



上海科技大学
ShanghaiTech University



上海科技大学量子器件中心 (SQDL)

工艺设备 SOP

快速退火炉 RTA

版本: V1

发布年份: 2019 年

设备管理工程师: 吴廷琪



RTA 快速热处理系统

1.0 设备、工艺概述 Process Summary

1.1 快速热处理系统，主要用于样品的快速退火，以得到结晶结构。

2.0 材料控制 Material Controls & Compatibility

2.1 RTA 设备的腔体是石英材质，可用于 Si、Ge、SiC 等。涂布完光阻的硅片严禁使用本设备。透明的材料需要垫硅片。

3.0 培训流程 Training Procedure & Applicable Documents

3.1 快速退火炉权限需经过使用资格考核。向平台工程师领取考核表，观摩一般用户或高级用户使用 3 次，请一般用户签名，收集 3 个签名后，即可申请上机考核。

3.2 联系高级用户预约上机考核时间以及笔试。

3.3 通过上机考核后，请高级用户在考核表上签名。

3.4 递回考核表，待使用权限开通。

3.5 培训考核周期：一天。

4.0 名词定义 Definitions & Process Terminology

4.1 LIMS: laboratory information management system。

4.2 RTP: Rapid Thermal Processing, high temperature short time processing。

4.3 CDA: 干燥（无油）压缩空气。

4.4 PyroMeter: 红外高温计。

5.0 安全规范 Safety

5.1 烫伤危险：设备腔体加热可达到 1100°C，请勿再设备运行时打开腔体，确保腔体温度在室温后，再取样品。

6.0 操作流程 Process Procedure

6.1 登入设备起算机时（待补充基理刷卡设备）。

6.2 打开设备背面空开。

6.3 打开 Pyrometer Chiller 的三个开关（Main Power 开关、泵开关、显示器开关，勿碰撞墙面超纯水阀门）



6.4 Chiller 界面温度设定为 20°C，上下切换到水泵运行指示按钮，按确认键启动水泵。用手触摸尾排风管，感受风管震动，从而确认尾排敞开。



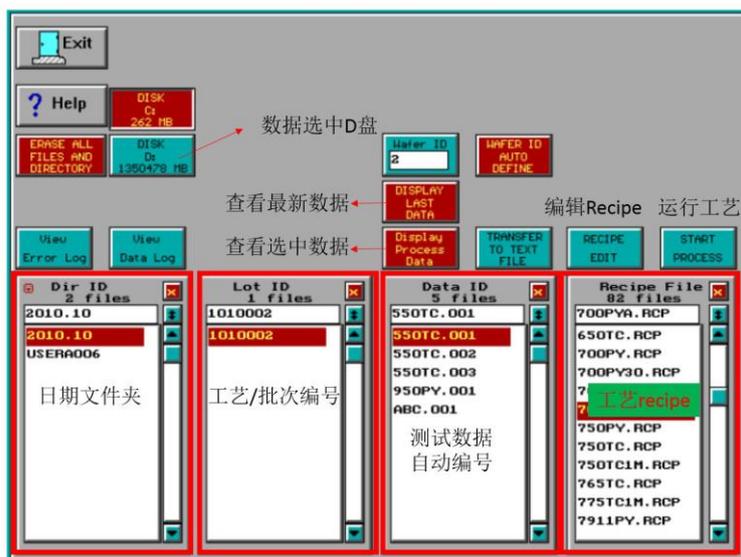
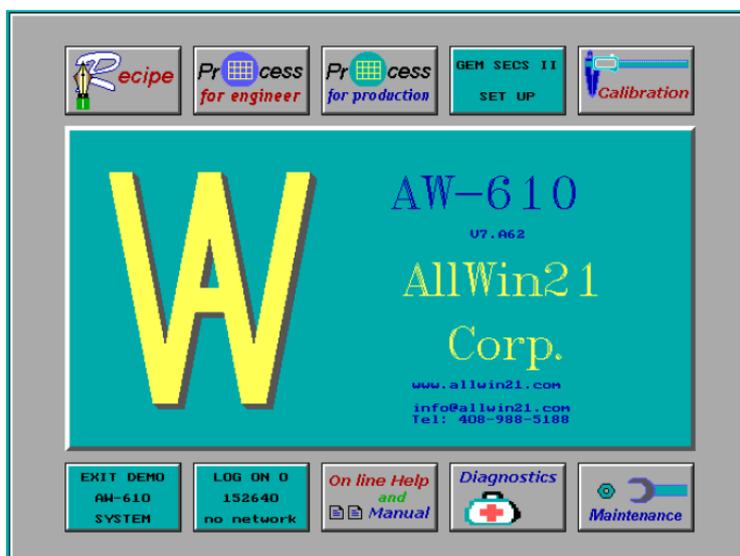
6.5 打开三路工艺气体 (N₂、O₂、Ar) 球阀 (管路上端为球阀，带示数的为调压阀，一般不需调整)，确认是否在 20PSI。

6.6 打开冷却气体 CDA 球阀 (1/2 路)，确保在 40PSI。(设备有 2 路 CDA，1/4 路为控制设备气动阀，保持常开，1/2 路为腔体的冷却气)

6.7 放入样品，小片样片需垫一片 4" or 6" wafer，打开 Lamp Power。

6.8 工艺运行步骤：

6.8.1 点击 process for engineer 按钮。红色表示当前选中项，数据请保存在 D 盘。左侧日期，中间工艺/批次，第三栏自动生成，共计 999 个，超出会覆盖之前的。命名规则：年月日 (191030)，文件名不能超过 8 个字符。



- 6.8.2 选中已经设定好的 recipe，或者与工艺温度相近的 recipe，点击 recipe edit，进入编辑界面：Wafer type 选择 wafer，不允许改动。Sensor type 选择 pyrometer，不允许改动。



Header

Data Entry Area

No.	Step Temp Func	Time (sec)	Temp/Intr (°C/%)	Steady Intr Factor	Gas 1 N2 SLPM	Gas 2 O2 SLPM	Gas 3 Ar2/H2 SLPM	Gas 4 HCL SLPM	Gas 5 N2 SLPM	Gas 6 Ar SLPM	Steady Intr
1	Delay	5.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Intr	8.0	25.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Ramp	15.0	700.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Steady	30.0	700.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Delay	60.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Finish	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Finish	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Finish	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Finish	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Finish	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Keyboard Short Cut

6.8.3 设定工艺步骤

(a) Delay 充气, 赶走空气, 设置时间, 气体流量(10L/min)。(一般使用默认值)

(b) Intrn 只适用于高温计作控温 sensor, 预热, 目的是让温度达到高温计的工作温度 (400-1150 °C)。wafer 或者载物台固定一般不用更改。35%光强, 维持 15s, 即可达到高温计的工作温度。4 寸硅片, 30%, 5s 即可。

(c) RAMP 升温, 设定目标时间和时间, 气体流量 (2-5L/min)。一般按照 25°C/s 的升温速率。

(d) steady 恒温, 设定时间和时间, 气体流量 (2-5L/min)。时间不允许超过 1min, 有特殊需求请与工程师联系。

(e) Delay 降温, 至少需要 240s, 可降到 100°C。

每次更改后需要 check 一遍, 点击 Recipe validate 按钮 (快捷键 F10), 平台提供的标准 recipe, 用户编辑后需要更改 RECIPE。



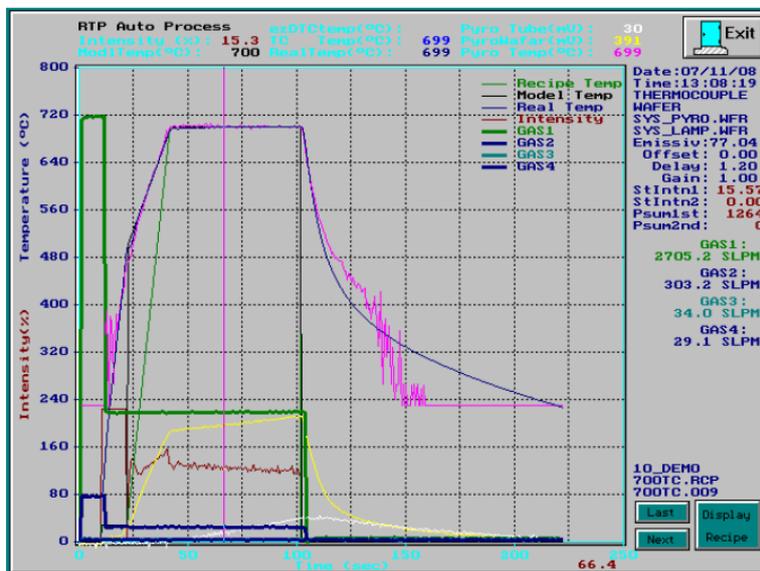
Header

Data Entry Area

No.	Step Temp Func	Time (sec)	Temp/ Infn (°C/%)	Steady Infn Factor	Gas 1 N2 SLPM	Gas 2 O2 SLPM	Gas 3 Ar2/H2 SLPM	Gas 4 HCL SLPM	Gas 5 N2 SLPM	Gas 6 Ar SLPM	Steady Infn
1	Delay	5.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Infn	8.0	25.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Ramp	15.0	700.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Steady	30.0	700.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Delay	60.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Finish	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Finish	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Finish	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Finish	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Finish	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Keyboard Short Cut

6.8.4 点击 Start Process 按钮，会弹出如下的运行界面。



此过程中，电脑不可再做任何操作，只能等待过程完成。

6.8.4 点击 Start Process 按钮，会弹出如下的运行界面。

6.8.5 Process 完毕后，会弹出“Process Over”提示，此时可以操作电脑。保存数据。

6.8.6 此时腔体温度一般在 100°C，然后再根据样品是否厌氧来打开腔体加速冷却。待样品冷却到室温（2min），取出样品。（冷却至室温前注意腔体和样品温度，小心烫伤）。



6.8.7 点击 Display last Data 或者 Display process data, 查看完成的 Process Data。

6.8.8 关闭工艺气体 (N₂、O₂、Ar) 的球阀以及冷却气体 1/2CDA 的球阀。

6.8.9 关闭 lamp power、Chiller 的三个电源开关, 以及设备背面的空开。

6.9 LIMS 刷卡登出设备, 结束收费。

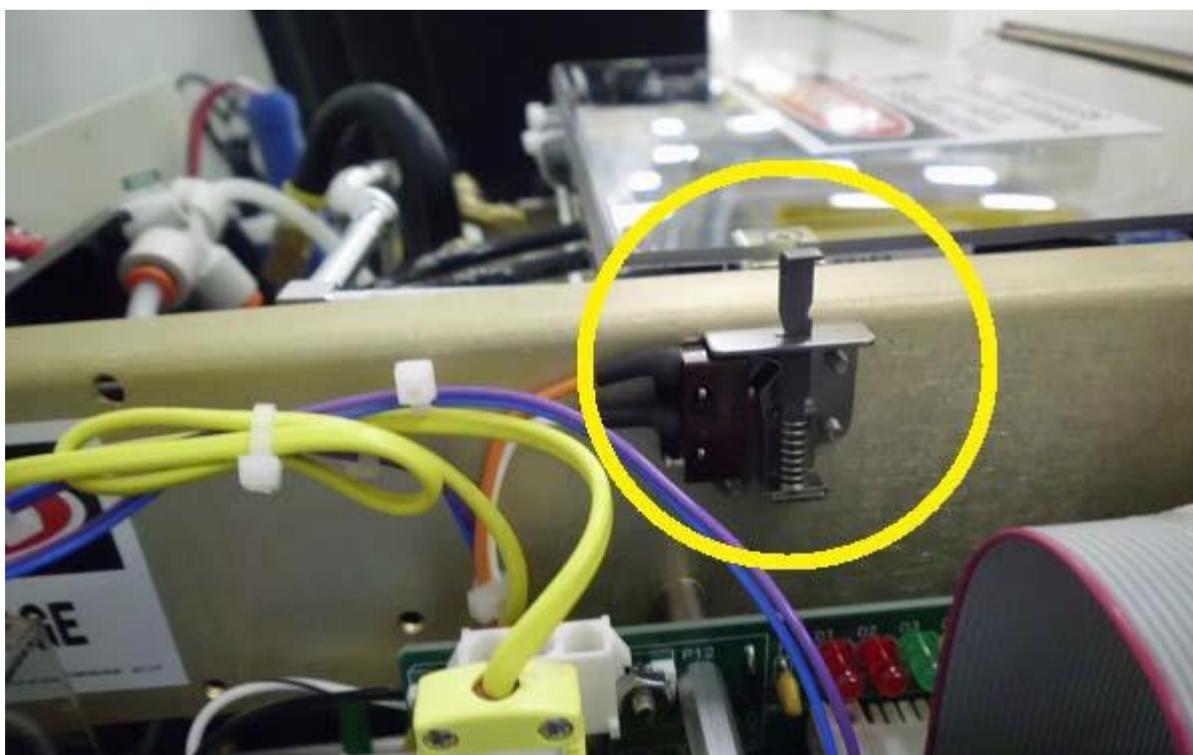
7.0 故障指南 Troubleshooting Guidelines

7.1 灯管无法点亮

0738	AC Power Problem	The control software cannot detect the Oven Unit. The oven unit main power may be off or a phase may not have power.
------	------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

问题排查:

- (1) 检查设备主电 380VAC 是否正常;
- (2) 检查设备前面板“Lamp Power”按钮是否闭合, “Lamp On”LED 是否点亮;
- (3) 检查 EMO 是否复位;
- (4) 检查接触器是否闭合, 即打开“Lamp Power”时, 是否有“嗒”的声音; 如果没有请确认以下几点:
 - (a) 检查 Cabient Cover Interlock switch 状态是否导通, 如图:



- (b) 检查电路板下方, 5A 的保险丝 F3 是否完好, 是否可以测量到 24VAC;



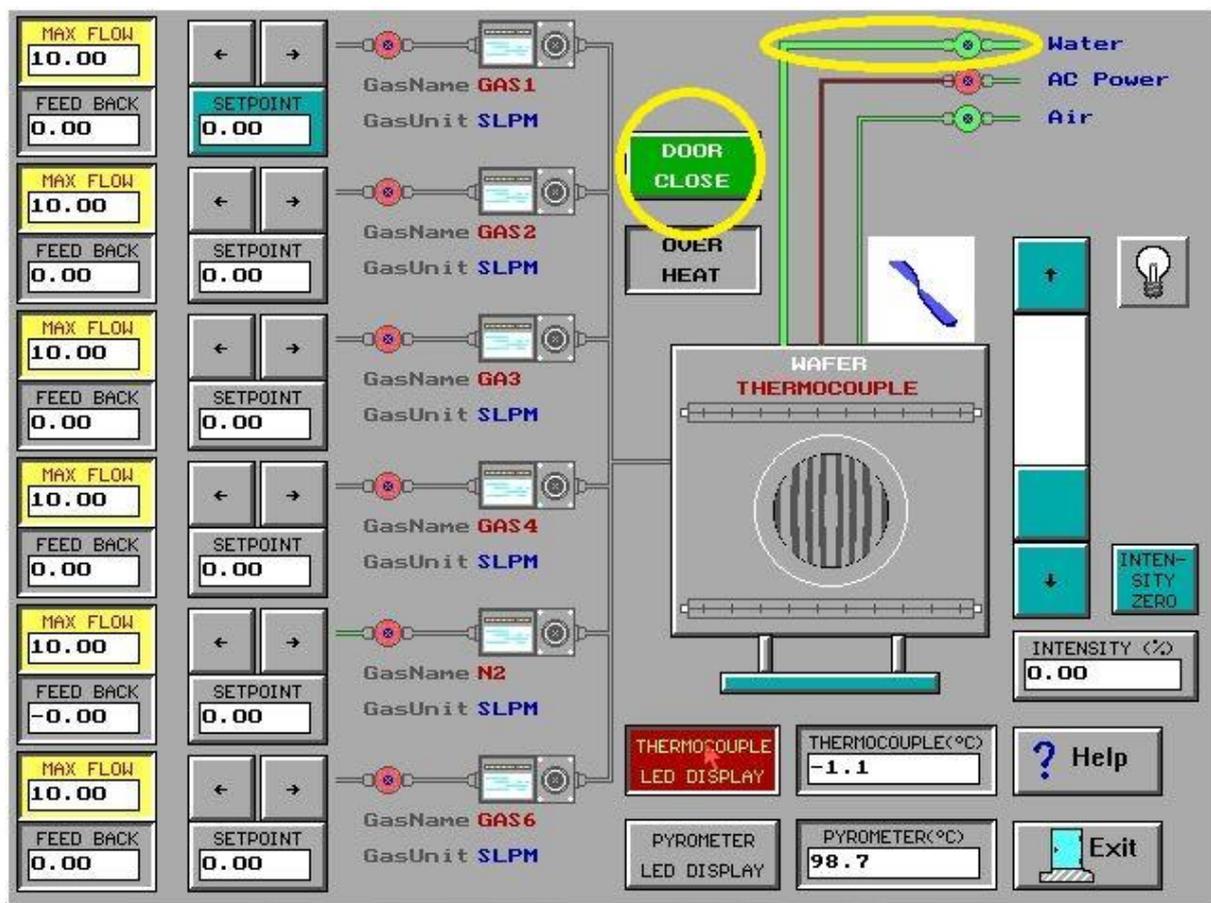
(c) 检查设备前面板“Over heat”LED 灯是否点亮，如果点亮，说明金属腔体外壁温度超过 65°C,导致 Overheat 保护,请确认导致 Overheat 的原因,并将金属腔体下方的 sensor 复位。

7.2 腔门没关闭或者水流不够”报警，信息如下图：

0739	Chamber Door Is Open or Water Flow Too Low	<ol style="list-style-type: none"> 1) Make sure the Chamber Door is closed and locked. 2) Make sure the water flow is adequate. Check the machine specifications. 3) Refer to the Troubleshooting chapter, section “Interlocks Troubleshooting”.
------	--------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

问题排查：

(1) 检查开关腔门，查看软件“Diagnostics”界面中，Water 以及 Door 的状态，绿色表示导通，红色表示断开；



(2)打开设备外壳，查看腔门轨道是否接触到限位开关，并且检查限位开关是否正常；

(3) 检查 cooling water 进水压力和回水流量是否满足动力参数要求；可以尝试将 water flow sensor 短路，查看报警是否依然存在；如果存在，请检查其他条件；反之，冷却水压力或流量不够，可能是水压不够或者冷却水路堵塞；



7.3 “Gas Flow out of range”报警，信息如下图：

0032	Gas 5a Flow Out Of Range	The gas flow for Gas #5a is either too high or too low from the setpoint. Refer to the Troubleshooting chapter, section “Gas Control”.
------	--------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

问题排查：

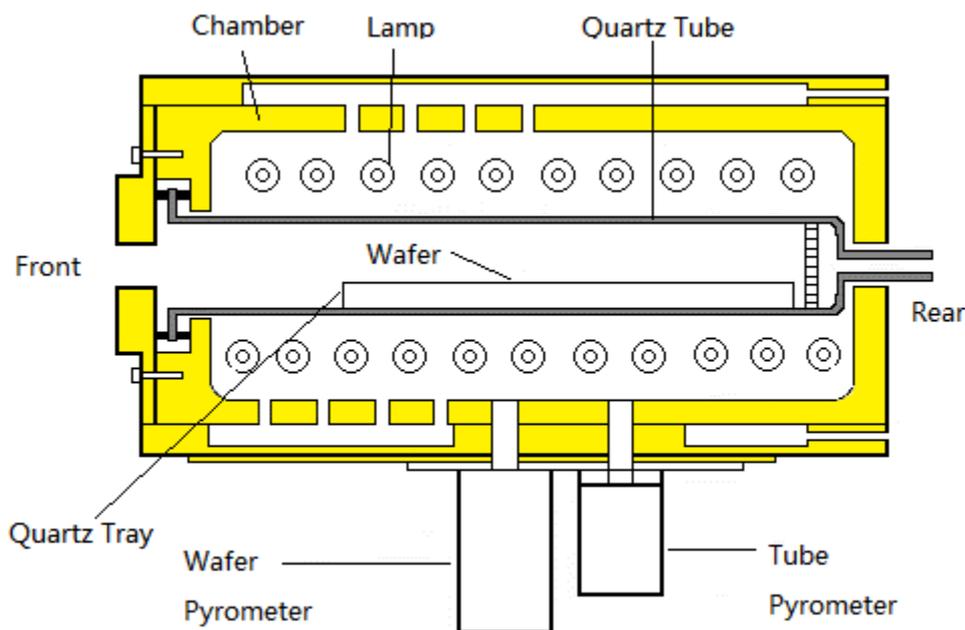
- 1) 工艺气体流量过高或过低报警，该功能可在 Maintenance-Gas setup 中打开，并且设置 range 范围，单位为%；
- 2) 解除报警方法：
 - (a) 确认工艺气体压力是否达到 20 PSI，但不能超过 30 PSI；
 - (b) 确认工艺气体截止阀已打开；
 - (c) 确认厂务供气或瓶装气体供应正常。

7.0 参考图表 Figures & Schematics

8.1 厂务点检事项

厂务需每日点检 Chiller 液位、供水压力 3-5 公斤、回水流量 7.5L/min、排风敞开。

8.1.1 设备简介



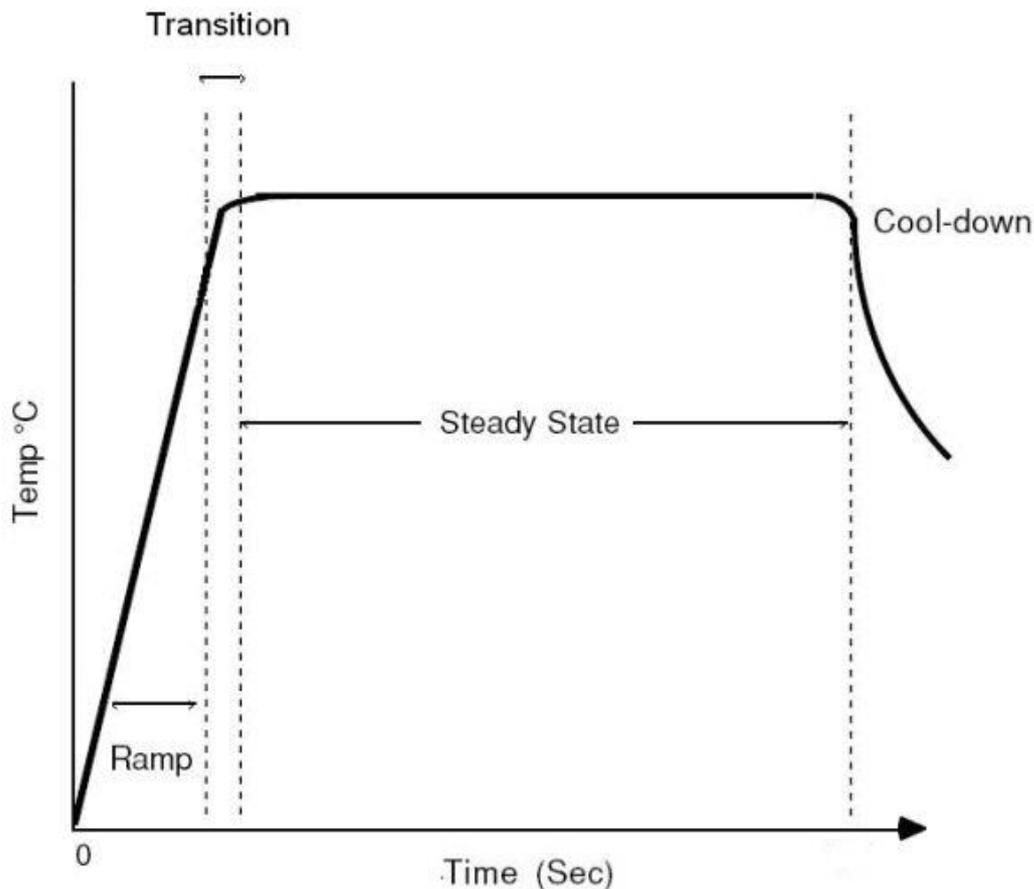
Chamber:共 7 块组成，内壁有镀金层，高效漫反射红外光，使 wafer 受热均匀；各个 plate 内部冷却水路，通过 cooling water 使金属腔板保持常温。**Lamp:**灯管额定功率 1200W，额定电压 208V 设备共有 21 根灯管，上下平行分布，上排 10 根，下排 11 根。**Quartz Tube:** ProcessGas 从尾部通入，从前端排出。**Pyrometer:**双头红外高温计 (wafer pyrometer 和 tube pyrometer) 工作范围 400-1250℃，



wafer pyrometer 通过 Tube 上的窗口接收 wafer 受热发出的红外光来测量 wafer 温度，并通过 tube pyrometer 测量 Tube 自身吸收热量产生的温度影响，通过软件计算消除其他部发热对测温准确性的影响，首次使用前需要用 TC-Wafer 进行校准；同时需要外接 chiller；chiller 的温度以及 Tube 的透光度直接影响测温的准确性和稳定性。

8.2 曲线调节参数

理想温度曲线：



关键参数：

Gain: 影响 Ramp 阶段，如果 real Temp 低于 Model Temp，增大 Gain；反之，减小 Gain；

Delay/Factor: 影响 Transition 阶段，如果 Real Temp 低于 Setpoint Temp，减小 Delay/Factor，反之，增大 Delay/Factor；

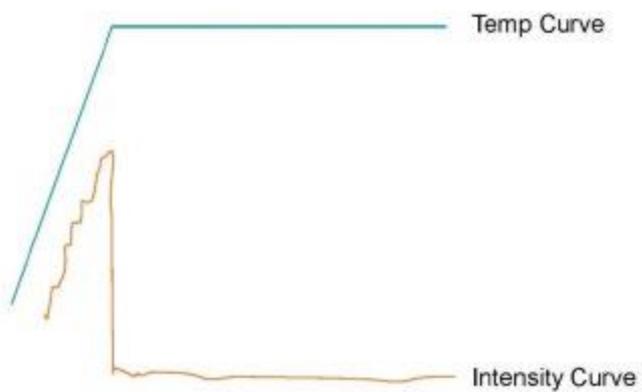
注：Delay 与 Factor 需要配合调整

Sensitivity: 影响 Steady 阶段，如果 Real temp 波动剧烈，减小 Sensitivity；反之，增大 Sensitivity。

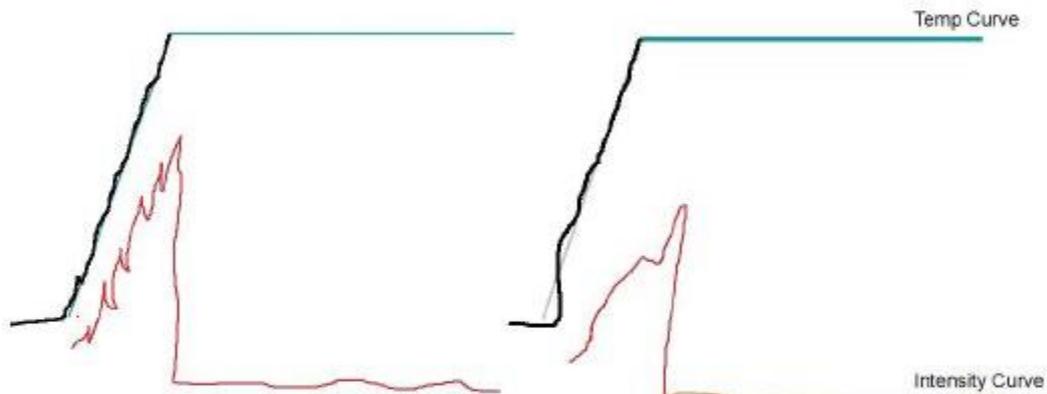
如下各参数示意图供参考：



好的参数得到的曲线



Gain 不正确得到的曲线

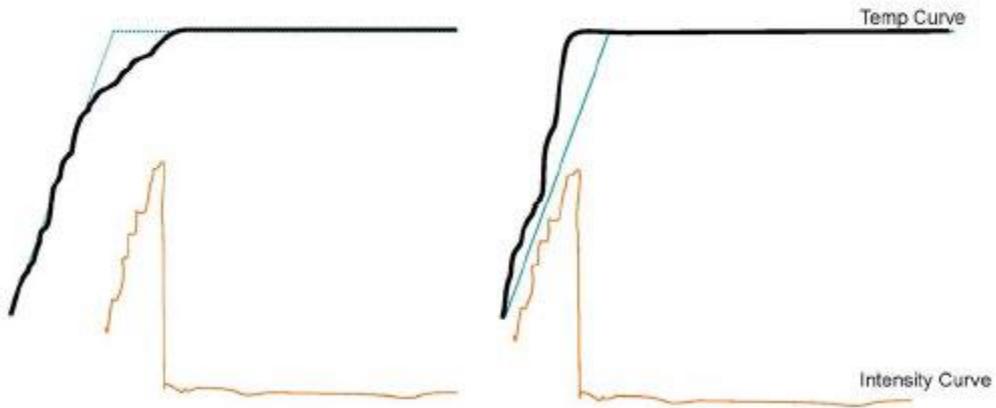


Gain 偏大

Gain 偏小



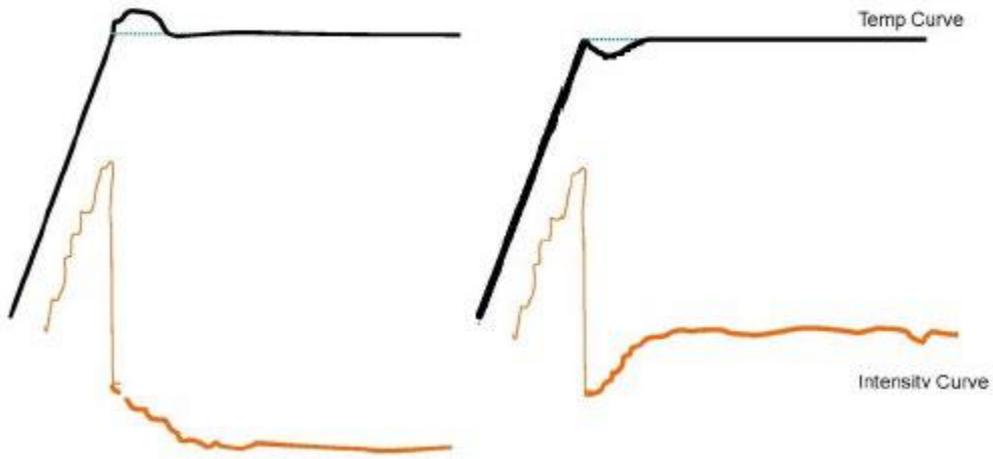
Delay 不正确得到的曲线



Delay 偏大

Delay 偏小

Factor 不正确得到的曲线

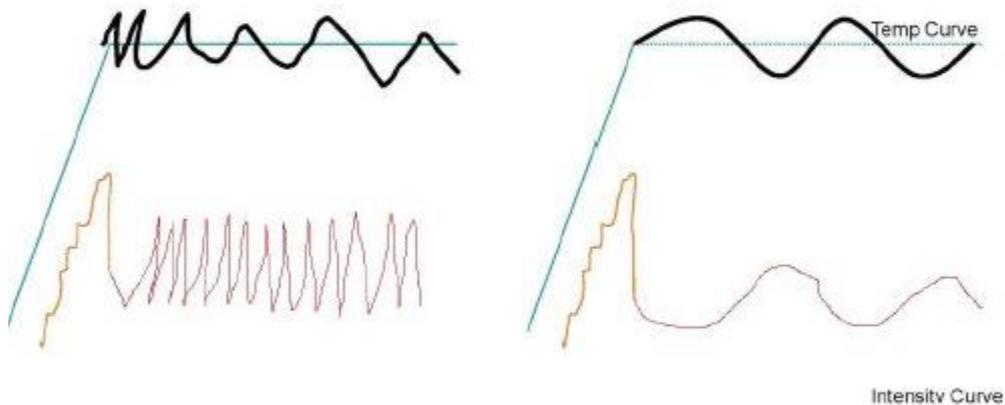


Factor 偏大

Factor 偏小



Sensitivity 不正确得到的曲线



Sensitivity 偏大

Sensitivity 偏小

9.0 版本历史 Version History

<i>Version</i>	<i>Date</i>	<i>Prepared by</i>	<i>Approved by</i>
1	2019.10.30	Tingqi Wu	Zhaoxin Zhu