



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112122784 B

(45) 授权公告日 2021.05.14

(21) 申请号 202010903039.X

审查员 桑远洋

(22) 申请日 2020.09.01

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112122784 A

(43) 申请公布日 2020.12.25

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 王之桐 王红才

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

代理人 焦海峰

(51) Int. Cl.

B23K 26/352 (2014.01)

B23K 26/70 (2014.01)

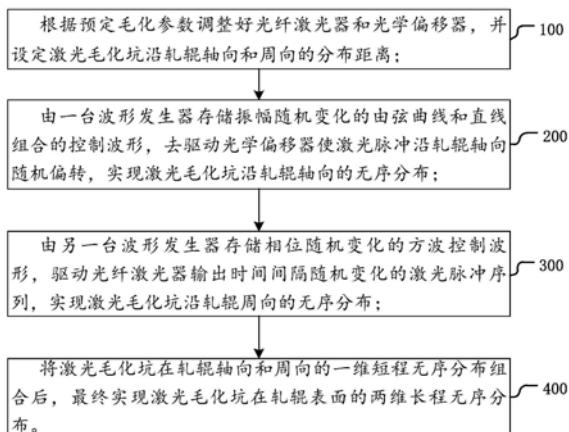
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种光纤激光毛化两维无序分布控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种光纤激光毛化两维无序分布控制方法,包括:根据预定毛化参数调整好光纤激光器和光学偏转器,并设定激光毛化坑沿轧辊轴向和周向的分布距离;由一台波形发生器存储振幅随机变化的由弦曲线和直线组合的控制波形,去驱动光学偏转器使激光脉冲沿轧辊轴向随机偏转,实现激光毛化坑沿轧辊轴向的无序分布;由另一台波形发生器存储相位随机变化的方波控制波形,驱动光纤激光器输出时间间隔随机变化的激光脉冲序列,实现激光毛化坑沿轧辊周向的无序分布;将激光毛化坑在轧辊轴向和周向的一维无序分布组合后,最终实现激光毛化坑在轧辊表面的两维无序分布。本发明能够将毛化坑在两个方向的一维短程无序分布组合形成了两维长程无序分布,实现轧辊表面的离散无序分布和全覆盖无序分布的激光毛化。



1. 一种光纤激光毛化两维无序分布控制方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤100,根据预定毛化参数调整好光纤激光器和光学偏转器,并设定激光毛化坑沿轧辊轴向和周向的分布距离;

步骤200,由一台波形发生器存储振幅随机变化的由弦曲线和直线组合的控制波形,去驱动光学偏转器使激光脉冲沿轧辊轴向随机偏转,实现激光毛化坑沿轧辊轴向的无序分布;

步骤300,由另一台波形发生器存储相位随机变化的方波控制波形,驱动光纤激光器输出时间间隔随机变化的激光脉冲序列,实现激光毛化坑沿轧辊周向的无序分布;

步骤400,将激光毛化坑在轧辊轴向和周向的一维短程无序分布组合后,最终实现激光毛化坑在轧辊表面的两维长程无序分布。

2. 根据权利要求1所述的控制方法,其特征在于,

驱动所述光学偏转器的控制波形由1/4周期的弦曲线和直线组成,且弦曲线被直线分隔;驱动所述光学偏转器的控制波形的弦曲线的相位和振幅随机变化,其中弦曲线的相位在 0 、 $\pi/2$ 、 π 和 $3/2\pi$ 之间随机选择。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,

弦曲线和直线组成的驱动所述光学偏转器的控制波形周期包含的毛化坑间距为整数,轧辊周长包含的所述光学偏转器的控制波形周期覆盖的毛化长度为整数。

4. 根据权利要求1所述的控制方法,其特征在于,

所述光纤激光器的种子级的控制波形频率与放大级控制波形频率的比值大于3,其中所述光纤激光器放大级的控制波形的相位在 0 - 360 度之间随机变化。

5. 根据权利要求1所述的控制方法,其特征在于,

所述光学偏转器的控制波形的振幅随机范围对应的毛化坑轴向偏移范围,等于所述光纤激光器放大级的控制波形的相位随机范围对应的毛化坑周向偏移范围,该毛化坑的偏移范围在 25 - $400\mu\text{m}$ 之间。

6. 根据权利要求1所述的控制方法,其特征在于,

所述光学偏转器的控制波形的振幅偏移间隔对应的毛化坑轴向偏移,等于所述光纤激光器放大级的控制波形的相位偏移间隔对应的毛化坑周向偏移,该毛化坑的偏移间隔在 5 - $50\mu\text{m}$ 之间。

7. 根据权利要求1所述的控制方法,其特征在于,

两台所述波形发生器储存的所述光学偏转器的短程控制波形和储存的所述光纤激光器的放大级的短程控制波形组合成一个长程的二维的毛化坑随机分布控制波形,能够覆盖整个轧辊。

8. 根据权利要求7所述的控制方法,其特征在于,

所述二维无序分布适用的毛化坑直径为 50 - $200\mu\text{m}$ 。

9. 根据权利要求1所述的控制方法,其特征在于,

所述轧辊的表面毛化坑能够实现两维离散无序分布和两维全覆盖无序分布。

一种光纤激光毛化两维无序分布控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及轧辊表面毛化技术领域,尤其涉及一种针对轧辊旋转毛化应用的基于任意波形发生器的光纤激光毛化两维无序分布控制方法。

背景技术

[0002] 目前,轧辊表面毛化技术已经在冷轧板带生产中得到广泛应用。与喷丸毛化技术和电火花毛化技术相对比,激光毛化技术具有寿命长、污染小、板带深冲性能好等优点,市场前景广阔。

[0003] 喷丸毛化和电火花毛化的面状加工特点决定了轧辊表面的毛化坑是无序分布,生产出的板带表面具有各向同性,亚光效果好。而激光毛化是点状加工,在轧辊表面产生高硬度的毛化坑的同时,也造成了毛化坑的规则分布,生产出的板带表面形貌具有各向异性,影响表面性能和美观。因此,需要对激光毛化技术进行改进,人为干预毛化坑的分布,以形成无序毛化坑分布,进一步提升激光毛化板带的性能,满足工业生产需要。

[0004] 在现有公开的文献中,激光毛化无序分布技术大致包括以下三种:

[0005] 1、通过电信号控制激光脉冲参数形成的无序分布。此类方法将沿轧辊周向随机分布的毛化坑在轧辊轴向重叠、组合,以实现视觉两维随机的效果。如,申请号:201210164998.X,一种激光无序毛化轧辊表面的加工方法和加工设备;申请号:2016100950086.X,一种提高圆周无规则毛化微坑均匀性的控制系统及方法。此类方法本质上还是一维分布,其毛化坑的密度、毛化形貌的无序度都受到限制。

[0006] 2、通过光学偏转器偏转激光脉冲实现的无序分布。光学偏转器可以采用机械振镜或其它光学偏转装置。如,申请号:201610155553.8,基于透射式振镜的轧辊表面激光无序毛化加工方法及装置;和申请号:200510116750.6,无规则偏转毛化点的辊类表面毛化激光加工系统及其装置。但此类方法只能实现轴向的无序分布,毛化形貌的无序度同样受到限制。

[0007] 3、电信号控制激光脉冲参数和光学偏转器组合形成的无序分布。此类方法将轧辊周向的毛化坑无序分布和轧辊轴向毛化坑无序分布实施了组合,具备实现真实两维无序分布的条件。如:申请号:2016104353317,一种实现毛化点均匀随机分布的激光毛化方法。该专利利用随机信号源控制激光脉冲的延时和光学偏转器的偏转角度,但由于没有实施足够的参数优化,该专利形成的毛化表面具有的纹理倾向,只能实现毛化坑的稀疏分布,如要实现全覆盖分布,必须采用不同控制参数的多激光毛化头同时加工或改参数后用单激光毛化头再次覆盖毛化。

[0008] 综上,现有的轧辊表面激光无序毛化方法或只能实现一维无序分布,或具备实现二维无序分布的条件,但控制参数没有经过优化,无法实现真正的二维无序分布的激光毛化表面,有必要加以改进。

发明内容

[0009] 本文发明的目的是提供一种针对轧辊旋转毛化应用的基于任意波形发生器的光纤激光毛化两维无序分布控制方法。

[0010] 具体地,本发明提供一种光纤激光毛化两维无序分布控制方法,包括如下步骤:

[0011] 步骤100,根据预定毛化参数调整好光纤激光器和光学偏转器,并设定激光毛化坑沿轧辊轴向和周向的分布距离;

[0012] 步骤200,由一台波形发生器存储振幅随机变化的由弦曲线和直线组合的控制波形,去驱动光学偏转器使激光脉冲沿轧辊轴向随机偏转,实现激光毛化坑沿轧辊轴向的无序分布;

[0013] 步骤300,由另一台波形发生器存储相位随机变化的方波控制波形,驱动光纤激光器输出时间间隔随机变化的激光脉冲序列,实现激光毛化坑沿轧辊周向的无序分布;

[0014] 步骤400,将激光毛化坑在轧辊轴向和周向的一维短程无序分布组合后,最终实现激光毛化坑在轧辊表面的两维长程无序分布。

[0015] 在本发明的一个实施方式中,驱动所述光学偏转器的控制波形由1/4周期的弦曲线和直线组成,且弦曲线被直线分隔;驱动所述光学偏转器的控制波形的弦曲线的相位和振幅随机变化,其中弦曲线的相位在 0 、 $\pi/2$ 、 π 和 $3/2\pi$ 之间随机选择。

[0016] 在本发明的一个实施方式中,弦曲线和直线组成的驱动所述光学偏转器的控制波形周期包含的毛化坑间距为整数,轧辊周长包含的所述光学偏转器的控制波形周期覆盖的毛化长度为整数。

[0017] 在本发明的一个实施方式中,所述光纤激光器的种子级的控制波形频率与放大级控制波形频率的比值大于3,其中所述光纤激光器放大级的控制波形的相位在 0 - 360 度之间随机变化。

[0018] 在本发明的一个实施方式中,所述光学偏转器的控制波形的振幅随机范围对应的毛化坑轴向偏移范围,等于所述光纤激光器放大级的控制波形的相位随机范围对应的毛化坑周向偏移范围。该毛化坑的偏移范围在 25 - $400\mu\text{m}$ 之间。

[0019] 在本发明的一个实施方式中,所述光学偏转器的控制波形的振幅偏移间隔对应的毛化坑轴向偏移,等于所述光纤激光器放大级的控制波形的相位偏移间隔对应的毛化坑周向偏移。该毛化坑的偏移间隔在 5 - $50\mu\text{m}$ 之间。

[0020] 在本发明的一个实施方式中,两台所述波形发生器储存的所述光学偏转器的短程控制波形和储存的所述光纤激光器的放大级的短程控制波形组合成一个长程的二维的毛化坑随机分布控制波形,能够覆盖整个轧辊。

[0021] 在本发明的一个实施方式中,所述二维无序分布适用的毛化坑直径为 50 - $200\mu\text{m}$ 。

[0022] 在本发明的一个实施方式中,所述轧辊的表面毛化坑能够实现两维离散无序分布和两维全覆盖无序分布。

[0023] 本发明基于任意波形发生器,设计了两种波形分别控制光学偏转器和光纤激光器,实现了毛化坑在轧辊轴向的一维无序分布和毛化坑在轧辊周向的一维无序分布,并将毛化坑在两个方向的一维短程无序分布组合形成了两维长程无序分布。

[0024] 本发明利用任意波形发生器的存储功能优化设计控制波形,具有以下优点:1)在一定偏移范围内精确定位毛化坑,毛化坑位置的无序度可控,能够避免控制波形自身形成

的毛化坑排列的纹理倾向;2) 轧辊表面毛化坑的周向和轴向无序度一致性好,表面粗糙度一致性好。3) 通过控制波形参数的组合,能够将短程的一维无序控制波形组合成长程的二维无序控制波形,从而覆盖整个轧辊表面。

附图说明

[0025] 图1是本发明一个实施方式的两维无序分布方法的流程图;

[0026] 图2为本发明一个实施方式的任意波形发生器存储的光学偏转器的控制波形示意图;

[0027] 图3为本发明一个实施方式的任意波形发生器存储的光纤激光器的控制波形示意图;

[0028] 图4为本发明一个实施方式的毛化坑全覆盖无序分布示意图。

具体实施方式

[0029] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0030] 如图1所示,在本发明的一个实施方式中,公开一种光纤激光毛化两维无序分布控制方法,包括如下步骤:

[0031] 步骤100,根据预定毛化参数调整好光纤激光器和光学偏转器,并设定激光毛化坑沿轧辊轴向和周向的分布距离;

[0032] 步骤200,由一台波形发生器存储由弦曲线和直线组合的控制波形,去驱动光学偏转器使激光脉冲沿轧辊轴向随机偏转,实现激光毛化坑沿轧辊轴向的无序分布;

[0033] 驱动光学偏转器的控制波形由1/4周期的弦曲线和直线组成,且弦曲线被直线分隔;由于波形的直线部分光学偏转器不动作,使光学偏转器有足够的时间起停,因此对于机械光学偏转器来说,工作频率能提高一倍。

[0034] 同时,驱动光学偏转器的控制波形的弦曲线的相位和振幅随机变化。其中弦曲线的相位在 0 、 $\pi/2$ 、 π 和 $3/2\pi$ 之间随机选择。

[0035] 弦曲线和直线组成的驱动光学偏转器的控制波形周期包含的毛化坑间距为整数,轧辊周长包含的光学偏转器的控制波形周期覆盖的毛化长度为整数。这些实施方式能够避免控制波形驱动光学偏转器时自身形成的毛化坑分布纹理。

[0036] 光学偏转器的控制波形的振幅随机范围(最大振幅-最小振幅)对应的毛化坑轴向偏移范围,等于光纤激光器放大级的控制波形的相位随机范围(最小相位-最大相位)对应的毛化坑周向偏移范围。毛化坑的偏移范围在 $25-400\mu\text{m}$ 之间。光学偏转器的控制波形的振幅偏移间隔(振幅偏移范围除以随机数)对应的毛化坑轴向偏移,等于光纤激光器放大级的控制波形的相位偏移间隔(相位随机偏移除以随机数)对应的毛化坑周向偏移。毛化坑的偏移间隔在 $5-50\mu\text{m}$ 之间。上述限定可保证轧辊周向和轴向的毛化坑分布无序度一致和粗糙度的一致。

[0037] 步骤300,由另一台波形发生器存储相位随机变化的方波控制波形,驱动光纤激光器输出时间间隔随机变化的激光脉冲,实现激光毛化坑沿轧辊周向的无序分布;

[0038] 光纤激光器的种子级的控制波形频率与放大级控制频率的比值大于3,其中光纤

激光器放大级的控制波形的相位偏移在0-360度之间随机变化。该限定可以使光纤激光器的放大级能够从控制波形的周期中随机选择一个种子激光中进行放大输出,使毛化坑在周向形成随机的分布距离。

[0039] 优选地,相位偏移范围(最大相位-最小相位)对应的毛化坑周向偏移距离与振幅偏移范围对应的毛化坑轴向的偏移距离相等。

[0040] 优选地,相位偏移间隔(偏移范围除以随机数)对应的毛化坑周向偏移距离与振幅偏移间隔对应的毛化坑轴向偏移距离相等。

[0041] 步骤400,将激光毛化坑在轧辊轴向和周向的一维无序分布组合后,最终实现激光毛化坑在轧辊表面的二维无序分布。

[0042] 两台波形发生器储存的光学偏转器的控制波形和储存的光纤激光器的放大级的短程控制波形组合成一个长程的二维的毛化坑随机分布的控制波形,能够覆盖整个轧辊。

[0043] 优选地,二维无序分布适用的毛化坑直径为50-200 μm 。轧辊的表面毛化坑能够实现二维离散无序分布和二维全覆盖无序分布。

[0044] 以下以具体实施例对本方法进行详细说明。

[0045] 图2为任意波形发生器存储的光学偏转器的控制波形示意图。该控制波形1由1/4周期弦曲线1-1和直线1-2组成,且直线1-2分隔弦曲线1-1。每段弦曲线1-1的相位 Φ 在0、 $\pi/2$ 、 π 和 $3/2\pi$ 中随机变化。控制波形1的周期1-4由4段弦曲线1-1和4段直线1-2构成,周期1-4的振幅1-3随机变化。

[0046] 图3为任意波形发生器存储的光纤激光器的控制波形示意图。光纤激光器种子级的控制波形为 W_{seeder} ,相位固定的周期为T的基本放大级控制波形为 $W_{\text{amplifier}}$,光纤激光器输出的激光脉冲序列为 LP_{normal} ,其中 W_{seeder} 的频率与 $W_{\text{amplifier}}$ 的频率的比值大于3。当相位偏移Offset在0-360度之间随机变化时,控制波形从 $W_{\text{amplifier}}$ 变为控制波形2,光纤激光器输出的激光脉冲序列从 LP_{normal} 变为3。

[0047] 实施例

[0048] 将直径为100mm、轴向长度为800mm的轧辊架在数控车床上。测量单个激光脉冲形成的毛化坑直径为160 μm 。令轧辊表面毛化坑的周向间距为100 μm ,轧辊表面毛化坑的轴向间距同为100 μm 。

[0049] 如图2所示,光学偏转器的控制波形1所含的周期1-4包含了8个轧辊周向的毛化坑距,振幅范围对应的毛化坑偏移范围为66.7 μm ,振幅间隔对应的毛化坑偏移距离为16.7 μm ,控制波形1的周期1-4的数量为6000。弦曲线1-1-1和1-1-4的相位 Φ 为0或 $3/2\pi$,弦曲线1-1-2和1-1-3的相位 Φ 为 $\pi/2$ 或 π 。

[0050] 如图3所示,光纤激光器的种子级控制波形 W_{seeder} 的频率与放大级基本控制波形 $W_{\text{amplifier}}$ 的频率的比值为6。光纤激光器的放大级的控制波形2的相位偏移Offset在0-240度之间,对应的毛化坑偏移范围为66.7 μm ,相位偏移间隔对应的毛化坑偏移距离为16.7 μm ,控制波形2的周期T的数量为5000。由于轴向的毛化坑偏移范围等于周向的毛化坑偏移范围,且轴向的毛化坑偏移间隔等于周向的毛化坑偏移间隔,因此毛化坑在两个方向上的随机偏移是对称的,不会形成肉眼可见的宏观纹理,粗糙度的一致性良好。

[0051] 图4为毛化坑全覆盖无序分布示意图。光学偏转器的控制波形1与光纤激光器放大级的控制波形2组成一个新的二维随机控制波形,其覆盖长度可以表示为以下三个参数的

积:光学偏转器控制波形1的周期数、光纤激光器放大级的控制波形2的周期数和毛化坑周向间距,即 $6000*5000*100=3*10^9\mu\text{m}$,已知轧辊周长 $\pi*100000\approx 314159\mu\text{m}$,毛化坑轴向距离为 $100\mu\text{m}$,则该二维随机波形覆盖的轧辊轴向毛化长度为 $3*10^9/314159*100\approx 954930\mu\text{m}=954.93\text{mm}$,能够完全覆盖轧辊轴向长度。

[0052] 至此,本领域技术人员应认识到,虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例,但是,在不脱离本发明精神和范围的情况下,仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此,本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

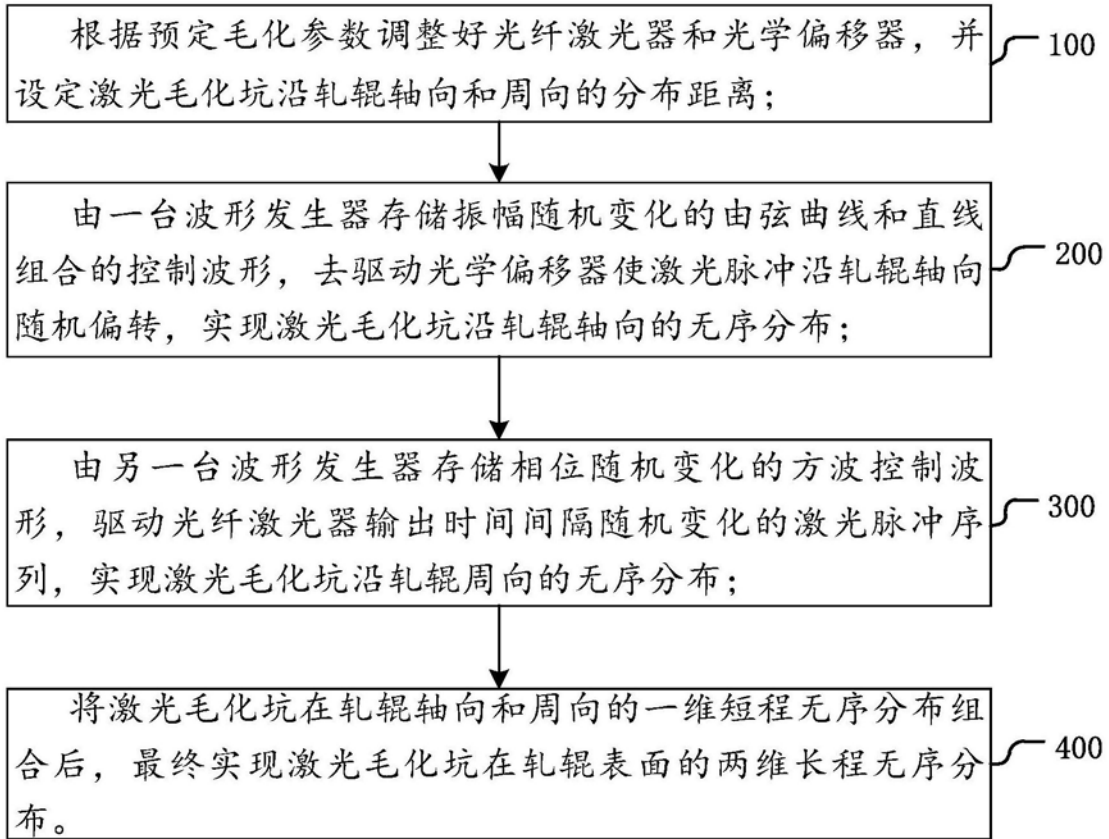


图1

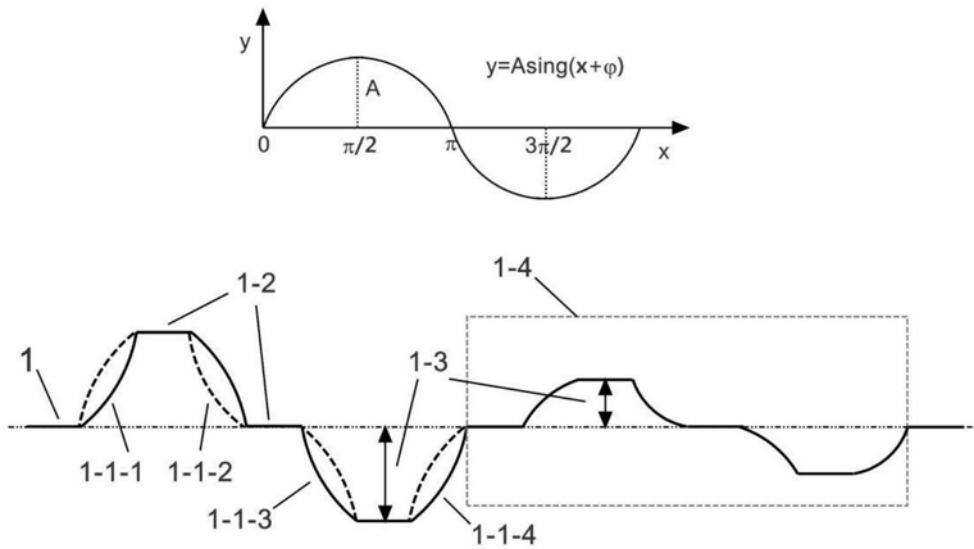


图2

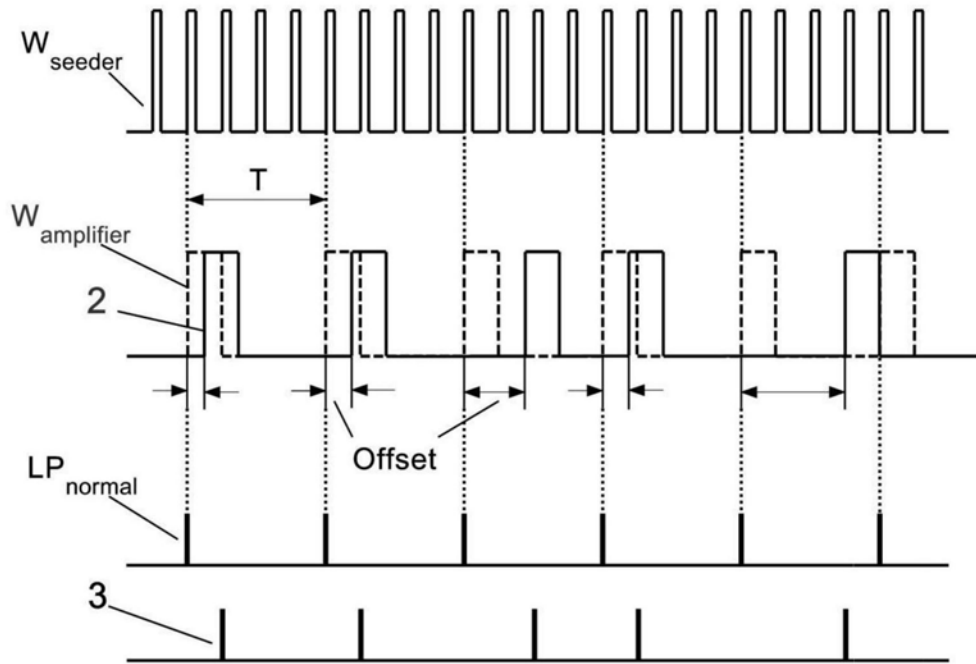


图3

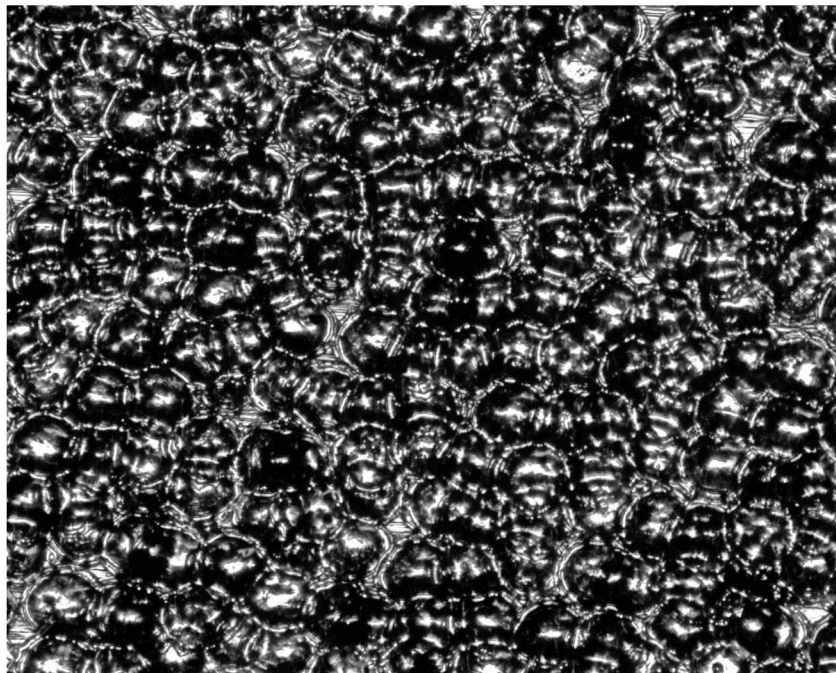


图4