



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108683078 B

(45) 授权公告日 2023. 06. 09

(21) 申请号 201810645722.0

(22) 申请日 2018.06.21

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108683078 A

(43) 申请公布日 2018.10.19

(73) 专利权人 中国科学院福建物质结构研究所  
地址 350002 福建省福州市杨桥西路155号

(72) 发明人 林中晞 林琦 徐玉兰 陈景源  
钟杏丽 朱振国 薛正群 苏辉

(74) 专利代理机构 北京知元同创知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11535  
专利代理师 张祖萍

(51) Int. Cl.  
H01S 5/06 (2006.01)  
H01S 5/10 (2021.01)

(56) 对比文件

- CN 101416362 A, 2009.04.22
- CN 102388513 A, 2012.03.21
- CN 102621714 A, 2012.08.01
- CN 106329311 A, 2017.01.11
- JP 2000183457 A, 2000.06.30
- US 2008181265 A1, 2008.07.31
- WO 0221650 A2, 2002.03.14

审查员 刘鑫

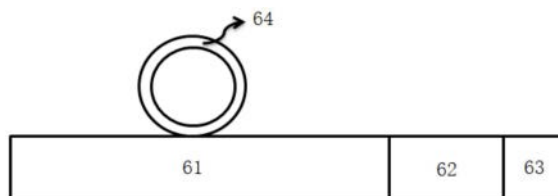
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种波长可调谐的半导体激光器

(57) 摘要

本发明涉及一种波长可调谐的半导体激光器,包括:有源层、波导层和分离限制层;其中,波导层位于有源层和分离限制层之间;波导层包括脊波导和微腔,微腔位于脊波导的一侧。本发明提供的波长可调谐的半导体激光器,利用电调制脊波导的饱和吸收区产生的增益杠杆效应,能够增大半导体激光器的3dB带宽,实现高速调制。本发明提出的半导体激光器还利用半导体激光器侧边上的微腔结构,实现对半导体激光器波长的选择性输出。



1. 一种波长可调谐的半导体激光器,其特征在于,包括:有源层、波导层和分离限制层;其中,波导层位于有源层和分离限制层之间;波导层包括脊波导和微腔,微腔位于脊波导的一侧;所述脊波导包括增益区、电隔离区和饱和吸收区;增益区、电隔离区和饱和吸收区位于同一脊条上且共线排列,电隔离区对增益区和饱和吸收区进行电隔离;微腔设置在增益区沿长度方向的任意位置;在半导体激光器工作时,增益区上加正向电流形成增益,饱和吸收区上加调制电流信号。
2. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其特征在于,所述微腔为环形微腔或圆盘形微腔。
3. 根据权利要求2所述的半导体激光器,其特征在于,环形微腔为圆环形谐振腔,圆环形谐振腔内外边界呈轴对称,且内外边界的中心重合,刻蚀深度相同。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的半导体激光器,其特征在于,在所述微腔上加正向电流形成增益,形成的环腔驻波电场分布,通过消逝波耦合的方式与所述脊波导内形成的直腔驻波电场相互作用,通过调节注入到微腔上的电流实现对半导体激光器波长的小范围调节。
5. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其特征在于,增益区的长度大于电隔离区和饱和吸收区的总长度,电隔离区的长度大于等于饱和吸收区的长度。
6. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其特征在于,电隔离区采用干湿法腐蚀或者离子注入方法形成。
7. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其特征在于,增益区和饱和吸收区的上方设置有平面电极,增益区的电极和饱和吸收区的电极之间相互独立不相连。
8. 根据权利要求7所述的半导体激光器,其特征在于,微腔与脊波导直接相连,或者在微腔与脊波导之间加入侧边电隔离区进行电隔离。
9. 根据权利要求8所述的半导体激光器,其特征在于,在微腔与脊波导之间加入侧边电隔离区时,微腔上方设置有平面电极,环形微腔的电极与增益区的电极和饱和吸收区的电极之间相互独立不相连。
10. 根据权利要求1至3中任一项所述的半导体激光器,其特征在于,有源层采用应变量子阱和应变量子垒交替混合的多层量子阱结构;有源层采用InGaAsP或AlInGaAs同一种材料不同组分生长或两种材料交替生长形成光增益区;应变量子阱的总厚度为8~12nm,应变量子垒的总厚度为8~12nm,应变量子阱和应变量子垒的应变值均在1%~1.2%之间。

## 一种波长可调谐的半导体激光器

### 技术领域

[0001] 本发明属于半导体激光器技术领域,具体涉及一种波长可调谐的半导体激光器。

### 背景技术

[0002] 高速半导体激光器是长距离、大容量光纤通信系统的关键器件,其在高速信号处理系统、高速波分复用系统中也占有非常重要的地位。近年来,为了满足人们对高速激光器的广泛需求,各大企业和研究机构开展了大量的相关研究,相继报道了多种结构和设计的高速半导体激光器,如P掺杂应变量子阱激光器、分布反馈式(DFB)激光器、应变补偿多量子阱激光器、分布反射式(DBR)激光器等。

[0003] 当前,微腔半导体激光器因其具有高品质因子、低激射阈值以及易于平面工艺制备和二维光集成等优势,在光通讯、光互连以及光集成等方面有着广泛的应用前景。但是,目前的微腔半导体激光器不具备波长可调谐的功能。

### 发明内容

[0004] 为了解决上述半导体激光器不具备波长可调谐功能的技术问题,本发明提供一种波长可调谐的半导体激光器,

[0005] 一种波长可调谐的半导体激光器,包括:有源层、波导层和分离限制层;

[0006] 其中,波导层位于有源层和分离限制层之间;

[0007] 波导层包括脊波导和微腔,微腔位于脊波导的一侧。

[0008] 在某些实施例中,所述微腔为环形微腔或圆盘形微腔。

[0009] 在某些实施例中,环形微腔为圆环形谐振腔,圆环形谐振腔内外边界呈轴对称,且内外边界的中心重合,刻蚀深度相同。

[0010] 在某些实施例中,所述脊波导包括增益区、电隔离区和饱和吸收区;增益区、电隔离区和饱和吸收区位于同一脊条上且共线排列,电隔离区对增益区和饱和吸收区进行电隔离;微腔设置在增益区沿长度方向的任意位置;

[0011] 在半导体激光器工作时,增益区上加正向电流形成增益,饱和吸收区上加调制电流信号。

[0012] 在某些实施例中,增益区的长度大于电隔离区和饱和吸收区的总长度,电隔离区的长度大于等于饱和吸收区的长度。

[0013] 在某些实施例中,电隔离区采用干湿法腐蚀或者离子注入方法形成。

[0014] 在某些实施例中,增益区和饱和吸收区的上方设置有平面电极,增益区的电极和饱和吸收区的电极之间相互独立不相连。

[0015] 在某些实施例中,微腔与脊波导直接相连,或者在微腔与脊波导之间加入侧边电隔离区进行电隔离。

[0016] 在某些实施例中,在微腔与脊波导之间加入侧边电隔离区时,微腔上方设置有平面电极,环形微腔的电极与增益区的电极和饱和吸收区的电极之间相互独立不相连。

[0017] 在某些实施例中,有源层采用应变量子阱和应变量子垒交替混合的多层量子阱结构;

[0018] 有源层采用InGaAsP或AlInGaAs同一种材料不同组分生长或两种材料交替生长形成光增益区;

[0019] 应变量子阱的总厚度为8~12nm,应变量子垒的总厚度为8~12nm,应变量子阱和应变量子垒的应变值均在1%~1.2%之间。

[0020] 本发明的有益效果:本发明提供的波长可调谐的半导体激光器,利用电调制脊波导的饱和吸收区产生的增益杠杆效应,能够增大半导体激光器的3dB带宽,实现高速调制。本发明提出的半导体激光器还利用半导体激光器侧边上的微腔结构,实现对半导体激光器波长的选择性输出。本发明提出的半导体激光器能够满足对高速、大容量光通信的信号源的需要,满足GPON/EPON等光网络对高速调制激光器光源的需求。

### 附图说明

[0021] 图1是本发明提出的波长可调谐的半导体激光器的结构示意图;

[0022] 图2是本发明提出的波长可调谐的半导体激光器包括的波导层的一种结构示意图;

[0023] 图3是本发明提出的波长可调谐的半导体激光器包括的波导层的另一种结构示意图;

[0024] 图4是本发明提出的波长可调谐的半导体激光器包括的波导层的再一种结构示意图;

[0025] 图5是本发明提出的波长可调谐的半导体激光器包括的波导层的又一种结构示意图。

### 具体实施方式

[0026] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。但本领域技术人员知晓,本发明并不局限于附图和以下实施例,相关附图作为示意图不应该被认为严格反映几何尺寸的比例关系,也不应该作为限制本发明的适用范围。

[0027] 本发明提供了一种波长可调谐的半导体激光器,包括:有源层、波导层和分离限制层;其中,波导层位于有源层和分离限制层之间;波导层包括脊波导和微腔,微腔位于脊波导的一侧。

[0028] 波导层采用脊波导结构与微腔结构相结合的方式,脊波导结构利用电泵浦吸收区产生增益杠杆效应,实现高速调制;通过对微腔结构几何结构参数(如半径等)的设计或电流注入的方式,实现特定工作波长的选择性输出。因此,本发明提出的半导体激光器为波长可调谐的高速半导体激光器。

[0029] 进一步地,所述微腔为环形微腔或圆盘形微腔。微腔的腔体可以采用光刻掩模湿法刻蚀或反应离子刻蚀方法形成。

[0030] 所述脊波导包括增益区、电隔离区和饱和吸收区;增益区、电隔离区和饱和吸收区位于同一脊条上且共线排列,电隔离区对增益区和饱和吸收区进行电隔离;微腔设置在增

益区沿长度方向的任意位置;在半导体激光器工作时,增益区上加正向电流形成增益,饱和吸收区上加调制电流信号。

[0031] 增益区的长度大于电隔离区和饱和吸收区的总长度,以保证足够的增益。

[0032] 电隔离区的长度大于等于饱和吸收区的长度,以提供足够的电隔离。

[0033] 电隔离区采用干湿法腐蚀或者离子注入方法形成,以保证半导体激光器的隔离区阻值在几百到几千欧姆。

[0034] 进一步地,环形微腔可以为圆环形谐振腔,圆环形谐振腔内外边界呈轴对称,且内外边界的中心重合,刻蚀深度相同。

[0035] 增益区和饱和吸收区的上方设置有平面电极,增益区的电极和饱和吸收区的电极之间相互独立不相连。

[0036] 在半导体激光器工作时,增益区上加正向电流形成增益,饱和吸收区上加调制电流信号。本发明提出的半导体激光器利用电调制脊波导的饱和吸收区产生的增益杠杆效应,能够增大半导体激光器的3dB带宽,实现高速调制。

[0037] 本发明提出的半导体激光器还利用半导体激光器侧边上的微腔结构,实现对半导体激光器波长的选择性输出。

[0038] 在本发明的实施例中,微腔与脊波导可以直接相连,也可以在微腔与脊波导之间加入侧边电隔离区进行电隔离。

[0039] 优选地,侧边电隔离区的宽度为0.5~1.5 $\mu\text{m}$ 。当微腔与脊波导之间存在侧边电隔离区时,在微腔上方也可以设置平面电极,微腔的电极与增益区的电极和饱和吸收区的电极之间相互独立不相连。

[0040] 在微腔上可以加正向电流形成增益,形成的环腔驻波电场分布,通过消逝波耦合的方式与脊波导内形成的直腔驻波电场相互作用,通过调节注入到微腔上的电流实现对半导体激光器波长的小范围调节。

[0041] 有源层采用应变量子阱和应变量子垒交替混合的多层量子阱结构。

[0042] 优选地,有源层采用InGaAsP或AlInGaAs同一种材料不同组分生长或两种材料交替生长形成光增益区,即形成InGaAsP-InGaAsP或InGaAsP-AlInGaAs或AlInGaAs-AlInGaAs体系的光增益区。

[0043] 应变量子阱的总厚度为8~12nm,应变量子垒的总厚度为8~12nm,应变量子阱和应变量子垒的应变值均在1%~1.2%之间。

[0044] 半导体激光器的上述各层结构可以通过光刻、腐蚀、生长介质绝缘层、开电极窗口、溅射金属芯片结构等现有工艺形成,半导体激光器的其他层结构相较于现有技术未作明确的改进,上述内容在本文中不作过多描述。

[0045] 实施例1:

[0046] 本实施例提供的一种波长可调谐的半导体激光器,如图1所示,包括:由下至上形成的下电极1、衬底2、下分离限制层3、下波导层4、有源层5、上波导层6、上分离限制层7、盖层8、电流隔离层9、上电极10。

[0047] 下波导层4、有源层5和上波导层6构成半导体激光器的光限制层中心区域,下分离限制层3和上分离限制层7构成半导体激光器的包层。

[0048] 有源层5采用应变量子阱和应变量子垒交替混合的多层量子阱结构。优选地,有源

层5可以采用InGaAsP或AlInGaAs同一种材料不同组分生长或两种材料交替生长形成光增益区,即形成InGaAsP-InGaAsP或InGaAsP-AlInGaAs或AlInGaAs-AlInGaAs体系的光增益区。应变量子阱的总厚度为8~12nm,应变量子垒的总厚度为8~12nm,应变量子阱和应变量子垒的应变值均在1%~1.2%之间。

[0049] 可以在上波导层6或下波导层4中采用脊波导结构与环形微腔结构相结合的方式,脊波导结构利用电泵浦吸收区产生增益杠杆效应,实现高速调制;通过对环形微腔结构几何结构参数(如半径等)的设计或电流注入的方式,实现特定工作波长的选择性输出。因此,本发明提出的半导体激光器为波长可调谐的高速半导体激光器。

[0050] 环形微腔结构的腔体可以采用光刻掩模湿法刻蚀或反应离子刻蚀方法形成。

[0051] 下面结合附图对上波导层和下波导层的具体结构进行描述,由于上波导层和下波导层的结构相同,因此,以上波导层6为例,对上波导层6和下波导层4的结构进行说明。

[0052] 如图2所示,由脊波导和环形微腔构成半导体激光器的上波导层6。在本实施例中,环形微腔为圆环形谐振腔64,脊波导设置增益区61、电隔离区62和饱和吸收区63。其中,增益区61、电隔离区62和饱和吸收区63位于同一脊条上且共线排列,电隔离区62对增益区61和饱和吸收区63进行电隔离。

[0053] 增益区61的长度大于电隔离区62和饱和吸收区63的总长度,以保证足够的增益。

[0054] 电隔离区62的长度大于等于饱和吸收区63的长度,以提供足够的电隔离。

[0055] 电隔离区62采用干湿法腐蚀或者离子注入等方法形成,以保证半导体激光器的隔离区阻值在几百到几千欧姆。

[0056] 圆环形谐振腔64设置在增益区61沿长度方向的任意位置,圆环形谐振腔64内外边界呈轴对称,且内外边界的中心重合,刻蚀深度相同。

[0057] 在增益区61和饱和吸收区63的上方设置有平面电极,增益区61的电极和饱和吸收区63的电极之间相互独立不相连。

[0058] 在半导体激光器工作时,增益区61上加正向电流形成增益,饱和吸收区63上加调制电流信号。本发明提出的半导体激光器的脊波导利用电调制饱和吸收区产生的增益杠杆效应,能够增大半导体激光器的3dB带宽,实现高速调制。

[0059] 本发明提出的半导体激光器还利用半导体激光器侧边上的环形微腔结构,实现对半导体激光器波长的选择性输出。

[0060] 实施例2:

[0061] 本实施例与实施例1的不同之处在于,实施例1中环形微腔与脊波导直接相连,环形微腔上无电极,而在本实施例中环形微腔与脊波导之间加入侧边电隔离区进行电隔离,环形微腔上方设置有平面电极。

[0062] 如图3所示,在环形微腔与脊波导之间加入侧边电隔离区65,在环形微腔上方设置平面电极,环形微腔的电极与增益区61的电极和饱和吸收区63的电极之间相互独立不相连,这样通过调节注入到环形微腔上的电流实现对半导体激光器波长的小范围调节,提高半导体激光器选择性输出波长的能力。

[0063] 实施例3:

[0064] 本实施例与实施例1和实施例2的区别在于,在本实施例中,微腔结构采用圆盘形微腔结构,即上波导层6或下波导层4采用脊波导结构与圆盘形微腔结构相结合的方式。

[0065] 图4给出了圆盘形微腔与脊波导直接相连,圆盘形微腔上无电极的示意图.

[0066] 图5给出了圆盘形微腔与脊波导之间加入侧边电隔离区65进行电隔离,圆盘形微腔上方设置有平面电极的示意图。

[0067] 本实施例的其他结构与实施例1和实施例2相同,在此不再赘述。

[0068] 以上,对本发明的实施方式进行了说明。但是,本发明不限于上述实施方式。凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

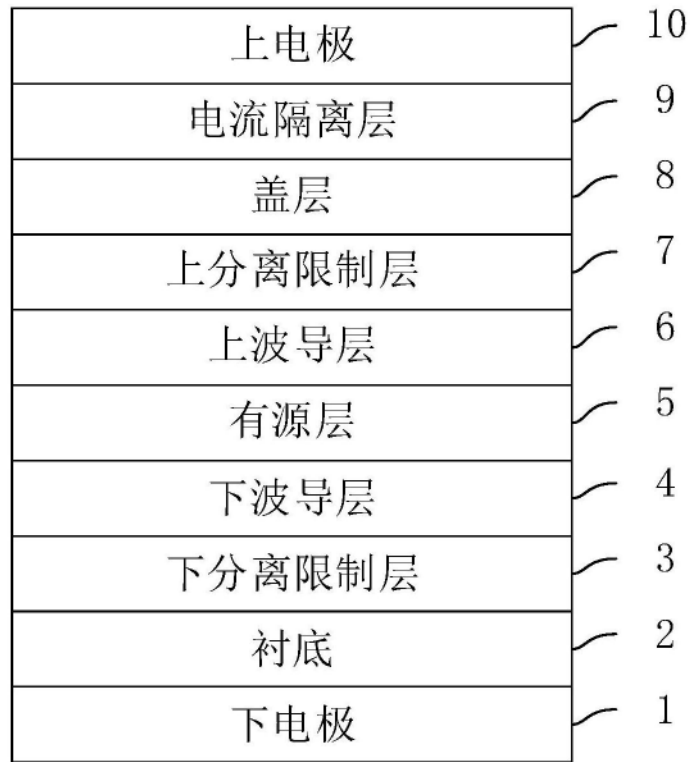


图1

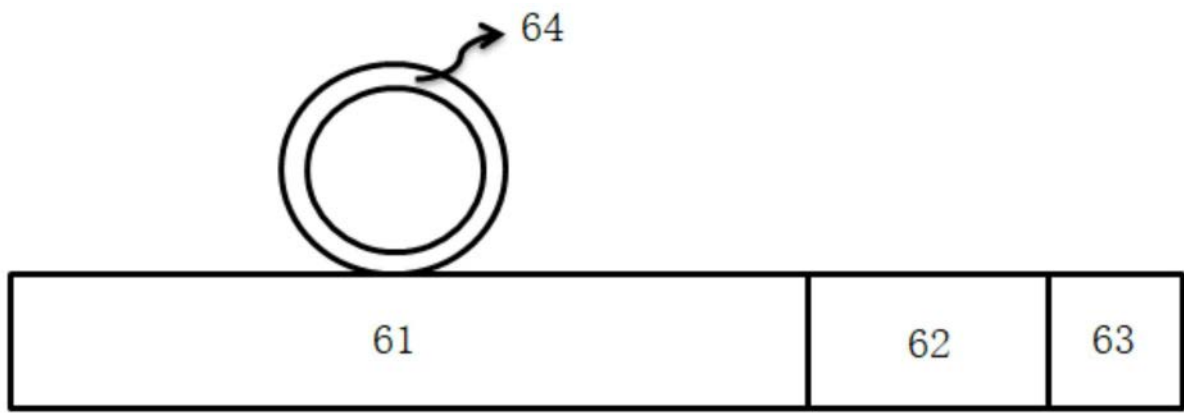


图2

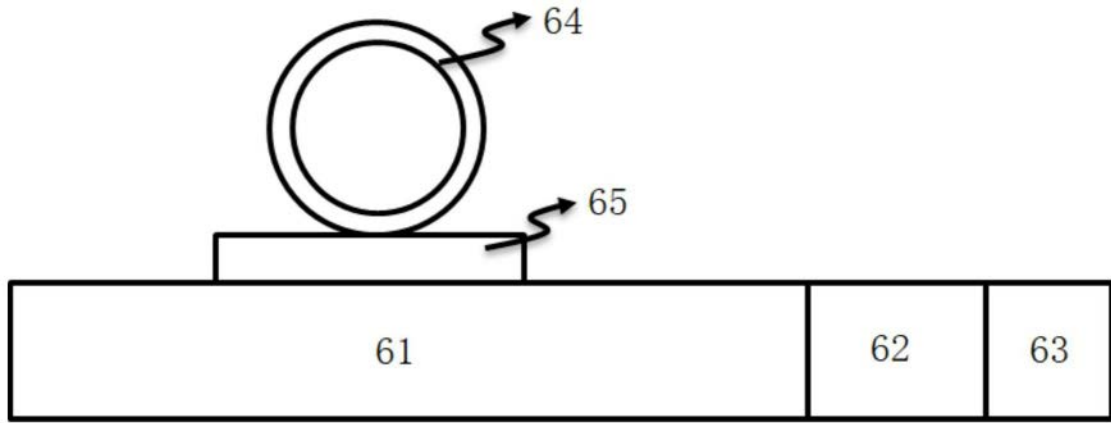


图3

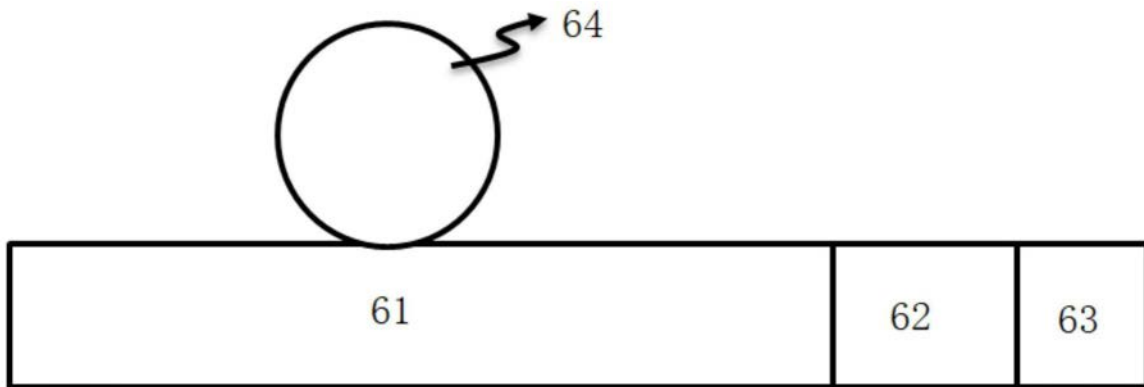


图4

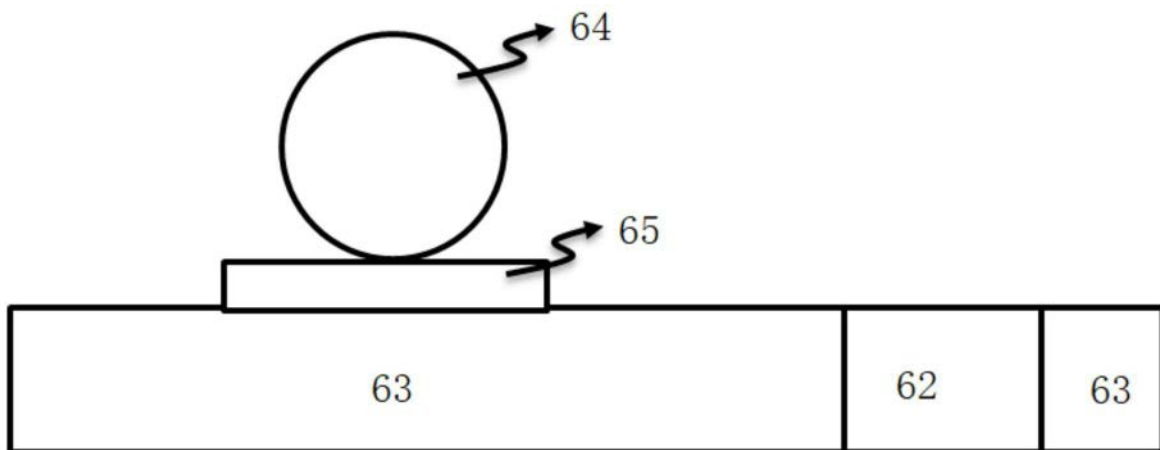


图5