



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103764580 B

(45)授权公告日 2016.10.05

(21)申请号 201280040864.5

(22)申请日 2012.08.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103764580 A

(43)申请公布日 2014.04.30

(30)优先权数据

61/526,007 2011.08.22 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.02.21

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/051016 2012.08.16

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/028439 EN 2013.02.28

(73)专利权人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 X·陈 C·F·莱恩 M-J·李

A·刘 E·J·莫泽迪

J·D·泰勒

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
31100

代理人 郭辉

(51)Int.Cl.

G03B 37/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 100389083 C, 2008.05.21,

CN 100389083 C, 2008.05.21,

US 2003/0101774 A1, 2003.06.05,

US 4038062 A, 1977.07.26,

GB 2213142 A, 1989.08.09,

TW 200827795 A, 2008.07.01,

审查员 覃莹

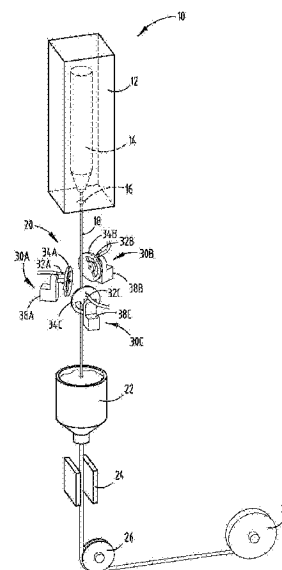
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

用于制备具有受控的折射率扰动的光纤的方法

(57)摘要

提供了一种用于生产光纤的方法。所述方法包括以下步骤：在炉子中从加热的玻璃源拉制光纤，和通过排布在多个不同方位角位置的多个折射率扰动源来将折射率扰动引入该光纤。在一种实施方式中，通过多个扰动源，以基本上螺旋的图案在沿着光纤轴向长度的不同位置同步地将折射率扰动引入到光纤的外表面上。根据另一种实施方式，通过处于不同频率的多个折射率扰动源来引入折射率扰动。



1. 一种生产多模光纤的方法,所述方法包括以下步骤:

从在炉子中加热的玻璃源拉制光纤;以及

通过排布在不同径向位置的多个扰动源来将包括折射率的局部改变的折射率扰动引入该光纤的外表面上,其中通过处于不同频率的所述多个扰动源在该多模光纤中产生应力来引入外表面上的所述折射率扰动,其中,所述多个扰动源至少包括以第一频率将折射率扰动施加到外表面上的第一扰动源,以及以第二频率将折射率扰动施加到外表面上的第二扰动源,其中所述多模光纤的外表面上的折射率扰动构造为引入模式耦合,

其中,所述引入折射率扰动的步骤包括用多个气源将气体鼓入到该拉制纤维的外表面上。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括在引入所述折射率扰动步骤之后,涂覆该光纤的步骤。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在沿着该纤维的轴向长度的不同位置引入所述折射率扰动。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述扰动源排布在沿着该纤维的轴向长度的不同位置。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述鼓入气体的步骤包括用排布了相应的断路器的多个气源来鼓气,该断路器用来控制来自应用到该光纤的气源的空气输出。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述断路器相对于所述气源旋转,其中各个断路器以不同的速度旋转。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述引入折射率扰动的步骤包括在多个位置引入折射率扰动,其中所述多个位置范围是3-20个位置。

8. 一种生产多模光纤的方法,所述方法包括以下步骤:

从在炉子中加热的玻璃源拉制光纤;以及

通过排布在多个不同径向位置的多个扰动源,随着光纤离开炉子,来将包括折射率的局部改变的折射率扰动引入该光纤的外表面上,其中通过所述多个扰动源以光纤的外表面上的螺旋的图案在光纤中产生应力,来在沿着光纤轴向长度的不同位置同步地引入折射率扰动,其中所述折射率扰动构造为引入模式耦合,

其中,所述引入折射率扰动的步骤包括用多个气源将气体鼓入到该拉制纤维的外表面上。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述方法还包括在引入所述折射率扰动步骤之后,涂覆该光纤的步骤。

10. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述多个扰动源排布在沿着该纤维的轴向长度的不同位置。

11. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,控制所述扰动源来提供所需的相态,从而相互间协同的引入所述折射率扰动。

12. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述鼓入气体的步骤包括用排布了相应的断路器的多个气源来鼓气,该断路器用来控制来自应用到该光纤的气源的空气输出。

13. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,所述断路器相对于所述气源旋转,其中各个断路器以相同的速度旋转,以实现同步引入折射率扰动。

14. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述引入折射率扰动的步骤包括在多个位置引入折射率扰动,其中所述多个位置范围是3-20个位置。

用于制备具有受控的折射率扰动的光纤的方法

[0001] 相关申请交叉参考

[0002] 本申请根据35U.S.C. §119要求2011年8月22日提交的美国临时申请登记No. 61/526,007的优先权,本文以该申请为基础并将其全文通过引用结合于此。

[0003] 背景

[0004] 本发明总体涉及用于成形光纤的方法,具体来说,涉及用于在纤维拉制过程中将扰动引入所述光纤的方法。

[0005] 生产光纤的常规制造方法通常包括在拉制炉中由光纤预制件拉制光纤,冷却拉制的光纤,待光纤基本上冷却后涂覆光纤。已经作了大量努力来改善多模光纤的带宽,以增加纤维生产的产率。有些人试图增强折射率分布精确性。改善带宽的方法之一是在多模光纤中引入模式耦合。有些人提出旋转(spinning)或扭曲纤维来改善多模带宽,从而产生短程折射率变化或扰动,致使模式混合。但是,旋转纤维会同时对玻璃和涂层带来复杂的影响,且可能损坏可引入衰减的涂层。

[0006] 因此需要一种生产光纤的方法,来将扰动引入该纤维却没有现有方法的缺点。

[0007] 概述

[0008] 根据一个实施方式,本发明提供了生产多模光纤的方法。所述方法包括从在炉子中加热的玻璃源拉制光纤的步骤。所述方法还包括以下步骤:通过排布在不同方位角位置的多个扰动源来将包括折射率的局部改变的折射率扰动引入该光纤的外表面上,其中通过处于不同频率的所述多个扰动源在该多模光纤中产生应力来引入外表面上的所述折射率扰动,其中,所述多个扰动源至少包括以第一频率将折射率扰动施加到外表面上的第一扰动源,以及以第二频率将折射率扰动施加到外表面上的第二扰动源,其中所述多模光纤的外表面上的折射率扰动构造为引入模式耦合,其中,所述引入折射率扰动的步骤包括用多个气源将气体鼓入到该拉制纤维的外表面上。

[0009] 根据另一个实施方式,本发明提供了生产多模光纤的方法。所述方法包括从在炉子中加热的玻璃源拉制光纤的步骤。所述方法还包括以下步骤:通过排布在多个不同方位角位置和沿着该纤维轴向长度的不同位置的多个扰动源,随着光纤离开炉子,来将包括折射率的局部改变的折射率扰动引入该光纤的外表面上,其中通过所述多个扰动源以光纤的外表面上的螺旋的图案在光纤中产生应力,来在沿着光纤轴向长度的不同位置同步地引入折射率扰动,其中所述折射率扰动构造为引入模式耦合,其中,所述引入折射率扰动的步骤包括用多个气源将气体鼓入到该拉制纤维的外表面上。

[0010] 在以下的详细描述中给出了本发明的其他特征和优点,其中的部分特征和优点对本领域的技术人员而言,根据所作描述就容易看出,或者通过实施包括以下详细描述、权利要求书以及附图在内的本文所述的各种实施方式而被认识。

[0011] 应理解,前面的一般性描述和以下的详细描述都仅仅是示例性的,用来提供理解权利要求的性质和特性的总体评述或框架。所附附图提供了对本发明的进一步理解,附图被结合在本说明书中并构成说明书的一部分。附图说明了一个或多个实施方式,并与文字描述一起用来解释各个实施方式的原理和操作。

[0012] 附图简要说明

[0013] 图1是根据第一种实施方式的示意图,显示了包括折射率扰动组件的光纤生产系统;

[0014] 图2是图1所示的纤维和折射率扰动组件的放大图;

[0015] 图3A-3C是根据多种实施方式的、具有开口窗口的气体断路器或挡板的示意图;

[0016] 图4是时序图,显示了用于同步断路器控制方案的断路器张开/闭合状态随纤维位置的关系;

[0017] 图5是时序图,显示了用于异步断路器控制方案的断路器张开/闭合状态随纤维位置的关系;以及

[0018] 图6A-6C显示了根据第二种实施方式的、采用激光束作为扰动源的折射率扰动组件。

[0019] 详细描述

[0020] 下面详细说明本发明的优选实施方式,这些实施方式的例子在附图中示出。只要有可能,在所有附图中使用相同的附图标记来表示相同或类似的部分。

[0021] 该光纤生产系统和方法通过使用拉制法来生产光纤,且将扰动引入该光纤以在玻璃水平引入模式耦合,且改善多模光纤(MMF)的带宽。本文结合附图1-6C描述了光纤生产系统和方法的实施方式,在所有附图中,相同的附图标记表示相同或相应的要素。本文所用的词语“裸光纤”是指从预制件直接拉制、尚未在其外表面施涂保护层(例如尚未在裸光纤上涂覆基于聚合物的材料)的光纤。本文所用的词语“折射率扰动(index perturbation)”是指纤维中折射率的局部改变。该光纤生产系统和方法成形光纤,特别地用于多模光纤,从而引入折射率扰动,以及从而如本文所述的沿着纤维长度的不同方向分布这种扰动。

[0022] 参考图1,根据一种实施方式,概括显示了依照光纤生产方法的、用于生产光纤的光纤生产系统10。根据一种实施例,所述系统10包括炉子12,该炉子12可加热到约2000℃的温度。将通常称为光纤预制件14的加热的玻璃源置于所述炉子12中,且从该预制件拉制纤维,以构建裸光纤18。所述预制件14可用任何玻璃或材料制成,并且可进行适合于制造光纤的掺杂。一旦裸光纤18从所述预制件14拉制,可使用已知技术将该裸光纤18冷却到所需温度,例如慢速冷却处理装置(未显示)或者其他技术,从而从炉子12的排出孔16排出的裸光纤18在所需的温度范围内。以拉制速度控制从炉子12的排出孔16排出的裸光纤18,具有纤维直径和纤维温度,从而裸光纤18处于熔融态,可部分固化且在冷却时进一步固化。应理解,当裸光纤18从炉子12的排出孔16排出时,可采用一种或更多种居中装置来使所述裸光纤18居中。

[0023] 在图1所示的实施方式中,折射率扰动组件20位于排出孔16的下游,且排布成将折射率扰动引入所述裸光纤18。在图1所示的实施方式中,折射率扰动组件20包括多个扰动源,该多个扰动源以不同角度排布在不同方位角位置,以用于将受控的折射率扰动引入所述裸光纤18的外表面上。在本实施方式中,所述扰动源包括多个受控的鼓气装置30A-30C,每一个都构建成将气体鼓到所述裸光纤18的外表面上,从而局部冷却所述裸光纤18,且由此在外表面产生折射率扰动。在下述位置将气体鼓到裸光纤18上:其中该裸光纤18的温度大约在玻璃化转变温度附近,或在玻璃化转变温度(接近根部或接近纤维排出炉子的地方)和假想温度之间。通过当裸光纤18排出炉子12时将冷却气体如空气鼓到热的熔融裸光纤18

上,因为在裸光纤18中的应力,会产生特定的折射率分布不对称或纤维双折射。折射率扰动沿着裸光纤18的轴向长度的不同纤维方向分布。受控的引入折射率扰动增强了多模光纤的带宽,同时优选的消除或减少了纤维旋转或扭曲的需要。为了将折射率扰动在不同的方向分布,从多个不同的方位角位置引入折射率扰动,且各个鼓气装置30A-30C可位于沿着裸光纤18轴向长度(即,不同的轴向长度)的不同位置。本文所述的方法允许以所需的高频率和方向来引入折射率扰动,从而模式耦合更有效,且在更短的长度区域中改善带宽。根据各种实施方式,使用这种折射率扰动引入方法,可消除光纤旋转,或者一些减少的光纤旋转可与该方法结合。

[0024] 在引入折射率扰动步骤后,接着将裸光纤18送入涂覆单元22,在此将一次保护涂层应用于裸光纤18的外表面。然后,将涂覆的纤维经过具有紫外灯的固化单元24,以固化该涂层。具有保护层的裸光纤18离开固化单元24之后,可经过生产系统10中的多个处理阶段,如一种或更多种辊26和牵拉机28。在将裸光纤18拉过整个光纤生产系统并最终卷绕到贮存卷轴上的过程中,可利用牵拉机28来给裸光纤18提供必要的张力。应理解,可控制牵拉机28,从而控制裸光纤18的拉制速度。

[0025] 参考图2,根据第一种实施方式,进一步显示了图1所示的折射率扰动组件20。在本实施方式中,组件20包括显示为鼓气装置30A-30C的3种折射率扰动源,该扰动源在环绕裸光纤18的外表面排布成相互以 120° 的方位角等角度隔开。在所示实施方式中,各个鼓气装置30A-30C相互之间位于沿着裸光纤18的轴向长度的不同位置,从而用来以受控的方式和以所需的入射角将气体鼓到裸光纤18的外表面。各个鼓气装置30A和30B包括取向的鼓气针32A-32C,以将强制气体导入裸光纤18的外表面上。根据一种实施方式,所述鼓气针32A-32C连续的输出从气源提供的强制冷却气体流。该气体可包括任意合适的冷却气体,包括氮气、氦气、氧气或包含气体混合物的空气。各个鼓气装置30A-30C还包括显示为盘的断路器(chopper)或挡板34A-34C,包括通过一种或更多种开口窗口36A-36C来限定的开口窗口图案。各个断路器或挡板34A-34C包括允许气体经过以接触裸光纤18的一种或更多种开口窗口、阻挡气体通向裸光纤18的固体区域。各个断路器34A-34C与相应的鼓气针32A-32C对应,以控制从针32A-32C将强制气体引入到裸光纤18外表面上。该断路器或挡板34A-34C通过相应的马达38A-38C来旋转,各个马达通过显示为微处理器40的马达控制电路来控制。因此,操作该断路器或挡板34A-34C来遮挡或阻挡来自相应的针32A-32C的强制气体流输出。

[0026] 各个断路器34A-34C具有所需形状的开口窗口,控制马达38A-38C以旋转断路器34A-34C,来实现所需的将气体注入裸光纤18的外表面上。通过相应的马达38A-38C以角频率 ω (弧度/秒)或频率F(赫兹)来旋转断路器34A-34C,且这样实施从而在一个完整的旋转中,在受控的时间段内将气体鼓入到纤维上。根据一种实施方式,通过多个鼓气装置30A-30C,以基本上以螺旋图案在沿着光纤轴向长度的不同位置异步地将折射率扰动引入到裸光纤18外表面上。为此,用受控的相态和以同步的频率来操作马达38A-38C。对应给定的鼓气针32A-32C,鼓气行为可通过以下函数来描述: $\Theta_i(z-z_i, \phi_i, \omega_i, v)$, 式中 z_i 是第i个扰动装置的初始位置, ϕ_i 是断路器窗口的初始相态, v 是拉制速度, ω_i 断路器旋转的角频率。可安装和控制断路器34A-34C和鼓气装置32A-32C,从而各个断路器34A-34C的开口窗口36A-36C相互间同步张开以允许强制气体吹过。

[0027] 根据一种实施例,具有3种鼓气装置30A-30C,该第一鼓气装置30A可相对于纤维置于0米的轴向位置,该第二鼓气装置30B可置于0.1米的轴向位置,该第三鼓气装置30C可置于0.2米的轴向位置。在本实施例中,可将纤维拉制速度设定为10米每秒。断路器34A-34C可以相同的频率如100Hz旋转。各个断路器的相态设定为 0 、 $\pi/3$ 和 $2\pi/3$ 弧度。在 0 、 $\pi/3$ 和 $2\pi/3$ 弧度的角度处,将鼓气针32A-32C导向撞击裸光纤18。根据一种同步控制实施方式,当断路器34A-34C旋转时,断路器34A-34C的开口窗口36A-36C的张开和闭合见图4。对于每0.1米的光纤,只有一个断路器的开口窗口36A-36C张开,用于将冷却气体如空气吹过相应的窗口并鼓到裸光纤18的外表面上。该过程通过各个断路器34A-34C来改变,且可无限的重复。可控制驱动断路器34A-34C的马达速度,从而发生用于模式耦合所需的频率。根据其它实施方式,可通过在一种或更多种断路器34A-34C中实施多个张开和闭合的位置,来增加空间频率。

[0028] 图3A-3C显示了可被各个鼓气装置30A-30C采用的3种示例断路器。图3A显示了断路器34A具有延伸 180° 的开口窗口36A,使得强制气体流在每转的半转中或在一半的时间中流经该开口窗口36A。图3B显示了断路器34A具有延伸 120° 的开口窗口36A,使得强制气体流在每转的三分之一转中或在三分之一的时间中流经该开口窗口36A。图3C显示了断路器34A具有复杂的窗口排布,包括允许用于不同频率组件混合的2种开口窗口36A。在各个断路器34A-34C中使用的窗口数目定义为断路器乘数。在图2所示的实施例中,断路器乘数为3,可获得空间周期为0.03米或3厘米的模式耦合图案。需要时,马达38A-38C和断路器34A-34C能允许产生1毫米或更小的空间周期。根据另一种实施方式,在各个断路器的一个完整的旋转中,可采用10等角度隔开的开口窗口36A,从而在裸光纤18上的鼓吹图案的空间频率要乘以因子10。通过这种方式,可取得本来难以取得的空间频率。

[0029] 根据另一种实施方式,生产光纤的方法可通过排布在不同方位角位置的多个扰动源将折射率扰动引入光纤,其中所述折射率扰动通过处于不同频率的多个扰动源来引入。在本实施方式中,通过将驱动马达的频率设定为各个马达相互间稍微不同来实施异步折射率扰动引入方案,从而不同频率之间的搏动允许断路器34A-34C在不同的时间张开,得到高频率的、沿着纤维分布的不对称纤维应力。这可通过控制电路如微处理器40来实现,控制单个马达频率来获得所需的相互不同的旋转速度。在一种实施例中,拉制速度为10米每秒,断路器位置相同但为各个断路器采用随机选择的相态,轴向位移为0米、0.1米和0.2米,断路器频率可这样选择,使得第一断路器34A以85Hz的频率旋转,第二断路器34B以100Hz的频率旋转,且第三断路器34C以115Hz的频率旋转。图5显示了根据本实施例的断路器状态。在任意给定时刻的纤维位置,一种或更多种断路器张开,以用于冷却气体吹过该开口窗口,到达裸光纤18的外表面。因为连接到各个断路器的不同马达速度的搏动,裸光纤18在不同位置有复杂的图案,混合了非常不同的频率组件,可能有助于产生沿着多模光纤长度的模式耦合。

[0030] 虽然显示了扰动组件20采用了3种鼓气装置30A-30C,应理解可采用更大数目的折射率扰动装置。根据一种实施方式,折射率扰动装置的数目范围是3-20,且可在3-6的范围。虽然显示的断路器的间隔是等角度的,应理解,该间隔本来可以是均匀的或不均匀的。虽然显示了将鼓气装置30A-30C的轴向的置于沿着该裸光纤18长度的不同的轴向位置,应理解该扰动装置可在相同的轴向位置或裸光纤18的长度处使用。当在断路器34A-34C中使用多个窗口时,应理解这些窗口可以等角度的或者不等角度的隔开。在另一种实施方式中,可以

调节马达,从而根据其它实施方式断路器34A-34C的速度不一样。根据另一种实施方式,可用具有开口窗口以吹过空气的环式马达来取代断路器34。还应理解,虽然通过使用折射率扰动引入方法消除或减少了光纤旋转,根据各种实施方式,光纤旋转可与生产光纤的方法结合。

[0031] 参考图6A-6C,显示了根据第二种实施方式的折射率扰动组件120。在本实施方式中,通过多个扰动源来引入折射率扰动,该扰动源由相对于该裸光纤18在不同方位角位置排布的激光束组成。与在第一种实施方式中所述的通过鼓入冷却空气来冷却排出炉子的光纤相反,本实施方式通过在选定位置加热裸光纤18产生折射率扰动来产生折射率扰动。激光束由此作为热源来改变裸光纤18的温度分布,从而在裸光纤18中的应力产生折射率扰动。显示的折射率扰动组件120使用了用于产生激光输出的激光源130、用于将在不同方位角位置的激光输出或束导向裸光纤18外表面上的3种镜面136A-136C。显示的镜面136A-136C与通过控制电路如微处理器140控制的马达138耦合。通过来自微处理器140的信号控制的马达138,转向束转向镜面136A-136C来取得所需的束方向。如图6A所示,通过激光源130产生的激光输出,被从在第一位置或角度的第一镜面136A以第一角度的第一激光束反射到裸光纤18上。接下来,将第一镜面136A移动到第二位置或角度以将激光输出从第一镜面136A导向第二镜面136B上,该第二镜面136B以不同的第二角度将第二激光束导向裸光纤18的另一表面,该第二激光束相对于图6A所示的第一激光束成 120° 。在图6C中,将第一镜面136A进一步移动到第三位置或角度以将激光输出再次导向第三镜面136C上,该第三镜面136C以不同的第三角度将第三激光束导向裸光纤18的外表面上,该第三激光束相对于图6A所示的第一激光束成 240° 。

[0032] 应理解,激光束可直接反射到裸光纤18上,或者转向到如本文所示和所述的其它方向。还应理解,可采用多个激光源来取得本文所述的镜面排布。根据本文所述的多种实施方式,可控制激光束来提供对光纤的异步加热,或者可以不同的频率运行。还应理解,激光束可在沿着轴向长度的不同位置或在相同的轴向长度冲击该光纤。为了获得所需的温度分布,可通过微处理器140同时控制激光器发光时段和方向。可改变激光器的功率来最优化结果。可用来改变温度分布的激光器包括,但不限于:在10微米左右运行的 CO_2 激光器、在1-2微米运行的YAG激光器或纤维激光器、或其它在接近光纤吸收光谱的波长运行的激光器。为了改变加热曲线和强度分布,还可使用额外的光学器件如均光器和/或光学透镜。均光器改变激光束的强度分布,而透镜改变纤维上的束尺寸。两者可单独的或组合的使用。

[0033] 可通过以相对于拉制速度的所需扰动频率两种或更多种独立的脉冲激光源来实施激光加热实施方式。众所周知,脉冲激光器的频率大于1000Hz频率,具有高功率如Q-开关激光器,以及还可同步运行来获得复杂的扰动图案。实施很高频率的扰动可最小化移动光学器件的需要。

[0034] 因此,用于生产光纤的方法优选的在玻璃水平将折射率扰动引入到光纤以引入模式耦合,特别适用于多模光纤。折射率扰动以不同方向和来自不同角度分布,从而该模式耦合更加有效且在更短的长度区域内发生带宽改善。

[0035] 对本领域的技术人员而言,显而易见的是可以在不背离权利要求书的精神或范围的情况下作出各种修改和变动。

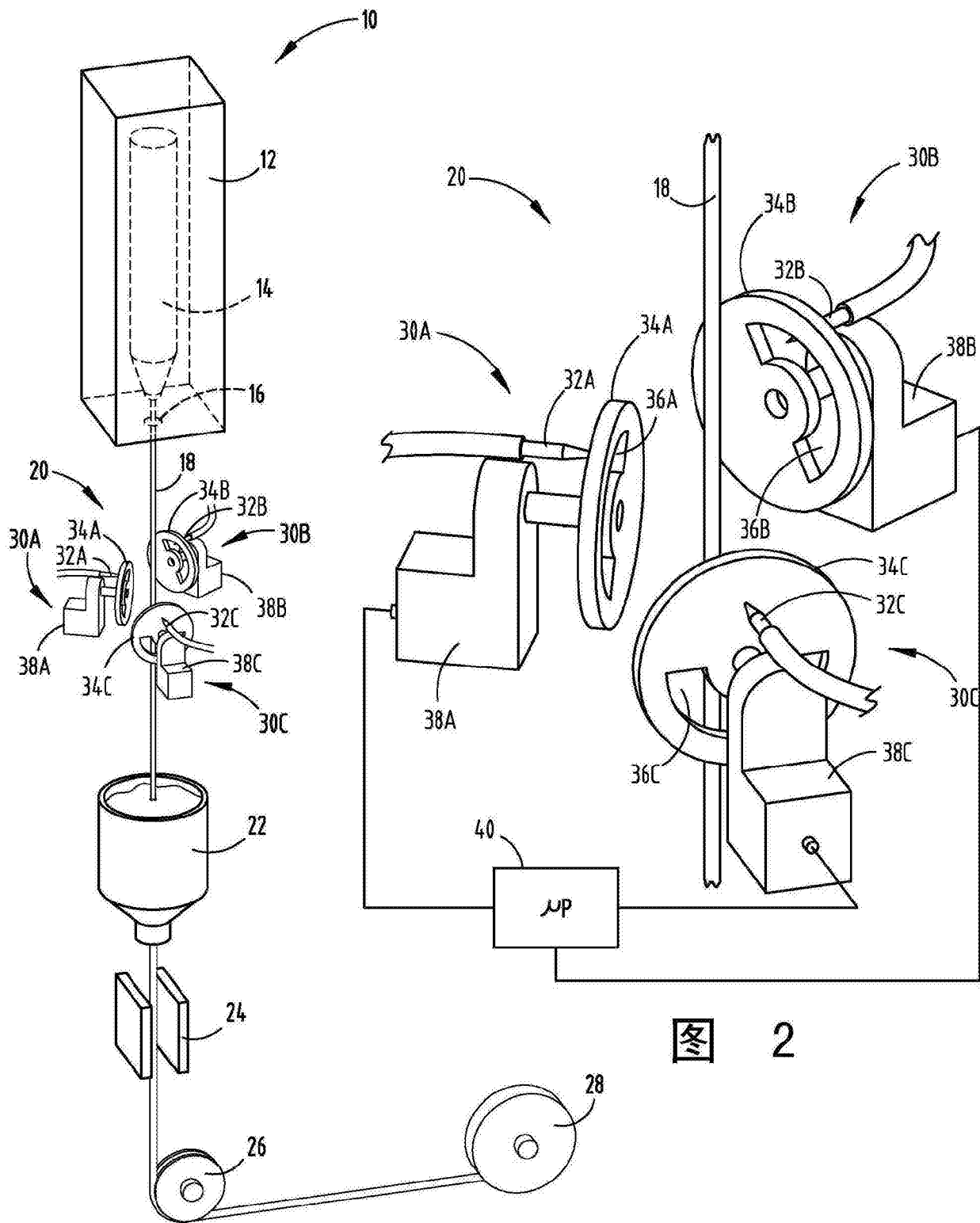


图 2

图 1

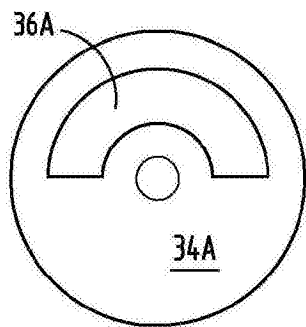


图3A

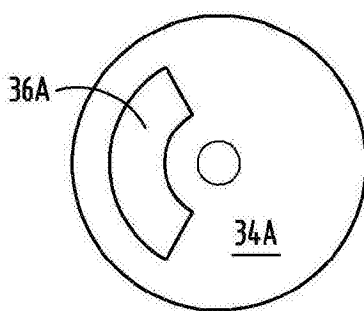


图3B

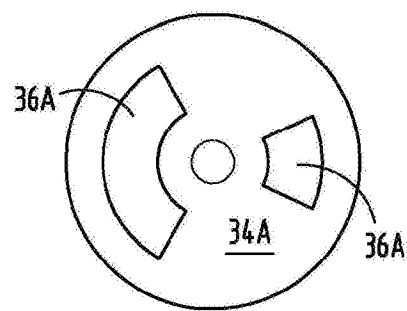


图3C

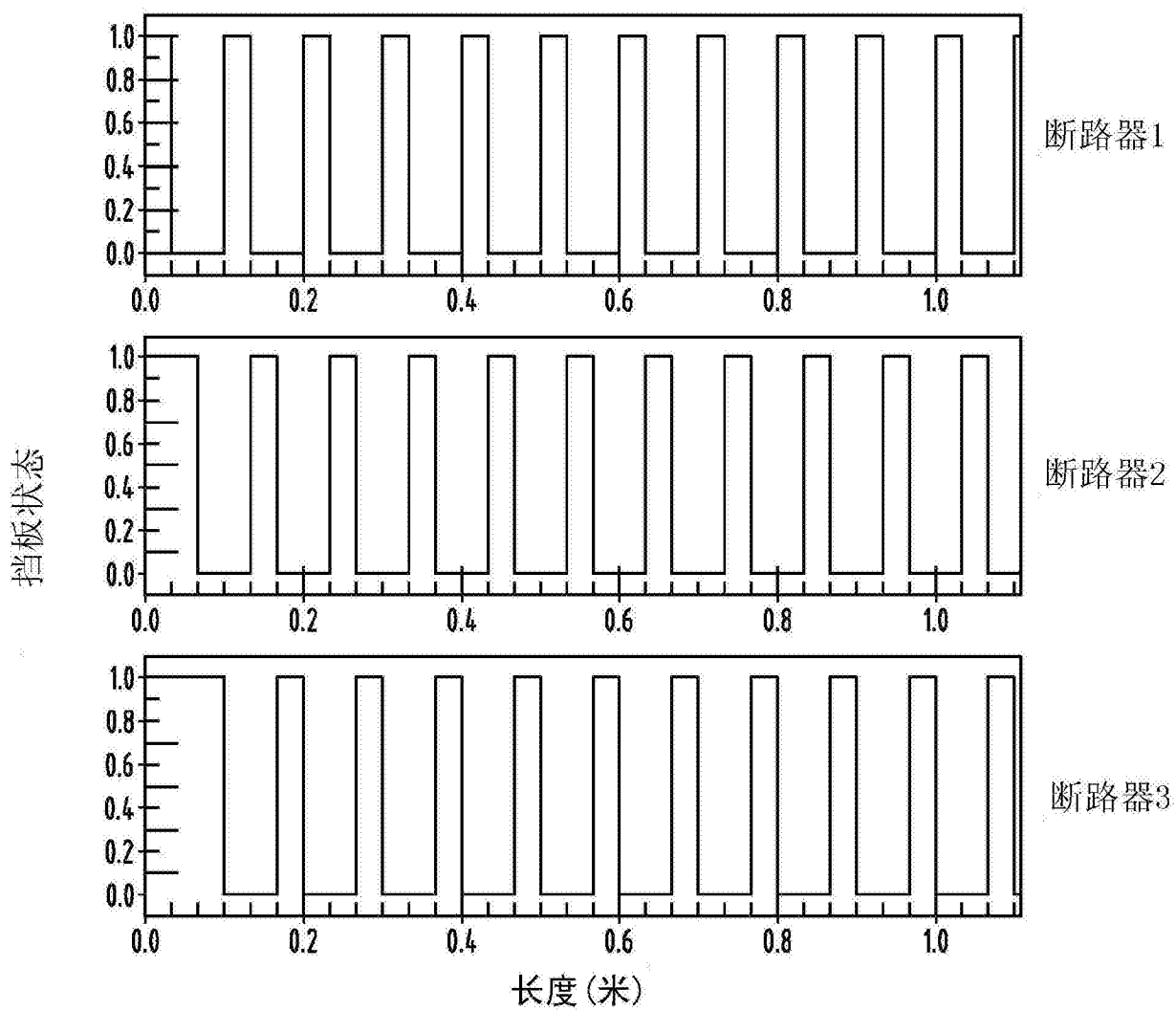


图4

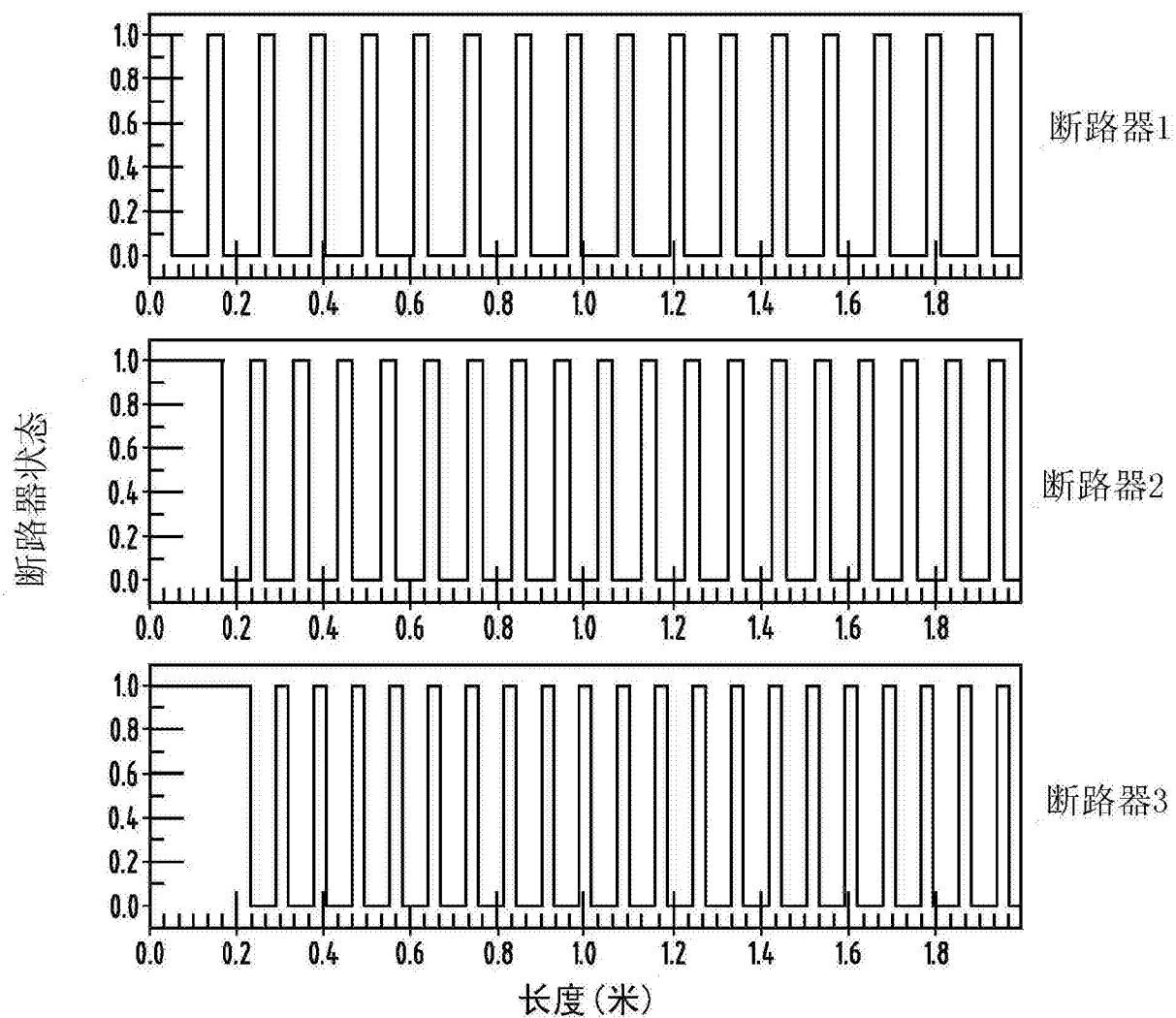


图5

