



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103858294 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 11

(21) 申请号 201280049577. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 08. 24

H01S 5/0625(2006. 01)

(30) 优先权数据

H01S 5/10(2006. 01)

1114822. 8 2011. 08. 26 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 04. 09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2012/052086 2012. 08. 24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/030550 EN 2013. 03. 07

(71) 申请人 奥兰若技术有限公司

地址 英国北安普敦郡

(72) 发明人 萨姆·戴维斯 N · D · 怀特布里德
安德鲁·沃德

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理
有限公司 11262

代理人 周靖 郑霞

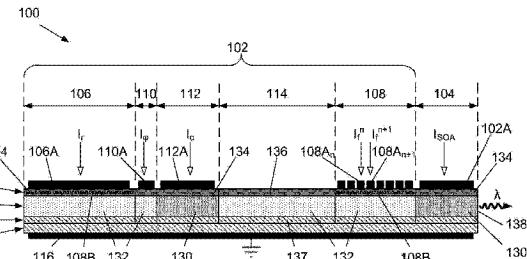
权利要求书3页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

单片集成的可调谐半导体激光器

(57) 摘要

一种单片集成的、可调谐半导体激光器，其具有光波导，包括衬底上的外延层且具有界定光学增益部分和非驱动区域的第一和第二反射器，其中所述反射器中的至少一个是被配置为具有可调的反射光谱的分布式布拉格反射器部分，其中控制电极被至少设置在所述光学增益部分和所述分布式布拉格反射器部分，其中所述非驱动区域的长度至少为 $100 \mu m$ ，且不带有直接接触到非驱动区域的外延生长侧的电触头，且非驱动区域在非驱动区域的外延层内不带有反射布拉格光栅。



1. 一种单片集成的、可调谐半导体激光器，其具有光波导，包括衬底上的外延层，并具有第一反射器和第二反射器，所述第一反射器和所述第二反射器界定光学增益部分和非驱动区域，其中所述反射器中的至少一个是被配置为具有可调谐的反射光谱的分布式布拉格反射器部分，其中控制电极被至少提供给所述光学增益部分及所述分布式布拉格反射器部分，及其中所述非驱动区域的长度至少为 $100 \mu m$ ，且不带有直接接触所述非驱动区域的外延生长侧上的电触头，且所述非驱动区域在所述非驱动区域的所述外延层内不带有反射布拉格光栅。
2. 根据权利要求 1 所述的激光器，其中所述非驱动区域包括无源部分，所述无源部分包括不同于所述增益部分的外延层的至少一个外延层。
3. 根据权利要求 2 所述的激光器，其中所述无源部分内的所述光波导被配置成仅支持单横向光学模式。
4. 根据权利要求 2 或 3 所述的激光器，其中所述无源部分是无分支的。
5. 根据权利要求 2、3 或 4 所述的激光器，其中，反射器是被配置用于来自所述激光器的光输出的输出反射器，且所述无源部分位于所述增益部分和所述输出反射器之间。
6. 根据权利要求 2-5 中的任一项所述的激光器，其中所述激光器包括多个无源子部分。
7. 根据权利要求 2-6 中的任一项所述的激光器，其中所述激光器设置在半导体芯片上，所述半导体芯片包括衬底，所述衬底上的下层，过生长层，和在所述下层和所述过生长层之间的光导层。
8. 根据权利要求 7 所述的激光器，其中所述无源部分包括实质上未掺杂的过生长层。
9. 根据权利要求 7 或 8 所述的激光器，其中所述无源部分包括实质上未掺杂的下层。
10. 根据权利要求 7、8 或 9 所述的激光器，其中所述无源部分包括具有相同的半导体掺杂类型的过生长层和下层。
11. 根据前述任一项权利要求所述的激光器，其中所述非驱动区域包括所述增益部分和 / 或相位控制部分的一部分，所述一部分不带有直接接触到所述增益部分和 / 或所述相位控制部分的外延生长侧的电触头。
12. 根据前述任一项权利要求所述的激光器，具有衬底和从所述衬底去除的表面，其中电绝缘层被设置在所述表面上，横跨所述非驱动区域和 / 或无源部分中的光波导。
13. 根据权利要求 12 所述的激光器，其中电极或电迹线被设置在所述电绝缘层上。
14. 根据前述任一项权利要求所述的激光器，其中所述无源部分的长度至少为 $100 \mu m$ 。
15. 根据权利要求 14 所述的激光器，其中所述无源部分的长度至少为 $150 \mu m$ 。

16. 根据权利要求 15 所述的激光器, 其中所述无源部分的长度至少为 200 μm。
17. 根据权利要求 16 所述的激光器, 其中所述无源部分的长度至少为 400 μm。
18. 根据前述任一项权利要求所述的激光器, 其中所述非驱动区域的长度至少为 150 μm。
19. 根据权利要求 18 所述的激光器, 其中所述非驱动区域的长度至少为 200 μm。
20. 根据权利要求 19 所述的激光器, 其中所述非驱动区域的长度至少为 400 μm。
21. 根据前述任一项权利要求所述的激光器, 具有由所述第一反射器和所述第二反射器界定的相位控制部分。
22. 根据权利要求 21 所述的激光器, 其中, 所述相位控制部分具有沿着所述光波导的小于 80 μm 的长度。
23. 一种单片集成的、可调谐半导体激光器, 其具有光波导, 具有第一反射器和第二反射器, 所述第一反射器和所述第二反射器界定光学增益部分,
光学相位控制部分, 及
其中所述反射器中的至少一个是被配置为具有可调谐的反射光谱的分布式布拉格反射器部分, 及
其中控制电极被至少提供给所述光学增益部分、所述光学相位控制部分及所述分布式布拉格反射器部分, 及
其中所述相位控制部分沿着所述光波导的长度小于 80 μm。
 24. 根据权利要求 23 所述的激光器, 其中所述相位控制部分的长度小于 50 μm。
 25. 根据权利要求 24 所述的激光器, 其中所述相位控制部分的长度小于 30 μm。
 26. 根据权利要求 23、24 或 25 所述的激光器, 其中所述激光器被设置在半导体芯片上, 所述半导体芯片包括
衬底,
所述衬底上的下层,
过生长层和
在所述下层和所述过生长层之间的光导层, 及
其中所述光波导具有由所述第一反射器和所述第二反射器限定边界的无源部分, 以及所述相位控制部分和所述无源部分包括公共过生长层。
 27. 根据权利要求 23、24、25 或 26 所述的激光器, 其中所述激光器被设置在半导体芯片上, 所述半导体芯片包括
衬底,
所述衬底上的下层,
过生长层和
在所述下层和所述过生长层之间的光导层, 及
其中所述光波导具有由所述第一反射器和所述第二反射器限定边界的无源部分, 以及所述无源部分包括折射率高于所述相位控制部分中的光导层的折射率的光导层。
28. 根据权利要求 23 至 27 中任一项所述的激光器, 其中所述光波导具有由所述第一反射器和所述第二反射器限定边界的无源部分, 且所述无源部分中的光波导的长度是所述相

位部分中的光波导的长度的至少 75%。

29. 根据权利要求 28 所述的激光器, 其中, 所述无源部分中的光波导的长度是所述相位部分中的光波导的长度的至少 100%。

30. 根据权利要求 29 所述的激光器, 其中, 所述无源部分中的光波导的长度是所述相位部分中的光波导的长度的至少 150%。

31. 根据权利要求 30 所述的激光器, 其中, 所述无源部分中的光波导的长度是所述相位部分中的光波导的长度的至少 200%。

32. 根据权利要求 31 所述的激光器, 其中, 所述无源部分中的光波导的长度是所述相位部分中的光波导的长度的至少 400%。

33. 根据前述任一项权利要求所述的激光器,

具有衬底, 和远离所述衬底的表面,

其中所述光波导是在所述表面处形成的脊形光波导。

34. 根据前述任一项权利要求所述的激光器, 其中所述反射器中的每一个都由分布式布拉格反射器部分提供。

35. 根据权利要求 1-33 中任一项所述的激光器, 其中所述激光器设置在半导体芯片上并且所述反射器中的一个由所述芯片的小平面提供。

36. 一种根据前述任一项权利要求所述的单片集成的、可调谐半导体激光器, 其具有光学增益部分、光学相位控制部分、和无分支的无源部分, 所述无源部分的一端由适于产生梳状反射峰的分布式布拉格反射器形式的可调的第一分布式布拉格反射器限定界限, 在另一端由可调的第二分布式布拉格反射器限定界限, 所述第二分布式布拉格反射器适于在多个波长处反射, 其中, 在所述第一分布式布拉格反射器和所述第二分布式布拉格反射器中的每个被调谐之前, 所述第一分布式布拉格反射器的反射峰的一个或多个波长实质上与所述可调谐的第二分布式布拉格反射器在其处反射的一个或多个波长一致, 并且其中所述第二分布式布拉格反射器能够通过分立的段选择性地被调节, 使得所述第二分布式布拉格反射器的一个或多个段可被调节到较低波长, 与在所述较低波长反射的所述第二分布式布拉格反射器的另一段一起反射来增强在所述较低波长处的反射率, 所述较低波长实质上与所述第一分布式布拉格反射器的峰值一致, 从而能够使所述激光器在所述较低波长处发出激光。

37. 一种单片集成的、可调谐半导体激光器阵列, 其包括多个光耦合到公共的光输出的根据前述任一项权利要求的激光器。

38. 一种光发射器模块, 包括根据前述任一项权利要求的单片集成的、可调谐半导体激光器或单片集成的、可调谐半导体激光器阵列和被配置成控制所述激光器或所述激光器阵列的操作的控制电子器件。

39. 根据权利要求 38 所述的模块, 其中, 所述控制电子器件包括反馈回路, 所述反馈回路被配置来采样从所述激光器或所述激光器阵列输出的光的波长, 并提供电反馈给设置在所述激光器或所述激光器阵列上的控制电极用于稳定所述波长。

单片集成的可调谐半导体激光器

[0001] 本发明涉及具有可调谐分布式布拉格反射器的波长可调、单片集成的半导体激光器，更具体地涉及用于电信应用的这类激光器。

背景技术

[0002] 单片集成的半导体可调谐激光器被广泛地用于电信工业中，用于沿着光纤传输光学调制的光。通常，在这样的应用中，许多激光器的光信号被波分复用(WDM)或密集波分复用(DWDM)地在标准化的传输通道上传输。两个主要的通信波段，称为C波段(191.6–196.2THz)和L波段(186.4–191.6THz)，具有由国际电信联盟ITU定义的标准波长通道，间隔为100GHz(0.8nm)、50GHz(0.4nm)，或25GHz(0.2nm)。除了要求传输波长的稳定性，这种波长多路复用系统需要发射激光器具有较窄的线宽。激光线宽在相干传输系统中是特别显著的，其中激光器被设置在各传输链路的发射机和接收机中。

[0003] 在以往中，简单的具有短激光腔的单纵模激光器被广泛部署且能够运行在一个通道或在少量通道上调谐，通过控制每个激光器的工作温度，使它们的工作波长是热稳定的。但是，近年来，已经发现波长广泛可调的激光器常获得网络供应商的好感。美国专利US7145923描述了广泛可调谐激光器的这种设计。

[0004] 广泛可调谐激光器的激光腔需要一对长的可调谐分布的布拉格反射器部分(DBR)，增益部分和在公共波导上的相位控制部分，以在单纵向腔模式运行。调整通过光栅提供的在所述激光器的光波导内的DBR，来控制激光腔的激光波长。然而，这些DBR部分增加了激光器谐振腔的长度，这导致激光腔的更加紧密间隔的纵向模式。光信号的有效传输需要在单个波长稳定的纵向模式上进行不间断的传输，其具有在主要的激光模式及不需要的边模的强度之间进行高水平的区分。为了提供高水平的边模抑制(即高的边模抑制比，SMSR)，必须最大限度地降低激光器的光学谐振腔的长度。为了减少电干扰，窄的绝缘区域被设置在激光器的相邻部分的上方的控制电极之间。这种绝缘区域(沿波导)的长度保持在最小值，不超过若干 μm (即明显地小于20 μm)。

[0005] 本发明已经发现，不利的是，对于短激光腔的要求导致产生具有较大的线宽的激光器的光输出，通常线宽取决于激光腔内的光子的数目和激光腔的往返时间。

发明内容

[0006] 根据第一方面，提供了一种单片集成的、可调谐半导体激光器，其具有光波导，包括衬底上的外延层，并具有

[0007] 第一反射器和第二反射器，所述第一反射器和所述第二反射器界定

[0008] 光学增益部分和

[0009] 非驱动区域，

[0010] 其中所述反射器中的至少一个是被配置为具有可调谐的反射光谱的分布式布拉格反射器部分，

[0011] 其中控制电极被提供给至少所述光学增益部分及所述分布式布拉格反射器部分，

及

[0012] 其中所述非驱动区域的长度至少为 $100 \mu\text{m}$, 且不带有直接接触所述非驱动区域的外延生长侧上的电触头, 且所述非驱动区域在所述非驱动区域的所述外延层内不带有反射布拉格光栅。

[0013] 根据第二方面, 提供了一种单片集成的、可调谐半导体激光器, 其具有光波导, 具有

[0014] 第一反射器和第二反射器, 所述第一反射器和所述第二反射器界定

[0015] 光学增益部分,

[0016] 光学相位控制部分, 及

[0017] 其中所述反射器中的至少一个是被配置为具有可调谐的反射光谱的分布式布拉格反射器部分, 及

[0018] 其中控制电极被提供给至少所述光学增益部分、所述光学相位控制部分及所述分布式布拉格反射器部分, 及

[0019] 其中所述相位控制部分沿着所述光波导的长度小于 $80 \mu\text{m}$ 。

[0020] 有利地, 与已知装置相比, 本发明的激光器可以具有减小的线宽 / 相位噪声, 特别是减少的 Lorentzian 线宽。

[0021] 根据第四方面, 提供了一种单片集成的、可调谐半导体激光器阵列, 其包括多个光耦合到公共的光输出的根据第一、第二、或第三方面中的任一项所述的激光器。

[0022] 根据第五方面, 提供一种光发射器模块, 其包括根据第一、第二、第三、或第四方面的单片集成的、可调谐半导体激光器或单片集成的、可调谐半导体激光器阵列, 和控制电子器件, 其被配置成用来控制该激光器或者激光器阵列的操作。

[0023] 非驱动区域没有被到非驱动区域的电触头覆盖, 因此没有被特意地驱动。在电绝缘间隙(沿所述光波导)邻近电极的情况下, 通过电极驱动的电流可能扩展到电绝缘间隙的一部分中。

[0024] 非驱动区域也是非反射区域, 因为不存在任何布拉格光栅, 所以不反射光波导中的光。

[0025] 非驱动区域可包括无源部分, 该无源部分包括不同于所述增益部分的外延层的至少一个外延层。

[0026] 无源部分被配置成不可电驱动。因此, 在非驱动区域上没有提供电控制电极且其不与非驱动区域电接触。或者在无源部分中的光波导上提供的任何电极可以与光波导电绝缘。或者, 可提供电极, 其在激光器芯片被组装在光发射器模块内时是电断开的。

[0027] 该无源部分内的光波导可以被配置为仅支持单横向光学模式。

[0028] 所述无源部分可以是无分支的。

[0029] 反射器可以是输出反射器, 其被配置成用于来自激光器的光输出, 且无源部分可以位于所述增益部分和输出反射器之间。

[0030] 该激光器可以包括多个无源子部分。

[0031] 也可以将激光器设置在半导体芯片上, 该半导体芯片包括

[0032] 衬底,

[0033] 衬底上的下层,

- [0034] 过生长层和
- [0035] 在下层和过生长层之间的光导层。
- [0036] 无源部分可包括实质上未掺杂的过生长层。
- [0037] 无源部分可包括实质上未掺杂的下层。
- [0038] 无源部分可包括具有相同类型的半导体掺杂(例如 n- 型、p 型或未掺杂)的过生长层和下层。
- [0039] 非驱动区域可包括不带有直接接触到所述增益部分和 / 或所述相位控制部分的外延生长侧的电触头的所述增益部分和 / 或所述相位控制部分的一部分。
- [0040] 所述激光器可以具有衬底和远离衬底的表面, 其中电绝缘层被设置在该表面上, 横跨非驱动区域和 / 或无源部分中的光波导。
- [0041] 电极或电迹线(electrical tracking)可以设置在所述电绝缘层上。
- [0042] 无源部分的长度可至少为 100 μm 。该无源部分的长度可至少为 150 μm 。该无源部分的长度可至少为 200 μm 。该无源部分的长度可至少为 400 μm 。
- [0043] 非驱动区域的长度可至少为 150 μm 。该非驱动区域的长度可至少为 200 μm 。该非驱动区域的长度可至少为 400 μm 。
- [0044] 非驱动区域可具有由该第一反射器和第二反射器限定边界的相位控制部分。
- [0045] 相位控制部分可以具有沿所述光波导的小于 80 μm 的长度。
- [0046] 相位控制部分的长度可小于 50 μm 。该相位控制部分的长度可小于 30 μm 。
- [0047] 也可以将激光器设置在半导体芯片上, 该半导体芯片包括
- [0048] 衬底,
- [0049] 衬底上的下层,
- [0050] 过生长层和
- [0051] 在下层和过生长层之间的光导层, 及
- [0052] 其中所述光波导具有由该第一反射器和第二反射器限定边界的无源部分, 并且所述相位控制部分和所述无源部分包括公共过生长层。
- [0053] 也可以将激光器设置在半导体芯片上, 该半导体芯片包括衬底、衬底上的下层、过生长层和在所述下层和所述过生长层之间的光导层, 并且其中所述无源部分可以包括折射率高于所述相位控制部分中的光导层的折射率的光导层。
- [0054] 所述光波导可以具有由该第一反射器和第二反射器限定边界的无源部分, 并且无源部分的光波导的长度可至少为相位部分中的光波导的长度的 75%。无源部分的光波导的长度可至少为相位部分中的光波导的长度的 100%。无源部分的光波导的长度可至少为相位部分中的光波导的长度的 150%。无源部分的光波导的长度可至少为相位部分中的光波导的长度的 200%。无源部分的光波导的长度可至少为相位部分中的光波导的长度的 400%。
- [0055] 激光器可以具有衬底和远离该衬底的表面, 其中所述光波导是在表面处形成的脊形光波导。
- [0056] 每一个反射器都通过分布式布拉格反射器部分提供。
- [0057] 激光器可被设置在半导体芯片上且反射器之一可通过芯片的小平面提供。
- [0058] 可具有单片集成的、可调谐半导体激光器, 其具有光学增益部分、光学相位控制部分、和无分支的无源部分, 所述无源部分的一端由适于产生梳状反射峰的分布式布拉格反

射器形式的可调的第一布拉格反射器界定，在另一端由可调的第二分布式布拉格反射器界定，所述第二分布式布拉格反射器适于在多个波长处反射，其中，在所述第一分布式布拉格反射器和所述第二分布式布拉格反射器中的每个被调谐之前，所述第一分布式布拉格反射器的反射峰的一个或多个波长实质上与所述可调谐的第二分布式布拉格反射器在其处反射的一个或多个波长一致，并且其中所述第二分布式布拉格反射器能够通过分立的段选择性地被调节，使得所述第二分布式布拉格反射器的一个或多个段可被调节到较低波长，与在所述较低波长反射的所述第二分布式布拉格反射器的另一段一起反射来增强在所述较低波长处的反射率，所述较低波长实质上与所述第一分布式布拉格反射器的峰值一致，从而能够使所述激光器在所述较低波长处发出激光。

[0059] 控制电子器件包括反馈回路，所述反馈回路被配置用来采样从所述激光器或所述激光器阵列输出的光的波长，并提供电反馈给设置在所述激光器或所述激光器阵列上的控制电极用于稳定波长。

[0060] 附图的简要说明

[0061] 本发明的实施例在下文参考附图进一步描述，其中：

[0062] 图 1A 示出了根据本发明的半导体芯片的示意性横截面图，该半导体芯片包括：与半导体光放大器光学地集成在公共的光波导上的可调谐半导体激光器，具有无源部分和相位控制部分；

[0063] 图 1B 是图 1A 的一部分的放大图；

[0064] 图 1C 是图 1B 的一部分的放大图；

[0065] 图 1D 图示了根据本发明的包括可调谐半导体激光器的半导体芯片的一部分的示意性剖视图，该可调谐半导体激光器具有很长的电绝缘间隙和相位控制部分；

[0066] 图 2 示出了根据本发明的包括可调谐半导体激光器的半导体芯片的示意性横截面图，该可调谐半导体激光器有多个无源部分和相位控制部分；

[0067] 图 3 示出了根据本发明的包括可调谐半导体激光器的半导体芯片的示意性横截面图，该可调谐半导体激光器与半导体光放大器光学集成在公共光波导上，且具有无源部分；

[0068] 图 4 示出了根据本发明的包括可调谐半导体激光器的半导体芯片的示意性横截面图，该可调谐半导体激光器与半导体光放大器光学地集成在共同的光波导上，其具有相位控制部分；

[0069] 图 5 示出了根据本发明的包括可调谐半导体激光器的半导体芯片的示意性横截面图，该可调谐半导体激光器具有无源部分和相位控制部分，且在所述无源部分上具有绝缘层；及

[0070] 图 6 示出了根据本发明的包括另一个可调谐半导体激光器的半导体芯片的示意性横截面图，该可调谐半导体激光器与半导体光放大器光学地集成在共同的光波导上，其具有无源部分和相位控制部分。

具体实施方式

[0071] 在所描述的实施例中，相同的特征用相同的附图标记标注，虽然在某些情况下具有一个或多个 :100 的整数倍的增量。例如，在不同图中，100、200、300、400、500 和 600 用于

指示光电半导体芯片。

[0072] 图 1A 示出光电半导体芯片 100 的示意性横截面图, 其具有可调谐半导体激光器 102, 其与半导体光放大器(SOA)104 光学地集成在公共光波导上, 半导体光放大器 104 在激光器腔的外部。激光器 102 具有第一和第二分布式布拉格反射器(DBR)部分 106 和 108, 二者界定相位控制部分 110、光学增益部分 112 和无源部分 114。激光器 102 的部分 106、108、110、112 和 114 被单片集成在公共半导体芯片 100 上。

[0073] 芯片 100 在衬底 118 上设置有公共接地电极 116(也称为“背电极”)。所述第一 DBR 部分 106、相位控制部分 110、光学增益部分 112 和 SOA104 设有各自的电控制电极 106A、110A、112A 和 104A。该第二 DBR 部分 108 包括具有单调啁啾光栅间距的反射布拉格光栅 108B, 各个子电极 108A1、108A2 等设置在沿所述光波导布置的第二 DBR 部分上。没有电极设置在无源部分 114 上(即无源部分被配置为不被注射到通过无源部分的光波导部分的电流电控制)。

[0074] 常用的光电结构中, 芯片 100 包括公共衬底 118 和一系列的外延生长层, 其连续地堆积在衬底上:下层 120、光导层 122 和过生长层 124。也可以提供其它层(例如高掺杂材料的图案层可设置在电极下面, 电极可以通过电绝缘层中图案化的窗口沉积, 为了清楚起见, 两者都从图 1A 和 1B 中省略), 并且每一层可以包括多个层。

[0075] 通过在与衬底 118 相对的至少所述芯片 100 的表面蚀刻山脊形状形成脊形光波导(未示出), 并且脊形光波导提供在激光器 102 和 SOA104 内横向导向光。就浅脊形波导而言, 它可以仅被蚀刻部分通过生长层 124。就较深的脊形波导而言, 它可以被蚀刻通过过生长层 124、光导层 122 并进入下层 120。脊形波导的尺寸被设计, 从而可以仅支持单横向光学模式的激光波长, 包括在该无源部分 114 中。

[0076] 所述光导层 122 是本征不掺杂半导体材料(即没有被故意掺杂的 i-型), 以及在至少所有的电可驱动部分 106、108、110 和 112 中, 所述光导层的折射率高于所述下层 120 或过生长层 124。在激光器的至少电可驱动部分 106、108、110 和 112 中(即被配置为通过电流注入而进行电驱动的部分, 与无源部分 114 相反, 它没有被配置为电可驱动)、下层 120 掺杂有第一类型的掺杂剂(例如 n 型)。类似地, 在激光器的至少电可驱动部分 106、108、110 和 112 中, 过生长层 124 掺杂有相反的第二类型的掺杂剂(例如 p-型)。因此, 激光器的至少电可驱动部分 106、108、110 和 112 包括 p-i-n 掺杂的外延结构。

[0077] 激光器的光学增益部分 112 与 SOA104 包括由第一材料 130 形成的光导层 122。所述第一和第二 DBR 部分 106 和 108、和相位控制部分 110 包括由第二材料 132 形成的光导层, 以优化它们各自的光学和电学性能。该第一材料 130 被配置用于通过载流子注射而电驱动以发射光子, 特别是通过受激发射, 因此放大通过对应的部分 112 和 104 的光。所述第二材料 132 被配置成通过载流子注射而电驱动以在对应的部分 106、108 和 110 产生折射率变化。除了无源部分 114, 激光器 102 和 SOA104 被设置有包括第二掺杂物类型(例如 p 型)的公共第三材料 134 的过生长层 124。

[0078] 该无源部分 114 包含第二掺杂物类型(例如 p 型)的材料 136 的过生长层 124。该无源部分 114 包括第一掺杂物类型(例如 n 型)的材料 137 的下层 120。

[0079] 该无源部分 114 内的过生长层 124 的材料 136 和 / 或下层 120 的材料 137 可替代地或另外是未掺杂的(即非故意掺杂的)。在该无源部分 114 内提供未掺杂材料 136 或 137

可以减少该无源部分内的光学吸收,提高激光器性能。过生长层 124 的材料 136 可以通过选择性区域生长(SAG)外延生长工艺生长,特别是在其与电可驱动部分 106、108、110 和 112 的过生长层的材料不同的情况下。

[0080] 无源部分中的波导的尺寸被设计,从而可以仅支持单一横向模式的激光器腔。

[0081] 在使用中,在单独的部分上的每个电极(例如增益部分 112、相位部分 110 和第一 DBR 部分 106 上的电极和第二 DBR 部分 108 的 DBR 段的分段电极)和背电极 116 之间通过的电流,典型地沿着光波导的长度扩展若干 μm (即小于 $20 \mu\text{m}$)。该电流扩展的程度取决于相应部分的外延结构。因此,增益部分的电极 112A 和相位部分的电极 110A 阻止增益部分 112 和相位部分 110 的边缘的短路,以允许相应的电绝缘间隙 113,如图 1B 中更清楚地图示的,其显示了界定在第一和第二 DBR106 和 108 之间的激光器 102 的部分。这些图是示意性的并且没有按比例绘制,并且为了清楚起见,相应地夸大了外延生长层的厚度和电绝缘间隙的宽度。形成在衬底 118 上的外延层 120、122 和 124 通常几十纳米厚,而激光腔通常许多毫米长。

[0082] 无源部分 114 是激光腔内的光波导的非驱动区域 115,其未被配置为受到电控制,即没有被提供与上表面的电接触。该无源部分 114 在至少一个外延层方面具有与增益部分 112 不同的外延结构。此外,无源波导部分 114 被配置成使得实质上没有电流可通过无源部分内的无源波导部分的光导层 122,即其与由增益部分的电极 112A 覆盖的增益部分 112 的部分间隔窄的电绝缘间隙 113。

[0083] 电绝缘间隙 113 是增益部分 112 和相位控制部分 110 的在芯片 100 的外延生长侧(即在芯片的与衬底相对的侧上,与在芯片的衬底侧上的电绝缘间隙中提供的任何公共接地电极相对)未被设置有覆盖电触头的部分。因此,增益部分 112 和相位控制部分 110 每个都包括激光腔内的光波导的驱动区域和非驱动区域 113 和 115,相同部分的驱动区域和非驱动区域具有相同的外延结构,并且在芯片 100 的外延生长侧分别设置有和未设置有覆盖电触头 112A 和 110A。尽管在电绝缘间隙(芯片的外延生长侧)没有形成覆盖电触头,在使用时,从增益部分电极 110A 和相位控制部分电极 112A 通过所述光导层 122 到所述公共接地电极 116 的电流还是将沿着光波导少量传播。电绝缘间隙 113 的宽度至少足够供已经散布到一侧(与电极相邻)的电流在另一侧实质上为零(从电极沿着波导的方向)。

[0084] 相应地,激光器 102 在所述激光腔的端反射器(例如第一和第二 DBR106 和 108)之间在激光腔的光波导内具有复合非驱动区域 115。该复合非驱动区域 115 在芯片的外延生长侧上不具有直接覆盖的电触头,包括该无源部分 114 和电绝缘间隙 113。

[0085] 为了清楚起见,在图 1A 和 1B 中,电极 106A、108An、110A 和 112A 已示出直接接触到过生长层 124。然而,通常电极被提供到高掺杂半导体接触层的接触区域 117 上,其中电极通过蚀刻在电绝缘的介电层 119 的窗口接触,如图 1C 的放大视图所示。在这种情况下,到各个部分的电接触程度由各接触区域 117 的长度(沿着光学波导)提供。

[0086] 因此,由该第一 DBR 部分 106 和第二 DBR 部分 108 限定边界,该多模激光器 100 的激光腔设有非驱动区域 115(其是由不是全部相邻的子区域的组合区),其未设有电触头(金属电极或高度掺杂的接触区域)或光栅,由电绝缘间隙 113 与无源波导部分 114 组成。该复合区域 115 的长度至少为 $100 \mu\text{m}$ 。该无源部分 114 单独的长度至少为 $100 \mu\text{m}$ 。在图 1A、1B 和 1C 的示例性实施例中,无源部分 114 具有 $100 \mu\text{m}$ 的长度及每个电绝缘间隙 113 的长度

为 $10 \mu m$ (使得在增益部分电极 112A 和相位部分电极 110A 之间的间隔为 $20 \mu m$), 使得非驱动区域 115 具有 $140 \mu m$ 的长度。

[0087] 图 1D 示出了可替换的实施例, 其中单独的无源部分未提供在第一和第二 DBR 部分 106' 和 108' 之间。相反, 电绝缘间隙 113' 大于图 1B 所示的电绝缘间隙, 使得其延伸超过用于电流从各个电极 112A' 和 110A' 扩展以减少到零的必要宽度。(在图 1D 所示的实施例中, 增益部分 112' 的与相位部分 110' 相对的侧的电绝缘间隙 113' 中的电流扩展可能高于图 1A、1B 和 1C 的实施例中的, 其中其可被增益部分 112 和无源部分 114 之间的外延差异限制。)因此, 非驱动区域 115' 包括多个电绝缘间隙 113', 并且没有外延不同的无源部分, 并且通过使用至少一个大于仅为了控制电极下方的相邻区域的电绝缘的目的所需要的长度的电绝缘间隙, 从激光器 102' 输出的光的窄的线宽的好处可以被提供而无需单独的无源部分。

[0088] 该非驱动区域的长度至少为 $100 \mu m$, 并且可以至少为 $150 \mu m$, 至少 $200 \mu m$ 或至少 $400 \mu m$ 。

[0089] 所述无源部分的长度至少为 $100 \mu m$, 并且可以至少为 $150 \mu m$, 至少 $200 \mu m$ 或至少 $400 \mu m$ 。特别地, 与在激光器的光学谐振腔内没有无源部分的对应的激光器相比, 被制造有 $450 \mu m$ 和 $900 \mu m$ 长度的无源部分的激光器已被发现提供显著更低的 Lorentzian 线宽。

[0090] 在使用时(参照图 1A), 在第一 DBR106、相位控制部分 110、增益部分 112 和第二 DBR108 的至少一些片段被使用相应的电流 I_r 、 I_ϕ 、 I_a 、 I_f^n 和 I_f^{n+1} 驱动。SOA104 由电流 I_{SOA} 驱动, 在光通过芯片 100 的输出小平面 138 被发射之前, 通过部分反射的第二 DBR108 放大从激光器 102 的光学谐振腔中输出的光的强度。

[0091] 该激光器 102 的光学谐振腔在 DBR 部分 106 和 108 之间延伸, 并根据每一个 DBR 部分的渗入距离渗入到 DBR 部分, 这又取决于每个部分的光栅的强度(要指出的是, 激光腔的一个端反射器可以替代地是芯片的反射小平面, 对其没有显著的渗入距离)。非驱动区域 115 (包括无源部分 114)在激光器 102 的发射腔内存在的长度提供了增加的激光腔光学路径长度并因此提高了光子在腔内的往返时间, 因此降低了有助于激光模式的光子的自发发射速率, 并且增加了激光腔内的光子数, 这会导致与相应的没有比仅提供电绝缘(例如不具有无源部分)所需要的更长的非驱动区域的激光腔相比, 从激光腔内发出的光具有减少的 Lorentzian 线宽。

[0092] 第一和 / 或第二 DBR 部分 106 和 108 较长, 且比没有这种冗长的非驱动区域(例如不具有无源部分)的相应的激光器的激光腔内具有较弱的每单位长度反射。这提供了较窄的反射峰, 但具有增强的模式选择性, 以保持单纵向腔模式操作和提供可接受的边模抑制比。

[0093] 在示例性实施例中, 如图 1A 所示, 第一 DBR 部分(后 DBR 部分) 106 包括产生包括梳状的窄反射峰的反射光谱的相位 - 改变光栅, 如美国专利 US6345135 中所述的光栅。第二 DBR 部分(前 DBR 部分) 108 包括具有连续且单调地变化的间距的啁啾光栅, 并且在其非调谐状态生成具有宽的且相对平坦的反射光谱的反射峰。这种较平坦的反射光谱是从第二 DBR 部分的所有不同分段的反射形成的复合反射, 其中每一个单独地提供显著宽于第一 DBR 部分的每个反射峰的反射峰。在使用中, 第二 DBR 部分的一个段的反射峰关于波长被

调谐,以与另一段的重叠,以产生增强的反射峰。在第一 DBR 部分的反射峰在波长上与第二 DBR 部分的增强的反射峰一致的情况下,形成具有较低的往返的光损耗的纵向腔,并且当提供足够的光增益时,激光器主要进行在低的光损耗的波长范围内的相应的主导模式的激光发射。

[0094] 第二 DBR 部分 108 的光栅可替代地包括一系列恒定的间距步数。恒定间距的、被小间距步数隔开的短区域可以用于近似连续变化的间距,在第二 DBR 的每个段中有几个步数。可替换地,第二 DBR108 的每个段的光栅可以具有恒定的间距。

[0095] 激光波长可以被如下波长调谐:非常精细的调节是通过使用热电冷却器 / 加热器元件(未示出)以控制芯片 100 的工作温度的热调节提供的,其调节激光器腔的光路长度;可选择地或者另外地,通过调节该相位控制部分 110 的光路长度可以提供非常精细的调节;通过调节第一 DBR106 的反射梳的波长提供精细调节;以及,通过另外调节第二 DBR108 的增强峰的波长,或通过调节最靠近增益部分 112 的初始段,或通过交替地形成具有第二 DBR108 的段的不同组合的增强的反射峰,提供粗调。在每种情况下,激光器 102 的相应部分通过载流子注入引起的折射率变化被调节。该调节布置的进一步讨论见美国专利 US7145923。

[0096] 在 DBR 激光器的操作期间,由于电荷载流子的流动的统计变化和驱动信号中的电噪声,例如由于电磁干扰和 / 或散粒噪声,通过激光器的部分的电驱动电流的变化出现。这种驱动电流的变化,特别是 DBR 部分的驱动电流(即 I_r 和 I_f^n)的变化,导致激光器输出的波长变化,这增加了输出光的线宽 / 相位噪声。

[0097] 所述激光器的主输出波长由作为高速反馈回路操作的控制系统来监控。通常,来自激光器的输出光被采样,采样光束被分裂,并且一个或两个分裂光束在相应的光探测器接收之前通过一个鉴频组件(例如标准具)。由入射到光探测器的被检测光束产生的电信号的相对强度被比较,且在控制算法中用于控制激光器的可电驱动部分的驱动电流。美国专利 US7161725 和 US7394838 提供用于光学取样来自激光芯片和激光控制系统的输出光的光学部件的已知布置的更多细节。

[0098] 激光器 102 的相位控制部分 110 通过来自控制系统的反馈回路的包括直流电流和变化的校正信号的驱动电流(I_ϕ)电驱动(通过电流注入)。该相位控制部分 110 要短于已知的单片可调谐半导体激光器中的。在图 1A 所示的实施例中,该相位部分的长度为 $20 \mu m$ 。因此,控制系统提供比在公知的设备中更大的可变校正信号给所述相位控制电极,这在相位控制部分产生更大的折射率变化,以在较短的相位控制部分 110 的光路长度中产生所需的变化。

[0099] 当电流通过相位控制部分 110 时,它在激光腔中引起光损耗。较短的相位控制部分 110 可以用比在已知的设备中高的直流电流密度驱动,而只在激光腔中引起相当的光损耗。有利的是,使用较高的 DC 电流密度驱动减少了相位控制部分 110 内的载流子的寿命(即少数电荷载流子重新组合所花费的平均时间)在,这增加了相位控制部分的频率响应带宽。较高的频率响应带宽使得短相位控制部分 110 响应来自控制系统的更快速变化的校正信号。相应地,可变校正信号的高速反馈控制可用于补偿由于电驱动信号的噪声引起的激光器的输出波长的变化,特别是校正 DBR 部分 106 和 108 的电驱动信号的噪声。这种高速

校正使得能够减少来自激光器 102 的输出光的线宽 / 相位噪声。

[0100] 相位控制电极 110A 沿着约为 $20 \mu\text{m}$ 的长度(沿激光腔的光波导的长度)接触相位控制部分 110,且所述控制系统被配置为使用约为 3mA 的 DC 电流驱动相位控制部分 110,当激光器在至少 40dB 的边模抑制比工作时(与最大边模相比,激光器的主纵向腔模式的相对强度),这提供了约为 150MHz 的频率响应带宽。

[0101] 在一个可选的实施例中,所述无源部分 114 中的过生长层 124 可以包括与无源部分 114 的下层 120 的材料 137 具有相同的掺杂类型的材料 136,例如 n- 型材料,其可能是高度掺杂的。在另一个可选的实施方式中,两种材料 136 和 137 可能是未掺杂的。

[0102] 无源部分 114 的光导层 122 可以具有高于可电驱动的激光器部分 106、108、110 和 112 的光导层 122 的折射率,这将进一步增加该激光器腔的光路长度。

[0103] 在图 1A 中,单个无源部分 114 被示出,其位于光学增益部分 112 和(第二)DBR 部分 108 之间,其是部分透射的且光通过其离开激光腔朝向输出面 138 射出。该无源部分的位置是特别有利的,因为在使用中其是最大光场强度出现在激光腔中的位置。然而,无源部分可以设置在激光腔内的可替换位置(即第一和第二 DBR 部分 106 和 108 之间的其它地方)。此外,可以提供多于一个无源部分。例如,无源部分可替代地或另外地设置在第一 DBR 部分和相位部分之间,或相位部分和增益部分之间。

[0104] 图 2 示出了具有单片集成的半导体激光器 202 的芯片 200,该半导体激光器 202 具有两个无源子部分,214i 和 214ii。并且,与图 1 中的激光器 102 的无源部分 114 相比,无源部分 214i 和 214ii 的过生长层 224 的材料 236 是未掺杂的。P- 型掺杂材料通常导致比 n 型或非掺杂材料更大的光损耗。因此,在电可驱动部分 206、208、210 和 212 中的过生长层是 p 型的情况下,在无源部分 214i 和 214ii 的过生长层 224 提供 n 型或非掺杂材料 236 可以减小激光腔中的光损耗。

[0105] 尽管在图 1A 中示出的激光器 102 中,在 DBR 部分的每一节段上设置有分段电极 108An,可以从 DBR 部分的一端或两端的节段省略一个或多个电极。特别地,电极(例如 108A1)或电极(例如 108A1 和 108A2)可以从 DBR 段省略,其中光栅 108B 具有最短间距(不驱动时)。然而,这样的没有分段的控制电极的 DBR 段不形成非驱动区域的部分,因为相反它还包括一段反射布拉格光栅。

[0106] 举例说明,在图 2 中,电极(用轮廓线指示并标记为 208A1)从 DBR 段省略,其中光栅 208B 具有最短间距(不驱动时)。尽管未配备有由其进行电控制的电极,相应的 DBR 段仍然被认为是有源 DBR 部分 208 的一部分,因为一个或多个其它 DBR 段的反射光谱(例如在不被驱动时在频谱上相邻的段,例如电极 108A2 下方的段)可被调节成与其频谱配合。

[0107] 图 1A 示出同时具有至少 $100 \mu\text{m}$ 的长度的非驱动区域(例如,具有至少 $100 \mu\text{m}$ 的长度的无源部分)和小于 $80 \mu\text{m}$ 的长度的相位部分的激光器,其可在单模激励条件下以高的频率响应带宽操作。然而,应当理解,可替换地,可以提供仅具有至少 $100 \mu\text{m}$ 的长度的非驱动区域(例如具有至少 $100 \mu\text{m}$ 的长度的无源部分 314)或具有高频响应带宽的长度小于 $80 \mu\text{m}$ 的相位部分 410 的激光器,如分别在图 3 和 4 的单片集成的可调谐半导体激光器 302 和 402 中所示的。

[0108] 图 5 示出了单片集成的可调谐半导体激光器 502 的另一实施例,其中无源部分 514 的过生长层 524 与 DBR 部分 506 和 508 和相位控制部分 510 的过生长层 524 相同。该芯片

500 还在整个无源部分 514 设置有电绝缘层(例如电介质)540。这样的电绝缘层 540 可以使所提供的电极或电迹线 542 跨无源部分 514 通过,而没有与无源部分产生电相互作用。这种设计可便于芯片 500 的制造中的更低级别的复杂性。例如,如果无源部分被设置成邻近所述相位控制部分,且电绝缘层被设置在无源部分上,则可以设置覆盖无源部分和相位控制部分的较长的相位部分电极,但其仅在相位控制部分电接触所述激光器。

[0109] 图 6 图示了具有单片集成的半导体激光器 602 的替代设计的光电芯片 600。激光器 602 与图 1A 的不同之处在于第二 DBR 部分 608 由单个控制电极 608A 可调谐。该布置适用于 Vernier- 调谐的激光器 602,其中所述第一和第二 DBR 部分 606 和 608 的每一个提供梳状的窄反射峰,但是,其被不同地间隔开,使得通过相对的调节,可以调谐 DBR 部分,使得来自每个 DBR 部分的反射峰被调谐到相同的波长,其在该波长下在腔内产生低的往返光损耗,以在增益部分 612 提供足够的光增益时将腔的激光发射控制到该波长。同样,非驱动区域由电绝缘间隙 613 和无源部分 614 提供。

[0110] 附图已示出在 DBR 激光器内包含无源部分,该 DBR 激光器在激光谐振腔的每一端具有 DBR。然而,将会理解的是,无源部分或在单模激射条件下具有大于 50MHz 的频率响应带宽的相位部分可以包括在其中激光器谐振腔的一端由 DBR 部分提供而另一端由小平面反射提供的激光器内。

[0111] 附图已示出在激光器内包含无分支的无源部分。然而,将会理解的是,横向(平面内)分支的无源部分还可以被包括在激光器内。

[0112] 这里的附图是示意性的并且没有按比例绘制。

[0113] 在整个说明书和权利要求的描述中,术语“包括(comprise)”和“包含(contain)”和它们的变型指“包括但不限于”,并且它们不打算(并且并不)排除其它部分、附加物、部件、整数或步骤。在整个说明书和权利要求的描述中,单数包括复数,除非上下文另有要求。特别地,在使用不定冠词时,说明书应该理解成考虑复数以及单数,除非上下文另有要求。

[0114] 结合本发明的特定方面、实施方案或实施例描述的特征、整数、特性、化合物、化学部分或基团应被理解为可适用于本文所述的任何其它方面、实施方案或实施例,除非与其矛盾。本说明书中公开的所有特征(包括任何所附的权利要求、摘要和附图),和 / 或所公开的任何方法或过程的所有的步骤可以以任何组合方式组合,除非组合中至少一些这样的特征和 / 或步骤相互排斥。本发明不局限于任何前述实施例的细节。本发明扩展至本说明书中公开的特征(包括任何所附权利要求、摘要和附图)的任何新颖的一个、或任何新颖的组合,或如此公开的任何方法或过程的步骤的任何新颖的一个、或任何新颖的组合。

[0115] 将读者的注意力引导至所有的文章和文献,它们与本说明书同时提交或者在本说明书之前提交,并与此申请相关,并与本说明书一起公开接受公众检验,并且所有这些文章和文献的内容在此通过引入作为参考。

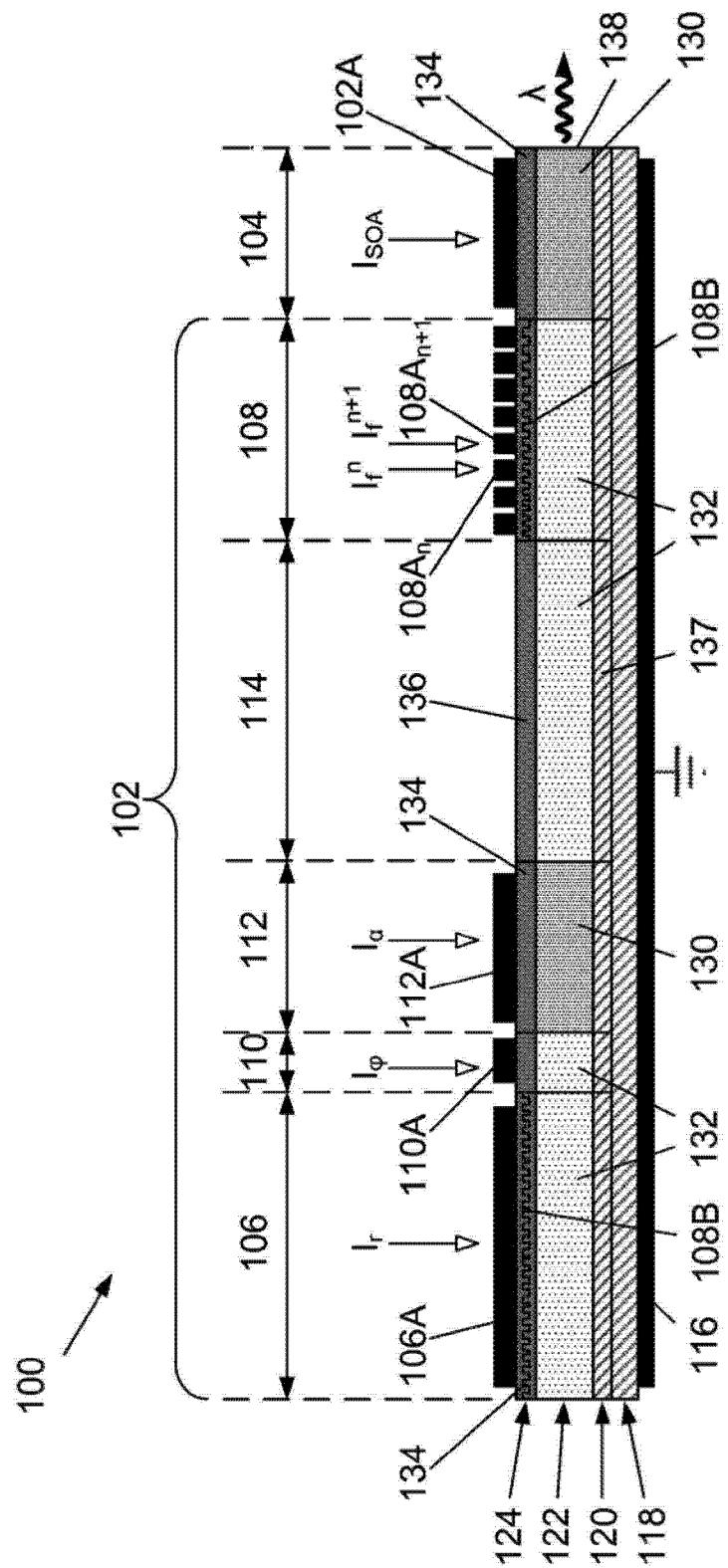


图 1A

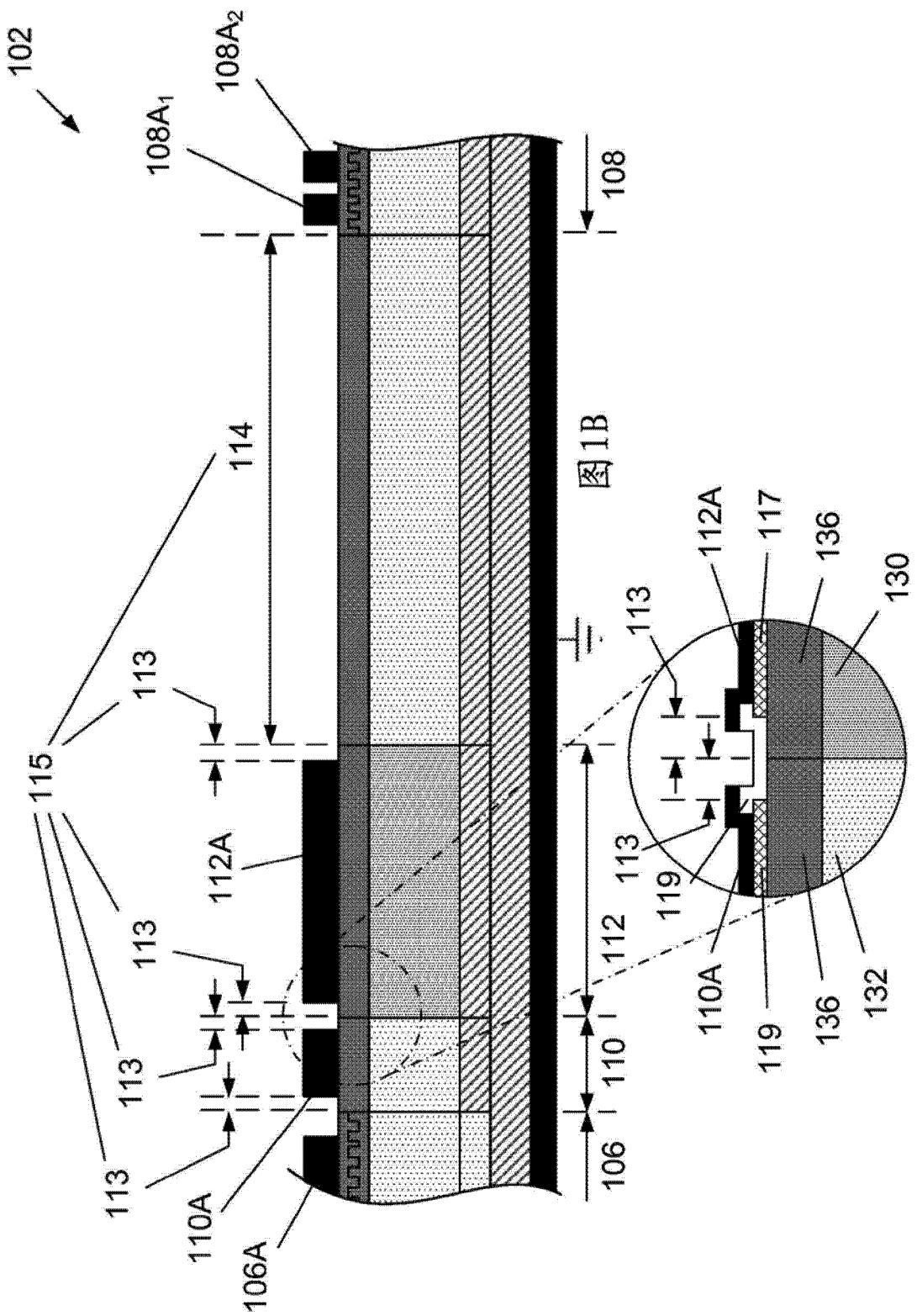


图 1B

图 1C

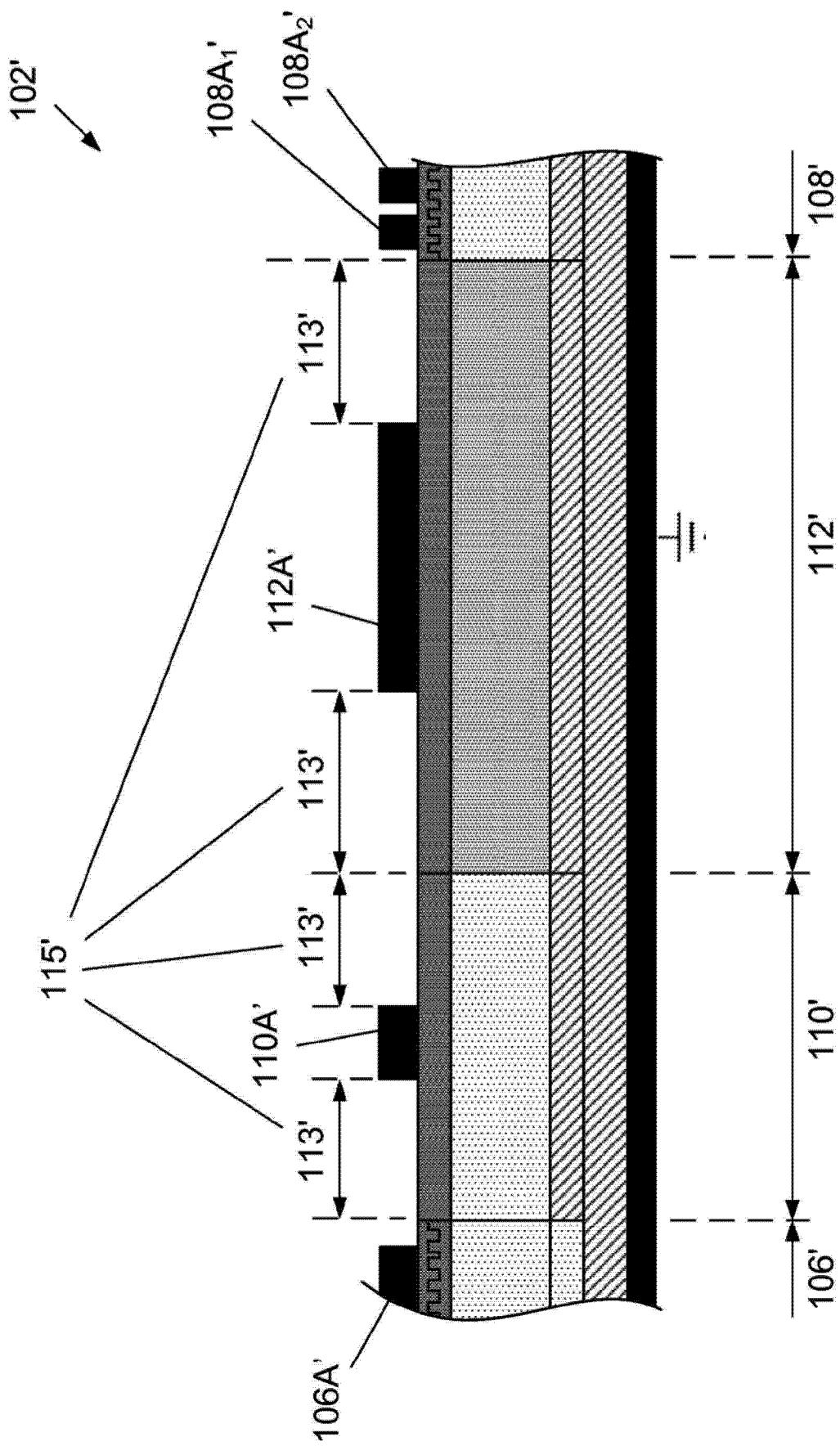


图 1D

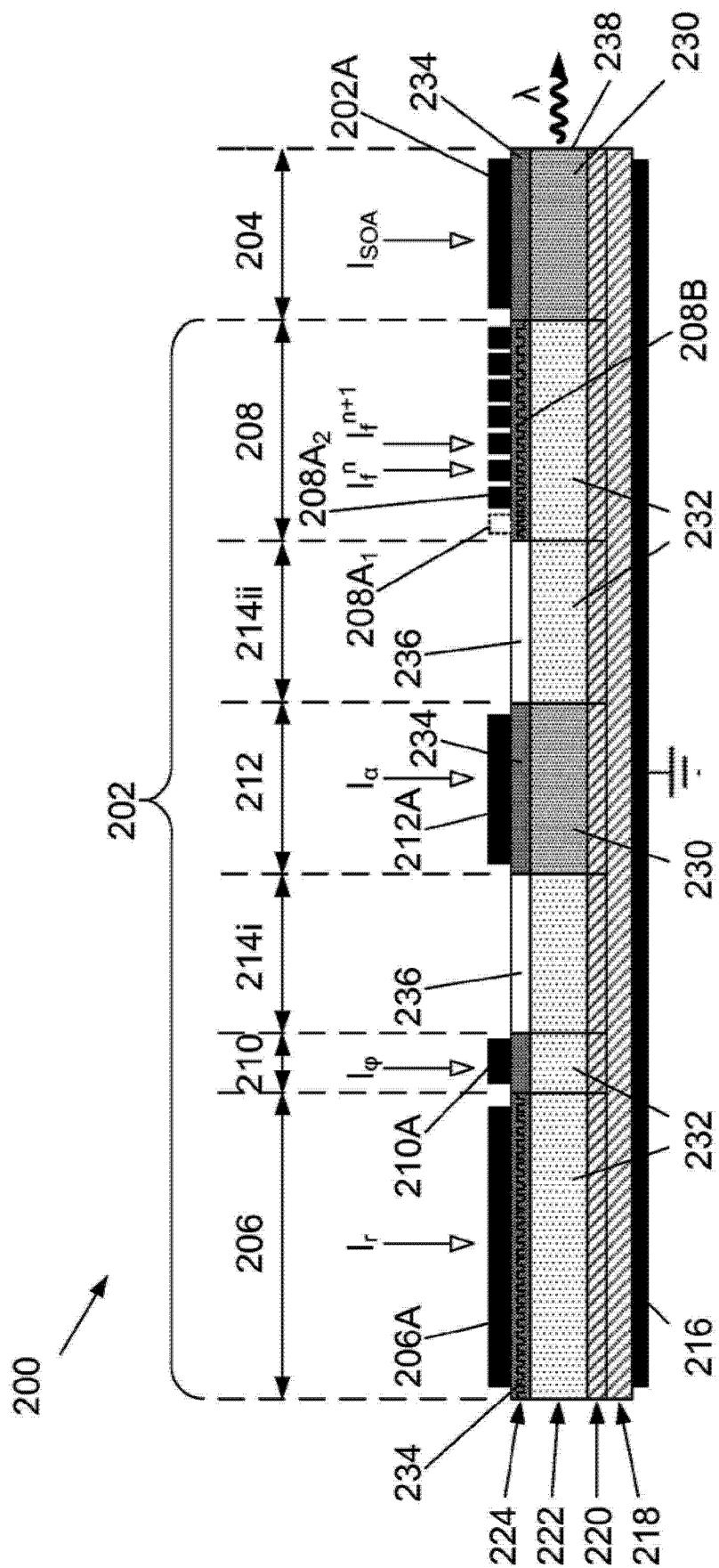


图 2

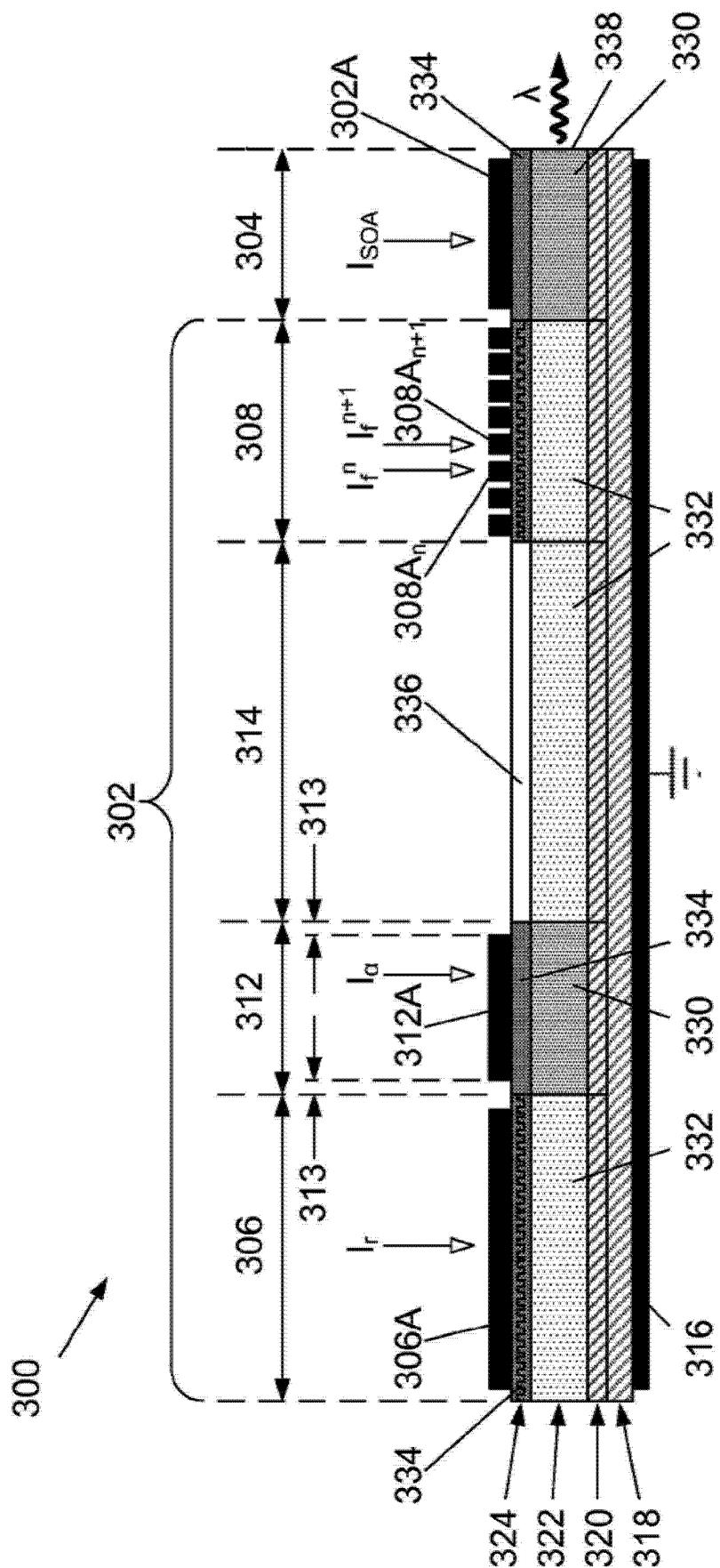


图 3

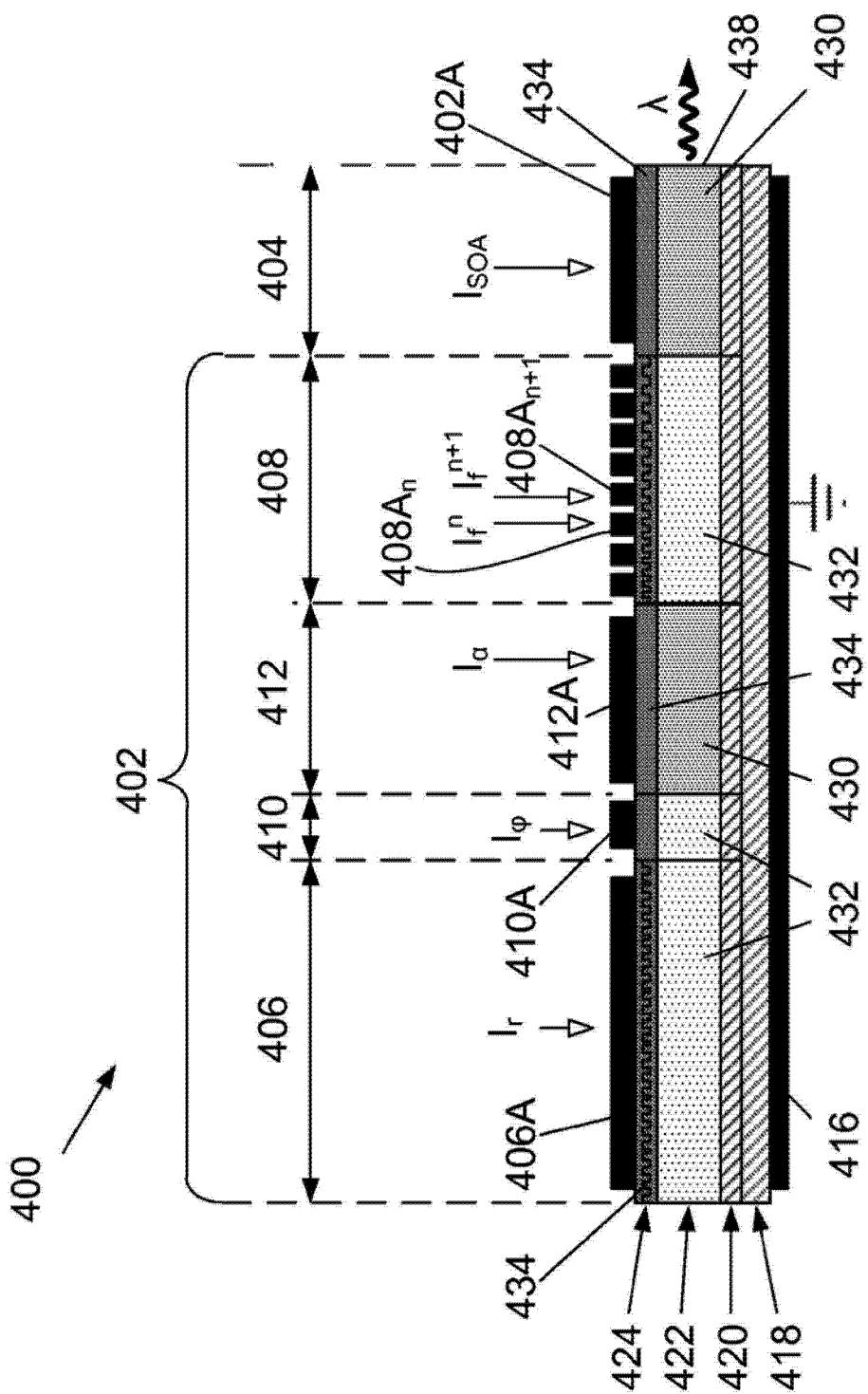


图 4

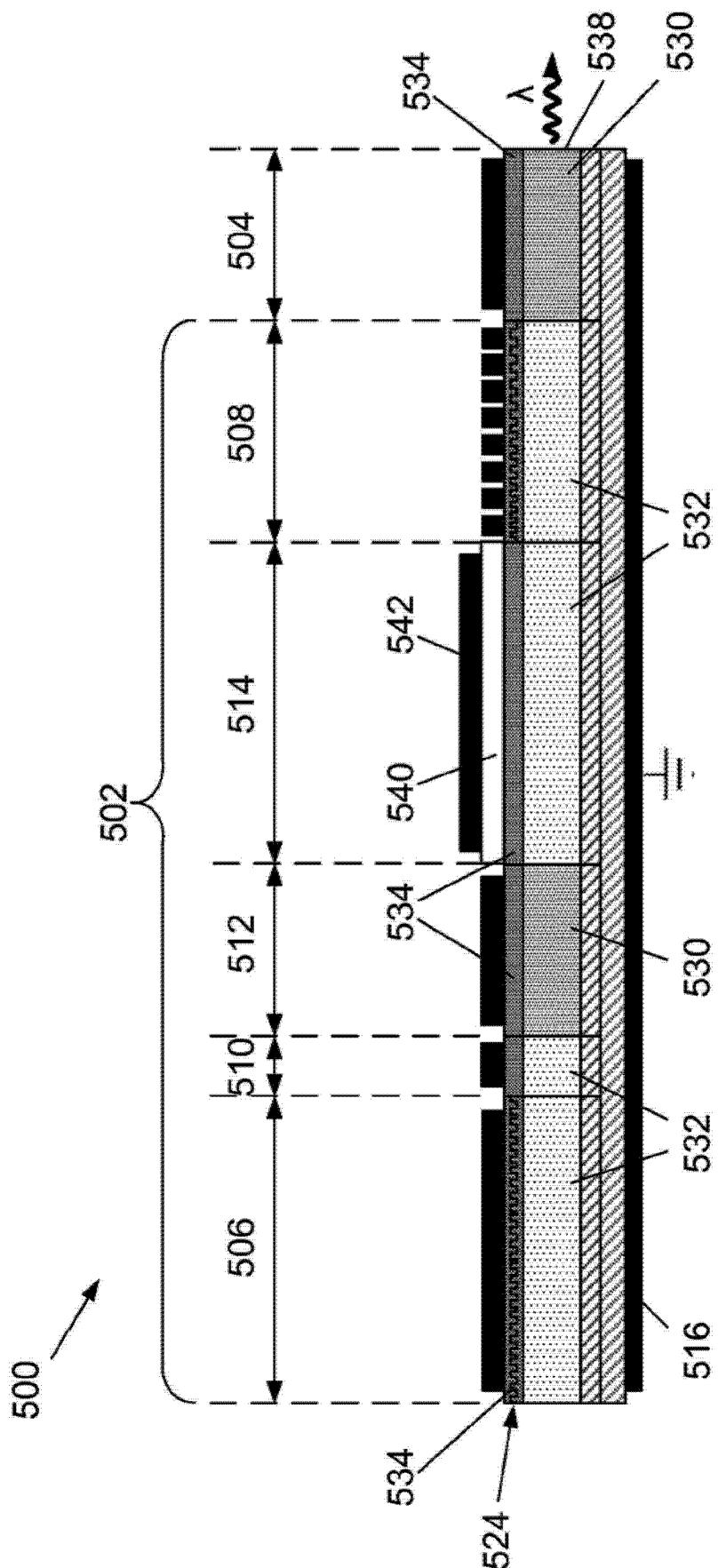


图 5

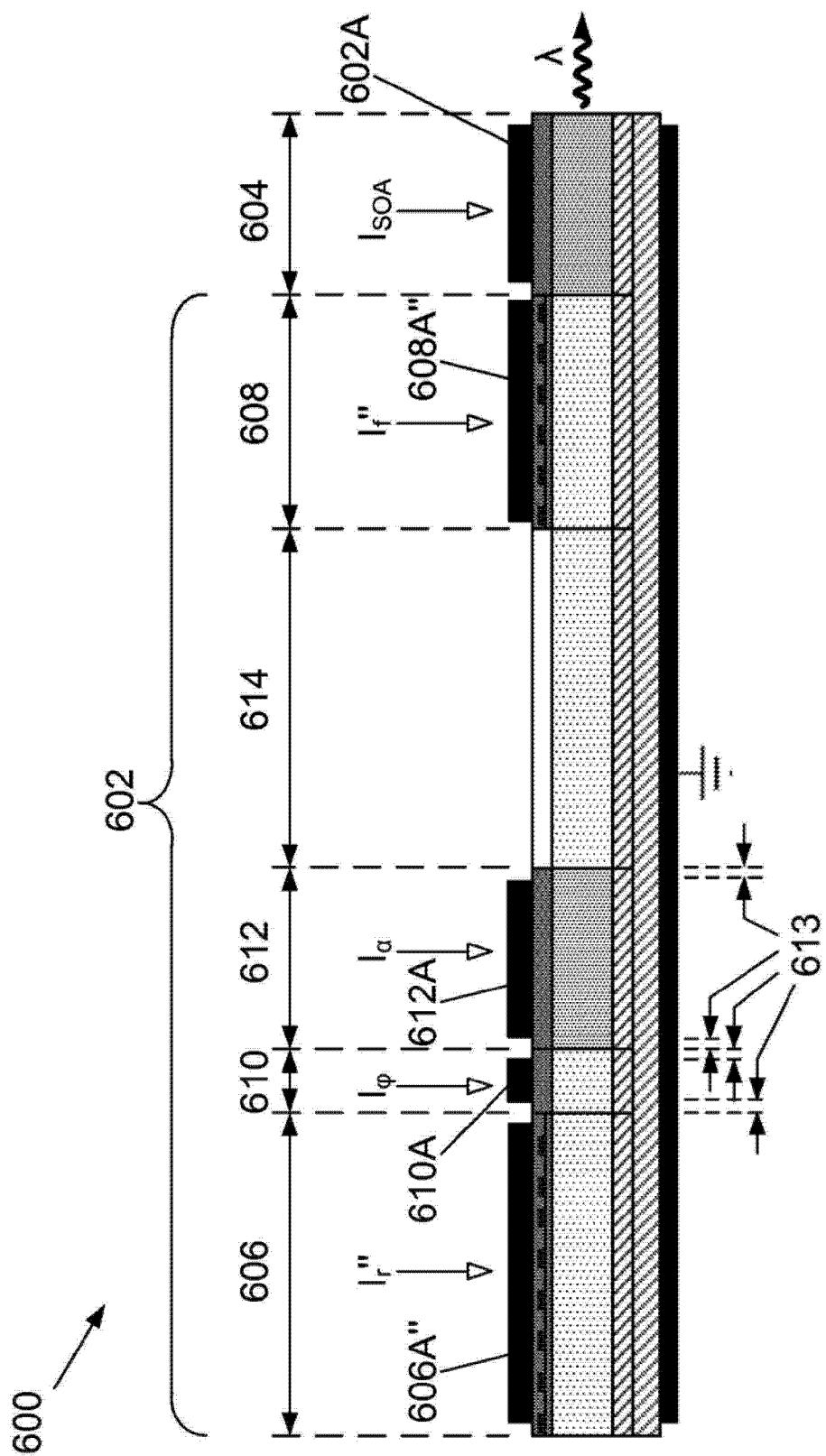


图 6