

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/00 (2006.01)

H01L 21/20 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680018185.2

[43] 公开日 2009年8月5日

[11] 公开号 CN 101501816A

[22] 申请日 2006.3.27

[21] 申请号 200680018185.2

[30] 优先权

[32] 2005.3.25 [33] US [31] 60/664,931

[86] 国际申请 PCT/US2006/011034 2006.3.27

[87] 国际公布 WO2006/104980 英 2006.10.5

[85] 进入国家阶段日期 2007.11.23

[71] 申请人 通快光子学公司

地址 美国新泽西

[72] 发明人 G·沙拉什 J·霍斯泰勒 江钦龙

R·J·门纳 R·拉迪奥诺瓦

R·W·罗弗 H·施吕特

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 王 英

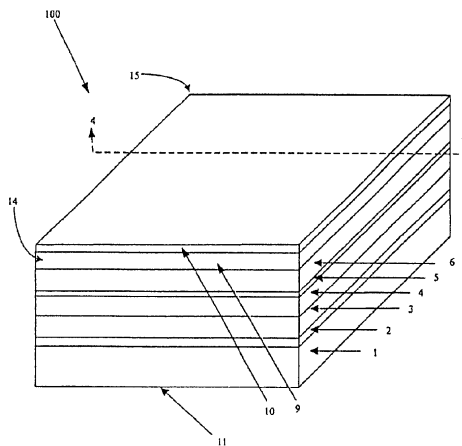
权利要求书6页 说明书14页 附图20页

[54] 发明名称

激光器腔面钝化

[57] 摘要

制备二极管激光器前腔面和后腔面的方法，该方法包括：控制第一反应室内的气氛，使得将氧气含量和水汽含量控制在预定程度之内，并在该第一反应室中控制的气氛内将该二极管激光器从晶片上解理，以在该二极管激光器的前腔面和后腔面上形成具有预定厚度的天然氧化层。在解理之后，将该二极管激光器在控制气氛中从第一反应室运送到第二反应室中，部分除去该二极管激光器前腔面和后腔面上的天然氧化层，在该二极管激光器前腔面和后腔面上形成非晶表面层，且钝化该二极管激光器前腔面和后腔面。



1、一种制备二极管激光器的方法，该方法包括：

控制反应室内的气氛，使得将氧气含量和水汽含量控制在预定水平之内；

在该反应室中受控的气氛内将该二极管激光器从晶片上解理，以在该二极管激光器的至少一个腔面上形成具有预定厚度的天然氧化层；

清洁该二极管激光器的腔面，包括部分去除该腔面上的天然氧化层；以及

将该二极管激光器的所述腔面钝化。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中所述清洁包括在该二极管激光器的所述腔面上形成非晶表面层。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其中控制在该反应室内的气氛包括控制在第一反应室内的气氛。

4、根据权利要求 3 所述的方法，还包括在受控的气氛中将该二极管激光器从该第一反应室传送到第二反应室，其中在该第二反应室中发生清洁和钝化。

5、根据权利要求 1 所述的方法，其中该受控的气氛具有在约 20% 大气压之内的压力，并具有小于约 10ppm 的氧气含量以及小于约 10ppm 的水汽含量。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其中该受控制的气氛具有大于大气压的压力。

7、根据权利要求 1 所述的方法，其中将该二极管激光器从该晶

片上解理的处理包括：

沿着该晶片的边沿划出解理标记；
在该晶片的内部划出芯片标记；
沿着该解理标记使该晶片断开；以及
沿着该芯片标记使该晶片断开。

8、根据权利要求 1 所述的方法，其中将该激光器从该晶片上解理的处理包括：

沿着该晶片的边沿划出解理标记；
沿着该解理标记使该晶片断开；以及
沿着在处理晶片期间蚀刻到该晶片内的线断开该晶片。

9、根据权利要求 1 所述的方法，还包括：

将该晶片从该受控的气氛中传送到真空反应室中，而不将该晶片暴露于比该受控的气氛中存在的更大氧气或水汽分压中；以及
将该真空反应室排空到小于约 10^{-8} 托的基本压力。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其中部分去除该天然氧化层的处理包括在该真空反应室内以离子束轰击该天然氧化层。

11、根据权利要求 9 所述的方法，其中清洁处理包括在该二极管激光器的腔面上形成非晶表面层，还包括在该真空反应室内以离子束轰击该天然氧化层。

12、根据权利要求 10 所述的方法，其中该轰击离子束包括从具有氙离子、氩离子、氦离子、氮离子、质子和合成气体离子的组中选出的离子。

13、根据权利要求 9 所述的方法，其中钝化该腔面的处理包括在该真空反应室内在该腔面上沉积包括硅的材料的层。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其中该材料的层包括非晶硅。

15、根据权利要求 13 所述的方法，其中该材料的层包括氢化非晶硅。

16、根据权利要求 1 所述的方法，其中：

从晶片解理该二极管激光器包括在该反应室的受控的气氛中进行解理，以在该二极管激光器的前腔面和后腔面上形成具有预定厚度的天然氧化层；

清洁处理包括清洁该二极管激光器的前腔面和后腔面，包括部分去除该前腔面和后腔面上的天然氧化层；以及

钝化处理包括钝化该二极管激光器的前腔面和后腔面。

17、根据权利要求 16 所述的方法，还包括：

在该前腔面上沉积防反射涂层；以及
在该后腔面上沉积高反射涂层。

18、根据权利要求 16 所述的方法，还包括：

在清洁和钝化该前腔面的步骤以及清洁和钝化该后腔面的步骤之间，旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛；以及

在该前腔面上沉积防反射涂层的步骤和在该后腔面上沉积高反射涂层的步骤之间，旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛。

19、根据权利要求 16 所述的方法，还包括：

在清洁该前腔面和钝化该前腔面的步骤以及清洁该后腔面和钝化该后腔面的步骤之间，旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛。

20、根据权利要求 16 所述的方法，还包括在清洁和钝化该前腔面的步骤之前，旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛。

21、根据权利要求 16 所述的方法，还包括：
在钝化该后腔面之后在该后腔面上沉积高反射涂层；
在该前腔面上沉积防反射涂层；以及
在沉积该高反射涂层和沉积该防反射涂层的步骤之间，旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛。

22、根据权利要求 16 所述的方法，还包括在该前腔面上沉积该防反射涂层的步骤之前，旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛。

23、根据权利要求 16 所述的方法，还包括：
部分去除前腔面上的该天然氧化物、在该前腔面上形成非晶层、钝化该前腔面、并在该前腔面上沉积防反射涂层；随后
旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛；且随后
部分去除后腔面上的该天然氧化物、在该后腔面上形成非晶层、钝化该后腔面、并在该后腔面上沉积高反射涂层。

24、根据权利要求 16 所述的方法，还包括：
部分去除后腔面上的该天然氧化物、在该后腔面上形成非晶层、钝化该后腔面、并在该后腔面上沉积高反射涂层；随后
旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛；且随后
部分去除前腔面上的该天然氧化物、在该前腔面上形成非晶层、钝化该前腔面、并在该前腔面上沉积防反射涂层。

25、根据权利要求 16 所述的方法，还包括：
部分去除前腔面上的该天然氧化物、在该前腔面上形成非晶层、

钝化该前腔面；随后

旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛；随后部分去除后腔面上的该天然氧化物、在该后腔面上形成非晶层、钝化该后腔面、并在该后腔面上沉积高反射涂层；随后旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛；且随后在该前腔面上沉积防反射涂层。

26、根据权利要求 16 所述的方法，还包括：

部分去除后腔面上的该天然氧化物、在该后腔面上形成非晶层、并钝化该后腔面；随后旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛；且随后部分去除前腔面上的该天然氧化物、在该前腔面上形成非晶层、钝化该前腔面、在该前腔面上沉积防反射涂层；随后旋转该二极管激光器而不将该二极管激光器暴露于气氛；且随后在该后腔面上沉积高反射涂层。

27、根据权利要求 1 所述的方法，还包括在腔面上沉积防反射涂层。

28、根据权利要求 27 所述的方法，其中该防反射涂层具有从包括氧化铝、五氧化钽、二氧化硅以及氮化硅的组中选出的一种或多种材料。

29、根据权利要求 1 所述的方法，还包括在该后腔面上沉积高反射涂层。

30、根据权利要求 29 所述的方法，其中该高反射涂层包括低折射率材料和高折射率材料的交替层。

31、根据权利要求 30 所述的方法，其中所述低折射率材料包括

氧化铝，且其中该高折射率材料包括非晶硅。

32、根据权利要求 30 所述的方法，其中所述低折射率材料包括氧化铝，且其中该高折射率材料包括五氧化钽。

33、一种由权利要求 1 所述的方法形成的二极管激光器。

34、一种二极管激光器阵列，通过下面步骤形成：

控制反应室内的气氛，使得将氧气含量和水汽含量控制在预定程度之内；

在该反应室中控制的气氛内将每个二极管激光器阵列从晶片上解理，以在该二极管激光器的腔面上形成具有预定厚度的天然氧化层；

清洁该阵列中每个二极管激光器的腔面，包括部分去除该二极管激光器腔面上的该天然氧化层；

钝化该阵列中每个二极管激光器的腔面；以及
光学地隔离该阵列中的相邻二极管激光器。

激光器腔面钝化

相关申请的交叉参考

本发明要求2005年3月25日提交的美国专利申请 No.60/664,931 的优先权，并且将其全部内容通过引用结合在此申请中。

技术领域

本发明涉及高功率二极管腔面钝化处理，其提高了二极管激光器的制造性能以及可靠性。

背景技术

由于具有高电光效率、较窄光谱宽度以及高束质量，高功率二极管激光器可以用作常规固态激光器、薄片激光器以及光纤激光器的泵浦源。对于这些应用，通常希望具有长寿命(例如，超过30000小时)，可靠以及稳定的输出，高输出功率，高电光效率以及高束质量。这种性能的标准继续推动二极管激光器的设计以达到新的性能水平。

因为现代的晶体成长反应器可以制造出非常高质量的半导体材料，这种高功率二极管激光器的长期可靠性可以很大程度上依赖于激光器腔面的稳定性。尽管通常对于常规涂敷的没有Al的材料比AlGaAs材料具有更好的腔面稳定性，但是在小于一微米的波长下工作的高功率无Al的GaAs激光器还受到腔面退化的影响，通过使得二极管性能标准中短期和长期方面的下降，该腔面退化使得二极管激光器的可靠性下降。

激光器腔面退化是一个复杂的化学反应，其可以由光、电流以及热导致，并可以在老化(burn-in)期间导致短期功率退化，在正常操作期间导致长期功率退化，并且在比较严重的情况下，导致灾变光学镜面损伤(COMD)。可以在反射涂层和半导体材料之间的界面抑制(trap)

二极管激光器裂开的表面处存在的复合氧化物和点缺陷。在将电流施加到器件的时候，由于通过点缺陷和表面的氧化而在带隙之间存在的状态，使得该面用作载体接收器(carrier sink)，从而电荷载体可以向该腔面扩散。从二极管发射的光可以光激励腔面表面的载流子，导致产生电子空穴对，以及从电子空穴对产生的电荷可以电化学驱动该腔面处的氧化反应。此外，会出现非辐射性的重新结合，导致点缺陷运动和局部变热。半导体材料变热可以导致在该腔面处的热氧化，还增加了在半导体氧化物界面处形成的吸收氧化层的厚度。

在其他情况下，GaAs 上的天然氧化物和相关的半导体化合物通常形成层，使得大部分 GaO 都在化合物表面的附近。砷元素可以在半导体-氧化物界面沉淀为岛状点缺陷或成为均匀的层。这种类似于金属的砷缺陷是很强的吸收中心，并且可以认为对于在腔面处的光吸收有较大作用。随着在表面处的氧化反应继续，界面层的总吸收随着腔面区域的加热而增加，显著地减少了腔面处的带隙能量，并使得热失控。

发明内容

在第一主要方面，本发明是通过控制第一室内的气氛来制备二极管的方法，使得氧气含量和水汽含量控制在预定程度之内，并将该二极管激光器从在第一室中受控制的气氛内的晶片上解理，以在二极管激光器的至少一个腔面上形成具有预定厚度的天然氧化层。在解理之后，该二极管激光器从第一室运送到具有受控气氛的第二室中，通过至少部分去除该腔面上的天然氧化层来清洁该二极管激光器的腔面，且使得该二极管激光器的腔面钝化。

这种新方法提供了一种大批量的制造工艺，其使得可以进行可重复且可靠的二极管激光器腔面钝化。通过部分去除二极管激光器腔面上的天然氧化物并形成非晶表面层，就在腔面附近获得较低温度，这提高了二极管激光器的性能标准。在执行解理和随后防止重新氧化的表面钝化处理之后，进行上述可以重复的部分去除二极管激光器腔面上形成的天然氧化物。

具体实施方式可以包括一个或多个下面的特征。例如，控制的气氛可以具有约为大气压 20% 之内的气压(例如，大于大气压)并具有小于约 10ppm 的氧气含量以及小于约 10ppm 的水汽含量。该清洁可以包括在二极管激光器的腔面上形成非晶表面层。

从晶片上解理二极管激光器可以包括在具有受控气氛的室中进行解理，以形成在二极管激光器的前腔面和后腔面上具有预定厚度的天然氧化物层。清洁可以包括清洁该二极管激光器的前腔面和后腔面，其中包括部分去除前腔面和后腔面上的天然氧化层。钝化可以包括钝化二极管激光器的前腔面和后腔面。

从晶片上解理激光器可以包括沿着晶片的边缘划出解理标记，在晶片的内部划出芯片标记，沿着解理标记将晶片解理，以及沿着芯片标记将晶片解理。从晶片解理激光器可以包括沿着晶片的边缘划出解理标记，沿着解理标记将晶片解理，并在晶片处理的期间沿着蚀刻在晶片上的线将该晶片解理。

该方法可以包括从受控气氛将晶片传送到真空室中，而不将晶片暴露在比受控气氛中存在的更大氧气和水汽的部分压力的气氛中，并将真空室中排真空到小于 10^{-8} 托的基础压力。部分去除天然氧化层的处理可以包括在真空室中以离子束轰击该天然氧化层。形成该非晶表面层可以包括在真空室中以离子束轰击该天然氧化层。轰击的离子可以包括氙离子，氙离子，氦离子，氮离子，质子和/或合成气体离子。钝化该腔面的处理可以包括在真空室内在该腔面上沉积包括硅、非晶硅和/或氢化非晶硅的材料的层。

该方法可以包括在前腔面上沉积防反射涂层，并在后腔面沉积高反射涂层。该防反射涂层可以包括氧化铝、五氧化钽、二氧化硅和/或氮化硅。该高反射涂层可以包括低折射率材料和高折射率材料的交替层。低折射率材料可以包括氧化铝，且高折射率材料可以包括非晶硅和/或五氧化钽。

在部分去除前腔面上的天然氧化层、在前腔面上形成非晶表面层、以及钝化前腔面的步骤以及部分去除后腔面上的天然氧化层、在后腔面上形成非晶表面层、以及钝化后腔面的步骤之间，可以将二极

管激光器翻转而不使得将其暴露于气氛。在部分去除前腔面的天然氧化层、在前腔面上形成非晶表面层以及钝化前腔面的步骤之前，可以将二极管激光器翻转而不使得其暴露于气氛中。

在沉积高反射涂层和沉积防反射涂层的步骤之间可以翻转二极管激光器而不使其暴露于气氛中。

在另一个总的方面，本发明是通过上述任意方法形成的二极管激光器。另一个总的方面，本发明是通过上述任何方法形成的二极管激光器阵列。

除非另外进行了限定，这里使用的所有技术和科技术语具有与本发明所属领域的技术人员通常所理解的同样含义。在下面描述了合适的方法和材料，但是与这里所描述的类似或是等同的方法和材料可以用于本发明的实践或是测试。这里提到的所有的出版物、专利申请、专利和其他参考文件可以通过引用将其全部内容结合在此。在冲突的情况下，本说明书包括定义可以控制。此外，材料、方法和例子仅仅是示意性的而不是限定性的。

一个或多个实施方式的细节将参照附图在下面的说明书中具体说明。其他的特征和优点将从这些说明书和附图以及权利要求书中更加显而易见。

附图说明

图 1A、1B 和 1C 是具有未泵浦腔面(umpumped facet)区域的脊波导二极管激光器的示意性透视图；

图 2A 和 2B 是未泵浦腔面的脊波导二极管激光器中限定脊的第一掩模布图的示意性俯视图；

图 3 是限定未泵浦腔面的脊波导二极管激光器的顶部电触点的第二掩模布图的示意性俯视图；

图 4 是图 1C 中二极管激光器通过标记的 4-4 平面的示意性截面图；

图 5 是具有未泵浦腔面区域的脊波导二极管激光器的第二实施方式的示意性透视图；

图 6 是图 5 和 11 中二极管激光器通过标记的 6-6 平面的示意性

截面图；

图 7 是具有未泵浦腔面区域的脊波导二极管激光器的第三实施方式的示意性透视图；

图 8 是图 7 和 12 中二极管激光器通过标记的 8-8 平面的示意性截面图；

图 9 是具有未泵浦腔面区域的脊波导二极管激光器的第四实施方式的示意性透视图；

图 10 是定义二极管激光器上未泵浦腔面区域的掩模布图的示意性俯视图；

图 11 是具有未泵浦腔面区域的脊波导二极管激光器的第五实施方式的示意性透视图；

图 12 是具有未泵浦腔面区域的脊波导二极管激光器的第六实施方式的示意性透视图；

图 13 是设置在划片胶带上的晶片的示意性俯视图；

图 14 是处理二极管激光器的晶片的室的示意图；

图 15 是在离子束轰击腔面的时候该腔面上非晶层和天然氧化层厚度的关系图；

图 16 是二极管激光器的示意俯视图；

图 17 是比较具有未泵浦腔面的各种脊波导二极管激光器的腔面温度和注入电流的试验结果的图；

图 18 是不同脊波导二极管激光器的输出功率和注入电流比较的图；

图 19 是比较不同脊波导二极管激光器的束发散角的图；

图 20 是比较具有钝化的未钝化腔面的激光器的老化效果的图。

在各个图中，类似的附图标记标识类似的元件。

具体实施方式

总的来说，描述制备二极管激光器前后腔面的方法。该方法在受控制的环境中(例如，以<10ppm 的氧气，<10ppm 的水汽的气压) 结合对多个二极管激光器的处理步骤(例如，解理，堆叠以及腔面涂层)，

以可重复地氧化该腔面、部分去除天然氧化物、形成非晶表面层、钝化该腔面以及沉积光学涂层。

制造具有未泵浦腔面的二极管激光器

参照图 1A, 半导体发光器件(例如, 高功率二极管激光器)100 包括多个半导体层, 其在基底 1 上外延生长。例如, GaAs 缓冲层 2 可以生长在 GaAs 衬底 1 上, 且 n 掺杂 InGaP 熔覆层 3 可以生长在缓冲层 2 上。在 n 掺杂熔覆层 3 上, InGaAs 活性层 5 可以生长在两个 InGaAsP 波导层 4 和 6 之间。在活性层 5 中, In、Ga 和 As 的相对含量, 以及活性层的厚度可以这样选择, 以使得二极管激光器 100 具有所需的工作波长。在上波导层 6 之上, 可以生长 p 掺杂 InGaP 熔覆层 9 和 GaAs 盖层 10。可以通过各种沉积技术来生长半导体层, 例如包括分子束外延生长(MBE)、化学气相沉积(CVD)以及气相外延(VPE)。如下面所详细描述, 可以在单个晶片上生长多个二极管激光器 100, 并随后将其从晶片中解理。

参照图 1B, 在生长了半导体层之后, 可以通过有选择地去除盖层 10 和熔覆层 9 与脊 102 相邻的一部分, 使得具有约 3-200 微米宽度 w , 或是更具体的 80-120 微米(例如, 100 微米)、并从二极管激光器 100 的前腔面 14 延伸到后腔面 15 的脊 102 形成在二极管激光器 100 的上层中。该脊 102 使用光刻技术来限定, 并随后盖层 10 和熔覆层 9 与脊 102 临近的部分被蚀刻到上波导层 6 和上熔覆层 9 之间的界面。该蚀刻可以使用液体或是等离子蚀刻剂来执行。例如, 在 HCl:H₃PO₄ 酸可以用作蚀刻剂时, 该波导层 6 用作蚀刻阻止层, 使得与脊 102 临近的盖层 10 和熔覆层 9 被去除, 但是在蚀刻剂到达波导层 6 的时候结束蚀刻处理。

脊 102 的宽度和长度通过脊蚀刻掩模 210 或 220 来限定, 分别如图 2A 和图 2B 所示。脊掩模 210 可以具有恒定的宽度(例如, 大于 10 微米的宽度), 如图 2A 所示, 或者脊蚀刻掩模 220 在端部可以比在器件中间更窄, 如图 2B 所示, 以在二极管激光器 100 上产生恒定宽度或是锥形宽度脊 102。锥形的宽度波导可以用作模式滤波器并由此减少二极管激光器 100 发射的光束的慢轴发散角。

参照图 1C, 在形成脊 102 之后, Si_3N_4 绝缘层 7 可以沉积在器件 100 的上表面上, 因此覆盖脊 102。绝缘层 7 例如可以通过等离子增强 CVD 工艺来沉积, 其中硅烷和氨从器件 100 之上流过, 同时将器件加热到约 300°C , 且将强无线电频率电磁场施加在器件的区域上以使得气体分开(crack), 使得在器件的顶部形成 Si_3N_4 层。

在沉积绝缘层 7 之后, 通过光刻在脊 102 的顶表面上对绝缘层进行构图, 以限定与盖层 10 的电触点区域。如图 3 所示, 用于限定与盖层 10 的电触点的掩模具有这样的图案, 宽度为 w_1 , 这基本等于或是稍微窄于脊 102 的宽度, 但是这比脊 102 的长度短, 并且没有延伸到二极管激光器 100 的端部(腔面区域)。

在光刻之后, 通过蚀刻处理将脊 102 的顶表面的部分绝缘层 7 去除, 以形成孔 12, 该孔没有延伸到脊 102 和二极管激光器 100 的端部, 由此将沿着脊 102 延伸的盖层 10 的一部分暴露出来。随后, 顶部的金属接触层 8 沉积在器件 100 的顶表面上, 覆盖脊 102 和在绝缘层 7 中限定的孔 12 中暴露的部分盖层 10。

图 4 示出图 1C 所示的二极管激光器 100 的截面。绝缘层 7 位于半导体外延层之上, 并在盖层 10 和上熔覆层 9 中限定的脊 102 的一侧, 但是包括脊 102 上的开口。金属接触层 8 位于脊 102 上, 并通过绝缘层 7 中形成的开口 12 与盖层 10 接触。

在单个衬底上形成二极管激光器阵列的时候, 在脊蚀刻之后可以引入附加掩模层和蚀刻步骤, 以光学地隔离相邻二极管激光器, 并防止横向放大自发辐射, 或所谓的“交叉激光发射(cross lasing)”。

在生长外延层、制造脊、以及沉积绝缘和接触层之后, 激光器晶片经受标准后侧处理以在基底 1 上提供后侧金属层 11。其上生长激光器的晶片随后被解理以产生单独的二极管激光器或二极管激光器阵列 100。该晶片这样被解理, 以使得单个二极管激光器 100 的腔面形成为与脊 102 上的一点间距 10 微米之上, 在该点处金属接触层 8 和盖层 10 之间的接触结束。最后, 单个二极管激光器 100 的腔面被覆盖上具有所需反射性的材料。在下面详细描述解理和腔面覆盖的处理。

选择蚀刻 Si_3N_4 层和沉积金属层 8 的结果是将电触点沿着脊 102 的长度设置在盖层 10 上, 但是没有设置在脊端部的附近(例如, 在约 10-100 微米之内, 或是更具体的在二极管激光器端部 20-60 微米(例如, 30 微米)之内), 其中在该脊端部附近设置有二极管激光器的腔面。在操作二极管激光器 100 的期间, 在金属接触层 8 与盖层 10 接触的区域下面, 电流沿着脊 102 注入器件 100, 但是不在面 14、15 附近的脊 102 的末端发生, 在这里通过绝缘层 7 使得金属接触层 8 与盖层 10 分开。因此, 在脊 102 下面接近于腔面的部分激光腔未受泵浦。

如图 5 所示, 可以有选择地蚀刻二极管激光器 100', 使得金属接触层 8 在腔面 14、15 的附近不与盖层 10 接触, 但是使得完全通过上熔覆层 9 和部分通过上波导层 6 蚀刻脊 102。还可以由完全蚀刻通过上波导层而形成脊 102, 如图 7 所示。InGaAsP 上波导层 6 可以用例如 H_2O_2 : H_2SO_4 : H_2O 的蚀刻剂来蚀刻掉。

图 6 示出图 5 所示的二极管激光器 100' 的截面。绝缘层 7 位于半导体外延层上面, 并位于在盖层 10 和上熔覆层 9 之中限定的脊 102 的侧面, 但是位于较低深度的位置, 并且穿入上波导层 6 直到脊 102 的侧面。绝缘层包括脊 102 上的开口 12, 通过该开口, 金属接触层 8 与盖层 102 相接触以将电流注入到器件 100 中。

图 8 示出图 7 所示二极管激光器的截面, 其中通过完全蚀刻通过上波导层 6, 在盖层 10、上熔覆层 9 以及上波导层 6 之中限定脊 102。通过使得蚀刻工艺前进预定时间长度而控制蚀刻的深度。更深的蚀刻深度导致提高的横向电流限制, 尽管更深的蚀刻深度还引入横向折射率阶越(lateral index step), 这可以导致附加的横向模式, 其加宽二极管激光器 100 射出的光束的慢轴发散角。

如图 9 所示, 在前腔面 14 和/或后腔面 15 的附近, 可以去除盖层 10 的一部分。因此, 仅有很少量的电流注入前腔面 14 和后腔面 15 附近的活性层中。在生长外延层之后, 如图 1A 所示, 通过光刻来对顶盖层 10 进行构图, 来限定前腔面 14 和/或后腔面 15 附近的要被去除的盖层 10 的一个或多个区域。还参照图 10, 用于限定盖层 10 要被去除的部分的掩模具有这样的图案, 其以宽度 w_2 , 约 10-100 微

米,或是更具体的为 20-60 微米(例如,30 微米)靠近二极管激光器 100 的腔面 14 和 15。在蚀刻以去除前腔面 14 和/或后腔面 15 附近的盖层 10 之后,产生了脊 102,沉积该绝缘层 7 并构图为具有用于顶部触点的开口 12,且沉积金属接触层 8。或者,可以在去除前腔面 14 和/或后腔面 15 附近的部分盖层 102 之前产生脊 102。

图 4 示出图 9 所示的二极管激光器的截面。绝缘层 7 位于半导体外延层上并位于盖层 10 和上熔覆层 9 中限定的脊 102 的侧面,但是包括脊 102 上的开口。金属接触层 8 位于脊 102 之上并通过绝缘层 7 中形成的开口 12 与盖层 10 相接触。

类似地,在这里描述的另一个二极管激光器的结构中,可以去除前腔面 14 和/或后腔面 15 附近的部分盖层 10。例如,如图 11 所示,在通过部分蚀刻到上波导层 6 中而限定脊 102 的二极管激光器中,可以去除盖层 10 的一个或多个部分,并且,如图 12 所示,在通过完全蚀刻通过上波导层 6 以限定脊 102 的二极管激光器中,可以去除盖层 10 的一个或多个部分。图 5 示出图 11 所示的二极管激光器的截面,且图 6 示出图 12 所示二极管激光器的截面。

这里描述的二极管激光器具有金属接触层 8,其与二极管激光器的盖层 10 相接触,以将电流注入二极管激光器中间的活性层 5 中,但是其没有在到二极管激光器的前腔面 14 和后腔面 15 约 10-100 微米之内、或是更具体的 20-60 微米之内接触盖层 10。因此,电流没有注入到面 14 和 15 附近的活性层 5 中,这导致较低欧姆热以及二极管激光器 100 中腔面 14 和 15 附近的较低温度增加。不希望被原理所限制,可以相信,在腔面 14 和 15 附近具有未泵浦区域的器件中,在腔面 14 和 15 处较少出现热氧化,这会导致器件更好的短期和长期性能。

腔面钝化

在按照上述方式构造晶片以产生二极管激光器之后,将晶片解理成单个二极管激光器 100,且二极管激光器的一个或多个前和后腔面 14 和 15 被钝化并加以涂层。单个二极管激光器 100 的该解理、加涂层和面钝化处理在湿度和氧气含量受到控制的环境中进行。通过在该控制的环境下进行腔面处理,在解理之后在腔面上形成具有可重复实

现厚度的天然氧化层，且可以去除预定量的初始天然氧化层，同时在腔面上形成预定厚度的非晶表面层。以均匀厚度的天然氧化层，就可以更容易地获得能重复实现且可以预测性能的器件。在去除天然氧化层的一部分并形成非晶表面层之后，该面被钝化并在该腔面上沉积光学涂层。

参照图 13，在晶片外延生长、p 侧处理、晶片减薄以及 n 侧处理之后，二极管激光器晶片 25 初始设置在通过环 23 保持位置的划片胶带 24 上。晶片 25 这样设置在划片胶带 24 上，使得气泡没有留在晶片和胶带之间。例如，晶片 100 的一边可以靠着划片胶带设置，且随后该晶片可以逐渐降低放置到该胶带上，使得气氛没有留在该晶片 25 和胶带之间。

参照图 14，在解理晶片 25 之前，晶片 25 和环 23 加载到通过闸阀 31 与解理室 32 相连的负载锁 30 上。在负载锁 30 中设置晶片 25 和环 24 之后，负载锁 30 中的气氛就被低水气和氧气含量的气氛所取代(例如，小于约 10ppm 的氧气和水气)。在获得负载锁 30 中所需的气氛后，将闸阀 31 打开，且晶片 25 和环 24 被移动到解理室 32 中，其中保持气氛具有预定量的水气和氧气含量(例如，水气和氧气的每个约 <2ppm)。在将晶片 25 和环 23 加载到解理室 32 之后，闸阀 31 关闭。闸阀 30 和解理室 32 中的总压力可以保持为稍微高于标称气压之上，使得小缝不会使得大量的水气和氧气进入负载锁 30 或是解理室 32 中。

在解理室 32 中，晶片 24 设置在自动划线和分割工具 33 之上，其中在晶片 25 上限定单个二极管激光器。再次参照图 13，为了在晶片上限定单个二极管激光器，沿晶片 25 的边沿设置划线标记 26，以划出二极管激光器的前腔面 14 和后腔面 15(图 1A)将要解理的位置。下面，将晶片旋转 90 度，且在晶片 25 的内部划出芯片标记 29，以限定将要从晶片 25 中解理的激光条的宽度。下面，将晶片向回旋转 90 度，且沿着第一组划线标记 26 分割晶片 25。这些划线标记使得该断裂(break)沿着二极管激光器晶片 25 的长度方向传播。下面，晶片被再次旋转 90 度，且该晶片 25 被沿着晶片内的芯片标记组 29 断开。

其他方法也可以用于从晶片 25 中解理单个的二极管激光器。例如，在“无划线划片(scribeless dicing)”中，通过附加的 p 侧处理步骤避免了需要芯片标记组 29，该附加步骤例如在晶片上的较深蚀刻，这就为将激光条分成单个二极管激光器 100 提供了合适的解理面。

解理晶片使得二极管激光器的腔面暴露于解理室 32 的气氛中，使得前腔面和后腔面氧化，即使它们保持在解理室 32 的受控环境中。然而，由于连续监视室 32 内气氛的氧气和湿度程度，并且将其控制为较低以及可重复生成的程度，因此在腔面上形成的氧化层在室 32 内解理的每片晶片上都获得了基本上一样的厚度。尽管希望腔面上具有相对较薄的氧化层，以使得可以高效地实现随后的去除层，但是对于在室 32 中处理的每个晶片，氧化层的厚度应该基本上恒定。

在解理之后，从划片胶带上单独除去单个二极管激光器，并通过例如自动条堆叠工具在腔面涂层座(mount)中堆叠。自动条堆叠工具可以用作手动处理单个二极管激光器的替换方式，因为在解理室 32 中处理单个二极管激光器是很困难的。垂直堆叠二极管激光器以将前腔面 14 和后腔面 15 暴露于进行腔面涂层。在堆叠上激光器的设置是受到控制的，并可以重复以最小化在涂敷期间超范围喷洒的量，这可以导致在封装激光器 100 的时候出现问题。激光器可以在彼此顶部上直接堆叠，或是激光器的层可以间隔物交替堆叠。

一旦腔面涂层座已经装载了二极管激光器 100，该腔面涂层座就通过腔面涂层负载锁(loadlock)35 被传送到腔面涂层室 36。该面涂层座中的激光器可以从解理室 32 传送到气密负载锁 35 中，且负载锁 35 和解理室 32 之间的闸阀 37 关闭。负载锁 35 中的气氛保持在基本与解理室 32 中气氛类似的条件下(即，低氧气和水气含量)，使得不会通过将解理的激光器加载到负载锁 35 上而改变腔面上形成的氧化层。在加载堆叠的激光器到负载锁 35 上之后，负载锁 35 内的气氛被排出(例如，到小于 10^{-5} 托)，打开负载锁 35 和腔面涂层室 36 之间的闸阀 38，该堆叠的激光器被传送到腔面涂层室 36 中，并关闭闸阀 38。

在加载激光器和座到腔面涂层室 36 中之后，该室中的气氛被排空直到小于 5×10^{-8} 托的基本压力。在面涂层室 36 中，双源离子束沉

积工具 39 用于去除激光器上的部分天然氧化层，并施加涂层到该腔面上。来自工具 39 的第一离子源 40 的低能量(例如，约 25-100eV)离子束被导向该腔面，以部分去除激光器 100 的前腔面 14 上的天然氧化层。第一源 40 的源气体可以包括氩、氦、氮、氢以及形成气体(即，约 5%氢和约 95%氮)。前腔面 14 的离子轰击使用速率计现场监视，以记录表面氧化蚀刻的过程。

如图 15 所示，在离子轰击前腔面期间记录的代表性数据说明腔面 14 上的天然 GaAs-氧化物层在轰击发生后随着时间流逝而减少。由于通过离子束蚀刻了表面氧化物，就在腔面上形成了表面下非晶 GaAs(α -GaAs)层。如图 15 所示，在大约 90 秒之后，腔面上表面氧化层的厚度获得约 5 埃的渐进值，而表面下非晶层获得约 20 埃的厚度。较长时间的离子轰击不会显著减少天然氧化物层的最终厚度，且天然氧化物不能完全从该腔面上去除。由于在解理室中有气氛，所以就要小心控制负载锁以及腔面涂层室 36，对于在室中处理的所有激光器，每个激光器的该前腔面的初始和最终厚度是基本相等的。例如，如图 15 所示，激光器前腔面上天然氧化层的初始厚度可以约为 25 埃，而最终厚度可以为约 5 埃。

再次参照图 14，在腔面清洁之后(即，去除部分天然氧化物层和形成非晶层)，以防止腔面 14 重氧化的钝化层使得该前腔面钝化。通过来自工具 39 的第二离子源 41 的离子束溅射沉积形成该钝化层。来自第二源 41 的较高能量(例如，约 500-1000eV)的离子束被导向室 36 中的靶，且在靶表面上溅射的材料沉积在激光器 100 的前腔面 14 上。第二源 41 的源气体可以包括氩、氮或是氦。靶可以包括硅，且典型的钝化层可以包括非晶硅或是氢化非晶硅，并可以是约 20-50 埃厚度(例如，约 25、30、35、40 或 45 埃厚度)。

最终，通过使用工具 39 的第二离子束源 41 以溅射沉积在激光器前腔面上沉积低折射率材料的防反射(AR)涂层。AR 涂层材料的典型例子包括氧化铝(Al_2O_3)、五氧化钽(Ta_2O_5)、二氧化硅(SiO_2)以及氮化硅(Si_3N_4)。

在制备激光器前腔面后，将激光器旋转 180 度，且处理步骤被重

复以制备激光器 100 的后腔面 15。在制备后腔面的时候，减少天然氧化物并形成非晶层，将腔面钝化，并沉积高反射率(HR)涂层。为了产生高反射率涂层，可以在后腔面上沉积 Al_2O_3 层和非晶硅的交替层或是 Al_2O_3 层和 Ta_2O_5 的交替层。

如图 16 所示，在处理之后，单个二极管激光器 100 包括脊 102、前腔面 14、和后腔面 15。前腔面 14 包括非晶层 50、天然氧化层 51、钝化层 52 和 AR 涂层 53。后腔面 14 包括非晶层 60、天然氧化层 61、钝化层 62 和 HR 涂层 63。

性能

参照图 17，图 1700 显示了对于各种脊波导二极管激光器在 120 小时老化之后，比较腔面温度(摄氏度)和注入电流(安培)的实验结果。如图 1700 所示，与其他具有与越过二极管激光器的脊的整个长度与盖层接触的金属接触层的相同二极管激光器相比，具有未泵浦区域的激光二极管在直到 1.5A 的所有电流上的腔面温度，低于其他器件中直到 1.5A 的所有电流上的温度。

参照图 18，图 1800 显示了在适当的老化期之后，对于脊波导二极管激光器的输出功率(瓦特)与注入电流(安培)的关系。具有未泵浦腔面二极管激光器 100 出射的功率(上图)大于具有泵浦腔面的其他相同激光器的出射功率(下图)。

参照图 19，图 1900 显示了对于不同的脊波导二极管激光器的相对强度与慢轴远场强度的关系。具有未泵浦腔面的二极管激光器 100 出射的束沿着慢轴(即，平行于二极管激光器 100 的宽度)的该远场发散角(点划线)低于具有泵浦腔面的其他相同二极管激光器出射的束的远场发散角(实线)。

参照图 20，图 2000 显示了对于不同二极管激光器功率改变百分比和老化时间(小时)的关系。图 2000 示出具有钝化腔面和未钝化腔面的不同二极管激光器的老化效应。具体的说，在二极管激光器的腔面被钝化(上部的线)以防止形成附加氧化层时，在老化时间段之后从该二极管激光器输出的功率不会退化(如下部的线所示)。

其他实施方式

已经描述了多种实施方式。但是可以理解还可以作出各种变形方式。因此，其他实施方式也落在后面权利要求的范围内。

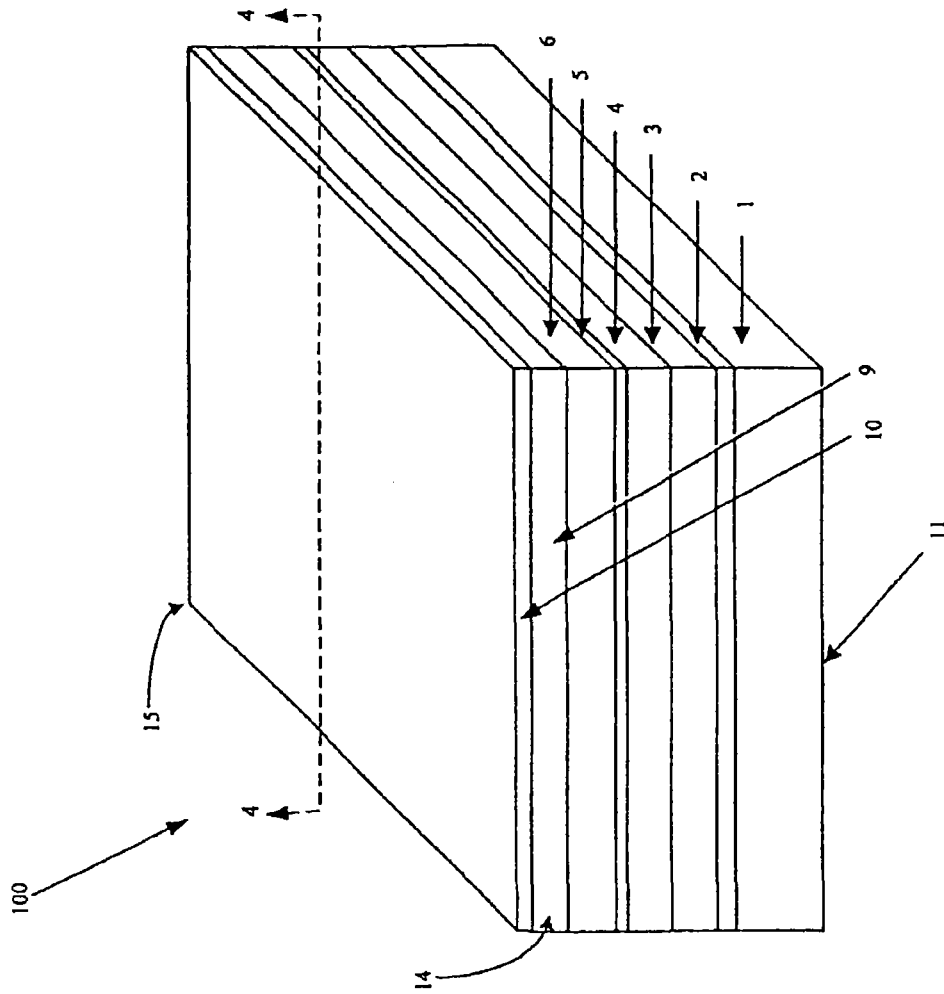


图1A

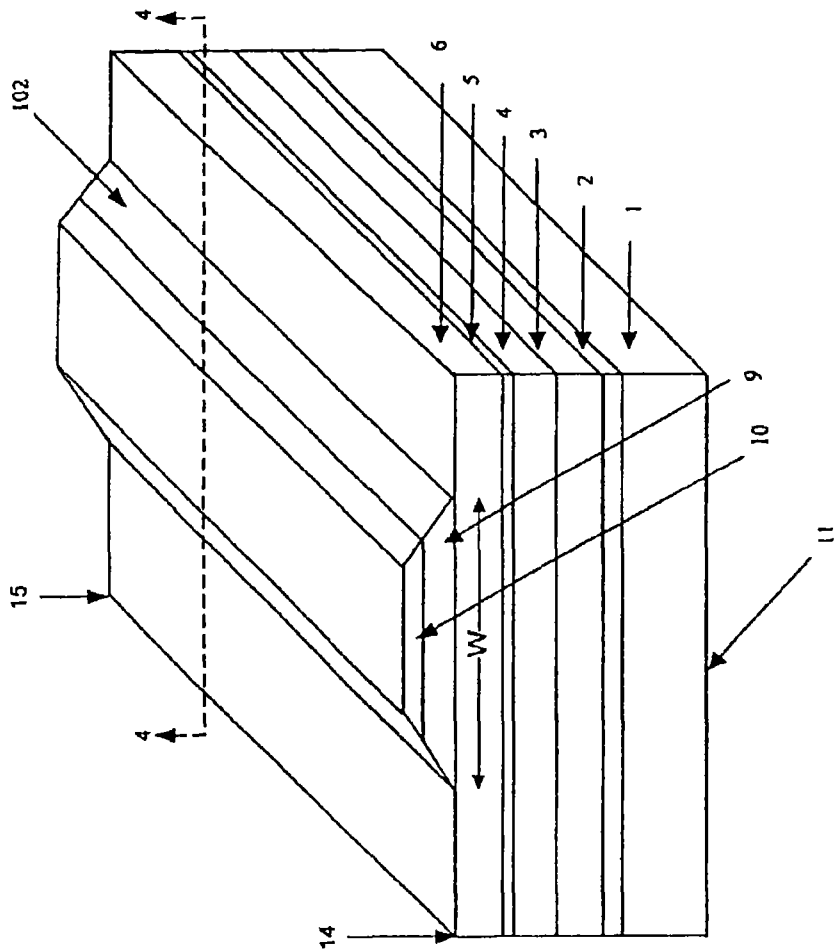


图1B

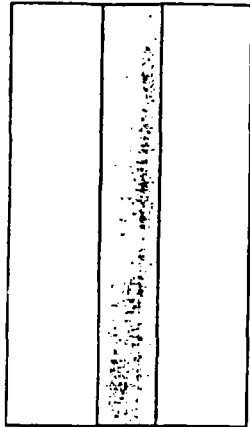


图2A

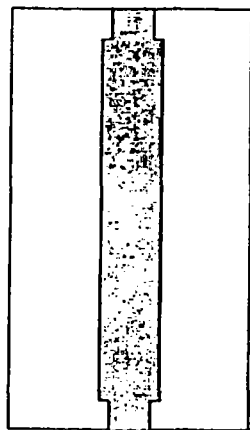


图2B

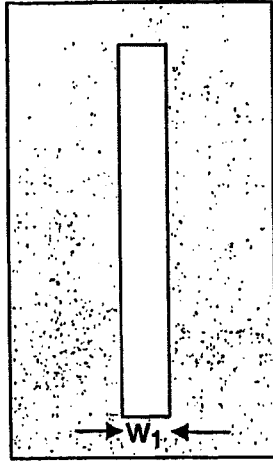


图3

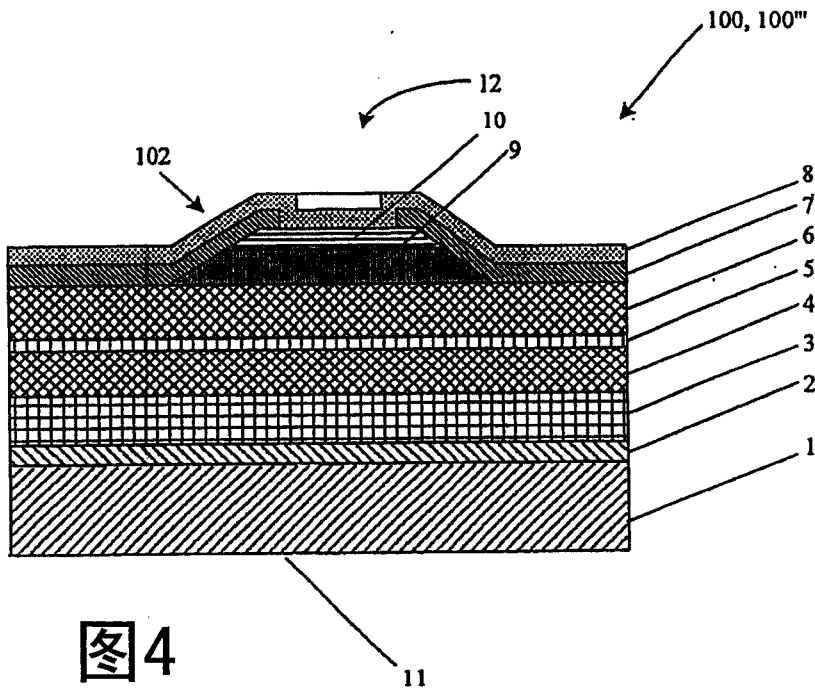


图4

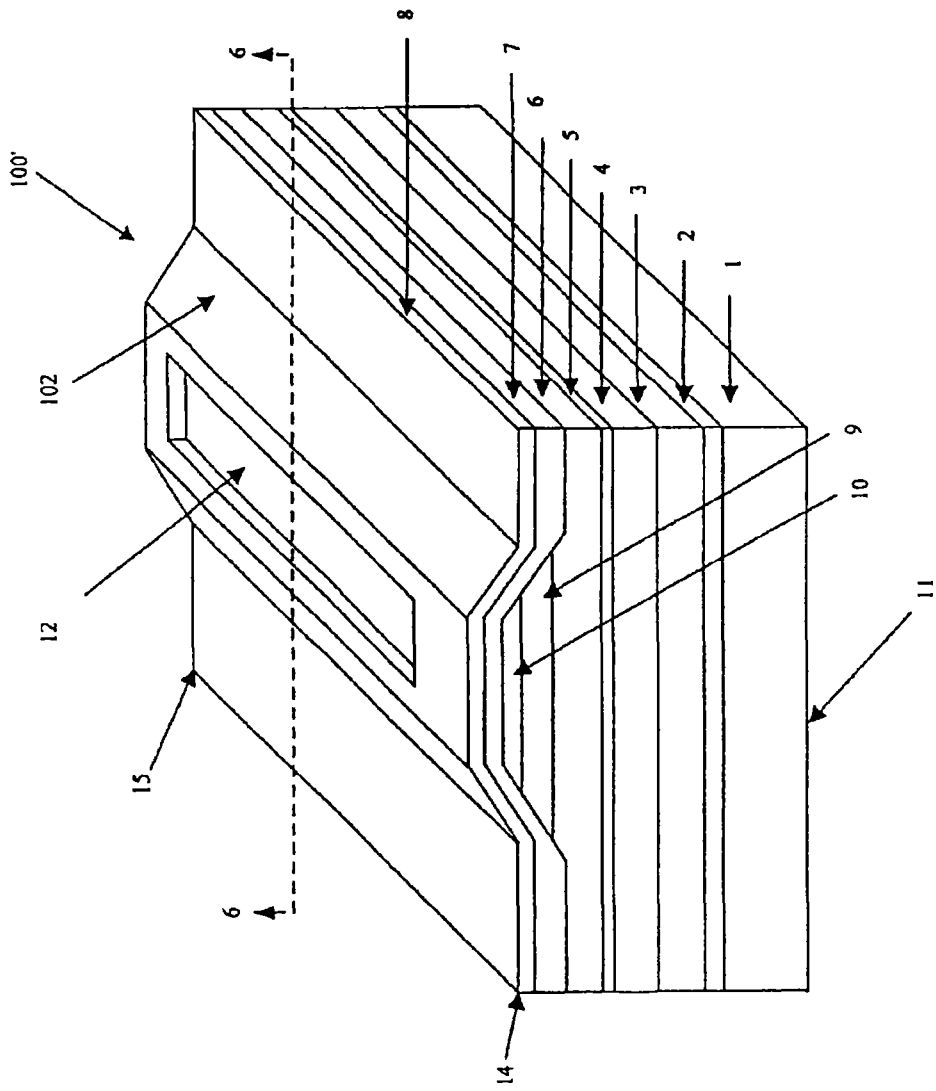


图5

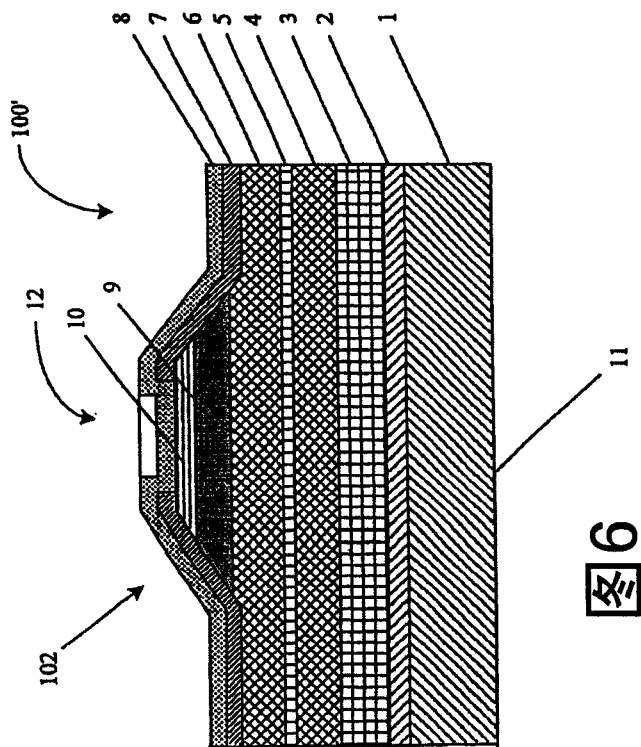


图6

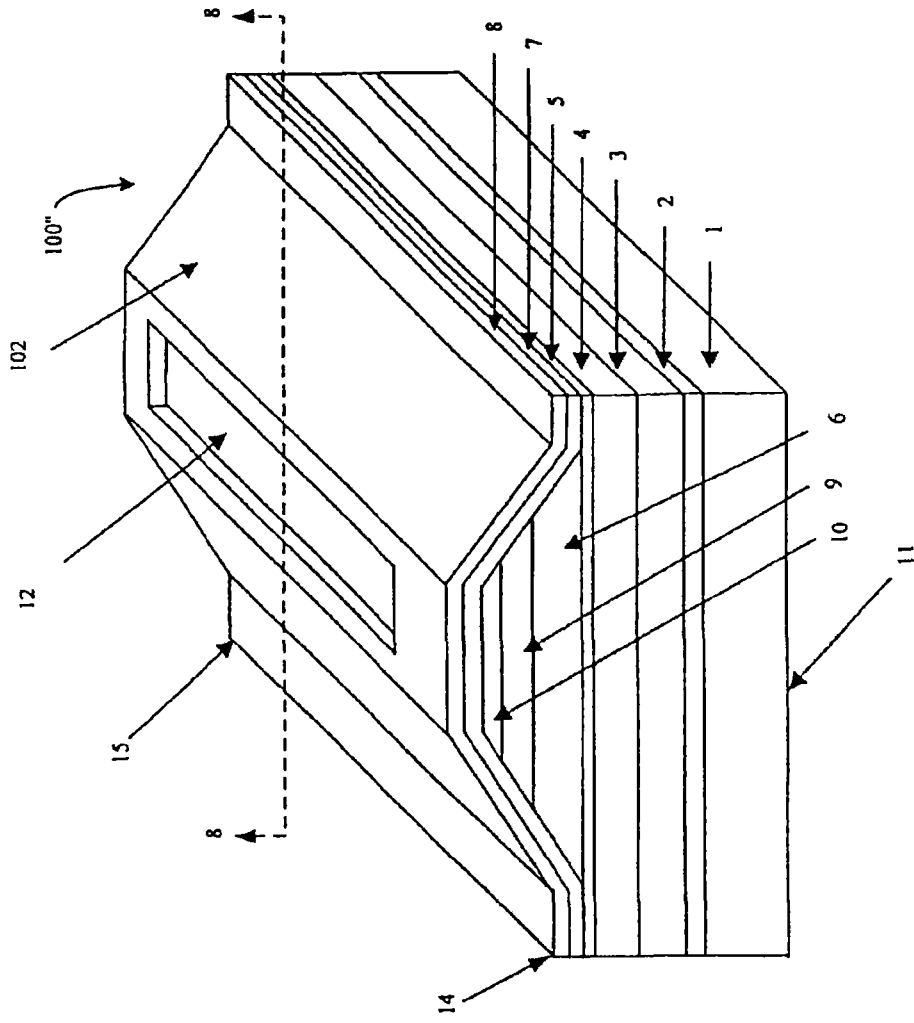


图7

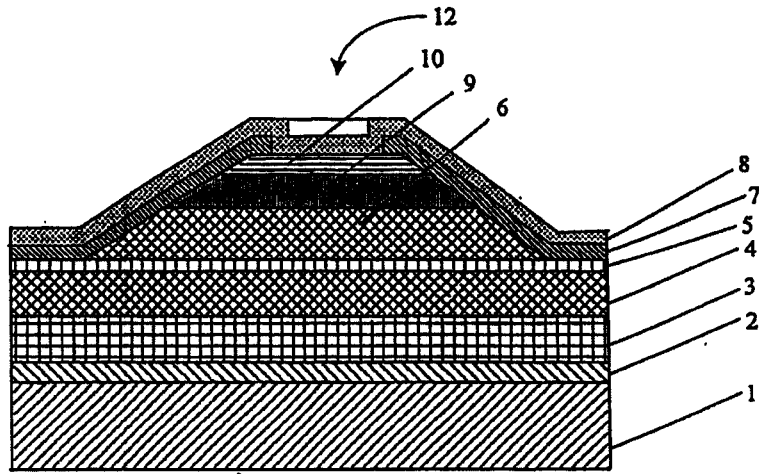


图8

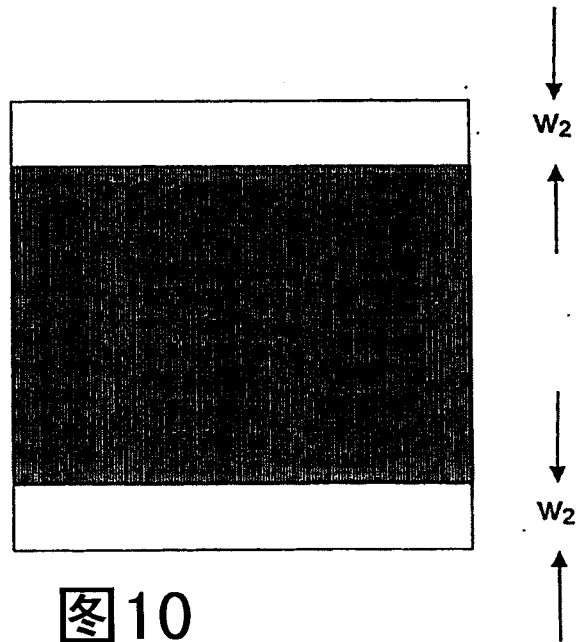


图10

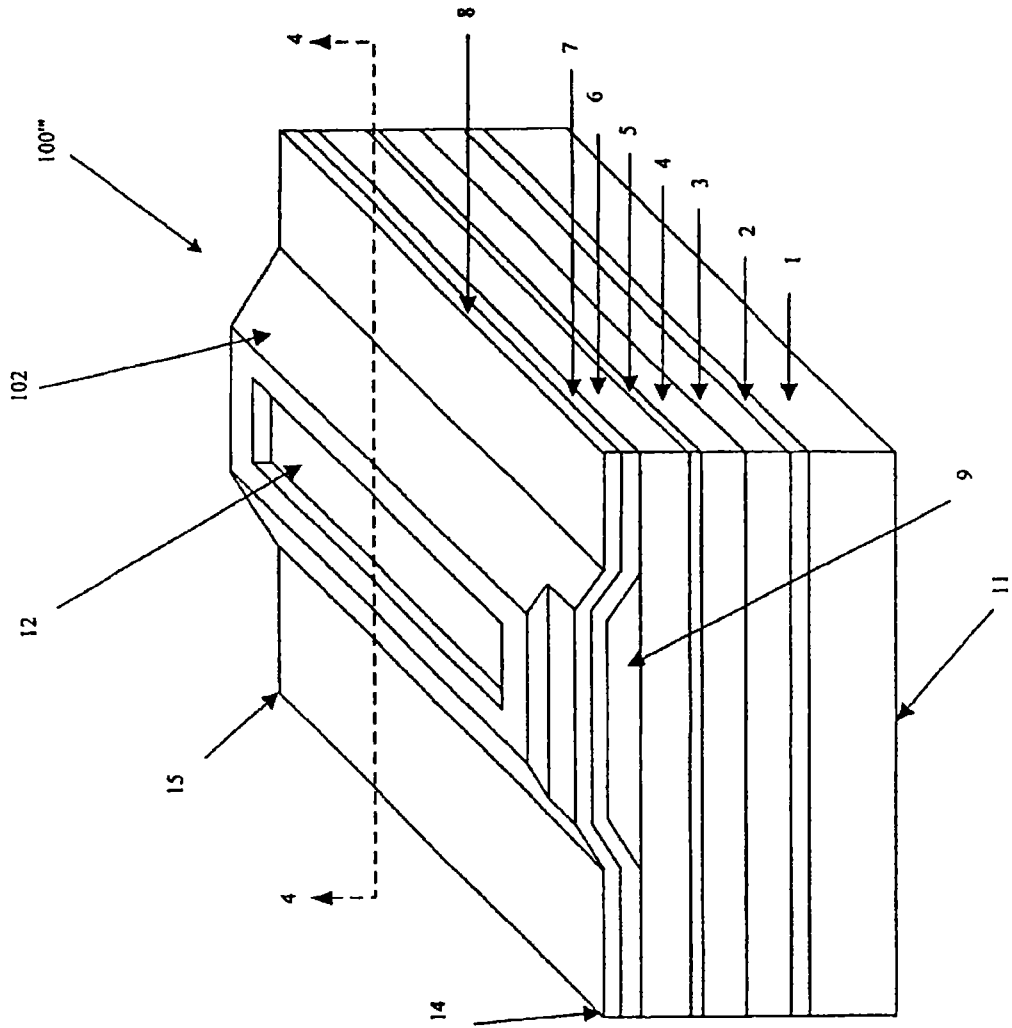


图9

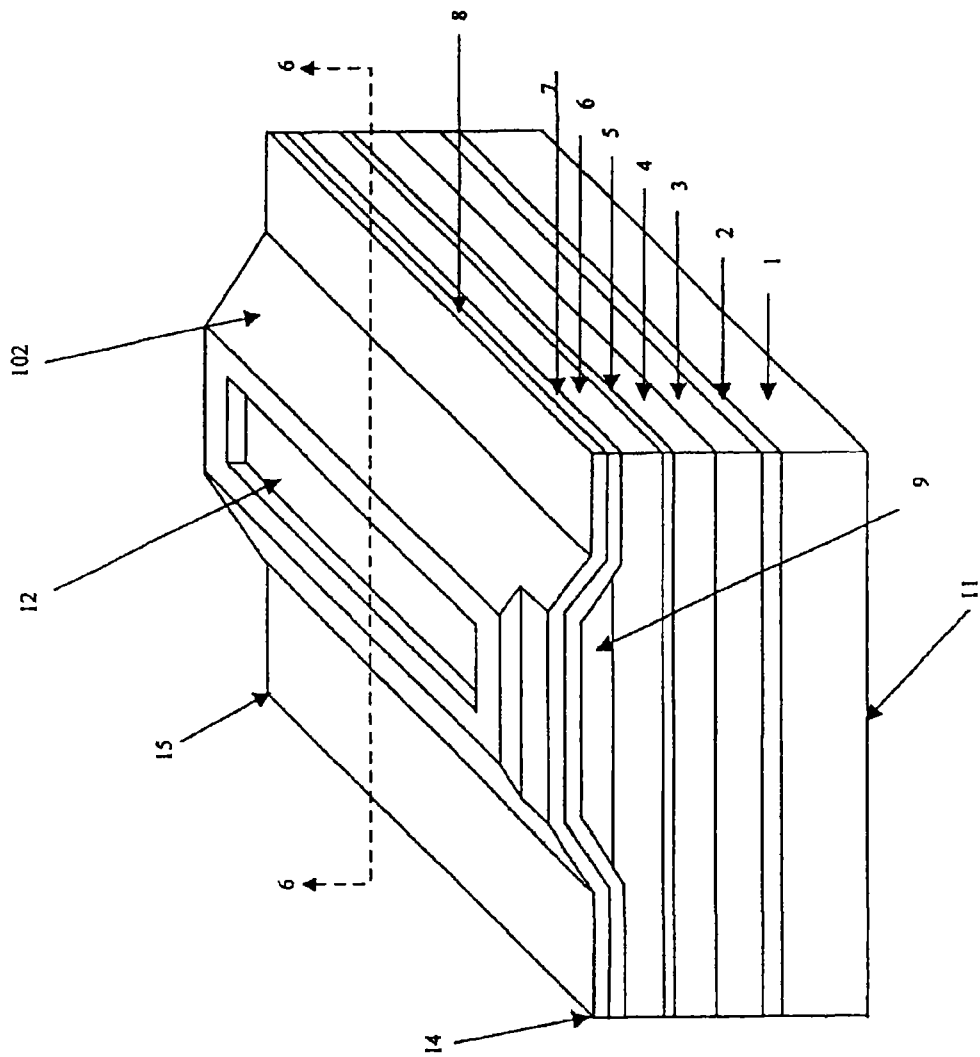


图11

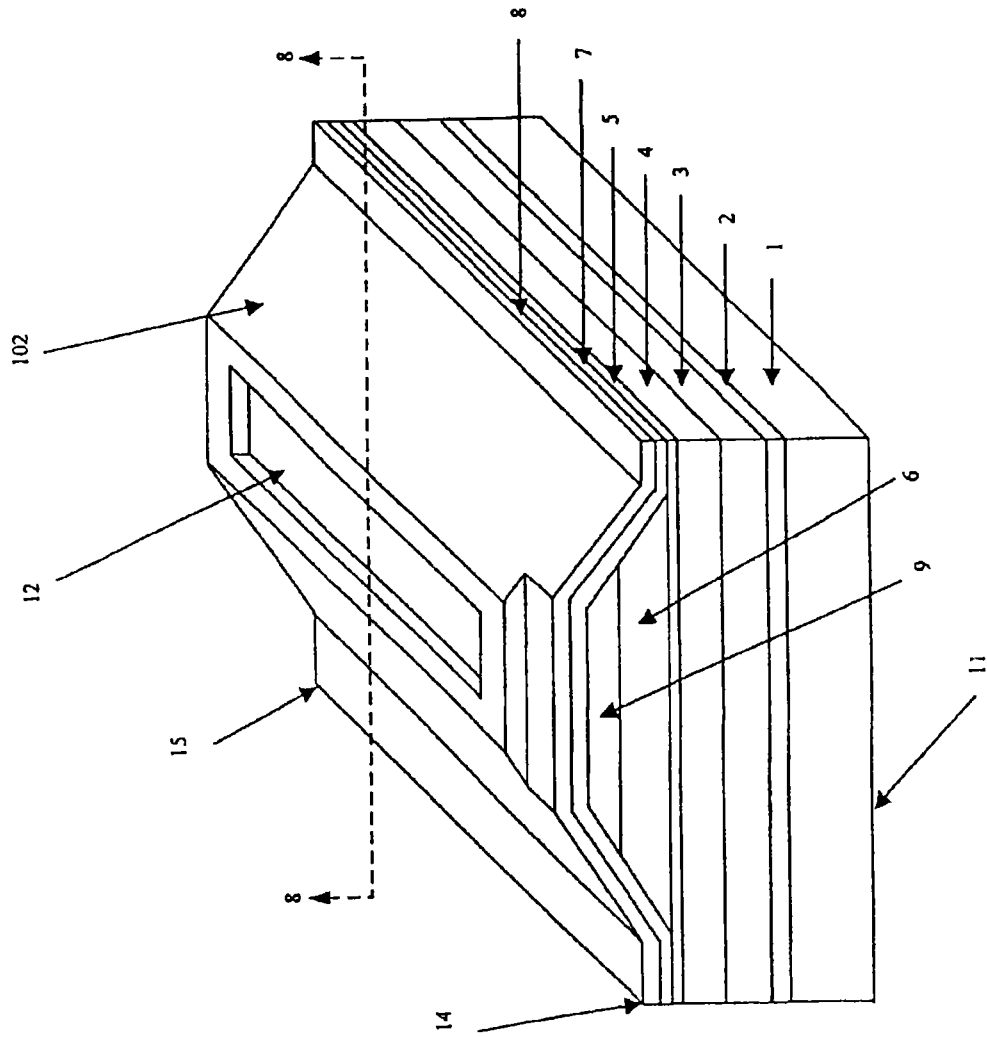


图12

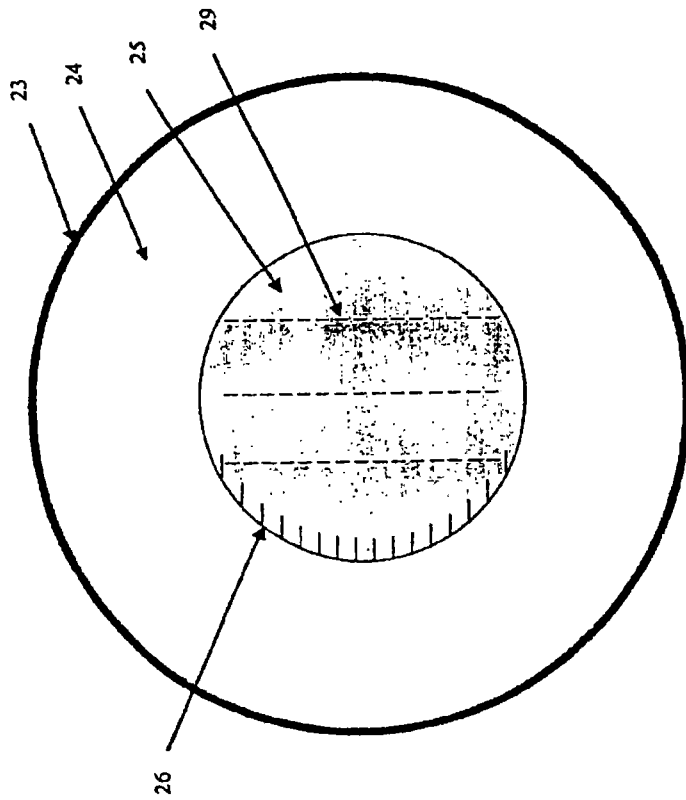


图13

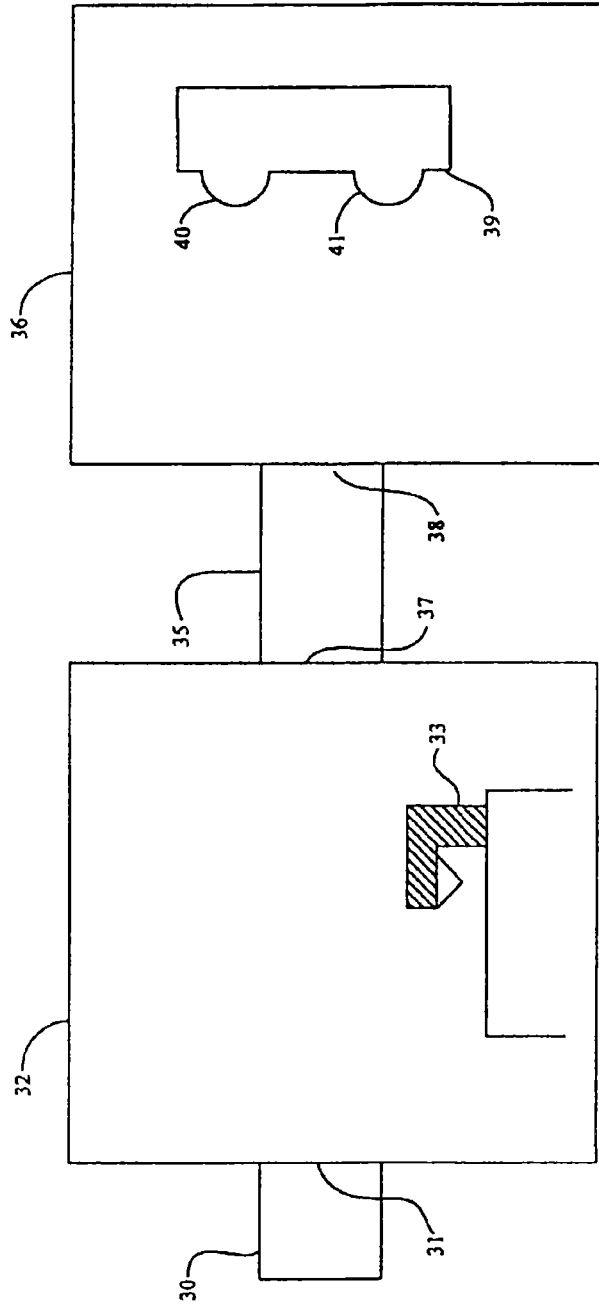


图14

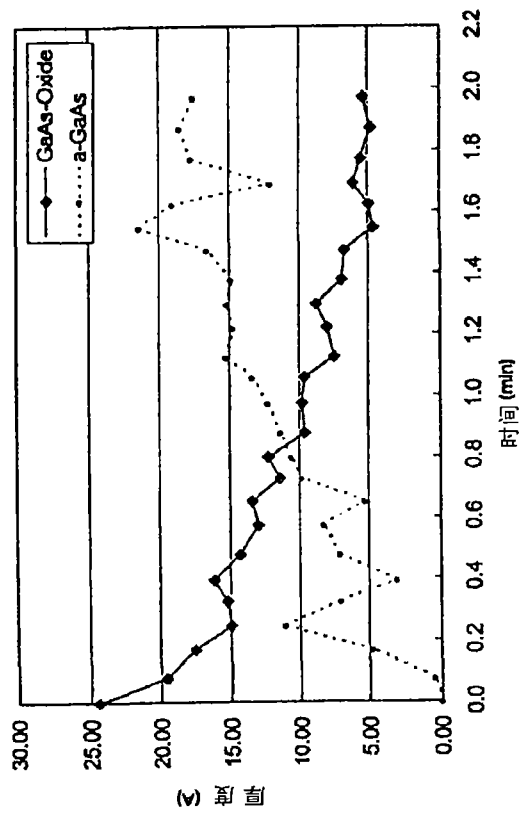


图15

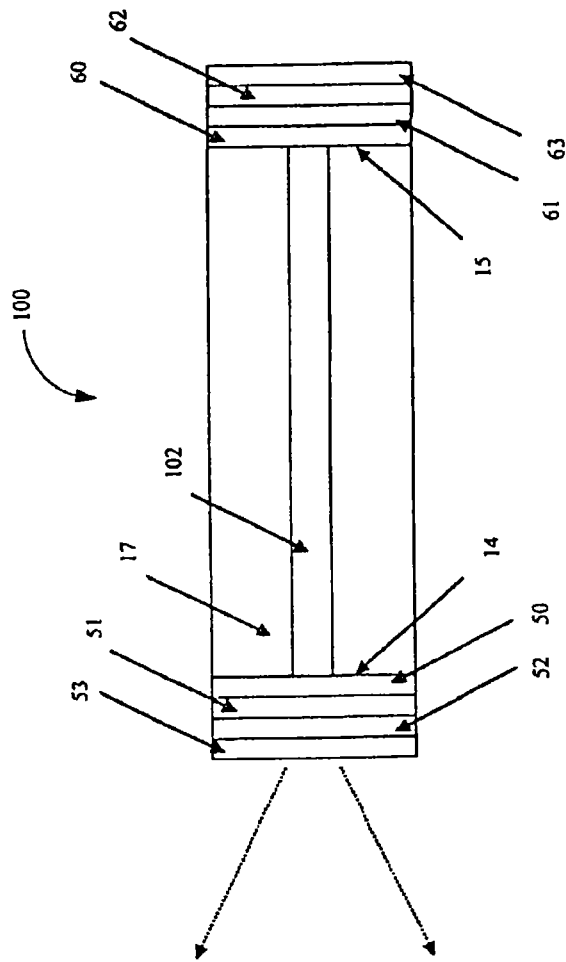


图16

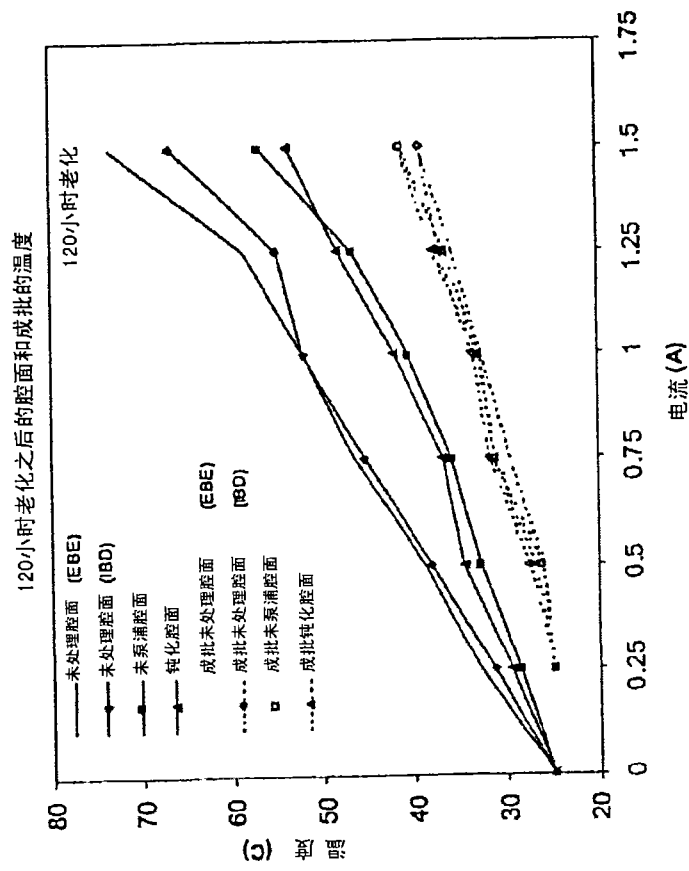


图17

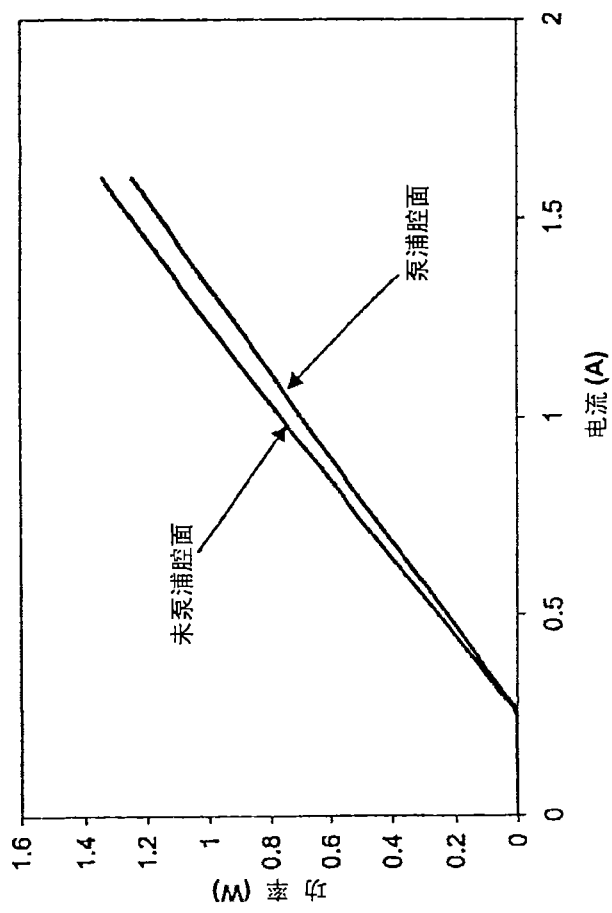


图18

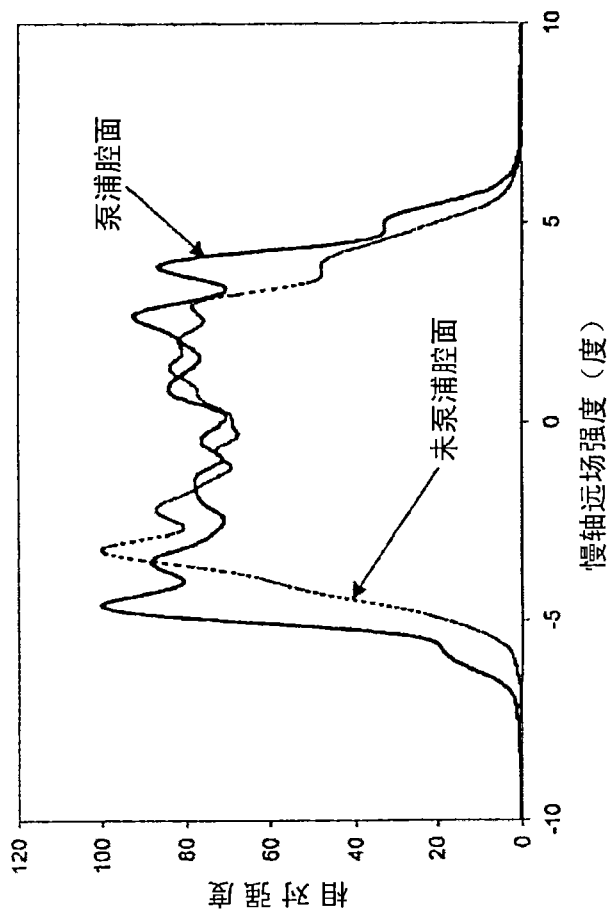


图19

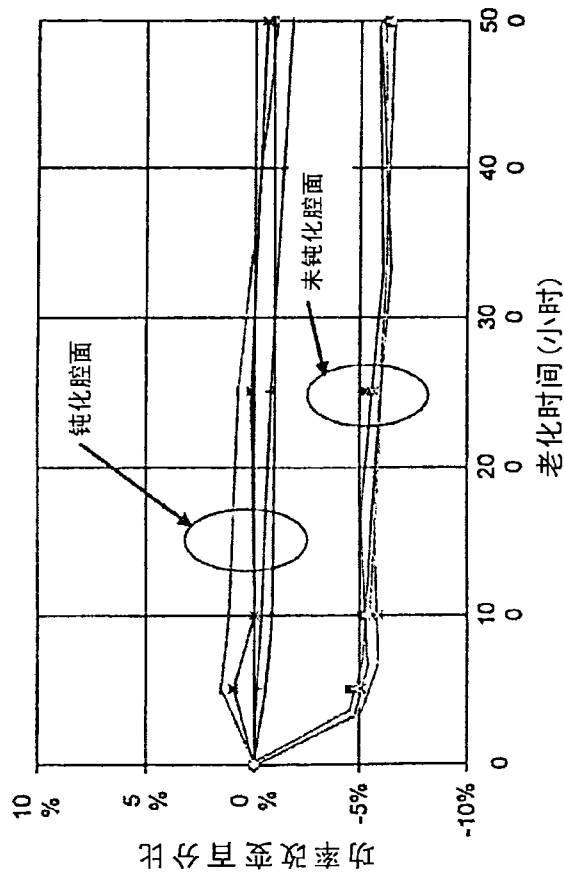


图20