



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104625397 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201410811726. 3

(22) 申请日 2014. 12. 23

(71) 申请人 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 王红才 王小环 杨明江 李正阳 覃志康 绍鑫

(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 胡剑辉

(51) Int. Cl.

B23K 26/046(2014. 01)

B23K 26/36(2014. 01)

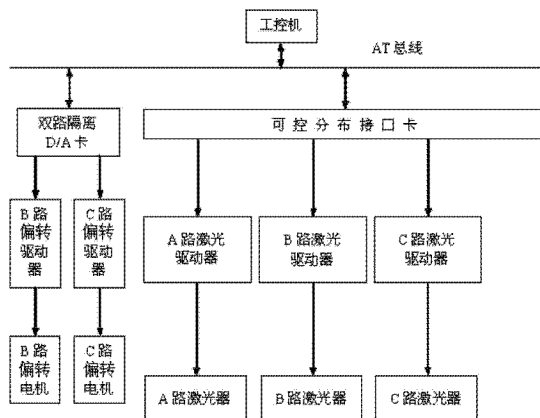
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

多束光合成聚焦控制系统及控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种多束光合成聚焦控制系统及控制方法,该系统包括工控机,通过 AT 总线分别连接可控分布接口卡和双路电隔离接口卡;至少一激光器控制装置,包括至少两激光驱动器;激光驱动器输入端均连接可控分布接口卡,输出端均连接激光器;至少一偏转总成控制装置,包括至少一偏转驱动器,偏转驱动器的输入端均连接双路电隔离接口卡,输出端均连接偏转电机。本发明的技术方案能提高激光毛化的加工速度,同时实现高能量密度的毛化加工和微坑组内的无规则分布。



1. 一种多束光合成聚焦控制系统,其特征在于,包括:

工控机,通过 AT 总线分别连接可控分布接口卡和双路电隔离接口卡;

至少一激光器控制装置,包括至少两激光驱动器;所述激光驱动器的输入端均连接所述可控分布接口卡,每个所述激光驱动器的输出端均连接激光器;所述激光驱动器根据所述工控机的激光指令控制与连接的所述激光器的工作状态和工作参数;

至少一偏转总成控制装置,包括至少一偏转驱动器,所述偏转驱动器的输入端均连接所述双路电隔离接口卡,所述偏转驱动器的输出端均连接一安装有用于改变上述激光器发出的光束方向的反射镜的偏转电机;所述偏转驱动器用于根据所述工控机的偏转指令控制与其连接的偏转电机的转动角度,进而控制所述反射镜的角度。

2. 根据权利要求 1 所述的多束光合成聚焦控制装置,其特征在于,所述反射镜偏转电机的转动角度在 $0 \sim 15$ 度之间。

3. 根据权利要求 2 所述的多束光合成聚焦控制装置,其特征在于,所述激光指令为脉冲信号,所述激光控制装置包括至少两激光驱动器,所述激光驱动器包括功放电路和控制电路。

4. 根据权利要求 1-3 任一所述的多束光合成聚焦控制装置,其特征在于,控制装置还包括用于发出随机偏转信号的伪随机信号发生器和用于发出随机延时信号的伪随机延时装置;

所述伪随机信号发生器连接在所述偏转驱动器与双路电隔离接口卡之间;

所述伪随机信号发生器包括单片机和偏转接口卡;

所述单片机提供 PC 全部功能;

所述偏转接口卡与单片机的扩展总线连接;

其中所述偏转接口卡包括定时器模块、信号源、第一 D/A 模块和第二 D/A 模块;

所述定时器模块用于产生单步定时脉冲,其值由单片机设定;

所述信号源内存有一组按正弦波变化的数字量,按定时器模块产生的单步定时脉冲向所述第二 D/A 模块输出按正弦波变化的数字量;

所述第一 D/A 模块按半周期定时向第二 D/A 模块输出基准电压,其值由单片机设定;

所述第二 D/A 模块,按定时器模块产生的单步定时脉冲向偏转驱动器输出模拟电压;

所述单片机通过 PC/104 总线与第一 D/A 模块及定时器模块的输入端连接;单片机上设置有 RS232C 接口,通过该 RS232C 接口与工控机连接。

5. 一种多束光合成聚焦控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤 1,工控机接收激光指令和偏转指令;

通过可控分布接口卡将所述激光指令分成至少两路分别发送给所述激光驱动器;

通过电隔离接口卡将所述偏转指令分成至少一路分别发送给所述电机驱动器;

步骤 2,所述激光驱动器接收一路激光指令并将其转换为驱动指令后根据该驱动指令控制激光器的工作状态和参数;

所述偏转驱动器接收一路偏转指令,并根据该偏转指令控制与所述偏转驱动器连接的所述偏转电机的转动角度,进而控制安装在所述偏转电机上的反射镜的角度。

多束光合成聚焦控制系统及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及离散激光加工控制技术,尤其是一种多束光合成聚焦控制系统及控制方法,适用于冷轧辊激光毛化等领域。

背景技术

[0002] 冷轧薄钢板具有厚度与板形精度高、表面质量好、力学性能好、厚度更薄等优点,应用非常广。冷轧板按粗糙度分为光面板和毛化板。毛化板采用毛化轧辊平整,表面形貌由毛化轧辊表面复制而来,粗糙度一般较大。相对光面板,毛化板因具有更好的延伸率和涂镀层结合力,在汽车、高铁、航空航天、家用电器以及食品包装等行业有广泛用途,是一种不可缺少的重要原料。

[0003] 轧辊毛化技术就是对磨光轧辊进行毛化,使其表面具有特殊形貌的技术。目前在工业上得到规模化推广应用的轧辊毛化技术是喷丸毛化、电火花毛化和激光毛化,其中比较先进的是电火花毛化和激光毛化。

[0004] 电火花毛化通过将轧辊和电极浸没在绝缘工作液中或在两电极的间隙喷绝缘工作液,两电极间的间隙足够小,电极上施加一定幅值和频率的脉冲电压,产生火花放电,在轧辊表面上产生一系列微熔微坑。

[0005] 激光毛化按使用的激光器种类分为 CO₂激光毛化和 YAG 激光毛化。CO₂激光毛化通过连续 CO₂激光器发出的连续激光,经斩波器变成频率一定的脉冲激光,通过沿轧辊轴向匀速移动聚焦镜将脉冲激光聚焦到匀速旋转的轧辊表面,使轧辊表面熔化、气化,产生大量的熔池,从而在整个辊面形成一定形貌的大量有凸台的硬化微坑。YAG 激光毛化通过连续泵浦 YAG 激光器经 Q 开关特殊调制输出高能量密度、高重复频率的 YAG 脉冲激光,通过沿轧辊轴向匀速移动聚焦镜将脉冲激光聚焦到匀速旋转的轧辊表面,使轧辊表面熔化、气化,产生大量的熔池;一定成分、一定压力的辅助气体沿一定角度侧吹熔池,使熔池凸台明显;轧辊自身热传导作用使熔池因熔融物迅速冷却而表面硬化;从而在整个辊面形成一定形貌的大量有凸台的硬化微坑。

[0006] YAG 激光毛化技术是中国科学院力学研究所在九十年代研究开发的,如发明专利“高重频调制多脉冲 YAG 激光刻花系统及加工方法”(ZL 92113223.9)。为了增加微坑分布的各向均匀度,调节冷轧板的各向延伸率,中科院力学所开发了 YAG 激光毛化的二维可控分布技术,如发明专利“具有可控分布毛化点的辊类表面毛化激光加工系统”(ZL 00128273.5)。工程中有相当多的毛化板要求微坑无规则分布。为了改善激光毛化板的外观质量,中科院力学所在二维可控分布技术的基础上开发可控无规则分布技术,如发明专利“圆周无规则毛化点的辊类表面毛化激光加工系统及方法”(ZL 200510117158.8);又如发明专利“无规则偏转毛化点的辊类表面毛化激光加工系统及方法”(ZL 200510116750.6)。

[0007] 激光毛化在微坑的均匀性和再现性、运行条件、环境污染、运行成本等方面都比电火花毛化更优越。然而,在加工速度方面电火花毛化比激光毛化更有优势。同样的轧辊,激光毛化需一个小时,电火花毛化可能只需 20 分钟。对于激光毛化,毛化轧辊的微坑密度越

高,毛化频率不变的情况下加工速度越慢。现在高档汽车板、家电板的微坑密度越来越高,迫切希望提高激光毛化的加工速度。

[0008] 电火花毛化加工速度比较快的原因是多电极同时放电。同样,多微坑并行加工是提高激光毛化加工速度的必然选择。

[0009] 一般的激光毛化,采用单台激光器、单个聚焦镜的方案。采用多台激光器、多个聚焦镜的方案显然能提高毛化速度。该方案的最大缺点是多台激光器产生的微坑相对位置不好控制,极易产生致命的干涉条纹。其另一缺点是光路结构较庞大,能同时用的激光器的数量会受限。也可将单台激光器的单束光分成多束光,分别聚焦输出。此时分束后单束光的能量会受限,其产生的微坑的位置有相关性,也易出条纹。

[0010] 采用单台激光器、分束后单个聚焦镜聚焦的方案也能提高毛化速度,因同时产生的多个微坑间距很近,相当于一组微坑,不易出条纹。该方案的最大缺点是单坑的能量受限,只适合提高低粗糙度毛化的速度。其另一缺点是微坑组内的坑间距相对固定,不能实现无规则分布,影响了毛化辊形貌的整体提高。

[0011] 采用多台激光器、合束后单个聚焦镜聚焦的方案,克服了单坑的能量不足的问题,应是比较理想的方案。专用于CTP(computer to plate)的半导体激光模块,如Intense的CTP激光阵列成像模块系列,结合了精密的光学器件和简便快捷的电子器件接口,其拥有64个高可靠性的激光发射器阵列,每个通道内部提供了200mW的高可靠性的单模激光输出。该器件的最大缺点单束光能量太低,无法毛化。其另一缺点是各束光相对位置固定,无法实现微坑的无规则分布。

发明内容

[0012] 本发明提供一种多束光合成聚焦控制系统及控制方法,用于克服现有技术中的缺陷,实现对多束光合成聚焦装置的控制,从而提高激光毛化的加工速度,同时实现高能量密度的毛化加工和微坑的无规则分布。

[0013] 本发明提供的多束光合成聚焦控制系统,包括:

[0014] 工控机,通过AT总线分别连接可控分布接口卡和电隔离接口卡;

[0015] 至少一激光器控制装置,包括至少两激光驱动器;所述激光驱动器的输入端均连接所述可控分布接口卡,每个所述激光驱动器的输出端均连接激光器;所述激光驱动器根据所述工控机的激光指令控制与其连接的所述激光器的工作状态和工作参数;

[0016] 至少一偏转总成控制装置,包括至少一偏转驱动器,所述偏转驱动器的输入端均连接所述电隔离接口卡,所述偏转驱动器的输出端均连接一安装有用于改变上述激光器发出的光束方向的反射镜的偏转电机;所述偏转驱动器用于根据所述工控机的偏转指令控制与其连接的偏转电机的转动角度,进而控制所述反射镜的角度。

[0017] 本发明还提供一种多束光合成聚焦控制方法,包括以下步骤:

[0018] 步骤1,工控机接收激光指令和偏转指令;

[0019] 通过可控分布接口卡将所述激光指令分成至少两路分别发送给所述激光驱动器;

[0020] 通过电隔离接口卡将所述偏转指令分成至少一路分别发送给所述电机驱动器;

[0021] 步骤2,所述激光驱动器接收一路激光指令并将其转换为驱动指令后控制激光

器的工作状态和参数；

[0022] 所述偏转驱动器接收一路偏转指令，并根据该偏转指令控制与所述偏转驱动器连接的所述偏转电机的转动角度，进而控制安装在所述偏转电机上的反射镜的角度。

[0023] 本发明提供的多束光合成聚焦控制系统及控制方法，每个激光驱动器接收激光指令控制激光器发射光束，发射光束经多束光合成聚焦装置中的反射镜改变方向后通过同一聚焦透镜会聚，能在位于其焦平面上的辊面上形成微坑组；激光指令用于控制每个发射光束的能量、发射时间和发射频率等，在辊面上同时或分时产生微坑组，增大了单位时间内的毛化区域，从而提高了激光毛化的加工速度；多束激光经单聚焦透镜输出，毛化辊面不易产生干涉条纹；偏转驱动器接收偏转指令控制偏转电机的转动角度，进而控制安装在偏转电机上的反射镜的角度，改变各束光的相对位置，最终达到控制光斑间距的目的，使得微坑组内的坑间距实时可控，便于规则和无规则分布参数的设定，整体改善了毛化辊的形貌；微坑组内微坑重合，用多台低功率激光器实现大光斑，高能量密度的特殊毛化加工。

附图说明

[0024] 图 1 为本发明实施例提供的多束光合成聚焦控制系统的结构框图；

[0025] 图 2 为本发明实施例中三束光合成聚焦装置的结构示意图；

[0026] 图 3 为图 2 中三束光合成聚焦装置同步输出的微坑示意图；

[0027] 图 4 为两台两束光合成聚焦装置二维无规则分布微坑组矩形排列示意图；

[0028] 图 5 是两台两束光合成聚焦装置二维无规则分布微坑组菱形排列示意图；

[0029] 图 6 为两至三台三束光合成聚焦分时输出直线排列微坑组示意图。

具体实施方式

[0030] 如图 1-6 所示，本发明实施例提供一种多束光合成聚焦控制系统，包括：

[0031] 工控机，通过 AT 总线分别连接可控分布接口卡和双路电隔离接口卡；

[0032] 至少一激光器控制装置，包括至少两激光驱动器；所述激光驱动器的输入端均连接所述可控分布接口卡，每个激光驱动器的输出端均连接激光器；所述激光驱动器根据所述工控机的激光指令控制与其连接的所述激光器的工作状态和工作参数；

[0033] 至少一偏转总成控制装置，包括至少一偏转驱动器，偏转驱动器的输入端均连接双路电隔离接口卡，偏转驱动器的输出端均连接一安装有用于改变上述激光器发出的光束方向的反射镜的偏转电机；偏转驱动器用于根据工控机的偏转指令控制与其连接的偏转电机的转动角度，进而控制反射镜的角度。

[0034] 本发明实施例还提供一种多束光合成聚焦控制方法，包括以下步骤：

[0035] 步骤 1，工控机接收激光指令和偏转指令；

[0036] 通过可控分布接口卡将激光指令分成至少两路分别发送给激光驱动器；

[0037] 通过电隔离接口卡将偏转指令分成至少一路分别发送给偏转电机驱动器；

[0038] 步骤 2，激光驱动器接收一路激光指令并将其转换为驱动指令后根据该驱动指令控制激光器的工作状态和参数；

[0039] 偏转驱动器接收一路偏转指令，并根据该偏转指令控制与偏转驱动器连接的偏转电机的转动角度，进而控制安装在偏转电机上的反射镜的角度。

[0040] 本发明提供的多束光合成聚焦控制系统及控制方法,每个激光驱动器接收激光指令控制一个激光器发射光束,发射光束经多束光合成聚焦装置中的反射镜改变方向后通过同一聚焦透镜会聚,能在位于其焦平面上的辊面上形成微坑组;激光指令用于控制每个发射光束的能量、发射时间和发射频率等,在辊面上同时或分时产生微坑组,增大了单位时间内的毛化区域,从而提高了激光毛化的加工速度;多束激光经单聚焦透镜输出,毛化辊面不易产生干涉条纹;偏转驱动器接收偏转指令控制偏转电机的转动角度,进而控制安装在偏转电机上的反射镜的角度,改变各束光的相对位置,最终达到控制光斑间距的目的,使得微坑组内的坑间距实时可控,便于规则和无规则分布参数的设定,整体提高了毛化辊的形貌;微坑组内微坑重合,用多台低功率激光器实现大光斑,高能量密度的特殊毛化加工。

[0041] 作为优选实施例,控制装置还包括用于发出随机偏转信号的伪随机信号发生器和用于发出随机延时信号的伪随机延时装置,伪随机信号发生器连接在偏转驱动器与双路电隔离接口卡之间;伪随机信号发生器包括单片机和偏转接口卡;单片机提供 PC 全部功能;偏转接口卡与单片机的扩展总线连接;其中偏转接口卡包括定时器模块、信号源、第一 D/A 模块和第二 D/A 模块;定时器模块用于产生单步定时脉冲,其值由单片机设定;信号源内存有一组按正弦波变化的数字量,按定时器模块产生的单步定时脉冲向第二 D/A 模块输出按正弦波变化的数字量;第一 D/A 模块按半周期定时向第二 D/A 模块输出基准电压,其值由单片机设定;第二 D/A 模块,按定时器模块产生的单步定时脉冲向偏转驱动器输出模拟电压;单片机通过 PC/104 总线与第一 D/A 模块及定时器模块的输入端连接;单片机上设置有 RS232C 接口,通过该 RS232C 接口与工控机连接。伪随机延时装置包括一单片机,该单片机输入端通过 RS232C 接口与工控机连接,用于设定延时的最大值和最小值,输出端与激光驱动器连接。

[0042] 上述实施例中,偏转电机的转动角度通常在 $0 \sim 15$ 度之间;激光控制装置为至少两激光驱动器,激光驱动器包括功放电路和控制电路。如脉冲激光电源、连续激光电源加声光驱动器或电光驱动器等。

[0043] 本实施例中的双路电隔离接口卡为双路隔离 D/A 卡;下面以控制一台三束光合成聚焦装置为例对控制装置进行详细介绍:

[0044] 三束光合成聚焦装置包括一个三束光合成组件和一个聚焦组件,参见图 2,该三束光合成组件用于将三束不同方向的入射光进行合成,合成后的光束之间的夹角在 $0 \sim 30$ 度之间;其中一束入射光经过聚焦透镜中心,为中心入射光束 A;另外两束入射光与中心入射光束 A 均垂直,为垂直入射光束 B;该三束光合成组件包括三台激光器 18a(包括 A 路激光器、B 路激光器、C 路激光器)、三根光纤 18b、三个准直器 18c 和一个偏转总成 20;其中一激光器位于中间为中间激光器,与中间激光器连接的准直器为中间准直器 181,另外两激光器位于中间激光器两侧为侧边激光器,与侧边激光器连接的准直器为侧边准直器 182;其中中间激光器用于激发光源发出光,经与其连接的光纤柔性传输,最终经中间准直器 181 准直后发出中心入射光束 A;侧边激光器 182 用于激发光源发出光,经与其各自连接的光纤柔性传输,最终经侧边准直器 182 准直后发出垂直入射光束 B;偏转总成包括两个用于改变经由侧边准直器 182 出射的垂直入射光束 B 方向的反射镜 29(B 路反射镜和 C 路反射镜);聚焦组件用于将上述三束光合成组件合成后的光束进行汇聚;包括镜架 23 和设置在镜架 23 内的聚焦透镜 24。

[0045] 激光指令的形成过程如下：机床设备上的主轴电机连同辊类工件旋转时，增量编码器输出反映辊类工件旋转位置的脉冲信号，该脉冲信号传给工控机内的可控分布接口卡，经计算机处理后形成，控制 A 路激光驱动器、B 路激光驱动器、C 路激光驱动器和轴向伺服驱动器。A、B、C 路激光驱动器分别控制 A、B、C 路激光器通过脉冲激光在辊类工件表面产生微坑组；A、B、C 路激光器同步输出产生的微坑组示意图参见图 3；如果各激光器同步输出，即输入 A 路激光驱动器、B 路激光驱动器、C 路激光驱动器的脉冲信号同步，没有延时，聚焦镜焦平面上的微坑组的分布由三束光合成装置的排列角度和其内部电机的偏转角度决定。

[0046] 激光指令有延时，随机延时信号由伪随机延时装置发出，A 路激光驱动器、B 路激光驱动器、C 路激光驱动器发出激光的时间先后和持续时间由随机延时信号决定，具体反映在产生的微坑组形状上，三个微坑不在一条直线，而是分布在三角形的三个顶点上；偏转指令为随机偏转信号，由伪随机信号发生器发给 B 路偏转驱动器和 C 路偏转驱动器，分别控制 B 路偏转电机和 C 路偏转电机的转动角度，进而控制反射镜的转动角度和激光束的位置，从而根据随机偏转信号调整微坑组内的微坑间距。

[0047] 在三束光合成装置的侧导光管 21 轴线与辊类工件 2 的轴线不成 90 度角的前提下，通过伪随机信号发生器控制激光束的偏转，同时通过伪随机延时装置控制各激光器发出激光束的延时，可使三束光合成装置两侧准直器的光束形成的焦斑在一定范围内呈二维无规则分布。再通过可控规则分布就可实现二维无规则分布微坑组的规则排列，其特征是微坑组内是无规则分布的，微坑组间是规则排列的。图 4 是两台两束光合成聚焦二维无规则分布微坑组矩形排列示意图，图 5 是两台两束光合成聚焦二维无规则分布微坑组菱形排列示意图。这是一种实现多束光合成聚焦二维无规则微坑分布毛化的新方法。

[0048] 在加工频率相等的情况下，多束光合成聚焦毛化的加工速度与激光器的台数成正比。在多台三束光合成装置级联的情况下，如果各激光器同步输出，微坑组的工作区域直径约为单微坑的 3 倍，在加工频率相等的情况下，多束光合成聚焦毛化的主轴速度是单束光毛化的 3 倍，这会对主轴传动提出更高要求，有时很难满足，从而影响了毛化速度的进一步提高。由于工件匀速旋转，通过各激光器分时输出，可使多束光合成聚焦后在辊面产生的微坑沿工件轴线直线排列，从而在加工频率相等的情况下，多束光合成聚焦毛化的主轴速度与单束光毛化的相等，很好地解决了这一问题。图 6 是两至三台三束光合成聚焦分时输出直线排列微坑组示意图，图中 A～G 分别代表各台激光器和对应的聚焦光斑。E 和 F 激光器先出光，其次是 A、B、C 激光器出光，最后是 D 和 G 激光器出光。因辊类工件在匀速旋转，通过计算机计算处理，工控机通过向 A、B、C、D、E 激光驱动器的输入脉冲信号参数配合，可使两台三束光合成聚焦后在辊面产生的微坑沿工件轴线直线排列；工控机通过向 A、B、C、D、E 和 F 激光驱动器的输入脉冲信号参数配合，可使三台三束光合成聚焦后在辊面产生的微坑沿工件轴线直线排列。

[0049] 通过多束光合成装置的偏转电机的偏转，可使各台激光器的聚焦光斑重合，这种方法可方便地成倍提高聚焦光斑的能量密度，用多台低功率激光器实现大光斑，高能量密度的毛化加工。

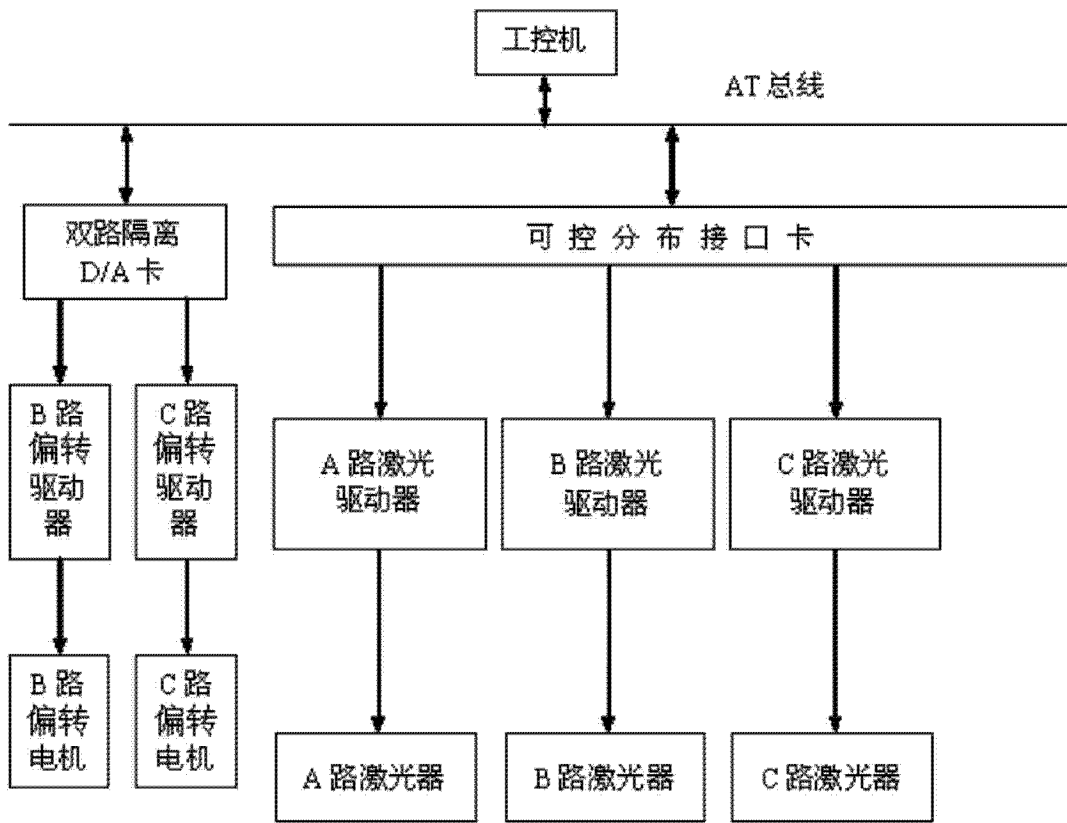


图 1

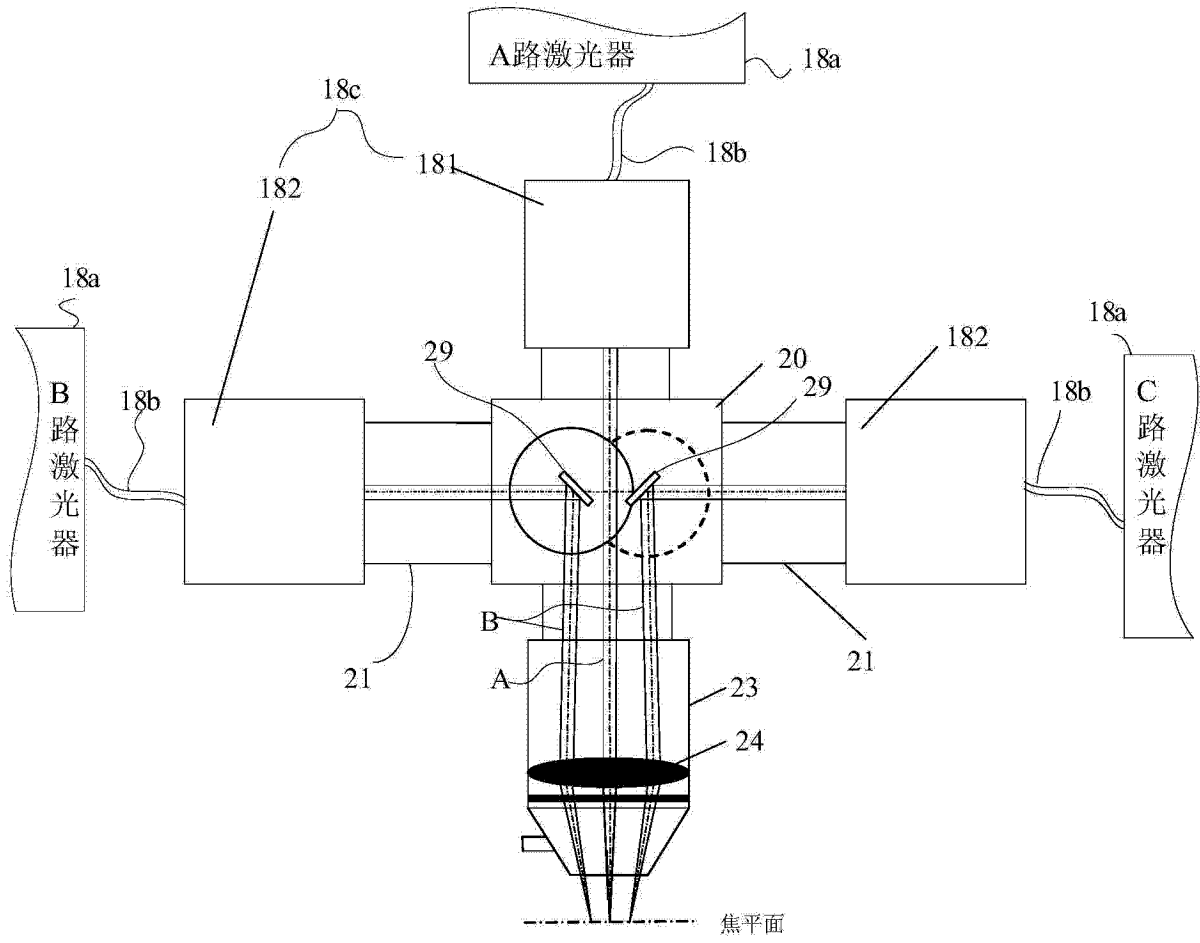


图 2



图 3

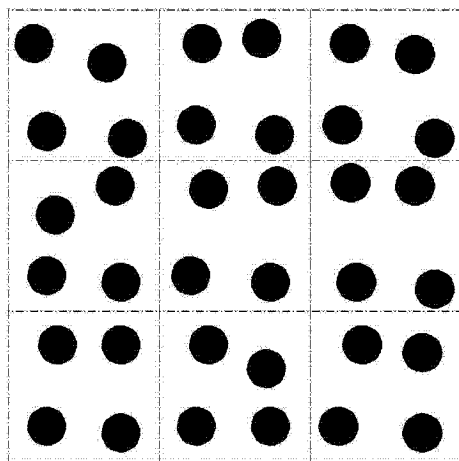


图 4

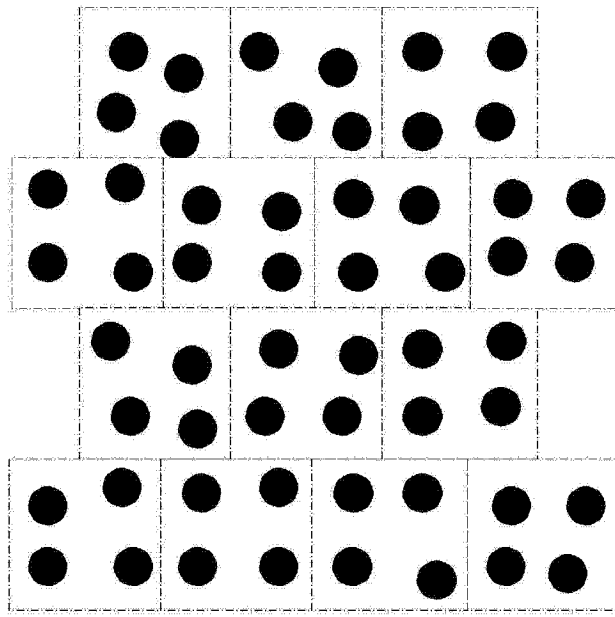


图 5

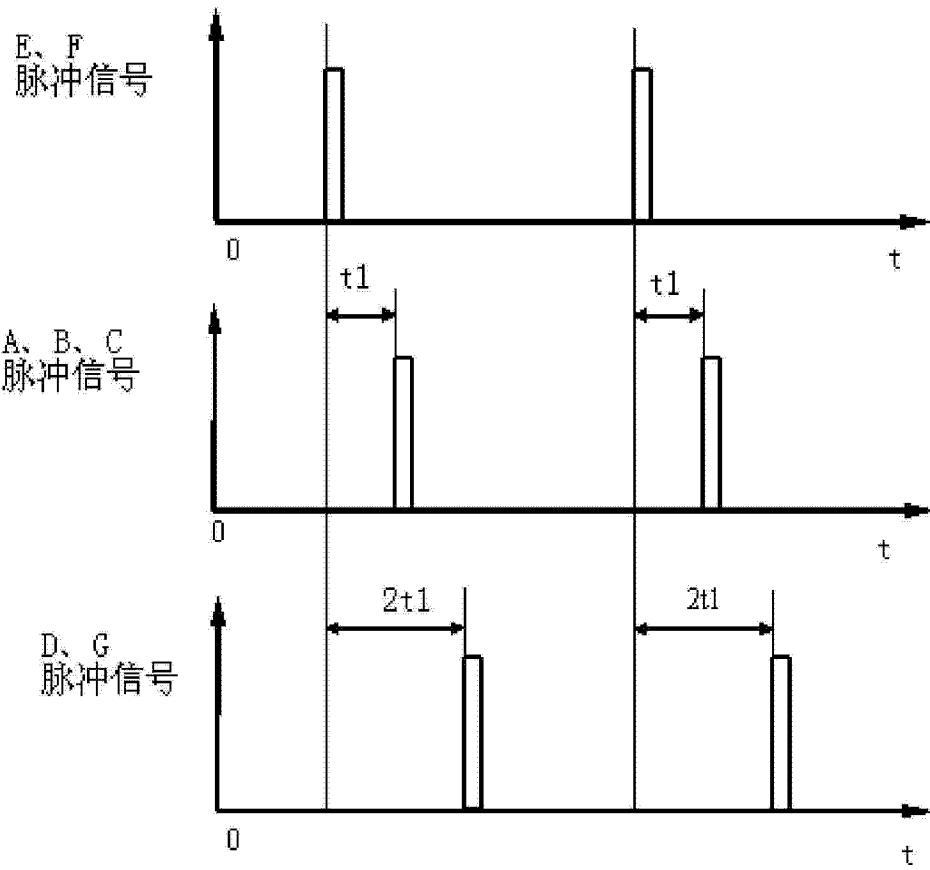
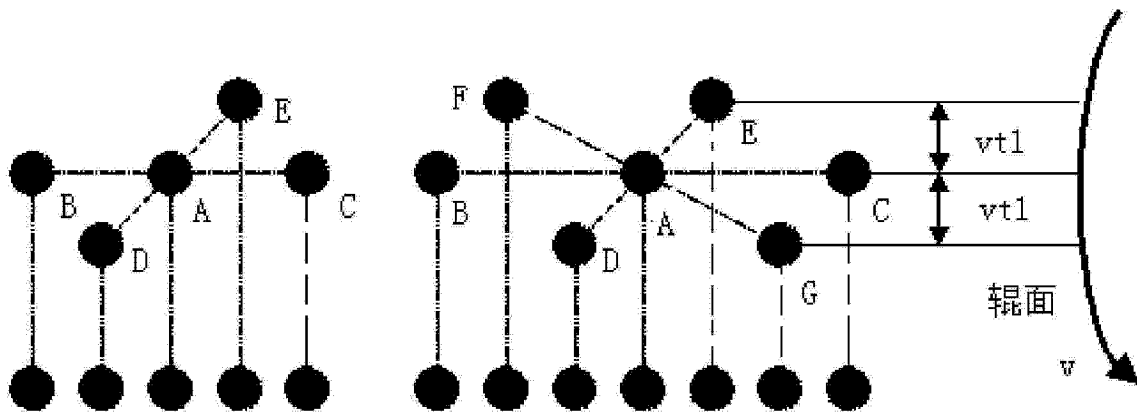


图 6