}/\text{SiO}_2$ 薄膜材料在经过高纯氮气保护气氛下 30 分钟不同温度退火之后的室温荧光光谱，激发光源采用氩离子激光器，光源波长为 488 纳米，激发功率为 60 毫瓦；

图 3 为采用硅基室温发光 $\text{Al}^{3+}/\text{SiO}_2$ 薄膜材料制备金属-氧化物-半导体（MOS）结构的电致发光器件的示意图。

具体实施方式

请参阅图 3 所示，本发明一种包含硅基发光材料的电致发光器件，采用杂质离子注入在硅基二氧化硅薄膜里实现硅基材料的室温发光，包括：

一 p-型或 n-型硅衬底 10；

一掺杂层 20，该掺杂层 20 制作在硅衬底 10 上，该掺杂层 20 是在硅衬底 10 上生长的二氧化硅上用离子注入的方法形成的，该掺杂层 20 是发光器件的有源区；其中掺杂层 20 所注入的杂质离子为铝、镓、铟、砷、锑、铋或它们的组合；

一 n-型或 p-型多晶硅层 30，该 n-型或 p-型多晶硅层 30 制作在掺杂层 20 上；

二氧化硅隔离层 4 0 生长在掺杂层 2 0 和 n-型多晶硅层 3 0 上；
一电极 6 0，该电极 6 0 制作在 n-型或 p-型多晶硅层 3 0 上；
另一电极 5 0，该电极 5 0 制作在 p-型或 n-型硅衬底 1 0 上；
在二氧化硅隔离层 4 0 表面留有一出光口。

请参阅图 1 所示本发明一种包含硅基发光材料的电致发光器件的制备方法，包括如下步骤：

步骤 S 1 0：基于 n-型或 p-型的硅衬底 1；

步骤 S 2 0：在硅片表面生长一层二氧化硅薄膜 2；

步骤 S 3 0：通过离子注入手段将大剂量的杂质离子注入到二氧化硅薄膜 2 中；其中所注入的杂质离子为铝、镓、铟、砷、锑、铋或它们的组合；其中注入到硅基二氧化硅薄膜里面杂质离子的峰值浓度所占的原子百分比不低于 1 %；

步骤 S 4 0：在不同的温度、气氛下退火，制备出高效的室温发光硅基材料；

利用这种硅基发光材料，制备出金属-氧化物-半导体结构的硅基电致发光器件。

其中退火温度选择在 1 0 0 °C 到 1 0 0 0 °C 之间。

其中硅基二氧化硅薄膜的化学表示式为 SiO_x ，x 的取值在 1 到 2 之间。

本发明硅基室温高效发光材料和包含这种材料的电致发光器件的制备思想和具体工艺为：在硅片衬底上，先通过硅片热生长的方法（也可以通过等离子体化学气相淀积或磁控溅射等手段）生长一层小于 5 0 0 纳米厚的二氧化硅（ SiO_2 ）层，然后通过离子注入的方法将杂质离子注入到二氧化硅（ SiO_2 ）层中。注入完成之后将样品放置在退火炉中在高纯氮气保护作用下在不同温度下退火不同的时间，利用这种办法可以制备出高效的硅基室温高效发光材料。

图 2 为硅基室温发光 $\text{Al}^{3+}/\text{SiO}_2$ 薄膜材料的室温荧光光谱，采用的激发光源为氩离子激光器，光源波长采用 4 8 8 纳米，功率选择为 6 0 毫瓦。其中硅基室温发光 $\text{Al}^{3+}/\text{SiO}_2$ 薄膜材料的制备条件为：3 0 0 纳米厚的二氧化硅层通过干氧氧化生成，在室温下进行大剂量的 Al^{3+} 离子注入，注入参数为注入电压 8 2 千伏，注入剂量 $1.8 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，然后在高纯氮气

保护气氛下不同温度退火不同时间。

图3为在采用大剂量的 Al^{3+} 离子注入形成的硅基室温发光 SiO_2 薄膜材料的基础上制备金属-氧化物-半导体 (MOS) 结构的电致发光器件的示意图。具体制备的方法为：在 p⁺ 型 (n⁺ 型) 硅片衬底 10 上通过热氧化形成二氧化硅层，然后将大剂量的 Al^{3+} 离子注入；在合适的温度和气氛退火的基础上，利用等离子体化学气相淀积在二氧化硅层 20 上淀积一层 300 纳米厚的 n⁺ 型 (p⁺ 型) 多晶硅层 30；在多晶硅层 30 上面利用 PECVD 生长一层 200 纳米厚的二氧化硅层 40 作为电极 50、60 之间的隔离层；在隔离层 40 上刻蚀出两个圆心为同一点的不同半径大小的圆环窗口，一个刻蚀到硅衬底 10 表面，另外一个刻蚀到多晶硅层 30 表面。最后在上表面淀积一层作为电极 50、60 的金属铝，通过在氮气气氛下低温退火形成良好的欧姆接触，即可制备出硅基稀土掺杂发光材料金属-氧化物-半导体 (MOS) 结构的电致发光器件。

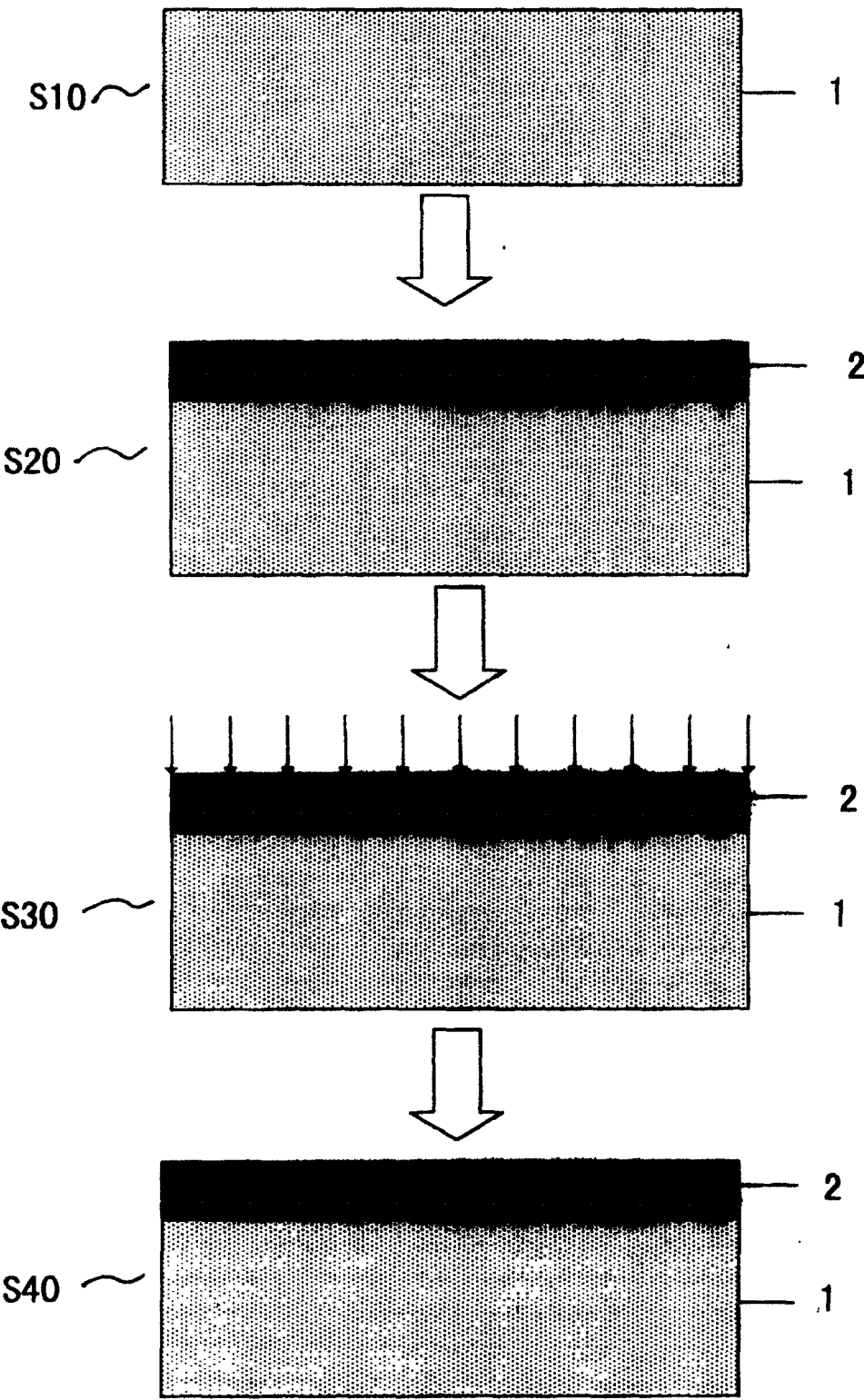


图 1

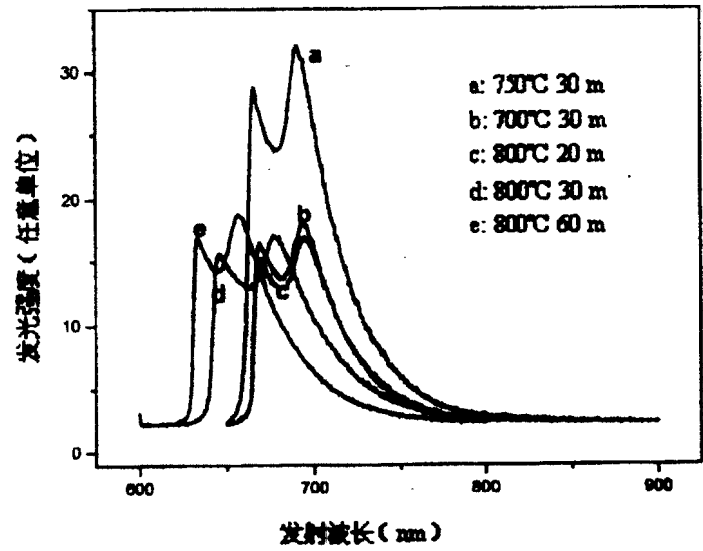


图 2

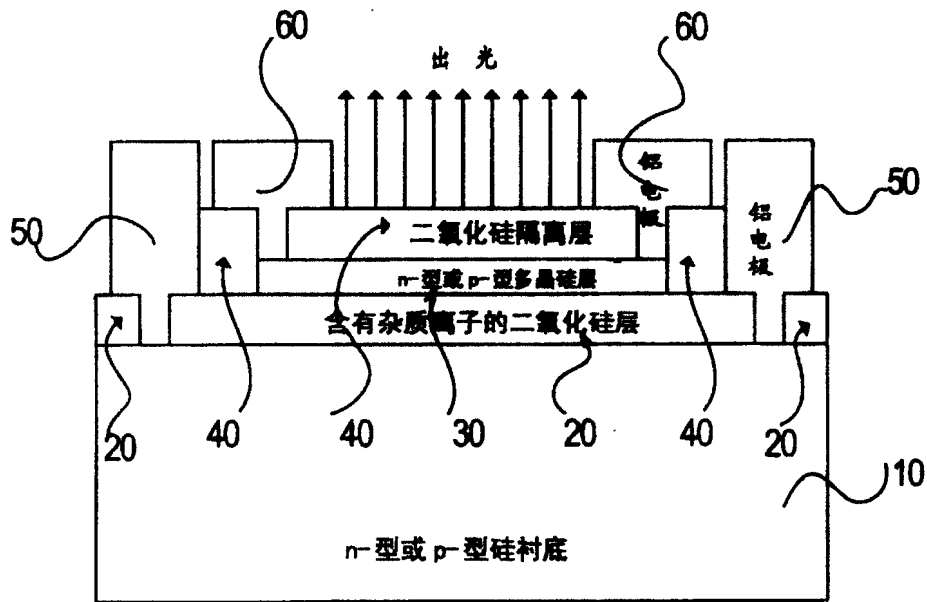


图 3

专利名称(译)	包含硅基发光材料的电致发光器件及制备方法		
公开(公告)号	CN100388868C	公开(公告)日	2008-05-14
申请号	CN200410070849.2	申请日	2004-07-23
[标]申请(专利权)人(译)	中国科学院半导体研究所		
申请(专利权)人(译)	中国科学院半导体研究所		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学院半导体研究所		
[标]发明人	张建国 成步文 余金中 王启明		
发明人	张建国 成步文 余金中 王启明		
IPC分类号	H05B33/20 H05B33/14 H05B33/12 H05B33/10 C09K11/00		
其他公开文献	CN1725920A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种包含硅基高效发光材料的电致发光器件，采用杂质离子注入在硅基二氧化硅薄膜里实现硅基材料的高效室温发光，包括：一p-型或n-型硅衬底；一掺杂层，该掺杂层制作在硅衬底上，该掺杂层是在硅衬底上生长的二氧化硅上用离子注入的方法形成的，该掺杂层是发光器件的有源区；一n-型或p-型多晶硅层，该n-型或p-型多晶硅层制作在掺杂层上；一二氧化硅隔离层，该二氧化硅隔离层生长在掺杂层和多晶硅层上；一电极，该电极制作在n-型或p-型多晶硅层上；另一电极，该电极制作在p-型或n-型硅衬底上；在二氧化硅隔离层表面留有一出光口。

