

# 电子束曝光操作概要

## (EBL, Electron Beam Lithography)

### 1、扫描电子束曝光系统简介

- Zeiss SUPRA 55 扫描电子显微镜
  - 热场发射电子枪：ZrO/W 灯丝；高分辨率：0.8nm@15kV，1.6nm@1k；
  - 放大倍数：12~1,000,000×；加速电压：0.02 ~30kV；
- EBL Raith ELPHY Quantum 图形发生器
  - 样片尺寸：最大为 20×20 mm；写场范围：0.5μm~1000μm；
  - 图形编辑：GDSII CAD 编辑模块，DXF、ASCII、CIF 等图形格式可读；
  - 高斯型圆形束斑，矢量扫描，剂量可调；

### 2、EBL 样品台

- 型号 1-MD195，通用样品台，如图 1 所示；
- Faraday Cup，法拉第杯，用于测定电子束流；
- Chessy 为一精工细作的微纳加工网格，用于对写场进行精细校准；
- 可放置样品尺寸最大为 20×20mm；

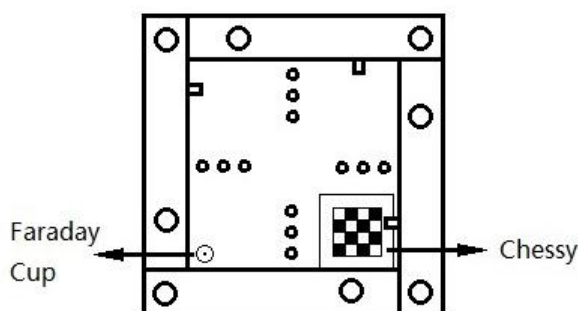


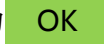


图 1 Universal Lithography Sample Holder

### 3、曝光图形编辑

- 在 EBL 电脑上打开 ELPHY Quantum 软件，在右侧 GDSII Database 点击 ，新建 XXX.csf 数据库文件，在下方空白处右键单击，选择  New...，新建图形文件；
- 从主菜单栏 View 处调出 Toolbox，进行图形编辑，编辑工具包含点、线、面、矩形、多边形、圆形、文字等，选择所绘制图形，右键 Properties 进行图形坐标点编辑；
- 编辑完成后保存图形，关闭软件。

### 4、样片传入及 EBL 系统连接

- 将准备好的样片置于 EBL 专用样品台上，传入扫描电镜样品室。注意：衬底为绝缘体或导电性差时需要先进行喷金镀膜；
- SEM side：确认外部控制器调到 ELPHY 档位，确认内部通信软件 RemCon32-COM2 通道正常通信；
- EBL side：打开 ELPHY Quantum 软件，确认软件右下角为  状态，调出曝光图形。

## 5、定义坐标系，高倍聚焦

### ➤ SEM side:

- 设定 Z 值 40mm，加速电压 EHT=10kV (0-30kV 可选)，光阑尺寸 10 $\mu$ m (7-120 $\mu$ m, 7 孔可选)，Beam Shift 归零，EHT on;
- 从主菜单栏 View 处调出 Crosshairs 米字格，将样片右上角定点位置聚焦、居中。注意：EBL 操作过程中不可使用快捷键居中，如需使用须调节居中操作参数;


### ➤ EBL side:

- 单击 Adjustments 图标 ，Stage Control > > Length > > mm, Base > > XY, Position > > absolute;
- Adjust UV (Global) > > Origin Correction > > Set current UV position to U:  V: ，单击 ，设置当前(x, y)坐标为(u, v)坐标系原点;
- Adjust UV (Global) > > Angle Correction > > P1 点，单击 ，读取 P1 点(x, y)坐标，即 P1 点为(u, v)坐标系原点;

### ➤ SEM side:

- 将样片左上角定点位置聚焦、居中。

### ➤ EBL side:

- Adjust UV (Global) > > Angle Correction > > P2 点，单击 ，读取 P2 点坐标，单击  ;
- 复杂多层图案多次曝光需要精确定位图案位置，需要读取 Adjust UV (Local) > > 3-Points。

### ➤ SEM side:

- 在样片角落处寻找脏质点，高倍聚焦，一般放大倍数 > 20k，图像清晰。

## 6、写场设定及校准

### ➤ EBL side:

- 单击 Writefield Control 图标 ，新建或选择适用写场 (0.5-1000 $\mu$ m)，右键单击，选择 ，设定写场。
- 单击 Adjustments 图标 ，Stage Control > > Positions > > Chessy > > Go;

### ➤ SEM side:

- 将米字格中心点置于 10 $\times$ 10 方格中心点 (期间不可调节);

### ➤ EBL side:

- Scan Manager > > Writefield Alignment Procedures > > Manual，选择相应写场尺寸，右键单击，选择  可以更改校准参数，右键单击，选择 ，开始校准写场;
- 在软件界面出现 SEM 图像，校准四节点位置 (Ctrl+鼠标左键移动中心十字)，调节完成后单击  重复三次，完成四点校准，单击 ;

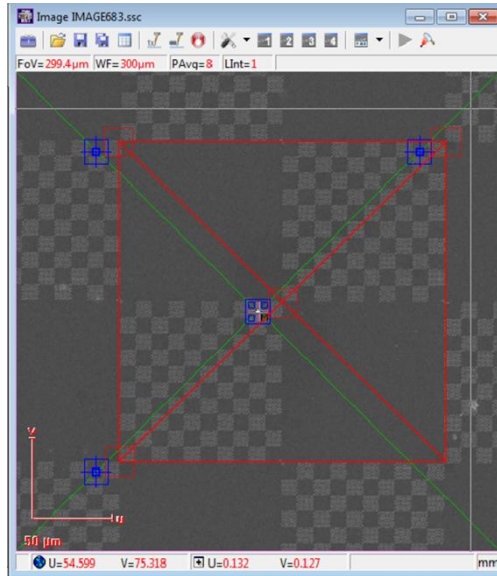




图2 写场校准示意图，移动蓝色四节点至棋盘格点

- 单击 Writefield Control 图标 ，Writefield Manager >> 单击 ，保存校准结果。

## 7、束流测定



### ➤ EBL side:

- 单击 Adjustments 图标 ，Stage Control >> Positions >> Faraday Cup >> Go;




### ➤ SEM side:




- 将米字格中心点置于法拉第杯圆孔正中心，放大倍数 > 10k;
- Specimen Current Monitor >> SCM on >> Spot，观察束流值 Specimen I 数值稳定后，记录束流值（单位为 pA）;
- Specimen Current Monitor >> Spot >> SCM on;

## 8、曝光参数设置（EBL side）





- 单击 Writefield Control 图标 ，选择写场，右键单击，选择 ，设定写场。

### ➤ Patterning Parameter Calculation

- 单击 Patterning 图标 ，Patterning Parameter >> 单击 Calculation ;
- 在 Patterning Parameter Calculation 弹框中，输入 Beam Current 束流值（注意单位为 nA）;
- Area 栏：输入 Area Step Size 数值、Area Dose 数值，计算 Area Dwell Time（单击后方相应 ），Area 栏红字消失；
- Curved Elements 栏：同上根据曝光要求设置，Curved Elements 栏红字消失；
- Lines 栏：输入相应 Line Step Size 数值、Line Dwell Time 数值，计算 Line Dose，Lines 栏红字消失；
- Dots 栏：输入相应 Dot Dwell Time 数值，计算 Dot Dose，Dots 栏红字消失；

- Patterning Details（一般采用默认设置）
- Patterning Parameter >> 单击 Enhanced parameter settings ，在 Patterning Details 弹框中，设置 Loops、Area Mode、Settling Time、Advanced Details、Drift Compensation、Visualization 等参数。
- 单击 Writefield Control 图标 ，选择写场，右键单击，选择  Set，再次设定写场。

## 9、曝光（EBL side）

- 单击主菜单栏 File >> New positionlist，新建曝光清单；
- 单击 Design 图标 ，将需曝光图形拖入 Positionlist 弹框，输入写场原点数值(U, V)、选择曝光图层 Layer、核对写场尺寸等；
- 查看曝光参数：右键单击，选择 Properties，Patterning Properties 弹框 >> Patterning Parameter，核对曝光参数，输入 Dose Factor 数值，单击 Times，查看曝光总时长，核对完成后关闭弹框；
- 保存曝光清单，关闭软件；
- 重新打开软件，单击主菜单栏 File >> Open positionlist，打开之前保存的曝光清单；
- 查看软件界面右下角是否处于 **OK** 状态，选中清单中需曝光图案，右键单击，选择  Scan，开始曝光；
- 曝光时查看曝光位置是否正确，SEM 界面图像应处于黑屏状态；
- 曝光结束后，单击 Adjustments 图标 ，Adjust UV (Global) >> Angle Correction >> P1 点，单击 ，使样品台回到样片右上角原点。
- 如需继续曝光则重复上述步骤。

## 10、结束操作

- SEM side:
  - EHT off，取出样品台；
  - 在主菜单栏 View 处关闭 Crosshairs 米字格；
  - 光阑尺寸调回 30 $\mu$ m；
- 显影、定影操作；
- SEM 观察曝光图形；
- 全部完成后，关闭 EBL 电脑，外部控制器调回 EDS 档位，确认内部通信软件 RemCon32-COM3 通道正常通信。

## 11、萨本栋微纳院 EBL 预约须知

登录我院网站，进入平台预约系统，注册用户（导师需先进行注册），进入测试>>SUPRA 55 场发射扫描电镜>>选择预约时段>>备注 EBL，备注尽量详细，可包含电子束胶种类、厚度、面曝光剂量、图形尺寸等参数。正常选择委托操作或设备培训（工作日 8:30-17:30），经管理老师认可后方可预约独立操作。