



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105917748 B

(45)授权公告日 2019.07.26

(21)申请号 201580004759.X

(22)申请日 2015.01.15

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105917748 A

(43)申请公布日 2016.08.31

(30)优先权数据
2014900121 2014.01.15 AU

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.07.15

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/AU2015/050013 2015.01.15

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/106318 EN 2015.07.23

(73)专利权人 盖列姆企业私人有限公司

地址 澳大利亚新南威尔士

(72)发明人 伊恩·曼 萨蒂亚纳拉杨·巴瑞克
玛丽·汪德比尔特-富盖
乔希·布朗 保罗·邓尼根

(74)专利代理机构 北京德崇智捷知识产权代理
有限公司 11467

代理人 王金双

(51)Int.Cl.
H05H 1/46(2006.01)
C23C 16/34(2006.01)
C23C 16/00(2006.01)

审查员 郁亚红

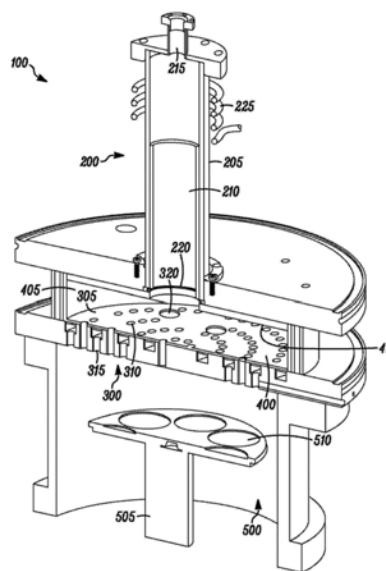
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

用于减少薄膜中杂质的装置和方法

(57)摘要

描述了等离子体发生器,其使用部分的PBN衬里,相对于使用完全的PBN衬里不仅在膜形成的过程中使得高能气体组分的损失最小化,而且减少了引入到生长膜中的硼杂质的水平。还描述了这种等离子体发生器在成膜装置和成膜方法中的使用。



1. 一种等离子体发生器,包括:
 - (a) 等离子体管,具有形成在等离子体管的第一端部的气体入口和形成在等离子管的第二端部的等离子出口;
 - (b) 临近等离子体管的第一区域的电离源,以将此区域暴露给电磁场来产生活性等等离子体组分;以及
 - (c) 热解氮化硼衬里,为在其第二区域内的等离子体管的内壁安装衬里,其中,所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的20%,或者其中所述热解氮化硼衬里不延伸到第一区域中,使得它不为等离子体管的一部分内表面安装衬里,所述一部分内表面邻近所述电离源。
2. 根据权利要求1所述的等离子体发生器,其中热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的10%。
3. 根据权利要求2所述的等离子体发生器,其中热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的5%。
4. 根据权利要求1所述的等离子体发生器,其中所述热解氮化硼衬里与电离源的距离间隔为0mm至100mm。
5. 根据权利要求4所述的等离子体发生器,其中所述间隔为2mm至80mm。
6. 根据权利要求5所述的等离子体发生器,其中所述间隔为5mm至60mm。
7. 根据权利要求1所述的等离子体发生器,其中所述热解氮化硼衬里是可去除的衬里。
8. 根据权利要求1所述的等离子体发生器,其中所述电离源是RF线圈的形式。
9. 根据权利要求1所述的等离子体发生器,其中所述等离子体发生器是RPCVD等离子体发生器。
10. 根据权利要求1所述的等离子体发生器,其中所述气体入口是氮气入口。
11. 根据权利要求1所述的等离子体发生器,其中等离子体管的气体入口或邻近第一端部的等离子体管的一部分是相对于等离子体管的其余部分收缩的。
12. 根据权利要求11所述的等离子体发生器,其中收缩采取的形式为气体入口和/或等离子体管的第一区域的至少一部分相对于所述等离子体管的第二区域的直径是直径减小的区域。
13. 一种用于在基板上沉积第III族金属氮化物膜的装置,所述装置包括:
 - (a) 等离子体发生器,以由氮源产生氮等离子体,等离子体发生器包括:
 - (i) 等离子体管,具有形成在等离子体管的第一端部的气体入口和形成在等离子管的第二端部的等离子出口;
 - (ii) 临近等离子体管的电离源,以限定等离子管的第一区域并将此区域暴露给电磁场来产生活性等等离子体组分;
 - (iii) 热解氮化硼衬里,位于邻近在其第二区域内的所述等离子体管的内壁,所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的20%,或所述热解氮化硼衬里不延伸到第一区域中,使得它不为等离子体管的一部分内表面安装衬里,所述一部分内表面邻近所述电离源;
 - (b) 生长室,在所述生长室中,包括第III族金属的试剂与由氮等离子体衍生的活性氮组分反应,以便在基板上沉积第III族金属氮化物;以及

(c) 在生长室上的等离子体入口,以便氮等离子体从等离子体发生器通入到生长室中。

14. 根据权利要求13所述的装置,其中所述装置是RPCVD装置。

15. 根据权利要求13所述的装置,其中等离子体发生器是如权利要求1-12中任一项所述的等离子体发生器。

16. 根据权利要求13-15中任一项所述的装置,还包括位于所述等离子体发生器和生长室之间的喷头。

17. 根据权利要求16所述的装置,其中所述喷头包括至少一个贯穿它的孔,通过该孔离开等离子体管的等离子出口的等离子体可穿过进入生长室中。

18. 根据权利要求17所述的装置,其中至少一个孔设置有热解氮化硼护套或涂层。

19. 根据权利要求18所述的装置,其中至少一个孔为多个孔,其中大部分孔设置有热解氮化硼护套。

20. 根据权利要求16所述的装置,还包括由喷头的上表面、至少一个侧壁和顶部限定的等离子体腔,喷头的上表面与等离子体发生器的等离子出口相对,通过顶部等离子体发生器的等离子出口打开。

21. 根据权利要求20所述的装置,其中至少所述喷头的上表面和至少一个侧壁上安装有热解氮化硼的衬里。

22. 一种产生等离子体的方法,包括以下步骤:

(a) 提供包括等离子体管的等离子体发生器,所述等离子体管具有形成在等离子体管的第一端部的气体入口和形成在等离子体管的第二端部的等离子出口,临近等离子体管的电离源,以限定等离子体管的第一区域并将此区域暴露给电磁场来产生活性等离子体组分,以及热解氮化硼衬里,位于邻近在其第二区域内的所述等离子体管的内壁,所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的20%,或所述热解氮化硼衬里不延伸到第一区域中,使得它不为等离子体管的一部分内表面安装衬里,所述一部分内表面邻近所述电离源;

(b) 通过气体入口提供原料气;以及

(c) 将气体暴露于此第一区域内的电磁场,由此产生等离子体。

23. 根据权利要求22所述的方法,其中在生长室中的生长压力为1至10托。

24. 根据权利要求22或23所述的方法,当使用如权利要求1-12中任一项所述的等离子体发生器或如权利要求13-21中任一项所述的装置时进行所述方法。

用于减少薄膜中杂质的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于减少杂质的装置和方法,特别是通过使用等离子体的CVD工艺而在膜中生长的硼。

背景技术

[0002] 对本文中背景技术的任何参考不应解释为承认这样的现有技术构成在澳大利亚或其它地方的公知常识。

[0003] 含金属的膜,例如氮化镓(GaN)膜在一系列装置中有应用,从发光二极管(LED)到紫外线检测器再到晶体管器件。

[0004] 这些膜通常由以下技术制作,包括分子束外延(MBE)、金属有机化学气相沉积(MOCVD)和远程等离子体增强化学气相沉积(RPECVD或RPCVD)。RPCVD已用来在比MOCVD更低的温度下产生高品质的膜,这往往涉及大约1000°C至1200°C的生长温度,从而降低了设备成本,并允许使用用于膜沉积的温度敏感优选基板(substrate)。

[0005] RPCVD使用原料气,例如氮气来产生等离子体,以与金属有机试剂反应,并在基板上沉积所需材料。在该技术中,很重要的是保持适宜高能活性气体组分(species)的一致水平,该适宜高能活性气体组分从是等离子体管的等离子体产生区域提供给反应或生长室。

[0006] 可减少该高能活性气体组分的一种途径是通过在其中产生等离子体的等离子体管的壁上的表面复合,也可能通过在向生长室运送活性气体组分的容器壁上的表面复合。这种表面复合例如是氮气的原子或分子复合,其降低了可用于与有机金属试剂反应的活性原子或分子氮种类的数目。

[0007] 由于这个原因,可能有用的是由具有用于要生成的特定活性气体组分的低固有表面复合特性的材料来构造等离子体管。热解氮化硼(PBN)是当产生氮等离子体时用于此目的的有用材料。然而,PBN是相对昂贵的材料并且是难以加工成所需的规格,所以等离子体发生器的制造成本因包含PBN等离子体管而显著提高。另外,本发明人已经注意到PBN管壁的溅射将作为杂质的显著水平的硼引入到了生长膜中。这降低了膜的质量和其对某些设备用途的适配性,并且是这种方法的显著缺点。

[0008] 提供这样一种等离子体发生器将是有益的,这种等离子体发生器由于表面重组使得活性物质的损失减少,但不会导致掺入生长膜中的杂质超出可接受的商业水平。

发明内容

[0009] 根据本发明的第一方面,提供了等离子体发生器,包括:

[0010] (a) 等离子体管,具有形成在等离子体管的第一端部的气体入口和形成在等离子体管的第二端部的等离子体出口;

[0011] (b) 临近等离子体管的电离源,以限定等离子体管的第一区域并将该区域暴露给电磁场来产生活性等离子体组分;以及

[0012] (c) 热解氮化硼衬里,为在其第二区域内的等离子体管的内壁安装衬里(lining),

[0013] 其中,所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的20%。

[0014] 在一个实施方式中,热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的10%。

[0015] 在进一步的实施方式中,热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的5%。

[0016] 在一个实施方式中,热解氮化硼衬里不延伸到第一区域中,使得它不为等离子体管的一部分内表面安装衬里,该一部分内表面邻近所述电离源。

[0017] 在一个实施方式中,等离子体管的气体入口或邻近所述第一端部的等离子体管的一部分相对于所述等离子体管的剩余部分收缩。

[0018] 适当地,该收缩采取的形式为气体入口和/或等离子体管的第一区域的至少一部分相对于所述等离子体管的第二区域的直径是直径减小的区域。

[0019] 在一个实施方式中,等离子体发生器是用于形成膜的装置的组成部分。该装置可以是用于在基板上沉积第III族金属氮化物膜。该装置可以是用于使用等离子体作为反应物形成膜的装置。在一个实施方式中,该装置是RPCVD装置,所以等离子体发生器可以是RPCVD等离子体发生器。

[0020] 合适地,该装置还可包括生长室,其包括VA族等离子体入口、IIIA族试剂入口以及适于支撑一个或多个基板的基板支架。

[0021] 在一个实施方式中,本发明在于用于在基板上沉积第III族金属氮化物膜的装置,该装置包括:

[0022] (a) 等离子体发生器,以由氮源产生氮等离子体,该等离子体发生器包括

[0023] (i) 等离子体管,具有形成在等离子体管的第一端部的气体入口和形成在等离子体管的第二端部的等离子出口;

[0024] (ii) 临近等离子体管的电离源,以限定等离子管的第一区域并将该区域暴露给电磁场来产生活性等离子体组分;

[0025] (iii) 热解氮化硼衬里,位于邻近在其第二区域内的所述等离子体管的内壁,所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的20%;

[0026] (b) 生长室,在所述生长室中,包括第III族金属的试剂与由氮等离子体衍生的活性氮组分反应,以便在基板上沉积第III族金属氮化物;以及

[0027] (c) 在生长室上的等离子体入口,以便氮等离子体从等离子体发生器通入到生长室中。

[0028] 在一个实施方式中,该装置是RPCVD装置。

[0029] 在一个实施方式中,喷头位于RPCVD装置的等离子体发生器和生长室之间。

[0030] 在一个实施方式中,热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的10%。

[0031] 在进一步的实施方式中,热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的5%。

[0032] 在一个实施方式中,热解氮化硼衬里不延伸到第一区域中,使得它不为等离子体管的一部分内表面安装衬里,该一部分内表面邻近所述电离源。当热解氮化硼衬里不延伸

到第一区域中时,热解氮化硼衬里和电离源之间的间距可以是如前面描述的用于等离子体发生器的任何距离。

[0033] 适当地,有机金属试剂从该喷头释放到生长室中。

[0034] 该喷头可设置有贯穿其的至少一个孔,离开等离子体管的等离子出口的等离子体可穿过它进入生长室。

[0035] 在一个实施方式中,该至少一个孔设置有热解氮化硼护套或涂层。

[0036] 优选地,该至少一个孔为多个孔,并且多数孔设置有热解氮化硼护套。在一个实施方式中,基本上所有的孔设置有热解氮化硼护套。

[0037] 在一个实施方式中,等离子体腔由该喷头的上表面、至少一个侧壁和顶部限定,喷头的上表面与所述等离子体发生器的等离子出口相对,通过顶部该等离子体发生器的等离子体出口打开。

[0038] 合适地,该喷头的上表面和至少一个侧壁覆盖有热解氮化硼。

[0039] 在一个实施方式中,等离子体腔的所有表面都衬有一个或多个热解氮化硼衬里,其可以是与等离子体发生器的热解氮化硼衬里分离的或连续的。

[0040] 根据本发明第二方面,提供了产生等离子体的方法,包括以下步骤:

[0041] (a) 提供包括等离子体管的等离子体发生器,该等离子体管具有形成在等离子体管的第一端部的气体入口和形成在等离子体管的第二端部的等离子出口,临近等离子体管的电离源,以限定等离子体管的第一区域并将该区域暴露给电磁场来产生活性等离子体组分,以及热解氮化硼衬里,位于邻近在其第二区域内的所述等离子体管的内壁,所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的20%;

[0042] (b) 通过该气体入口提供原料气;以及

[0043] (c) 将该气体暴露于该第一区域内的电磁场,由此产生等离子体。

[0044] 等离子体发生器的各种组件可以是在第一方面的任何实施方式中所描述的,包括用于在基板上沉积第III族金属氮化物膜的装置的实施方式。

[0045] 在第三方面,本发明在于由第二方面的方法制造的第III族金属膜。该膜可以是第III族金属氮化物膜。在一个实施方式中,所述膜是GaN膜。

[0046] 在第四方面,本发明在于在半导体器件中使用第三方面的第III族金属膜。该膜可以为第三方面中所描述的。

[0047] 本发明的各种特征和实施方式,在上文各个部分涉及的,酌情适用于其它部分。因此,一个部分中的特定特征可酌情与其它部分的特定特征相结合。所描述的用于第一方面的压力、气体流量和各种装置组件性质的这些条件同样适用于第二方面,并被认为已列举完全涉及该方面。

[0048] 本发明进一步的特征和优点将从下面的详细描述中变得显而易见。

附图说明

[0049] 为了可容易地理解本发明并付诸实际效果,现在将通过示例的方式参考附图来描述优选的实施方式,其中:

[0050] 图1示出了当使用具有部分PBN衬里的等离子体管时用于在基板上沉积金属氮化物膜的装置的一个实施方式的立体剖视图;

[0051] 图2是用于在图1的基板上沉积金属氮化物膜的装置的立体剖视图,但使用的是收缩气体入口;以及

[0052] 图3是在GaN膜中发现的作为杂质的硼水平的SIMS图形分析,该GaN膜用完整的PBN衬里、与RF线圈间隔开10mm的部分PBN衬里以及与RF线圈间隔开20mm的部分PBN衬里制得。

具体实施方式

[0053] 本发明的论断至少部分地基于以下发现,即在很大程度上,如果衬里不是位于被RF线圈包围或紧邻所述RF线圈的等离子体管的区域中,则可显著减少硼作为杂质不希望地掺入到由RPCVD生长的膜中,同时仍然从也被称为等离子体发生器的反应管的等离子体管中的PBN衬里的低表面重组特性受益。在一定程度上,RF线圈与PBN衬里的距离增加使得硼杂质进一步减少。

[0054] 在本专利说明书中,形容词例如第一和第二、左和右、前和后、顶部和底部等仅用于从另一元件或方法步骤定义一个元件或方法步骤,而不一定需要由该形容词描述的特定相对位置或顺序。术语“包括”、“包含”、“包括”、“包括”或类似术语意在指非排他性的包括,以使得包括一系列元素的方法、系统或装置并不只是包括那些元素,而可能包括未列出的其它元素。

[0055] 除非另外定义,本文使用的所有技术和科学术语具有如将由本发明所属的本领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0056] 尽管本文中使用了术语“等离子体”来讨论由等离子体产生区域内的气体的电离所形成的组分,和该气体穿过等离子体管、等离子体腔、喷头并进入RPCVD装置的反应或生长室,但应当理解的是,带电的气体组分可在从等离子体发生区域到生长室的此行程中很大程度上熄灭,因此对这些区域中的“等离子”的引用将被理解为也称为活性气体组分。

[0057] 根据本发明的第一方面,提供了等离子体发生器,包括:

[0058] (a) 等离子体管,具有形成在等离子体管的第一端部的气体入口和形成在等离子体管的第二端部的等离子出口;

[0059] (b) 临近等离子体管的电离源,以限定等离子体管的第一区域并将该区域暴露给电磁场来产生活性等离子体组分;以及

[0060] (c) 热解氮化硼衬里,为在其第二区域内的等离子体管的内壁安装衬里,

[0061] 其中,所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的20%。

[0062] 所谓的“所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的20%”意为PBN衬里将在很大程度上驻留在第二区域中,但是延伸超出并进入到第一区域中,只在有限的延伸区域中临近电离源。在本实施方式中延伸到第一区域中的距离是所述第一区域长度的20%(所述第一区域是具有与其紧邻的电离源的等离子体管的部分),其中所述长度是在操作中在气体/等离子体组分通过等离子体管的行进方向上进行测量的。如果电离源整体上临近等离子体管,则第一区域的长度将与电离源的长度一样,例如RF线圈。仅以举例的方式,如果在气体/等离子体组分行进方向上第一区域的长度为5cm,则热解氮化硼衬里不会延伸到第一区域中与电离源重叠超过10mm,该距离为5cm的20%。

[0063] 尽管是优选的,以获得最佳效果,但发明人发现PBN衬里和电离源之间没有重叠则

高能气体组分的复合可显著减少,而当存在相对小的重叠时,例如如上定义的20%或更低,硼杂质可保持在可管理的水平。

[0064] 在一个实施方式中,所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的10%。

[0065] 在进一步的实施方式中,所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的5%。

[0066] 在一个实施方式中,热解氮化硼衬里不延伸到第一区域中,使得它不为等离子体管的一部分内表面安装衬里,该一部分内表面邻近所述电离源。这是优选的实施方式,其中所述PBN衬里和电离源不重叠,或者以另一种方式放置它,其中保持了所述PBN衬里和电离源之间的间隔。

[0067] 参考不为等离子体管的内表面安装衬里的PBN衬里,该内表面‘邻近’所述电离源,意味着PBN衬里和RF线圈沿等离子体管的长度轴线不在任何点上重叠,该长度轴线也可定义为气体/等离子体行进通过等离子体管的方向。

[0068] 在一个实施方式中,热解氮化硼衬里在以距离电离源的下端大于0mm至约100mm的距离开始。电离源的下端可定义为电离源的点或表面,它最接近PBN衬里。例如,当电离源是RF线圈时,则PBN衬里从该源开始的距离从最低线圈的下侧测量,其最靠近PBN衬里。替代地,但实现的效果相同,所述电离源的下端可定义为电离源的最后点的水平,行进气体或等离子体将在操作中在离开等离子体管之前在其行进方向上通过。在下面的段落中提到的间距涉及这点和PBN衬里的第一个点之间的距离,操作时在其行进方向上等离子体遇到PBN衬里的该第一个点。

[0069] 在一个实施方式中,其中所述热解氮化硼衬里不延伸到第一区域中,热解氮化硼衬里和电离源之间的间距为大于0mm至约100mm。优选地,热解氮化硼衬里和电离源之间的间距为约5至约100mm。在一个实施方式中,热解氮化硼衬里和电离源之间的间距为约10至75mm。在进一步的实施方式中,热解氮化硼衬里和电离源之间的间距为约15至50mm。在又一个进一步的实施方式中,热解氮化硼衬里和电离源之间的间距为约20至约30mm。这些范围包括并且可选自大于0mm至100mm、大于0mm至90mm、大于0mm至80mm、大于0mm至70mm、大于0mm至60mm、大于0mm至50mm、大于0mm至40mm、大于0mm至30mm、1至100mm、1至90mm、1至80mm、1至70mm、1至60mm、1至50mm、1至40mm、1至30mm、2至100mm、2至90mm、2至80mm、2至70mm、2至60mm、2至50mm、2至40mm和2至30mm、5至100mm、5至90mm、5至80mm、5至70mm、5至60mm、5至50mm、5至40mm和5至30mm、10至100mm、10至90mm、10至80mm、10至70mm、10至60mm、10至50mm、10至40mm和10至30mm、20至100mm、20至90mm、20至80mm、20至70mm、20至60mm、20至50mm、20至40mm和20至30mm、30至100mm、30至90mm、30至80mm、30至70mm和30至60mm、40至100mm、40至90mm、40至80mm、40至70mm和40至60mm,以及约10mm、20mm、30mm、40mm、50mm、60mm、70mm、80mm、90mm和100mm的单个值。

[0070] PBN衬里可从上述定义的点延伸到基本上邻近等离子体出口,或在两者之间的任何点的端部上。

[0071] 本发明的发明人已经发现,如上面描述的,维持电离源的下端和PBN衬里的开始之间的分离提供了掺入到生长膜(多个膜)中的硼水平的显著降低,同时令人惊讶地提供了在 高能组分复合中的有益降低。不希望受任何假设的特定理论的束缚,而据信发生了硼原子

从PBN衬里的喷射,这是由于在与活性等离子体组分,例如活性氮等离子体组分接触时的溅射或蚀刻,该溅射或蚀刻的程度直接在由电离源所包含的等离子体形成区域中大大增加。因此,降低了PBN衬里远离该区域,或者甚至提高了电离源更远地位于PBN衬里上面,导致更少的硼从衬里喷射。基于本领域中的理解,PBN衬里的位置与由电离源所包含的等离子体管的区域分离将会期望减少膜的质量,这是由于增加了在等离子体管的非PBN衬里部分上发生的活性氮组分的表面复合的数量,但令人惊讶的已发现高品质的膜仍可在相同的工艺条件下形成,因为利用了PBN衬里,其覆盖了整个等离子体管,或至少存在临近电离源,即,不需要增加气体流速或电离源功率以补偿活性等离子体组分的任何损失。此处提及的“部分PBN衬里”将被理解为涉及一种装置,从而使用在衬里和电离源之间的这种分离。

[0072] 优选地,热解氮化硼衬里是可移除的衬里。去除衬里并用新的PBN衬里更换它的能力在操作中具有显著优点。首先,它提供了灵活性,因为不使用衬里可实现过程运行,为了比较起见,或者如果基本上无硼的膜是理想的。其次,当现有的PBN衬里磨损或损坏时它能够容易地以最小的停机时间来更换,并避免了更换整个等离子体管的费用,如果PBN是永久涂层将会需要更换整个等离子体管。

[0073] 合适地,热解氮化硼衬里的厚度范围为0.6mm至1.3mm。优选地,热解氮化硼衬里的厚度范围为0.7mm至1.1mm。甚至更优选地,热解氮化硼衬里的厚度范围为0.75mm至0.9mm,例如为约0.8mm。

[0074] 这些范围包括0.6mm至1.2mm、0.6mm至1.1mm、0.6至1.0mm、0.6mm至0.9mm和0.6至0.8mm、0.7至1.2mm、0.7至1.1mm、0.7到1.0mm、0.7mm至0.9mm和0.7至0.85mm,以及约0.6mm、0.7mm、0.8mm、0.9mm、1.0mm、1.1mm、1.2mm和1.3mm的单个值。

[0075] 在某些实施方式中,等离子体管由选自包含氮化铝、石英和氧化铝的组中的材料形成。这种材料也形成了等离子体管的第一区域的内表面,该PBN衬里将抵靠该内表面。这意味着与电离源相邻的等离子体管的区域,在本文中称为第一区域,将具有由这些材料而不是PBN形成的内表面,所以在与内表面碰撞时等离子体将与这些材料中的一个有碰撞。在等离子体管的第二区域中,因为等离子体管的该区域具有位于临近其内壁(多个壁)/表面的PBN衬里,在与等离子管的内表面碰撞时等离子体活性组分将与PBN碰撞,从而减少表面复合的发生率,并因此减少活性等离子体组分的损失。

[0076] 在优选的实施方式中,电离源是射频(RF)源或微波源。

[0077] 优选地,所述电离源是RF线圈的形式。而本领域技术人员已知的其它电离源将在本文中进一步引用,特别是相对于附图和实施例,将会是RF线圈作为电离源。鉴于本文的教导,本领域技术人员将能够为本发明应用标准的修改,仅用以结合其它电离源。

[0078] 在一个实施方式中,等离子体发生器是RPCVD等离子体发生器。RPCVD需要生长条件,这与那些在替代性生长过程中需要的显著不同,并且可影响等离子体产生过程。例如,分子束外延(MBE)生长条件非常不同于RPCVD的那些,特别在生长压力和气体流量方面。MBE生长是在低得多的生长压力(小于 $1E-4$ 托)下进行,并使用相对低的等离子体气流(~几个sccm),而RPCVD在高得多的压力(~几托)下操作,并使用高得多的气流(几百到几千sccm)。因为这些差别,RPCVD生长过程、腔室部件、等离子体产生和它的递送不能与MBE的那些直接比较。

[0079] 在一个实施方式中,本发明在于用于在基板上沉积第III族金属氮化物膜的装置,

该装置包括：

[0080] (a) 等离子体发生器, 以由氮源产生氮等离子体, 该等离子体发生器包括

[0081] (i) 等离子体管, 具有形成在等离子体管的第一端部的气体入口和形成在等离子体管的第二端部的等离子出口;

[0082] (ii) 临近等离子体管的电离源, 以限定等离子管的第一区域并将该区域暴露给电磁场来产生活性等离子体组分;

[0083] (iii) 热解氮化硼衬里, 位于邻近在其第二区域内的所述等离子体管的内壁, 所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的20%;

[0084] (b) 生长室, 在所述生长室中, 包括第III族金属的试剂与由氮等离子体衍生的活性氮组分反应, 以便在基板上沉积第III族金属氮化物; 以及

[0085] (c) 在生长室上的等离子体入口, 以便氮等离子体从等离子体发生器通入到生长室中。

[0086] 在一个实施方式中, 该装置是RPCVD装置。

[0087] 适当地, 该生长室包括VA族等离子体入口、IIIA族试剂入口以及适于支撑一个或多个基板的基板支架。优选地, 该气体是氮气, 所以VA族等离子体是氮等离子体, 包括活性氮组分。适当地, 等离子体管气体入口是氮气入口, 并且等离子体出口是氮等离子体出口。

[0088] 适当地, IIIA族试剂是IIIA金属有机试剂。该试剂可与本发明的装置和方法使用, 并因此可形成的膜的性质没有特别限制。虽然本文讨论的实施方式通常采用氮等离子体和金属有机物(通常是含镓金属有机物, 例如三甲基镓或三乙基镓)作为试剂, 本发明的实用性并不局限于此。

[0089] 在本文中, 对气体流量和等离子体的另外参考将涉及氮, 并且对金属有机试剂的参考将是三甲基镓(TMG)或三乙基镓(TEG), 从而导致产生GaN膜。

[0090] 在一个实施方式中, 在生长室中的生长压力为约1至约10托, 优选为约1.5至约6托, 更优选为约2至约5托, 例如约2.5、3.0、3.5或4.0托。

[0091] 存在的范围包括1至9托、1至8托、1至7托、1至6托、1至5托、1至4托、2至9托、2至8托、2至7托、2至6托、2至5托和2至4托。

[0092] 通过气体入口的气体流动速率转换为等离子体, 将随着沉积区域的增加或基板数量的增加而增加。合适的示例性流动速率可为约50sccm至约5000sccm, 优选为约500sccm至4000sccm, 更优选为约1000sccm至约3000sccm, 例如为约2500sccm。然而, 本领域技术人员将理解的是, 所要求的精确流速将取决于许多因素, 例如生长室、沉积区域的尺寸和在其上进行膜生长的基板晶片的数量。例如, 假定类似的腔室配置(即, 腔室高度、几何形状等), 如果晶片的数量或生长面积加倍, 则流量也应加倍, 用于固定的生长速度和类似的膜性能。上述流量范围可适合于使用例如七个2英寸晶片的装置, 在该晶片上发生膜沉积。

[0093] 图1示出了当使用具有部分PBN衬里的等离子体管时用于在基板上沉积金属氮化物膜的装置的一个实施方式的立体剖视图。

[0094] 该装置100是RPCVD装置, 并且包括等离子体发生器200、喷头300、等离子体腔400和生长室500。等离子体发生器200包括等离子体管205, 其在所示的实施方式中是圆柱形的。等离子体管205优选地由氮化铝构成, 而石英和氧化铝也将是合适的。等离子体管205具有PBN衬里210, 临近在本文中称为第二区域的其内表面的一部分。等离子体管在形成第一

端部的其上部区域上加盖,气体入口215打开通到该第一端部中。虽然图中未示出,气体入口215将连接气体供应,例如氮气供应。在等离子体管205的下部区域或第二端部,有等离子体出口220,在所示的实施方式中简单地是等离子体管205的开口端,而且可采取若干形式,例如收缩区或偏滤器(partial filter),以集中和控制离开的等离子体组分。这样的等离子体出口设计是本领域公知的。等离子体管205的一部分,在本文中称为第一区域,紧邻或由RF线圈225包围,以将该区域暴露于电磁场,并形成等离子体发生区域。应该理解的是,PBN衬里210不延伸到第一区域中,使得它不为等离子体管205的内表面的一部分安装衬里,该内表面垂直排列或紧邻RF线圈225。即,在RF线圈225的下端230和PBN衬里210的开始之间有垂直空间间隔。这两种组件的这种分离,以及这两个相对位置或点,提供了利用降低的硼掺入制造的良好品质膜的本文所讨论的优点。应该理解的是,在所有情况下,该分离可能不是垂直分离,即,等离子体管可水平地坐落于正确的装置内,但分离的原则仍然存在。

[0095] 喷头300具有上表面305,其设置有一系列的孔。示出了多个等离子体孔310,其允许活性氮等离子体从等离子体出口220通过等离子体腔而进入生长室500。

[0096] 在一个实施方式中,等离子体孔310设置有热解氮化硼护套或涂层。优选地,大多数,更优选地是基本上所有的等离子体孔310设置有热解氮化硼护套。此PBN护套将有助于减少活性氮原子的表面复合数量,该复合在通过喷头300的期间发生。

[0097] 喷头300上设置有在其内部的金属有机物传递通道315。这些通道315在形成在喷头300的下侧的多个点处打开,进入生长室500用于在其中传递三甲基镓(TMGe)或三乙基镓(TEGe)。额外的孔320形成在喷头300的上表面上并贯穿它。这些结合在顶部等离子体腔410顶部上的视野端口,允许操作原位分析设备通过该喷头300并进入到生长室500中,例如高温计来监测温度或膜厚测试系统来监测膜厚度。

[0098] 在一个实施方式中,等离子体腔400,其将包括使用中的活性气体组分,由喷头300的上表面、至少一个壁或侧壁405和顶部410限定,喷头300的上表面与等离子体发生器的等离子体出口相对,通过顶部该等离子体发生器200的等离子体出口220打开。合适地,该喷头300的上表面305和至少一个侧壁405覆盖有热解氮化硼。在一个实施方式中,等离子体腔400的所有表面都涂覆或覆盖有铝或PBN,其可以是与等离子体发生器200的PBN衬里210分离的或连续的。除了铝和PBN,也可选择具有减少活性等离子体组分的表面复合的能力的其它材料来用于涂覆或覆盖上述表面。

[0099] 生长室500是本领域中公知的标准设计。它包括基板支架505在其上定位有大量的基板510。基板支架505可以是转台设计,因此可在整个沉积过程中高速旋转。经由出口(在图中未示出)去除废物。

[0100] 图2是用于在图1的基板上沉积金属氮化物膜的装置的立体剖视图,但使用的是收缩气体入口215或其延伸。图2的实施方式基本上类似于图1的,具有一种附加组件,因此仅在下面对相关部分进行讨论。然而,将被理解的是,关于图1中作出的评论也同样适用于图2。

[0101] 在所示的实施方式中,等离子体管的气体入口215或等离子体管205的靠近第一端部的一部分是相对于等离子体管205中的剩余部分收缩的。在图2所示的实施方式中,插入件600位于等离子体管205的上部区域中,并设置有贯穿它的孔605,在使用中与气体入口215对准。这将导致受限制的气流引入到临近RF线圈225的等离子体管205的第一区域中用

于产生等离子体。由于气体的速度和强加于流路上的几何形状,气体将通过等离子体管205的第一区域,与等离子体管205的壁有最小接触。这是特别有利的实施方式,活性氮原子的任何损失在很大程度上受流量控制最小化,以防止发生表面碰撞,这是由于等离子体管205的壁在第一区域内复合,其中没有PBN衬里用来降低这种机制。减小的表面碰撞也可降低硼在PBN衬里上的溅射效应,从而可导致使用该收缩的几何形状降低在生长的GaN膜中的硼杂质。因此,第一端部的收缩是一种机制,可与本文所述的PBN衬里协同工作,以产生最佳结果。

[0102] 如所讨论的,合适地是该收缩采取的形式为气体入口215或等离子体管205相对于所述等离子体管205的第二区域的直径是直径减小的区域。然而,可理解的是通过等离子体生成区域相对于在第二区域中的其允许流量而收缩气流的任何装置可达到同样的效果。

[0103] 根据本发明的第二方面,提供了产生等离子体的方法,包括以下步骤:

[0104] (a) 提供包括等离子体管的等离子体发生器,该等离子体管具有形成在等离子体管的第一端部的气体入口和形成在等离子管的第二端部的等离子出口,临近等离子体的电离源,以限定等离子管的第一区域并将该区域暴露给电磁场来产生活性等离子体组分,以及热解氮化硼衬里,位于邻近在其第二区域内的所述等离子体的内壁,所述热解氮化硼衬里延伸到第一区域中的距离不大于第一区域长度的20%;

[0105] (b) 通过该气体入口提供原料气;以及

[0106] (c) 将该气体暴露于该第一区域内的电磁场,由此产生等离子体。

[0107] 在一个实施方式中,气体选自氮气、氢气、氨气、氦气或任何惰性气体。优选地,该气体是氮气。

[0108] 使用关于第一方面以及图1和2所描述的等离子体发生器来实现该方法。因此提出用于第一方面的所有工艺条件和装置以及等离子体发生器组件也同样适用于第二方面,并将被视为完全相同的描述。

[0109] 实验

[0110] 综述

[0111] 在下面的实验中,其中采用三种不同的PBN衬里布置,以在RPCVD条件下生长GaN膜。在每一种情况下使用完全相同的工艺条件,因此唯一的变量是定位和PBN衬里的相对长度。

[0112] 工艺条件

[0113] RPCVD膜在3.5托、1600sccm氢的金属有机物注射器流量下生长。三乙基镓(TEG)在120sccm的流量下用作有机金属试剂。等离子体氮流量为2500sccm。使用在13.56MHz下工作的2.0KW的射频源来产生等离子体。生长的进行不需要在等离子体源和晶片之间的任何喷头。所得的生长率为0.6 $\mu\text{m}/\text{h}$ 。

[0114] 对于实验运行,使用完全的标准PBN衬里来进行一次运行,其覆盖了AIN等离子体管(在图3中标记为运行‘959硼’)的整个长度。进一步的实验采用部分PBN衬里,具有RF线圈的下侧或下端与PBN衬里的顶部或开始之间的距离设定为10mm(在图3中标记为运行‘1050硼’)。最后,实验也可使用部分PBN衬里来进行,但是RF线圈的下部区域和最接近下部区域的PBN衬里的点之间的距离设定为20mm。这是通过采用以1050运行的RF线圈和相对于PBN衬里进一步将其提高10mm来实现的。在图3中这个实验运行标记为运行‘1052硼’。

[0115] 结果

[0116] 图3是在GaN膜中发现的作为杂质的硼水平的SIMS图形分析,该GaN膜在三个实验条件中制得,在PBN长度和相对于RF线圈的端部定位的方面,如上所述。可清楚地看出,使用本发明的装置和方法,即RF线圈的下端与部分的PBN衬里逐渐间隔开,在生长的GaN膜中的硼原子的浓度显著地少于在完全相同的条件下但是完全的PBN衬里覆盖所有的等离子体管的内表面的生长的GaN膜中的硼原子浓度。

[0117] 具体地,使用完全的PBN衬里产生的GaN膜(在图3中0.5 μm 深度的最上线)所包含的硼杂质水平显著地比其它两个运行要高。纯度水平中的这种差异会影响具有减少的硼的膜质量的理想结果。采用在PBN衬里和RF线圈之间的20mm间距的运行1052表明,作为杂质的硼的较低水平在相对于运行1050的最后膜中具有10mm的间距。因此,在一定程度上,衬里和线圈之间的间距增加是可取的。采用部分的PBN衬里(运行1050和1052)的两种膜是另有高质量的并适用于典型的GaN膜应用。

[0118] 该SIMS分析表明分离电离源和PBN衬里,如前面所述和在图1和2中所示,提供了令人惊讶的掺入到生长膜中的硼水平的减少程度。因为硼杂质可对膜质量产生负面影响,因此性能、该控制级别对于极其高品质的膜是非常可取的。

[0119] 出于说明的目的,为相关技术中的普通技术人员提供了本发明的各种实施方式的上述描述。它并非旨在是穷尽的或将本发明限制到所公开的单个实施方式。如上所述,本发明的许多替代方案和变型将对上述教导的本领域技术人员是显而易见的。本专利说明书旨在涵盖本发明的所有替代方案、修改和变化。

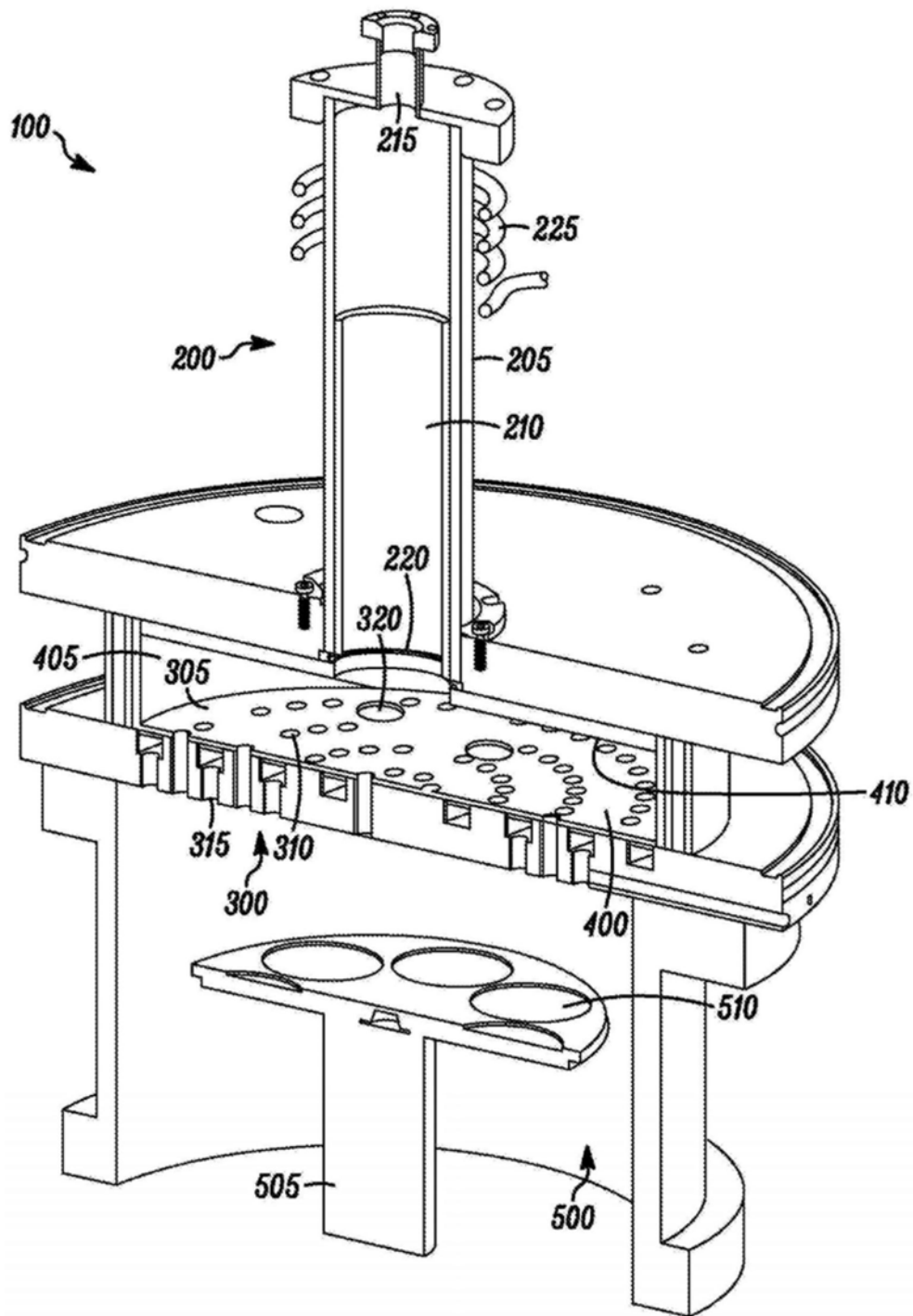


图1

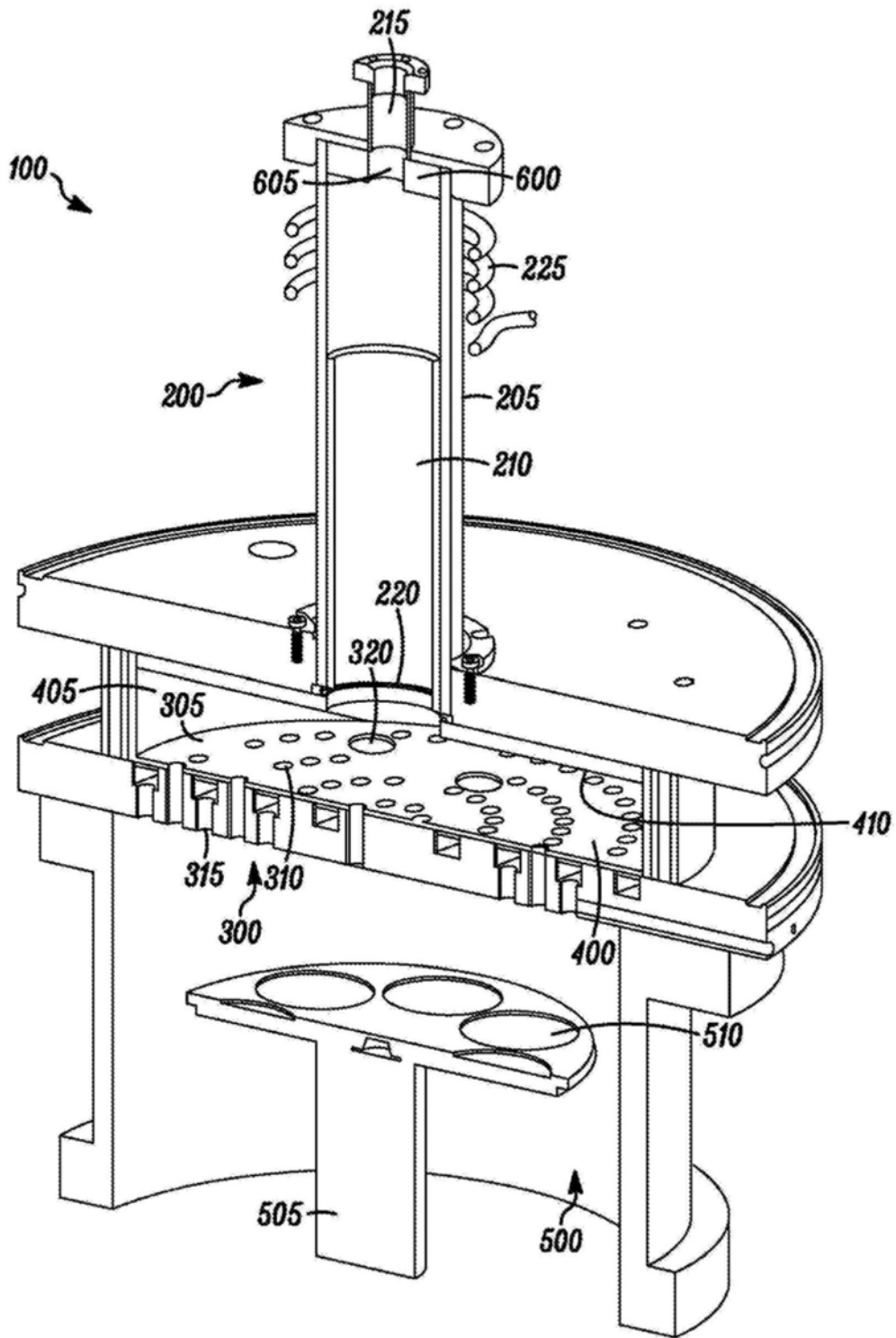


图2

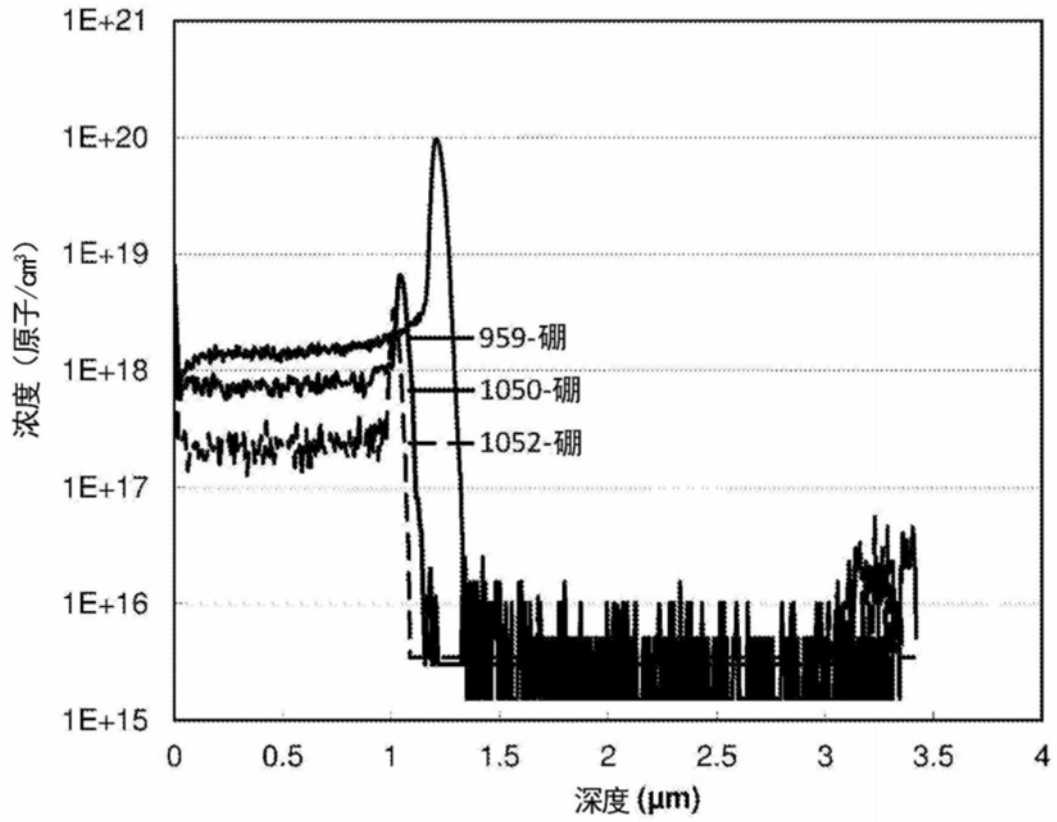


图3