



上海科技大学材料器件中心 (SMDL) 工艺设备 SOP

数字光刻投影系统 Miscan

版本：V2

发布年份：2026 年

编写人：王镜喆

设备管理工程师：王镜喆

目录

1.	设备功能 (Tool Function)	2
2.	设备使用登记 (Register)	2
3.	设备安全规范 (Safety)	2
4.	数字投影光刻系统 (Digital projection lithography system)	2
4-1	设备概述 Process Summary	2
4-2	交叉污染控制 cross-contamination Controls & Compatibility	5
4-3	操作流程 Process Procedure	5
5.	常见故障处理	26
6.	日常维护事项	27
7.	设备负责人及联系方式 (Tool Administrator & Contact Information)	27
8.	培训流程 (Training Procedure & Applicable Documents)	27
9.	违规处罚 (Violation & Penalty)	27
10.	历史版本 (History Version)	27

材料器件中心版权所有

1. 设备功能 (Tool Function)

本设备包含设备主机一台, 冷水机两台, 355nm 脉冲激光器一台, 50 倍、20 倍、10 倍镜头各一只, 主要用于适用于 6 寸及以下掩模板或硅片, 后文将介绍设备的使用规范。

2. 设备使用登记 (Register)

- 1) 仪器使用前, 需要按预约时段登入个人账号。
- 2) 使用后再 Miscan 设备记录本上做好设备使用记录。

3. 设备安全规范 (Safety)

- 1) 此台设备只允许一个人使用, 禁止多人同时使用!
- 2) 图纸尺寸一定要小于基片尺寸, 即版图范围不能超出基片
- 3) 禁止使用不规则基片
- 4) 禁止将背面沾污的或者不清洁样品放上样品台。
- 5) 禁止关闭激光器电源。
- 6) 禁止操作电源控制柜面板。
- 7) 禁止更改任何仪表和软件上的默认设置。
- 8) 禁止长时间保持保护窗在开放状态, 防止背部内温度波动过大。
- 9) 禁止在曝光作业过程中操作电脑, 防止电脑死机造成曝光中断。
- 10) 发生任何意外先按下紧急开关断电, 并且通知设备管理人员。

4. 数字投影光刻系统 (Digital projection lithography system)

4-1 设备概述 Process Summary

- 1) 设备型号及制造商: 苏大维格 Miscan。



图 4-1 Miscan 外观

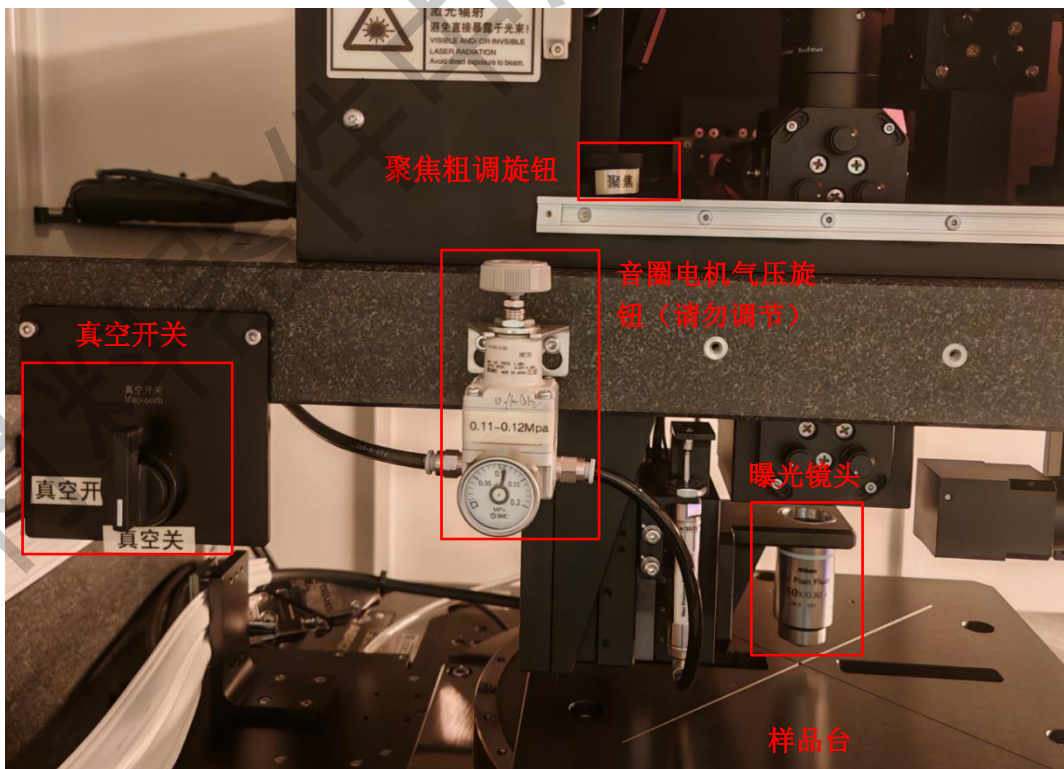


图 4-2 Miscan 内部介绍

2) 设备基本参数

表 4.1 Miscan 设备基本参数

光源型号	355nm 脉冲激光	
镜头	50 倍	20 倍
基片尺寸	<ul style="list-style-type: none"> ● 最小使用 5*5mm ● 最大 6 x 6 inch 	
曝光时间 100mmx100 mm (0.5umAZ1500-100mj)	● 约 2h	● 约 45min
激光频率	<ul style="list-style-type: none"> ● 20-200KHZ ● 20-200KHZ 范围内剂量随频率增加而下降 (具体参考附表) 	
写头到基片距离	手动调节至光圈 135	手动调节至光圈 316
Defocus	<ul style="list-style-type: none"> ● 0→20: 实际运动距离 1.0um ● 0→20: 运动方向向下 (靠近基片) 检测调整方式: 光圈检测→反馈音圈电机→音圈电机快速伸缩调整	<ul style="list-style-type: none"> ● 0→35: 实际运动距离 10.0um ● 0→35: 运动方向向下 (靠近基片) 检测调整方式: 光圈检测→反馈音圈电机→音圈电机快速伸缩调整
基片厚度	0.1-10mm	
曝光方式	<ul style="list-style-type: none"> ● DMD 微镜面反射, 微镜尺寸 10.80*10.8um, X 方向: 1920Pixels, Y 方向: 1080Pixels ● 沿 Y 方向单方向曝光, Y 方向使用 1080Pixels, 每次曝光 54Pixels, 重复曝光 20 (1080÷54) 次 ● X 方向, 每次曝光 254Pixels 与重复曝光 4 次, 使用中间 1024Pixels 	
图纸	<ul style="list-style-type: none"> ● 图纸范围不可大于基片范围, 基片不能有向写头方向的 U 型翘曲面 ● 测试图纸 CIF 文件可导出使用 (套刻图纸、矩阵图纸) 转换文件与原始文件附后方 	

3) 设备的工艺功能: 光刻胶无掩模直写曝光。

4) 设备的工作原理: Miscan 无掩模曝光机将设计图形转化为可编程的文件, 利用 DMD 直接对照明光束进行调制, 形成相应的图形投影在衬底上完成曝光。

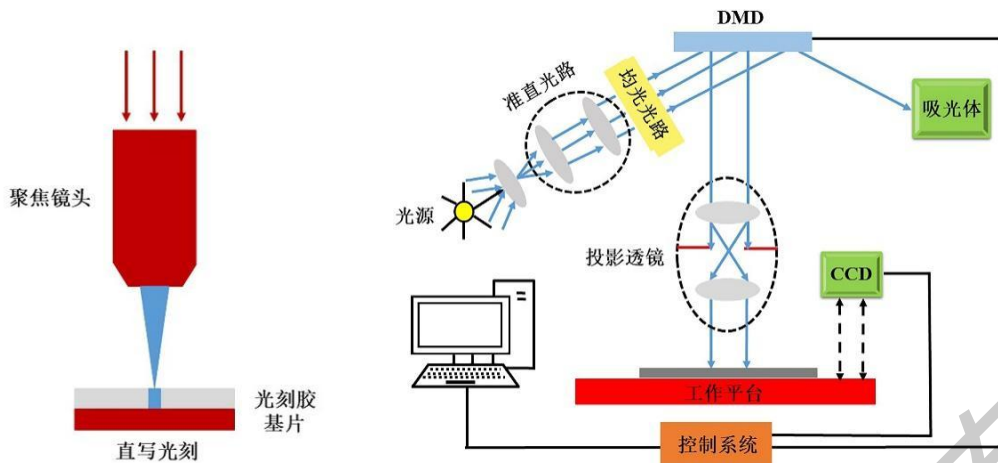


图 4-3 工作原理图

5) 设备硬件能力: 激光光源波长为 355 nm, 功率 10W, 脉冲频率 20-200KHZ 可调

6) 设备位置: 净化室 1 层黄光区。

4-2 交叉污染控制 cross-contamination Controls & Compatibility

1) 衬底限制: 适用于 6 寸及以下掩模板或硅片, 可接受的最小样品尺寸为 5*5mm 基片

4-3 操作流程 Process Procedure

1) 拷贝需要曝光的文件。使用 Miscan 专用 U 盘将曝光文件导入计算机 D 盘 GDS 文件夹内。目前支持 GDS II 和 BMP 两种种源文件格式。除照明按键外请保持界面的状态, 勿更改其它参数。

2) 系统初始化。进入主界面之后, 初次运行程序需先初始化系统。

步骤 1: 首先确定曝光镜头的倍率, 一般 50X 与 20X, 点击右侧菜单栏 System 下方[Initialize]按钮, 选择相应镜头倍数, 等待系统初始化。在初始化完成之后在[Log]窗口会显示初始化成功

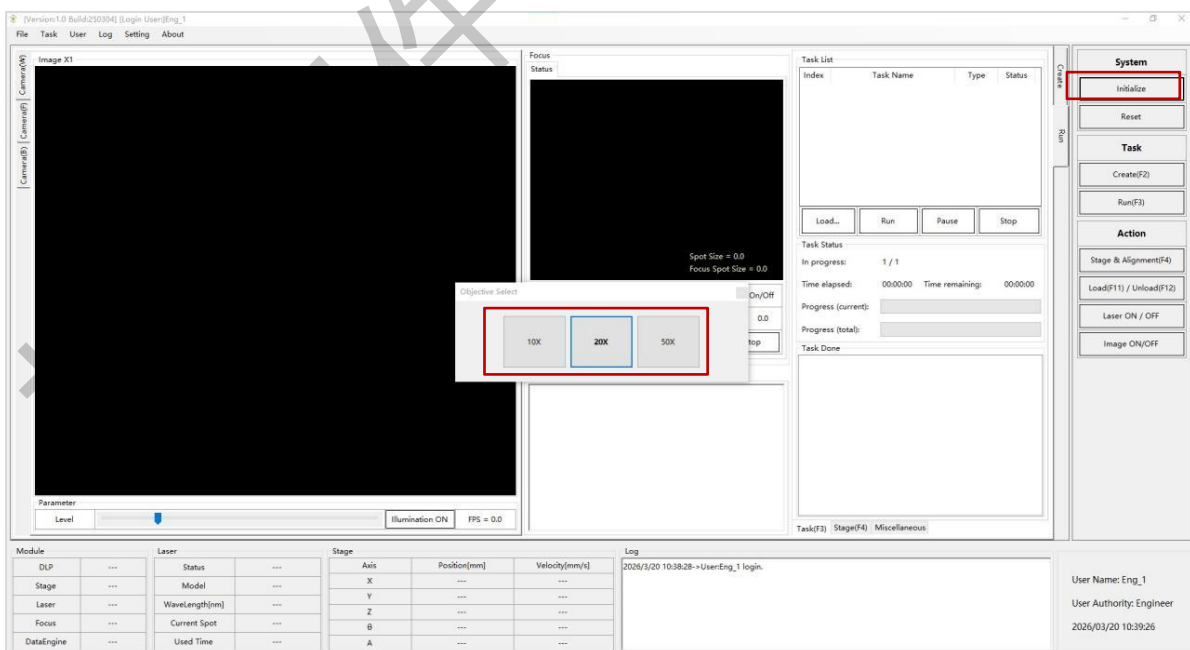


图 4-4 镜头选择

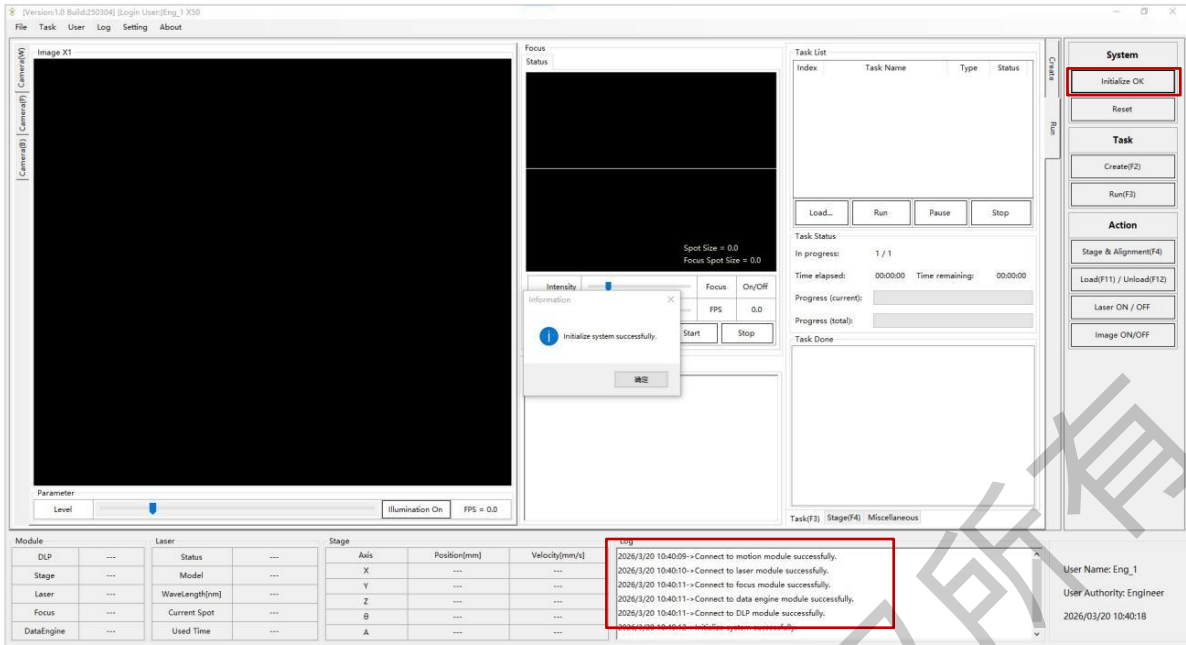


图 4-5 镜头初始化完成

步骤 2: 完成系统初始化之后，点击[Reset]按钮完成样品台复位工作。**注意：**系统 Reset 过程请确保平台以及镜头的安全，请务必保证平台周边没有物体妨碍平台的运动，Z 轴镜头处于安全的移动范围内，镜头与样品台距离大于 1cm 且小于 1.5cm，MiScan 机型可通过调节聚焦粗调旋钮调节镜头与样品台距离！点击右侧菜单栏 System 下方[Reset]按钮，弹出的对话框点击[是]，等待运动平台初始化完成。

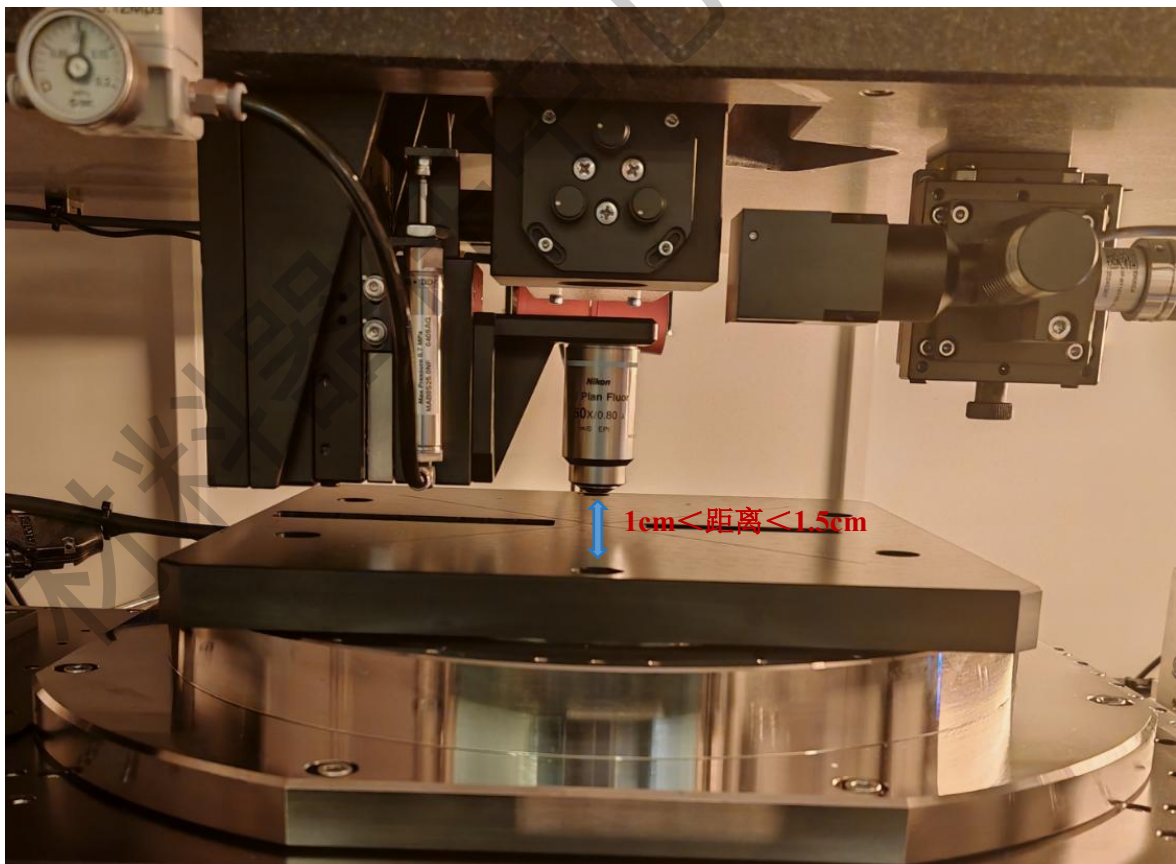


图 4-6 样品台 Reset 前注意事项

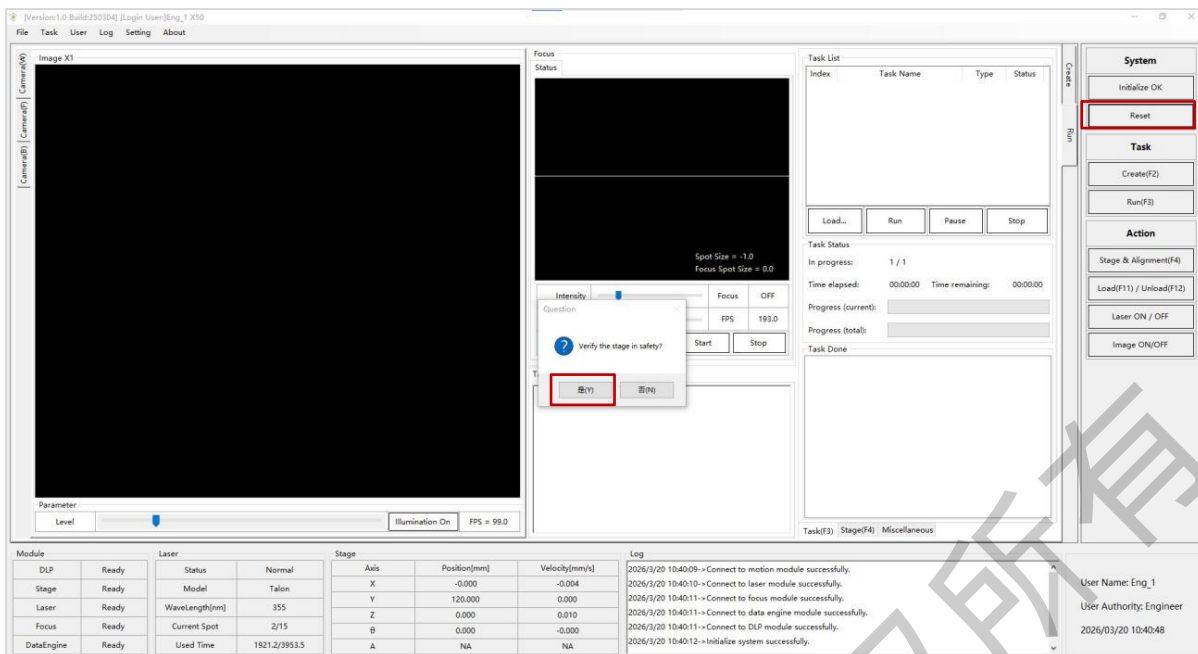


图 4-7 样品台 Reset 确认

步骤 3: Reset OK 后运动平台会回到零点位置，镜头复位到原始位置，此时镜头位于平台正上方。初始化成功之后，软件显示各个模块的状态。如下图：

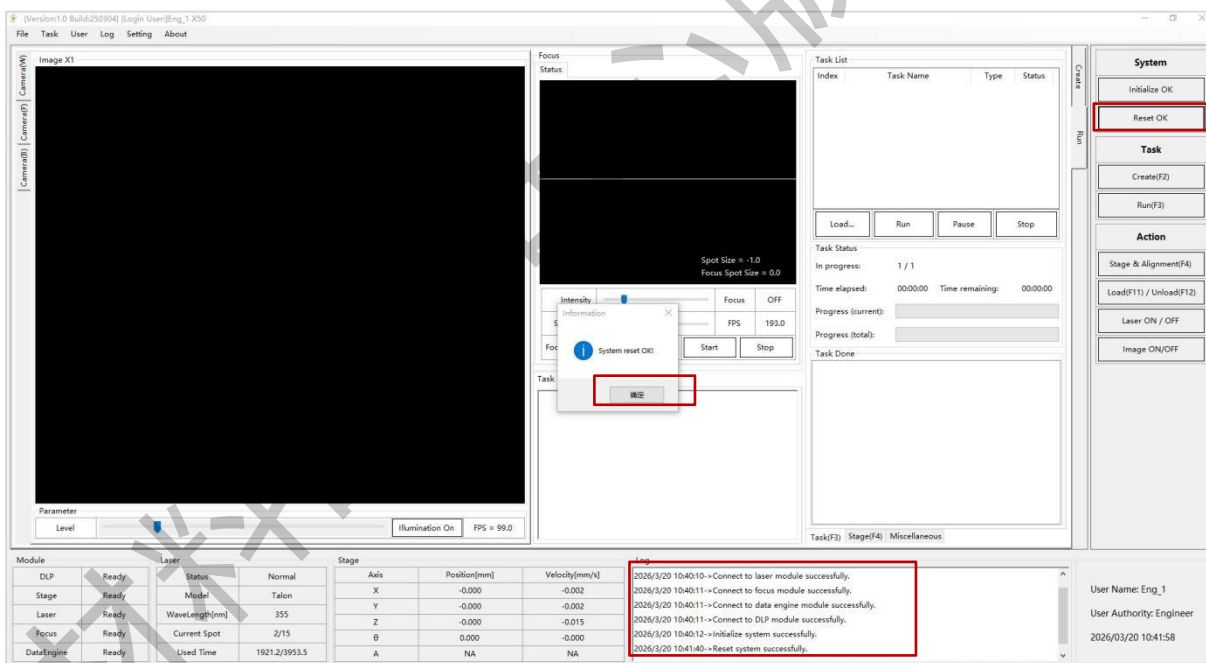


图 4-8 样品台 Reset 完成

3) 样品放置。

步骤 1: 按下屏幕下方的照明开关按钮，打开照明，手动打开保护窗。

步骤 2: 点击[Load(F11)/Unload(F12)]按钮或者 F12 快捷键，选择 Unload 选项移出样品台，用于放置基片。

步骤 3: 将所需尺寸的样品架（目前提供最大 8 寸 Mask、8 寸 Wafer 样品架）插入样品平台上的凹槽；将样品台上的尺寸标记与其相应的尺寸标记对齐放置。

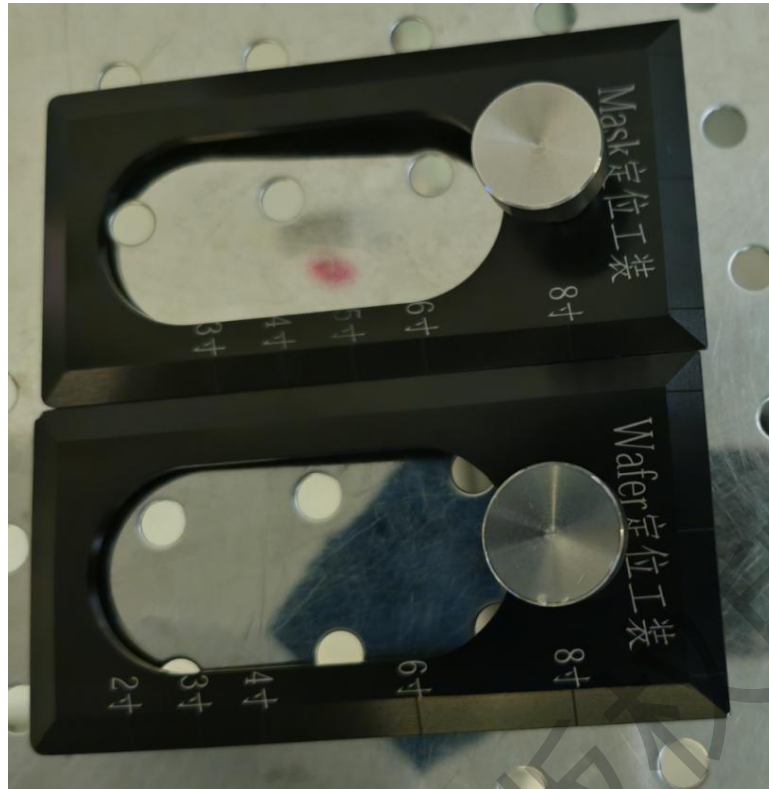


图 4-9 样品架实物

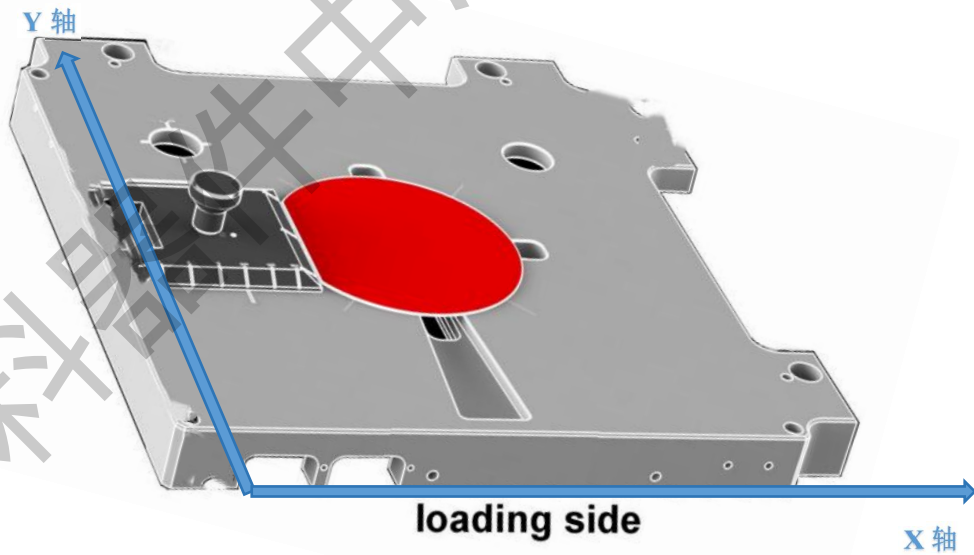


图 4-10 样品放置方式

步骤 4: 确认样品背面清洁后，将样品最平整的一边与样品架边缘对齐放置，打开真空开关旋钮，检查真空无误后，取下样品架（务必取下样品架否则会撞写头）。

上海科技大学材料器件中心工艺设备 SOP: 数字投影光刻系统 (Miscan)

步骤 5: 点击[Load(F11)/Unload(F12)]按钮或者 F11 快捷键, 选择 load 选项移进片。**注意:** 进片之前一定要确保镜头与样品台之间距离大于样品厚度 (推荐 2mm-10mm), 否则会撞镜头, 可通过调节聚焦粗调旋钮调节镜头与样品台距离。

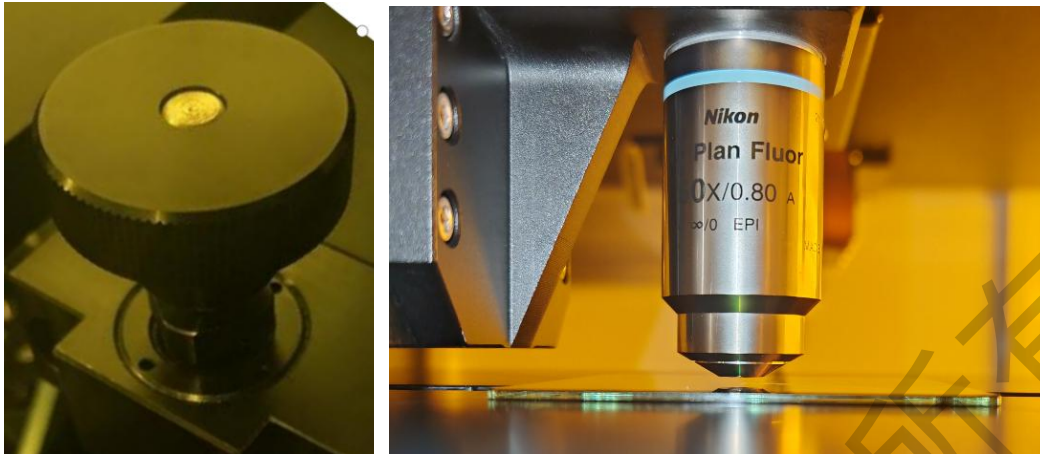


图 4-11 进片注意事项

步骤 6: 关闭照明, 关闭保护窗。

4) 平台操作与第一层 GDSII 图纸曝光起点位置。

步骤 1: 平台移动。Load 基片之后, 点击 Action 面板[Stage&Alignment]按钮或者按 F4 键进入平台操作界, 会出现样品台 Stage 控制界面, 如下图:

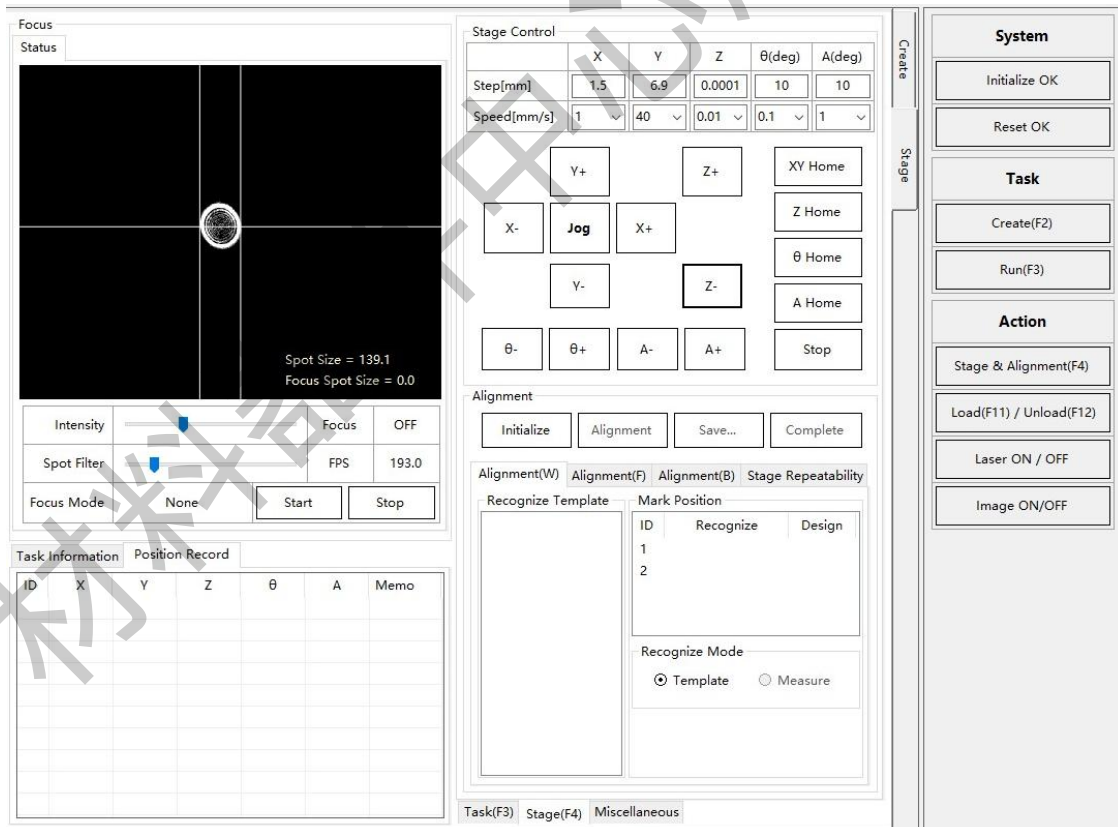


图 4-12 样品台 Stage 控制界面

步骤 2: 平台运动有 Step 模式与 Jog 模式。Step 模式下轴每次移动量为固定距离, Jog 模式下轴以设定速度自由运动直到停止。点击[Step]按钮在 Step 与 Jog 之前切换, 或者通过快捷指令 Alt+1 至 Alt+5

上海科技大学材料器件中心工艺设备 SOP: 数字投影光刻系统 (Miscan)

选择 Step 模式下不同移动距离, Ctrl+1 至 Ctrl+5 选择 Jog 模式下不同移动速度。[Home]按钮用于将轴快速回到零点位置, [Stop]按钮用于停止当前的运动。

步骤 3: 移动镜头 (镜头中心) 到基片曝光起始点位置 (一般为基片左下角), 通过切换大视野镜头 (F) 与写头 (W) 来实现。移动完成后镜头切回写头 (W) 镜头, 否则不曝光。

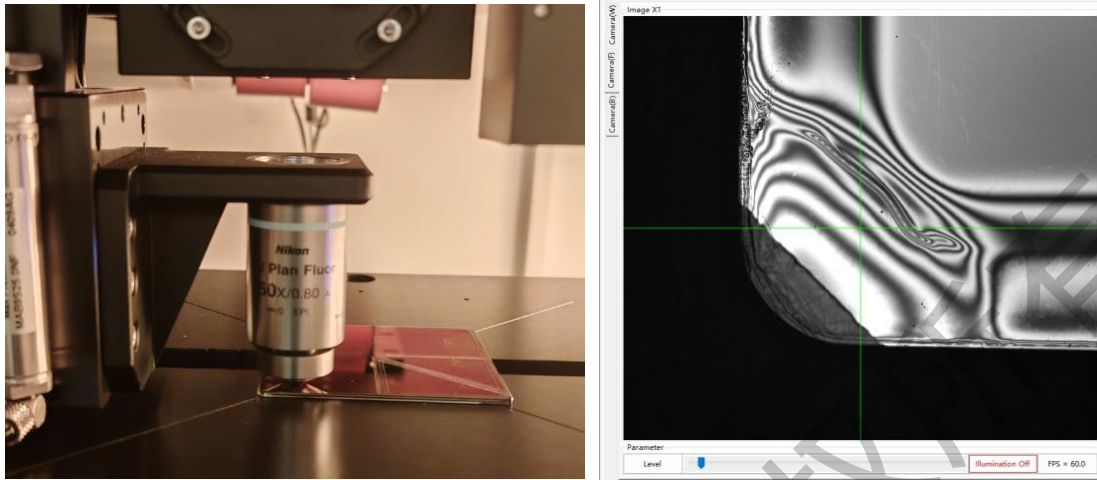


图 4-13 第一层 GDSII 图纸曝光起始位置

步骤 5: 通过聚焦粗调旋钮再次调节样品与镜头之间距离, 可以通过图 4-12 中光圈大小 (Spot Size) 判断, 50x 镜头一般为 140 (距基片上表面 2mm 左右), 20x 镜头一般为 316 (距基片上表面 10mm 左右)。

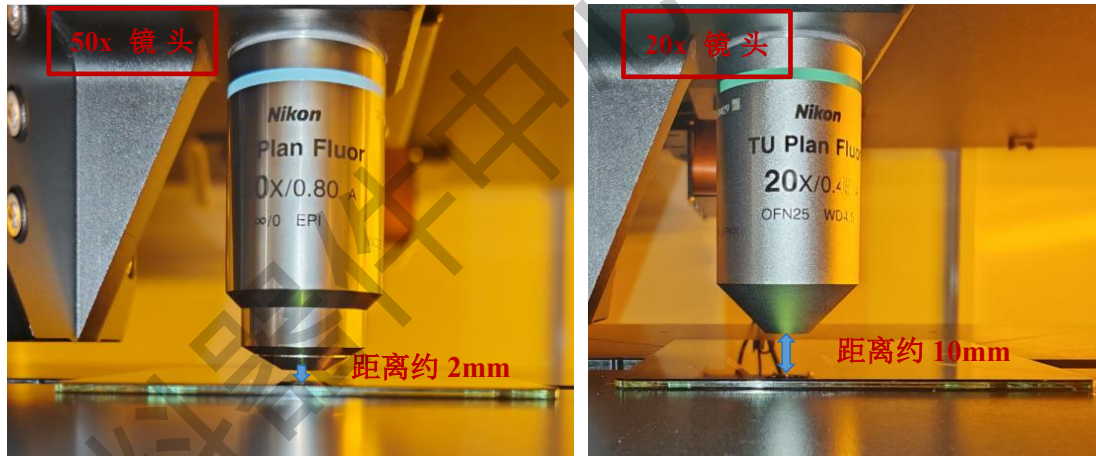


图 4-14 50x 与 20x 镜头距基片距离

5) 第一层 GDSII 图纸导入。

步骤 1: 点击右侧菜单栏 Task 下方[Create]按钮, 出现转换界面, Task Type 栏下会有 Array (阵列曝光)、GDSII、Band (灰度曝光) 三种模式, 如下图所示:

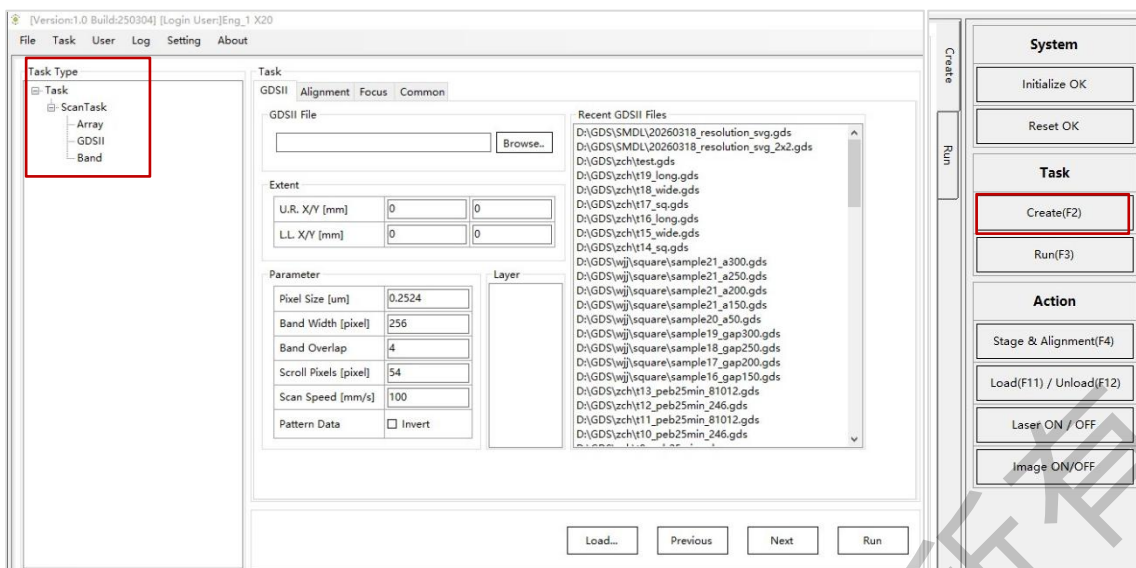
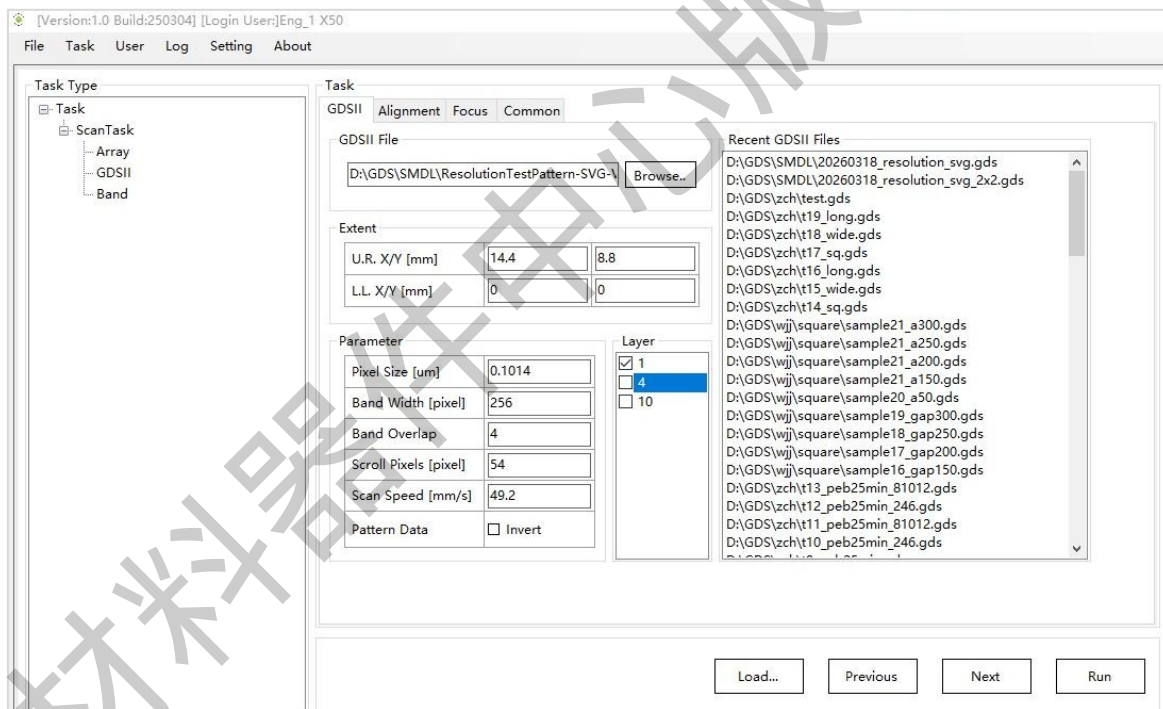


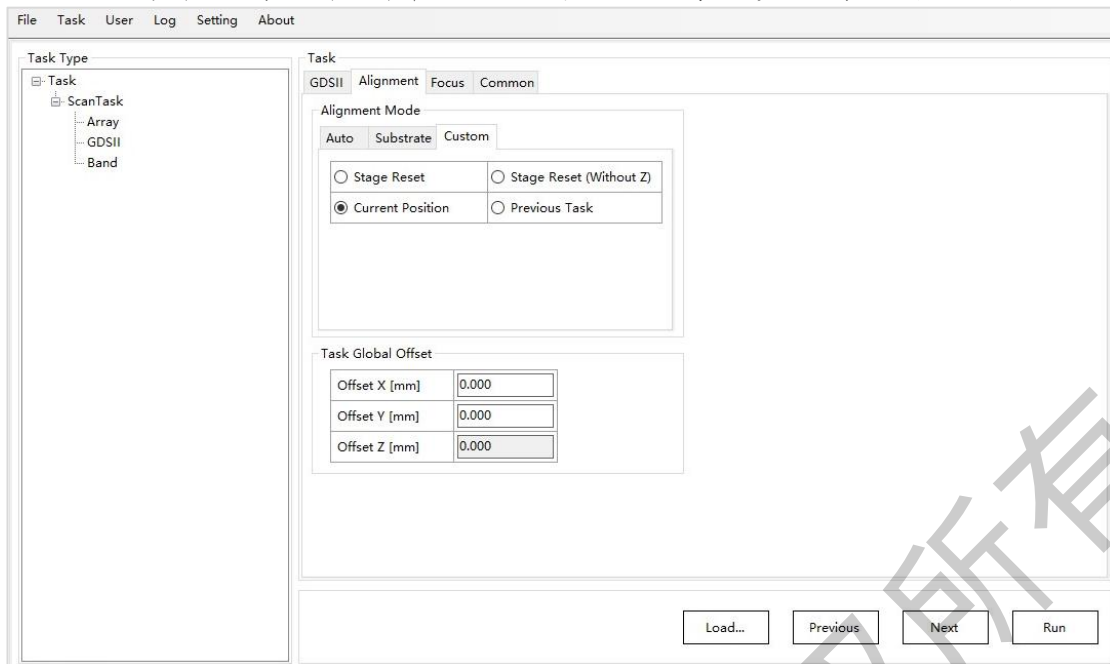
图 4-15 曝光模式

步骤 2: Task 栏下 GDSII 下点击 Browse，选择导入的文件。在 Layer 下选择需要曝光的图层，如需反转在 Invert 前勾选。参数设置，以 50 倍镜头为例 Pixel Size 固定 0.1014um，Band Width 固定 256，Band Overlap 固定 4，Scroll Pixels 固定 54（在保证质量前提下的最快速度）。



4-16 曝光参数设置

步骤 3: 点击 Next 进入 Alignment 栏下，选择 Current Position，即表示镜头中心所在的晶片位置。注意：本设备曝光都是从图纸左下角位置起曝，版图 (0,0) 位置不限制。



4-17 镜头当前位置选择

步骤 4: 点击 Next, 在 Focus 栏下任务可选择不聚焦、实时聚焦、Mapping、Mapping 叠加实时聚焦这几种聚焦方式。

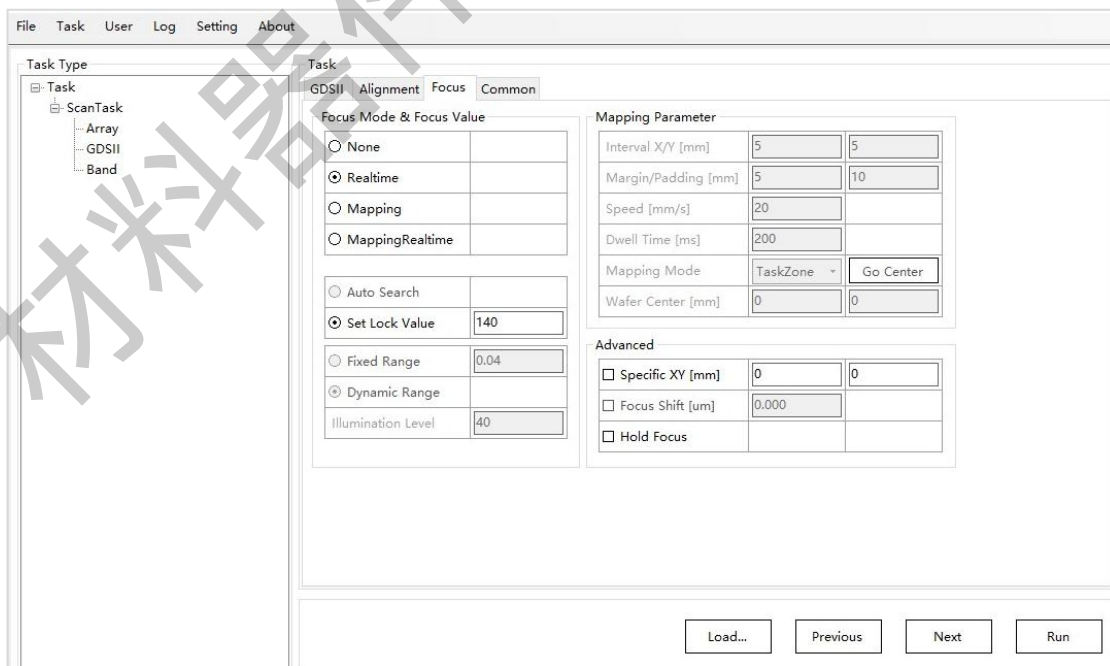
聚焦方式:

[None]: 不聚焦, 手动调节后不会自动变化。

[Realtime]: 通过实时锁定[Set lock Value]值实现焦距的实时锁定。

[Mapping]: 对基片的焦距变化进行预先测量并作 Mapping 映射校正。

[MappingRealtime]对基片的焦距变化进行预先测量并作 Mapping 映射校正, 光刻时继续叠加 Realtime 实时聚焦功能。



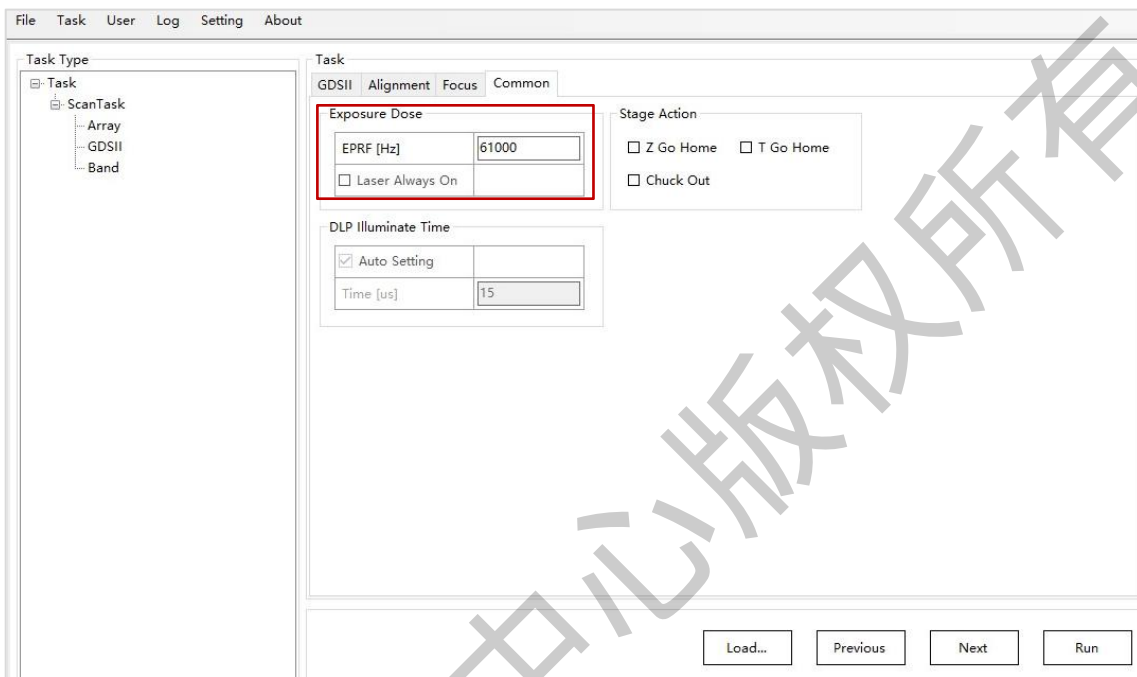
4-18 聚焦模式选择

上海科技大学材料器件中心工艺设备 SOP: 数字投影光刻系统 (Miscan)
焦距位置的确认有两个方式: 自动搜寻模式[Auto Search]与设定光斑大小模式[Set Lock Value]。

[Auto Search]模式在每个采样点通过图像清晰度确定准确的焦距位置。

[Set Lock Value]通过聚焦光斑的大小设定焦距。通常使用此设置。

步骤 5: 点击 Next,如下图所示, 本设备曝光剂量通过激光脉冲频率表示。打开剂量转换软件, 镜头选择 50X(4.0A), 搭接次数选择 80, 输入剂量, 例如 170mj/cm², 点击计算后就会输出频率, 在曝光软件脉冲频率栏中输入计算出的频率 61000(取整数), 此时脉冲频率对应的曝光剂量即为 170mj/cm²。再次点击 Next, 保存 Job 到 D 盘 Job 文件夹中。



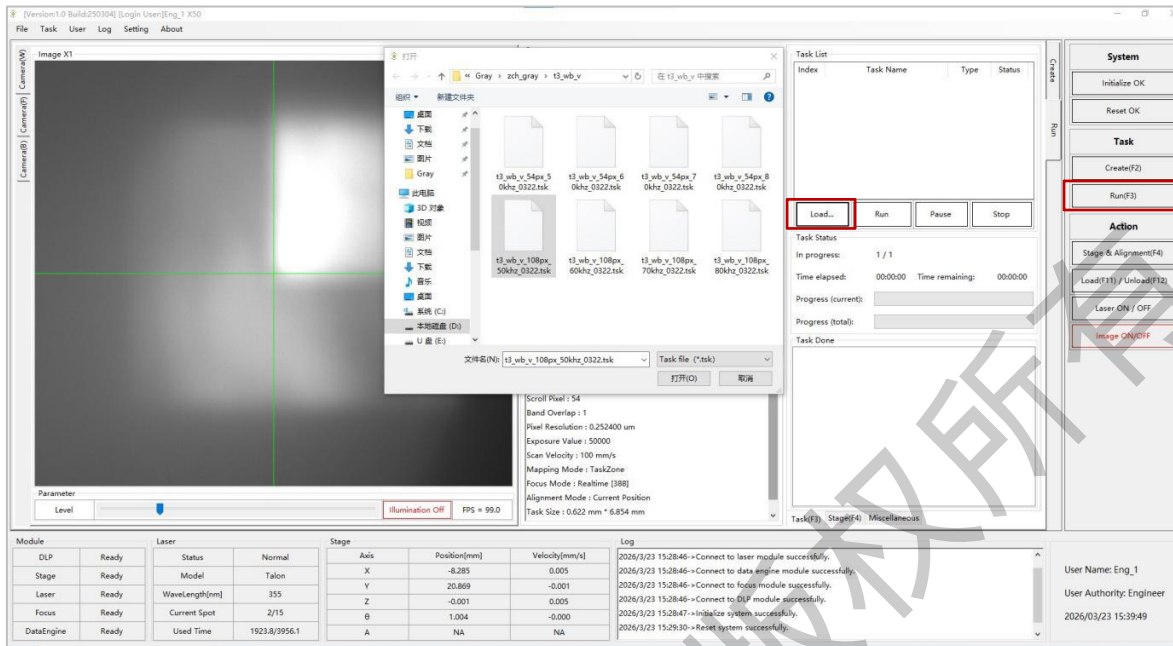
4-19 曝光剂量输入



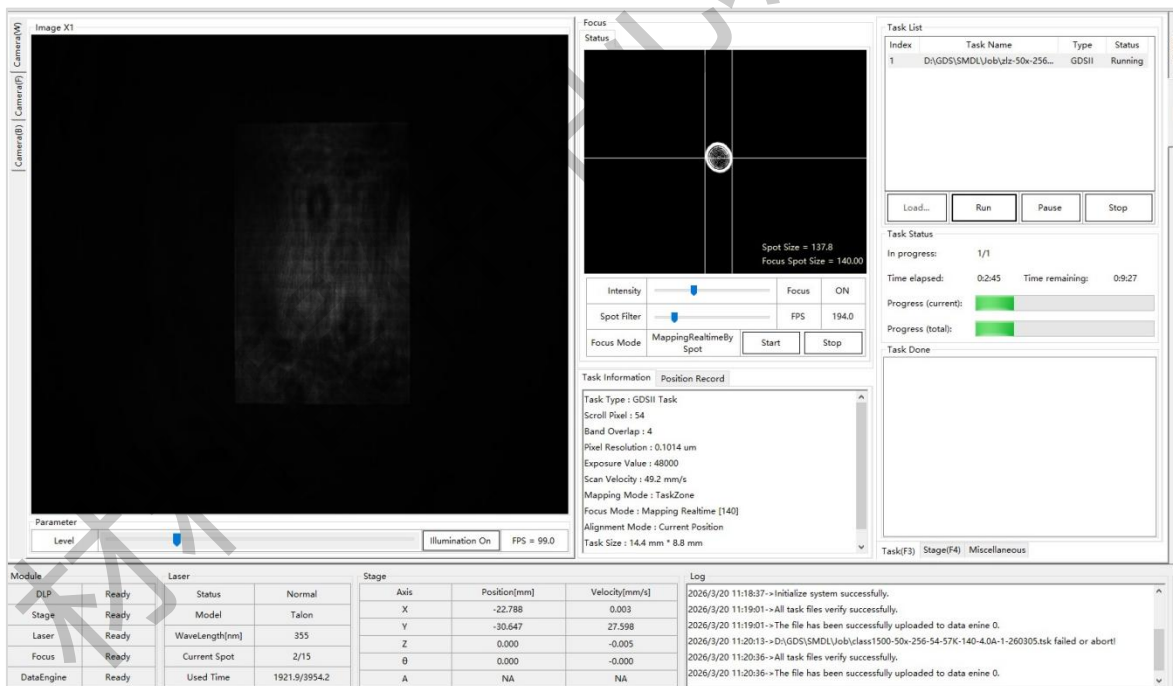
4-20 曝光剂量转换软件

6) 第一层 GDSII 图纸曝光。

点击右侧 Task 栏下 Run 按钮，在 Task List 中 Load 保存的 Job 文件，点击 Task List 下方 Run 按钮，设备开始曝光。如 Task List 中有多个任务会按顺序曝光，务必删除其它非曝光任务。



4-21 第一层 Job 文件 Load



4-22 第一层图纸曝光进程

7) GDSII 图纸套刻。

1.对准原理:自动对准分两步，第一步制作对准模板文件，第二步在制作任务文件[Alignment]选项中选择第一步制作的模板文件。对准模板文件用来告知自动对准程序在平台什么位置识别什么样的 Mark 图形。因此，每次放置含有 Mark 的基板时需要保证位置跟第一次制作模板时的位置不能有较大的偏差。

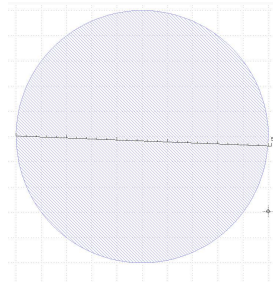
依据系统配置硬件不同, 设备支持以下三种对准方式:

Fine 精细对准: 利用高倍率直写镜头 (写头 W 镜头) 对准, 对准精度高, 但是识别视场小, 用于高精度对准。

Coarse 粗对准: 利用低倍率旁轴镜头 (大视野 F 镜头) 对准, 对准精度略低, 但识别视场大, 用于进行粗对准。

Backside 背面对准: 利用背部中倍率镜头 (B 镜头), 通过基片背部 Mark 对准, 用于基片正反两面图形对准。

2.前提条件: 在前层的设计图形上应加上用于对准的 Mark (50X 镜头建议用直径 50 um 圆), 并且知道具体的坐标位置。对准 Mark 的数量为 2 个且在同一水平线上。

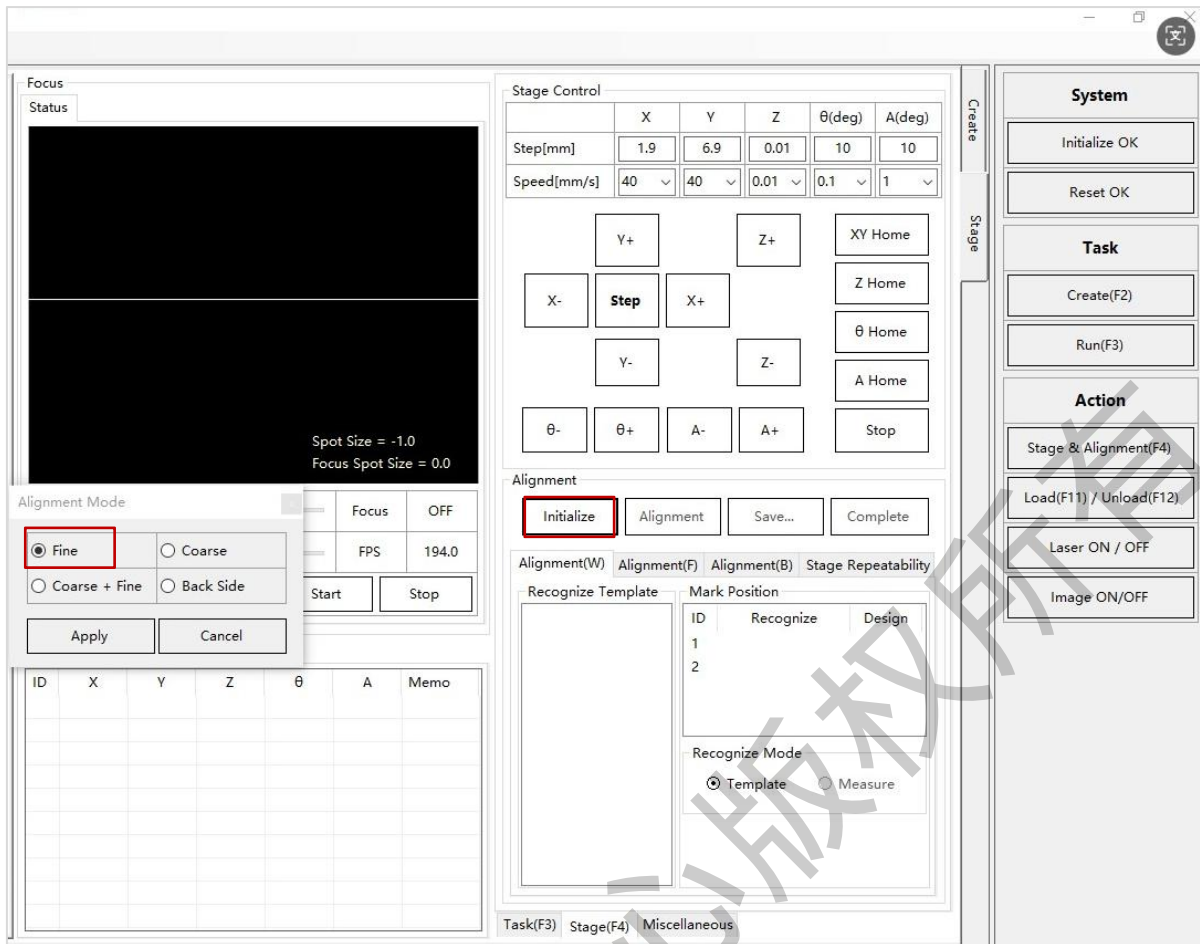


4-23 50x 镜头推荐直径 50um 圆

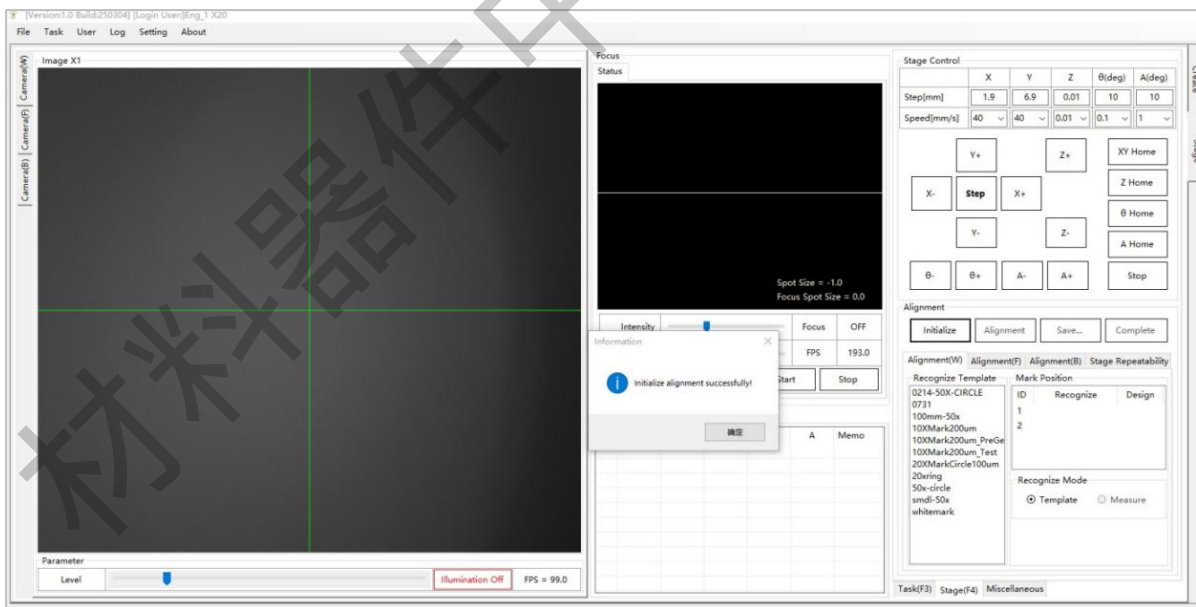
3.先按照基本操作程序, 完成第一层的 GDSII 文件曝光。完成工艺部分之后, 进行系统初始化, 然后将样品 Load 设备中。下面均以 50X 镜头为例进行说明。

4.导入第二层 GDSII 图纸: 同第一层 GDSII 图纸导入方法。

5.在[Alignment]对准页面点击[initialize]按钮, 进入对准流程, 点击不同[Alignment]页面可实现不同对准视场切换, 本设备正面对准选择 Fine 模式。

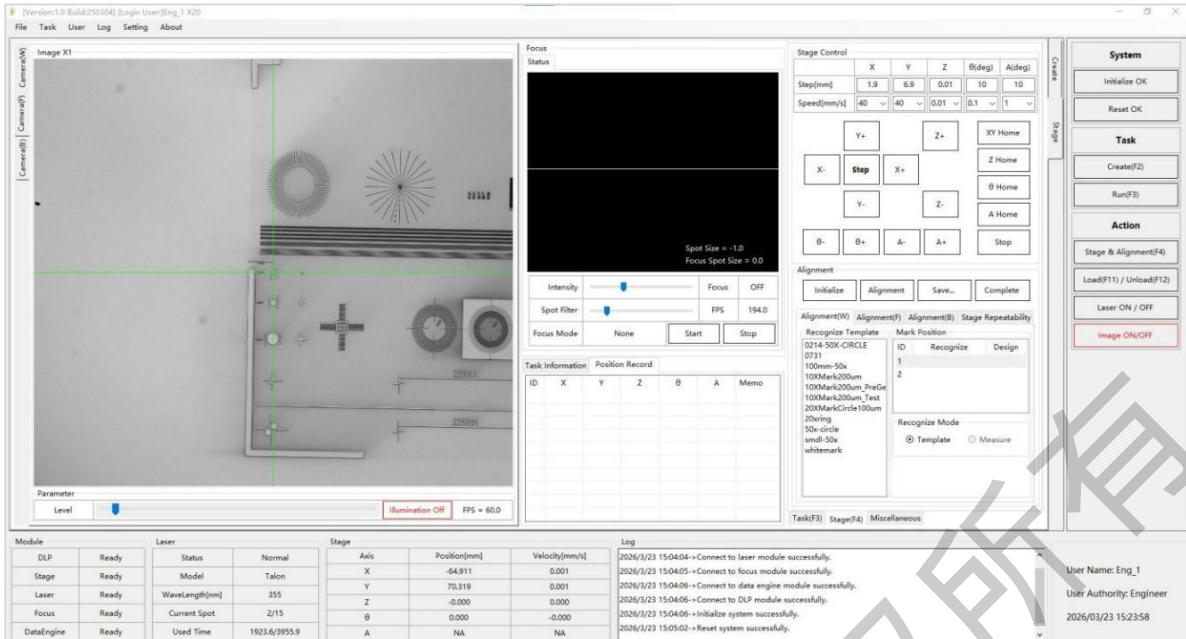


4-24 套刻初始化

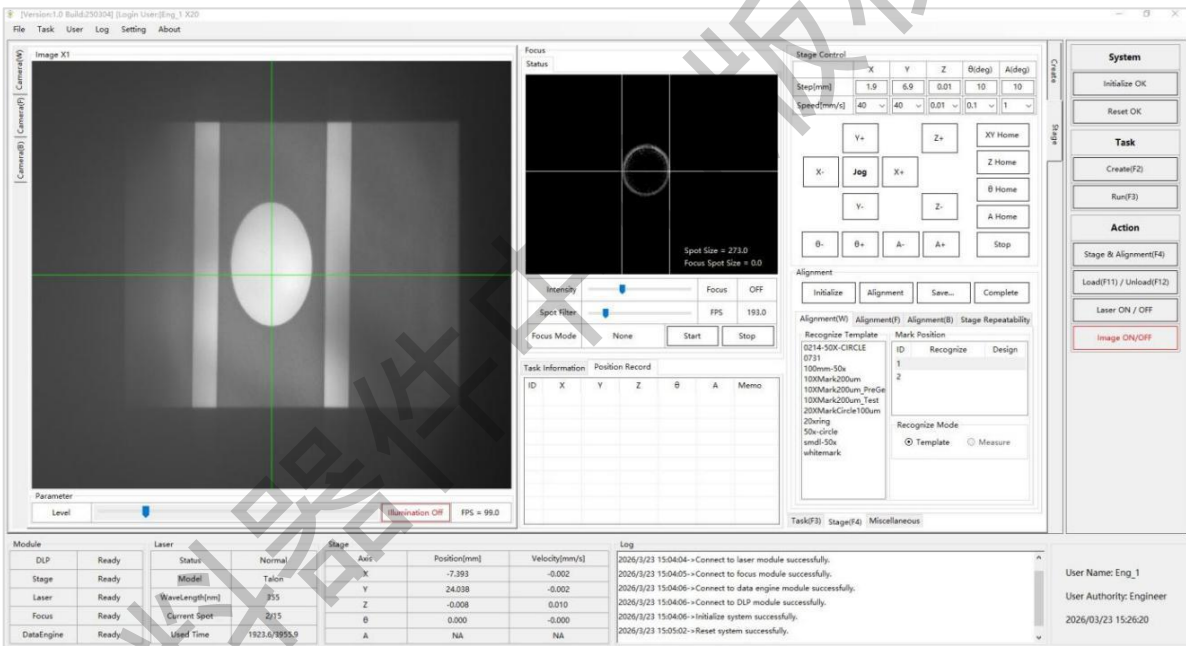


4-25 套刻初始化成功

5.1 以正面对准为例：切换到[Alignment(F)]页面，通过镜头切换及 Stage 控制移动载物台到左边 Mark 处（尽量居中）。



4-26 大视野寻找左侧 Mark

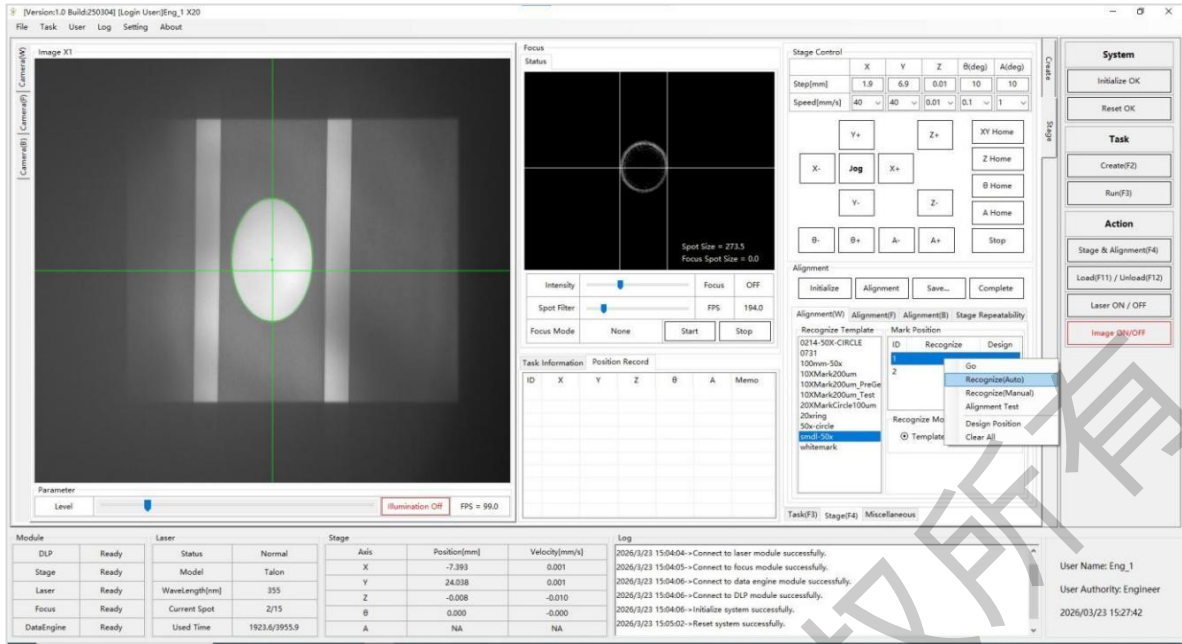


4-27 小视野寻找左侧 Mark

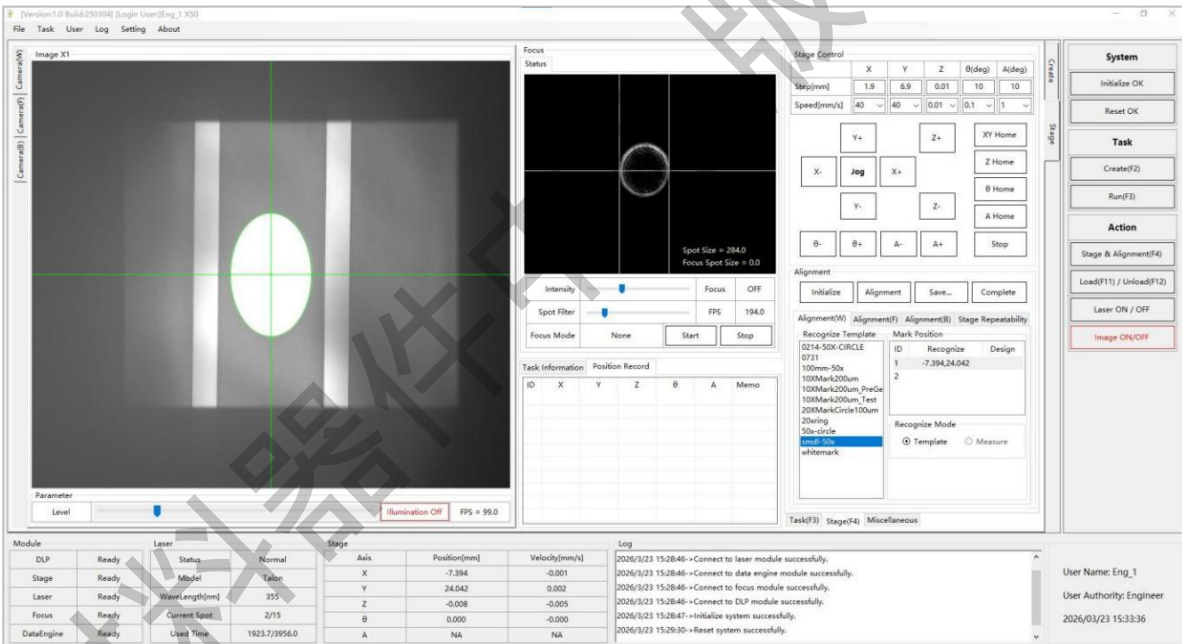
5.2 双击识别模版[smdl-50x]或者[50x-circle], 50um 圆会被绿圆框框住, 在[Mark Position]页面选中在 ID1, 点击右键选择[Recognize(Auto)]进行 Mark 识别, 建议识别两次, 程序完成 Mark 的识别并将

上海科技大学材料器件中心工艺设备 SOP: 数字投影光刻系统 (Miscan)

Mark 移动到 CCD 视场中心位置。如果未能自动识别成功,可点击[Recognize(Manual)]进行手动识别。

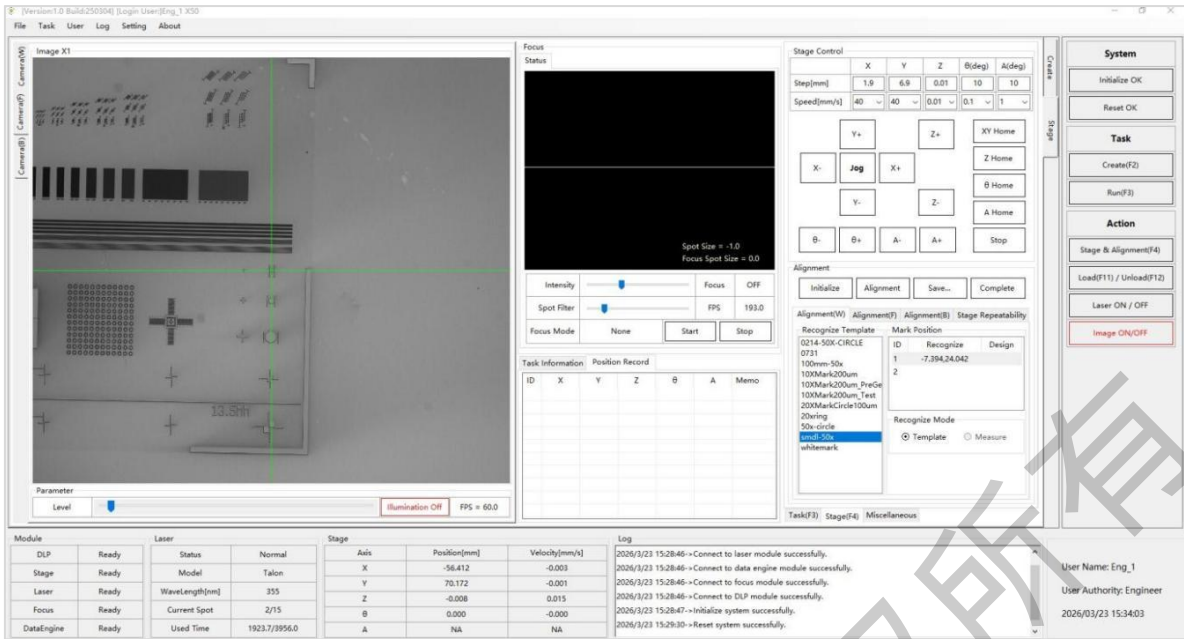


4-28 左侧 Mark 识别

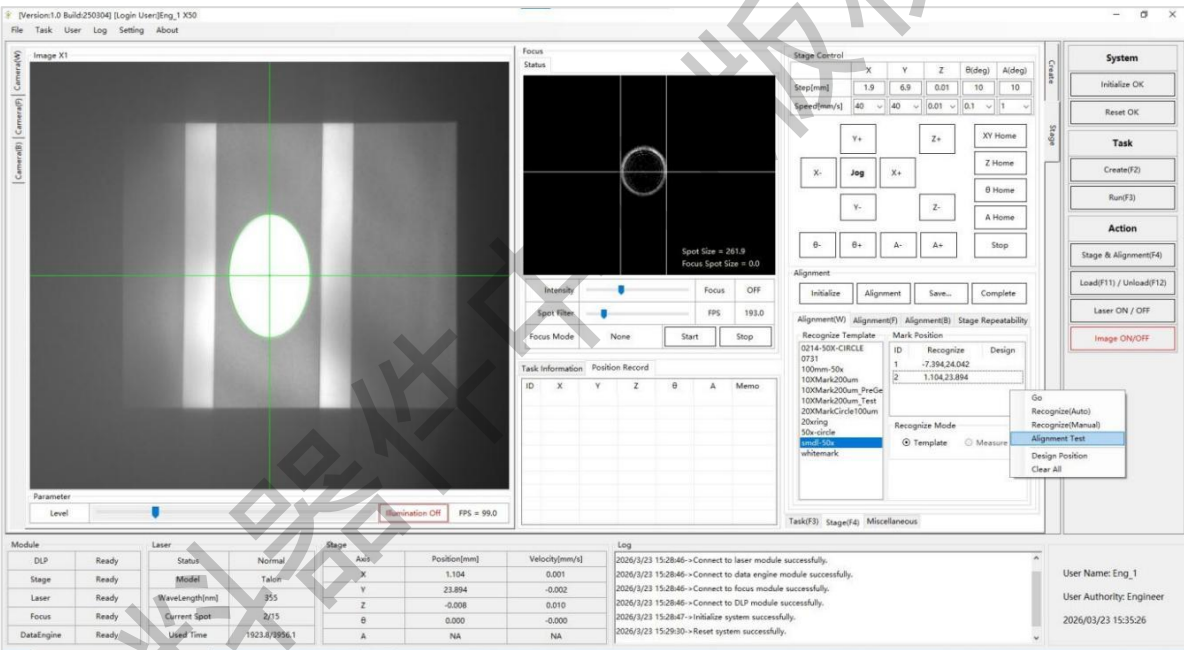


4-29 左侧 Mark 识别结束

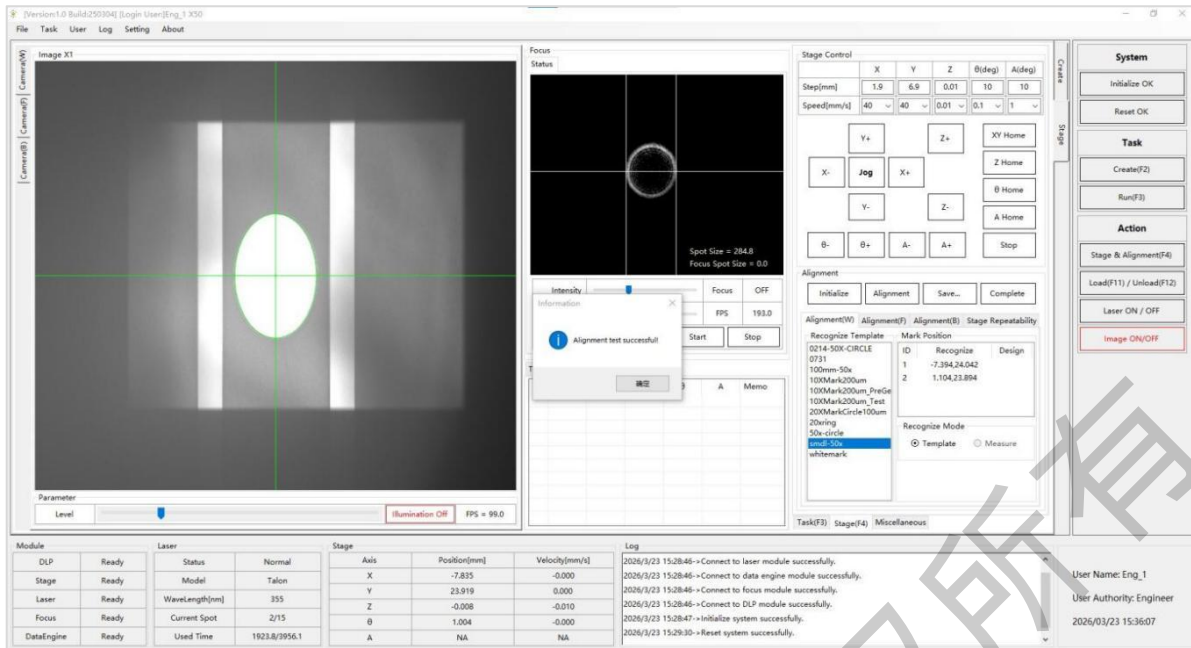
5.3 同样移动载物台到右边 Mark 处,对右边 Mark 进行识别。在完成两边 Mark 识别之后点击右键,选择[Alignment Test]程序对本模式对准流程进行测试,测试无误即完成本模式下的对准模板信息记录。



4-30 大视野寻找右侧 Mark

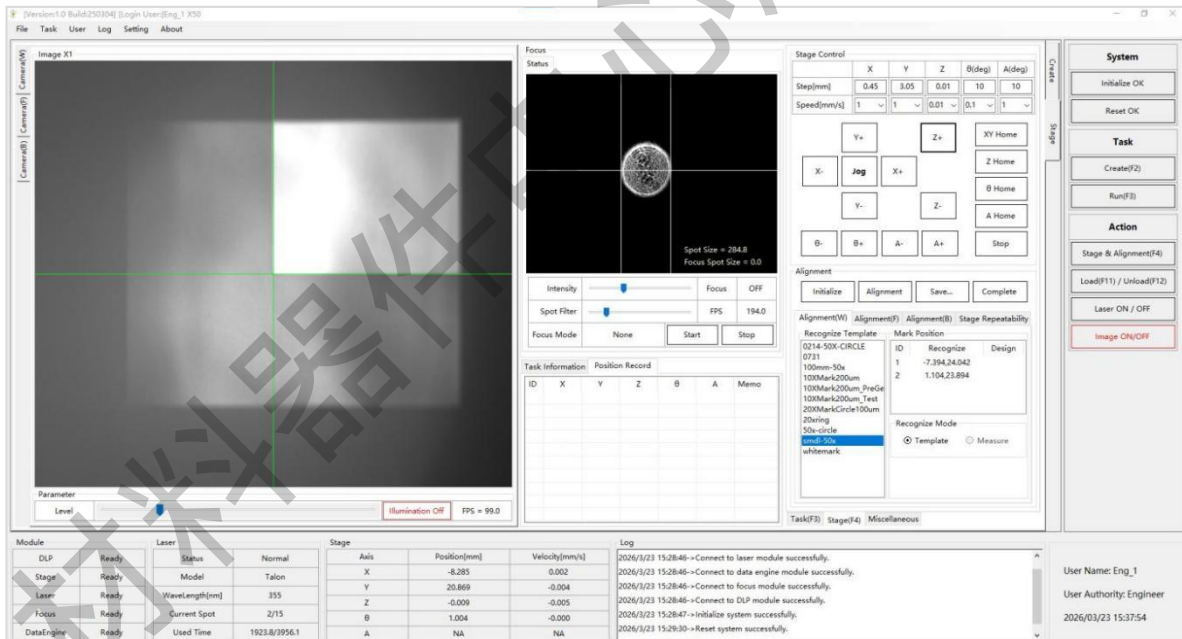


4-31 小视野识别右侧 Mark 并对准测试

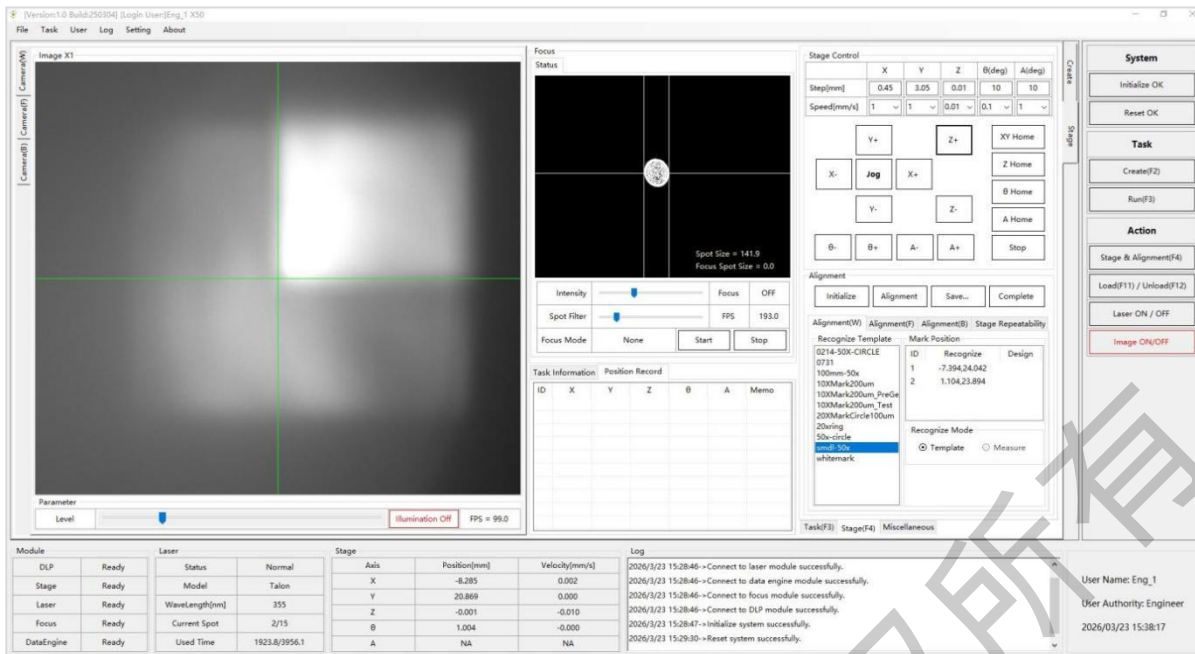


4-32 对准测试成功

5.4 第二层曝光起始点位置：Alignment Test 完成后，写头镜头中心默认在左侧 Mark 中心位置，移动写头镜头中心到基片曝光起始点位置（第一层图案左下角位置），Spot Size 调节到 140.0 左右，通过 Stage 控制界面来实现。



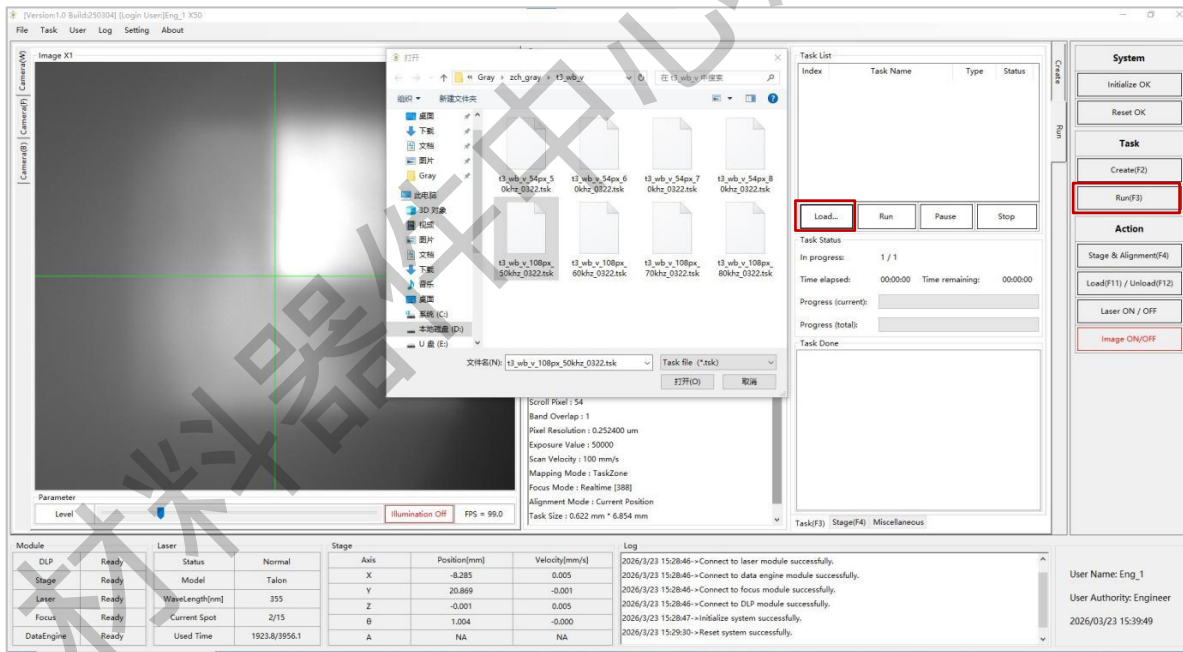
4-33 移动到起曝点位置



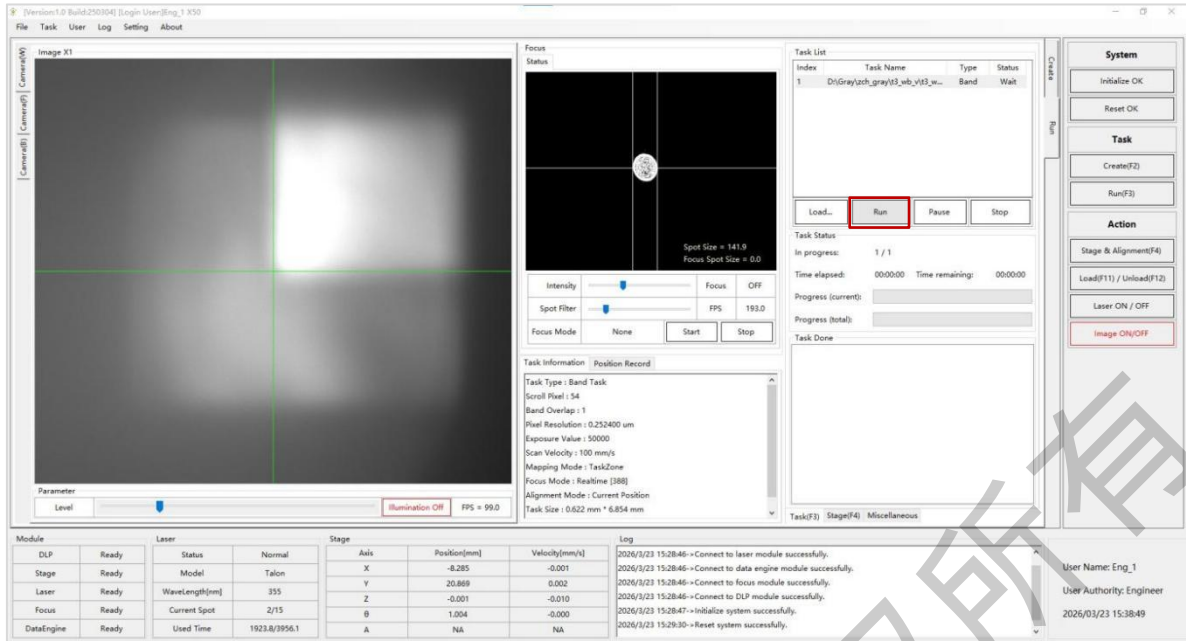
4-34 Spot Size 调整

5.5 第二层 GDSII 图纸曝光

点击右侧 Task 栏下 Run 按钮，在 Task List 中 Load 第二层 Job 文件（Task List 中若有其它文件务必删除），点击列表下方 Run 按钮，设备开始曝光。



4-35 第二层 Job 文件 load



4-36 第二层图纸曝光

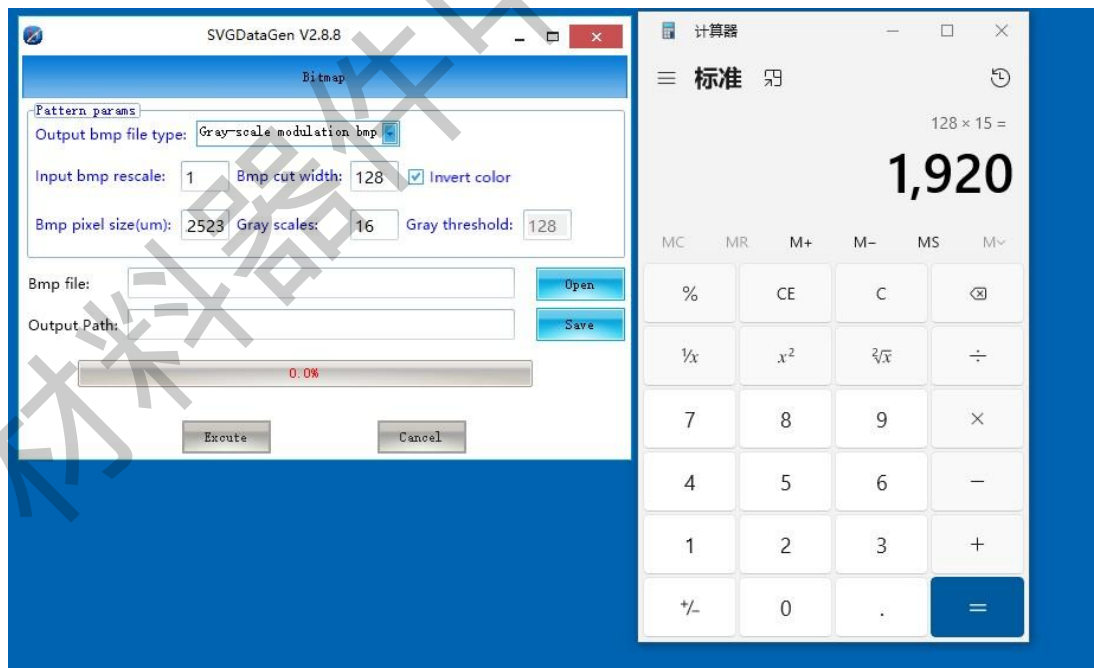
8) 灰度曝光 (Band 直写光刻) Band 直写光刻任务用于光刻预先处理好 Band 条带数据。

1. 图纸切图:

1.1 图纸需为 BMP 位图, 8 位图, 可最多支持 256 阶灰度, 可使用 Matlab、3Dmax 等软件绘图。

1.2 位图设计时 Design size 尽量为 pixel size 的整数倍。

1.3 将设计的 8 位图进行切图转换为光刻系统支持的数据, 切图需插入密码狗, 打开切图软件 SVGDataGen -2.8。



4-37 BMP 文件切图

1.3.1 Output bmp file type 选择为 Gray-scale modulation bmp 模式;

上海科技大学材料器件中心工艺设备 SOP: 数字投影光刻系统 (Miscan)

1.3.2 Input bmp rescale 放大倍率(整数倍), XY 同时放大, 一般选择为 1 倍; 在设计时需要考虑单个像素点的尺寸 Design size, 根据设备的分辨率 Pixel size 计算放大倍率 $rescale : rescale = Design\ size / Pixel\ size$ 。

1.3.3 Bmp cut width 切割宽度, 常用 128/64/32。X 方向的切割 (X 方向最大 1920P), Y 方向不切割直接用满 1080P。

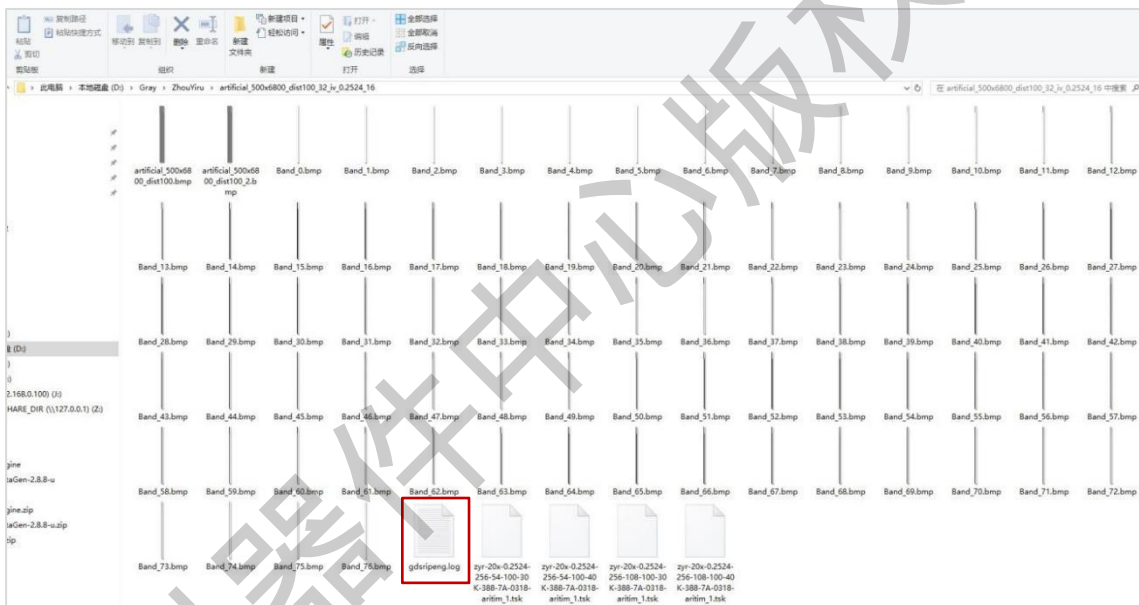
1.3.4 Bmp pixel size(单位 um), 输出文件的像素点尺寸, 以镜头为准, 常用 20X 镜头, 0.2523um。

1.3.5 Gray scales=灰阶数 (切割层数)+1, 常用灰阶数 (切割层数) 为 15/30/60, 对应 Gray scales 数值是 $15+1/30+1/60+1$ 。理论上可以做到 255 阶, 切割宽度*灰阶数 (切割层数) ≤ 1920 , 常用 1920, 也可以 < 1920 。

注: 此处灰阶数与 BMP 位图中的灰度不是同一概念!

1.3.7 设置输入的位图文件路径 Bmp file 及设置文件的输出目录 Output Path, 建议与 Bmp 位图同一个文件夹, 否则有可能出现曝光任务失败。

1.3.8 输出文件为 Band_%d.bmp 格式的单色位图 (%d 为从 0 到 N 的正整数) 及 gdsripeng.log 文件 (版图导入文件), 其中每个单色位图的宽度为 Bmp cut width * (Gray scales - 1)。

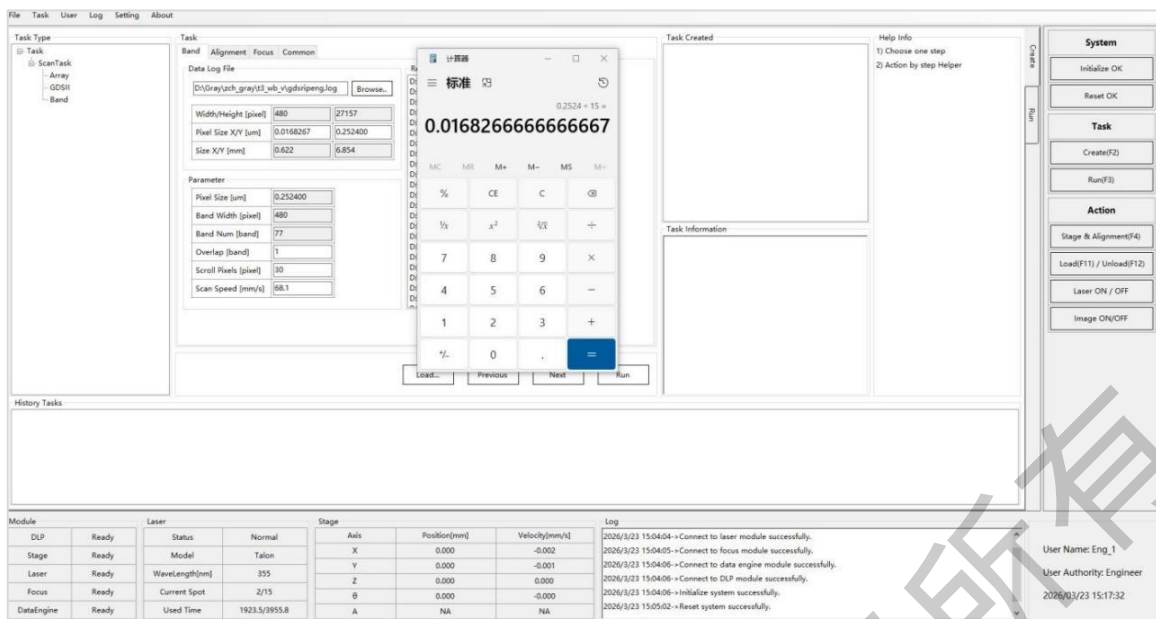


4-38 BMP 切图条带输出

注意: 原图 BMP 黑白像素与切图后条带黑白像素相反, 切图后的条带默认白像素为最大曝光量, 由白到黑曝光量递减 (即原图黑色为最大曝光量, 由黑到白曝光量递减), Invert color 指则反转曝光。

2.灰度曝光文件导入。

步骤 1: 选择 Band 任务, [Data Log File] 选择 Band 数据条带文件信息 (gdsripeng.log 文件)。



4-39 BMP 切图导入

步骤 2: 参数设置

[Width/Height] 单个单元条带的宽度与高度，单位：Pixel。

[Pixel Size X/Y] 生成 Band 条带数据时设定的数据转换分辨率，单位：um。X=镜头分辨率值/灰阶数，Y 不变。

[Size X/Y] Band 数据文件的幅面大小，单位：mm。

[Band Width] 单个单元条带的宽度，单位：Pixel。

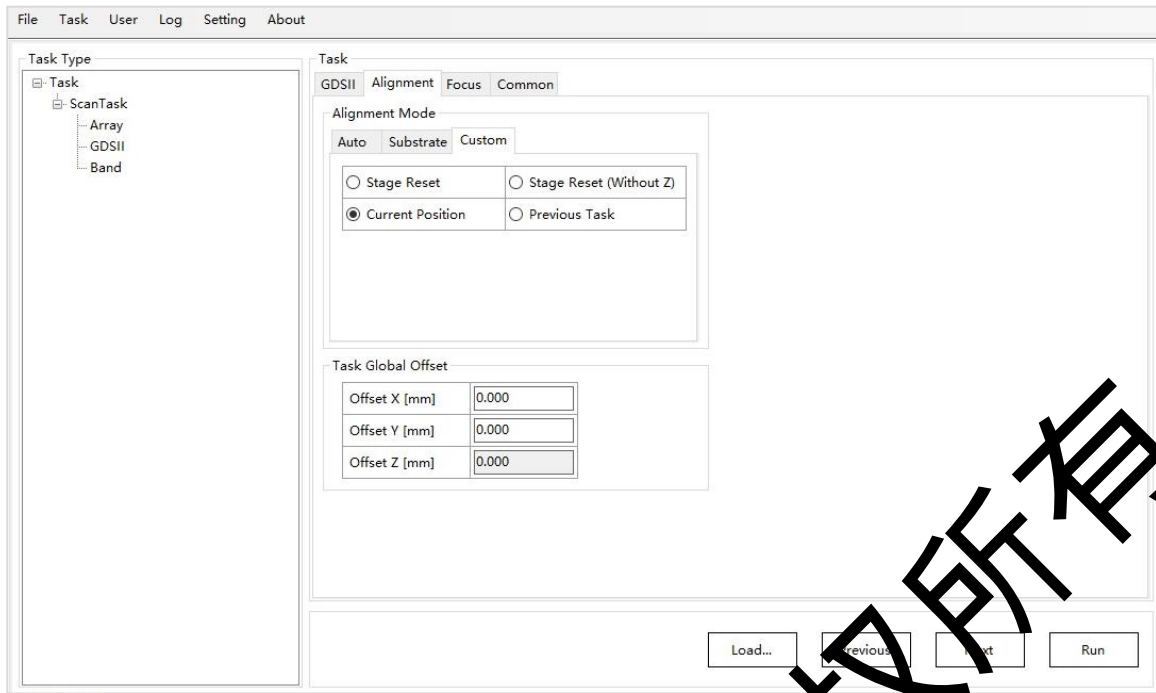
[Band Num] 单元条带的总数量。

[Overlap] 光刻 X 方向上拼接的单元条带数量，固定值：1。

[Scroll Pixel] 光刻条带在 Y 方向上每次移动的像素数，单位：像素，一般设置 30。

[Scan Speed] 光刻速度，单位：毫米/秒。提示：光刻速度软件会根据设置参数自动计算请勿随意修改。

步骤 3: 点击 Next 进入 Alignment 栏下，选择 Current Position，即表示镜头中心所在的基片位置。注意：本设备曝光都是从图纸左下角位置起曝，版图 (0,0) 位置不限制。



4-40 镜头当前位置选择

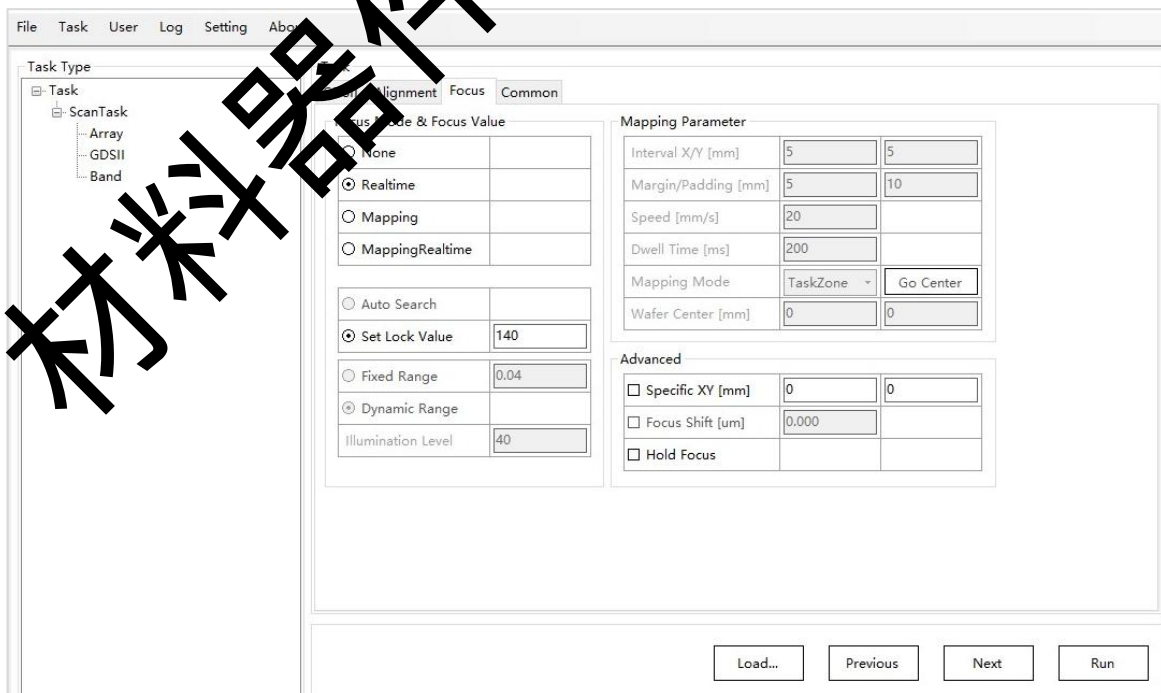
步骤 4: 点击 Next, 在 Focus 栏下任务可选择不聚焦、实时聚焦、Mapping、Mapping 叠加实时聚焦这几种聚焦方式。

[None]: 不聚焦, 手动调节后不会自动变化。

[Realtime]: 通过实时锁定[Set lock Value]值实现焦距的实时锁定。

[Mapping]: 对基片的焦距变化进行预先测量并作 Mapping 映射校正。

[MappingRealtime]对基片的焦距变化进行预先测量并作 Mapping 映射校正, 光刻时继续叠加 Realtime 实时聚焦功能。

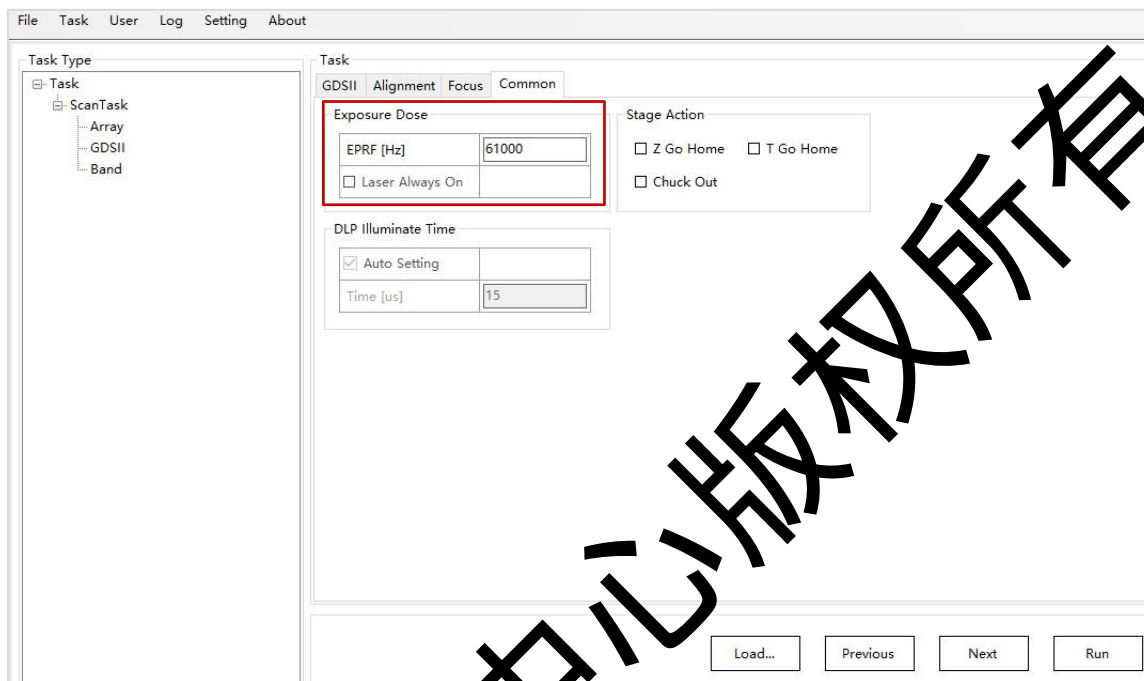


焦距位置的确认有两个方式: 自动搜寻模式[Auto Search]与设定光斑大小模式[Set Lock Value]。

[Auto Search]模式在每个采样点通过图像清晰度确定准确的焦距位置。

[Set Lock Value]通过聚焦光斑的大小设定焦距。通常使用此设置。

步骤 5: 点击 Next,如下图所示, 本设备曝光剂量通过激光脉冲频率表示。再次点击 Next, 保存 Job 到 D 盘 Job 文件夹中。



4.42 曝光剂量输入

3.样品放置、曝光起点位置: 同第一层 GDSII 曝光描述。

4.曝光方法: 同第一层 GDSII 图形曝光

5. 常见故障处理

表 5.1 常见故障一览表

常见故障	解决方案
Miscan 不执行曝光指令	<ul style="list-style-type: none"> ● 检查激光器是否处于打开状态。正常状态激光器出光口会有白色光斑 ● 确认晶体寿命。

上海科技大学材料器件中心工艺设备 SOP：数字投影光刻系统 (Miscan)

2	曝光过程中电脑死机。	<ul style="list-style-type: none"> ● 曝光过程中电脑负载过大会造成死机，需重启电脑。 ● 样品处理：如果样品尚未曝光，可以重新运行程序进行曝光 ● 如果样品已经完成曝光，可直接 Unload 样品； ● 如果样品部分曝光，则需要 Rework 样品。
3	曝光任务失败	<ul style="list-style-type: none"> ● 图纸问题，检查图纸。 ● 图纸转换设置问题，检查设置
4	激光水冷温度报错	<ul style="list-style-type: none"> ● 水冷机添加去离子水
5	压力不足	<ul style="list-style-type: none"> ● 检测空压机情况

6. 设备负责人及联系方式 (Tool Administrator & Contact Information)

中心工程师：王镜喆, wangjzh1@shanghaitech.edu.cn

7. 培训流程 (Training Procedure & Applicable Documents)

- 1) 本设备为 4 级设备，工程师培训+观摩工程师操作累 3 次后，考核通过者予以授权。
- 2) 联系中心相应的工程师预约培训或观摩时间，每次培训结束工程师在《SMDL 设备独立操作权限培训表》上签字。
- 3) 三次培训或者观摩后联系中心相应的工程师预约考核时间，考核通过者工程师在《SMDL 设备独立操作权限培训表》上签字。
- 4) 中心工程师/用户签署的《SMDL 设备独立操作权限培训表》开通使用权限。
- 5) 仪器培训通过后 6 个月未使用仪器，授权过期，需重新培训，考核通过后才能再次取得权限。

8. 违规处罚 (Violation & Penalty)

用户需严格遵守仪器设备的要求规范操作，一经发现违规行为（有摄像头监视以及不定期的巡检），中心将按照《量子器件中心用户纪律和违规处罚管理暂行办法》执行处罚措施。

9. 历史版本 (History Version)

Version	Date	Prepared by	Approved by
1	2025.11.04	王镜喆	宋艳汝
2	2026.05.30	王镜喆	宋艳汝