

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102324696 A

(43) 申请公布日 2012. 01. 18

(21) 申请号 201110272765. 7

(22) 申请日 2011. 09. 15

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 汪丽杰 佟存柱 王立军 曾玉刚
刘云 张俊

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

H01S 5/22 (2006. 01)

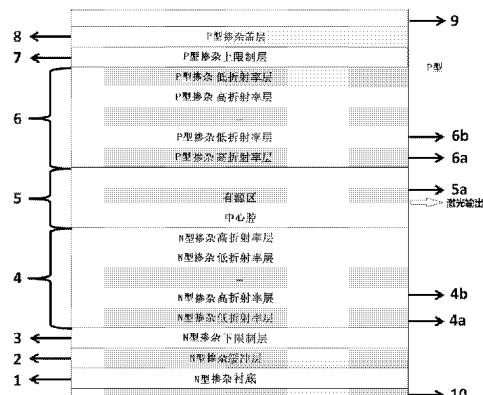
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器

(57) 摘要

本发明涉及一种低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器，这种激光器的P面电极放置在盖层的顶面上，并且电连接到盖层，N面电极位于衬底的背面，并且电连接到衬底；中心腔位于下波导层与上波导层之间，有源区插入在中心腔内；所述下波导层采用多层N型掺杂的高、低折射率材料周期分布的布拉格反射波导；上波导层采用多层P型掺杂的高、低折射率材料周期分布的布拉格反射波导。本发明可有效改善传统边发射半导体激光器端面灾变性毁坏、烧孔、电热烧毁和光束成丝等效应，并且基模与高阶模之间大的增益损耗差异使得这种激光器可实现大模式体积、稳定单横模工作，其横向远场发散角半高全宽(FWHM)可达到10°以下。



1. 一种低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器,由下至上依次为N面电极(10)、衬底(1)、缓冲层(2)、下限制层(3)、下波导层(4)、中心腔(5)、上波导层(6)、上限制层(7)、P盖层(8)和P面电极(9);P面电极(9)放置在盖层(8)的顶面上,并且电连接到盖层(8),N面电极(10)位于衬底(1)的背面,并且电连接到衬底(1);中心腔(5)位于下波导层(4)与上波导层(6)之间,有源区(5a)插入在中心腔(5)内;其特征在于所述下波导层(4)采用多层N型掺杂的高、低折射率材料周期分布的布拉格反射波导;上波导层(6)采用多层P型掺杂的高、低折射率材料周期分布的布拉格反射波导。

2. 根据权利要求1所述的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器,其特征在于所述中心腔(5)为光子晶体缺陷层,有源区(5a)位于光子晶体缺陷层内。

3. 根据权利要求2所述的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器,其特征在于所述有源区(5a)为单层量子阱、多层量子阱、量子点或量子线。

4. 根据权利要求2所述的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器,其特征在于可在中心腔(5)两侧的下波导层(4)和/或上波导层(6)中至少一个周期内的高折射率层光场分布较强峰位置处插入有源区,组成复合发光区。

5. 根据权利要求1所述的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器,其特征在于所述上波导层(6)中布拉格反射波导的周期数小于下波导层(4)中布拉格反射波导的周期数。

6. 根据权利要求1所述的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器,其特征在于所述上波导层(6)中布拉格反射波导的折射率分布与下波导层(4)中布拉格反射波导的折射率分布不同,基模横向传输常数位于两个波导的交叠带隙处。

7. 根据权利要求1所述的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器,其特征在于所述衬底(1)采用N型高掺杂的GaAs,缓冲层(2)选择N型高掺杂的GaAs,下限制层(3)选择N型高掺杂的高铝组分AlGaAs材料,下波导层(4)的高折射率层(4b)和低折射率层(4a)选择不同铝组分的AlGaAs材料,上波导层(6)的高折射率层和低折射率层选择不同铝组分的AlGaAs材料,上限制层(7)选择高铝组分AlGaAs材料,盖层(8)选择P型重掺杂GaAs材料。

低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器

技术领域：

[0001] 本发明属于半导体激光器技术领域，涉及一种低横向激光光束发散角的布拉格反射波导边发射半导体激光器。

背景技术：

[0002] 高功率半导体激光器在激光材料加工、泵浦、医疗、传感、显示技术、频率转换、空间通讯和国防上有着极其重要的应用，随着应用领域的扩展对半导体激光器的性能要求也越来越高，如高的的输出功率、稳定的单模特性、低的远场发散角、高的光束质量等。

[0003] 传统的半导体激光器结构由下至上依次包括N面电极、衬底、缓冲层、下限制层、下波导层、有源区、上波导层、上限制层、盖层和P面电极；P面电极放置在盖层的顶面上，并且电连接到盖层，N面电极位于衬底的背面，并且电连接到衬底；有源区位于下波导层与上波导层之间。由于传统半导体激光器在横向采用高折射率波导通过全反射原理进行导波，激光腔较小，当其在高功率工作时面临以下几个基本难题：端面灾变性毁坏、烧孔、电热烧毁、光束成丝和光束质量差等。另外，腔面由于自衍射，横向（外延生长方向）光束发散角很高，半高全宽(FWHM)通常在18°~40°之间，输出光束为椭圆分布，产生很大的散光，因此必须采用复杂的光学系统，而且其最大聚焦功率密度及光纤耦合效率也受到限制。

[0004] 增大激光器的光模式体积和保持稳定单横模激射有利于克服上述限制，扩展光横向模式体积可以提高输出功率、减小横向光束发散及降低光束成丝的风险。在传统半导体激光器结构基础上有大量扩展波导的方法提出以增大光模式体积，如大光腔或超大光腔结构、非对称波导结构、低折射率势垒结构、集成无源波导、低折射率包层结构、双势垒分别限制异质结等结构。这些方法可以一定程度上增大光模式体积，将横向发散角半高宽减小到十几度。但是由于这些激光器结构光模式体积越大，面临多模工作的问题越严重，这会使远场图案复杂，激光器光束质量大大下降，因此横向远场发散角（半高全宽FWHM）只能达到十几度左右，难以得到更窄的横向远场发散角。另外，这些激光器对外延生长结构组分偏离或温度变化引起的极小折射率改变非常灵敏，激光器的功率、效率、模式等性能不稳定，因此对外延生长、制备工艺及工作电流和温度要求苛刻。

[0005] 由于传统激光器扩展光模式体积方法与折射率导引波导单模工作条件相矛盾，避免多模激射和同时获得大模式体积的问题仍然存在，因此需要从根本上解决这个问题。

发明内容：

[0006] 本发明要解决的技术问题是提供一种可实现大光模式体积的稳定单横模工作的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器。

[0007] 为了解决上述技术问题，本发明的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器由下至上依次为N面电极、衬底、缓冲层、下限制层、下波导层、中心腔、上波导层、上限制层、P盖层和P面电极；P面电极放置在盖层的顶面上，并且电连接到盖层，N面电极位于衬底的背面，并且电连接到衬底；中心腔位于下波导层与上波导层之间，有源区插入在中心

腔内；所述下波导层采用多层N型掺杂的高、低折射率材料周期分布的布拉格反射波导；上波导层采用多层P型掺杂的高、低折射率材料周期分布的布拉格反射波导。

[0008] 本发明半导体激光器N面(N型掺杂部分)和P面(P型掺杂部分)的波导同时采用布拉格反射波导，它为多层高、低折射率周期分布结构(一维光子晶体)，其所导光波模式不同于传统的全反射模式，它利用布拉格反射来限制光场分布。这种激光器的主要特点是横向光模式体积可以大幅扩展，因此可有效改善端面灾变性毁坏、烧孔、电热烧毁和光束成丝等效应。通过设计布拉格反射波导及中心腔使仅有一个模式限制在中心腔内，电场强度远离中心腔时衰减，并且在布拉格反射波导高折射层出现局域峰，而所有的高阶模扩展到整个波导中，因此基模的光限制因子远大于高阶模，高阶模相对基模具有非常大的泄露损耗，基模与高阶模之间大的增益损耗差异使得这种激光器可实现大模式体积、稳定单横模工作。由于远场发散角反比于模式体积，因此这种结构横向光束发散可以很小(半高全宽FWHM<10°)，这有利于提高光纤耦合效率和减小激光器应用光学系统的复杂性。

[0009] 所述的布拉格反射波导为高低折射率周期性调制结构，形成一维光子晶体。光在无限周期的光子晶体中传输时，传输常数具有允带和禁带，当传输常数位于禁带时，光场衰减，传输被禁止，因此布拉格反射波导可用于限制光场分布。由于光场在前几个周期衰减迅速，因此只需要有限周期对数即可。

[0010] 由于N面和P面均采用布拉格反射波导，光模式向两边扩展，因此只需要较小的外延层厚度即可获得大的模式体积。通过优化P面掺杂及采用非对称结构减小P面电阻及损耗，也可获得较高的转换效率。另外，采用双面布拉格反射波导，中心腔可采用低折射率材料，更有利于光模式体积的扩展，在不增加外延层厚度的条件下可获得更小的远场发散角，而且基模和高阶模之间的模式增益损耗差会更大。

[0011] 所述中心腔为光子晶体缺陷层，有源区位于光子晶体缺陷层内。

[0012] 所述光子晶体缺陷层的折射率可与下波导层或上波导层中低折射率层折射率相同，厚度大于下波导层或上波导层中单个周期内的低折射率层厚度。

[0013] 所述光子晶体缺陷层的折射率可与下波导层或上波导层中高折射率层折射率相同，厚度大于下波导层或上波导层中单个周期内的高折射率层厚度。

[0014] 所述光子晶体缺陷层的厚度可与下波导层或上波导层中单个周期内的低折射率层相同，但折射率大于下波导层或上波导层中的低折射率层。

[0015] 所述光子晶体缺陷层厚度可与下波导层或上波导层中单个周期内的高折射率层相同，但折射率大于下波导层或上波导层中的高折射率层。

[0016] 所述的光子晶体缺陷层厚度和折射率均可大于下波导层或上波导层中的低折射率层。

[0017] 所述的光子晶体缺陷层厚度和折射率均可大于下波导层或上波导层中的高折射率层。

[0018] 所述有源区为单层量子阱(QWs)、多层量子阱(QWs)、量子点(QDs)或量子线，在合适位置插入到缺陷层中。

[0019] 作为本发明的进一步改进是：在中心腔两侧的下波导层和/或上波导层中至少一个周期内的高折射率层光场分布较强峰位置处插入有源区。由于插入的有源区极薄，对光场分布影响不大，多个发光区组成复合发光区，增大输出功率。

[0020] 所述上波导层中布拉格反射波导的周期数可小于下波导层中布拉格反射波导的周期数,使光场向 N 型掺杂区偏移,减小 P 面的电阻和吸收损耗,提高转换效率。

[0021] 所述上波导层中布拉格反射波导的折射率分布可与下波导层中布拉格反射波导的折射率分布不同,基模横向传输常数位于两个波导的交叠带隙处,增强模式选择。

[0022] 本发明的优点:

[0023] 由于本发明提出的半导体激光器在横向采用布拉格反射结构限制光模式,它具有基模与高阶模之间增益损耗差大的优点,可实现非常大光模式体积且稳定的单横模工作。这种激光器灾变光损伤阈值功率非常高,在腔面不钝化条件下也可实现非常高功率的激光输出;激光器的横向发散角非常小(半高全宽 FWHM < 10°),输出光束近似为圆光斑,因此相对传统边发射半导体激光器需要进行快慢轴分别准直的情形,它可仅采用一个普通球面镜准直即可,因此可大大降低激光器应用光学系统的复杂性和成本;激光器在高功率工作时仍能保持稳定的单横模工作,光束质量非常高,利于光束整形或其它直接应用;可以引入多有源区结构组成复合发光区,进一步增大激光输出功率;N 面和 P 面布拉格反射波导可采用对称结构或非对称结构,激光器结构设计灵活性增大,有利于提高激光器模式稳定及电光转换效率等性能。总之,这种布拉格反射波导半导体激光器具有横向光束发散超窄、输出功率高、模式稳定性好、光束质量高等优点,在高亮度半导体激光器应用领域具有很好的应用前景。

附图说明:

[0024] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0025] 图 1 为本发明的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器结构示意图。

[0026] 图 2 为低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器各层的折射率分布示意图。

[0027] 图 3(a)、3(b)、3(c) 分别为实施例 1 的激光器的折射率分布、基横模近场和远场分布示意图。

[0028] 如图 4(a)、4(b)、4(c) 分别为实施例 2 的激光器的折射率分布、基横模近场和远场分布示意图。

[0029] 图 5 为实施例 3 一种非对称布拉格反射波导半导体激光器各层的折射率分布示意图。

[0030] 图 6 为实施例 4 一种对称多有源区的低横向发散角布拉格反射波导激光器的折射率分布示意图。

[0031] 图 7 为实施例 5 一种非对称多有源区的低横向发散角布拉格反射波导激光器的折射率分布示意图。

[0032] 图 8 为实施例 6 一种非对称多有源区的低横向发散角布拉格反射波导激光器的折射率分布示意图。

[0033] 图 9 为实施例 7 一种非对称多有源区的低横向发散角布拉格反射波导激光器的折射率分布示意图。

[0034] 图 10 为实施例 8 一种非对称多有源区的低横向发散角布拉格反射波导激光器的折射率分布示意图。

具体实施方式：

[0035] 如图 1 所示，本发明的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器由下至上依次为 N 面电极 10、衬底 1、缓冲层 2、下限制层 3、下波导层 4、中心腔 5、上波导层 6、上限制层 7、盖层 8 和 P 面电极 9；P 面电极 9 放置在盖层 8 的顶面上，并且电连接到盖层 8，N 面电极 10 位于衬底 1 的背面，并且电连接到衬底 1；中心腔 5 位于下波导层 4 与上波导层 6 之间；所述下波导层 4 采用多层 N 型掺杂高、低折射率材料周期分布的布拉格反射波导；上波导层 6 采用多层 P 型掺杂高、低折射率材料周期分布的布拉格反射波导。

[0036] 如图 2 所示，为本发明的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器折射率分布图。下波导层 4 由 N 型掺杂的高、低折射率层周期性排列组成，每个周期包含一高折射率层 4b、一低折射率层 4a 和过渡渐变层，每个周期的厚度为 T_N ；上波导层 6 由 P 型掺杂的高、低折射率层周期性排列组成，每个周期包含一高折射率层 6a、一低折射率层 6b 和过渡渐变层，每个周期的厚度为 T_P ； T_N 与 T_P 可以相等或不相等，下波导层 4 的高折射率材料与上波导层 6 的高折射率材料可以相同也可以不同；下波导层 4 的低折射率材料与上波导层 6 的低折射率材料可以相同也可以不同；下波导层 4 与上波导层 6 的高、低折射率层厚度可以相同也可以不同；中心腔 5 为位于下波导层 4 与上波导层 6 之间的光子晶体缺陷层。光子晶体缺陷层位于下波导层 4 和上波导层 6 之间，它可以是折射率与 T_N 及 T_P 中的低折射率层相同但厚度大于原周期内低折射率层的层，也可以是厚度与 T_N 及 T_P 中的低折射率层相同但折射率大于原周期内低折射率层的层，也可以是折射率与 T_N 及 T_P 中的高折射率层相同但厚度大于原周期内高折射率层的层，也可以是厚度与 T_N 及 T_P 中的高折射率层相同但折射率大于原周期内高折射率层的层，有源区 5a 插入在光子晶体缺陷层内。

[0037] 衬底 1 可为 N 型高掺杂的任何常用的 III-V 族化合物，比如 GaAs, InP, GaSb 等，用于在其上外延生长激光器各层材料。由于外延层材料需与衬底晶格匹配或近似匹配，因此衬底的选择取决于设计的激射波长，本发明主要采用 N 型高掺杂 GaAs 衬底。

[0038] 缓冲层 2 生长在衬底 1 上，为 N 型高掺杂材料，通常选择与衬底相同的材料。因此对于本发明中采用 GaAs 衬底的情形下，缓冲层选择 N 型高掺杂的 GaAs，其目的是有效的掩埋衬底的缺陷，形成高质量的外延表面，以利于其它各层材料的生长。

[0039] 下限制层 3 生长在缓冲层 2 上，材料晶格常数应与衬底相同或非常接近，掺杂施主杂质，而且其带隙宽度需大于有源层带隙宽度。在本发明中采用 GaAs 衬底的情形下，下限制层通常选择高铝组分 AlGaAs 材料，其目的是限制光场横向高掺杂缓冲层和衬底扩展，以减小光损耗。

[0040] 下波导层 4 生长在 N 型掺杂下限制层 3 上，它由 m 对 N 型掺杂的高折射率材料层 4b 和低折射率材料层 4a 周期性排列组成，各层材料晶格常数应与衬底相同或非常接近，并且每层材料带隙宽度均大于有源层带隙宽度，掺杂施主杂质。在本发明中采用 GaAs 衬底的情形下，高折射率材料层 4b 和低折射率材料层 4a 选择不同铝组分的 AlGaAs 材料，高折射率材料铝组分低于低折射率材料。下波导层 4 的高、低折射率层的周期对数、每层的厚度和组分需精心设计，使仅有一个被限制在中心腔内，其它模式扩展到整个布拉格反射波导中，靠近有源区部分的层内不掺杂或低掺杂以减小光吸收损耗。

[0041] 中心腔 5 为光子晶体缺陷层，位于下波导层 4 与上波导层 6 之间，它可以通过增

大布拉格反射波导中高或低折射率层的厚度或折射率来实现,通常不掺杂或低掺杂。有源层 5a 位于光子晶体缺陷层中,其带隙对应于所希望的发光波长,可以为单层或多层量子阱 (QWs)、量子点 (QDs)、量子线等,其目的在于作为激光器的增益区,在电注入时产生激光并提供足够的光增益。另外可以设计成多有源区结构,在中心腔附近几个布拉格反射波导周期内光场分布局域峰位置插入有源区形成复合发光区,以提高输出功率。在本发明中采用 GaAs 衬底的情形下,增益介质主要采用 InGaAs 应变量子阱材料。

[0042] 上波导层 6 生长在光子晶体缺陷层之上,它由 n 对 P 型掺杂的高、折射率材料 6a 和低折射率材料 6b 周期性排列构成,各层材料晶格常数应与衬底相同或非常接近,并且每层材料带隙宽度均大于有源层带隙宽度,掺杂受主杂质。在本发明中采用 GaAs 衬底的情形下,布拉格反射波导中高、低折射率层选择为不同铝组分的 AlGaAs 材料,它的周期、占空比或材料可与下布拉格反射波导 4 相同或不同,分别对称或非对称激光器结构。

[0043] 上限制层 7 生长在上波导层 6 之上,材料晶格常数应与衬底相同或非常接近,带隙宽度大于有源层带隙宽度,掺杂受主杂质。在本发明中采用 GaAs 衬底的情形下,上限制层选择高铝组分 AlGaAs 材料,其目的是限制光场横模向重掺杂盖层和金属电极层扩展,减小光损耗。

[0044] 盖层 8 生长在上限制层 7 之上,通常选择与衬底相同的材料,重掺杂受主杂质,以利于欧姆接触。在本发明中采用 GaAs 衬底的情形下,盖层选择 P 型重掺 GaAs 材料。

[0045] 金属电极由多层金属依次堆叠制成,通常 P 面电极 9 采用钛 - 铂 - 金 (Ti-Pt-Au) 材料,N 面电极 10 采用金 - 锗 - 镍 (Au-Ge-Ni) 材料。P 面电极 9 放置在盖层 8 的顶面上,并且电连接到盖层。N 侧电极 10 位于衬底 1 的背面,并且电连接到衬底上。

[0046] 实施例 1 :

[0047] 如图 3(a)、3(b)、3(c) 所示,为一种对称的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器 (波长为 980nm) 的折射率分布、基横模近场和远场分布示意图。它的 N 面和 P 面波导均采用 6 对 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 周期性波导,下波导层 4 的高、低折射率层排列周期 T_N 与上波导层 6 的高、低折射率层排列周期 T_P 相等,上波导层 6 与下波导层 4 每个周期中的高、低折射率层的材料和厚度均分别相同。有源区位于中心腔中央,采用 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}/\text{GaAs}$ 双量子阱 (QWs)。从图 3(b) 中基模近场分布可以看出,本发明中激光器光横向模式尺寸大大增加,从图 3(c) 中可以看出,横向远场发散角 θ_{\perp} 非常低 (半高全宽 FWHM 仅为 5.4°)。

[0048] 实施例 2 :

[0049] 如图 4(a)、4(b)、4(c) 所示,为一种非对称的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器 (波长为 980nm) 的折射率分布、基横模近场和远场分布示意图,它的 N 面和 P 面波导分别采用 8 对和 4 对 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 周期性波导;下波导层 4 与上波导层 6 每个周期中的高、低折射率层材料和厚度相同,只是上波导层 6 的周期对数小于下波导层 4。有源区采用 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}/\text{GaAs}$ 双量子阱 (QWs)。图中,4(a) 为折射率分布,4(b) 和 4(c) 分别为基横模横向近场分布及远场分布。从图 4(b) 中可以看出,上波导层 6 布拉格反射波导和下波导层 4 布拉格反射波导周期对数不同,减小 P 面厚度,使光场向 N 面偏移,由于 P 面空穴迁移率远小于电子,而空穴的载流子吸收损耗大于电子,这样可减小吸收损耗和器件电阻,提高电光转换效率,同时也可获得非常低的横向远场发散角 (半高全宽 FWHM

仅为 7.2°)。

[0050] 实施例 3：

[0051] 如图 5 所示,为一种非对称的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器的折射率分布示意图,它的下波导层 4 中的高折射率层 4b 与上波导层 6 中的高折射率层 6a、下波导层 4 中的低折射率层 4a 与上波导层 6 中的低折射率层 6b 之间的材料和厚度不完全相同,两个波导层中的周期对数可以相同也可以不相同。中心腔 5 位于下波导层 4 与上波导层 6 之间,为两种光子晶体共同的缺陷层,它的折射率和厚度与下波导 4 及上波导 6 周期中任一层都不完全相同。设计缺陷层使横向传输常数位于两种光子晶体禁带交叠区域,光场限制在中心腔内,这种结构还具有一定的波长选择的功能。

[0052] 实施例 4：

[0053] 图 6 为一种对称多有源区的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器的折射率分布示意图。除了中心光场分布峰值处的有源区外,它的 N 面和 P 面光场局域峰处也插入相同对数的增益介质,形成复合发光区,从而提高光限制因子和进一步增大输出功率。图中数字表示:1 衬底、2 缓冲层、3 下限制层、4 下波导层、5 复合有源区、6 上波导层、7 上限制层、8 盖层、9P 面电极和 10N 面电极构成,11 代表 N 型掺杂部分,12 代表 P 型掺杂部分,5a 为中心光场分布峰值处有源区,5b 代表 N 型掺杂部分光场分布局域峰处插入的有源区,5c 代表 P 型掺杂部分光场分布局域峰处插入的有源区,其中 N 型部分和 P 型部分插入的增益介质对数相同。

[0054] 实施例 5：

[0055] 图 7 为一种非对称多有源区的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器的折射率分布示意图,除了中心光场分布峰值处的有源区外,它的 N 面插入的增益介质数量多于 P 面插入的增益介质数量。图中数字表示:1 衬底、2 缓冲层、3 下限制层、4 下波导层、5 复合有源区、6 上下波导层、7 上限制层、8 盖层、9P 面电极和 10N 面电极构成,11 代表 N 型掺杂部分,12 代表 P 型掺杂部分,5a 为中心光场分布峰值处有源区,5b 和 5c 代表 N 型掺杂部分光场分布局域峰处插入的有源区,5d 代表 P 型掺杂部分光场分布局域峰处插入的有源区。

[0056] 实施例 6：

[0057] 图 8 为一种非对称多有源区的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器的折射率分布示意图,除了中心光场分布峰值处的有源区外,它的 P 面插入的增益介质数量多于 N 面插入的增益介质数。图中数字表示:1 衬底、2 缓冲层、3 下限制层、4 下波导层、5 复合有源区、6 上波导层、7 上限制层、8 盖层、9P 面电极和 10N 面电极构成,11 代表 N 型掺杂部分,12 代表 P 型掺杂部分,5a 为中心光场分布峰值处有源区,5b 代表 N 型掺杂部分光场分布局域峰处插入的有源区,5c 和 5d 代表 P 型掺杂部分光场分布局域峰处插入的有源区。

[0058] 实施例 7：

[0059] 图 9 为一种非对称多有源区的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器的折射率分布示意图,除了中心光场分布峰值处的有源区外,还在它的 N 面光场分布局域峰处插入增益介质。图中数字表示:1 衬底、2 缓冲层、3 下限制层、4 下波导层、5 复合有源区、6 上波导层、7 上限制层、8 盖层、9P 面电极和 10N 面电极构成,11 代表 N 型掺杂部分,12 代表 P 型掺杂部分,5a 为中心光场分布峰值处有源区,5b 代表 N 型掺杂部分光场分布局

域峰处插入的增益介质。

[0060] 实施例 8：

[0061] 图 10 为一种非对称多有源区的低横向发散角布拉格反射波导边发射半导体激光器的折射率分布示意图，除了中心光场分布峰值处的有源区外，它的 P 面光场分布局域峰位处插入增益介质。图中数字表示：1 衬底、2 缓冲层、3 下限制层、4 下波导层、5 复合有源区、6 上波导层、7 上限制层、8 盖层、9P 面电极和 10N 面电极构成，11 代表 N 型掺杂部分，12 代表 P 型掺杂部分，5a 为 中心光场分布峰值处有源区，5b 代表 P 型掺杂部分光场分布局域峰处插入的有源区。

[0062] 本发明的目的在于将一种新的波导机制引入到半导体激光器的结构中，N 面（N 型掺杂部分）和 P 面（P 型掺杂部分）波导同时采用布拉格反射波导，它为多层高低折射率周期分布结构（一维光子晶体），其所导光波模式不同于传统的全反射模式，它利用布拉格反射来限制光模式分布。在光子晶体中引入线缺陷（破坏一维光子晶体周期性分布的层），设计波导使只有基模限制在缺陷层内，而所有的高阶模扩展到整个波导中，这样基模的光限制因子远大于高阶模，而高阶模相对基模具有非常大的泄露损耗，因此这种结构模式间增益损耗差别非常大，因此可实现非常大模式体积的稳定单横模工作。大的模式体积可以有效改善端面灾变性毁坏、烧孔、电热烧毁和光束成丝等效应，同时大的模式间增益损耗差异使得这种激光器可以稳定高功率单横模工作。由于远场发散角反比于模式体积，因此这种结构横向光束发散可以很小（半高全宽 FWHM < 10°），这有利于减小激光器应用光学系统的复杂性和成本。另外这种结构的光场分布有很多局域峰，可在高峰值处插入多个增益介质，形成复合发光区，增大光限制因子和提高输出功率。还可以采用非对称结构，提高电光转换效率和增强模式选择。

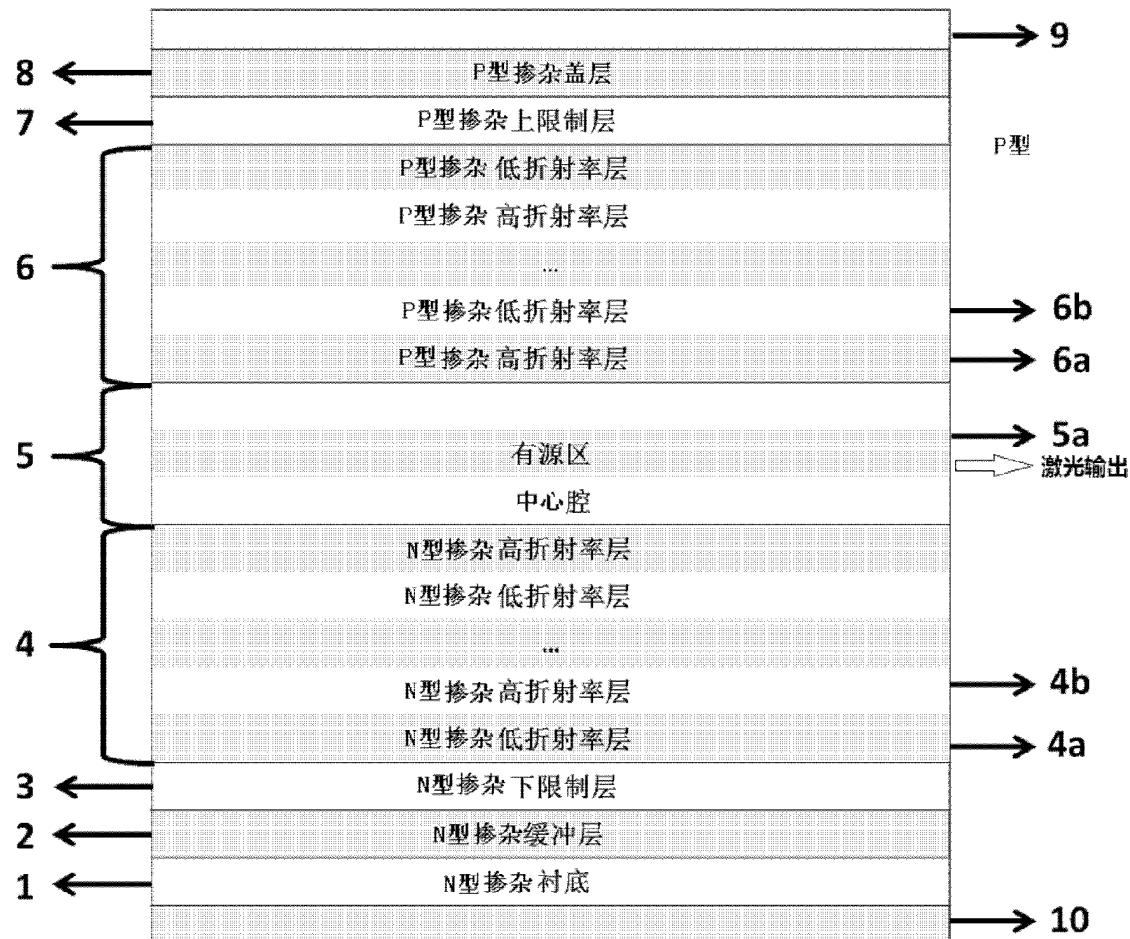


图 1

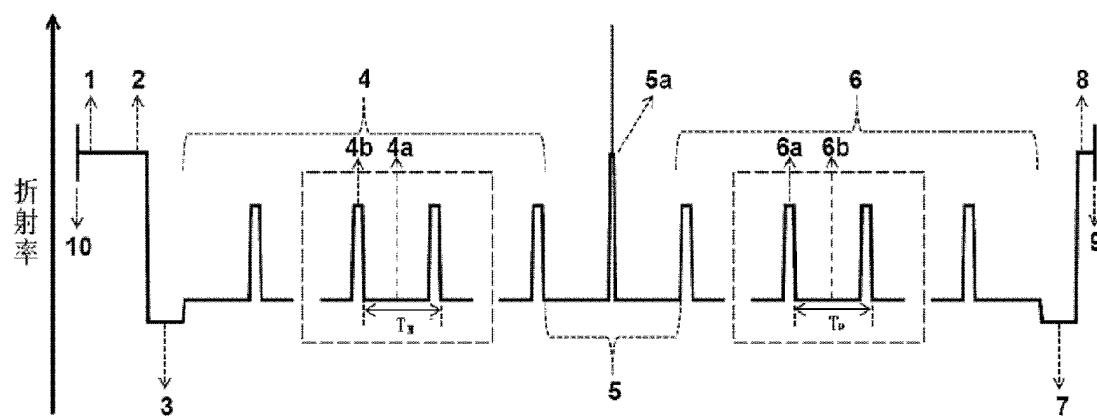


图 2

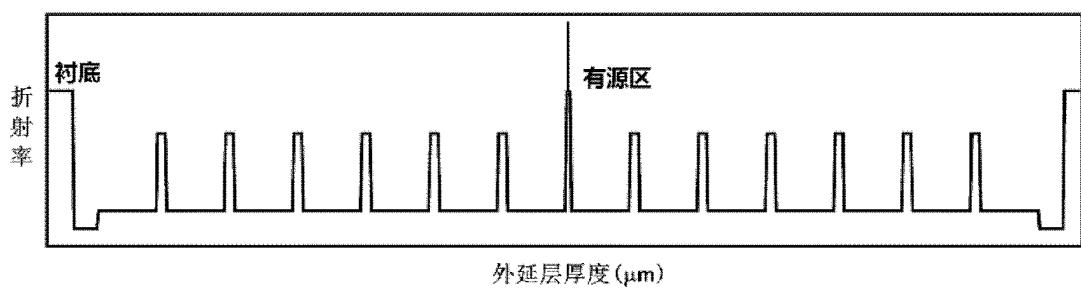


图 3(a)

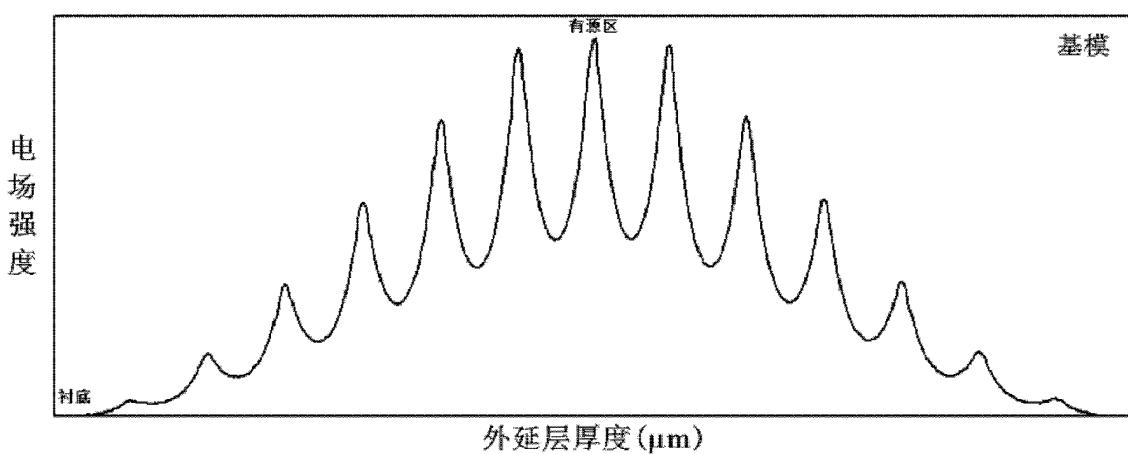


图 3(b)

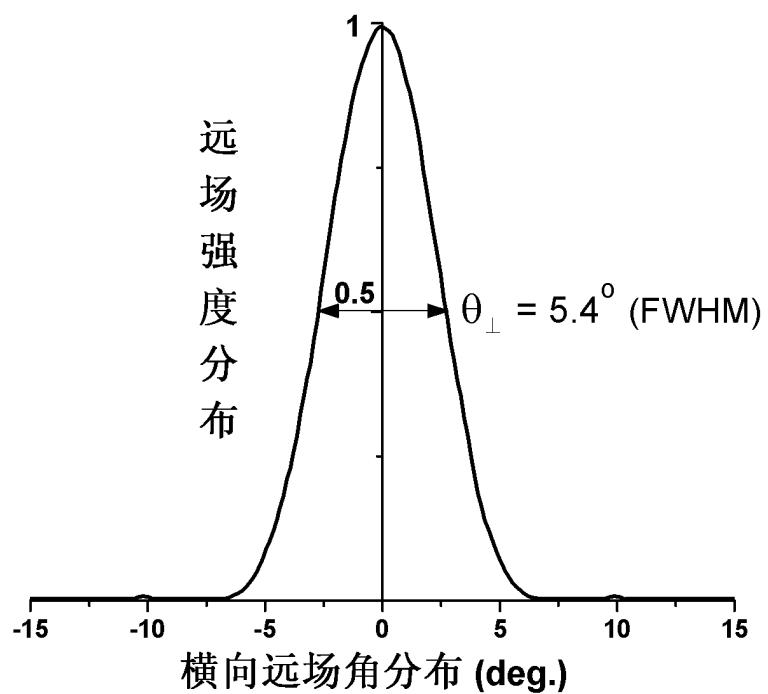


图 3(c)

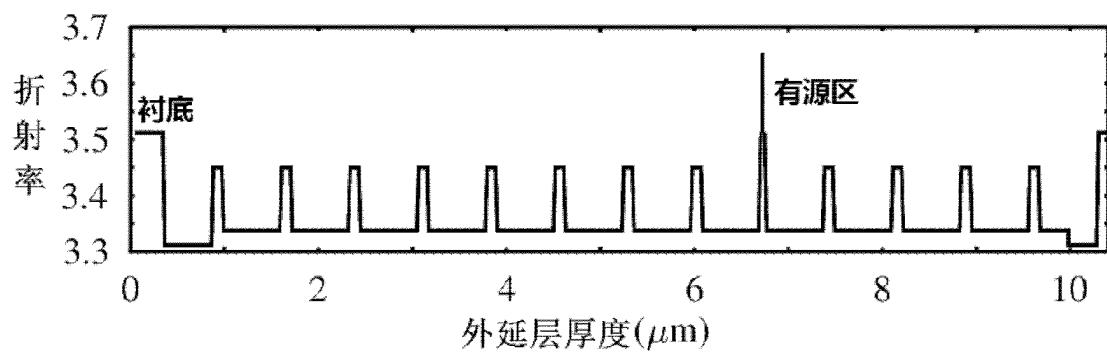


图 4(a)

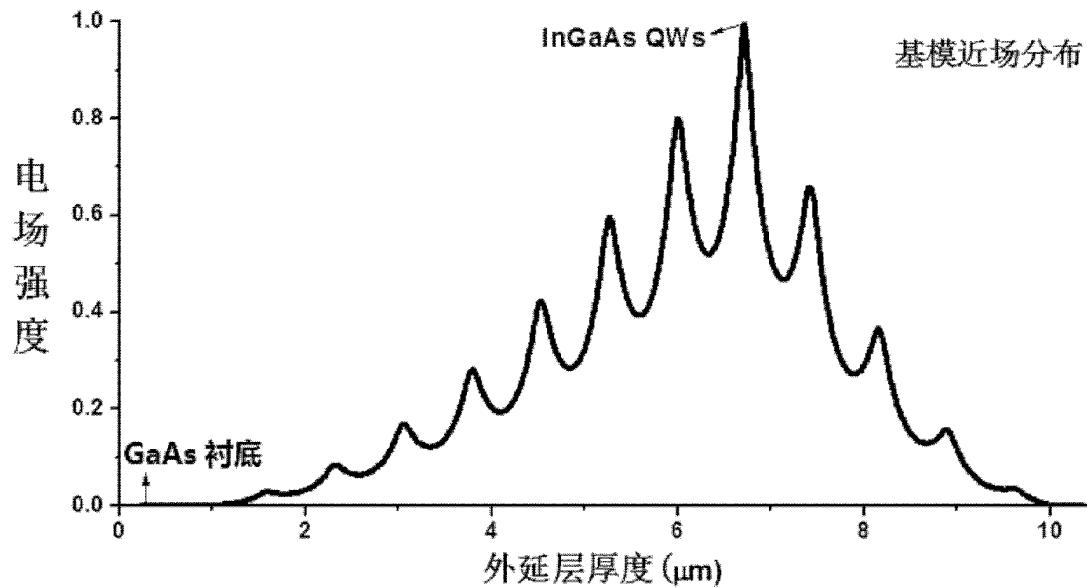


图 4 (b)

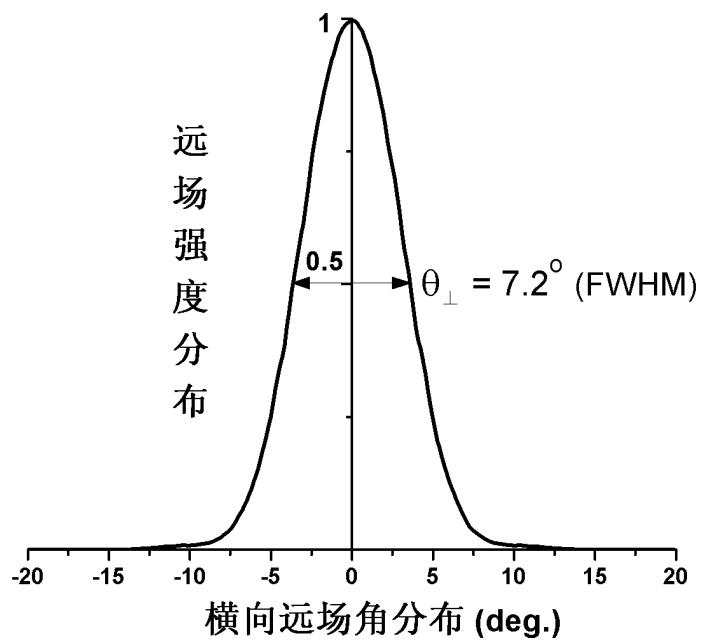


图 4 (c)

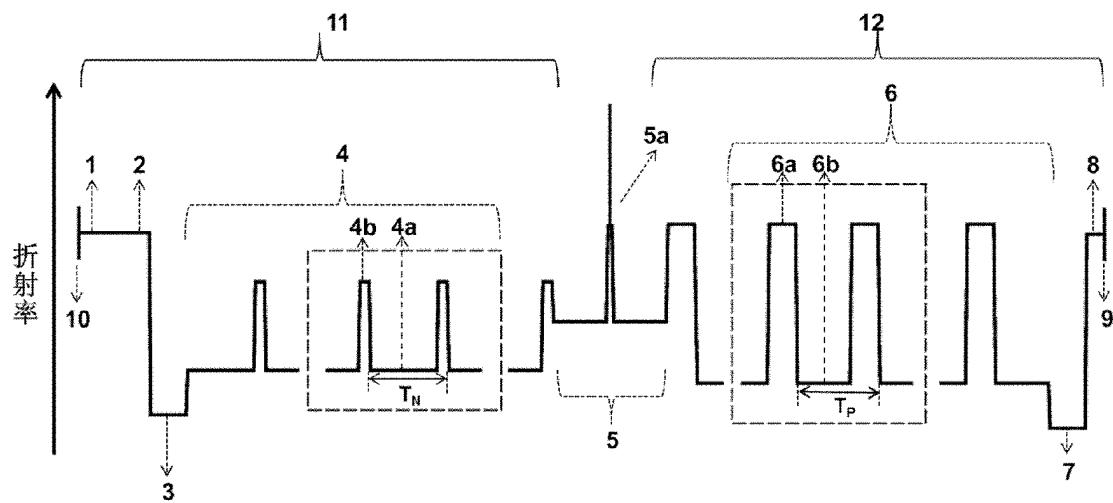


图 5

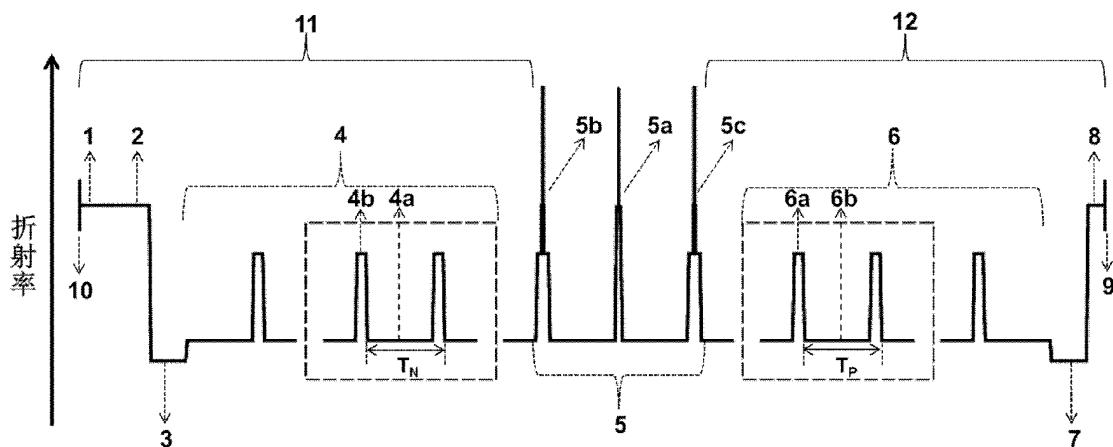


图 6

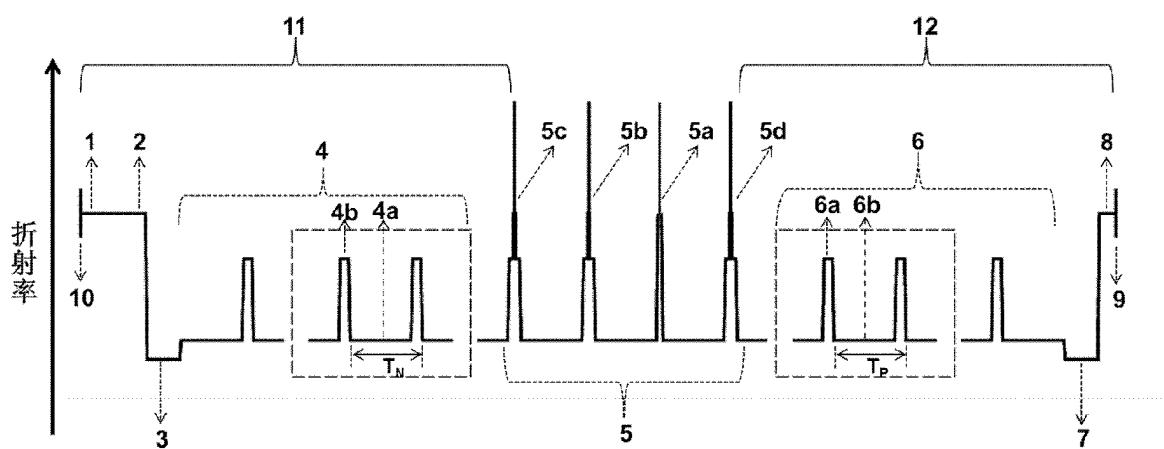


图 7

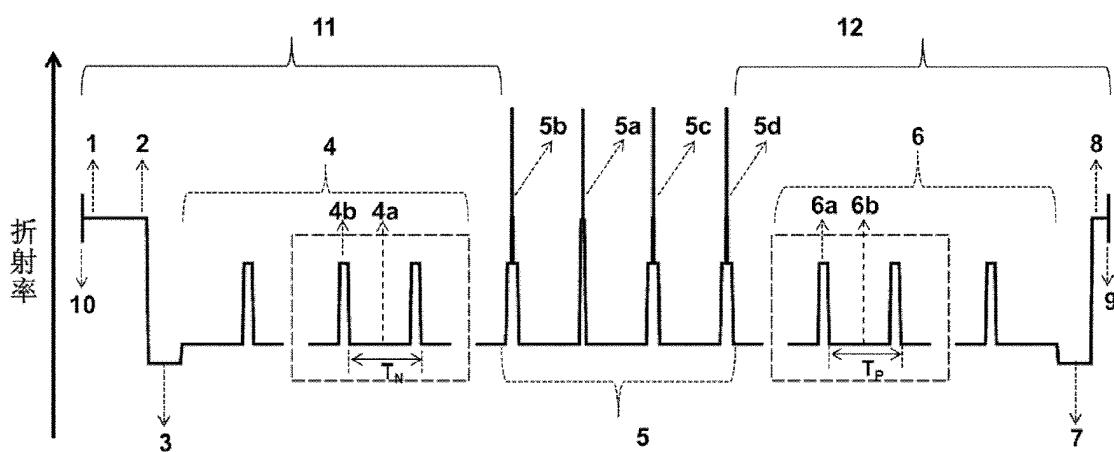


图 8

