



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110597018 B

(45) 授权公告日 2021.06.04

(21) 申请号 201910815567.7

审查员 赵子甲

(22) 申请日 2019.08.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110597018 A

(43) 申请公布日 2019.12.20

(73) 专利权人 合肥芯碁微电子装备股份有限公  
司

地址 230088 安徽省合肥市高新区创新大  
道2800号创新产业园二期F3楼11层

(72) 发明人 赵美云

(74) 专利代理机构 合肥天明专利事务所(普通  
合伙) 34115

代理人 苗娟

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于等分因子的直写式光刻机曝光方  
法

(57) 摘要

一种基于等分因子的直写式光刻机曝光方  
法,可解决当前直写式光刻机曝光技术的直写式  
光刻机的最小特征图形的解析能力和图形分辨  
能力较低的技术问题。本发明采用等分因子技  
术,将直写式光刻机的光刻版图进行等分,然后  
对数据进行栅格化并进行重组,使得DMD数字微  
镜在每次进行刷新时,加载不同时刻的光刻数  
据,从而完成曝光;取代了传统的完全依赖光刻  
机物镜倍率来提升最小特征图形解析的能力和  
图形精细度。本发明通过等分因子提升了直写式  
光刻机的最小线宽的解析能力,同时增加了写式  
光刻机的产能。



1. 一种基于等分因子的直写式光刻机曝光方法,其特征在于:  
已知DMD数字微镜的列数为M,行数为N,单个正方形小镜片的长宽尺寸为P微米;  
包括以下步骤:  
S100、设定等分因子E,E取值大于2的自然数;  
S200、设定直写式光刻机所使用的DMD数字微镜的行数DLine; $E < DLine \leq N$ ;则在等分因子下,对应使用的DMD列数为: $DCol = M - Dline / E$ ;  
S300、根据DMD的数字微镜的行列排列,使得镜片 $M_i N_j$ 与镜片 $M_{i+1} N_{j+E}$ 中心在垂直方向上进行完全重合,其中 $0 \leq i \leq M - 1, 0 \leq j \leq DLine - 1$ ;  
S400、根据直写式光刻机的物镜倍率Mag,计算得到单个DMD数字微镜镜片投影到直写式光刻机曝光平台上的光斑大小Spot;  
S500、则计算相邻两个DMD数字微镜镜片投影到直写式光刻机曝光平台上的中心距,在X方向距离为Lx,在等分因子E的等分下,则计算X方向上每等分的等分精度Egx,计算在Y方向的距离为Ly,计算Y方向上的等分精度Egy;  
S600、根据Egx和Egy对直写式光刻机曝光的图形进行栅格化,得到HE和WE个等分精度,即: $HE = H / Egy; WE = W / Egx$ ;H为光刻版图的高,单位:微米;W光刻版图的宽,单位:微米;  
S700、设定直写式光刻机进行每次扫描曝光时,依次提取部分图形进行曝光,每次提取的窄条图形数据的宽度WEs为: $WEs = DCol * E$ ,高度为:HE;  
S800、根据等分因子E对直写式光刻机每次扫描的曝光数据进行处理,将宽度为WEs高度为HE的图形数据进行重组,把原始数据按列排列;  
将间隔E列的数据重组在一起,得到的重组数据一,然后将重组后的每列向下平移一个等分精度,得到重组数据二;  
S900、加载重组数据二进行曝光,DMD数据微镜每刷新一次,加载一次曝光数据,每加载一行数据时,每行数据向右平移一个等分精度;  
S1000、继续执行S900的步骤,直到所有重组数据二完成曝光。
2. 根据权利要求1所述的基于等分因子的直写式光刻机曝光方法,其特征在于:所述步骤S300中通过以下步骤使得镜片 $M_i N_j$ 与镜片 $M_{i+1} N_{j+E}$ 中心在垂直方向上进行完全重合,包括:  
对DMD进行旋转,其旋转角度theta为: $\theta = \arcsin(1/\sqrt{E^2 + 1})$ ,单位:度。
3. 根据权利要求2所述的基于等分因子的直写式光刻机曝光方法,其特征在于:所述步骤S400中光斑大小Spot的计算公式如下: $Spot = P * Mag$ 。
4. 根据权利要求3所述的基于等分因子的直写式光刻机曝光方法,其特征在于:所述步骤S500中,Lx的计算公式如下 $Lx = Spot * \cos(\theta)$ ;  $Egx = Lx / E$ 。
5. 根据权利要求3所述的基于等分因子的直写式光刻机曝光方法,其特征在于:所述步骤S500中, $Ly = Spot * \sin(\theta)$ ,取Y方向上的等分精度Egy为: $Egy = Ly$ 。
6. 根据权利要求1所述的基于等分因子的直写式光刻机曝光方法,其特征在于:所述中S600中若光刻版图的高和宽不能被Egx或者Egy整除时,向上或者向下取整。
7. 根据权利要求1所述的基于等分因子的直写式光刻机曝光方法,其特征在于:所述步骤S700中当WEs大于WE时,填补0或者1进行曝光;当WEs小于WE时,依次提取WEs进行曝光。

## 一种基于等分因子的直写式光刻机曝光方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体光刻机图形图像处理技术领域,具体涉及一种基于等分因子的直写式光刻机曝光方法。

### 背景技术

[0002] 直写式光刻技术是在感光材料(多为胶或者膜)的表面印刷具有特征的构图的技术。无掩膜光刻技术是使用数字微镜系统生成构图,通过光学投影元件,图像以一定得倍率投影到光敏感的衬底上,产生特征的构图。无掩模光刻能有效地降低光刻系统的复杂度(无需掩模台、掩模传输、框架结构简单)和掩模的加工、维护成本,是进行大尺寸基底光刻的发展趋势之一,而基于空间光调制器(Spatial Light Modulator,以下简称SLM)的无掩模光刻方法因其制作灵活、可靠性高和产率较客观等优势越来越多地被用来制作印刷电路板(PCB)、薄膜液晶面板(TFT)、微机电系统(MEMS)。

[0003] 空间光调制器,又称为DMD(Digital Micro-mirror Device,数字微镜)数字微镜是由许多微小镀铝的镜片组成,可以绕轴旋转,旋转角度为 $\pm 12^\circ$ ,利用镜片在不同的旋转角度将射入的光反射到不同的地方。直写式曝光系统采用准直激光或UV混合光源射入到数字微镜DMD,然后DMD根据图像数据分别旋转到不同位置,将射入的光反射到物镜镜头上,由物镜缩放图像后投影到移动平台上的曝光面上。微镜(DMD)上的正方形小镜片呈行列格式排列(参见图1,其中M为列,N为行,P为单个镜片大小),每个镜片可以进行独立的控制,通过给定一帧M行N列的二维bit数据,可以完成对DMD镜片的一次刷新。通过加载不同帧的二维数据,可以完成不同帧图像的显示。

[0004] 根据DMD微镜的行列格式排列可知,DMD镜片之间的中心间距为P,那么一个DMD镜片投影到曝光平台上时,一个成像像斑的大小为: $P \times \text{物镜倍率}$ ,假设 $P = 10.8\mu\text{m}$ ,物镜倍率为2.6128X,那么,可知一个DMD镜片的成像像斑的大小约为: $28\mu\text{m}$ ,那么M列镜片紧密排列开来,则DMD扫描一次成像的宽度W为: $28\mu\text{m} \times M$ 。

[0005] 基于这种模式,如果想要提高直写式光刻机的最小特征线宽的解析能力,就必须缩小物镜倍率,那么DMD扫描一次成像的宽度也跟着变窄。对于同一个光刻图形,DMD扫描一次成像的宽度变窄,意味着需要更多次扫描才能完成。因DMD物理镜片的翻转频率是有极限的。所以都在最大扫描速度的情况下,物镜倍率越小,需要的扫描次数就越多,需要曝光时间就会等比例增加;也就意味着直写式光刻机的产能降低;

[0006] 那么,如何在倍率不变的情况下,提升直写式光刻机的最小特征图形(比如圆,线等)的解析能力和图形分辨能力,是当务之急。

### 发明内容

[0007] 本发明提出的一种基于等分因子的直写式光刻机曝光方法,可解决当前直写式光刻机曝光技术的直写式光刻机的最小特征图形的解析能力和图形分辨能力较低的技术问题。

- [0008] 为实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:
- [0009] 一种基于等分因子的直写式光刻机曝光方法,包括:
- [0010] 已知DMD数字显微镜的列数为M,行数为N,单个正方形小镜片的长宽尺寸为P微米;
- [0011] 包括以下步骤:
- [0012] S100、设定等分因子E,E取值大于2的自然数;
- [0013] S200、设定直写式光刻机所使用的DMD数字显微镜的行数DLine; $E < DLine \leq N$ ;则在等分因子下,对应使用的DMD列数为: $DCol = M - Dline / E$ ;
- [0014] S300、根据DMD的数字显微镜的行列排列,使得镜片 $M_i N_j$ 与镜片 $M_{i+1} N_{j+E}$ 中心在垂直方向上进行完全重合,其中 $0 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq DLine-1$ ;
- [0015] S400、根据直写式光刻机的物镜倍率Mag,计算得到单个DMD数字显微镜镜片投影到直写式光刻机曝光平台上的光斑大小Spot;
- [0016] S500、则计算相邻两个DMD数字显微镜镜片投影到直写式光刻机曝光平台上的中心距,在X方向距离为Lx,在等分因子E的等分下,则计算X方向上每等分的等分精度Egx,计算在Y方向的距离为Ly,计算Y方向上的等分精度Egy;
- [0017] S600、根据Egx和Egy对直写式光刻机曝光的图形进行栅格化,得到HE和WE个等分精度,即: $HE = H / Egy; WE = W / Egx$ ;H为光刻版图的高,单位:微米;W光刻版图的宽,单位:微米;
- [0018] S700、设定直写式光刻机进行每次扫描曝光时,依次提取部分图形进行曝光,每次提取的窄条图形数据的宽度WEs为: $WEs = DCol * E$ ,高度为:HE;
- [0019] S800、根据等分因子E对直写式光刻机每次扫描的曝光数据进行处理,将宽度为WEs高度为HE的图形数据进行重组,把原始数据按列排列;
- [0020] 将间隔E列的数据重组在一起,得到的重组数据一,然后将重组后的每列向下平移一个等分精度,得到重组数据二;
- [0021] S900、加载重组数据二进行曝光,DMD数据显微镜每刷新一次,加载一次曝光数据,每加载一行数据时,每行数据向右平移一个等分精度;
- [0022] S1000、继续执行S900的步骤,直到所有重组数据二完成曝光。
- [0023] 进一步的,所述步骤S300中通过以下步骤使得镜片 $M_i N_j$ 与镜片 $M_{i+1} N_{j+E}$ 中心在垂直方向上进行完全重合,包括:
- [0024] 对DMD进行旋转,其旋转角度theta为: $\theta = \arcsin(1/\sqrt{E^2 + 1})$ ,单位:度。
- [0025] 进一步的,所述步骤S400中光斑大小Spot的计算公式如下: $Spot = P * Mag$ 。
- [0026] 进一步,所述步骤S500中,Lx的计算公式如下 $Lx = Spot * \cos(\theta); Egx = Lx / E$ 。
- [0027] 进一步的,所述步骤S500中, $Ly = Spot * \sin(\theta)$ ,取Y方向上的等分精度Egy为: $Egy = Ly$ 。
- [0028] 进一步的,所述中S600中若光刻版图的高和宽不能被Egx或者Egy整除时,向上或者向下取整。
- [0029] 进一步的,所述步骤S700中当WEs大于WE时,填补0或者1进行曝光;当WEs小于WE时,依次提取WEs进行曝光。
- [0030] 由上述技术方案可知,本发明的基于等分因子的直写式光刻机曝光方法利用拼板的方式,将版图进行拼接,并与平台上的基板进行匹配曝光,从而达到提高产能的目的。

[0031] 本发明采用等分因子技术,将直写式光刻机的光刻版图进行等分,然后对数据进行栅格化并进行重组,使得DMD数字微镜在每次进行刷新时,加载不同时刻的光刻数据,从而完成曝光;取代了传统的完全依赖光刻机物镜倍率来提升最小特征图形解析的能力和图形精细度。本发明通过等分因子提升了直写式光刻机的最小线宽的解析能力,同时增加了直写式光刻机的产能。

### 附图说明

[0032] 图1是本发明的方法流程图;

[0033] 图2为本发明的DMD镜片排列方式示意图;

[0034] 图3为本发明的DMD曝光状态与等分后的光刻数据示意图;

[0035] 图4为本发明的光刻数据重组过程示意图;

[0036] 图5为本发明的将DMD进行旋转,使得镜片 $M_i N_j$ 与镜片 $M_{i+1} N_{j+E}$ 中心在光刻扫描方向上完全重合示意图。

### 具体实施方式

[0037] 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,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0038] 如图1所示,本实施例所述的基于等分因子的直写式光刻机曝光方法,基于已知DMD数字微镜的列数为M,行数为N,单个正方形小镜片的长宽尺寸为P微米;

[0039] 包括以下步骤:

[0040] S100、设定等分因子E,E取值大于2的自然数;

[0041] S200、设定直写式光刻机所使用的DMD数字微镜的行数DLine; $E < DLine \leq N$ ;则在等分因子下,对应使用的DMD列数为: $DCol = M - DLine / E$ ;

[0042] S300、根据DMD的数字微镜的行列排列,使得镜片 $M_i N_j$ 与镜片 $M_{i+1} N_{j+E}$ 中心在垂直方向上进行完全重合,其中 $0 \leq i \leq M - 1, 0 \leq j \leq DLine - 1$ ;

[0043] S400、根据直写式光刻机的物镜倍率Mag,计算得到单个DMD数字微镜镜片投影到直写式光刻机曝光平台上的光斑大小Spot;

[0044] S500、则计算相邻两个DMD数字微镜镜片投影到直写式光刻机曝光平台上的中心距,在X方向距离为 $L_x$ ,在等分因子E的等分下,则计算X方向上每等分的等分精度 $E_{gx}$ ,计算在Y方向的距离为 $L_y$ ,计算Y方向上的等分精度 $E_{gy}$ ;(如图3所示)

[0045] S600、根据 $E_{gx}$ 和 $E_{gy}$ 对直写式光刻机曝光的图形进行栅格化,得到HE和WE个等分精度,即: $HE = H / E_{gy}; WE = W / E_{gx}$ ;H为光刻版图的高,单位:微米;W光刻版图的宽,单位:微米;

[0046] S700、设定直写式光刻机进行每次扫描曝光时,依次提取部分图形进行曝光,每次提取的窄条图形数据的宽度 $WE_s$ 为: $WE_s = DCol * E$ ,高度为:HE;

[0047] S800、根据等分因子E对直写式光刻机每次扫描的曝光数据进行处理,将宽度为 $WE_s$ 高度为HE的图形数据进行重组,把原始数据按列排列;

[0048] 将间隔E列的数据重组在一起,得到的重组数据一,然后将重组后的每列向下平移



一个等分精度,得到重组数据二;

[0049] S900、加载重组数据二进行曝光,DMD数据显微镜每刷新一次,加载一次曝光数据,每加载一行数据时,每行数据向右平移一个等分精度;

[0050] S1000、继续执行S900的步骤,直到所有重组数据二完成曝光。

[0051] 以下结合附图对上述步骤具体说明:

[0052] 包括以下步骤:

[0053] (1) 设定等分因子E,E取值大于2的自然数;

[0054] (2) 如图2所示,设定直写式光刻机所使用的DMD数字显微镜的行数DLine; $E < DLine \leq N$ ;则在等分因子下,对应使用的DMD列数为: $DCol = M - Dline / E$ ;

[0055] (3) 根据DMD的数字显微镜的行列排列(M列N行),使得镜片 $M_i N_j$ 与镜片 $M_{i+1} N_{j+E}$ 中心在垂直方向上进行完全重合,其中 $0 \leq i \leq M - 1, 0 \leq j \leq DLine - 1$ ,需要对DMD进行旋转,其旋转角度theta为: $\theta = \arcsin(1/\sqrt{E^2 + 1})$ (单位度);(如图5所示)

[0056] (4) 根据直写式光刻机的物镜倍率Mag,可以得到单个DMD数字显微镜镜片投影到直写式光刻机曝光平台上的光斑大小 $Spot = P * Mag$ ;

[0057] (5) 则相邻两个DMD数字显微镜镜片投影到直写式光刻机曝光平台上的中心距,在X方向距离为 $Lx = Spot * \cos(\theta)$ ,在等分因子E的等分下,则X方向上每等分的等分精度Egx为: $Egx = Lx / E$ ;在Y方向的距离为 $Ly = Spot * \sin(\theta)$ ,取Y方向上的等分精度Egy为: $Egy = Ly$ ;

[0058] (6) 根据Egx和Egy对直写式光刻机曝光的图形(光刻版图,高为H微米,宽为W微米)进行栅格化,得到HE和WE个等分精度,即: $HE = H / Egy; WE = W / Egx$ ;

[0059] (7) 设定直写式光刻机进行每次扫描曝光时,依次提取部分图形进行曝光,每次提取的窄条图形数据的宽度WEs为: $WEs = DCol * E$ ,高度为:HE;如图3所示;

[0060] (8) 根据等分因子E对直写式光刻机每次扫描的曝光数据进行处理,将宽度为WEs高度为HE的图形数据进行重组(如图4所示),如原始数据按列排列为:

[0061]  $C_0 C_1 C_2 \cdots C_{E-1} C_E C_{E+1} C_{E+2} \cdots C_{2E-1} C_{2E} C_{2E+1} \cdots C_{(DCol-1)} *_{E-1} C_{(DCol-1)} *_{E-1} C_{(DCol-1)} *_{E-1} \cdots C_{(DCol-1)} *_{E+E-1}$

[0062] 将间隔E列的数据重组在一起,得到的重组数据1:

[0063]  $C_0 C_E C_{2E} \cdots C_{(DCol-1)} *_{E-1}$

[0064]  $C_1 C_{E+1} C_{2E+1} \cdots C_{(DCol-1)} *_{E-1} \cdots C_{E-1} C_{2E-1} C_{3E-1} \cdots C_{(DCol-1)} *_{E+E-1}$

[0065] 然将重组后的每列向下平移一个等分精度,得到重组数据2;

[0066] (9) 加载重组数据2进行曝光,DMD数据显微镜每刷新一次,加载一次曝光数据,每加载一行数据时,每行数据向右平移一个等分精度;

[0067] (10) 按照步骤9的方法,直到所有重组数据2完成曝光;

[0068] 其中,所述步骤(3)镜片 $M_i N_j$ 与镜片 $M_{i+1} N_{j+E}$ 中心在垂直方向上进行完全重合,也可以是直写式光刻机的曝光平台扫描方向上重合;

[0069] 所述步骤(4)的物镜倍率,可以是放大,也可以缩小,亦可以是1:1;

[0070] 所述步骤(5)的等分精度与物镜倍率相关,因为物镜倍率的自身因素或者直写式光刻机系统进行物镜倍率测量时的不精确,通常也会对物镜倍率或者等分精度进行修正;

[0071] 所述步骤(6)的光刻版图,可以是在原始资料上增加辅助边框后的图形;当对原始

图形进行等分时,若光刻版图的高和宽不能被 $E_{gx}$ 或者 $E_{gy}$ 整除时,可以向上或者向下取整;

[0072] 所述步骤(7)的 $WE_s$ 与 $WE$ 的大小没有限制,当 $WE_s$ 大于 $WE$ 时,填补0或者1进行曝光;当 $WE_s$ 小于 $WE$ 时,依次提取 $WE_s$ 进行曝光。

[0073] 由上可知,本发明实施例通过等分因子提升了直写式光刻机的最小线宽的解析能力,同时增加了写式光刻机的产能。

[0074] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。



图1



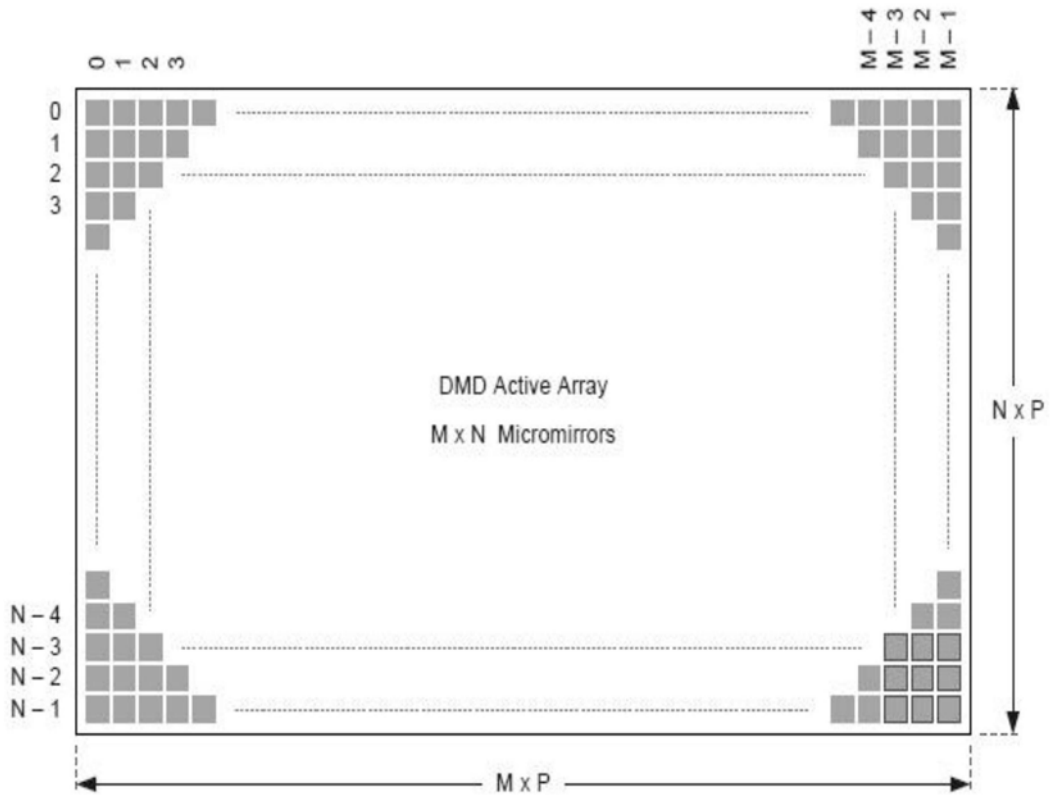


图2

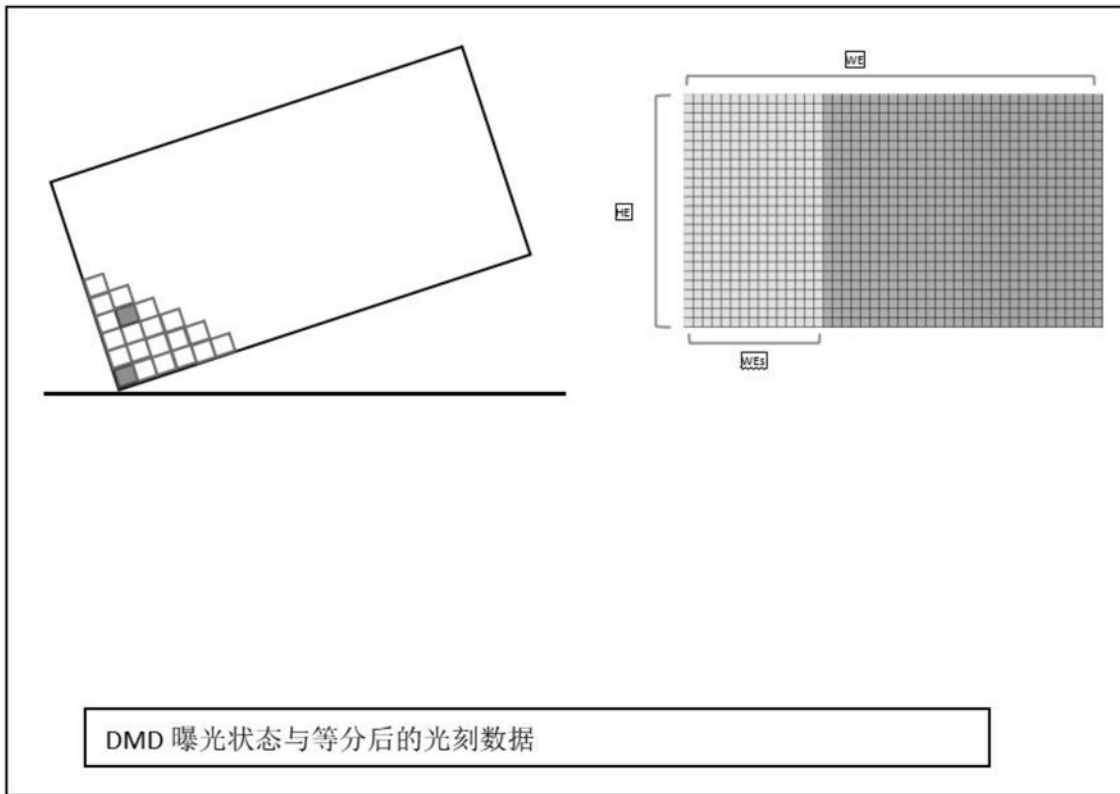


图3

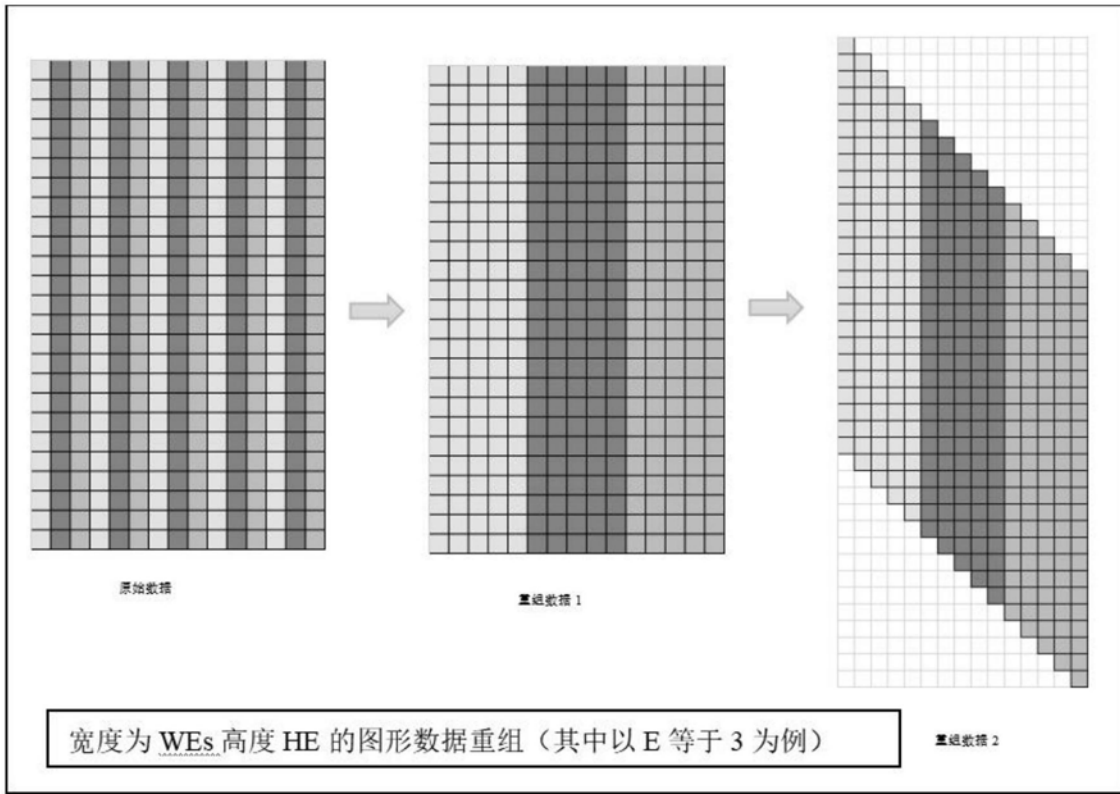


图4

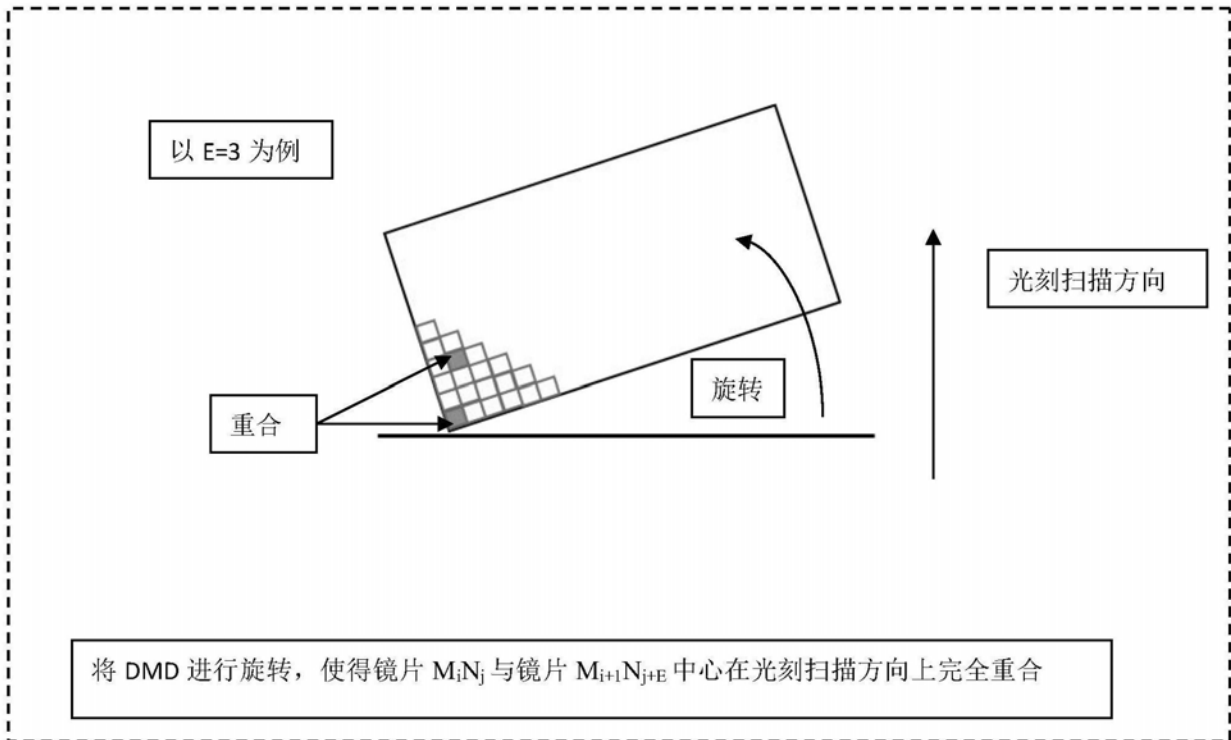


图5