



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117534319 B

(45) 授权公告日 2024.05.14

(21) 申请号 202311579576.3

C03B 37/012 (2006.01)

(22) 申请日 2023.11.24

C03B 37/027 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C03B 37/15 (2006.01)

申请公布号 CN 117534319 A

C03B 37/16 (2006.01)

(43) 申请公布日 2024.02.09

G03C 13/04 (2006.01)

G02B 6/02 (2006.01)

(73) 专利权人 中国建筑材料科学研究总院有限公司

(56) 对比文件

地址 100024 北京市朝阳区管庄东里1号

CN 104591542 A, 2015.05.06

(72) 发明人 张磊 贾金升 黄永刚 赵越

CN 115469395 A, 2022.12.13

王久旺 汤晓峰 张弦 张敬

US 4243298 A, 1981.01.06

王云 石钰 樊志恒 于浩洋

CN 111393023 A, 2020.07.10

宋普光 独雅婕 付杨

CN 112679087 A, 2021.04.20

(74) 专利代理机构 北京鼎佳达知识产权代理事务所(普通合伙) 11348

CN 115602351 A, 2023.01.13

CN 1828348 A, 2006.09.06

专利代理师 孟阿妮 刘铁生

WO 2006100488 A1, 2006.09.28

审查员 游张晶

(51) Int. Cl.

C03B 37/025 (2006.01)

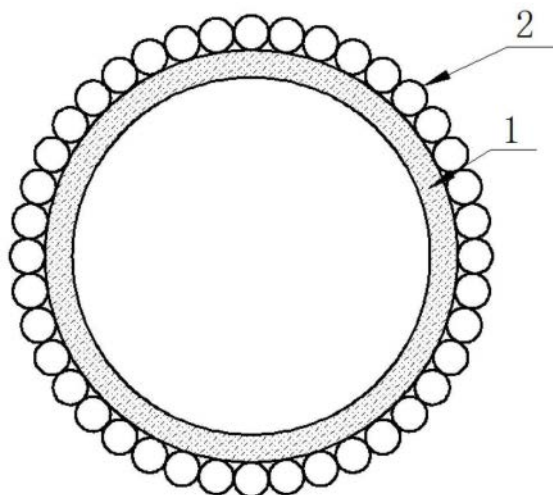
权利要求书6页 说明书18页 附图4页

(54) 发明名称

一种超窄扭丝区光纤倒像器的制备方法及应用

(57) 摘要

本发明公开了一种超窄扭丝区光纤倒像器的制备方法及应用,属于光纤传像元件制造领域,解决超窄扭丝区光纤倒像器很难制备的问题。该制备方法包括:低折射率、高应变点温度的玻璃棒拉制围管丝;高折射率、高透过率的玻璃棒拉制填充玻璃丝,再拉制套管吸收丝;将围管丝均匀围绕在皮料玻璃管的外侧,再将纤芯玻璃棒和皮料玻璃管匹配后拉制成单丝;再依次制备一次复丝、二次复丝、热熔压成型和扭转成型;超窄高温区扭转成型的加热炉发热体宽度3~4mm;加热炉发热体距离光纤倒像器毛坯表面的距离为1.0~2.5mm,扭转成型时间为2~9分钟。制备得到具有分辨力高、对比度高、成像清晰的超窄扭丝区光纤倒像器,用于微光像增强器中。



1. 一种超窄扭丝区光纤倒像器的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 围管丝拉制:将低折射率、高应变点温度的圆形玻璃棒拉制成 $\Phi 1.6-2.0\text{mm}$ 的围管丝;

(2) 填充玻璃丝拉制:将高折射率、高透过率的玻璃棒拉制成填充玻璃丝;

(3) 套管吸收丝拉制:将具有良好光吸收性能的光吸收料玻璃制备成光吸收料玻璃棒,再将光吸收料玻璃棒和皮料玻璃管匹配,然后拉制成套管吸收丝;

(4) 单丝拉制:将所述的围管丝均匀围绕在皮料玻璃管的外侧,然后将高折射率的纤芯玻璃棒和围丝后的皮料玻璃管匹配后进行单丝拉制,得到拉制的单丝,所述单丝的丝径与套管吸收丝的丝径相同;

(5) 一次复丝拉制:将拉制的单丝排列成横截面为正六方形的一次复合棒,所述一次复合棒中,每边单丝根数为N根,并用所述套管吸收丝替换排列在六方体一次复合棒中最中心的1根单丝,并将所述填充玻璃丝填充插入一次复合棒的孔隙中;将完成替换及填充后的一次复合棒拉制成一次复丝;

(6) 二次复丝拉制:将拉制的一次复丝再排列成横截面为正六方形的二次复合棒,再将二次复合棒拉制成二次复丝,再将二次复丝定长切割后排列成排屏板段;

(7) 热熔压成型:将排屏板段放置到热熔压成型模具中,再将热熔压成型模具放置到热熔压成型炉中,按照设计好的板段热熔压成型前后的压缩比进行热熔压成型,经过热熔压成型后,制得光纤倒像器毛坯板段;

(8) 扭转成型:将所述光纤倒像器毛坯板段经切割、滚圆、研磨加工处理后,制备成光纤倒像器毛坯,所述光纤倒像器毛坯在超窄高温区扭转成型炉中经 180° 角度的扭转成型,即制备得到超窄扭丝区光纤倒像器;

所述的超窄高温区的加热炉体宽度 $3 \sim 4\text{mm}$,所述加热炉体距离光纤倒像器毛坯表面的距离为 $1.0 \sim 2.5\text{mm}$,所述光纤倒像器毛坯扭转 180° 角度的扭转成型时间为 $2 \sim 9$ 分钟;

用于制备所述围管丝的组合物,由以下摩尔百分含量的组分组成:

SiO_2 $78.1-80.0\%$

Al_2O_3 $3.1-7.0\%$

B ₂ O ₃	2.0-8.0%
Li ₂ O	0-1.0%
Na ₂ O	0-2.9%
K ₂ O	5.1-10.0%
CaO	1.1-3.0%
SrO	0-1.0%
ZnO	1.1-2.0%
TiO ₂	0-1.0%
CeO ₂	0.05-0.2%
MgF ₂	0-2.0%
CaF ₂	0.05-2.0%。

2. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,所述填充玻璃丝为三角形填充玻璃丝;所述填充玻璃丝的高度为0.50~0.95mm;所述单丝的丝径为 $\Phi 2.4\text{mm} \sim \Phi 4.20\text{mm}$;

其中,排成的一次复合棒的单丝总根数为 $(3N(N-1)+1)$ 根, $8 \geq N \geq 3$;

所述一次复丝的六方形对边尺寸为1.10mm~1.30mm;

所述二次复丝的六方形对边尺寸为0.86-1.06mm。

3. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,用于制备所述围管丝的组合物,由以下摩尔百分含量的组分组成:

SiO ₂	78.2-79.5%
Al ₂ O ₃	3.5-6.5%
B ₂ O ₃	3.0-5.5%
Li ₂ O	0.1-1.0%
Na ₂ O	0.1-2.9%
K ₂ O	6.7-10.0%
CaO	1.1-3.0%
SrO	0.1-1.0%
ZnO	1.1-2.0%
TiO ₂	0.01-1.0%
CeO ₂	0.05-0.2%
MgF ₂	0.05-2.0%
CaF ₂	0.05-2.0%。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的制备方法,其特征在于,所述围管丝的玻璃的折射率

为1.48~1.51;在30~300℃范围的平均线热膨胀系数为 $(80\pm 5)\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$,所述围管丝的玻璃的应变点温度580-620℃,所述围管丝的玻璃的膨胀软化温度为680-710℃,所述围管丝的玻璃在 $10^{7.6}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 的粘度时的温度为780-810℃,所述围管丝的玻璃材料和所述纤芯玻璃棒的玻璃材料在 $10^{7.6}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 的扭转粘度点时的温度相同,所述围管丝的玻璃在850-900℃保温6小时不析晶不分相。

5.根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,用于制备所述的填充玻璃丝的组合物,由以下摩尔百分含量的组分组成:

SiO ₂	15.0-25.0%
Al ₂ O ₃	0-0.5%
B ₂ O ₃	20.0-30.0%
MgO	1.01-2.0%
SrO	1.0-5.0%
BaO	15.0-25.0%
ZnO	0.5-2.0%
SnO ₂	0.1-0.2%
TiO ₂	5.0-9.0%
WO ₃	1.0-5.0%
La ₂ O ₃	5.0-10.0%
Nb ₂ O ₅	1.0-5.0%
Y ₂ O ₃	0.5-2.0%
Ta ₂ O ₅	1.1-5.0%
Gd ₂ O ₃	0-0.9%。

6.根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,用于制备所述的填充玻璃丝的组合物,由以下摩尔百分含量的组分组成:

SiO ₂	19.0-25.0%
Al ₂ O ₃	0.1-0.5%

B ₂ O ₃	25.0-30.0%
MgO	1.01-2.0%
SrO	1.0-5.0%
BaO	15.0-25.0%
ZnO	0.5-2.0%
SnO ₂	0.1-0.2%
TiO ₂	5.0-9.0%
WO ₃	1.0-5.0%
La ₂ O ₃	5.0-9.0%
Nb ₂ O ₅	1.0-5.0%
Y ₂ O ₃	0.5-2.0%
Ta ₂ O ₅	1.1-5.0%
Gd ₂ O ₃	0.1-0.9%。

7. 根据权利要求5或6所述的制备方法,其特征在于,所述填充玻璃丝的玻璃的折射率为1.80~1.82;在30~300℃范围的平均线热膨胀系数为 $(90 \pm 5) \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$,所述填充玻璃丝的玻璃的应变点温度610-630℃,所述填充玻璃丝的玻璃在400-700nm的光谱内透射比大于95%,在850-900℃保温6小时不析晶不分相。

8. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,用于制备所述光吸收料玻璃的组合物,由以下摩尔百分含量的组分组成:

SiO ₂	71.0-80.0%
Al ₂ O ₃	0.5-5.0%
B ₂ O ₃	1.0-5.0%
Na ₂ O	1.0-11.0%
K ₂ O	6.0-11.0%
MgO	0.1-2.0%
CaO	0.1-2.0%
BaO	0-0.04%
TiO ₂	0-1.0%
Co ₂ O ₃	0.1-0.4%

NiO	0.1-1.0%
MnO	1.0-5.0%
V ₂ O ₅	0.1-1.0%
CeO ₂	0-0.2%
CuO	0-0.05%。

9. 根据权利要求8所述的制备方法,其特征在於,用于制备所述光吸收料玻璃的组合物,由以下摩尔百分含量的组分组成:

SiO ₂	74.0-80.0%
Al ₂ O ₃	1.5-5.0%
B ₂ O ₃	1.0-5.0%
Na ₂ O	5.1-11.0%
K ₂ O	8.1-11.0%
MgO	0.1-2.0%
CaO	0.1-2.0%
BaO	0.01-0.04%
TiO ₂	0.01-1.0%
Co ₂ O ₃	0.1-0.4%
NiO	0.1-1.0%
MnO	1.0-5.0%
V ₂ O ₅	0.1-1.0%
CeO ₂	0.01-0.2%
CuO	0.01-0.05%。

10. 根据权利要求8或9所述的制备方法,其特征在於,所述光吸收料玻璃在 0.5 ± 0.01 mm厚度下,在510-660nm波长范围内具有强烈均匀的光吸收能力和光谱吸收效果,光谱透过率 $\leq 3.0\%$;所述光吸收料玻璃的热膨胀系数 $(85 \pm 5) \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$;在850-900 $^{\circ}\text{C}$ 保温6小时不析晶不分相。

11. 一种权利要求1-10任一项所述的制备方法制备得到的超窄扭丝区光纤倒像器,其特征在於,所述的超窄扭丝区光纤倒像器整体高度不大于15mm,重量小于20g;所述的超窄扭丝区光纤倒像器在距刀口0.1mm处串光小于1.0%;所述的超窄扭丝区光纤倒像器的单元纤维丝径不大于4.0微米;所述超窄扭丝区光纤倒像器的中心分辨力大于140lp/mm,边缘分辨力大于110lp/mm;所述的超窄扭丝区光纤倒像器在400-700nm波长范围内透过率 $> 70\%$;所述的超窄扭丝区光纤倒像器在10倍显微镜下观察无明显复丝边界。

12. 一种权利要求11所述的超窄扭丝区光纤倒像器在微光像增强器中的应用。

13. 根据权利要求12所述的应用,其特征在於,所述微光像增强器应用于头盔夜视仪中。

一种超窄扭丝区光纤倒像器的制备方法及应用

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤传像元件制造领域,特别涉及一种超窄扭丝区光纤倒像器的制备方法及应用。

背景技术

[0002] 夜战能力已成为现代高科技战争衡量部队作战能力的重要标志,头盔夜视仪是为士兵适应更复杂的夜间作战环境,实现更早发现、更清楚看到全天候作战的目标应运而生的。头盔夜视仪就是将微光夜视仪安装在头盔上,主要应用在飞行员、夜间驾驶员、特种兵作战等方面,已成为士兵的重要武器装备。在头盔上安装夜视仪能使飞行员在光线较弱的情况下对外界进行观察并提供更宽的视场,使直升机驾驶员在低亮度条件下也能进行贴近地面飞行。但是将夜视仪安装在驾驶员标准飞行头盔前方,这就导致夜视仪、头盔和头部的联合重心由正常的头部重心向前上方偏移。夜视仪和与其相连的安装支架的附加重量及由此产生的重心偏移成为驾驶员的一种额外负担,从而导致在常规飞行中驾驶员会感到疲劳,在突然的机动飞行中就有可能造成驾驶员颈部受伤。有些系统在头盔后部安装平衡物或夜视仪的电池,能纠正部分重心偏移,但会增加头部所负担的总重量,也限制了头盔中的头部运动,极大地减小了驾驶员的潜在观察范围。而且头盔夜视仪由于质量过大、重心不稳、外形轮廓增大、抗噪能力有限、舒适性差等问题,已成为影响飞行员健康及飞行安全的重要因素。长时间佩戴飞行头盔容易产生头颈部负荷大、热负荷高、听力下降、视觉受损、心理负荷增大等问题,加重飞行疲劳程度,严重时可直接影响飞行员操作水平,威胁飞行安全,特别是在长时间佩戴后,容易出现颈部疼痛、听力损失、热负荷大、舒适性差等现象,进而加重飞行员飞行疲劳,导致飞行员操作协调性下降、动作力量不稳,难以熟练、准确地完成飞行动作,人为因素失误发生率显著增加。为继续保持夜视技术的优势以及适应部队士兵高机动作战的整体要求,头盔夜视仪在不断向小型化、轻量化、集成化方向发展,其目标就是减小体积、减小重量、使物镜目镜突出量小,重心更贴近面部,增大视场,增加通视能力,使其更适合长时间头戴使用。

[0003] 光纤倒像器是头盔夜视仪中的核心光学元器件,是一种性能优异的光电成像元器件,具有数值孔径大,传光效率高,分辨率高,传像真实清晰,在光学上具有零厚度,结构简单,体积小,重量轻,气密性好,畸变小,斑点少,级间耦合损失小,耦合效率高能改善边缘像质等特点,作为微光像增强器的光学输出窗口,对提高成像器件的品质起着重要的作用,是当今世界光电子行业的高科技尖端产品。为了满足头盔夜视仪小型化、轻量化以及分辨率和成像清晰度的发展要求,一直希望通过缩小光纤倒像器高度、体积和重量以减小头盔夜视仪的总体重量和体积的目标。相关研究表明,如果光纤倒像器的重量能够降低30%,与头盔夜视仪配套的相关结构、元器件以及电池结构等的整体重量就能够降低50%以上,能极大的满足士兵作战时灵活性和机动性的要求,对提升部队夜间作战能力起到非常重要的作用。因此,研发一种超窄扭丝区光纤倒像器成为满足头盔夜视仪小型化、轻量化的迫切需求。

[0004] 超窄扭丝区光纤倒像器是光纤倒像器的扭丝区经过压缩后制备而成的,较正常光纤倒像器的高度和重量都明显降低减重,但是正常光纤倒像器的扭丝区经过压缩,会使得光纤倒像器的边缘纤维拉伸变形更严重,光学纤维间还会发生滑移,特别是边缘光学纤维的皮层厚度会拉伸变薄,而由于光学纤维完全是由皮层玻璃紧密熔合在一起,各相邻之间的光学纤维靠的非常近,而皮层玻璃由于扭区的压缩会导致纤维拉伸变形不均匀,从而使得入射光进入到光学纤维芯料玻璃中的光线在相邻纤维间的皮层发生串光的现象,导致输入的光线会在全反射过程中穿透皮层发生渗透现象,导致边缘光学纤维的全反射机理消失,直接影响光学纤维的传光和传像性能,使得超窄扭丝区光纤倒像器出现诸如边缘分辨力消失、透过率下降、对比度降低、图像传输发生畸变等问题。特别是随着光纤倒像器扭丝区压缩的越短,会给超窄扭丝区倒像器的制备工艺带来极大困难,在制备过程中不仅要考虑边缘分辨力,还要考虑制备过程中,工艺中材料的匹配性、成分的相互扩散等影响,因此,超窄扭丝区光纤倒像器的制备难度非常大。

发明内容

[0005] 本发明为了解决现有技术中制备超窄扭丝区光纤倒像器存在的问题,提供了一种具有分辨力高、对比度高、成像清晰的超窄扭丝区光纤倒像器的制备方法。

[0006] 本发明解决上述问题所采用的技术方案是:

[0007] 一种超窄扭丝区光纤倒像器的制备方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 围管丝拉制:将低折射率、高应变点温度的圆形玻璃棒拉制成的围管丝;

[0009] 拉制围管丝的目的主要是增加了玻璃的应变点温度,增强了光学纤维的皮层拉制强度,使得制备超窄扭丝区倒像器过程中皮层不易发生破损,确保光学纤维的全反射结构。

[0010] 所述拉制的围管丝丝径优选为 $\Phi 1.6\text{mm} \sim \Phi 2.0\text{mm}$,丝径小于 $\Phi 1.6\text{mm}$,无法达到增强光学纤维皮层拉制强度的目的,丝径大于 $\Phi 2.0\text{mm}$,会使得光学纤维的皮层厚度加厚,产生更多的无用光通量,降低光纤倒像器的对比度和透过率。

[0011] (2) 填充玻璃丝拉制:将高折射率、高透过率的玻璃棒拉制成三角形填充玻璃丝;填充玻璃丝的目的主要是增强光学纤维的内部结构和增加填充系数,使超窄扭丝区倒像器在制备过程中不发生纤维结构滑移,同时增加有效光通量的传输。

[0012] (3) 套管吸收丝拉制:将具有良好光吸收性能的光吸收料玻璃制备成光吸收料玻璃棒,再将光吸收料玻璃棒和皮料玻璃管匹配,然后拉制成套管吸收丝;将光吸收丝套皮料玻璃管拉制成是为了降低光吸收料的扩散,提高光学纤维内部结构的光学均匀性。

[0013] (4) 单丝拉制:将所述围管丝均匀围绕在皮料玻璃管的外侧,然后将高折射率的纤芯玻璃棒和围丝后的皮料玻璃管匹配后进行单丝拉制,得到拉制的单丝,所述单丝的丝径优选为 $\Phi 2.4\text{mm} \sim \Phi 4.20\text{mm}$;单丝丝径小于 2.4mm ,排列的一次复合棒的三角孔隙过小,不利于填充玻璃丝的插入填充;单丝丝径大于 4.2mm ,拉制的单丝的圆整度均匀性不易控制,且排列的一次复合棒的结构容易出现散丝和裂丝。因此,根据拉制的单丝丝径的大小,步骤2拉制的填充玻璃丝优选为三角形填充玻璃丝;填充玻璃丝的高度优选为 $0.50 \sim 0.95\text{mm}$ 。

[0014] (5) 一次复丝拉制:将拉制的单丝排列成横截面为正六方形的一次复合棒,所述一次复合棒中,一次复丝棒每边的单丝根数为N根,排成的一次复合棒的单丝总根数为 $(3N(N-1)+1)$ 根,并用所述套管吸收丝替换排列在一次复合棒中最中心的1根单丝,且被替换的单

丝丝径与替换的套管吸收丝的丝径相同;并将所述填充玻璃丝填充插入一次复合棒的三角孔隙中;将上述组合完成的一次复合棒拉制成一次复丝,所述一次复丝的六方形对边尺寸优选为1.10mm~1.30mm;

[0015] 在完成替丝的一次复合棒中,一次复丝棒每边的单丝根数 $8 \geq N \geq 3$;每边的单丝根数少于3根,则内部结构间隙太大,导致无用光通量增多,致使制备的光纤倒像器会出现固定图案噪声缺陷;每边单丝根数超过8根后,则导致一次复合棒排列太粗,内部结构容易产生丝裂、丝散的风险,使得纤维的内部结构紧密程度不易控制,制备的光纤倒像器出现网格和斑点缺陷。优选为每边的单丝根数N为6根。

[0016] (6) 二次复丝拉制:将拉制的一次复丝再排列成横截面为正六方形的二次复合棒,再将二次复合棒拉制成二次复丝,再将拉制的二次复丝定长切割后排列成排屏板段;所述二次复丝的六方形对边尺寸为0.86-1.06mm。

[0017] (7) 热熔压成型:将排屏板段放置到热熔压成型模具中,再将热熔压成型模具放置到热熔压成型炉中,按照设计好的板段热熔压成型前后的压缩比进行热熔压成型,经过热熔压成型后,制得光纤倒像器毛坯板段;

[0018] (8) 扭转成型:将所述光纤倒像器毛坯板段经切割、滚圆、研磨加工处理后,制备成光纤倒像器毛坯,所述光纤倒像器毛坯在超窄高温区扭转成型炉中经 180° 角度的扭转成型,即制备得到超窄扭丝区光纤倒像器;

[0019] 所述超窄高温区的加热炉发热体宽度3~4mm;加热炉发热体宽度小于3mm,无法达到光纤倒像器扭转成型所需的温度和加热功率,加热炉发热体宽度大于4mm,则无法实现制得超窄扭丝区倒像器。

[0020] 所述超窄高温区的加热炉发热体距离光纤倒像器毛坯表面的距离为1.0~2.5mm,距离小于1.0mm,容易导致表面出现温度过热,制备的倒像器会出现边缘透过率下降;距离大于2.5mm,则会使得加热区变宽,不易制备出超窄扭丝区倒像器。

[0021] 所述光纤倒像器毛坯扭转 180° 角度的扭转成型时间为2~9分钟,扭转时间小于2分钟,会使倒像器毛坯表面温度过高,容易出现边缘透过率下降,扭转时间超过9分钟,则会使得超窄扭丝区倒像器的边缘分辨力降低。

[0022] 通过本发明的制备方法制备得到的超窄扭丝区光纤倒像器,其整体高度能做到不大于15mm,重量小于20g;所述制备的超窄扭丝区光纤倒像器的单元纤维丝径 $\leq 4.0\mu\text{m}$;所述超窄扭丝区光纤倒像器的中心分辨力大于140lp/mm,边缘分辨力大于110lp/mm;所述的超窄扭丝区光纤倒像器在距刀口0.1mm处串光小于1.0%;所述的超窄扭丝区光纤倒像器具有优良的透光性能,在400-700nm波长范围内透过率 $> 70\%$;所述的超窄扭丝区光纤倒像器具有优良的固定图案噪声性能,在10倍显微镜下观察无明显复丝边界。

[0023] 本发明还提供所述的超窄扭丝区光纤倒像器在微光像增强器中的应用。

[0024] 所述围管丝的组合物由以下摩尔百分含量的组分组成:

	SiO ₂	78.1-80.0%
	Al ₂ O ₃	3.1-7.0%
	B ₂ O ₃	2.0-8.0%
	Li ₂ O	0-1.0%
	Na ₂ O	0-2.9%
	K ₂ O	5.1-10.0%
[0025]	CaO	1.1-3.0%
	SrO	0-1.0%
	ZnO	1.1-2.0%
	TiO ₂	0-1.0%
	CeO ₂	0.05-0.2%
	MgF ₂	0-2.0%
	CaF ₂	0.05-2.0%。

[0026] 所述围管丝的组合物由以下摩尔百分含量的组分组成：

	SiO ₂	78.2-79.5%
	Al ₂ O ₃	3.5-6.5%
	B ₂ O ₃	3.0-5.5%
[0027]	Li ₂ O	0.1-1.0%
	Na ₂ O	0.1-2.9%
	K ₂ O	6.7-10.0%
	CaO	1.1-3.0%
	SrO	0.1-1.0%
	ZnO	1.1-2.0%

[0028]	TiO ₂	0.01-1.0%
	CeO ₂	0.05-0.2%
	MgF ₂	0.05-2.0%
	CaF ₂	0.05-2.0%。

[0029] 本发明提供的皮层玻璃管的围管丝的玻璃组合物是由SiO₂-Al₂O₃-B₂O₃-R₀-R₂O玻璃系统组成的,引入一定量的Al₂O₃提高玻璃的应变点温度,从而提高制备的超窄扭丝区光纤倒像器压缩扭区后边缘纤维的抗拉伸性能,确保超窄扭丝区光纤倒像器的边缘纤维经过扭丝区的压缩后不发生破损,避免产生斑点缺陷或边缘分辨率降低;引入碱金属氧化物R₀和碱土金属氧化物R₂O来改善玻璃的抗析晶性能和高温粘度特性;并引入CeO₂作为玻璃澄清

剂以消除玻璃内部气泡;引入一定量的ZnO和TiO₂来调节玻璃的粘度,多组份氧化物的设计能有效改善玻璃的抗析晶性能;同时引入一定量的氟化物改善玻璃的折射率,最终得到一种满足制备超窄扭丝区光纤倒像器的玻璃配方。

[0030] 所述围管丝的玻璃的折射率为1.48~1.51;在30~300℃范围的平均线热膨胀系数为 $(80\pm 5)\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$,具有足够长的粘度范围,所述围管丝的玻璃的应变点温度580-620℃,所述围管丝的玻璃的膨胀软化温度为680-710℃,所述围管丝的玻璃在 $10^{7.6}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 的粘度时的温度为780-810℃,在850-900℃保温6小时不析晶不分相,抗析晶性能优良。所述围管丝的玻璃材料和纤芯玻璃棒的玻璃材料在 $10^{7.6}\text{dPa}\cdot\text{s}$ 的扭转粘度点时的温度相同,有利于光纤倒像器扭丝区的压缩,压缩扭丝区后边缘分辨力不会降低。

[0031] 本发明围管丝的玻璃组合中, SiO₂是玻璃形成骨架的主体,是玻璃骨架中起主要作用的成分。SiO₂的摩尔百分比为78.1-80.0mol.%, SiO₂含量低于78.1mol.%,不易获得低折射率的玻璃,同时会降低玻璃的耐化学稳定性; SiO₂含量高于80.0mol.%时,玻璃的高温黏度会增加,造成玻璃熔制温度过高,玻璃的制备成本过高,不利于玻璃的生产。

[0032] Al₂O₃属于玻璃的中间体氧化物, Al³⁺在玻璃中有两种配位状态,即位于四面体或八面体中,当玻璃中氧足够多时,形成铝氧四面体[AlO₄],与硅氧四面体形成连续的网络,当玻璃中氧不足时,形成铝氧八面体[AlO₆],为网络外体而处于硅氧结构网络的空穴中,所以在一定含量范围内可以和SiO₂一样成为玻璃网络形成主体。Al₂O₃的摩尔百分比为3.1-7.0mol.%,优选为3.5-6.5mol.%, Al₂O₃能显著提高玻璃材料的应变点温度,是解决超窄扭丝区光纤倒像器边缘分辨力不下降问题的主要成分,当Al₂O₃的含量低于3.1mol.%,会增加玻璃的脆性,玻璃的应变点温度也不够高,不利于玻璃纤维的拉伸变形,会使得制备的超窄扭丝区光纤倒像器的边缘分辨力降低;当Al₂O₃的含量大于7.0mol.%时,会使得玻璃的熔制温度显著升高,同时显著增加玻璃的高温粘度,使得单丝拉制时呈椭圆形,单丝的圆整度无法控制,不利于光学纤维丝的拉制成型和纤维丝径尺寸的控制。

[0033] B₂O₃为玻璃形成氧化物,也是构成玻璃骨架的成分,同时又是一种降低玻璃熔制黏度的助熔剂。硼氧三角体[BO₃]和硼氧四面体[BO₄]为结构组元,在不同条件下硼可能以三角体[BO₃]或硼氧四面体[BO₄]存在,在高温熔制条件时,一般难于形成硼氧四面体,而只能以三角体的方式存在,但在低温时,在一定条件下B³⁺有夺取游离氧形成四面体的趋势,使结构紧密而提高玻璃的低温黏度,但由于它有高温降低玻璃黏度和低温提高玻璃黏度的特性,也是降低玻璃折射率的主要成分,由此决定了B₂O₃的含量范围较小。B₂O₃的摩尔百分比为2.0-8.0mol.%, B₂O₃的含量低于2.0mol.%,无法起到助熔的作用,同时会降低玻璃的化学稳定性; B₂O₃的含量大于8.0mol.%,会降低玻璃的应变点温度以及延长玻璃料性,不利于光学纤维的拉制成型和纤维丝径尺寸的控制,同时使玻璃的分相倾向增加。

[0034] Li₂O是碱金属氧化物,是玻璃结构网络外体氧化物, Li₂O的摩尔百分比为0-1.0mol.%,主要起降低玻璃熔制黏度的作用, Li₂O的含量大于1.0mol.%,会增大玻璃的析晶倾向。

[0035] Na₂O是碱金属氧化物,是玻璃结构网络外体氧化物, Na₂O的摩尔百分比为0-2.9mol.%, Na₂O的含量大于2.9mol.%,会增加玻璃的折射率和热膨胀系数,增大玻璃的析晶倾向。

[0036] K₂O是碱金属氧化物,是玻璃结构网络外体氧化物, K₂O的摩尔百分比含量为5.1-

10.0mol.%,优选7.1-10.0mol.%, K_2O 的含量小于5.1mol.%,起不到调节玻璃高温熔制黏度的作用, K_2O 的含量大于10.0mol.%,会增加玻璃的折射率和热膨胀系数,增大玻璃的析晶倾向。

[0037] CaO 是碱土金属氧化物,是玻璃结构的网络外体氧化物, CaO 的摩尔百分比为1.1-3.0mol.%, CaO 的含量大于3.0mol.%,会降低玻璃耐化学稳定性,增大玻璃的析晶倾向。

[0038] SrO 是碱土金属氧化物,是玻璃结构网络外体氧化物, SrO 的摩尔百分比为0-1.0mol.%, SrO 的含量大于1.0mol.%,会降低玻璃耐化学稳定性,增大玻璃的析晶倾向。

[0039] ZnO 是用来降低玻璃的熔制温度的, ZnO 的摩尔百分比为1.1-2.0mol.%, ZnO 的含量大于2.0mol.%,会降低玻璃的耐化学稳定性,增加玻璃的折射率和析晶倾向。

[0040] TiO_2 在玻璃熔液中以呈现 Ti^{3+} 和 Ti^{4+} 两种价态,在硅酸盐玻璃中通常以 Ti^{4+} 价态存在,这时其3d轨道是空的,不能发生d轨道中电子之间的“d-d”跃迁,所以 Ti^{4+} 价态在玻璃中呈现无色,然而,由于 Ti^{4+} 能强烈地吸收紫外线,其吸收带通常可以进入可见光区的紫蓝色部分,致使玻璃实际呈现棕黄色,特别是 Ti^{4+} 有加强过渡元素着色的作用,致使玻璃原料中即便含有少量的过渡元素,所得的玻璃仍然会呈现较深的颜色,这种作用对铁元素尤为明显。 TiO_2 的摩尔百分比为0-1.0%, TiO_2 是用来调节玻璃的折射率和透过率的, TiO_2 的含量大于1.0mol.%,会降低玻璃的透过率,增加玻璃的折射率。

[0041] CeO_2 是玻璃熔制澄清剂, CeO_2 的摩尔百分比为0.05-0.2%, CeO_2 的含量大于0.2mol.%,会降低玻璃的透过率并增加玻璃的析晶倾向。

[0042] MgF_2 和 CaF_2 是用来调节玻璃折射率和高温粘度特性的, MgF_2 的摩尔百分比为0-2.0mol.%, MgF_2 含量大于2.0mol.%,会增加玻璃的析晶倾向; CaF_2 的含量为0.05-2.0mol.%, CaF_2 含量大于2.0mol.%,反而不利于玻璃液中小气泡的消除,同时会增加玻璃的析晶倾向。

[0043] 本发明的围管丝玻璃属于硅酸盐玻璃,玻璃中不含有变价元素的氧化物如 As_2O_3 、 PbO 、 BaO 、 Fe_2O_3 等,即使含有及其微少的量也是由于其它玻璃原料所带入,但是对玻璃原材料的引入时这些变价元素的含量要严格控制在1ppm以下。

[0044] 采用在皮层玻璃管的外围设置围管丝,制备的超窄扭丝区光纤倒像器,具有高粘度和高应变点温度的特性,制备的超窄扭丝区光纤倒像器的边缘分辨力不下降,斑点缺陷少,边缘分辨力和透过率均匀性良好。

[0045] 所述围管丝玻璃与皮料玻璃管的成分不同,且围管丝玻璃的应变点温度明显高于皮料玻璃管。这样有利于增强光学纤维的皮层拉伸变形强度,使光学纤维皮层玻璃经过扭丝区的压缩后不易发生破损,还能保证光学纤维全反射的结构。

[0046] 所述围管丝的玻璃和纤芯玻璃棒的玻璃在 $10^{7.6}$ dPa.s的扭转粘度点时的温度相同,这样才能有利于光纤倒像器的扭丝区的压缩,才能制备出性能指标合格的超窄扭丝区光纤倒像器。如果两者在 $10^{7.6}$ dPa.s的扭转粘度点时的温度不相同或者扭转粘度点温度偏离较远,那么所制备的光纤倒像器经压缩扭区后会致边缘分辨力降低,达不到边缘分辨力大于110lp/mm的效果。

[0047] 所述填充玻璃丝的组合由以下摩尔百分含量的组分组成:

	SiO ₂	15.0-25.0%
	Al ₂ O ₃	0-0.5%
	B ₂ O ₃	20.0-30.0%
	MgO	1.01-2.0%
	SrO	1.0-5.0%
	BaO	15.0-25.0%
	ZnO	0.5-2.0%
[0048]	SnO ₂	0.1-0.2%
	TiO ₂	5.0-9.0%
	WO ₃	1.0-5.0%
	La ₂ O ₃	5.0-10.0%
	Nb ₂ O ₅	1.0-5.0%
	Y ₂ O ₃	0.5-2.0%
	Ta ₂ O ₅	1.1-5.0%
	Gd ₂ O ₃	0-0.9%。
[0049]	所述填充玻璃丝的组合由以下摩尔百分含量的组分组成：	
	SiO ₂	19.0-25.0%
	Al ₂ O ₃	0.1-0.5%
[0050]	B ₂ O ₃	25.0-30.0%
	MgO	1.01-2.0%

	SrO	1.0-5.0%
	BaO	15.0-25.0%
	ZnO	0.5-2.0%
	SnO ₂	0.1-0.2%
	TiO ₂	5.0-9.0%
[0051]	WO ₃	1.0-5.0%
	La ₂ O ₃	5.0-9.0%
	Nb ₂ O ₅	1.0-5.0%
	Y ₂ O ₃	0.5-2.0%
	Ta ₂ O ₅	1.1-5.0%
	Gd ₂ O ₃	0.1-0.9%。

[0052] 本发明又提供一种填充插入在一次复合棒孔隙中的填充玻璃丝的玻璃组合物,该玻璃组合物的折射率为1.80~1.82;在30~300℃范围的平均线热膨胀系数为 $(90 \pm 5) \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$,所述填充玻璃丝的玻璃的应变点温度610-630℃,该玻璃在400-700nm的光谱内透射比大于95%,该玻璃在850-900℃保温6小时不析晶不分相,抗析晶性能优良。

[0053] 本发明填充玻璃丝组合物中, SiO₂是玻璃形成骨架的主体,是玻璃骨架中起主要作用的成分。SiO₂的摩尔百分比(mol.%)为15.0-25.0。SiO₂含量低于15.0mol.%,不易获得高折射率的玻璃,同时会降低玻璃的耐化学稳定性;SiO₂含量高于25.0mol.%时,玻璃的高温黏度会增加,造成玻璃熔制温度过高,同时玻璃的热膨胀系数会降低。

[0054] Al₂O₃属于玻璃的中间体氧化物, Al³⁺在玻璃中有两种配位状态,即位于四面体或八面体中,当玻璃中氧足够多时,形成铝氧四面体[AlO₄],与硅氧四面体形成连续的网络,当玻璃中氧不足时,形成铝氧八面体[AlO₆],为网络外体而处于硅氧结构网络的空穴中,所以在一定含量范围内可以和SiO₂一样成为玻璃网络形成主体。Al₂O₃的摩尔百分比为0-0.5mol.%,优选为0.1-0.5mol.%,当Al₂O₃的含量大于0.5mol.%时,会使得玻璃的熔制温度显著升高,同时显著增加玻璃的高温粘度。

[0055] B₂O₃为玻璃形成氧化物,也是构成玻璃骨架的成分,同时又是一种降低玻璃熔制黏度的助熔剂。硼氧三角体[BO₃]和硼氧四面体[BO₄]为结构组元,在不同条件下硼可能以三角体[BO₃]或硼氧四面体[BO₄]存在,在高温熔制条件时,一般难于形成硼氧四面体,而只能以三角体的方式存在,但在低温时,在一定条件下B³⁺有夺取游离氧形成四面体的趋势,使结构紧密而提高玻璃的低温黏度,但由于有高温降低玻璃黏度和低温提高玻璃黏度的特性,也是降低玻璃折射率的主要成分。B₂O₃的摩尔百分比(mol.%)为20.0-30.0, B₂O₃的含量低于20.0mol.%,无法起到助熔的作用,同时会降低玻璃的化学稳定性;B₂O₃含量大于30.0mol.%,会降低玻璃折射率,同时使玻璃的分相倾向增加。

[0056] MgO是玻璃结构网络外体氧化物, MgO的摩尔百分比(mol.%)为1.01-2.0, MgO的含量大于2.0mol.%,会降低玻璃耐化学稳定性,增加玻璃的热膨胀系数。

[0057] SrO是玻璃结构网络外体氧化物, SrO的摩尔百分比(mol.%)为1.0-5.0, SrO的含

量大于5.0mol.%,会降低玻璃耐化学稳定性,增加玻璃的热膨胀系数。

[0058] BaO是玻璃结构网络外体氧化物,能有效提高玻璃的折射率,BaO的摩尔百分比(mol.%)为15.0-25.0,BaO的含量小于15.0mol.%,会显著降低玻璃的折射率,BaO的含量大于25.0mol.%,会增加玻璃的析晶温度,增大玻璃的析晶倾向,同时使得玻璃的密度显著提高。

[0059] ZnO是调节玻璃熔制温度和玻璃析晶性能的氧化物,ZnO的摩尔百分比(mol.%)为0.5-2.0,ZnO的含量大于2.0mol.%,会降低玻璃耐化学稳定性,增加玻璃的析晶倾向。

[0060] SnO₂是玻璃澄清剂,SnO₂的摩尔百分比(mol.%)为0.1-0.2,SnO₂的含量大于0.2mol.%,会增加玻璃的析晶倾向。

[0061] TiO₂是用来提高玻璃的折射率和透过率的,TiO₂的摩尔百分比(mol.%)为5.0-9.0,TiO₂的含量大于9.0mol.%,会降低玻璃的透过率。

[0062] WO₃是用来调节玻璃析晶性能的氧化物,WO₃的摩尔百分比(mol.%)为1.0-5.0,WO₃的含量大于5.0mol.%,会增加玻璃的析晶倾向。

[0063] La₂O₃是镧系稀土氧化物,能提高玻璃的折射率,La₂O₃的摩尔百分比(mol.%)为5.0-10.0,La₂O₃含量大于10.0mol.%时会造成玻璃的热膨胀系数增加。

[0064] Nb₂O₅也是稀土氧化物,能增加玻璃的折射率,Nb₂O₅的摩尔百分比(mol.%)为1.0-5.0,但Nb₂O₅含量大于5.0mol.%时会造成玻璃的密度和热膨胀系数增加。

[0065] Y₂O₃是镧系稀土氧化物,能提高玻璃的折射率,也是用来调节玻璃析晶性能的氧化物,Y₂O₃的摩尔百分比(mol.%)为0.5-2.0,但Y₂O₃含量大于2.0mol.%时会造成玻璃的热膨胀系数增加。

[0066] Ta₂O₅也是稀土氧化物,能增加玻璃的折射率,Ta₂O₅的摩尔百分比(mol.%)为1.1-5.0,但Ta₂O₅含量大于5.0mol.%时会造成玻璃的密度和热膨胀系数增加。

[0067] Gd₂O₃也是稀土氧化物,能增加玻璃的折射率,也是用来调节玻璃析晶性能的氧化物,Gd₂O₃的摩尔百分比(mol.%)为0-0.9,Gd₂O₃含量大于0.9mol.%时会造成玻璃的密度和热膨胀系数增加。

[0068] 本发明优选填充插入三角孔隙中的填充玻璃丝为三角形,三角形填充玻璃丝能使得超窄扭丝区光纤倒像器的内部纤维结构不发生滑动偏移,维持光学纤维稳定的全反射结构,同时使得入射进入光学纤维的有用光通量显著增加,从而提高超窄扭丝区光纤倒像器的透过率和透过率均匀性。

[0069] 所述填充玻璃丝的材料与纤芯玻璃的成分不同,且填充玻璃丝的应变点温度明显高于纤芯玻璃。这样有利于增强倒像器内部结构的稳定性,使光学纤维经过扭丝区的压缩后不易发生纤维结构滑移变形,以确保光学纤维的全反射结构。

[0070] 所述光吸收料玻璃的组合物由以下摩尔百分含量的组分组成:

	SiO ₂	71.0-80.0%
	Al ₂ O ₃	0.5-5.0%
	B ₂ O ₃	1.0-5.0%
	Na ₂ O	1.0-11.0%
	K ₂ O	6.0-11.0%
[0071]	MgO	0.1-2.0%
	CaO	0.1-2.0%
	BaO	0-0.04%
	TiO ₂	0-1.0%
	Co ₂ O ₃	0.1-0.4%
	NiO	0.1-1.0%
	MnO	1.0-5.0%
	V ₂ O ₅	0.1-1.0%
[0072]	CeO ₂	0-0.2%
	CuO	0-0.05%。
[0073]	所述光吸收料玻璃的组合物由以下摩尔百分含量的组分组成：	
	SiO ₂	74.0-80.0%
	Al ₂ O ₃	1.5-5.0%
	B ₂ O ₃	1.0-5.0%
	Na ₂ O	5.1-11.0%
	K ₂ O	8.1-11.0%
	MgO	0.1-2.0%
	CaO	0.1-2.0%
[0074]	BaO	0.01-0.04%
	TiO ₂	0.01-1.0%
	Co ₂ O ₃	0.1-0.4%
	NiO	0.1-1.0%
	MnO	1.0-5.0%
	V ₂ O ₅	0.1-1.0%
	CeO ₂	0.01-0.2%
	CuO	0.01-0.05%。

[0075] 由于用于微光夜视仪的荧光屏采用的荧光粉的波长在510-560nm范围,主要以绿光波长为主,本发明所述光吸收料玻璃在 $0.5 \pm 0.01\text{mm}$ 厚度下,在510-660nm波长范围内具有强烈均匀的光吸收能力和光谱吸收效果,光谱透过率 $\leq 3.0\%$,具有良好的光纤倒像器对比度性能调节;具有与皮层玻璃相似的热膨胀系数和粘度特性,光吸收料玻璃的热膨胀系数 $(85 \pm 5) \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$;具有良好的化学稳定性和抗析晶性能,光吸收料玻璃在850-900 $^\circ\text{C}$ 保温6小时不析晶不分相,抗析晶性能优良,化学稳定性优良。

[0076] 本发明的光吸收料玻璃组合中, SiO_2 是玻璃形成骨架的主体,是玻璃骨架中起主要作用的成分。 SiO_2 的摩尔百分比(mol.%)为71.0-80.0。 SiO_2 含量低于71.0mol.%,不易获得与皮料玻璃相似的热膨胀系数,同时会降低玻璃的耐化学稳定性; SiO_2 含量高于80.0mol.%时,玻璃的高温黏度会增加,造成玻璃熔制温度过高。

[0077] Al_2O_3 属于玻璃的中间体氧化物, Al^{3+} 有两种配位状态,即位于四面体或八面体中,当玻璃中氧足够多时,形成铝氧四面体 $[\text{AlO}_4]$,与硅氧四面体形成连续的网络,当玻璃中氧不足时,形成铝氧八面体 $[\text{AlO}_6]$,为网络外体而处于硅氧结构网络的空穴中,所以在一定含量范围内可以和 SiO_2 是玻璃网络形成的主体。 Al_2O_3 的摩尔百分比(mol.%)为0.5-5.0, Al_2O_3 含量大于5.0mol.%会显著增加玻璃高温黏度,使玻璃的熔制温度升高。

[0078] B_2O_3 为玻璃形成氧化物,也是构成玻璃骨架的成分,同时又是一种降低玻璃熔制黏度的助熔剂。硼氧三角体 $[\text{BO}_3]$ 和硼氧四面体 $[\text{BO}_4]$ 为结构组元,在不同条件下硼可能以三角体 $[\text{BO}_3]$ 或硼氧四面体 $[\text{BO}_4]$ 存在,在高温熔制条件时,一般难于形成硼氧四面体,而只能以三角体的方式存在,但在低温时,在一定条件下 B^{3+} 有夺取游离氧形成四面体的趋势,使结构紧密而提高玻璃的低温黏度,但由于其有高温降低玻璃黏度和低温提高玻璃黏度的特性,也是降低玻璃折射率的主要成分,由此决定了其含量范围较小。 B_2O_3 的摩尔百分比(mol.%)为1.0-5.0, B_2O_3 的含量大于5.0mol.%,会使玻璃的分相倾向增加。

[0079] Na_2O 是玻璃结构网络外体氧化物, Na_2O 的摩尔百分比(mol.%)为1.0-11.0, Na_2O 的含量大于11.0mol.%时会增加玻璃的热膨胀系数。

[0080] K_2O 是玻璃结构网络外体氧化物, K_2O 的摩尔百分比(mol.%)为6.0-11.0, K_2O 的含量大于11.0mol.%时会增加玻璃的热膨胀系数。

[0081] MgO 是玻璃结构网络外体氧化物,是用来调节玻璃析晶温度的, MgO 的摩尔百分比(mol.%)为0.1-2.0, MgO 的含量大于2.0mol.%时会增加玻璃的析晶倾向。

[0082] CaO 是玻璃结构网络外体氧化物, CaO 的摩尔百分比(mol.%)为0.1-2.0, CaO 的含量大于2.0mol.%,会降低玻璃耐化学稳定性,增大玻璃的析晶倾向。

[0083] BaO 是玻璃结构网络外体氧化物,是用来调节玻璃析晶温度的, BaO 的摩尔百分比(mol.%)为0-0.04, BaO 的含量大于0.04mol.%,会降低玻璃耐化学稳定性,增大玻璃的析晶倾向。

[0084] TiO_2 是用来调节玻璃耐化学稳定性和析晶性的, TiO_2 的摩尔百分比(mol.%)为0-1.0, TiO_2 的含量大于1.0mol.%,会降低玻璃的耐化性,增加析晶倾向。

[0085] Co_2O_3 是光吸收料玻璃的着色剂, Co_2O_3 的摩尔百分比(mol.%)为0.1-0.4, Co_2O_3 比 CoO 具有更低的熔点,使得 Co_2O_3 能与其他着色离子结合起来,在玻璃中形成稳定的形态,从而使光吸收料着色更稳定。 Co_2O_3 的含量大于0.4mol.%时,会降低玻璃耐化学稳定性,增大玻璃的析晶倾向。

[0086] NiO是光吸收料玻璃的着色剂,NiO的摩尔百分比(mol.%)为0.1-1.0,Ni²⁺在可见光区域具有较好的吸收效果,NiO的含量大于1.0mol.%,会降低玻璃耐化学稳定性,增大玻璃的析晶倾向。

[0087] MnO是光吸收料玻璃的着色剂,在本发明中MnO是起主要作用的光吸收剂,MnO比MnO₂具有更高的熔点温度,且Mn²⁺在400-700nm之间具有稳定的光吸收能力,能在玻璃中形成稳定的着色,MnO的摩尔百分比(mol.%)为1.0-5.0,MnO的含量大于5.0mol.%,会降低玻璃耐化学稳定性,增大玻璃的析晶倾向。

[0088] V₂O₅是光吸收料玻璃的着色剂,V₂O₅的摩尔百分比(mol.%)为0.1-1.0,V₂O₅能固化锰离子着色,从而使光吸收料着色更稳定。V₂O₅的含量大于1.0mol.%时,会降低玻璃耐化学稳定性,增大玻璃的析晶倾向。

[0089] CeO₂是一种稀土氧化物,主要调节玻璃的析晶性能和起到玻璃澄清剂的作用,CeO₂的摩尔百分比(mol.%)为0-0.2,CeO₂的含量大于0.2mol.%时,会增大玻璃的析晶倾向。

[0090] CuO是光吸收料玻璃的着色剂,能与Ni²⁺、Co³⁺、Mn²⁺等相结合,在玻璃中形成稳定的着色,利用复合吸收作用,可以保证吸收400nm-700nm波长范围的杂散光,获得较好的光吸收效果,使光吸收曲线在可见光区域不出现明显的透过峰,CuO的摩尔百分比(mol.%)为0-0.05,但CuO的含量大于0.05mol.%,会增大玻璃的析晶倾向。

[0091] 采用本发明的光吸收料玻璃应用在超窄扭丝区光纤倒像器上,能有效提高光学纤维间杂散光的吸收,以降低纤维间的串光,从而达到提升光纤倒像器成像的对比度和清晰度的效果。采用光吸收料套管的技术,能有效提高光纤倒像器的成像均匀性。

[0092] 本发明的光吸收料玻璃可应用于超窄扭丝区光纤倒像器中,该超窄扭丝区光纤倒像器可应用于微光像增强器中。

[0093] 具体地,本发明还提供一种所述的制备方法制备得到的超窄扭丝区光纤倒像器在微光像增强器中的应用。采用本发明的超窄扭丝区光纤倒像器可应用于头盔夜视仪中。

[0094] 与现有技术相比,本发明制备的一种超窄扭丝区光纤倒像器具有以下优点:

[0095] (1)所述的超窄扭丝区光纤倒像器整体高度能做到不大于15mm,重量小于20g;

[0096] (2)所述的超窄扭丝区光纤倒像器在距刀口0.1mm处串光小于1.0%;

[0097] (3)所述的超窄扭丝区光纤倒像器的单元纤维丝径不大于4.0微米,所述超窄扭丝区光纤倒像器的中心分辨力大于140lp/mm,边缘分辨力大于110lp/mm;

[0098] (4)所述的超窄扭丝区光纤倒像器在400-700nm波长范围内透过率>70%;

[0099] (5)所述的超窄扭丝区光纤倒像器具有优良的固定图案噪声性能,在10倍显微镜下观察无明显复丝边界。

[0100] 本发明的超窄扭丝区光纤倒像器具有透光均匀性好、分辨力高、对比度高、成像清晰的优点,采用本发明的超窄扭丝区光纤倒像器应用在微光像增强器上,能有效降低微光像管的体积和重量,提高头盔夜视仪的成像清晰度。

附图说明

[0101] 图1为本发明实施例提供的皮料玻璃管外层设置围丝管的结构示意图;

[0102] 图2为本发明实施例提供的超窄扭丝区光纤倒像器的一次复丝结构示意图;

[0103] 图3为本发明实施例提供的纤芯玻璃和围管丝玻璃的粘度拟合曲线;

- [0104] 图4为本发明实施例提供的光吸收料玻璃的透过率曲线；
- [0105] 图5为本发明实施例提供的超窄高温区扭转成型加热炉结构示意图；
- [0106] 图6为本发明实施例提供的超窄扭丝区光纤倒像器在微光像增强器中的应用示意图；
- [0107] 图7为本发明实施例提供的超窄扭丝区光纤倒像器应用在微光像增强器后再应用到头盔夜视仪上的应用示意图。
- [0108] 图中：
- [0109] 1为皮层玻璃管,2为围管丝,3为填充玻璃丝,4为套管吸收丝,5纤芯玻璃丝,6为围丝后的皮层玻璃；
- [0110] 601为微光像增强器,602为超窄扭丝区光纤倒像器,603为低照度下图像,604为增强后的图像；
- [0111] 701为头盔夜视仪,702为头盔,703为佩戴者；
- [0112] 801为超窄高温区扭转成型炉,802为超窄高温区加热炉发热体,803为光纤倒像器毛坯；

具体实施方式

[0113] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面对本发明实施方式作进一步地详细描述。下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细的说明,但不作为对本发明的限定。

[0114] 参见图1,将围管丝2均匀围绕在皮料玻璃管1的外侧,纤芯玻璃丝5插入皮层玻璃管1内,将上述匹配好的棒管结合体拉制后形成单丝；

[0115] 参见图2,单丝的组成为围丝后的皮层玻璃6内设有纤芯玻璃丝5,按照每边6根单丝排列成横截面为六边形的一次复合棒后,用套管吸收丝4替换排列在六方体一次复合棒的最中心的1根单丝,再将三角形的填充玻璃丝3填充插入一次复合棒的三角孔隙中,将上述组合完成的一次复合棒拉制成如图2所示的一次复丝。

[0116] 参见图3,图3中围管丝2玻璃的高温粘度拟合曲线和纤芯玻璃丝5的高温粘度拟合曲线在扭转粘度点 $10^{7.6}$ dPa.s处的温度相同,使得制备的超窄扭丝区光纤倒像器的边缘分辨力能达到大于110lp/mm的效果。

[0117] 参见图4,为光吸收料的透过率曲线,从中可以看出,在510-660nm波长范围内具有强烈均匀的光吸收能力和光谱吸收效果,光谱透过率 $\leq 3.0\%$,使得制备的超窄扭丝区光纤倒像器的对比度能达到 $\leq 1.0\%$ 的效果。

[0118] 参见图5,为超窄高温区扭转成型加热炉结构示意图,超窄高温区扭转成型炉801内设有超窄高温区加热炉发热体802,光纤倒像器毛坯803在超窄高温区扭转成型炉801中经超窄高温区加热炉发热体802加热后,实现 180° 角度的扭转成型,制备得到超窄扭丝区光纤倒像器。

[0119] 参见图6,为超窄扭丝区光纤倒像器在微光像增强器中的应用,本发明制备得到的超窄扭丝区光纤倒像器602,应用在微光像增强器601中,使用微光像增强器601能够将低照度下图像603转换为增强后的图像604。

[0120] 参见图7,为超窄扭丝区光纤倒像器在头盔夜视仪中的应用,本发明制备得到的超

窄扭丝区光纤倒像器602,应用在微光像增强器601中,最终制备成头盔夜视仪701,安装在头盔702中,被佩戴者703佩戴应用。

[0121] 在本文中,所有的“摩尔百分比mol.%”是基于最终的玻璃组合物的总摩尔量。对本发明用于光纤传像元件是高折射率填充玻璃所测定的参数及测定方法和仪器如下:

[0122] (1) 折射率 n_D 为 $\lambda=589.3\text{nm}$ 时玻璃的折射率,采用折射率测试仪来测定;

[0123] (2) 30-300℃的平均线热膨胀系数 $\alpha_{30/300}[\times 10^{-7}/\text{℃}]$ 采用卧式膨胀仪测量,采用GB/T 16920-2015规定的方法测量;

[0124] (3) 玻璃应变点温度采用GB/T 28196-2011规定的弯梁法来测量;

[0125] (4) 玻璃的透过率采用透过率测试仪来测定。

[0126] 在表1、表2和表3中详细列出了实施例的玻璃化学组成(mol.%)。

[0127] 表1围管丝玻璃实施例的化学组成(mol.%)和性能

[0128]

组成(mol.%)	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5
SiO ₂	78.30	78.40	80.00	78.20	78.10
Al ₂ O ₃	5.30	3.40	3.10	7.00	3.50
B ₂ O ₃	3.00	8.00	2.00	2.10	2.20
Li ₂ O	0.10	0.20	1.00	0.11	0.10
Na ₂ O	2.90	0.20	0.30	0.10	0.20
K ₂ O	6.70	5.10	8.25	7.90	10.00
CaO	1.30	1.20	2.10	1.10	3.00
SrO	0.20	0.10	1.00	0.10	0.20
ZnO	1.10	1.27	1.10	1.12	2.00
TiO ₂	0.50	0.01	1.00	0.01	0.30
CeO ₂	0.09	0.06	0.05	0.20	0.10
MgF ₂	0.11	2.00	0.05	0.06	0.20
CaF ₂	0.40	0.06	0.05	2.00	0.10
$\alpha_{30/300}[\times 10^{-7}/\text{℃}]$	83	81	84	82	85
应变点温度	610	585	580	620	590
折射率 n_D	1.49	1.48	1.51	1.48	1.50

[0129] 表2填充玻璃丝实施例的化学组成(mol.%)和性能

[0130]

组成(mol.%)	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5
SiO ₂	22.7	20.31	25.00	15.00	17.00
Al ₂ O ₃	0.1	0.15	0.25	0.50	0.30
B ₂ O ₃	26.8	24.33	20.00	28.60	30.00
MgO	1.01	1.16	1.65	2.00	1.85
SrO	3.4	3.7	1.00	4.20	5.00
BaO	16.2	21.85	25.00	15.00	24.10
ZnO	0.5	2.0	1.70	1.60	1.50
SnO ₂	0.1	0.16	0.20	0.14	0.18
TiO ₂	8.07	8.61	5.00	9.00	5.37

WO ₃	4.0	1.0	3.00	5.00	2.00
La ₂ O ₃	7.67	7.55	9.00	10.00	5.00
Nb ₂ O ₅	3.22	3.53	5.00	3.10	1.00
Y ₂ O ₃	0.5	1.42	1.20	1.80	2.00
Ta ₂ O ₅	5.0	4.13	1.10	3.26	4.00
Gd ₂ O ₃	0.73	0.1	0.90	0.80	0.70
$\alpha_{30/300}$ [10 ⁻⁷ /°C]	85	90	89	91	87
折射率	1.81	1.82	1.82	1.8	1.81

[0131] 表3光吸收料玻璃实施例的化学组成(mol.%)和性能

组成(mol.%)	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5
SiO ₂	76.00	71.00	80.00	77.66	73.13
Al ₂ O ₃	2.00	1.93	0.50	1.27	5.00
B ₂ O ₃	3.50	5.00	3.04	1.00	1.82
Na ₂ O	5.10	11.00	1.00	2.09	6.46
K ₂ O	8.20	6.00	11.00	8.26	7.80
MgO	0.30	0.10	0.16	2.00	0.25
CaO	1.70	0.10	2.00	0.58	1.19
BaO	0.02	0.01	0.04	0.03	0.02
TiO ₂	0.02	0.14	0.01	0.73	1.00

[0132]

Co ₂ O ₃	0.20	0.40	0.10	0.31	0.28
NiO	0.50	0.88	1.00	0.70	0.10
MnO	1.90	2.86	1.00	5.00	1.88
V ₂ O ₅	0.45	0.54	0.10	0.16	1.00
CeO ₂	0.06	0.02	0.01	0.20	0.04
CuO	0.05	0.02	0.04	0.01	0.03
可见光透过率(厚度 0.5mm)	2.3%	1.7%	2.8%	1.0%	2.1%
$\alpha_{30/300}$ [10 ⁻⁷ /°C]	83	87	81	83	85

[0133]

[0134] 实施例1

[0135] 一种超窄扭丝区光纤倒像器的制备方法,包括以下步骤:

[0136] (1) 围管丝拉制:参照表1实施例1的玻璃组成,制备低折射率、高应变点温度的圆形玻璃棒,将圆形玻璃棒拉制成 $\Phi 1.8\text{mm}$ 的围管丝;

[0137] (2) 填充玻璃丝拉制:参照表2实施例1的玻璃组成,制备高折射率、高透过率的三角形玻璃棒,将三角形玻璃棒拉制成三角形的填充玻璃丝,所述三角形的填充玻璃丝的高度为0.63mm;

[0138] (3) 套管吸收丝拉制:参照表3实施例1的玻璃组成,将具有良好光吸收性能的光吸收料玻璃制备成光吸收料玻璃棒,再将光吸收料玻璃棒和皮料玻璃管匹配,然后拉制成 Φ 2.8mm的套管吸收丝;

[0139] (4) 单丝拉制:将所述围管丝均匀围绕在皮料玻璃管的外侧,然后将高折射率的纤芯玻璃棒和围丝后的皮料玻璃管匹配后进行单丝拉制,得到拉制的单丝,所述单丝的丝径为 Φ 2.8mm;

[0140] (5) 一次复丝拉制:将拉制的单丝排列成横截面为正六方形的一次复合棒,所述一次复合棒中,每边单丝根数为6根,排成的一次复合棒的单丝总根数为91根,并用所述套管吸收丝替换排列在六方体一次复合棒中最中心的1根单丝,且被替换的单丝丝径与替换的套管吸收丝的丝径相同;并将所述三角形玻璃丝填充插入一次复合棒的三角孔隙中;将上述组合完成的一次复合棒拉制成一次复丝,所述一次复丝的六方形对边尺寸为1.27mm;

[0141] (6) 二次复丝拉制:将拉制的一次复丝再排列成横截面为正六方形的二次复合棒,所述二次复合棒每边的根数为12根,再将二次复合棒拉制成二次复丝,所述二次复丝的六方形对边尺寸为0.91mm,再将二次复丝定长切割后排列成排屏板段;

[0142] (7) 热熔压成型:将排屏板段放置到热熔压成型模具中,再将热熔压成型模具放置到热熔压成型炉中,按照设计好的板段热熔压成型前后的压缩比进行热熔压成型,经过热熔压成型后,制得光纤倒像器毛坯板段;

[0143] (8) 扭转成型:将所述光纤倒像器毛坯板段经切割、滚圆、研磨加工处理后,制备成光纤倒像器毛坯,所述光纤倒像器毛坯在超窄高温区扭转成型炉中经 180° 角度的扭转成型,所述的超窄高温区的加热炉体宽度3mm,加热炉体距离光纤倒像器毛坯表面的距离1.0mm,所述超窄扭丝区光纤倒像器毛坯扭转 180° 角度的扭转成型时间为5分钟,即制备得到单元纤维丝径为 $3.96\mu\text{m}$ 的高分辨力、高对比度的超窄扭丝区光纤倒像器。

[0144] 制备得到的超窄扭丝区光纤倒像器高度15mm,重量19.4g,在距刀口0.1mm处串光为0.94%;中心分辨力143lp/mm,边缘分辨力114lp/mm;具有优良的透光性能,在400-700nm波长范围内透过率72%;具有优良的固定图案噪声性能,在10倍显微镜下观察无明显复丝边界。

[0145] 实施例2

[0146] 一种超窄扭丝区光纤倒像器的制备方法,包括以下步骤:

[0147] (1) 围管丝拉制:参照表1实施例2的玻璃组成,制备低折射率、高应变点温度的圆形玻璃棒,将圆形玻璃棒拉制成 Φ 1.6mm的围管丝;

[0148] (2) 填充玻璃丝拉制:参照表2实施例2的玻璃组成,制备高折射率、高透过率的正三角形玻璃棒,将正三角形玻璃棒拉制成三角形的填充玻璃丝,所述三角形的填充玻璃丝的高度为0.95mm;

[0149] (3) 套管吸收丝拉制:参照表3实施例2的玻璃组成,将具有良好光吸收性能的光吸收料玻璃制备成光吸收料玻璃棒,再将光吸收料玻璃棒和皮料玻璃管匹配,然后拉制成 Φ 4.2mm的套管吸收丝;

[0150] (4) 单丝拉制:将所述围管丝均匀围绕在皮料玻璃管的外侧,然后将高折射率的纤芯玻璃棒和围丝后的皮料玻璃管匹配后进行单丝拉制,得到拉制的单丝,所述单丝的丝径为 Φ 4.2mm;

[0151] (5) 一次复丝拉制:将拉制的单丝排列成横截面为正六方形的一次复合棒,所述一次复合棒中,每边单丝根数为5根,排成的一次复合棒的单丝总根数为61根,并用所述套管吸收丝替换排列在六方体一次复合棒中最中心的1根单丝,且被替换的单丝丝径与替换的套管吸收丝的丝径相同;并将所述三角形玻璃丝填充插入一次复合棒的三角孔隙中;将上述组合完成的一次复合棒拉制成一次复丝,所述一次复丝的六方形对边尺寸为1.10mm;

[0152] (6) 二次复丝拉制:将拉制的一次复丝再排列成横截面为正六方形的二次复合棒,所述二次复合棒每边的根数为14根,再将二次复合棒拉制成二次复丝,所述二次复丝的六方形对边尺寸为0.88mm,再将二次复丝定长切割后排列成排屏板段;

[0153] (7) 热熔压成型:将排屏板段放置到热熔压成型模具中,再将热熔压成型模具放置到热熔压成型炉中,按照设计好的板段热熔压成型前后的压缩比进行热熔压成型,经过热熔压成型后,制得光纤倒像器毛坯板段;

[0154] (8) 扭转成型:将所述光纤倒像器毛坯板段经切割、滚圆、研磨加工处理后,制备成光纤倒像器毛坯,所述光纤倒像器毛坯在超窄高温区扭转成型炉中经 180° 角度的扭转成型,所述的超窄高温区的加热炉体发热体的宽度3.5mm,加热炉体发热体距离光纤倒像器毛坯表面的距离1.2mm,所述超窄扭丝区光纤倒像器扭转 180° 角度的扭转成型时间为3分钟,即制备得到单元纤维丝径为 $3.94\mu\text{m}$ 的高分辨力、高对比度的超窄扭丝区光纤倒像器。

[0155] 制备得到的超窄扭丝区光纤倒像器高度14.9mm,重量19.3g,在距刀口0.1mm处串光为0.96%;中心分辨力1431p/mm,边缘分辨力1281p/mm;具有优良的透光性能,在400-700nm波长范围内透过率71%;具有优良的固定图案噪声性能,在10倍显微镜下观察无明显复丝边界。

[0156] 实施例3

[0157] 一种超窄扭丝区光纤倒像器的制备方法,包括以下步骤:

[0158] (1) 围管丝拉制:参照表1实施例3的玻璃组成,制备低折射率、高应变点温度的圆形玻璃棒,将圆形玻璃棒拉制成 $\Phi 2.0\text{mm}$ 的围管丝;

[0159] (2) 填充丝拉制:参照表2实施例3的玻璃组成,制备高折射率、高透过率的正三角形玻璃棒,将正三角形玻璃棒拉制成三角形的填充玻璃丝,所述三角形的填充玻璃丝的高度为0.5mm;

[0160] (3) 套管吸收丝拉制:参照表3实施例3的玻璃组成,将具有良好光吸收性能的光吸收料玻璃制备成光吸收料玻璃棒,再将光吸收料玻璃棒和皮料玻璃管匹配,然后拉制成 $\Phi 2.4\text{mm}$ 的套管吸收丝;

[0161] (4) 单丝拉制:将所述围管丝均匀围绕在皮料玻璃管的外侧,然后将高折射率的纤芯玻璃棒和围丝后的皮料玻璃管匹配后进行单丝拉制,得到拉制的单丝,所述单丝的丝径为 $\Phi 2.4\text{mm}$;

[0162] (5) 一次复丝拉制:将拉制的单丝排列成横截面为正六方形的一次复合棒,所述一次复合棒中,每边单丝根数为7根,排成的一次复合棒的单丝总根数为127根,并用所述套管吸收丝替换排列在六方体一次复合棒中最中心的1根单丝,且被替换的单丝丝径与替换的套管吸收丝的丝径相同;并将所述三角形玻璃丝填充插入一次复合棒的三角孔隙中;将上述组合完成的一次复合棒拉制成一次复丝,所述一次复丝的六方形对边尺寸为1.30mm;

[0163] (6) 二次复丝拉制:将拉制的一次复丝再排列成横截面为正六方形的二次复合棒,

所述二次复合棒每边的根数为11根,再将二次复合棒拉制成二次复丝,所述二次复丝的六方形对边尺寸为0.96mm,再将二次复丝定长切割后排列成排屏板段;

[0164] (7) 热熔压成型:将排屏板段放置到热熔压成型模具中,再将热熔压成型模具放置到热熔压成型炉中,按照设计好的板段热熔压成型前后的压缩比进行热熔压成型,经过热熔压成型后,制得光纤倒像器毛坯板段;

[0165] (8) 扭转成型:将所述光纤倒像器毛坯板段经滚圆、切割、研磨加工处理后,制备成光纤倒像器毛坯,所述光纤倒像器毛坯在超窄高温区扭转成型炉中经180°角度的扭转成型,所述的超窄高温区的加热炉体发热体的宽度4.0mm,加热炉体发热体距离光纤倒像器毛坯表面的距离1.5mm,所述超窄扭丝区光纤倒像器180°角度的扭转成型时间为6分钟,即制备得到单元纤维丝径为3.92 μ m的高分辨力、高对比度的超窄扭丝区光纤倒像器。

[0166] 制备得到的超窄扭丝区光纤倒像器高度15.0mm,重量19.4g,在距刀口0.1mm处串光为0.92%;中心分辨力1431p/mm,边缘分辨力1281p/mm;具有优良的透光性能,在400-700nm波长范围内透过率74%;具有优良的固定图案噪声性能,在10倍显微镜下观察无明显复丝边界。

[0167] 实施例4

[0168] 玻璃实际组成参照表1、表2和表3中实施例4的组成,采用与实施例1相同的方法制备超窄扭丝区光纤倒像器。

[0169] 制备得到的超窄扭丝区光纤倒像器高度15.0mm,重量19.3g,在距刀口0.1mm处串光为0.96%;中心分辨力1431p/mm,边缘分辨力1141p/mm;具有优良的透光性能,在400-700nm波长范围内透过率73%;具有优良的固定图案噪声性能,在10倍显微镜下观察无明显复丝边界。

[0170] 实施例5

[0171] 玻璃实际组成参照表1、表2和表3中实施例5的组成,采用与实施例1相同的方法制备超窄扭丝区光纤倒像器。

[0172] 制备得到的超窄扭丝区光纤倒像器高度15.0mm,重量19.3g,在距刀口0.1mm处串光为0.93%;中心分辨力1431p/mm,边缘分辨力1141p/mm;具有优良的透光性能,在400-700nm波长范围内透过率72%;具有优良的固定图案噪声性能,在10倍显微镜下观察无明显复丝边界。

[0173] 以上所述的实施例,只是本发明较优选的具体实施方式的一种,本领域的技术人员在本发明技术方案范围内进行的通常变化和替换都应包含在本发明的保护范围内。

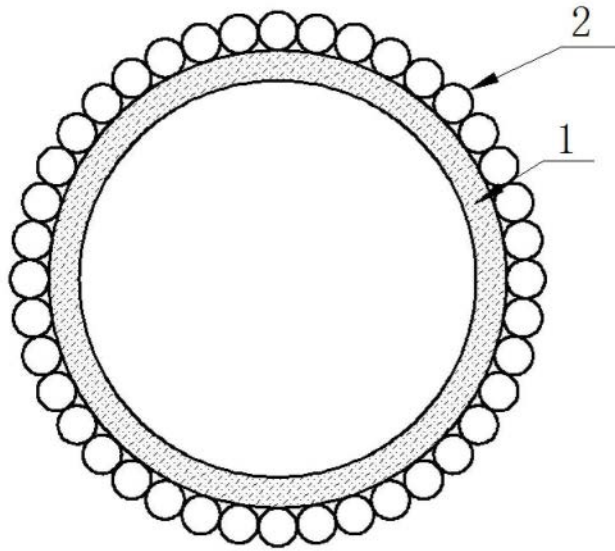


图1

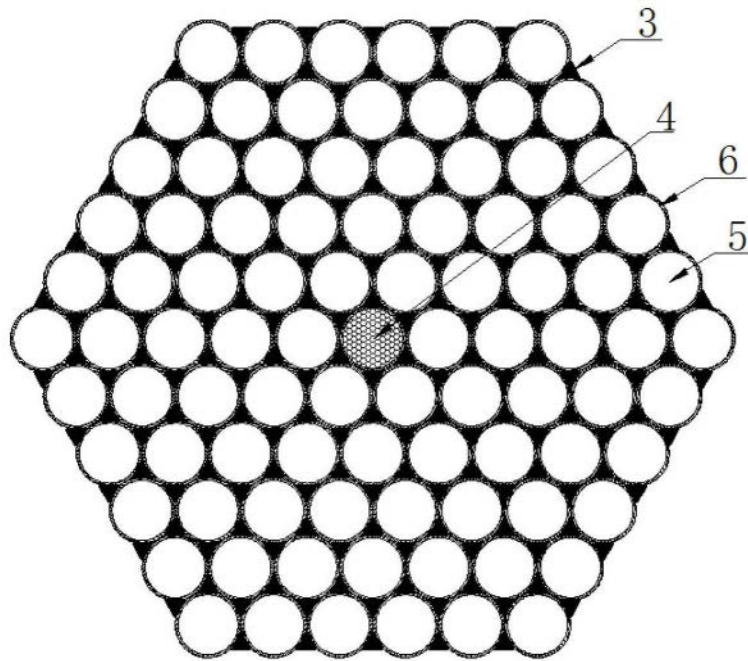


图2

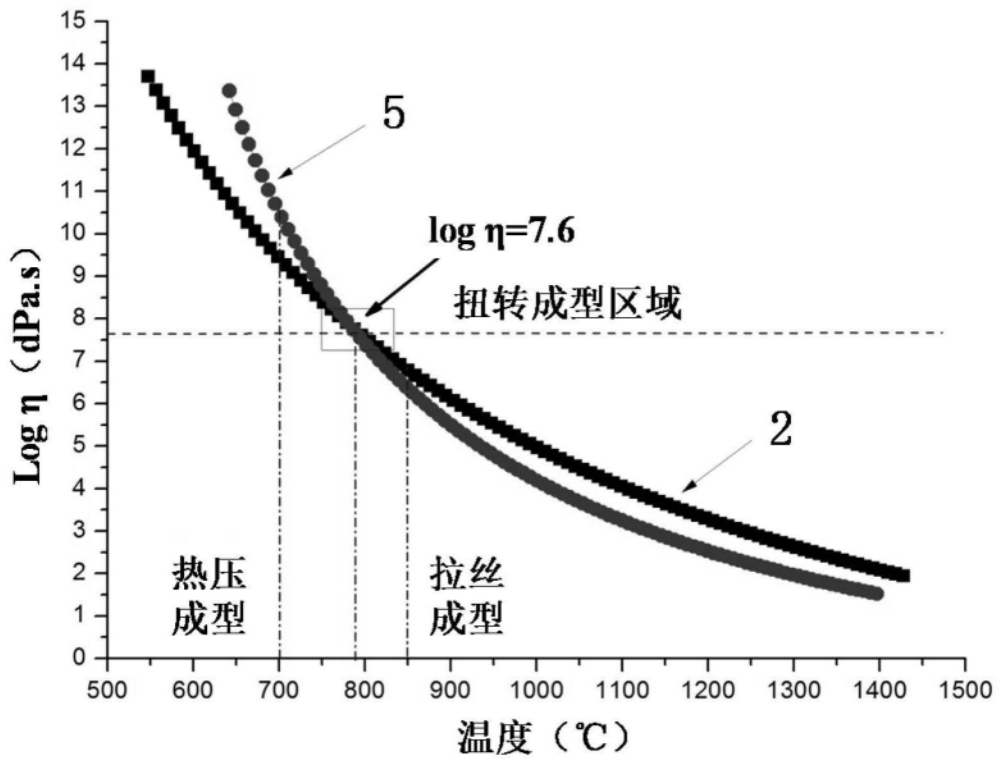


图3

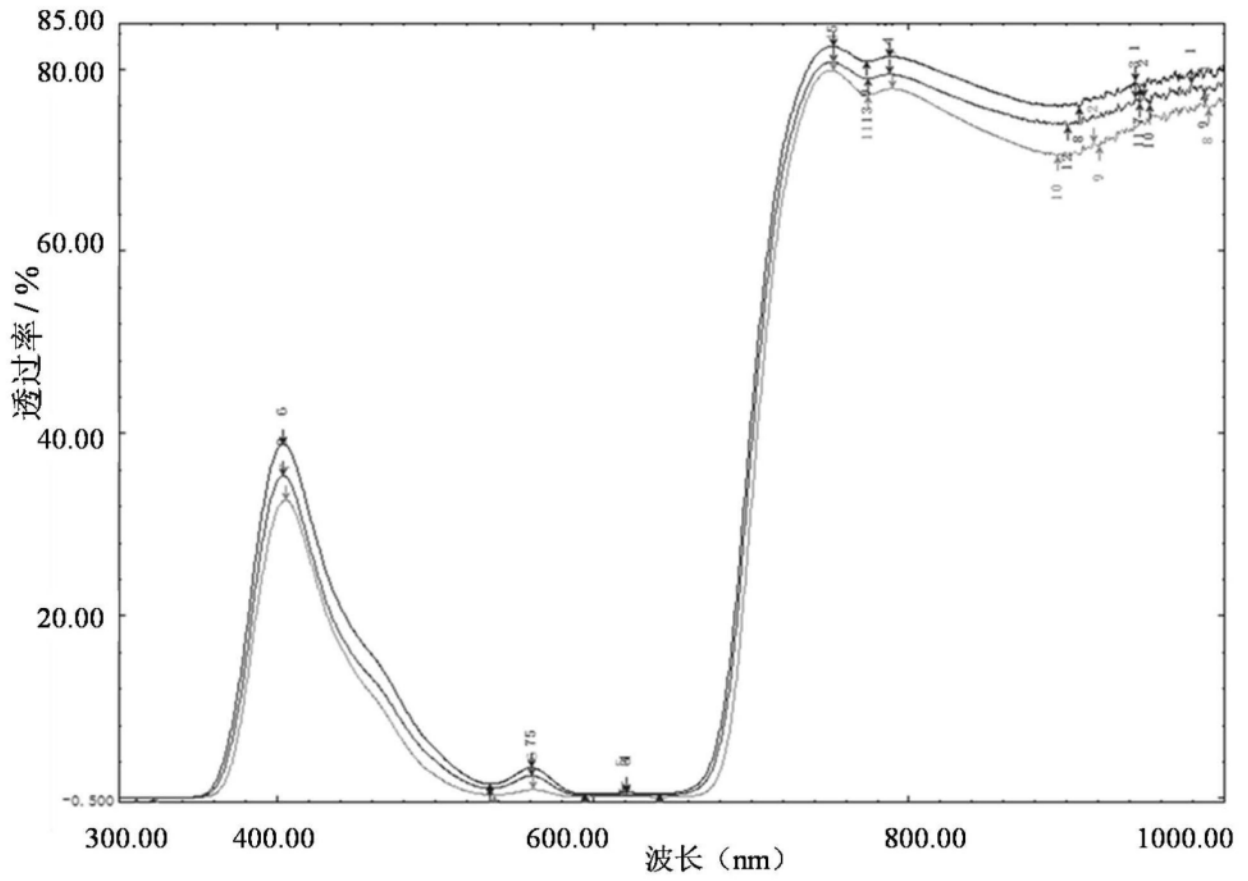


图4

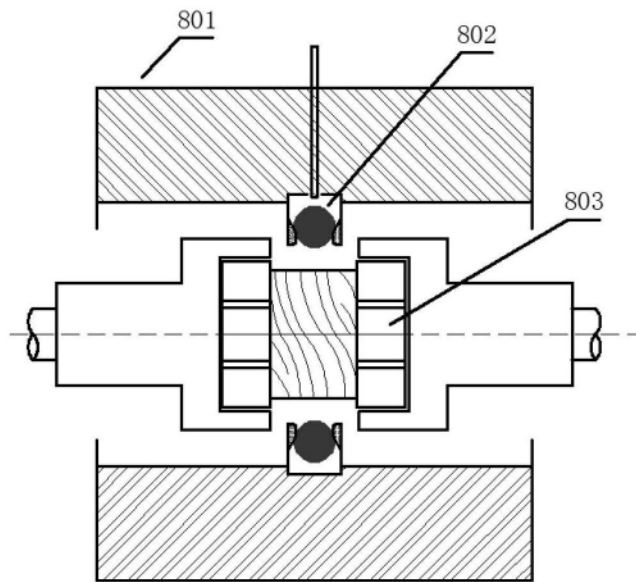


图5

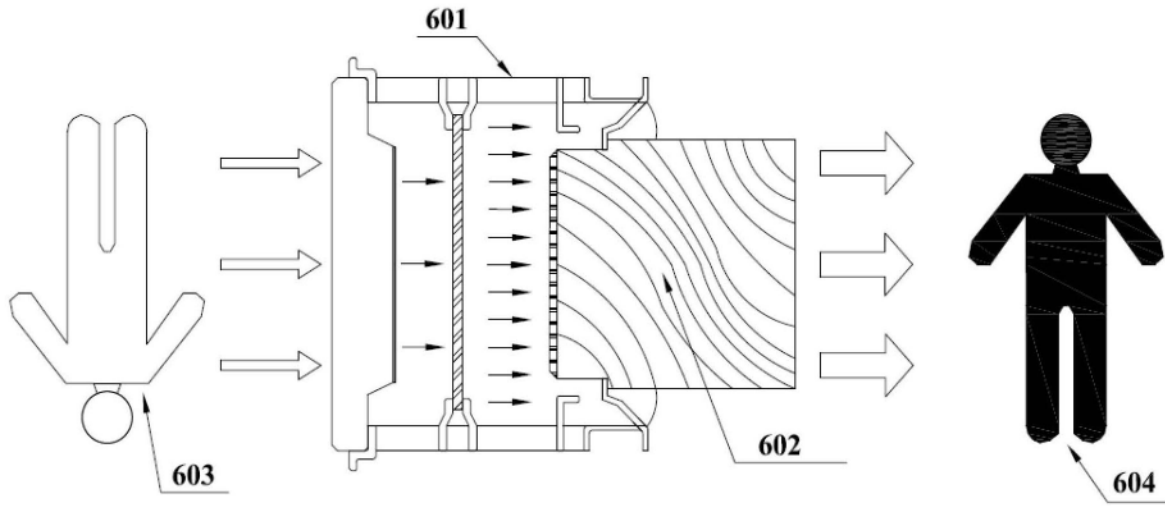


图6

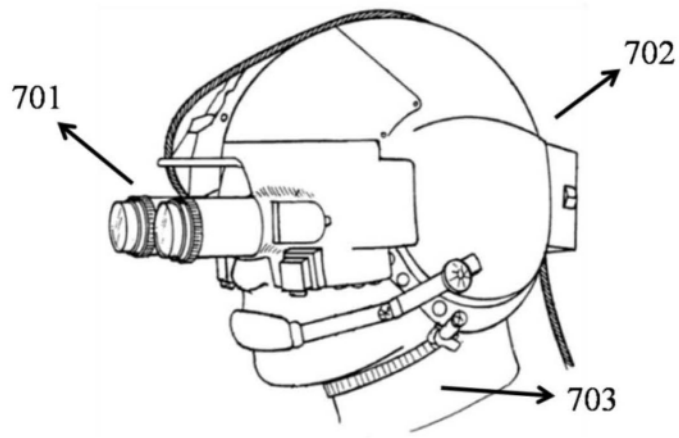


图7