



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116525480 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 01

(21) 申请号 202310522935.5 *G06T 7/00* (2017.01)

(22) 申请日 2023.05.10 *G06T 7/60* (2017.01)

G06T 7/62 (2017.01)

(71) 申请人 广东空天科技研究院(南沙)

地址 511458 广东省广州市南沙区海滨路
1119号1号楼501房

申请人 中国科学院力学研究所

(72) 发明人 田崇鑫 于玉翠 李少霞 虞钢
何秀丽

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责
任公司 11251

专利代理师 江亚平

(51) Int. Cl.

H01L 21/66 (2006.01)

G01B 11/02 (2006.01)

G01B 11/28 (2006.01)

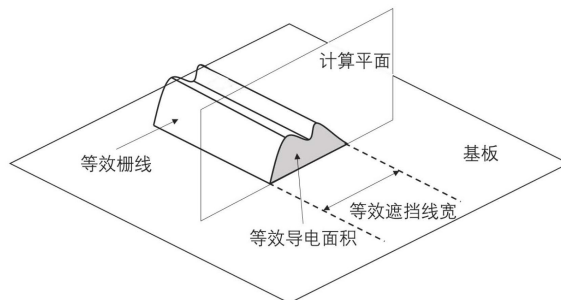
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于显微图像的激光栅线成形质量自
动检测方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于显微图像的激光栅线成形质量自动检测方法,包括:获取测量数据;进行激光栅线成形工艺试验,由三维形貌测量工具获取栅线表面高度数据并存储为数字量;提出测量指标:等效遮挡宽度、等效导电面积、无量纲的等效高宽比;编写计算机程序实现测量指标的自动测量。依据本发明可快速检测栅线成形质量是否合格或者符合预期,对工艺参数探索优化及激光栅线成形技术的工程应用均有较大意义。



1. 一种基于显微图像的激光栅线成形质量自动检测方法,其特征在于,包括如下步骤:

S100、获取测量数据:进行激光栅线成形工艺试验,由三维形貌测量工具获取栅线表面高度数据并存储为数字量;

S200、提出测量指标:从测量数据中提出三个可量化的指标:等效遮挡宽度,单位为 μm 、等效导电面积,单位为 μm^2 、无量纲的等效高宽比;

S300、进行测量指标的自动测量,全流程处理速度 $<1\text{s}$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种基于显微图像的激光栅线成形质量自动检测方法,其特征在于,所述S100包括:

S101、针对栅线的成形要求,选用匹配的激光栅线成形工艺参数,在基材上成形出所需的栅线;

S102、使用可输出数字图像信号的三维形貌测量工具,视场大小设定为 $1024*1024\text{pixels}$;移动被测量栅线的位置,使其清晰地处在视场正中并矫正、校平;

S103、调整测量工具的放大倍率,使观察的激光栅线显示宽度处于 $256\sim 512\text{pixels}$ 范围内,使基平面显示宽度处于 $512\sim 768\text{pixels}$ 范围内;

S104、获取视场内表面高度数据 $H_0(i, j)$,并记录放大倍数 k 与最大高度 h_{max} ; $H_0(i, j)$ 为 $1024*1024$ 的矩阵,内部元素单位为 μm ,其中 i 和 j 为图像两个方向的索引,取值均为 $1\sim 1024$; k 的单位为 $\text{pixel}/\mu\text{m}$; h_{max} 为 $H_0(i, j)$ 内元素的最大值,单位为 μm ;

S105、归一化的高度数据 $H(i, j)$ 以公式 $H(i, j) = 255 * (H_0(i, j) / h_{\text{max}})$ 计算并取整,取值为 $0\sim 255$,以无符号整形即 uint8 的形式存储为 $1024*1024$ 的矩阵;在数据存储时采用无损压缩算法进一步压缩数据。

3. 根据权利要求2所述的一种基于显微图像的激光栅线成形质量自动检测方法,其特征在于,所述S200包括:

S201、选取遮挡宽度作为测量栅线宽度的基准;

S202、定义等效遮挡宽度 w ,单位为 μm ,包括:

理想状态下,在基底平面上做一垂直于栅线的直线,与成形的栅线相交,形成一直线段,定义此直线段为遮挡宽度 w_0 ,单位为 μm ;在采样点前后各取长度为 m 的栅线段进行计算,即取样总长为 $2m+1$,取其遮挡宽度的平均值定义为等效遮挡宽度 w ;

S203、定义等效导电面积 a ,单位为 μm^2 ,包括:

做一垂直于栅线并且垂直于基底的平面,与成形的栅线相交,形成一轮廓曲线段,此曲线段与S202中的所述直线段形成一闭合图形,定义此闭合图形的面积为导电面积 a_0 ,单位为 μm^2 ;取一长度为 $2m+1$ 的栅线段,取其导电面积的平均值定义为等效导电面积 a ;

S204、定义等效高宽比 r ,包括:

将S203中的等效导电面积 a 除以S202中的等效遮挡宽度 w 的平方,得到一个无量纲的等效高宽比 r ,用于反应栅线的形状:

$$r = \frac{a}{w^2} \quad \circ$$

4. 根据权利要求3所述的一种基于显微图像的激光栅线成形质量自动检测方法,其特征在于,所述S300包括:

S301、对取样长度 m 与计算位置 x 进行选取:

在归一化的高度数据 $H(i, j)$ 中,将 i 方向定义为栅线方向, j 方向为与其垂直的方向; x 为计算点的 i 坐标,取值范围为 $(m+1, 1024-m)$;

S302、计算等效遮挡宽度 w ,单位为 μm :

$$w(x) = \frac{\sum H_1(i, j)}{2m+1} \text{ 其中, } i \in (x-m, x+m), j \in (x-m, x+m);$$

$H_1(i, j)$ 为计算等效遮挡宽度 w 的中间参数,数值意义为被栅线遮挡的区域记为1,未遮挡区域记为0,公式可表达为:

$$H_1(i, j) = \begin{cases} 1 & H(i, j) \neq 0 \\ 0 & H(i, j) = 0 \end{cases}$$

S303、计算等效导电面积 a ,单位为 μm^2 :

$$a(x) = \frac{\sum H(i, j)}{2m+1} \text{ 其中, } i \in (x-m, x+m), i > 0,$$

S304、计算无量纲的等效高宽比 r :

$$r(x) = \frac{a(x)}{w(x)^2}$$

S305、取 m 为12,计算S302~S304中 $w(x)$ 、 $a(x)$ 、 $r(x)$ 的方差,定义为 w_s 、 a_s 、 r_s ;在 $w(x)$ 、 $a(x)$ 、 $r(x)$ 分布符合 3σ 规则时,测量数据有效;当不符合 3σ 规则时,表明测量误差太大或者栅线不均匀连续,重新测量或者判断样品不合格;

S306、判断数据有效性后,将采样范围内的等效遮挡宽度 w 、等效导电面积 a 、无量纲的等效高宽比 r 作为最终输出结果,定义为 w_m 、 a_m 、 r_m :

$$w_m = \frac{\sum H_1(i, j)}{1024 * 1024} \quad i \in (1, 1024), j \in (1, 1024)$$

$$a_m = \frac{\sum H(i, j)}{1024 * 1024} \quad i \in (1, 1024), j \in (1, 1024)$$

$$r_m = \frac{a_m}{w_m^2}$$

S307、描述栅线中任一处形貌的3个指标在S302~S304中被定义并编写计算机程序进行计算,经S305判断测量数据的有效性;在数据有效的情况下由S306输出最终测试结果。

一种基于显微图像的激光栅线成形质量自动检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光栅线成形领域,具体涉及一种基于显微图像的激光栅线成形质量自动检测方法。

背景技术

[0002] 激光转印技术是一种新型的非接触式的印刷技术,该技术主要指在特定载体上涂覆所需材料,采用高功率密度激光扫描指定轨迹,将材料从载体转移至受体的技术。

[0003] 在光伏电池栅线成形方面,主要包括激光图形转印技术(Pattern Transfer Printing,PTP)、激光诱导前向转移(laser-induced forward transfer,LIFT)等。上述均可成型出较为连续均匀的光伏电池电极栅线。

[0004] 在现有的在光伏电池栅线成形技术中,丝网印刷技术仍占主导地位。而高度、宽度、高宽比是传统的衡量栅线成形质量的指标。但上述指标存在标准不统一、测量步骤繁琐、依赖人工、测量主观性强、测量数据不能完全反应线性质量的问题。

[0005] 中国专利申请CN201110399370.3(太阳能电池片栅线特性检测仪)公开了一种栅线检测的硬件设备,侧重于设备的搭建,未说明具体方法及理论依据;中国专利申请CN201110428486.5(一种评价晶硅太阳能电池片副栅线高宽比的方法)虽然考虑到用栅线宽度表征栅线成形的质量,但未给出自动化测量方法,无法解决人工干预、主观性强的缺点;中国专利申请CN201910597052.4(一种太阳能电池片栅线粗细异常的检测方法、装置及设备)给出了一种测量栅线质量的方法及设备,主要面向太阳能电池片整体的检测,引用了栅线宽度的概念,但没有给出可量化的栅线宽度的自动化测量方法;中国专利申请CN202011232285.3(硅晶体太阳能电池电极栅线印刷性评价方法及其应用)提出了栅线截面积和印刷饱满度的概念,但仅给出了计算公式,没有给出一种可行的测量算法,并且公式依赖于线宽、线高等传统测量指标,仍无法解决人工干预、主观性强的缺点。

发明内容

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供一种基于显微图像的激光栅线成形质量自动检测方法,摒弃了线宽、线高等概念模糊、主观性强、测量误差较大的概念,在区域平均等效的思想,利用显微成像技术与计算机程序,提出了等效遮挡宽度(单位为 μm)、等效导电面积(单位 μm^2)、无量纲的等效高宽比三个可量化的评价指标来衡量栅线成形质量。

[0007] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 一种基于显微图像的激光栅线成形质量自动检测方法,包括如下步骤:

[0009] S100、获取测量数据:进行激光栅线成形工艺试验,由三维形貌测量工具获取栅线表面高度数据并存储为数字量;

[0010] S200、提出测量指标:从测量数据中提出三个可量化的指标:等效遮挡宽度,单位为 μm 、等效导电面积,单位为 μm^2 、无量纲的等效高宽比;

[0011] S300、进行测量指标的自动测量,全流程处理速度 $<1\text{s}$ 。

[0012] 进一步地,所述S100包括:

[0013] S101、针对栅线的成形要求,选用匹配的激光栅线成形工艺参数,在基材上成形出所需的栅线;

[0014] S102、使用可输出数字图像信号的三维形貌测量工具,视场大小设定为1024*1024pixels;移动被测量栅线的位置,使其清晰地处在视场正中并矫正、校平;

[0015] S103、调整测量工具的放大倍率,使观察的激光栅线显示宽度处于256~512pixels范围内,使基平面显示宽度处于512~768pixels范围内;

[0016] S104、获取视场内表面高度数据 $H_0(i, j)$,并记录放大倍数 k 与最大高度 h_{\max} ; $H_0(i, j)$ 为1024*1024的矩阵,内部元素单位为 μm ,其中 i 和 j 为图像两个方向的索引,取值均为1~1024; k 的单位为 $\text{pixel}/\mu\text{m}$; h_{\max} 为 $H_0(i, j)$ 内元素的最大值,单位为 μm ;

[0017] S105、归一化的高度数据 $H(i, j)$ 以公式 $H(i, j) = 255 * (H_0(i, j) / h_{\max})$ 计算并取整,取值为0~255,以无符号整形即uint8的形式存储为1024*1024的矩阵;在数据存储时采用无损压缩算法进一步压缩数据。

[0018] 进一步地,所述S200包括:

[0019] S201、选取遮挡宽度作为测量栅线宽度的基准;

[0020] S202、定义等效遮挡宽度 w ,单位为 μm ,包括:

[0021] 理想状态下,在基底平面上做一垂直于栅线的直线,与成形的栅线相交,形成一直线段,定义此直线段为遮挡宽度 w_0 ,单位为 μm ;在采样点前后各取长度为 m 的栅线段进行计算,即取样总长为 $2m+1$,取其遮挡宽度的平均值定义为等效遮挡宽度 w ;

[0022] S203、定义等效导电面积 a ,单位为 μm^2 ,包括:

[0023] 做一垂直于栅线并且垂直于基底的平面,与成形的栅线相交,形成一轮廓曲线段,此曲线段与S202中的所述直线段形成一闭合图形,定义此闭合图形的面积为导电面积 a_0 ,单位为 μm^2 ;取一长度为 $2m+1$ 的栅线段,取其导电面积的平均值定义为等效导电面积 a ;

[0024] S204、定义等效高宽比 r ,包括:

[0025] 将S203中的等效导电面积 a 除以S202中的等效遮挡宽度 w 的平方,得到一个无量纲的等效高宽比 r ,用于反应栅线的形状:

$$[0026] \quad r = \frac{a}{w^2} \quad \circ$$

[0027] 进一步地,所述S300包括:

[0028] S301、对取样长度 m 与计算位置 x 进行选取:

[0029] 在归一化的高度数据 $H(i, j)$ 中,将 i 方向定义为栅线方向, j 方向为与其垂直的方向; x 为计算点的 i 坐标,取值范围为 $(m+1, 1024-m)$;

[0030] S302、计算等效遮挡宽度 w ,单位为 μm :

$$[0031] \quad w(x) = \frac{\sum H_1(i, j)}{2m+1} \quad \text{其中, } i \in (x-m, x+m), j \in (x-m, x+m);$$

[0032] $H_1(i, j)$ 为计算等效遮挡宽度 w 的中间参数,数值意义为被栅线遮挡的区域记为1,未遮挡区域记为0,公式可表达为:

$$[0033] \quad H_1(i, j) = \begin{cases} 1 & H(i, j) \neq 0 \\ 0 & H(i, j) = 0 \end{cases}$$

[0034] S303、计算等效导电面积 a ,单位为 μm^2 :

[0035] $a(x) = \frac{\sum \mathbf{H}(i,j)}{2m+1}$ 其中, $i \in (x-m, x+m)$, $i > 0$,

[0036] S304、计算无量纲的等效高宽比r:

[0037] $r(x) = \frac{a(x)}{w(x)^2}$

[0038] S305、取m为12, 计算S302~S304中w(x)、a(x)、r(x)的方差, 定义为 w_s 、 a_s 、 r_s ; 在w(x)、a(x)、r(x)分布符合3 σ 规则时, 测量数据有效; 当不符合3 σ 规则时, 表明测量误差太大或者栅线不均匀连续, 重新测量或者判断样品不合格;

[0039] S306、判断数据有效性后, 将采样范围内的等效遮挡宽度w、等效导电面积a、无量纲的等效高宽比r作为最终输出结果, 定义为 w_m 、 a_m 、 r_m :

[0040] $w_m = \frac{\sum \mathbf{H}_1(i,j)}{1024 * 1024}$ $i \in (1,1024), j \in (1,1024)$

[0041] $a_m = \frac{\sum \mathbf{H}(i,j)}{1024 * 1024}$ $i \in (1,1024), j \in (1,1024)$

[0042] $r_m = \frac{a_m}{w_m^2}$

[0043] S307、栅线中任一处形貌的3个指标在S302~S304中被定义并编写计算机程序进行计算, 经S305判断测量数据的有效性; 在数据有效的情况下由S306输出最终测试结果。

[0044] 有益效果:

[0045] 本发明提出三个指标, 清晰的定义了等效宽度、等效面积图、等效高宽三个测量指标, 均有实际物理意义, 并且容易自动化测量, 解决了标准模糊、依赖人工、测量繁琐的问题。依据本发明可快速检测栅线成形质量是否合格或者符合预期, 对工艺参数探索优化及激光栅线成形技术的工程应用均有较大意义。

附图说明

[0046] 图1a, 图1b为存储数据的可视画图像; 其中, 图1a为灰度图像, 图1b为三维形貌图像;

[0047] 图2为遮挡线宽与栅线截面积的示意图;

[0048] 图3为不同取样长度m的平滑表面轮廓曲线图;

[0049] 图4为不同工艺下栅线的等效宽度图;

[0050] 图5为不同工艺下栅线的等效面积图;

[0051] 图6为不同工艺下栅线的等效高宽比图;

[0052] 图7为不同工艺下的栅线表面轮廓曲线图。

具体实施方式

[0053] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白, 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。此外, 下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0054] 本发明的一种基于显微图像的激光栅线成形质量自动检测方法包括如下步骤:

[0055] S100、获取测量数据:进行激光栅线成形工艺试验,由三维形貌测量工具获取栅线表面高度数据并存储为数字量;

[0056] S200、提出测量指标:从测量数据中提出三个可量化的指标:等效遮挡宽度,单位为 μm 、等效导电面积,单位为 μm^2 、无量纲的等效高宽比;

[0057] S300、编写计算机程序实现S200所提出的测量指标的自动测量,全流程处理速度 $< 1\text{s}$ 。

[0058] 具体地,所述S100包括如下步骤:

[0059] S101、针对栅线的成形要求,操作人员凭经验或者由工艺参数库选用匹配的激光栅线成形工艺参数进行激光栅线成形实验,在基材上成形出所需的栅线;

[0060] S102、使用可输出数字图像信号的三维形貌测量工具,视场大小设定为 $1024*1024\text{pixels}$;移动被测量栅线的位置,使其清晰地处在视场正中并矫正、校平;

[0061] S103、调整测量工具的放大倍率,使观察的激光栅线显示宽度处于 $256\sim 512\text{pixels}$ 范围内,使基平面显示宽度处于 $512\sim 768\text{pixels}$ 范围内;

[0062] S104、获取视场内表面高度数据 $H_0(i, j)$,并记录放大倍数 k 与最大高度 h_{\max} ; $H_0(i, j)$ 为 $1024*1024$ 的矩阵,内部元素单位为 μm ,其中 i 和 j 为图像两个方向的索引,即 i 方向定义为栅线方向, j 方向为与其垂直的方向,取值均为 $1\sim 1024$,后续与测量高度相关的矩阵均采用此定义; k 的单位为 $\text{pixel}/\mu\text{m}$; h_{\max} 为 $H_0(i, j)$ 内元素的最大值,单位为 μm

[0063] S105、以公式 $H(i, j) = 255 * (H_0(i, j) / h_{\max})$ 计算归一化的高度数据 $H(i, j)$ 并取整,取值为 $0\sim 255$,以无符号整形(uint8)形式存储为 $1024*1024$ 的矩阵。高度方向255级精度可满足测量要求。数据由double型转存为uint8,可将存储空间降低至 $1/8$,计算速度更快。如图1a,图1b所示,图1a为存储数据的可视画灰度图像,图1b为依据存储数据绘制的三维高度图像。实验人员可凭经验由图1a快速判断栅线成形质量,不需要三维渲染图1b。所述S105是后续快速检测算法的基础。

[0064] 所述S200包括如下步骤:

[0065] S201、选取遮挡宽度:

[0066] 栅线截面不是规则的矩形,现行指标中栅线宽度定义不统一。因栅线遮挡后,基板表面无法与外界相互作用,本发明基于遮挡宽度定义等效栅线宽度,符合工程实际,较为实际地提出了一种可通用的栅线宽度的定义标准。

[0067] S202、定义等效遮挡宽度 w , (单位为 μm):

[0068] 理想状态下,在基底平面上做一垂直于栅线的直线,与成形的栅线相交,形成一直线段,定义此直线段为遮挡宽度 w_0 ,单位为微米(μm)。在实际测量中,栅线的遮挡宽度浮动较大。为消除此误差,在采样点前后各取长度为 m (即 $1/2$ 取样长度)的栅线段进行计算,取样总长为 $2m+1$,取其遮挡宽度的平均值定义为等效遮挡宽度 w ,可有效避免因选取位置带来的测量误差。

[0069] S203、定义等效导电面积 a , (单位为 μm^2):

[0070] 在本领域范围内,栅线导电性能可认为只与面积有关。在基底平面上做一垂直于栅线的平面,与成形的栅线相交,形成一轮廓曲线段,此曲线段与S202中所述直线段形成一闭合图形,定义此闭合图形的面积为导电面积 a_0 ,单位为微米(μm^2)。取一长度为 $2m+1$ 的栅线

段,取其导电面积的平均值定义为等效导电面积 a ,可有效避免因选取位置带来的测量误差。等效遮挡宽度 w 与等效导电面积 a 的定义见图2。

[0071] S204、定义等效高宽比 r (无量纲):

[0072] 将S203中的等效导电面积 a 除以S202中的等效遮挡宽度 w 的平方,可得到一个无量纲的等效高宽比 r ,可反应栅线的形状。当栅线扁平时取值接近0,栅线饱满时接近1。在数学定义上, r 的取值应为 $(1, +\infty)$ 。在实际工程应用中, r 值目前很难将突破1,而 r 值处在0.4以上是行业追求的。

$$[0073] \quad r = \frac{a}{w^2}$$

[0074] 所述S300包括如下步骤:

[0075] S301、对取样长度 m 与计算位置 x 进行选取:

[0076] 在归一化的高度数据 $H(i, j)$ 中,将 i 方向定义为栅线方向, j 方向为与其垂直的方向; x 为计算点的 i 坐标,取值范围为 $(m+1, 1024-m)$ 。 m 取值太小起不到数据平滑、减少误差的作用,取值太大又会平滑过度,丢失关键信息。数据平滑示意图如图3所示,可见在1024个数据点中,取前后各12个数据做平滑处理可以满足要求。本实施例中取 $m=12$,单次取样可有1000个数据点用于计算。

[0077] S302、计算等效遮挡宽度 w (单位为 μm):

$$[0078] \quad w(x) = \frac{\sum H_1(i, j)}{2m+1} \quad (i \in (x-m, x+m), j \in (x-m, x+m)),$$

[0079] $H_1(i, j)$ 为中间参数,表示为:

$$[0080] \quad H_1(i, j) = \begin{cases} 1 & H(i, j) \neq 0 \\ 0 & H(i, j) = 0 \end{cases}$$

[0081] S303、计算等效导电面积 a (单位为 μm^2):

$$[0082] \quad a(x) = \frac{\sum H(i, j)}{2m+1} \quad (i \in (x-m, x+m), i > 0)$$

[0083] S304、计算无量纲的等效高宽比 r :

$$[0084] \quad r(x) = \frac{a(x)}{w(x)^2}$$

[0085] S305、取 m 为12,计算S302~S304中 $w(x)$ 、 $a(x)$ 、 $r(x)$ 的方差,定义为 w_s 、 a_s 、 r_s ;在 $w(x)$ 、 $a(x)$ 、 $r(x)$ 分布符合 3σ 规则时,测量数据有效;当不符合 3σ 规则时,表明测量误差太大或者栅线不均匀连续,重新测量或者判断样品不合格;

[0086] S306、判断数据有效性后,将采样范围内的等效遮挡宽度 w 、等效导电面积 a 、无量纲的等效高宽比 r 作为最终输出结果,定义为 w_m 、 a_m 、 r_m :

$$[0087] \quad w_m = \frac{\sum H_1(i, j)}{1024 * 1024} \quad (i \in (1, 1024), j \in (1, 1024))$$

$$[0088] \quad a_m = \frac{\sum H(i, j)}{1024 * 1024} \quad (i \in (1, 1024), j \in (1, 1024))$$

$$[0089] \quad r_m = \frac{a_m}{w_m^2}$$

[0090] S307、描述栅线中任一处形貌的3个指标——等效遮挡宽度 w 、等效导电面积 a 、无量纲的等效高宽比 r 在S302~S304中被定义,经S305判断测量记过的有效性;在数据有效的情况下由S306输出最终测试结果。上述公式容易编写为计算机程序,经实际测试,在普通家用电脑上均可以在1s内计算完成。至此,本发明定义的一个采样区间内三个栅线评价指标等效遮挡宽度 w 、等效导电面积 a 、无量纲的等效高宽比 r 均已描述完毕。

[0091] 图4,图5,图6,图7是用本发明S200描述的方法绘制的结果。等间隔改变某一关键工艺参数进行八次实验,结果见图4,图5,图6,图7。从图4~图6中可以看出、随着该参数的增加,栅线等效宽度近似线性增加、栅线等效面积近似线性增加,但等效高宽比存在快速降低趋势,表明该参数应取在合理范围内,不可设置为太大的值。图7为依据S301绘制的栅线表面轮廓曲线,可以看出从第四次实验开始,栅线出现双峰现象,而此现象是工程应用中应该避免的。本发明提出的三个评估指标可较为真实的反应实验结果,综合判断成形质量是否符合预期,可进一步改进成形设备、优化工艺参数。

[0092] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

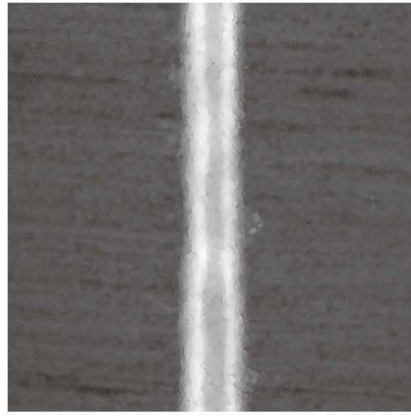


图1a

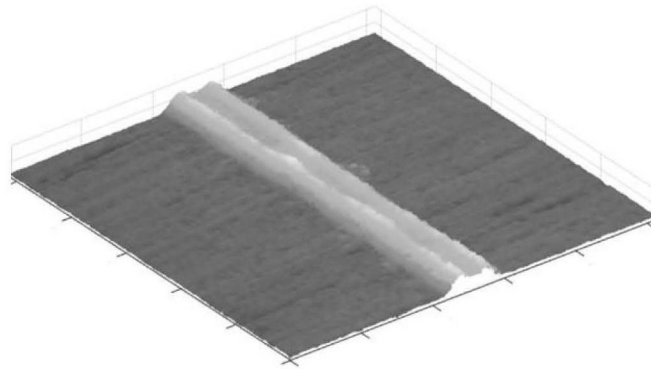


图1b

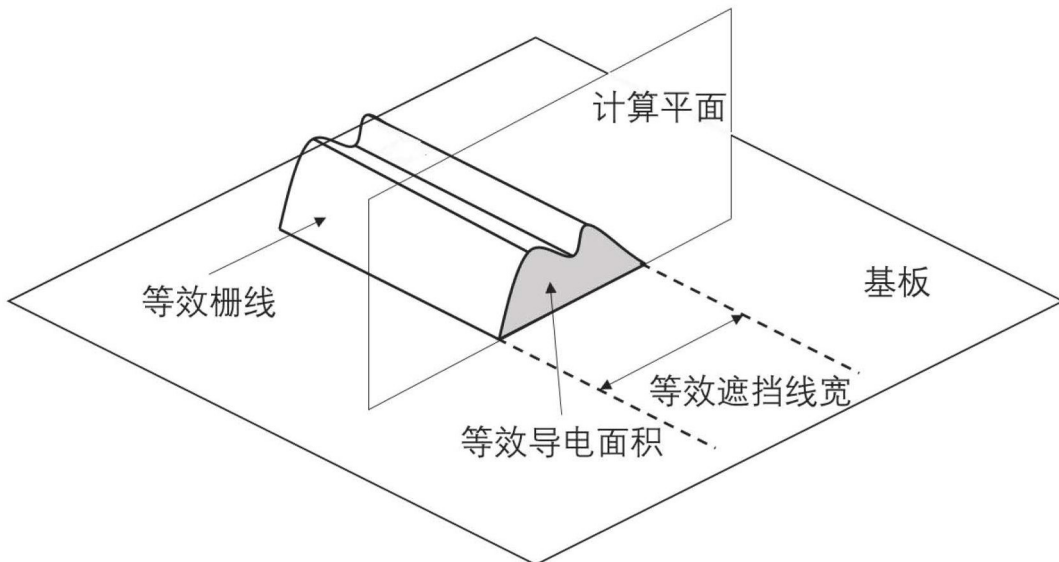


图2

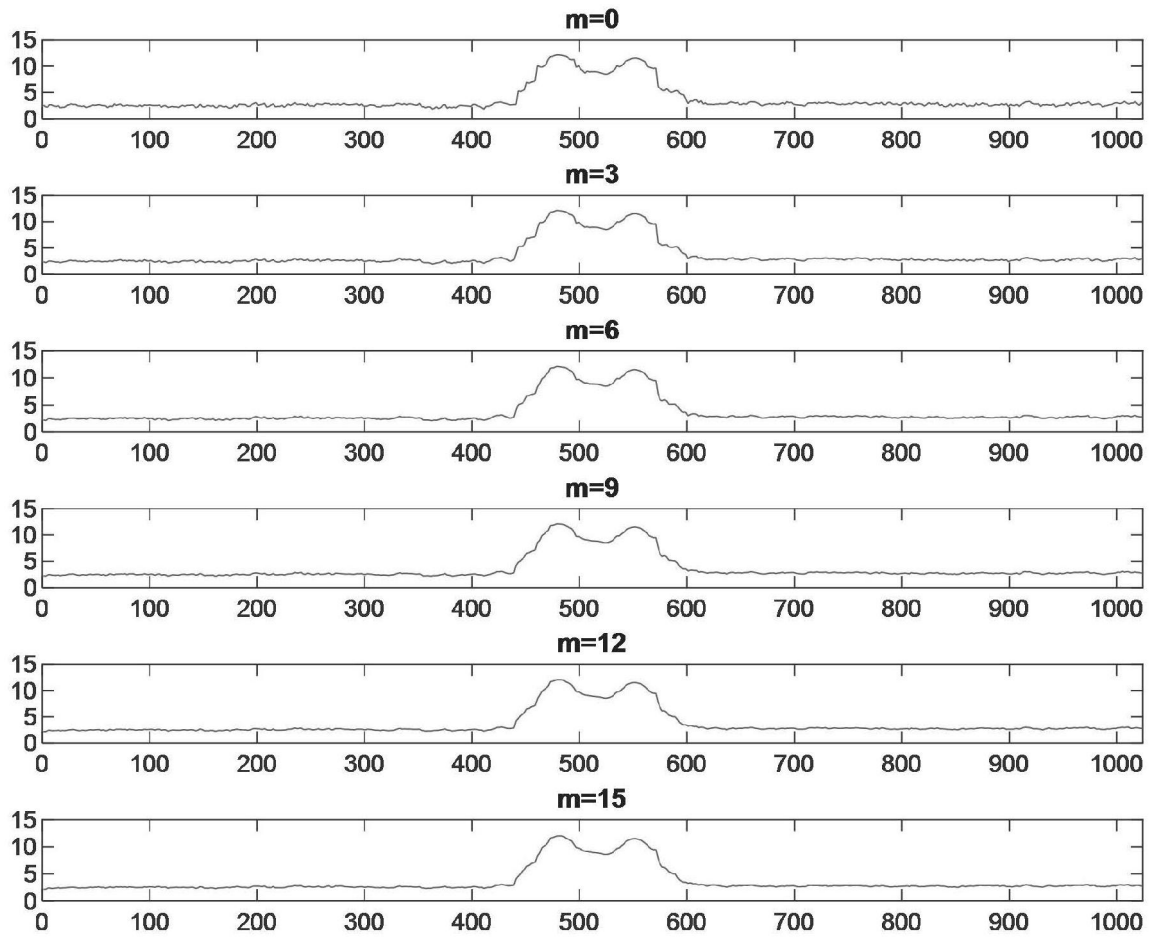


图3

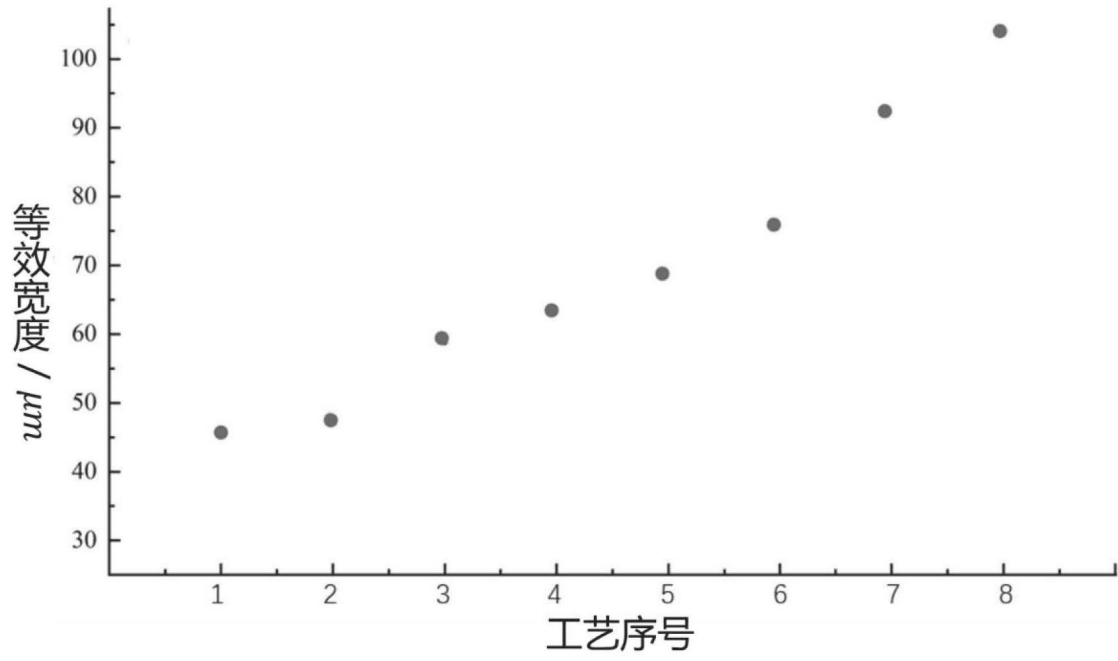


图4

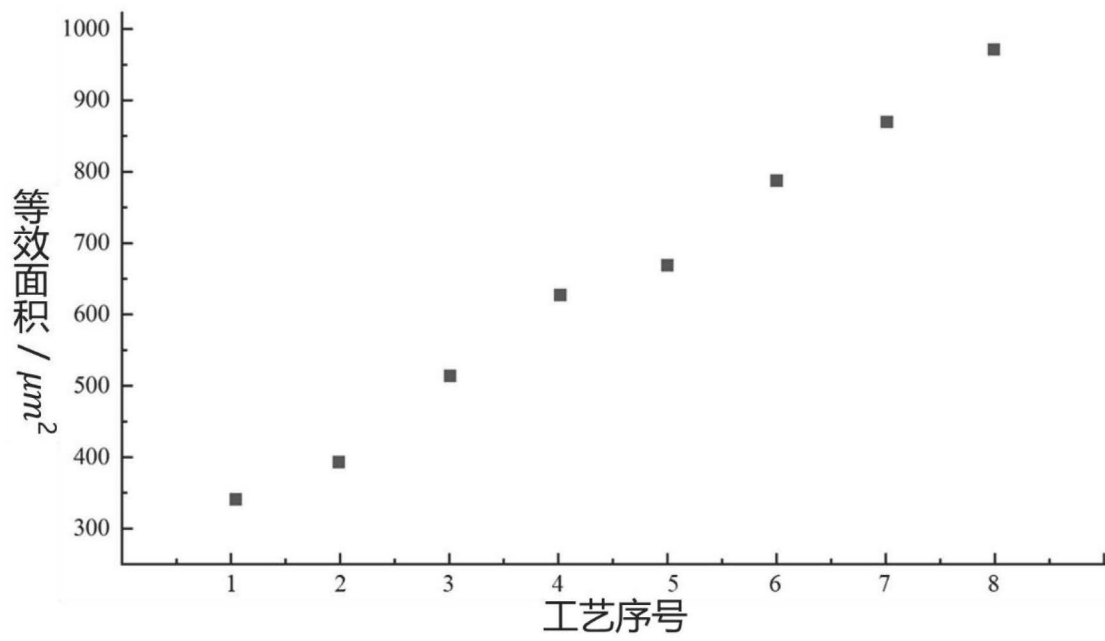


图5

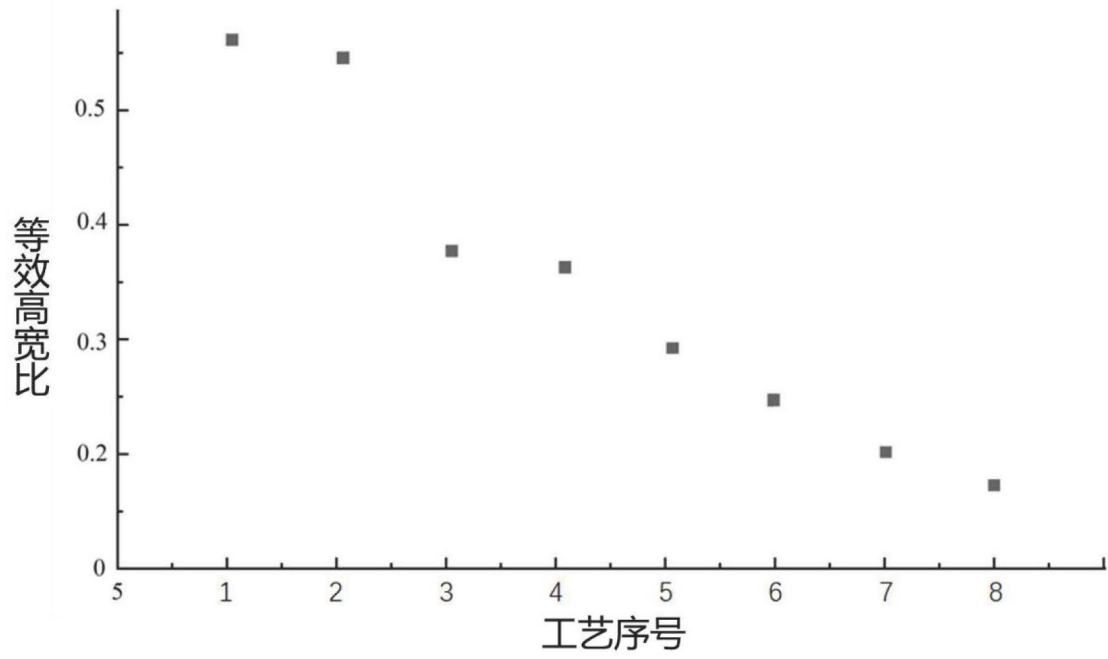


图6

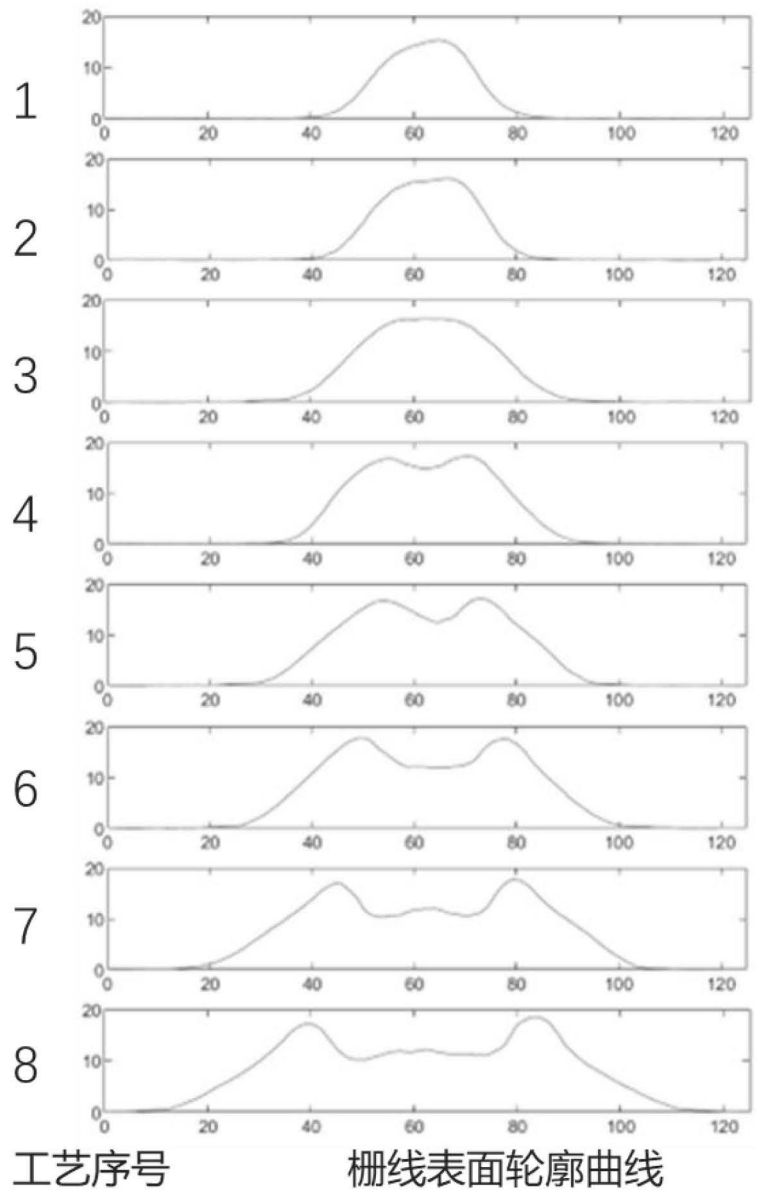


图7