



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112213821 A

(43) 申请公布日 2021.01.12

(21) 申请号 202011061047.0

H01S 3/067 (2006.01)

(22) 申请日 2020.09.30

(71) 申请人 西南技术物理研究所

地址 610041 四川省成都市武侯区人民南路四段七号

(72) 发明人 张恩涛 林治全 陈永琦 陈永雄  
周桥 李敬 王磊 何幸锴  
沈琪皓 杨峰 张勃

(74) 专利代理机构 中国兵器工业集团公司专利中心 11011

代理人 刘二格

(51) Int. Cl.

G02B 6/255 (2006.01)

G02B 6/245 (2006.01)

G02B 6/25 (2006.01)

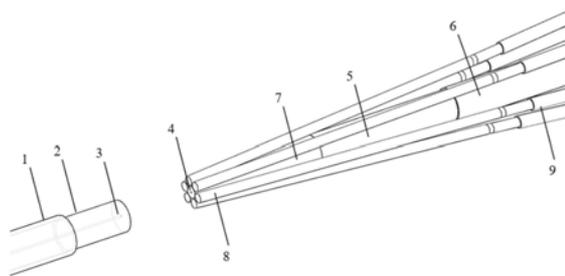
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器

(57) 摘要

本发明公开了一种深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器,采用多根光波导引导泄露的新颖方法,使得大部分泄漏的包层光不再累积在双包层传输光纤上,而是通过光纤传输到任意的地方进行充分散热和耗散,通过包层光剥除器输出端的光纤锥体直径、泄漏光导引光纤直径对包层光剥除器的剥除深度进行控制,不仅可以滤除包层光纤内残留泵浦光,还可以滤除包层光纤内的高阶激光模。本发明可以适用于更高的承载功率,并且可以将废光通过光纤引导至任意地方,更方便热管理设计;同时,避免了传统剥除器中双包层光纤的高温问题,使得纤芯中高功率激光传输和包层中包层光剥除更安全和可靠。



1. 一种深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器,其特征在于,主激光方向从左向右,设定左侧为主激光的双包层传输光纤,包括左侧传输光纤纤芯(3)、包覆在左侧传输光纤纤芯(3)上的左侧传输光纤包层(2)、以及包覆在左侧传输光纤包层(2)上的左侧传输光纤涂覆层(1);右侧为双包层光纤和泄漏层光的光纤通过拉锥或者腐蚀形成的锥形结构,包括右侧传输光纤纤芯(4)、包覆在右侧传输光纤纤芯(4)上的右侧传输光纤包层(5)、以及包覆在右侧传输光纤包层(5)上的右侧传输光纤涂覆层(6),锥形结构的左端为右侧传输光纤锥体(7),右侧传输光纤纤芯(4)外周均匀排布多根包层光导引光纤,每根包层光导引光纤包括包层光导引光纤裸光纤(8)和包覆在包层光导引光纤裸光纤(8)上的包层光导引光纤涂覆层(9)。

2. 如权利要求1所述的深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器,其特征在于,所述左侧主激光的双包层传输光纤与右侧的一根双包层传输光纤和多根包层光导引光纤熔接,左侧传输光纤纤芯(3)中的激光直接耦合入右侧传输光纤纤芯(4)中,包层光中的残余泵浦光以及高阶模通过多根包层光导引光纤裸光纤(8)传输至任意方便散热的地方。

3. 如权利要求2所述的深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器,其特征在于,所述右侧传输光纤锥体(7)采用氢氟酸刻蚀的方法制作。

4. 如权利要求3所述的深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器,其特征在于,所述左侧传输光纤包层(2)和左侧传输光纤纤芯(3)的右端通过刻蚀方法形成锥体端。

5. 如权利要求4所述的深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器,其特征在于,所述左侧传输光纤涂覆层(1)、左侧传输光纤包层(2)和左侧传输光纤纤芯(3)形成左侧激光输入端,右侧传输光纤纤芯(4)、右侧传输光纤包层(5)、右侧传输光纤涂覆层(6)和右侧传输光纤锥体(7)形成右侧激光传输端,左侧激光输入端除去涂覆层,并对端头切割为平面结构或通过氢氟酸刻蚀为锥形结构,右侧激光传输端除去涂覆层,通过氢氟酸刻蚀为锥形结构。

6. 基于权利要求5所述深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1: 先将传输光纤切割为两部分,一段为左侧激光输入端,另一段为右侧激光传输端;左侧激光输入端除去涂覆层,并将端头处理为平面结构或锥形结构,右侧激光传输端除去涂覆层,处理为锥形结构;

S2: 准备数根导引光纤,将其去除涂覆层之后,将导引光纤和右侧激光传输端集束在一起;

S3: 将左侧激光输入端与数根导引光纤和右侧激光传输端的集束锥体熔接;

S4: 对上述光纤结构进行封装。

7. 如权利要求6所述的深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器制备方法,其特征在于,所述步骤S1中,对左侧激光输入端端头切割为平面结构或通过氢氟酸刻蚀为锥形结构。

8. 如权利要求7所述的深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器制备方法,其特征在于,所述步骤S1中,右侧激光传输端通过氢氟酸刻蚀为锥形结构。

9. 如权利要求8所述的深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器制备方法,其特征在于,所述步骤S2中,导引光纤有6根,均匀排布在右侧激光传输端外周。

10. 如权利要求6所述的深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器制备方法,其特征在于,所述右侧激光传输端的椎体结构参数、导引光纤的粗细影响剥除器剥除深度。

## 一种深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器

### 技术领域

[0001] 本发明属于光纤激光器技术领域,尤其是高功率光纤激光器或高功率光纤激光放大器领域,具体是针对高功率光纤激光器双包层传输光纤中的高阶模激光和剩余包层泵浦光进行高效高功率剥除(滤除、泄漏),提高激光器输出激光的光束质量。

### 背景技术

[0002] 随着单纤单模大功率光纤激光器输出功率水平的不断提高,以及应用需求对光束质量要求的提高,高功率光纤激光器的纤芯激光功率越来越高,同时,包层剥除功率也越来越高,因此,高功率包层光剥除器的功率承载能力也受到了较大挑战。

[0003] 目前,高功率光纤激光器的残余包层光和高阶模滤除方法,主要有涂覆高折射率材料(美国发明专利US4678273)、改进的阶梯结构涂覆高折射率材料(中国专利CN104570213A)以及刻蚀拉锥光纤(文献R.Poozesh et al.,“A novel method for stripping cladding lights in high power fiber lasers and amplifiers” J.Lightwave Technol.30(20),3199-3202,2012),以及侧面熔接单向导引滤除法(中国专利申请号201510556870.1)等。他们共同的特点就是将残余的泵浦光照射在热沉上,光能转换为热能,通过水冷方式,将热沉上的热量带走,实现包层光剥除器的稳定运行和安全生产工作。

[0004] 但是目前该类光纤包层光剥除器,存在温度高散热困难的问题;并且纤芯承载高功率光纤激光和包层光滤除同时进行,存在极大风险;功率承载水平也受到限制,对于数十千瓦单模单纤光纤激光器就难以应对,亟待新的解决方案。

[0005] 对于数千瓦的高功率光纤激光器,包层光滤除功能相对较为容易,通常的做法都可以做到。但是,随着光纤激光器输出功率的越来越高,对包层光剥除器提出了更高的要求。

### 发明内容

[0006] (一)发明目的

[0007] 本发明的目的是提供一种深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器,基于包层光的特点,发明一种基于端面拉锥的包层光剥除器(滤除器或泄漏器),与现有的包层光剥除方案不同,实现将滤除的包层光通过光纤引导出来,避免现有剥除方案中大部分滤除的残余泵浦光先转换为热能,再通过热沉耗散出来的低效、低承载功率的弊端,从而实现更高功率的包层光剥除,并且将大部分的光能通过光纤直接引导至外部,剥除器的温度控制更方便,热管理更高效,同时剥除器的工作稳定性和可靠性更高。

[0008] (二)技术方案

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明提供一种一种深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器,主激光方向从左向右,设定左侧为主激光的双包层传输光纤,包括左侧传输光纤纤芯3、包覆在左侧传输光纤纤芯3上的左侧传输光纤包层2、以及包覆在左侧传输光纤

包层2上的左侧传输光纤涂覆层1;右侧为双包层光纤和泄漏层光的光纤通过拉锥或者腐蚀形成的锥形结构,包括右侧传输光纤纤芯4、包覆在右侧传输光纤纤芯4上的右侧传输光纤包层5、以及包覆在右侧传输光纤包层5上的右侧传输光纤涂覆层6,锥形结构的左端为右侧传输光纤椎体7,右侧传输光纤纤芯4外周均匀排布多根包层光导引光纤,每根包层光导引光纤包括包层光导引光纤裸光纤8和包覆在包层光导引光纤裸光纤8上的包层光导引光纤涂覆层9。

[0010] 其中,所述左侧主激光的双包层传输光纤与右侧的一根双包层传输光纤和多根包层光导引光纤熔接,左侧传输光纤纤芯3中的激光直接耦合入右侧传输光纤纤芯4中,包层光中的残余泵浦光以及高阶模通过多根包层光导引光纤裸光纤8传输至任意方便散热的地方。

[0011] 其中,所述右侧传输光纤椎体7采用氢氟酸刻蚀的方法制作。

[0012] 其中,所述左侧传输光纤包层2和左侧传输光纤纤芯3的右端通过刻蚀方法形成椎体端。

[0013] 其中,所述左侧传输光纤涂覆层1、左侧传输光纤包层2和左侧传输光纤纤芯3形成左侧激光输入端,右侧传输光纤纤芯4、右侧传输光纤包层5、右侧传输光纤涂覆层6和右侧传输光纤椎体7形成右侧激光传输端,左侧激光输入端除去涂覆层,并对端头切割为平面结构或通过氢氟酸刻蚀为锥形结构,右侧激光传输端除去涂覆层,通过氢氟酸刻蚀为锥形结构。

[0014] 本发明还提供一种深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器制备方法,其包括以下步骤:

[0015] S1:先将传输光纤切割为两部分,一段为左侧激光输入端,另一段为右侧激光传输端;左侧激光输入端除去涂覆层,并将端头处理为平面结构或锥形结构,右侧激光传输端除去涂覆层,处理为锥形结构;

[0016] S2:准备数根导引光纤,将其去除涂覆层之后,将导引光纤和右侧激光传输端集束在一起;

[0017] S3:将左侧激光输入端与数根导引光纤和右侧激光传输端的集束椎体熔接;

[0018] S4:对上述光纤结构进行封装。

[0019] 其中,所述步骤S1中,对左侧激光输入端端头切割为平面结构或通过氢氟酸刻蚀为锥形结构。

[0020] 其中,所述步骤S1中,右侧激光传输端通过氢氟酸刻蚀为锥形结构。

[0021] 其中,所述步骤S2中,导引光纤有6根,均匀排布在右侧激光传输端外周。

[0022] 其中,所述右侧激光传输端的椎体结构参数、导引光纤的粗细影响剥除器剥除深度。

[0023] (三)有益效果

[0024] 上述技术方案所提供的深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器,通过多根光纤对包层光的引导而实现残留泵浦光和高阶模激光的剥除,避免了剥除出来的光照射在包层上、或光胶上、或刻蚀的磨砂面上,使得热积在包层光纤上累积,造成局部的高温,进而影响纤芯内的激光传输,本发明将剥除的激光可以泄露在任意地方,并且可以承载更高的功率,是高功率光纤激光包层光剥除的高效方法。

## 附图说明

[0025] 图1为剥除器制作前左右两侧分解图。

[0026] 图2为剥除器整体结构图。

[0027] 图3为剥除器剥除深度控制示意图。

[0028] 图4为左侧双包层光纤刻蚀椎体对剥除深度控制示意图。

[0029] 图5为右侧双包层光纤刻蚀椎体示意图。

[0030] 图6为右侧包层光导引光纤示意图。

[0031] 图中,1为左侧传输光纤涂覆层,2为左侧传输光纤包层,3为左侧传输光纤纤芯,4为右侧传输光纤纤芯,5为右侧传输光纤包层,6为右侧传输光纤涂覆层、7为右侧传输光纤椎体,8为包层光导引光纤裸光纤,9为包层光导引光纤涂覆层,10为左侧传输光纤椎体。

## 具体实施方式

[0032] 为使本发明的目的、内容和优点更加清楚,下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。

[0033] 本发明总体的思路是,抛开传统的光胶和刻蚀破坏包层波导结构的泄露概念,转而采用多根光波导引导泄露的新颖方法,使得大部分泄漏的包层光不再累积在双包层传输光纤上,而是通过光纤传输到任意的地方进行充分散热和耗散,更加安全和可靠。同时,器件的热管理更加科学,避免了光胶和刻蚀法泄露包层光时候,对主激光的影响。

[0034] 从总体上,本发明包含两部分,设定主激光方向从左向右,左侧为主激光的双包层传输光纤,包括左侧传输光纤纤芯3、包覆在左侧传输光纤纤芯3上的左侧传输光纤包层2、以及包覆在左侧传输光纤包层2上的左侧传输光纤涂覆层1;右侧为双包层光纤和泄漏层光的光纤通过拉锥或者腐蚀形成的锥形结构,包括右侧传输光纤纤芯4、包覆在右侧传输光纤纤芯4上的右侧传输光纤包层5、以及包覆在右侧传输光纤包层5上的右侧传输光纤涂覆层6,锥形结构的左端为右侧传输光纤椎体7,右侧传输光纤纤芯4外周均匀排布多根包层光导引光纤,每根包层光导引光纤包括包层光导引光纤裸光纤8和包覆在包层光导引光纤裸光纤8上的包层光导引光纤涂覆层9。

[0035] 左侧主激光的双包层传输光纤与右侧的一根双包层传输光纤和多根包层光导引光纤熔接起来如图2所示,左侧传输光纤纤芯3中的激光直接耦合入右侧传输光纤纤芯4中,包层光中的残余泵浦光以及高阶模通过多根包层光导引光纤裸光纤8传输至任意方便散热的地方。

[0036] 右侧双包层光纤和泄漏层光的光纤通过拉锥或者腐蚀形成的锥形结构可以通过对中心的右侧双包层光纤的椎体直径、外围的导引光纤直径进行控制,从而实现对剥除深度的控制。其中,椎体的制作,采用氢氟酸刻蚀的方法,避免左侧传输光纤纤芯3和右侧传输光纤纤芯4的波导结构发生变化,进而影响主激光的损耗和模式的变化,如图3所示。

[0037] 左侧主激光的双包层传输光纤也可以通过刻蚀的方法对椎体进行控制,这样可以对左侧包层中的残留泵浦光和高阶模激光的数值孔径进行约束,使得在右侧更容易通过导引光纤引导出来,如图4所示。

[0038] 本发明高承载功率光纤包层残留泵浦光和高阶模激光滤除器,避开光胶和刻蚀破坏包层波导结构的传统方法,采用多根光波导引导泄露的新颖方法,使得大部分泄漏的包

层光不再累积在双包层传输光纤上,而是通过光纤传输到任意的地方进行充分散热和耗散,更加安全和可靠;可以通过包层光剥除器(滤除器、泄漏器)输出端的光纤椎体直径、泄漏光导引光纤直径对包层光剥除器的剥除深度进行控制,不仅仅可以滤除包层光纤内残留泵浦光,还可以滤除包层光纤内的高阶激光模;可以通过包层光剥除器(滤除器、泄漏器)输入端包层的椎体的直径进行控制,达到剥除深度的控制;包层光导引光纤也可以通过直径的设计,以及拉锥的设计来满足和匹配剥除器的整体剥除效果。

[0039] 实施例

[0040] 本发明针对高功率光纤激光包层光剥除,发明了一种基于包层光导引光纤导引剥除的新方法,更好的实现了高承载剥除功率,避免了局部纤细的光纤上的热累积效应,更科学和方便,具体实施方式如下阐述。

[0041] 先将传输光纤切割为两部分,一段为左侧激光输入端(标号1-3),另一段为右侧激光传输端(标号4-7);其中,将左侧激光输入端除去涂覆层,并对端头切割为平面结构如图4(a)或通过氢氟酸刻蚀为锥形结构如图4(b),本文以图4(a)平头为例来进行实施方式说明;另外,再将右侧激光传输端除去涂覆层,通过氢氟酸刻蚀为锥形结构如图5所示。

[0042] 再准备数根导引光纤,将其去除涂覆层之后,如图6所示。具体的数量和直径以剥除深度和具体刻蚀椎体外形结构尺寸进行匹配设计。也可以添加进行拉锥设计。本文以6根导引光纤为例。

[0043] 然后将六根导引光纤和右侧激光传输端集束在一起,如图1所示。

[0044] 然后将左侧激光输入端与六根导引光纤和右侧激光传输端的集束椎体熔接起来,如图2所示。

[0045] 这样就完成了光纤导引式高功率光纤包层光剥除器的制备,然后再通过结构对上述光纤结构进行封装即可。

[0046] 对于剥除深度的控制,可以通过右侧激光传输端的椎体结构控制,以及六根导引光纤的粗细或者椎体结构控制,实现对剥除器剥除深度的控制,如图3所示。图中,右侧传输光纤椎体7的直径和包层光导引光纤裸光纤8的直径的变化可以实现剥除深度的优化和设计,达到预期效果。

[0047] 这样,就完成了深度剥除的光纤导引式高功率光纤包层光剥除器的制备。

[0048] 由上述技术方案可以看出,本发明基于端面拉锥的包层光剥除器(滤除器或泄漏器),与现有的包层光剥除方案不同,能够将滤除的包层光通过光纤引导出来,避免现有剥除方案中大部分滤除的残余泵浦光先转换为热能,再通过热沉耗散出来的低效、低承载功率的弊端,现有方案可以实现更高功率的包层光剥除,并且将大部分的光能通过光纤直接引导至外部,剥除器的温度控制更方便,热管理更高效,同时剥除器的工作稳定性和可靠性更高。本发明可以适用于更高的承载功率,并且可以将废光通过光纤引导至任意地方,更方便热管理设计;同时,避免了传统剥除器中双包层光纤的高温问题,使得纤芯中高功率激光传输和包层中包层光剥除更安全和可靠。

[0049] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变形,这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

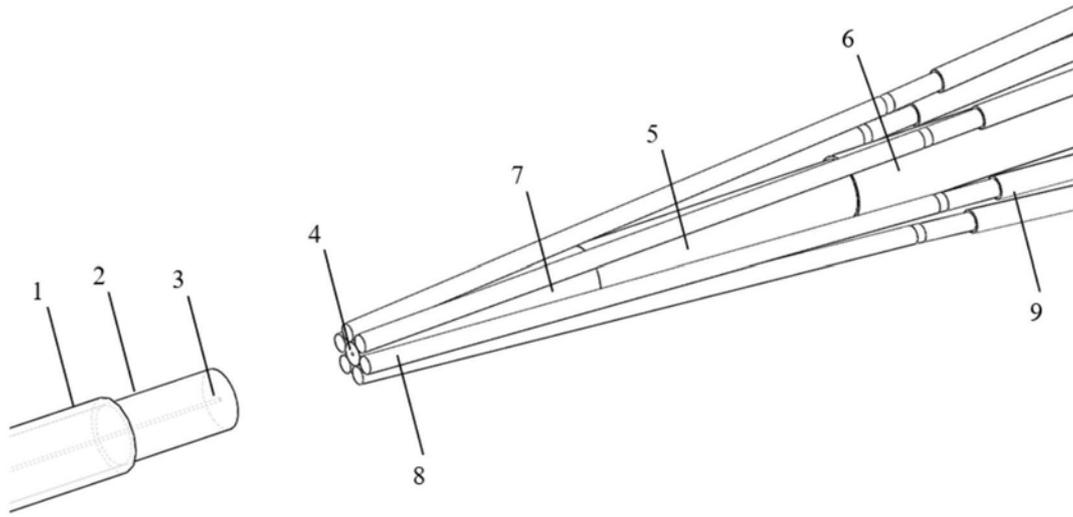


图1

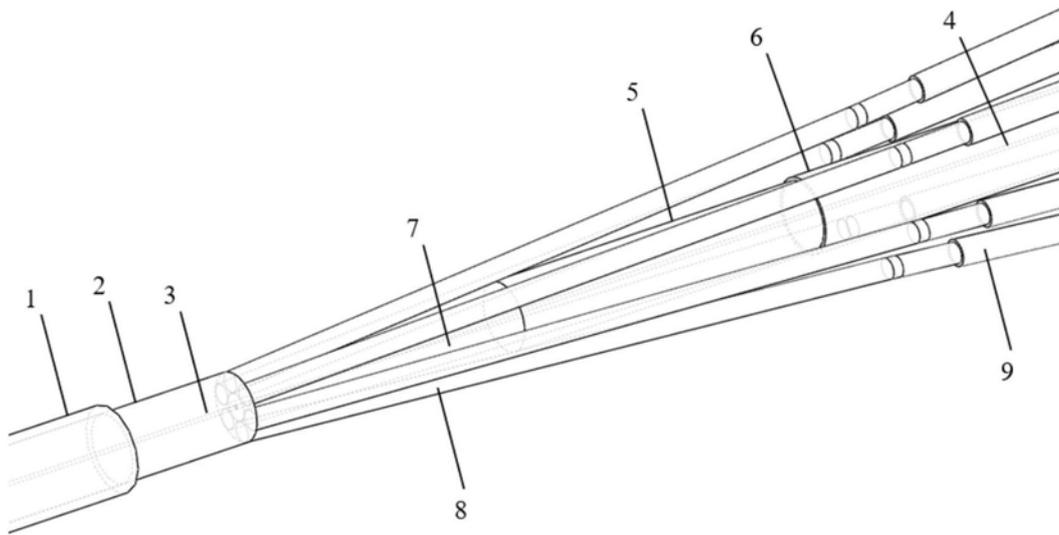


图2

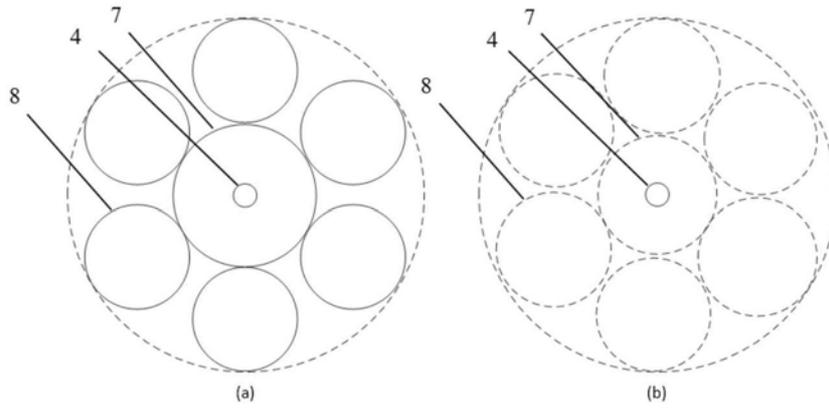


图3

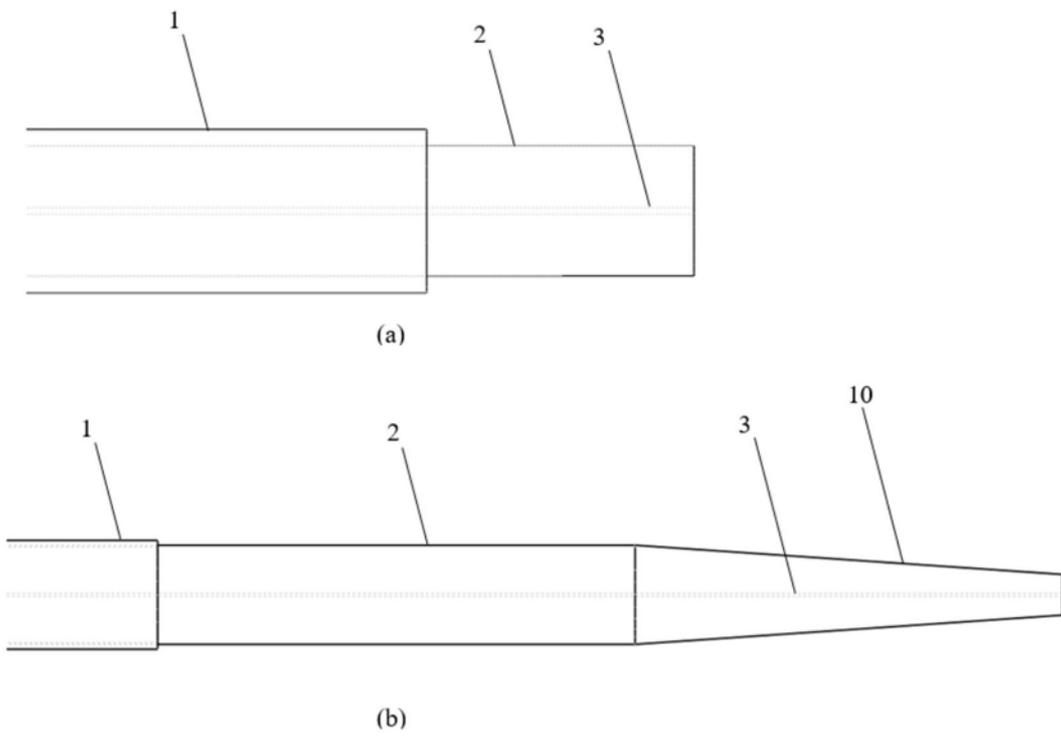


图4

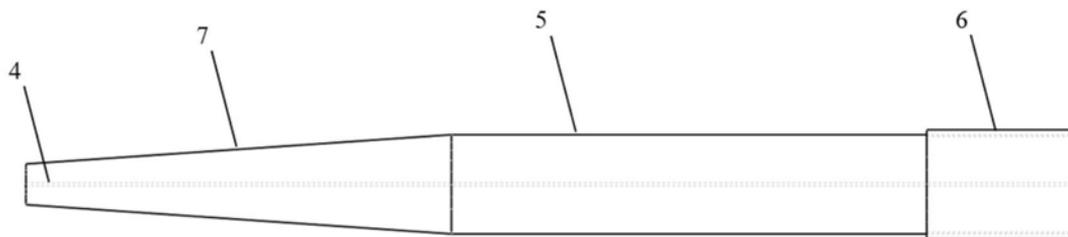


图5



图6