



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114371621 B

(45) 授权公告日 2024. 09. 06

(21) 申请号 202111627615.3

(22) 申请日 2021.12.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114371621 A

(43) 申请公布日 2022.04.19

(73) 专利权人 复旦大学
地址 200433 上海市杨浦区邯郸路220号

(72) 发明人 刘安 刘恩清 周嘉

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225
专利代理师 丁云

(51) Int. Cl.
G05B 13/04 (2006.01)
G06V 10/774 (2022.01)

(56) 对比文件

CN 206109411 U, 2017.04.19

CN 101135680 A, 2008.03.05

张晓琳. 基于强制换热的生物微流体高效泵送特性研究.《工程科技 II 辑》. 2020, 第5-6页.

孟永康等. 用于碟式微流控芯片的尿液生化检测系统研制及应用.《中国光学》. 2021, 第第14卷卷 (第第6期期), 第1317-1327页.

Sung-Yong Park等. Single-sided continuous optoelectrowetting (SCOEW) for droplet manipulation with light patterns.《Lab on a Chip》. 2010, 第第10卷卷 (第第13期期), 第1633-1740页.

审查员 王玮彬

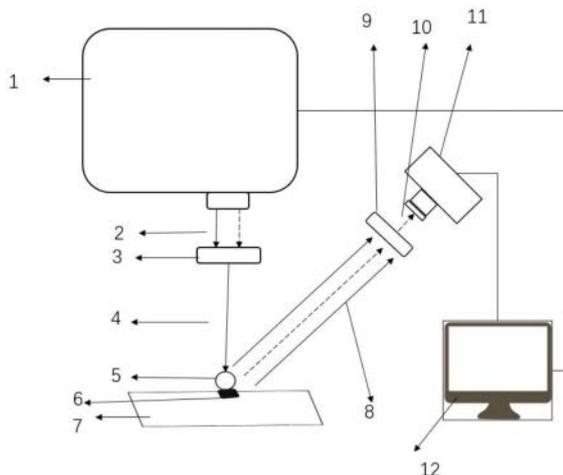
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种光控微流控平台的自动化控制装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种光控微流控平台的自动化控制装置及方法, 其中装置包括光源、图像采集过滤装置、芯片衬底、图像采集装置和计算机, 其中, 光源和图像采集装置分别与计算机相连, 并由计算机控制, 图像采集过滤装置设置在相机前端, 芯片衬底放置在光源能照射到的位置。本发明的一种光控微流控平台的自动化控制装置及方法, 采用光控虚拟电极代替物理电极, 可以精确控制液滴大小、位置及数量, 采用基于深度学习的目标检测对液滴进行识别, 提高对液滴的成像效果, 提高精准度, 并采用机器学习的控制方法, 根据需求自动规划液滴前进路线, 实时改变光虚拟电极的大小、位置和行进路线, 提高液滴驱动的成功率。



1. 一种光控微流控平台的自动化控制装置,其特征在于,包括液滴注射微泵、光源、图像采集过滤装置、芯片、驱动电源、图像采集装置和计算机,其中,所述光源和所述图像采集装置分别与所述计算机相连,并由计算机控制,所述图像采集过滤装置设置在相机前端,所述芯片放置在所述光源能照射到的位置,所述驱动电源设置在所述芯片两端并施加偏置电压;

所述光源照射到置于所述芯片上方的液滴时形成光虚拟电极,所述光虚拟电极的大小、位置和数量由计算机控制;

所述光源设置为投影仪、LED灯、激光器中的一种;

利用所述图像采集过滤装置对采集的图像进行优化处理;将光源投影至芯片,然后使用相机采集图像,利用图像采集过滤装置对采集的图像进行优化处理;对优化后的图像进行分析,确定液滴实时位置和状态;

通过交互界面设定被操作液滴的起点和终点,调用A*算法并根据设定点和检测结果的相关信息进行路径规划,得到一条绕开所有障碍物到达指定位置的最短路径;A*算法在进行路径规划时考虑被操作液滴的半径,以保证液滴在移动过程中不会碰到障碍物;最后,将生成的最短路径生成光图,经过投影仪投射到芯片上,然后驱动液滴按照最短路径移动直至完成。

2. 根据权利要求1所述的一种光控微流控平台的自动化控制装置,其特征在于,所述光源前端还包括光源过滤装置,所述光源过滤装置使得部分的所述光源从所述光源过滤器中透过,在芯片上形成光虚拟电极。

3. 根据权利要求2所述的一种光控微流控平台的自动化控制装置,其特征在于,所述光源过滤装置设置为滤光片、偏振镜头、偏振片中的一种或多种。

4. 根据权利要求1所述的一种光控微流控平台的自动化控制装置,其特征在于,所述图像采集过滤装置设置为滤光片、偏振镜头、偏振片中的一种或多种。

5. 根据权利要求2或3所述的一种光控微流控平台的自动化控制装置,其特征在于,所述图像采集过滤装置和所述光源过滤装置的滤光波段设置为不同。

6. 根据权利要求3所述的一种光控微流控平台的自动化控制装置,其特征在于,光源的光偏振方向与所述相机镜头前的光偏振方向垂直。

7. 一种光控微流控平台的自动化控制方法,其特征在于,该方法基于权利要求1~6任意一项所述的光控微流控平台的自动化控制装置,所述的方法包括以下步骤:

设置光虚拟电极、光源和图像采集过滤装置;

将光源投影至芯片,然后使用相机采集图像,利用所述图像采集过滤装置对采集的图像进行优化处理;

对优化后的图像进行分析,确定液滴实时位置和状态。

8. 如权利要求7所述的一种光控微流控平台的自动化控制方法,其特征在于,将光源投影至芯片,然后使用相机采集图像,利用所述图像采集过滤装置对采集的图像进行优化处理,具体是所述光源投射到芯片上,对所述芯片上的图像进行反射,由相机捕捉并采集,所述图像采集过滤装置设置在所述相机镜头前端,采集来自所述芯片的自然光。

一种光控微流控平台的自动化控制装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电子信息领域,尤其是涉及一种光控微流控平台的自动化控制装置及方法。

背景技术

[0002] 数字微流控(Digital Microfluidic)是区别于传统沟道和泵阀构成的连续微流控的新兴微流技术,其操控对象为微液滴,是处于研究热点的芯片实验室(Lab on Chip)和/或全微分析系统(Micro Total Analysis System)的核心和关键技术,在生命科学、化学分析、医学检测、和液晶显示等领域有着广泛的应用前景和重要的应用价值。针对不同的应用场景,我们需要在微流控芯片上实现液滴的产生、移动、混合、分裂等操作,目前实现液滴驱动的主要原理和手段有介质上电润湿(EWOD)、介电泳(DEP)、声表面波(SAW)等。这些技术手段都需要通过固定电极来施加液滴操纵信号,一旦电极位置、大小和数量固定,其可以操作的液滴位置、大小和数量也就不能再改变,这对于实际应用来讲,缺乏灵活性。同时,在大部分应用中,我们需要对液滴进行检测,一方面,由于数字微流控技术目前面临的一个较大问题是液滴操作的成功率不高,为了确定液滴是否被成功操作,即确定液滴的实时位置和状态,来确定液滴的下一步操作;另一方面,在生物医学等方面的应用上,我们需要对液滴内的物质进行检测,这也需要对液滴进行监控。传统的液滴监测手段通常是阻抗检测,近年来也有研究团队利用图像识别进行液滴检测和控制。但目前还未见团队将机器学习和光控微流控两种技术结合起来,实现液滴的高通量、高效率操作。

发明内容

[0003] 有鉴于现有技术的上述缺陷,本发明所要解决的技术问题是现有的液滴方法中存在的基于物理电机控制的驱动方法导致的操作数量、液滴位置及大小的受限,液滴监测过程中存在的精度低、易受干扰,现有的数字微流控驱动平台成功率不高、缺乏灵活度等问题。本发明提供了一种光控微流控平台的自动化控制装置及方法,采用光控虚拟电极代替物理电极,可以精确控制液滴大小、位置及数量,采用基于深度学习的目标检测对液滴进行识别,提高对液滴的成像效果,提高精准度,并采用机器学习的控制方法,根据需求自动规划液滴前进路线,实时改变光虚拟电极的大小、位置和行进路线,提高液滴驱动的成功率。

[0004] 为实现上述目的,本发明提供了一种光控微流控平台的自动化控制装置,包括光源、图像采集过滤装置、芯片衬底、图像采集装置和计算机,其中,光源和图像采集装置分别与计算机相连,并由计算机控制,图像采集过滤装置设置在相机前端,芯片衬底放置在光源能照射到的位置,驱动电源设置在芯片两端并施加偏置电压。

[0005] 进一步地,光源照射到置于芯片衬底上方的液滴时形成光虚拟电极,光虚拟电极的大小、位置和数量由计算机控制。

[0006] 进一步地,光源设置为投影仪、LED灯、激光器中的一种。

[0007] 进一步地,光源前端还包括光源过滤装置,光源过滤装置使得部分的光源从光源

过滤器中透过,在芯片上形成光虚拟电极。

[0008] 进一步地,光源过滤装置设置为滤光片、偏振镜头、偏振片中的一种或多种。

[0009] 进一步地,图像采集过滤装置设置为滤光片、偏振镜头、偏振片中的一种或多种。

[0010] 进一步地,图像采集过滤装置和光源过滤装置的滤光波段设置为不同。

[0011] 进一步地,光源的光偏振方向与相机镜头前的光偏振方向垂直。

[0012] 本发明的另一较佳实施例提供了一种光控微流控平台的自动化控制方法,该方法基于上述光控微流控平台的自动化控制装置,该方法包括以下步骤:

[0013] 设置光虚拟电极、光源和图像采集过滤装置;

[0014] 将光源投影至芯片,然后使用相机采集图像,利用图像采集过滤装置对采集的图像进行优化处理;

[0015] 对优化后的图像进行分析,确定液滴实时位置和状态。

[0016] 进一步地,将光源投影至芯片,然后使用相机采集图像,利用图像采集过滤装置对采集的图像进行优化处理,具体是光源投射到芯片上,对芯片上的图像进行反射,由相机捕捉并采集,图像采集过滤装置设置在相机镜头前端,采集来自芯片的自然光。与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0017] (1) 本发明提供的一种光控微流控平台的自动化控制装置及方法利用光虚拟电极代替物理电极,突破了液滴操作数量、位置、大小的限制,可以实现液滴的灵活操作;

[0018] (2) 本发明利用CCD相机对液滴进行监测,并通过光学元件对成像效果进行优化,大大提高了液滴检测的准确性和精确度;

[0019] (3) 本发明通过后端图像处理和路径规划的反馈控制手段,对液滴进行实时检测和控制,可以随时改变液滴的驱动路径,提高液滴驱动的成功率。

附图说明

[0020] 图1是本发明的一个较佳实施例的一种光控微流控平台的自动化控制装置示意图;

[0021] 图2是本发明的一个较佳实施例的一种光控微流控平台的自动化控制装置示意图;

[0022] 图3为本发明芯片结构和等效电路示意图。图中,1为投影仪,2为自然光,3为第一偏振镜头,4为第一偏振光,5为液滴,6为虚拟电极,7为芯片,8为自然光,9为第二偏振镜头,10为第二偏振光,11为CCD相机,12为计算机,13为线栅偏振膜,14为入射光源,15为反射图像,16为液滴,17为芯片上方形成的等效电路,18为暗条纹,19为疏水层,20为介质层,21为光导层,22为两端电极,23为衬底。

具体实施方式

[0023] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0024] 以下描述中,为了说明而不是为了限定,提出了诸如特定内部程序、技术之类的具体细节,以便透彻理解本发明实施例。然而,本领域的技术人员应当清楚,在没有这些具体

细节的其它实施例中也可以实现本发明。在其它情况中,省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明,以免不必要的细节妨碍本发明的描述。

[0025] 本发明提供了一种光控微流控平台的自动化控制装置,包括光源、图像采集过滤装置、芯片衬底、图像采集装置和计算机,其中,光源和图像采集装置分别与计算机相连,并由计算机控制,图像采集过滤装置设置在相机前端,芯片衬底放置在光源能照射到的位置。其中,光源照射到置于芯片衬底上方的液滴时形成光虚拟电极,光虚拟电极的大小、位置和数量由计算机控制。光源设置为投影仪1、LED灯、激光器中的一种。图像采集过滤装置设置为滤光片、偏振镜头、偏振片中的一种或多种。

[0026] 进一步地,光源前端还包括光源过滤装置,光源过滤装置使得部分的光源从光源过滤器中透过,在芯片上形成光虚拟电极。光源过滤装置设置为滤光片、偏振镜头、偏振片中的一种或多种。图像采集过滤装置和光源过滤装置的滤光波段设置为不同。

[0027] 并且,光源的光偏振方向与相机镜头前的光偏振方向垂直。

[0028] 本发明提供了一种光控微流控平台的自动化控制方法,包括以下步骤:

[0029] 设置光虚拟电极、光源和图像采集过滤装置;

[0030] 将光源投影至芯片,然后使用相机采集图像,利用图像采集过滤装置对采集的图像进行优化处理;将光源投影至芯片,然后使用相机采集图像,利用图像采集过滤装置对采集的图像进行优化处理;

[0031] 对优化后的图像进行分析,确定液滴实时位置和状态;

[0032] 还包括规划路径,首先规划一条液滴移动最短路径,根据该路径生成对应的驱动条纹,该条纹驱动液滴移动,当液滴移动过程中遇到阻碍时,再根据实时状态和位置重新规划一条最短路径,根据新路径优化条纹,新条纹驱动液滴移动,直至绕过阻碍,液滴到达目的地。

[0033] 一种光控微流控平台的自动化控制方法的过程中涉及对采集图像的优化处理及路径规划,其中对采集的图像进行优化处理使用基于深度学习的目标检测法,包括以下步骤:

[0034] 采集图片数据,包括采集100张光致电润湿芯片表面的图片,包括没有液滴、单个液滴、多个液滴、不同尺寸的液滴、不同位置的液滴以及暗条纹以及液滴无重叠和有不同程度重叠等各种状态的图片;

[0035] 为上述图片加标签制作数据集,并随机留存10张作为检验最终训练效果的图片;

[0036] 训练模型,将剩余图片以4:1的比例划分训练集和测试集,训练模型后会生成相应的权重文件,然后利用留存的10张图片进行目标检测查看是否能准确检测图片中的所有液滴。若检测结果良好,可用该权重文件进行后续步骤,如检测结果不佳,则增加训练集图片数量或重新训练。

[0037] 而路径规划包括目标检测和最短路径规划,首先,利用芯片上方的相机实时获取芯片表面图像,得到相应的得到相应的三通道像素信息数组,然后放入训练好的模型中进行目标识别。

[0038] 然后将识别到的所有目标的位置、尺寸信息分别放入数组,同时把所有检测到的液滴看作障碍物,并设置为返回值,使其可以通过外部程序获得。操作者通过python编写的GUI交互界面设定被操作液滴的起点和终点,调用A*算法并根据设定点和检测结果的相

关信息进行路径规划,得到一条绕开所有障碍物到达指定位置的最短路径。该算法在进行路径规划时会考虑液滴的半径,以保证液滴在移动过程中不会碰到障碍物。

[0039] 最后,将生成的最短路径生成光图,经过投影仪1投射到芯片上,然后驱动液滴按照最短路径移动直至完成。以下将以具体实施例来说明本发明的具体装置和自动控制方法。

[0040] 实施例1

[0041] 本实施例利用单平面光控电润湿对液滴进行操作,利用双偏振镜头对图像采集进行优化,具体方案如下:

[0042] 1. 本实施例的芯片基本原理和结构:芯片由下到上分别为衬底,光导层,两端电极,介质层和疏水层,在两端电极上施加一定直流偏置电压,当芯片被均匀光照射,光导层电导率较大且均匀,当两端电极中间某位置投射一条黑色条纹时,黑色条纹处的光导层电阻增大,其他光照位置电阻较小,由此在黑色条纹处上方介质层感应出较大电压降,因此,黑色条纹处即成为一个虚拟电极。如果该处存在液滴,液滴接触角将变小,移动暗条纹,液滴被驱动,即黑色条纹处液滴接触角变小(相当于被吸在条纹处),液滴会跟随黑色条纹移动。

[0043] 2. 光源:本实施例中采用商用投影仪1作为虚拟电极光源。通过代码进行用户图形界面小程序生成,再通过电脑连接投影仪1,使该图形通过投影仪1投射到芯片上,我们可以通过对图形的调整,图形特征由小程序控制,可以通过键盘输入一些指令,在小程序界面来改变图形特征,例如暗条纹的粗细,位置和移动速度,来实现对液滴的操作。

[0044] 3. 图像采集:本实施例中,如图1所示,利用双偏振镜头对采集图像进行优化,第一偏振镜头3置于投影仪11灯源前,调整偏振角度,自然光2投射到第一偏振镜头3后得到偏振矢量单一的第一偏振光4,照射到芯片7上,此时存在液滴5,液滴5下方即会形成虚拟电极6,该光强度随有所减弱,但不影响驱动液滴;第二个偏振镜头9置于CCD相机11镜头前端,调整偏振角度与第一偏振光4垂直,使来自光源的第一偏振光4被完全过滤,而来自芯片上的自然光8中,只允许偏振方向与4垂直的部分通过,最后通过第二偏振镜头9的第二偏振光10到达CCD相机的光只来自于芯片表面的图像,并传输至计算机12,这样可以大大降低投影仪1本身光对图像质量的影响,而只采集芯片上液滴的图像。还可以通过在芯片周围加LED光源进行增亮,进一步提升液滴的识别清晰度。值得注意的是,如果利用带有偏振功能的投影仪1作为光源,可以只在CCD相机前安装第二偏振镜头9,使其偏振方向与光源的偏振方向垂直即可。由于投影仪1发出的光为自然光1,即没有特定的偏振方向,在各个方向都有偏振矢量,此处调整偏振片的角度,使光源来的光,符合偏振片偏振方向的部分透过偏振片,偏振方向不符合偏振片的部分被滤掉。CCD相机的第二偏振镜头9偏振角度调整到与第一个角度垂直,这样,透过第一个偏振片的偏振光可以完全被第二个偏振片滤掉,而采集到的只有来自芯片上的光。

[0045] 4. 反馈控制:本实施例中的反馈控制是基于机器学习的模型进行的。通过对采集到的图像进行分析,确定液滴实时位置和状态,判断液滴是否正常驱动,正常驱动则按原定路线进行驱动,若液滴未被正常驱动,例如卡在某处,或者前面出现障碍(已存在一液滴),则控制驱动的虚拟光电极改变驱动方向,使液滴绕过该障碍点,选择合适路径继续进行驱动,直到到达目标位置。

[0046] 实施例2

[0047] 本实施例利用双平面光控电润湿对液滴进行操作,利用滤光片对图像采集进行优化,具体方案如下:

[0048] 1.本实施例的芯片基本原理和结构:芯片分为驱动下极板和接地上极板两部分,下极板由下到上分别为衬底、电极层、光导层,介质层和疏水层,上极板由上到下分别为衬底、电极层和疏水层。液滴被夹在上下极板中间,上下极板电极层分别连接交流电源正负极,当一个亮光斑照射到芯片某处,该处光导层电阻大大降低,电压降发生在该处介质层上,而其余未被光照的地方,电压降发生在光导层上,如果该亮斑处存在一个液滴,液滴接触角将会被介质层上电压降改变,移动该光斑,液滴被驱动。

[0049] 2.光源:本实施例中采用近红外激光器(波长780nm~1000nm)作为虚拟电极光源。通过代码对激光进行自动或手动控制,主要包括激光的强度和位置。

[0050] 3.图像采集:本实施例中,利用两个滤光镜头对采集图像进行优化:第一个滤光镜头选择性通过近红外光,将其安装在近红外激光器光源前端,使到达芯片上的驱动信号波长范围限定在780nm到1000nm,(需要注意的是,近红外光可以使芯片发生光电导效应,即有效驱动液滴)。第二个滤光镜头选择性透过可见光(波长400nm~780nm),将其安装在CCD相机前端,使采集到的图像信号只来自于芯片本身,而过滤掉来自近红外激光光源的信号,从而大大提高采集图像的精度。

[0051] 4.反馈控制:本实施例中的反馈控制是基于机器学习的模型进行的。通过对采集到的图像进行分析,确定液滴实时位置和状态,判断液滴是否正常驱动,正常驱动则按原定路线进行驱动,若液滴未被正常驱动,例如当一个液滴被激光移动到某处被黏住,无法继续前进,此时可适当增加激光强度,进一步降低该处光导层电阻,提高该处介质层电压降,使液滴可以继续被驱动;当液滴运行到某处遇到障碍,控制激光光斑选择合适路径绕过该处后继续运动。

[0052] 实施例3

[0053] 本实施例利用双平面光控电润湿对液滴进行操作,利用线栅偏振膜加偏振镜头对图像采集进行优化,具体方案如下:

[0054] 1.芯片基本原理和结构:芯片分为驱动下极板和接地上极板两部分,下极板由下到上分别为衬底、电极层、光导层,介质层和疏水层,上极板由上到下分别为衬底、电极层和疏水层。液滴被夹在上下极板中间,上下极板电极层分别连接交流电源正负极,当一个亮光斑照射到芯片某处,该处光导层电阻大大降低,电压降发生在该处介质层上,而其余未被光照的地方,电压降发生在光导层上,如果该亮斑处存在一个液滴,液滴接触角将会被介质层上电压降改变,移动该光斑,液滴被驱动。

[0055] 2.光源:本实施例中采用便携式激光器作为虚拟电极光源。通过代码对激光进行自动或手动控制,主要包括激光的强度和位置。

[0056] 3.图像采集:本实施例中,如图2所示,利用线栅偏振膜13加偏振镜头对采集图像进行优化:线栅偏振膜13倾斜一定角度放置在激光光源前端,激光可部分透过偏振膜(入射光源14)照射到芯片上进行液滴驱动,少部分被反射;来自于芯片的光信号大部分经过偏振膜的反射(反射图像15),进入到CCD相机11前端的偏振镜头,然后调节偏振角度,使CCD相机采集到的图像信息主要来自于芯片,而非激光光源。利用这种方法,相机不直接对芯片进行

拍摄,而是采集芯片通过线栅偏振片的反射图像15。

[0057] 4.反馈控制:本实施例中的反馈控制是基于机器学习的模型进行的。通过对采集到的图像进行分析,确定液滴实时位置和状态,判断液滴是否正常驱动,正常驱动则按原定路线进行驱动,若液滴未被正常驱动,例如当一个液滴被激光移动到某处被黏住,无法继续前进,此时可适当增加激光强度,进一步降低该处光导层电阻,提高该处介质层电压降,使液滴可以继续被驱动;当液滴运行到某处遇到障碍,控制激光光斑选择合适路径绕过该处后继续运动。

[0058] 芯片结构和等效电路如图3所示,由下到上分别为衬底23,光导层21,两端电极22,介质层20和疏水层19,液滴16通过微泵滴加到芯片表面,暗条纹18通过光源投射到芯片表面,整个芯片上方形成的等效电路为17,在两端电极上施加一定直流偏置电压,当芯片被均匀光照射,光导层电导率较大且均匀,当两端电极中间某位置投射一条黑色条纹时,该处光导层电阻增大,即图3中 R_{n-1} 增大,其他光照位置电阻较小,由此在该处上方介质层感应出较大电压降,即 C_n 变大而没有暗条纹的一侧电阻较小,其上方压降也小,两者的比值为 $(\Delta V_{c_n})/(\Delta V_{c_1})$,其大小与光电导层亮暗电导率比值 $\delta_{photo}/\delta_{dark}$ 相关,如公式1所示,n为等效电路将芯片分为n个等效电阻单元。而根据EWOD原理,当液滴下方存在一个较大的电压降低时,液滴接触角会变小,如公式2所示, θ_0 和 θ 分别为无电压和加电压时的接触角,V为液滴下方电压降,C和 γ 分别为液滴下方介质层电容和液滴表观接触角。如果暗条纹只在液滴的半侧,则液滴两边接触角不一样,该处即成为一个虚拟电极,液滴会受到向接触角变小的方向的力。如果该处存在液滴,液滴接触角将变小,移动暗条纹,液滴被驱动。

$$[0059] \quad \frac{\Delta V_{cn}}{\Delta V_{c1}} = \frac{\left(n-1 \right) \frac{\delta_{photo}}{\delta_{dark}} + \frac{(n-2)^2}{2} + 2}{\frac{\delta_{photo}}{\delta_{dark}} + \frac{n(n-1)}{2} - 1} \quad \text{公式 1}$$

$$[0060] \quad \cos \theta = \cos \theta_0 + \frac{cv^2}{2\gamma} \quad \text{公式 2}$$

[0061] 光虚拟电极由投影仪1等光源产生,其大小,位置和数量由电脑软件(S12)控制;

[0062] 在本发明实施例中,针对液滴监测准确性和精确度不足的问题,我们采用基于深度学习的目标检测进行液滴识别,利用CCD高清相机11对芯片进行实时图像采集,传回到控制端进行图像处理和信号输出;直接用CCD相机进行图像采集,采集到的光信号很大部分来自于投影仪1光源,从而影响对芯片和芯片上液滴的成像效果,因此我们对CCD图像采集部分给出了几种优化方案:总体思路是在光源前端对控制信号光进行第一次处理,而在采集前端即CCD相机前对目标光信号进行第二次处理,使得不影响液滴驱动的前提下,采集端过滤掉驱动光源信号,而只采集芯片上液滴的图像,从而提高采集图像的质量和精度。例如在光源处和CCD相机前分别添加一个偏振镜头(3和9),调整偏振镜头的相对角度,使透过光源偏振镜头的光偏振方向4与CCD相机的第二偏振镜头9偏振方向10垂直,从而不能透过该偏振片被采集到,而来自芯片上的光信息可以通过CCD相机被采集,大大提高了对液滴的成像效果;我们采用机器学习的智能控制手段,通过目标检测的信息,确定液滴的实时状态,根据需求,由机器学习模型自动重新规划液滴前进路线,实时改变光虚拟电极的大小,位置和

行进路线,从而提高液滴驱动的成功率。

[0063] 上述实施方式仅为例举,不表示对本发明范围的限定。这些实施方式还能以其它各种方式来实施,且能在不脱离本发明技术思想的范围内作各种省略、置换、变更。

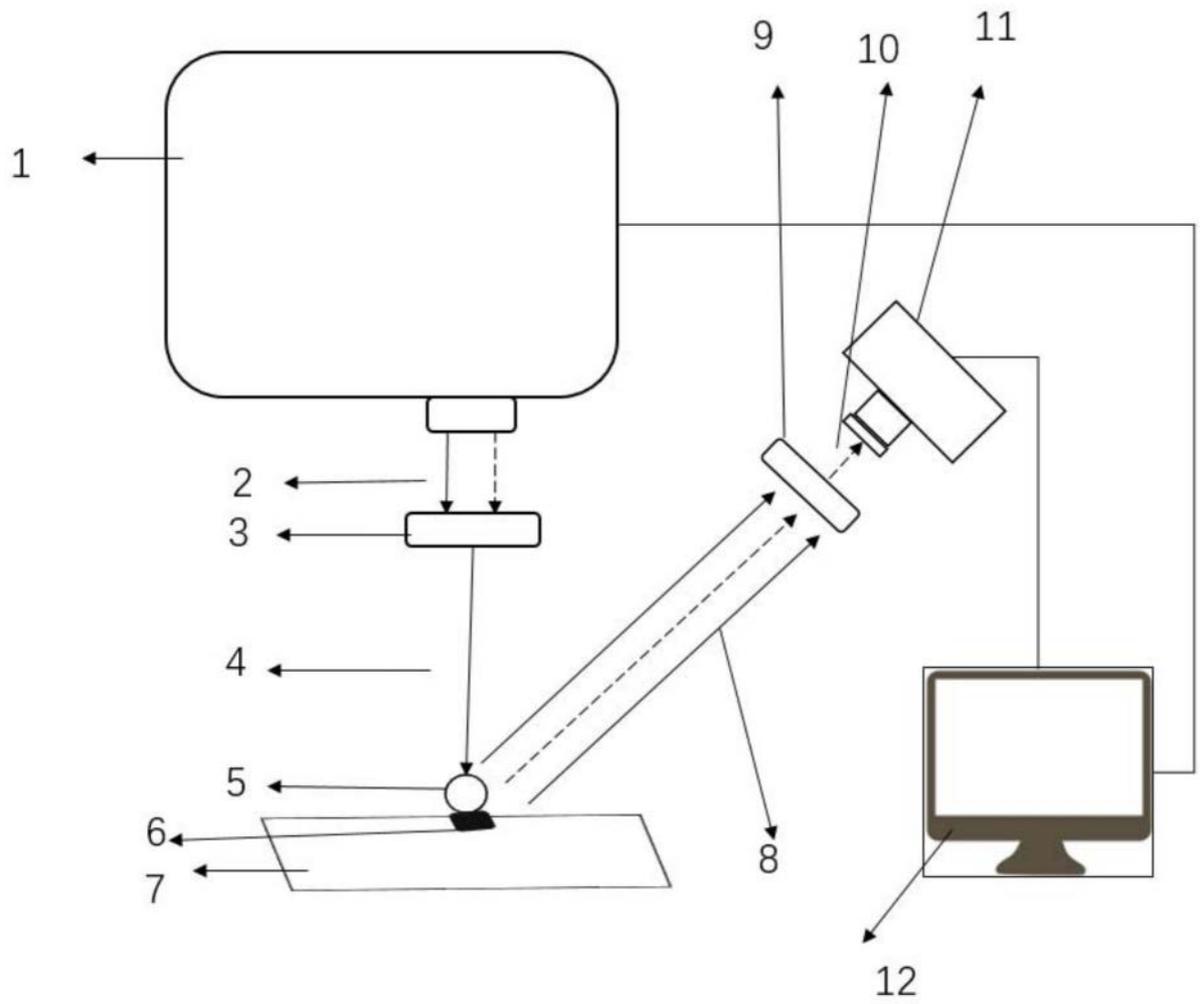


图1

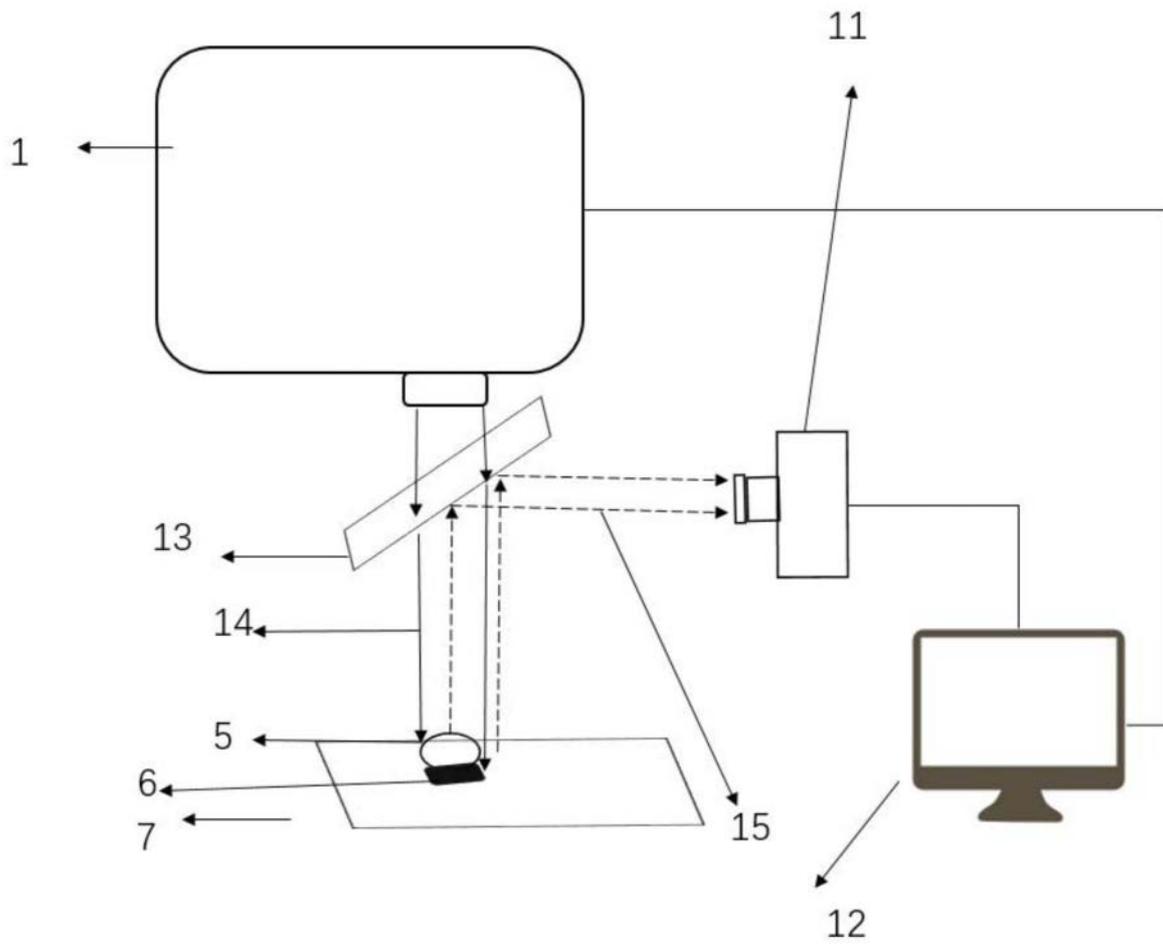


图2

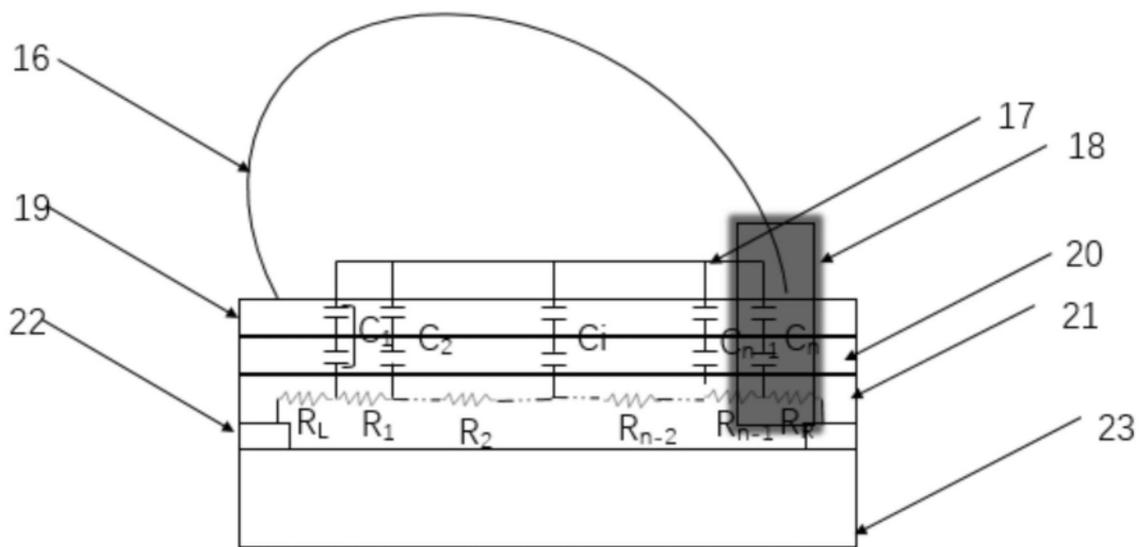


图3