



TL-EHD

电流体动力 微纳打印机

可编程电场驱动的
微米级精细喷印与直写

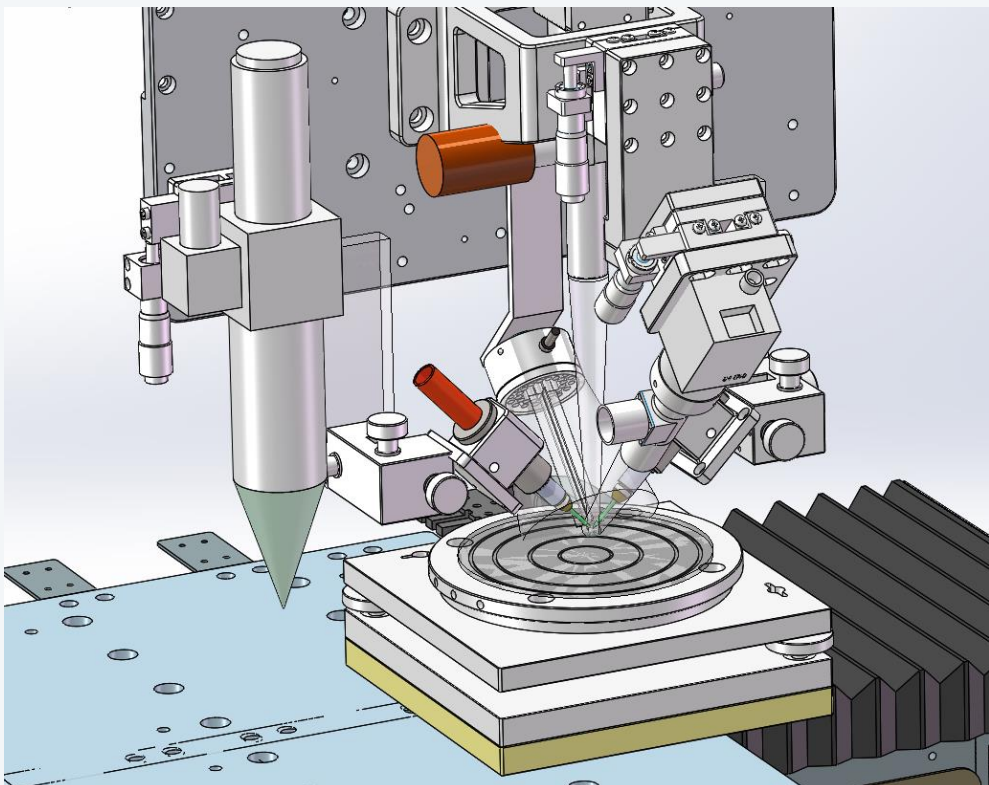
Electrohydrodynamic Jet Printing

深圳市通力微纳科技有限公司



精细喷印与过程控制的一体化平台

让微米级点、线与多层图形的工艺开发更直观



1–45 μm 点、线 / 实际尺寸取决于材料与工艺

可编程电场

设定电压波形，调节液滴喷出与沉积。

视觉与运动协同

四路相机观察，配合闭环运动控制。

图形直接转为打印路径

支持导入、绘制与参数化编辑。

近距离液滴喷印

TL-EHD 以微小液滴直接成点，通过密集落点搭接形成复杂图案

微小接收间隙

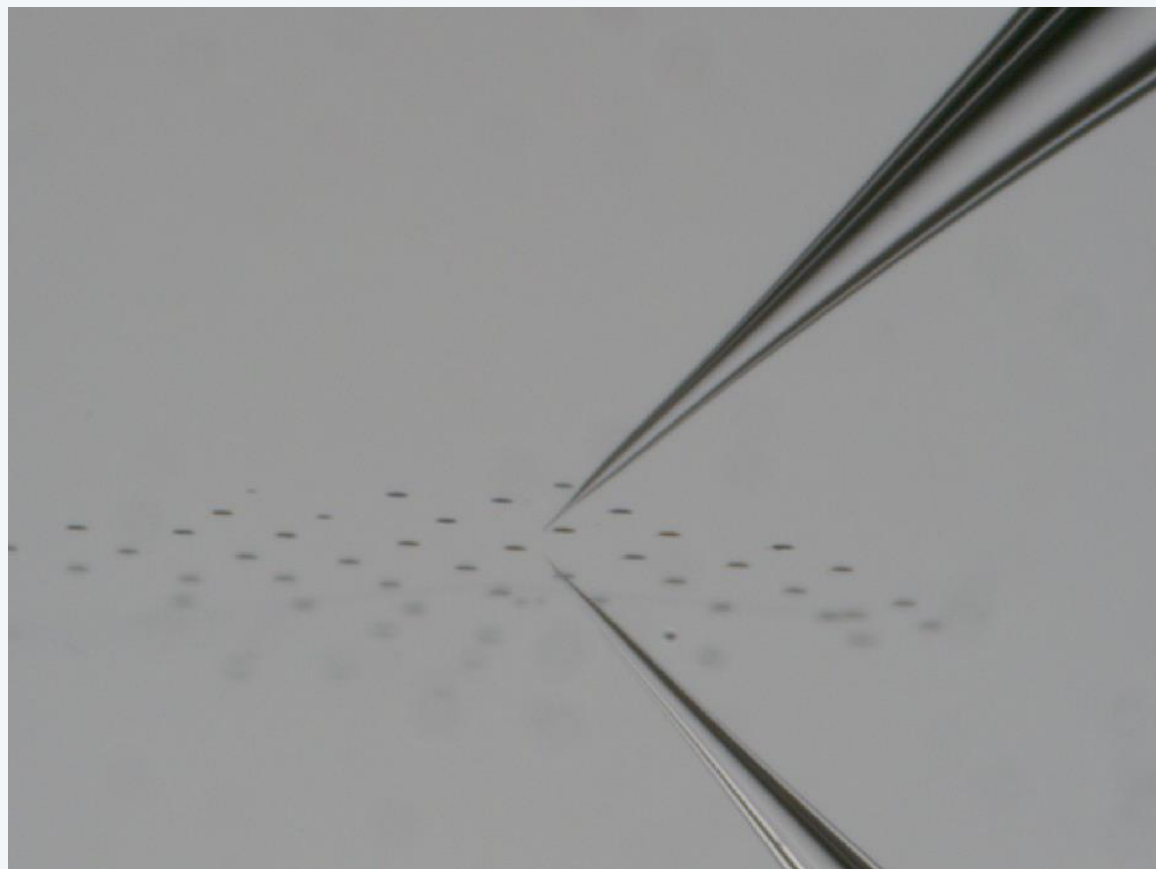
喷嘴至接收板距离小（几十~几百微米），
针尖贴近板面进行喷印。

液滴直接成点

电场驱动微小液滴喷出，
在设定位置沉积成点。

密集落点成线

运动与喷印同步，沿路径密集落点，
相邻液滴搭接形成复杂图案。

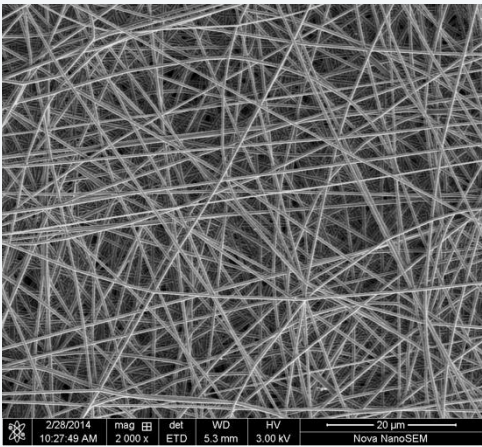


三类电场驱动工艺的区别

TL-EHD 聚焦点、线图形喷印与微结构构建

静电纺丝

Electrospinning

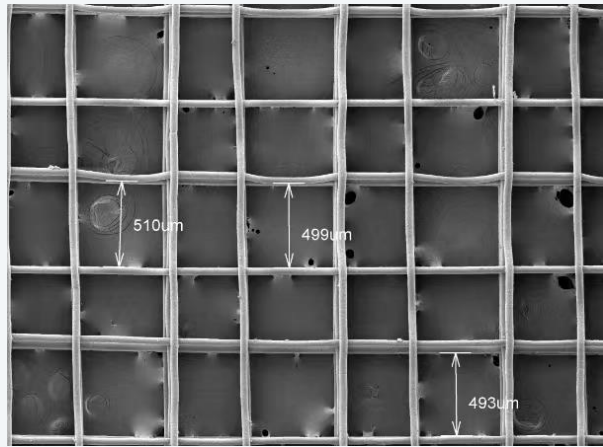


形成纤维膜

多纤维沉积，纤维直径通常为 100–1000 nm。

静电直写

Electrostatic Direct Writing



构建有序纤维结构

单根纤维定向直写，可逐层堆积溶液或熔体纤维。

电流体动力喷印

EHD Jet Printing



精细点、线与图案

液滴直接成点，密集落点成线，组合形成复杂微米级图形。

面向调试与扩展的整机结构

多面开门机箱、大理石平台与双显示器工作站

四面可开启

便于装样、维护及功能扩展。

大理石基座

搭配高精度多轴运动系统。

双大屏显示

显示运动、四路相机、波形与反馈界面。



设备尺寸 1613 × 908 × 724 mm / 整机重量约 500 kg

X-Y-Z-K 四轴闭环运动

独立列示各轴行程、速度与精度，便于按任务选型

运动轴	行程	最大速度	原资料精度指标
X 轴	>180 mm	200 mm/s	重复定位 $\pm 1.5\ \mu\text{m}$
Y 轴	>180 mm	200 mm/s	重复定位 $\pm 1.5\ \mu\text{m}$
Z 轴	>80 mm	20 mm/s	定位精度 100 nm

X、Y、K 轴采用直线电机，Z 轴采用旋转伺服电机。

闭环控制配合运动同步，兼顾静态定位与路径运行。

100 nm 与 $\pm 1.5\ \mu\text{m}$ 为机械定位精度，实际打印定位精度取决于材料与实际工艺。

可调高压与稳定电场输出

以电场控制作为喷印过程的动力基础

0—2000 V

高压输出范围

0—10 mA

输出电流，连续可调

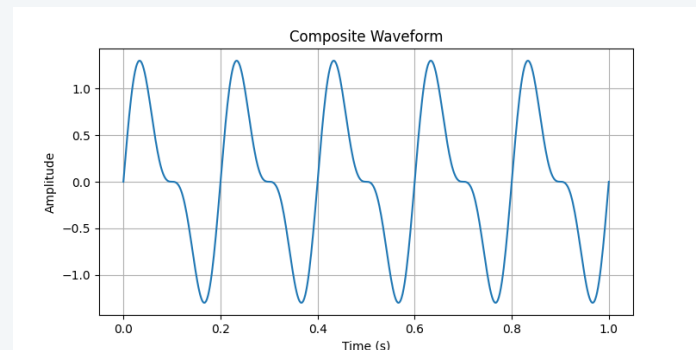
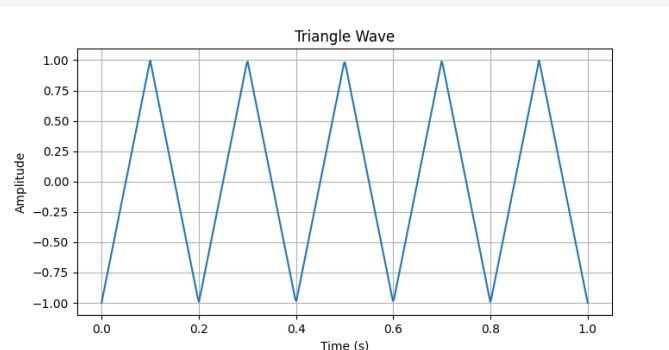
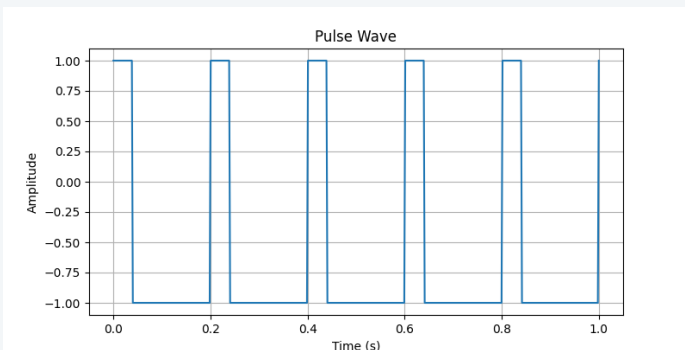
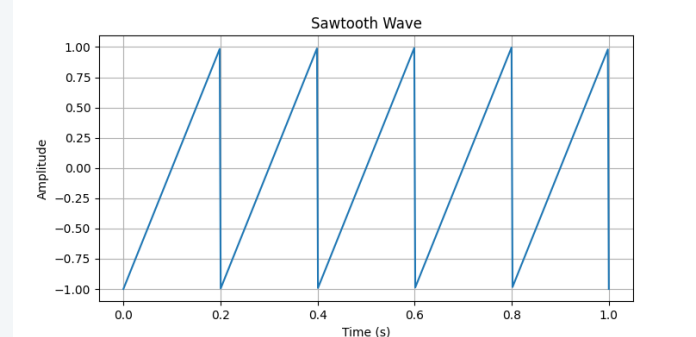
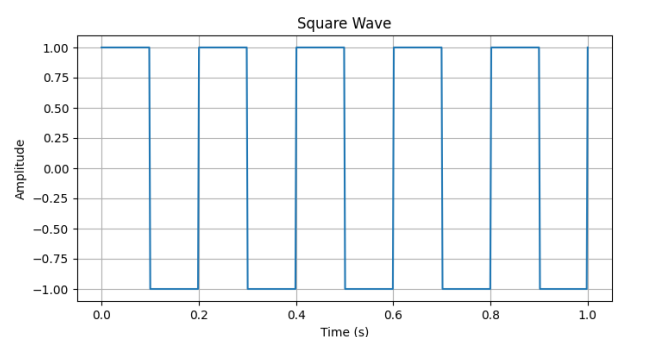
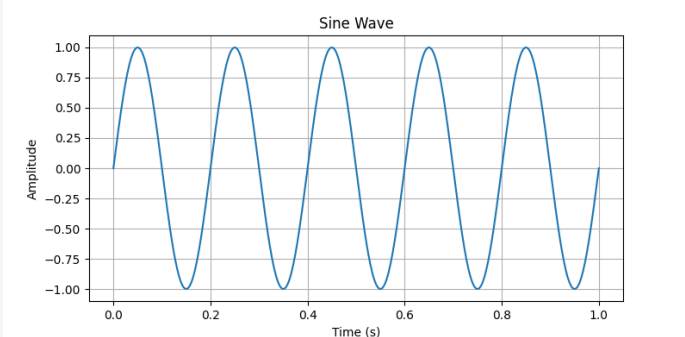


数显控制，提供稳定、可编辑的电压输出。

任意波形高压静电，细化喷印调节

PC 端编辑频率、占空比、幅值与直流偏置

常用波形与组合波形



支持自定义波形，软件界面可切换中英文。

数字示波反馈

观察电压信号与脉冲输出，为工艺调节提供依据

双通道 / 50 MHz

USB 数字示波器，50 MHz 模拟带宽。

最高 200 MSa/s

采样率用于记录信号变化。

灵敏度与输入范围

10 mV/div–2 V/div

–100 V 至 +100 V (DC+AC)



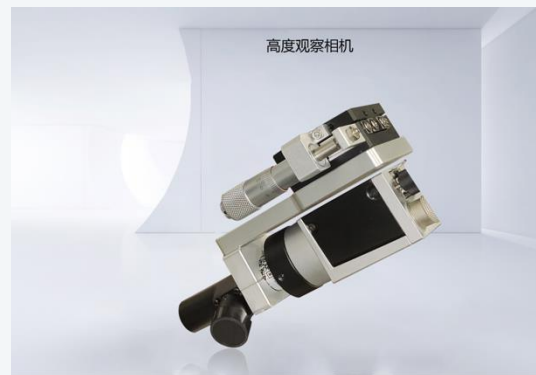
四路显微观测

分别观察对位、喷嘴高度、液滴过程与表面形貌



对位相机

确定喷嘴与图形的相对位置。



高度观察相机

观察、测量喷嘴与基底间距。



原位高倍率相机

样品无需取下，观察沉积后表面。

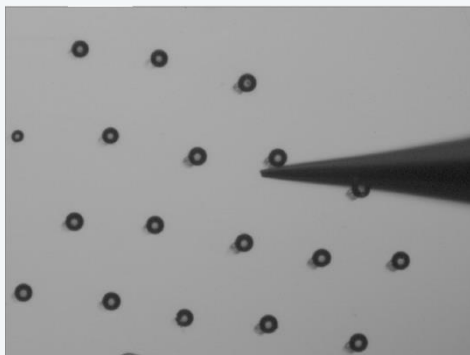


液滴同步相机

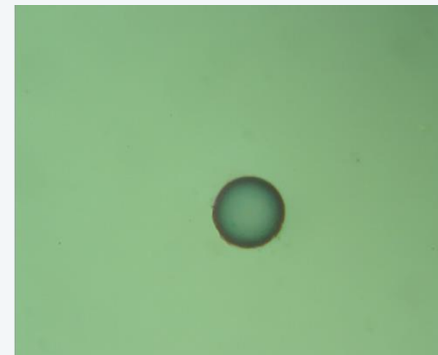
记录液滴过程，输出图像或视频。

从喷嘴位置到液滴细节

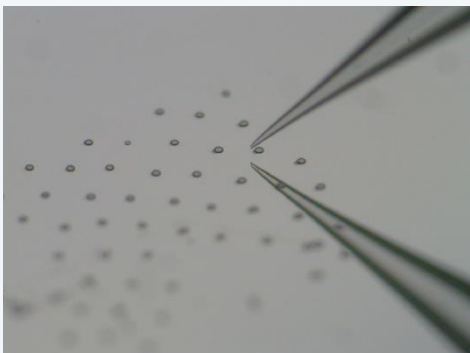
显微图像提供不同尺度的过程观察



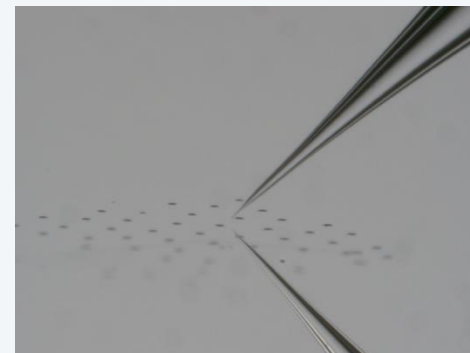
对位观察 ×4



原位表面观察 ×15



高度观察 ×2



液滴同步观察

镜头与喷头的协调布局

独立调节，便于观察与工艺调试

四路分别控制与显示

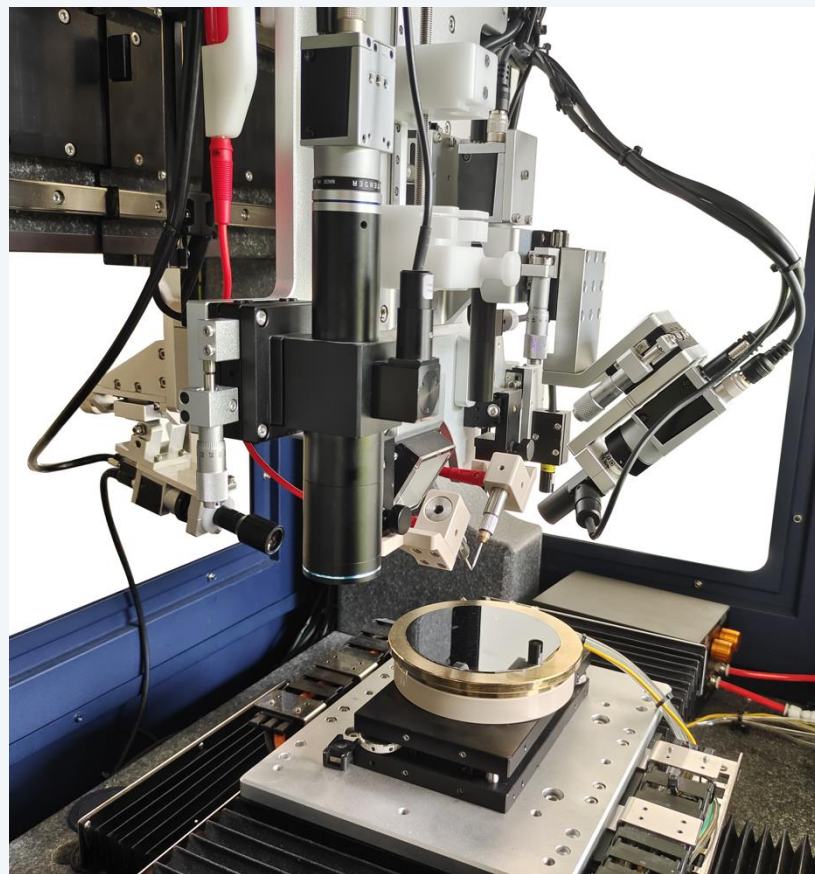
按任务选择相机视角。

X-Y-Z 方向调节

相机与针头位置可灵活调整。

绝缘间距设计

镜头与喷头之间保留合理间距。



原料与墨水选择

以溶液、稳定分散液或液态固化配方供料

原料类别	墨水形态 / 示例	可评估用途
导电墨水	银纳米颗粒、PEDOT:PSS 分散液、银离子墨水	微电极、导电路径
聚合物溶液	绝缘或功能聚合物的溶液	绝缘图案、功能微结构
功能颗粒分散液	半导体纳米颗粒等稳定分散体系	功能层、微米图案
光固化配方	可喷印的 UV 固化树脂或预聚物	定点固化、微结构成形

配方与工艺匹配

关注黏度、电导率与表面张力，
检查颗粒分散、沉降与喷嘴堵塞。

匹配基底润湿性与干燥、固化条件。
光固化配方需匹配相应光源。

以上为选材参考，具体配方需结合喷嘴、波形、供液及基底验证。

微米级喷嘴与夹具

根据材料黏度与目标图形选择喷嘴

1–100 μm

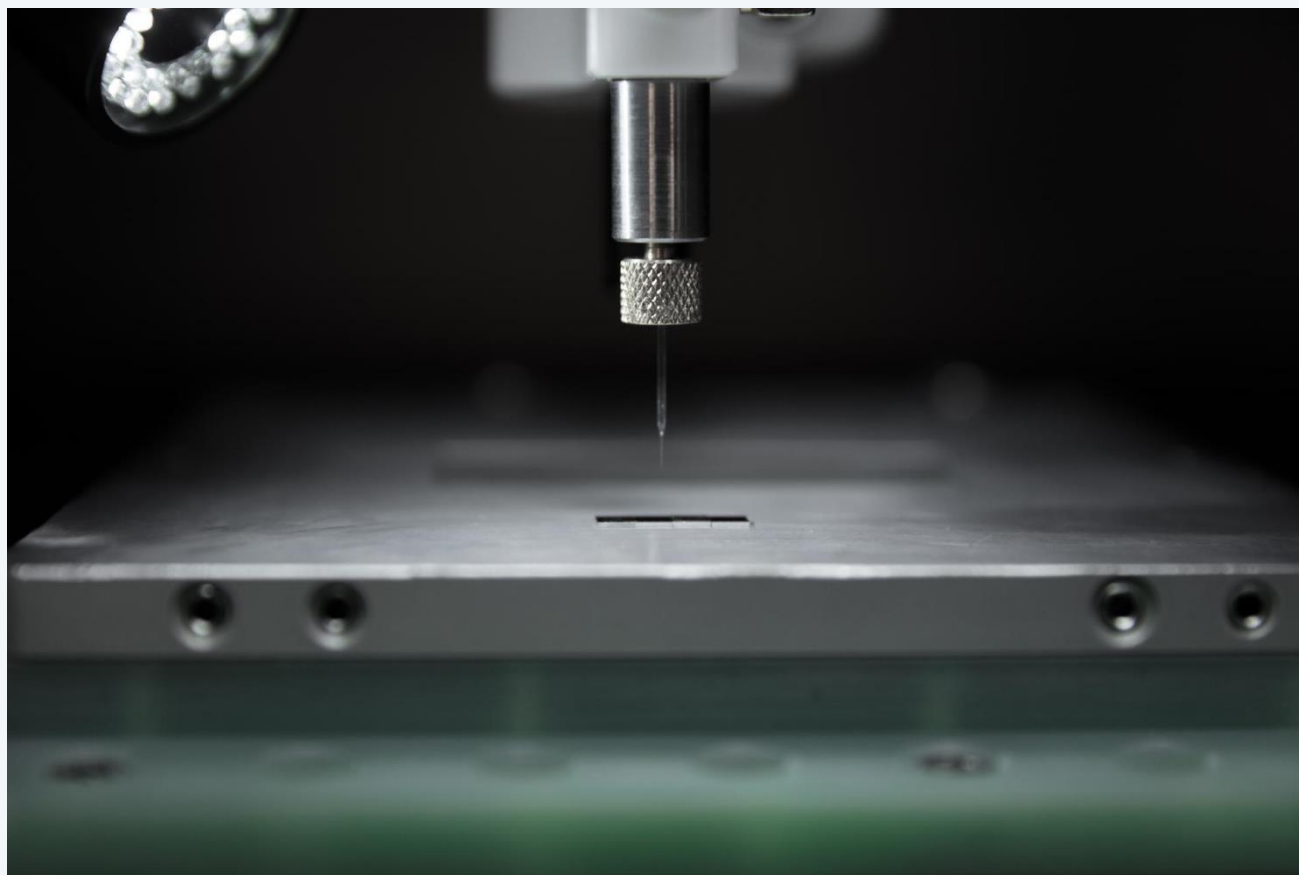
配备多种微米级针头口径。

材料与针径协同选择

低黏度材料通常选择较小口径。

专用夹具

与流体推进装置配合使用。



双头打印与手动切换

支持两个微米针头的工艺组合

双针头配置

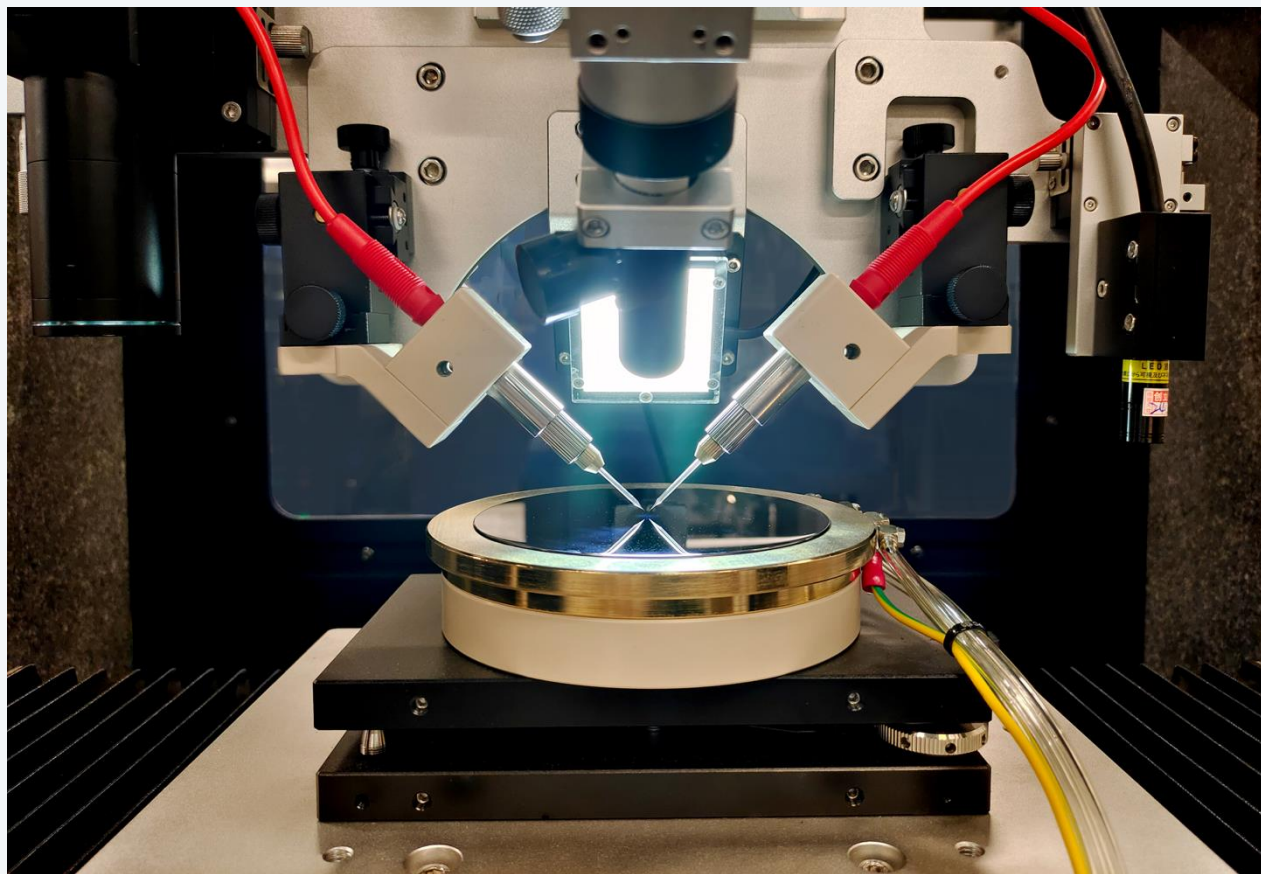
可同时使用，也可交替使用。

分别调节三维位置

两个针头均具有 X-Y-Z 调节。

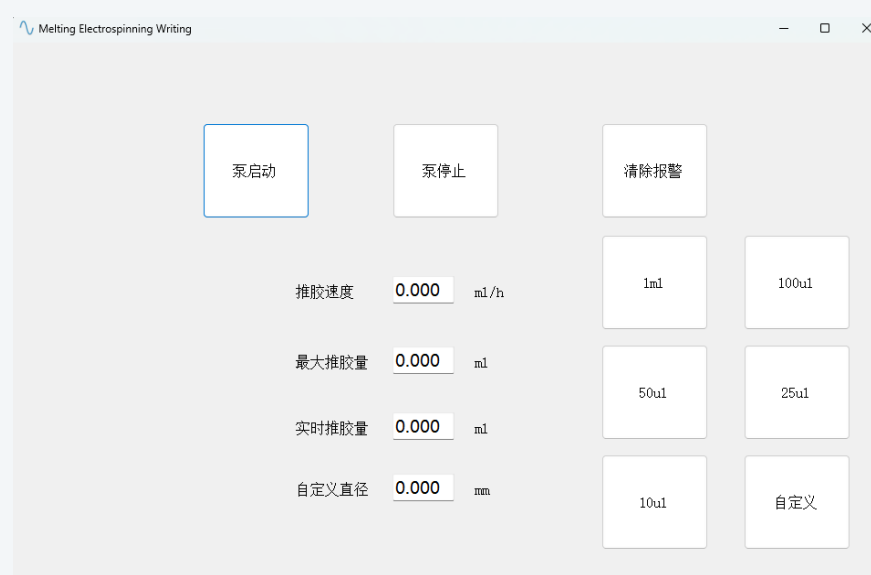
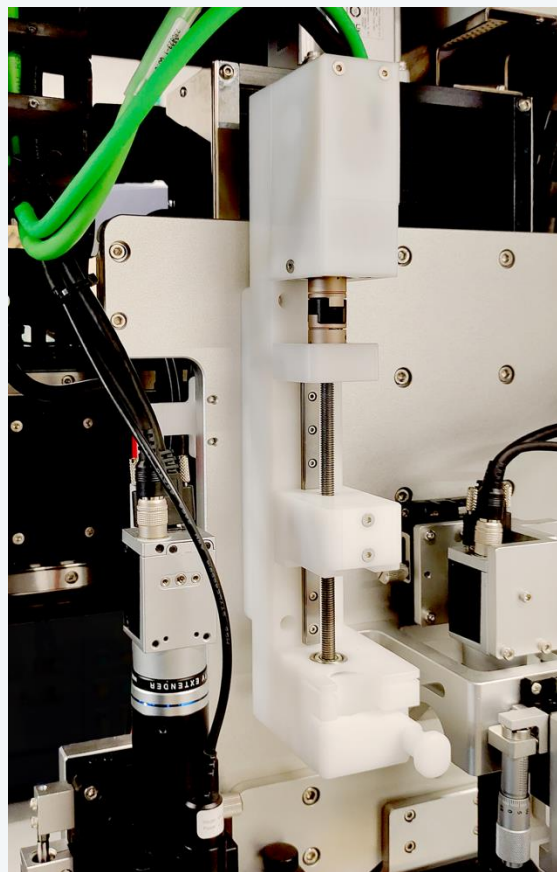
多视角在线观察

便于对中与喷印过程检查。



微量供液与注射控制

适配点状与线状图形打印



**0.01 $\mu\text{L}/\text{h}$
至 99.9 mL/h**

流量范围

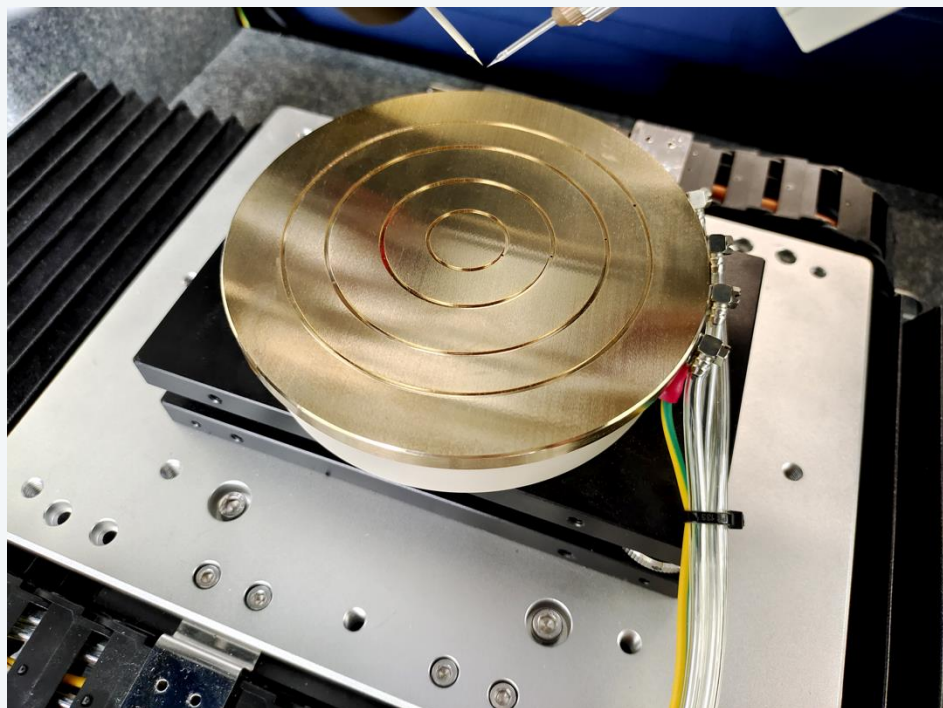
**300–5000 cP
适配液体黏度**

1、10、20 mL 注射器

配合鲁尔接口不锈钢针头，按材料选择口径。

多环真空吸盘与基底固定

支持水平调节，适配多种晶圆尺寸



1-4
英寸



多环镀金真空吸盘

适配 1、2、3、4 英寸硅片，
结构具有绝缘耐高压设计。

双通道静音真空泵，吸力可调，便于固定与更换样品

365 nm 紫外固化

可与打印联动，也可单独控制

按路径顺序或同步工作

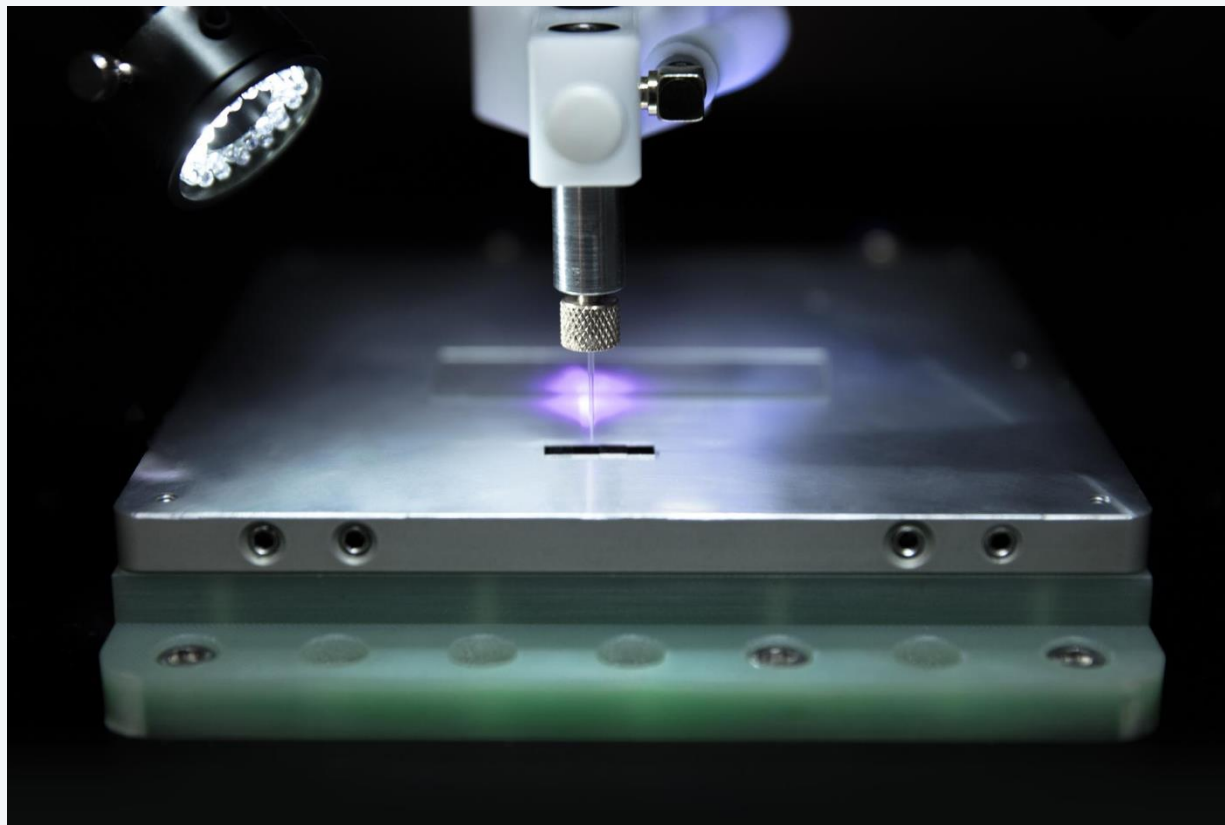
支持可编程固化控制。

随 z 轴同步运动

通过精密旋钮调节与针头的相对距离。

工作位置可保存

横向工作位置可切换，支持 4 个记忆位置。



图形驱动的打印软件

无需手工编写 G 代码，直接进行图形编辑与任务设置

图形可视化编辑

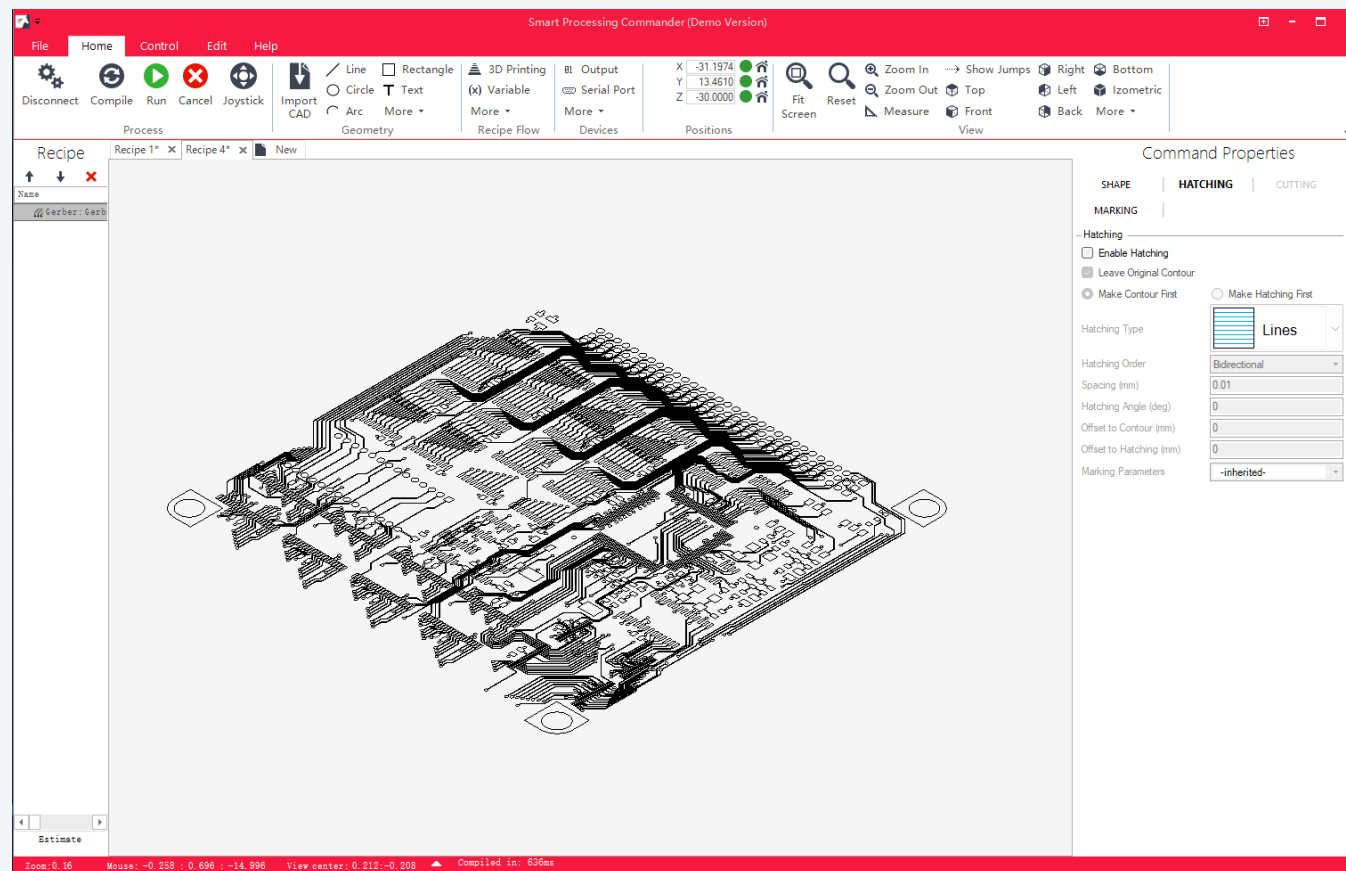
查看图形、路径与运行状态。

代码自动生成

运动代码由软件内部生成与调用。

闭环与位置显示

实时显示 X-Y-Z 位置。



等距离喷印与路径同步

在拐弯与变速区域保持合理的沉积间距

按路径距离触发

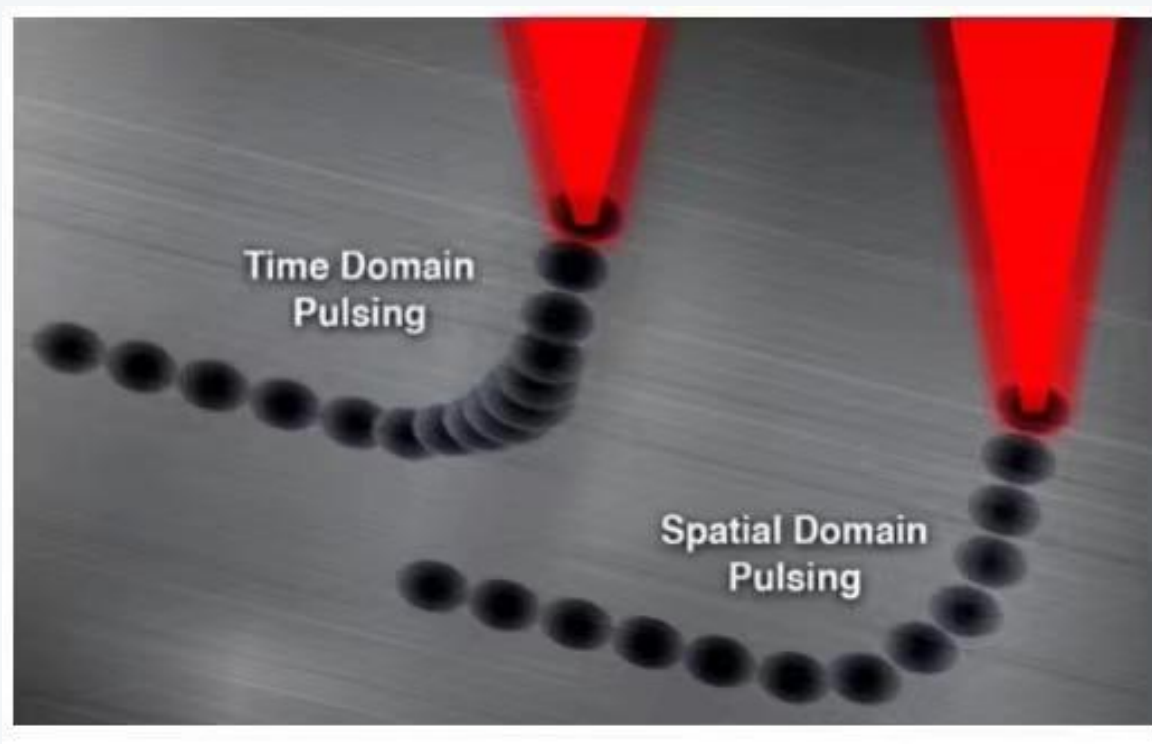
配合运动速度控制液滴分布。

转弯区域自动适配

通过间距控制改善线宽一致性。

恒速路径规划

按速度规划圆角与助跑空程。



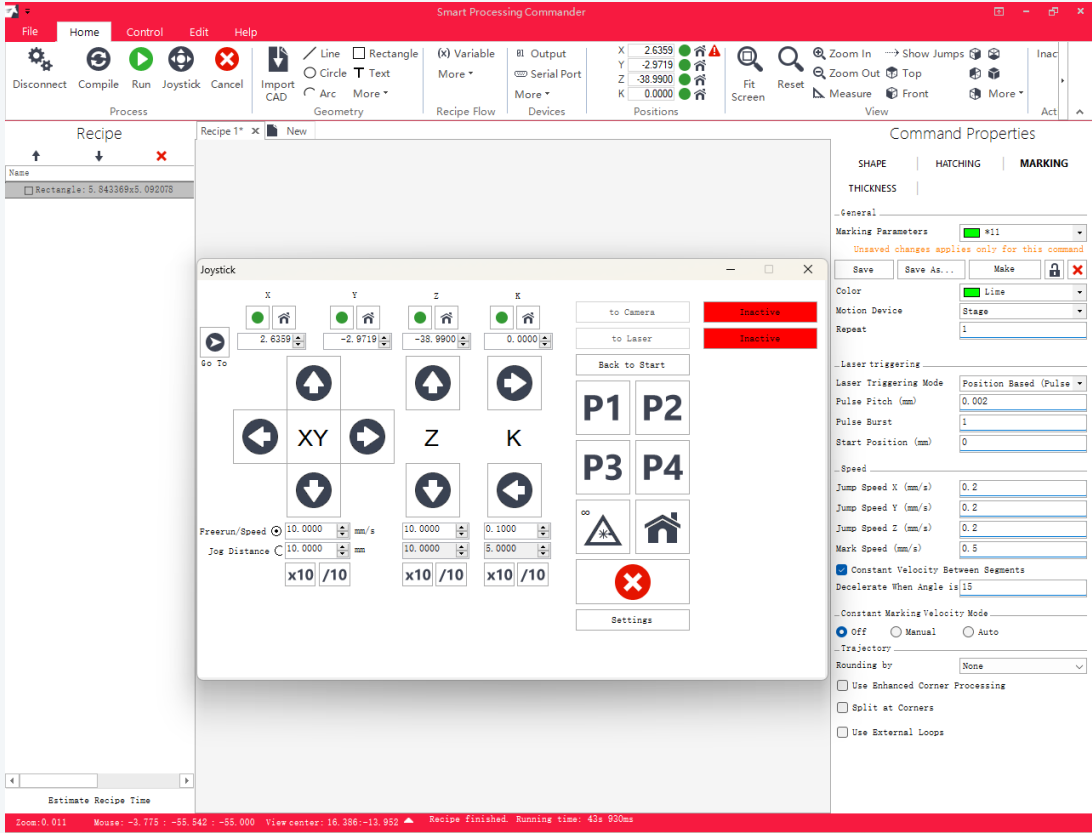
多格式导入与任务管理

连接图形设计、工艺参数和运动执行

图形来源	支持格式
CAD 图形	DXF / DWG
电路图形	Gerber / NC Drill
文本数据	TXT / CSV

多任务排队与参数备份

全局参数统一保存，便于调用、备份与误操作后的恢复。



参数化绘图与脚本扩展

基础图形、复杂填充与逻辑控制可组合使用

绘图与标记

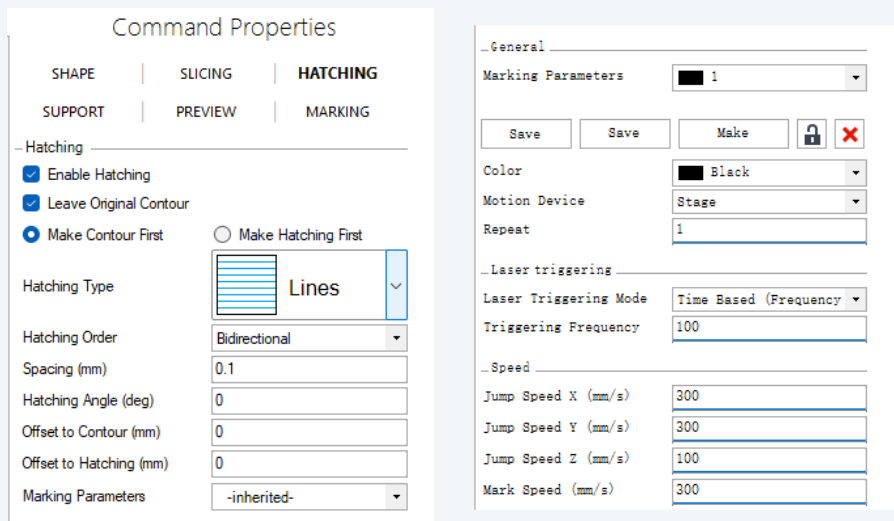
点、线、圆、圆弧、椭圆、矩形、折线，中英文文字、条码与二维码。

多种填充方式

直线、交叉线、蛇形与三明治填充等，共 8 种填充方式。

脚本与计算

Loop / If、自定义变量、三角函数，支持 CAD 与三维图形尺寸测量。



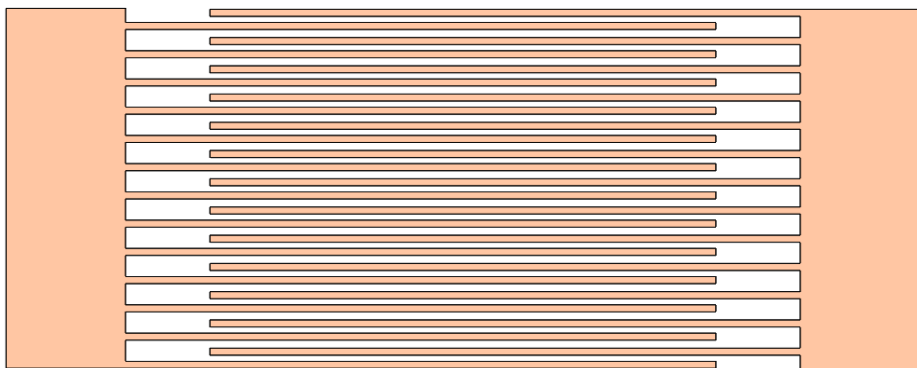
参数化图案与属性设置

网格、圆阵列等常用图案，支持实时路径显示。

叉指电极图形示例

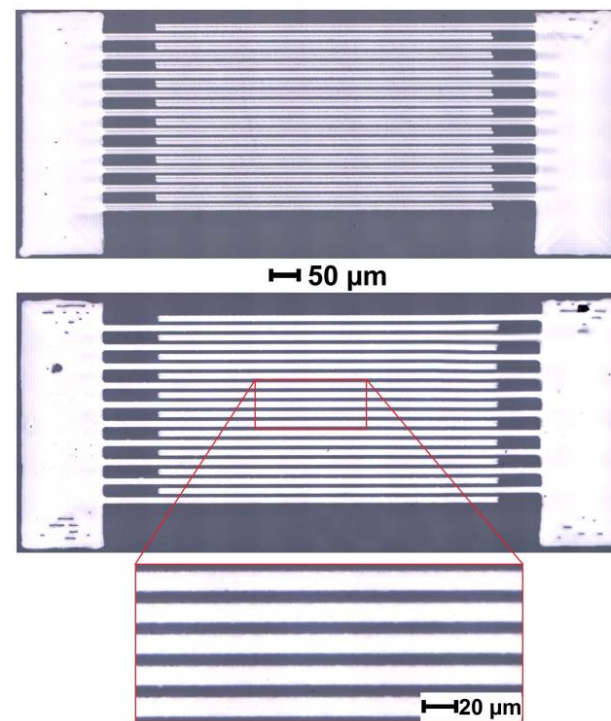
结构示意展示排列方式，实物显微图展示线条与局部细节

结构示意



两组梳齿状细线交错排列，
彼此留有间隙。

实物显微图



整体形貌与局部放大，尺寸见图中标尺。

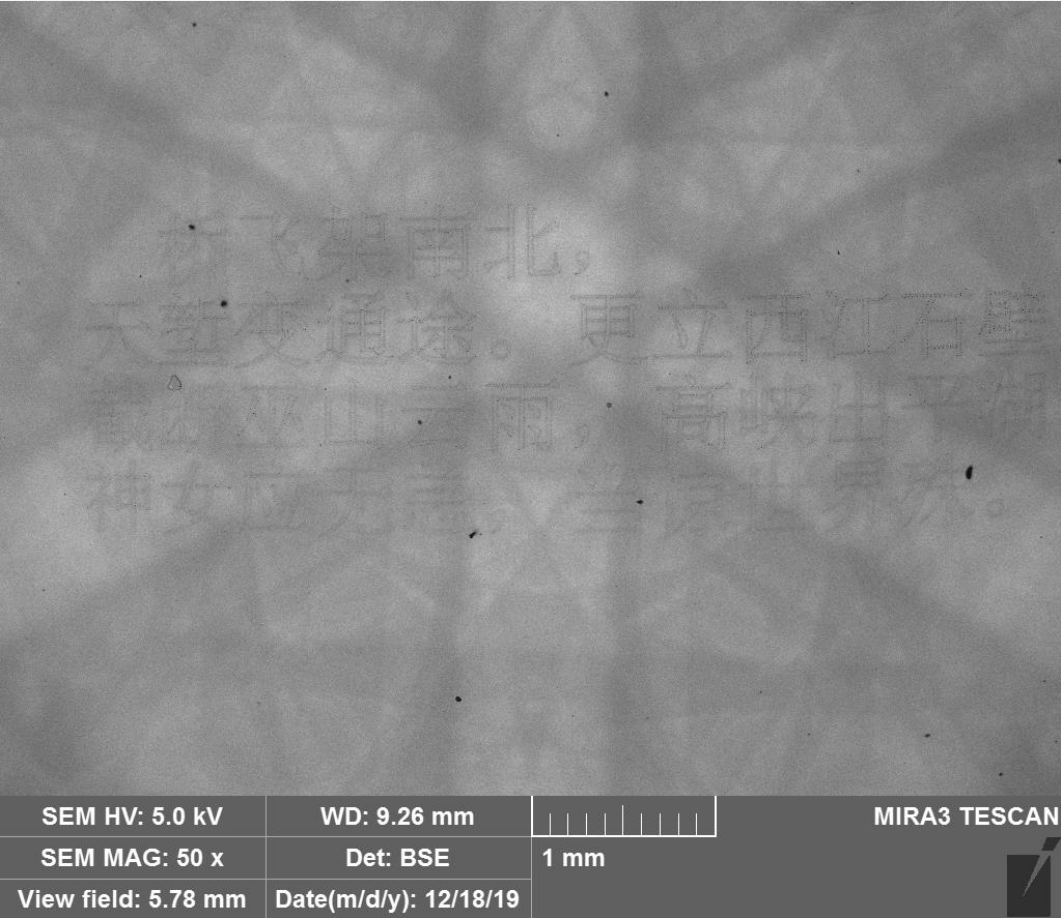
复杂文字与二维微图案

通过图形导入和路径编辑表达复杂细节

中文古诗图案

复杂笔画与密集图形
转为可执行的打印路径。

观察整体形状，也检查
线条连接与局部沉积。



连续线条打印演示

同步查看规划路径与实际沉积过程

线条连续性

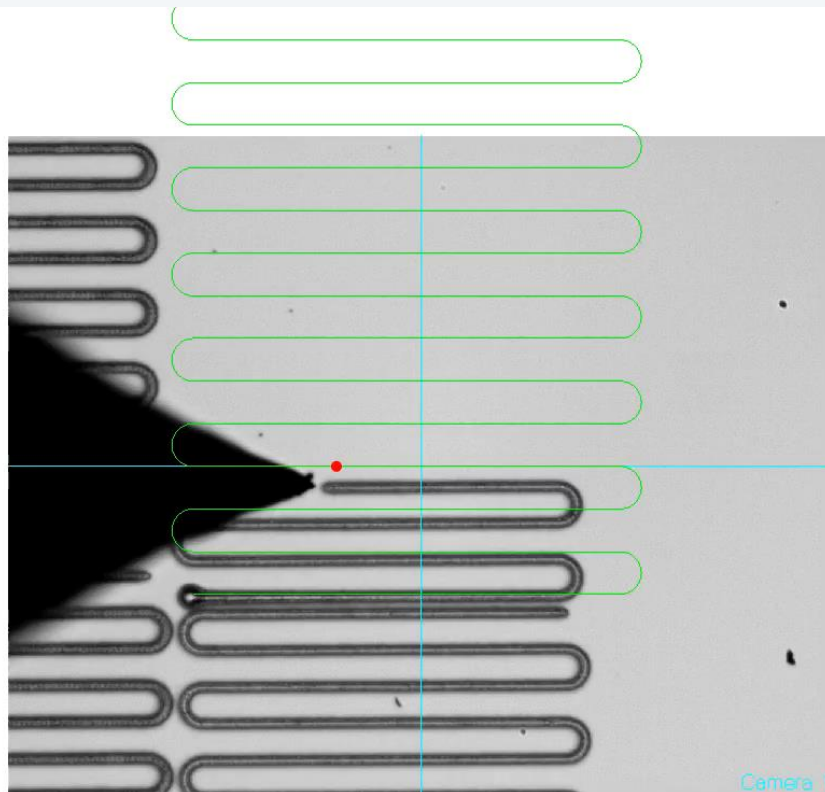
观察往复路径与转弯。

路径叠加

对照规划轨迹与实物。

动态过程

在放映模式点击视频观看。



点阵图形打印演示

以微小液滴排列形成复杂图案

点阵式表达

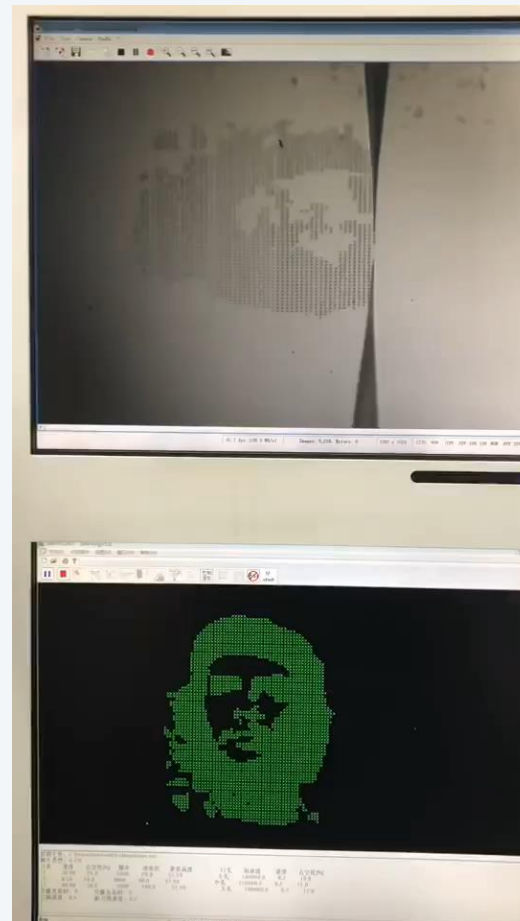
将图形转换为离散点的排布。

显微与路径同步显示

结合相机观察喷印细节。

原始视频演示

在放映模式点击视频观看。



微型地图与复杂轮廓

对照相机画面与软件路径，观察细节一致性

复杂边界

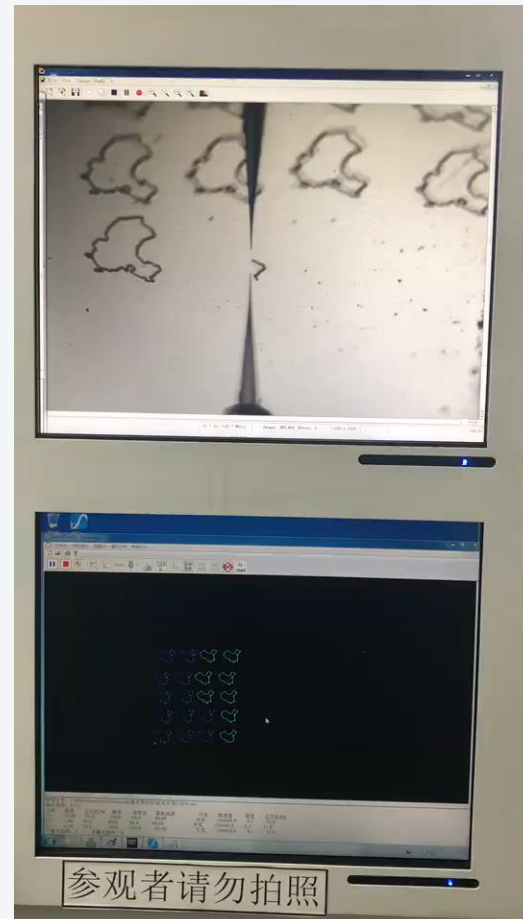
连续路径表达曲线与不规则轮廓。

过程对照

将实际打印与电脑规划同步观察。

原始视频演示

在放映模式点击视频观看。



TL-EHD 关键参数

主要指标按原始设备资料整理

参数	原资料指标
点、线尺寸参考	1–45 μm , 随材料与工艺变化
高压输出 / 电流	0–2000 V / 0–10 mA
微米针头口径	1–100 μm , 多规格
微量供液范围	0.01 $\mu\text{L/h}$ –99.9 mL/h
基底 / 晶圆尺寸	1、2、3、4 英寸
紫外固化波长	365 nm
尺寸 / 重量	1613 × 908 × 724 mm / 约 500 kg

运动精度见四轴运动页，材料黏度与注射器适配范围见供液页。

微米级图形应用方向

面向功能材料与微器件研发，按材料和结构匹配工艺

印刷电子

柔性线路、薄膜晶体管、触摸电极
局部电路修复与微纳点胶

显示与微光学

显示器件、量子点色转换层
微透镜与微光学结构

传感与微型能源

压力及功能传感器、太阳能电池图形
微型储能电极

生物与三维结构

微纳结构 3D 打印、组织工程支架
细胞打印等生物材料研究

叉指电极与功能器件图形

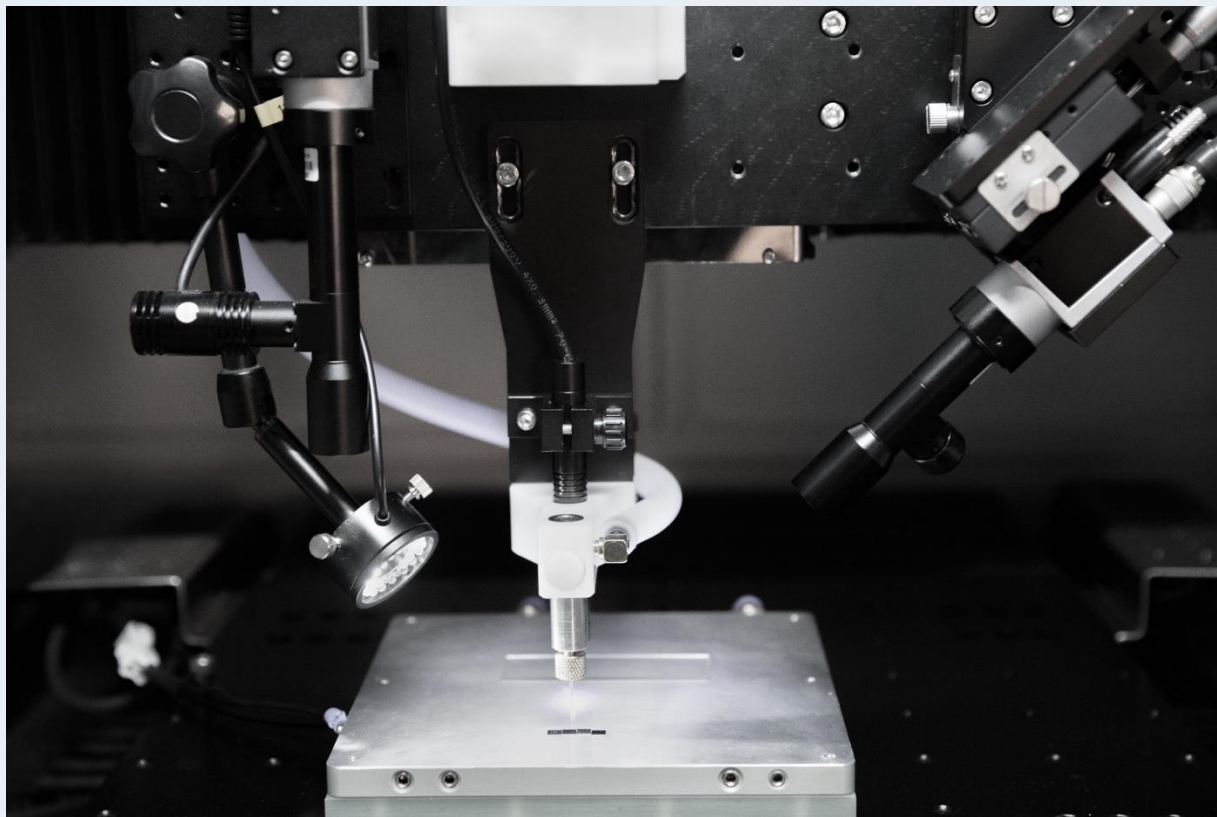
将精细线路组织为传感、声学及电子器件结构



TL-EHD

电流体动力微纳打印机

——
面向精细图形与功能微结构研发



深圳市通力微纳科技有限公司

www.tlejet.com / www.tlwnt.com

4008-755-966

微信：18620353785 / TONGLITECH