



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102068282 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 25

(21) 申请号 201010561828. 6

(22) 申请日 2010. 11. 26

(71) 申请人 温州医学院眼视光研究院

地址 325000 浙江省温州市学院西路 270 号

申请人 温州医学院眼视光器械有限公司

(72) 发明人 徐亮禹 陈浩 朱明善

(74) 专利代理机构 温州金瓯专利事务所(普通合伙) 33237

代理人 夏曙光

(51) Int. Cl.

A61B 8/10(2006. 01)

G05B 19/05(2006. 01)

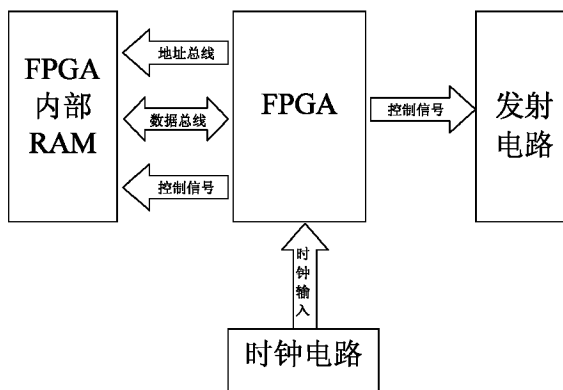
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法

(57) 摘要

一种基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法,将超声生物显微镜直线扫描运动过程对应的匀速圆周运动过程的周长等距离取 1024 个圆周速度点,每个速度点的速度值 v 为圆周速度值 V 和对应速度点所在圆弧的正弦值的乘积,匀速圆周运动过程分为 1023 段,取每段相邻的两个速度点的速度值 v 的平均值为每段平均速度值 v\_avg(i), i=1, 2... 1023;周长的弧度范围为 pi/6~pi 5/6,圆周运动半径为 R,有效扫描路径距离为 S 为 R,每段发射距离 S 为 R/1023=0. 001693R,每段发射时间分别为 T=S/v\_avg(i),依照每段发射时间进行控制发射。本发明能消除几何失真、提高扫描路径利用率,提升图像质量。



1. 一种基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法,其特征在于:将超声生物显微镜直线扫描运动过程对应的匀速圆周运动过程的周长等距离取 1024 个圆周速度点,每个速度点的速度值  $v$  为圆周速度值  $V$  和对应速度点所在圆弧的正弦值的乘积,所述匀速圆周运动过程分为 1023 段,取每段相邻的两个速度点的速度值  $v$  的平均值为每段平均速度值  $v_{\text{avg}}(i)$ ,  $i$  表示段数编号,  $i$  为自然数,  $i=1, 2 \cdots 1023$  计算得到  $v_{\text{avg}}(1) \cdots v_{\text{avg}}(1023)$ ;

匀速圆周运动过程的周长的弧度范围为  $\pi/6 \sim \pi 5/6$ , 圆周运动半径为  $R$ , 有效扫描路径距离为  $S$  为  $R$ , 每段发射距离  $S$  为  $R/1023=0.001693R$ , 每段发射时间分别为  $T=S/v_{\text{avg}}(i)$ , 依照计算所得的发射时间进行控制发射。

2. 如权利要求 1 所述的基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法,其特征在于:采用 FPGA 作为控制器, FPGA 产生脉冲计数器来设置 1023 个时间压缩参数,并通过控制数据总线和地址总线将产生的数据按地址顺序储存到对应的 FPGA 内部生成的储存 RAM 里,当超声传感器到达发射位置时, FPGA 将接收到一个触发信号,启动发射控制程序,第一次发射超声脉冲后即马上读取储存 RAM 里的第一个时间压缩参数,按时间压缩参数来启动计时程序,即相应  $v_{\text{avg}}(1) \cdots v_{\text{avg}}(1023)$  的时间,当完成计时后即可发射第二次发射脉冲,然后再读取储存 RAM 里的第二个时间压缩参数,如此按特定顺序读取 1023 个时间压缩参数,完成 1024 次脉冲发射的控制。

## 基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声生物显微镜的直线扫描发射技术,尤其是一种超声频率在 35Mhz 以上的用于眼科疾病诊断的超声生物显微镜扫描控制方法。

### 背景技术

[0002] 超声生物显微镜 (Ultrasound Biomicroscope ,UBM) 是 20 世纪 90 年代初发展起来的新型眼科 B 超影像学检测设备。UBM 利用可编程逻辑器件控制电子电路激励高频超声传感器发射高频超声作为信号源、接收超声回波信号并进行电子信号处理,得到与检查组织相关的数字图像,结合计算机图像处理技术为人们提供类似低倍光学显微镜效果和不同断面的眼前段二维图像。UBM 具有分辨率高、实时、定量和不受混浊角膜、晶状体影响等特点,在眼科临床上得到广泛的应用。

[0003] UBM 目前在临床上广泛使用的是扇型扫描和直线扫描方式。直线扫描具有图像几何失真小,图像清晰范围广等优势。但是直线扫描机械装置比扇型扫描机械装置复杂很多,目前应用比较多的是利用电机的匀速圆周运动转化为直线的往返运动。但这种直线扫描过程中直线运动不匀速,设圆周速度为  $V$ ,则直线运动的  $v=V \times \sin \theta$  ( $\theta$  为圆周角),直线运动速度是正弦函数相关的。取  $\theta$  值的弧度范围  $[\pi/6, \pi 5/6]$  为直线扫描的有效路径,则  $v$  的范围为  $[0.5V, V]$ 。临床上采用等时间距来发射超声脉冲,这样就会给图像带来一定程度的几何失真,而且扫描路径的利用率比较低。

### 发明内容

[0004] 为了克服已有的超声生物显微镜的等时间距直线扫描发射方法的存在几何失真、扫描路径利用率低、图像质量较差的不足,本发明提供了一种消除几何失真、提高扫描路径利用率,提升图像质量的基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

一种基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法,将超声生物显微镜直线扫描运动过程对应的匀速圆周运动过程的周长等距离取 1024 个圆周速度点,每个速度点的速度值  $v$  为圆周速度值  $V$  和对应速度点所在圆弧的正弦值的乘积,所述匀速圆周运动过程分为 1023 段,取每段相邻的两个速度点的速度值  $v$  的平均值为每段平均速度值  $v_{\text{avg}}(i)$ ,  $i$  表示段数编号,  $i$  为自然数,  $i=1, 2 \cdots 1023$  计算得到  $v_{\text{avg}}(1) \cdots v_{\text{avg}}(1023)$ ;

匀速圆周运动过程的周长的弧度范围为  $\pi/6 \sim \pi 5/6$ , 圆周运动半径为  $R$ , 有效扫描路径距离为  $S$  为  $R$ , 每段发射距离  $S$  为  $R/1023=0.001693R$ , 每段发射时间分别为  $T=S/v_{\text{avg}}(i)$ , 依照计算所得的发射时间进行控制发射。

[0006] 作为优选的一种方案:采用 FPGA 作为控制器, FPGA 产生脉冲计数器来设置 1023 个时间压缩参数,并通过控制数据总线和地址总线将产生的数据按地址顺序储存到对应的 FPGA 内部生成的储存 RAM 里,当超声传感器到达发射位置时, FPGA 将接收到一个触发信号,启动发射控制程序,第一次发射超声脉冲后即马上读取储存 RAM 里的第一个时间压缩参

数,按时间压缩参数来启动计时程序,即相应  $v_{\text{avg}}(1) \cdots v_{\text{avg}}(1023)$  的时间,当完成计时后即可发射第二次发射脉冲,然后再读取储存 RAM 里的第二个时间压缩参数,如此按特定顺序读取 1023 个时间压缩参数,完成 1024 次脉冲发射的控制。

[0007] 本发明的技术构思为:基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射方式,由于其扫描过程不是完全直线匀速运动的,而是和  $\sin$  函数相关的,最大速度比最小速度足足高了一倍。

[0008] 本发明为弥补以上扫描方式的不足,在直线运动过程中每次发射间距相等,严格控制几何距离精度,使图像无几何失真。在有效圆周上等距取 1024 个值,并用相邻的两个直线速度求 1023 个平均速度,使用如下 matlab 命令:

```
rad= pi /6:2* pi /3069:5* pi /6 ;
```

```
v=sin(rad)V ;
```

```
for i=1:1023
```

```
  vavg(i)=[v(i)+v(i+1)]/2 ;
```

```
end ;
```

v 矩阵就是 1024 个直线运动点的瞬时速度, v 的矩阵如下所示:

```
[0. 5000V, 0. 5018V, 0. 5035V, 0. 5053V... 0. 5053V, 0. 5035V, 0. 5018V, 0. 5000 V] ;
```

$v_{\text{avg}}$  为相邻 v 的两点的平均速度,有 1023 个平均速度,矩阵如下所示:[0. 5009V, 0. 5027V, 0. 5044V, 0. 5062V... 0. 5062V, 0. 5044V, 0. 5027V, 0. 5009V]。由于  $\sin$  函数是偶函数,所以  $v_{\text{avg}}$  的值也是中心对称。设圆周运动频率为 f, 因为水平直线速度的不同,所以要在时间上动态压缩,使扫描过程中在扫描路径上等距发射超声脉冲。设圆周运动半径为 R,所以有效扫描路径距离为 S 为 R,每段发射距离 S 为  $\sqrt{3} R/1023= 0. 001693R$ ,因此每段发射时间分别为  $T=S/v_{\text{avg}}(i)$ ,  $T=[S/v_{\text{avg}}(1), S/v_{\text{avg}}(2), S/v_{\text{avg}}(3), S/v_{\text{avg}}(4) \cdots S/v_{\text{avg}}(1020), S/v_{\text{avg}}(1021), S/v_{\text{avg}}(1022), S/v_{\text{avg}}(1023)]$ ;

即能够得到:

$T=[0. 0033799R/V, 0. 0033678R/V, 0. 0033565R/V, 0. 0033445R/V \cdots 0. 0033445R/V, 0. 0033565R/V, 0. 0033678R/V, 0. 0033799R/V]$ , 因为  $V=\omega \times R=2 \times \pi \times f \times R$ , 故时间的压缩参数  $T=[(5. 382e^{-4})/f, (5. 363e^{-4})/f, (5. 345e^{-4})/f, (5. 326e^{-4})/f, \cdots (5. 326e^{-4})/f, (5. 345e^{-4})/f, (5. 363e^{-4})/f, (5. 382e^{-4})/f]$  由于  $v_{\text{avg}}$  是中心对称,两端数值小,中间数值大,所以 T 是两端数值大,中间数值小,两侧对称。UBM 在临床上使用时的频率 f 一般在 [4, 8] 之间,所以 T 值小于 134. 55us。

[0009] 本发明的有益效果主要表现在:几何失真非常小、扫描路径利用率高。

## 附图说明

[0010] 图 1 是基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法原理框图。

[0011] 图 2 是直线扫描路径的示意图。

## 具体实施方式

[0012] 下面结合附图对本发明作进一步描述。

[0013] 参照图 1, 一种基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法, 将超声生物显微镜直线扫描运动过程对应的匀速圆周运动过程的周长等距离取 1024 个圆周速度点, 每个速度点的速度值  $v$  为圆周速度值  $V$  和对应速度点所在圆弧的正弦值的乘积, 所述匀速圆周运动过程分为 1023 段, 取每段相邻的两个速度点的速度值  $v$  的平均值为每段平均速度值  $v_{\text{avg}}(i)$ ,  $i$  表示段数编号,  $i$  为自然数,  $i=1, 2 \cdots 1023$  计算得到  $v_{\text{avg}}(1) \cdots v_{\text{avg}}(1023)$ ;

匀速圆周运动过程的周长的弧度范围为  $\pi/6 \sim \pi 5/6$ , 圆周运动半径为  $R$ , 有效扫描路径距离为  $S$  为  $R$ , 每段发射距离  $S$  为  $R/1023=0.001693R$ , 每段发射时间分别为  $T=S/v_{\text{avg}}(i)$ , 依照计算所得的发射时间进行控制发射。

[0014] 采用 FPGA 作为控制器, FPGA 产生脉冲计数器来设置 1023 个时间压缩参数, 并通过控制数据总线和地址总线将产生的数据按地址顺序储存到对应的 FPGA 内部生成的储存 RAM 里, 当超声传感器到达发射位置时, FPGA 将接收到一个触发信号, 启动发射控制程序, 第一次发射超声脉冲后即马上读取储存 RAM 里的第一个时间压缩参数, 按时间压缩参数来启动计时程序, 即相应  $v_{\text{avg}}(1) \cdots v_{\text{avg}}(1023)$  的时间, 当完成计时后即可发射第二次发射脉冲, 然后再读取储存 RAM 里的第二个时间压缩参数, 如此按特定顺序读取 1023 个时间压缩参数, 完成 1024 次脉冲发射的控制。

[0015] 本实施例利用电机的匀速圆周运动转换为直线往返运动, 如图 2 所示, 在不匀速的直线运动中实现等间距发射超声脉冲, 总体思路是在不匀速的直线运动过程中动态压缩发射时间来实现等间距发射, 具体控制过程如下: 在匀速圆周运动过程的周长上取有效的 1024 个圆周速度点, 各点对应的水平直线速度各异, 因为扫描运动范围非常小, 在临床使用过程中, 16mm 的有效扫描范围即可实现超声生物显微镜眼前节的全景扫描, 基于积分原理, 可认为小范围扫描具有 1023 个匀速扫描线段, 其速度为  $v_{\text{avg}}(i)$ 。线速度  $v_i = V \times \sin(\text{rad})$ , ( $i=1, 2 \cdots 1024$ , rad 圆周弧度),  $v_{\text{avg}}(i) = [v(i) + v(i+1)]/2$ , ( $i=1, 2 \cdots 1023$ ),  $T = S/v_{\text{avg}}(i)$ , ( $i=1, \cdots 1023$ ), 因此根据各扫描线段  $T$  的不同, 在不匀速的直线运动过程中动态压缩发射时间即可实现近似的等间距发射。

[0016] 本发明采用 FPGA (Field Programmable Gate Array) 作为控制器, FPGA 具有充足的 IO 及内部资源和灵活的控制方法, 使用 FPGA 内部的 PLL (Phase Locked Loop) 可输出不同频率的同步时钟脉冲, FPGA 可控制超声发射电路和时间压缩参数的读取。在系统复位时, FPGA 将产生脉冲计数器来设置 1023 个时间压缩参数, 并通过控制数据总线和地址总线将产生的数据按地址顺序储存到对应的 FPGA 内部生成的 RAM 里, 这样不仅读写速度快, 而且不增加外围器件。当超声传感器到达发射位置时, FPGA 将接收到一个触发信号, 启动发射控制程序, 第一次发射超声脉冲后即马上读取储存 RAM 里的第一个时间压缩参数, 按时间压缩参数来启动计时程序 (即相应  $v_{\text{avg}}(1) \cdots v_{\text{avg}}(1023)$  的时间), 当完成计时后即可发射第二次发射脉冲, 然后再读取储存 RAM 里的第二个时间压缩参数, 如此按特定顺序读取 1023 个时间压缩参数, 可完成 1024 次脉冲发射的控制。

[0017] 本实施例中, 在设计上可用 FPGA 的 PLL 输出 60Mhz 的时钟用来计算, 每个时钟周期为 16.7ns, 当  $f=4\text{hz}$  时, 故最多需要 8056 (134550/16.7) 个时钟数。在具体转换过程中, 需要把  $T$  的各个值按 60Mhz 的时钟周期来计数, 用整数的计数值来代替时间的压缩参数。在系统启动复位时, FPGA 先自动生成各个  $T$  转换后的时钟计数值, 如 8056 (十进制), 并把生成的时钟计数值按地址总线从低到高顺序写到内部生成的 RAM 里面, 本发明可采用  $512 \times$

16 的 RAM 来存储数据,因为 T 值是两端对称的。因此,在 FPGA 第一次使能超声发射脉冲后即马上读取储存 RAM 里的 000000000 (二进制)地址里的数据,并按读取的数据启动计时程序,该计时程序是按时钟数来递减数据直到该数据为零即可完成相应的计时。当完成计时后即可使能第二次超声发射脉冲,然后再读取储存 RAM 里的 000000001 (二进制)地址里的数据,也用该读取数据启动计时程序,直到 RAM 的地址为 111111110 (二进制),即 T 值的中心数据,第 512 个数据。因为 T 值的对称性,在读取第 513- 第 1023 个数据需要按地址递减来读取,即第 513 个数据地址为 111111101 (二进制),第 1023 个数据地址为 000000000 (二进制)。如此先按地址递加然后再递减顺序取值,启动相应的计时程序,即可完成动态时间压缩功能,实现超声等距发射。

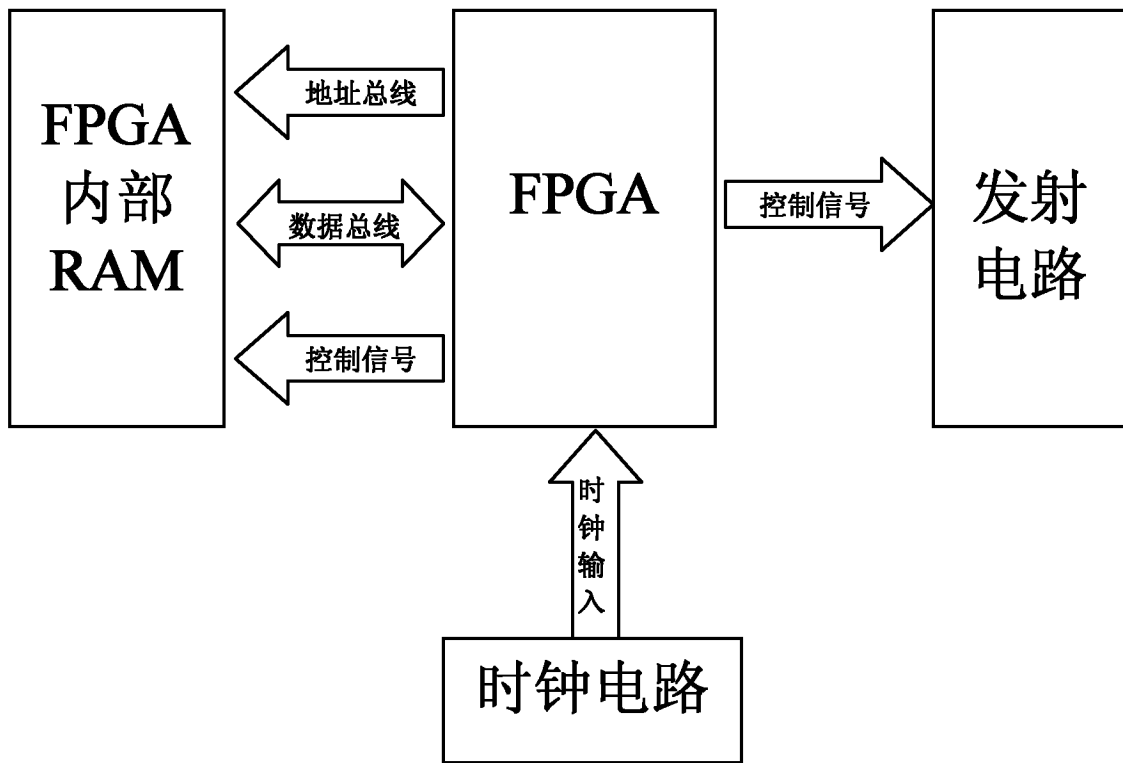


图 1

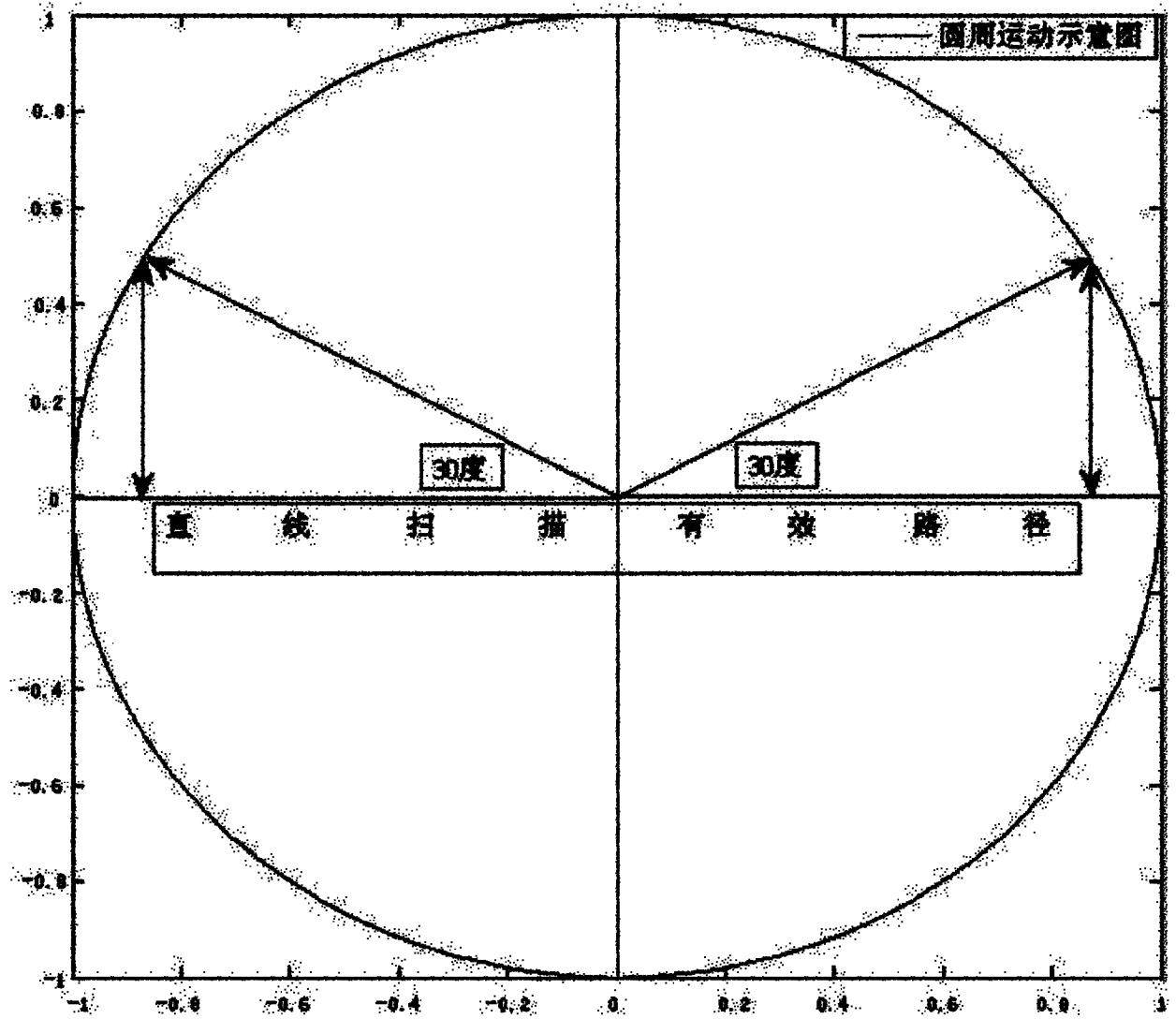


图 2

专利名称(译)	基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN102068282A</a>	公开(公告)日	2011-05-25
申请号	CN201010561828.6	申请日	2010-11-26
[标]申请(专利权)人(译)	温州医学院眼视光研究院		
申请(专利权)人(译)	温州医学院眼视光研究院		
当前申请(专利权)人(译)	温州医学院眼视光研究院		
[标]发明人	徐亮禹 陈浩 朱明善		
发明人	徐亮禹 陈浩 朱明善		
IPC分类号	A61B8/10 G05B19/05		
CPC分类号	G10K11/18 G01S7/52046 G01S15/8945		
代理人(译)	夏曙光		
其他公开文献	CN102068282B		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

一种基于正弦函数的超声生物显微镜直线扫描发射控制方法，将超声生物显微镜直线扫描运动过程对应的匀速圆周运动过程的周长等距离取1024个圆周速度点，每个速度点的速度值 $v$ 为圆周速度值 $V$ 和对应速度点所在圆弧的正弦值的乘积，匀速圆周运动过程分为1023段，取每段相邻的两个速度点的速度值 $v$ 的平均值为每段平均速度值 $v_{avg}(i)$ ， $i=1, 2, \dots, 1023$ ；周长的弧度范围为 $\pi/6 \sim \pi 5/6$ ，圆周运动半径为 $R$ ，有效扫描路径距离为 $S$ 为 $R$ ，每段发射距离 $S$ 为 $R/1023=0.001693R$ ，每段发射时间分别为 $T=S/v_{avg}(i)$ ，依照每段发射时间进行控制发射。本发明能消除几何失真、提高扫描路径利用率，提升图像质量。

