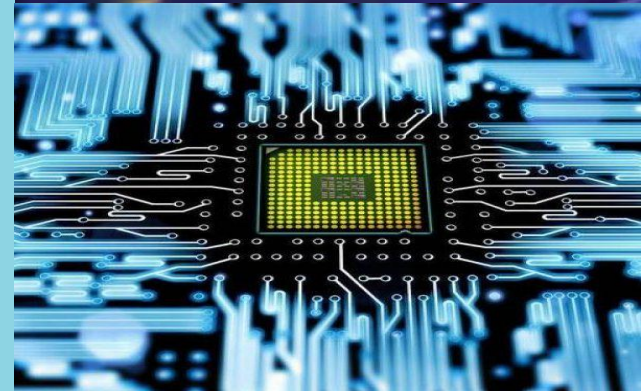
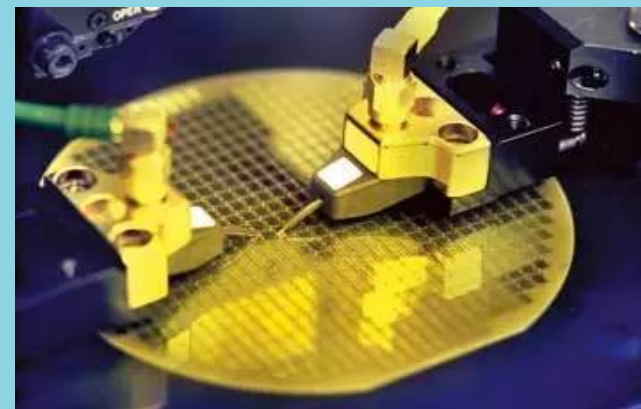




扩散工艺设备Training

PEE-DIFF 陈加莉
2021.06.10





Outline

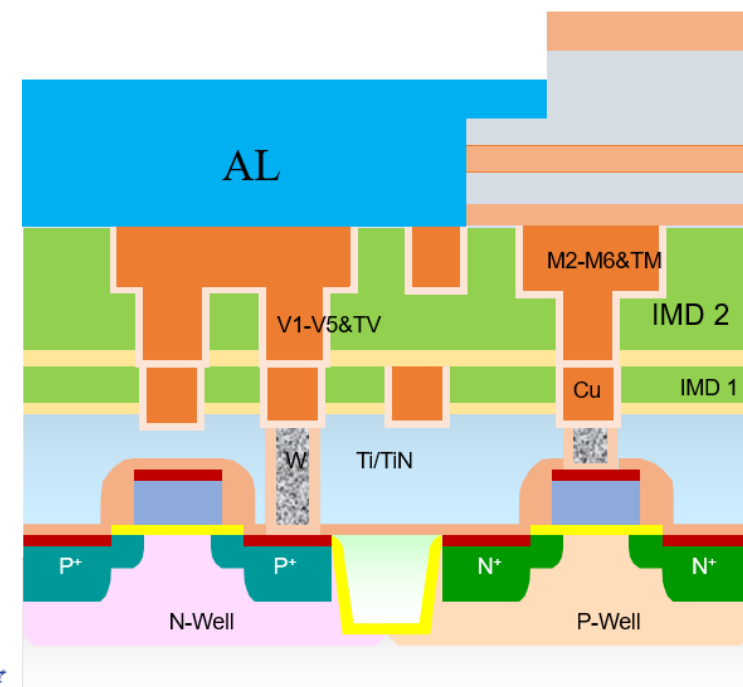
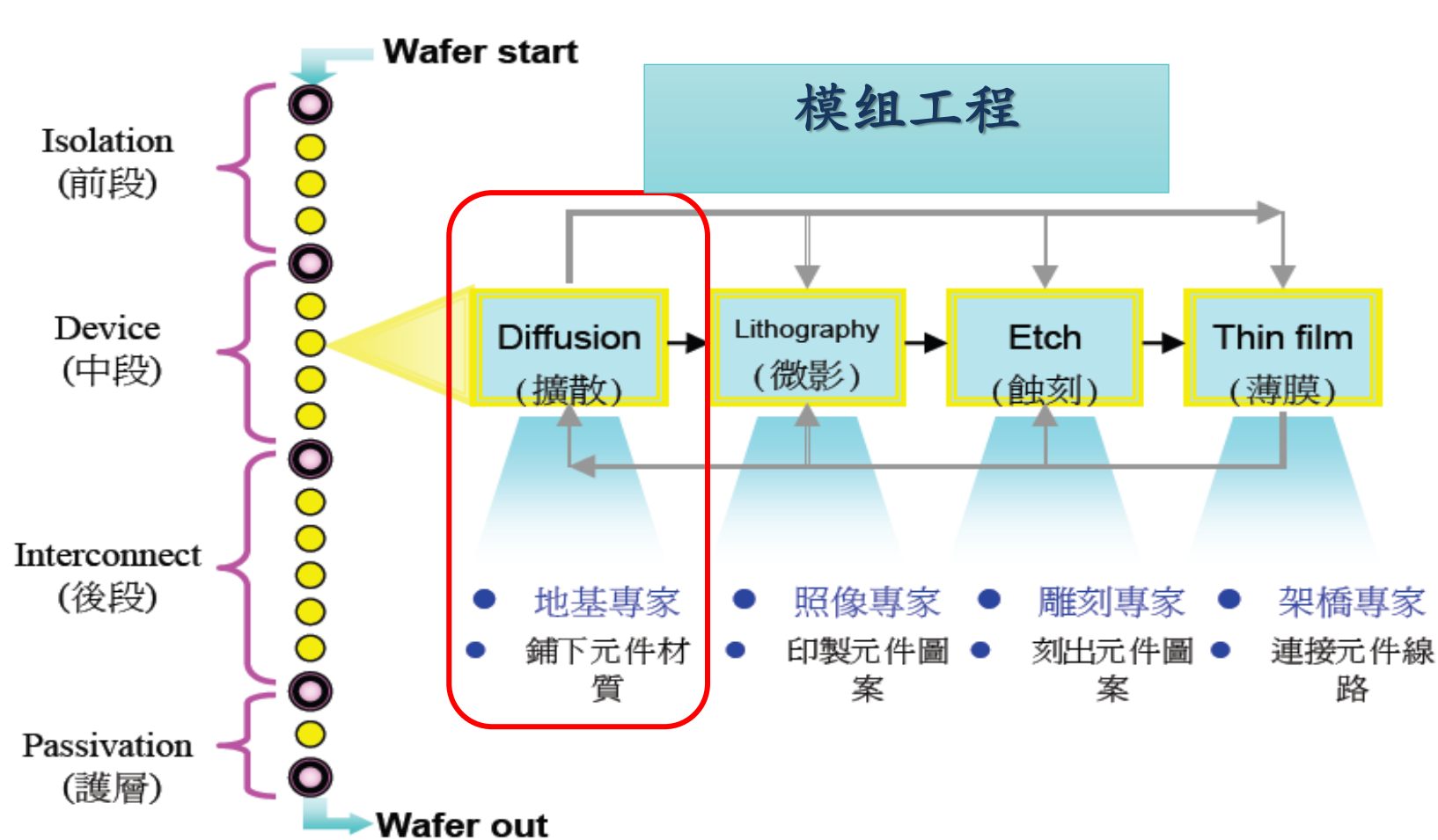
- 工艺简介
- 设备简介



扩散工艺简介



➤ 扩散工艺属于半导体制造的重要模块之一，主要是为集成电路制造提供掺杂、成膜及退火工艺。



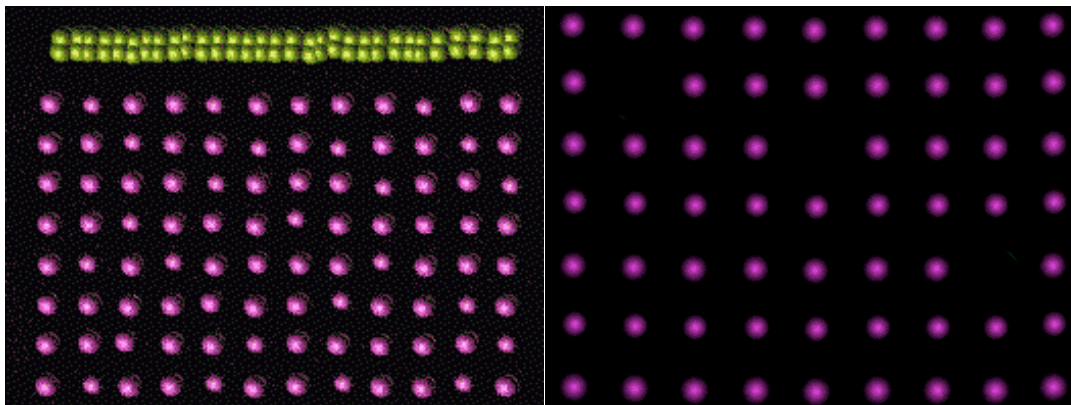


➤ 扩散工艺（俗称“炉管工艺”）属于半导体制造的重要模块之一，可从应用上分为两个部分：

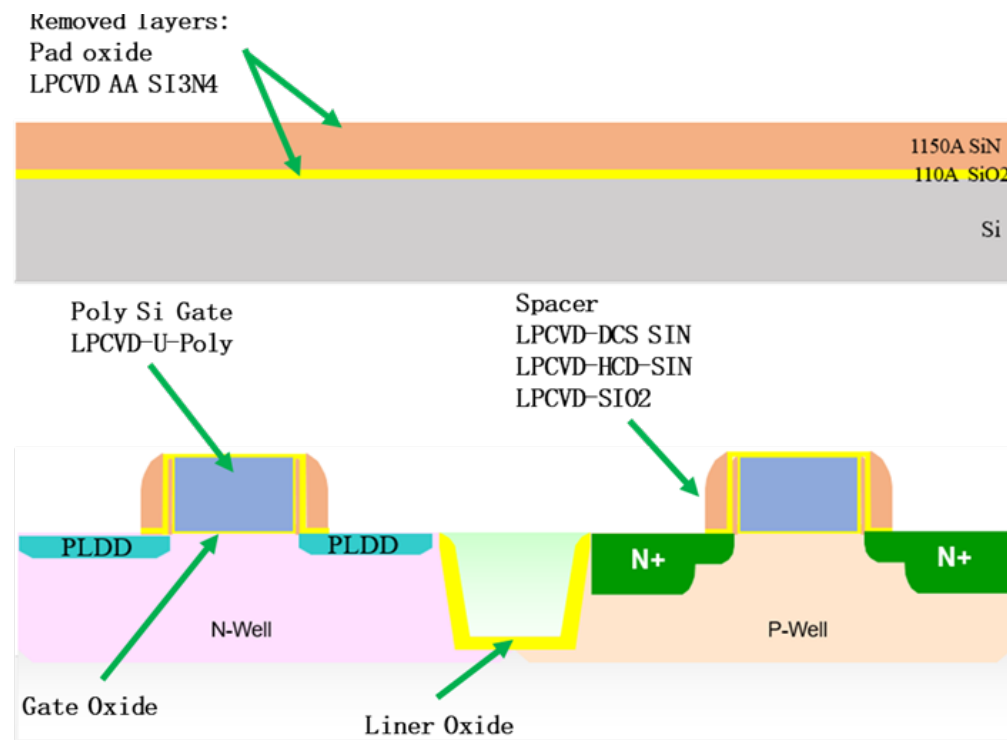
①利用扩散原理，通过一定时间的热过程，使掺杂杂质经热运动扩散到硅中的加工和处理方法（已基本采用离子注入工艺替代）。

②通过扩散炉管进行氧化层的热生长，氮化硅、多晶硅等膜质的热淀积，以及热退火也作为扩散工艺的一部分（当前主要应用）。

目前已基本采用离子注入工艺替代



杂质掺杂



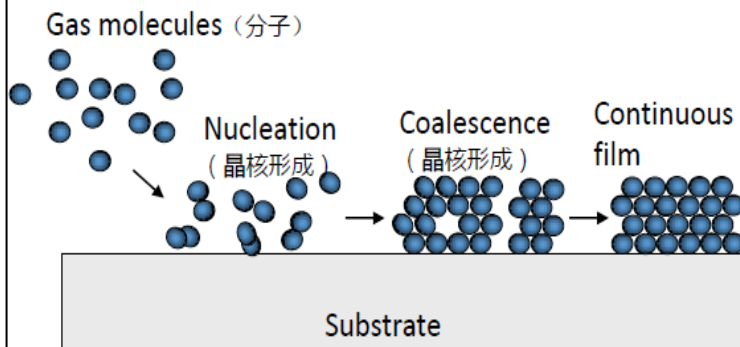
成膜及热退火



➤ 扩散工艺根据压力不同分为常压(AP: Atmosphere Pressure)和低压(LP: Low Pressure)两种:

- ① **常压工艺**, 就是在压力接近大气压条件下 (Atmospheric Pressure) 下进行工艺反应, 主要包含热氧化层的生长 (Oxide), 热退火 (Anneal), 合金 (Alloy) 等工艺。
- ② **低压工艺**, 即在低压情况下 (0.1-5.0 torr) 进行的化学气相沉积, 主要包括多晶硅 (Poly), 二氧化硅 (SiO₂), 氮化硅 (SiN) 等工艺。

➤ LPCVD: 将一种或数种气态物质, 在较低压力下, 用热能激活, 使其发生热分解或化学反应, 沉积在衬底表面形成所需绝缘薄膜、半导体薄膜、金属薄膜等。



反应生成的膜有很好的阶梯覆盖性, 且很好控制组成成分与结构, 无需载气, 大大降低颗粒污染源。

生长机理: 传输→吸附→反应→扩散

传输: 气体传输至沉积区域并生成膜先驱物

吸附: 膜先驱物吸附在硅片表面

反应: 反应生成固态物质和气态副产物

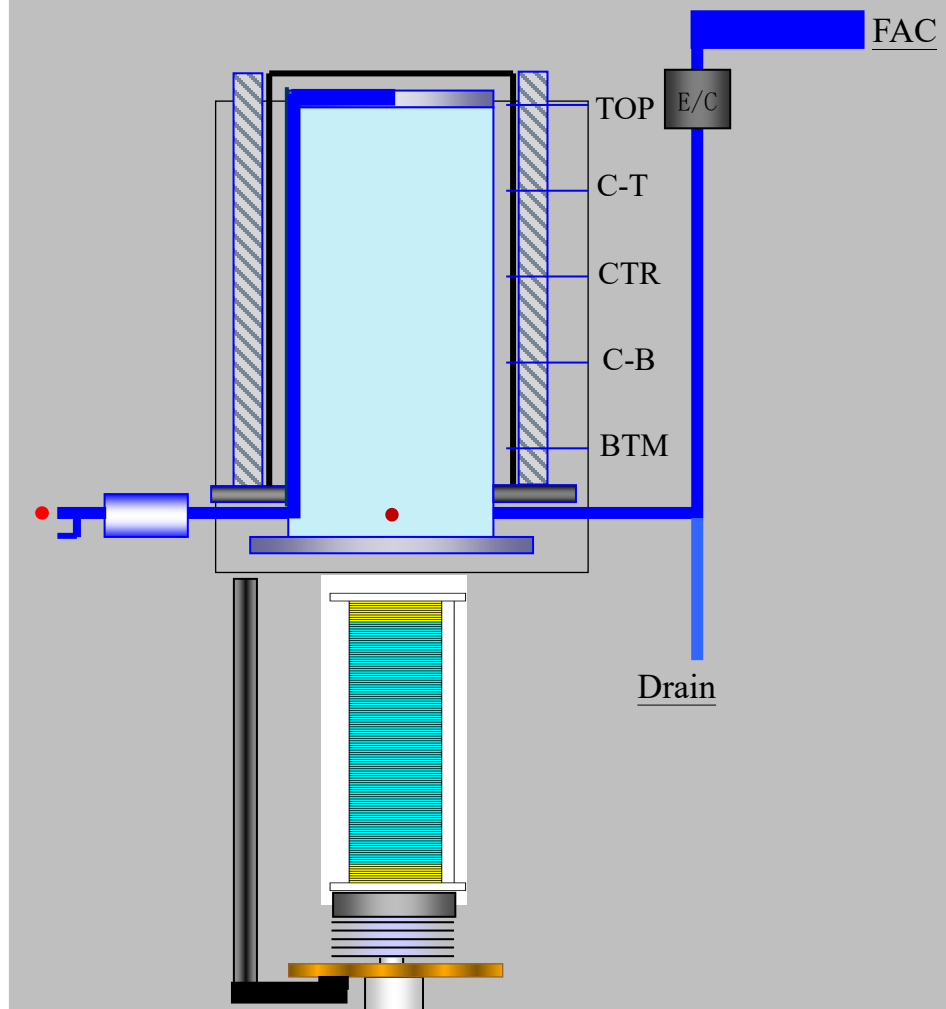
扩散: 固态物沉积扩散, 气态副产物移除

低压工艺

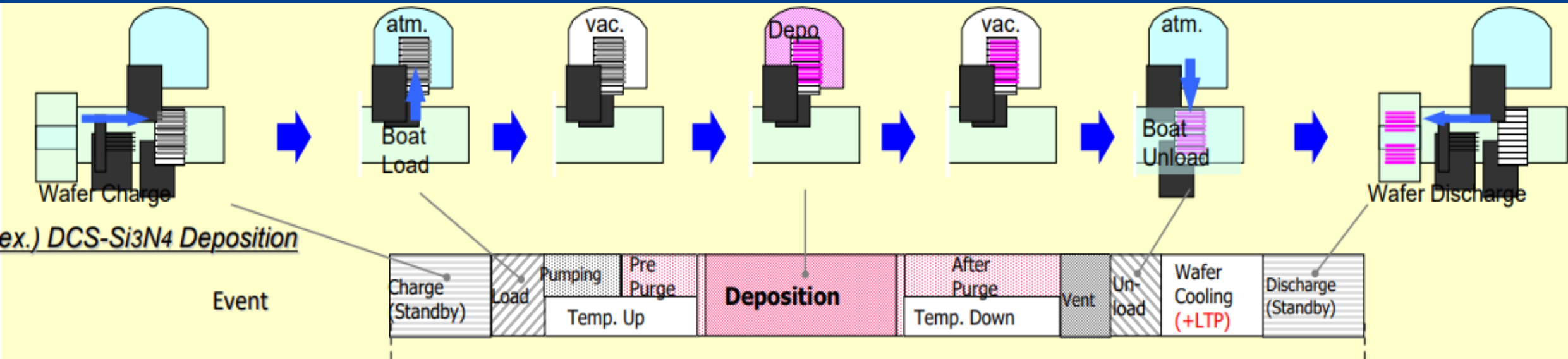
扩散工艺过程简介(AP)



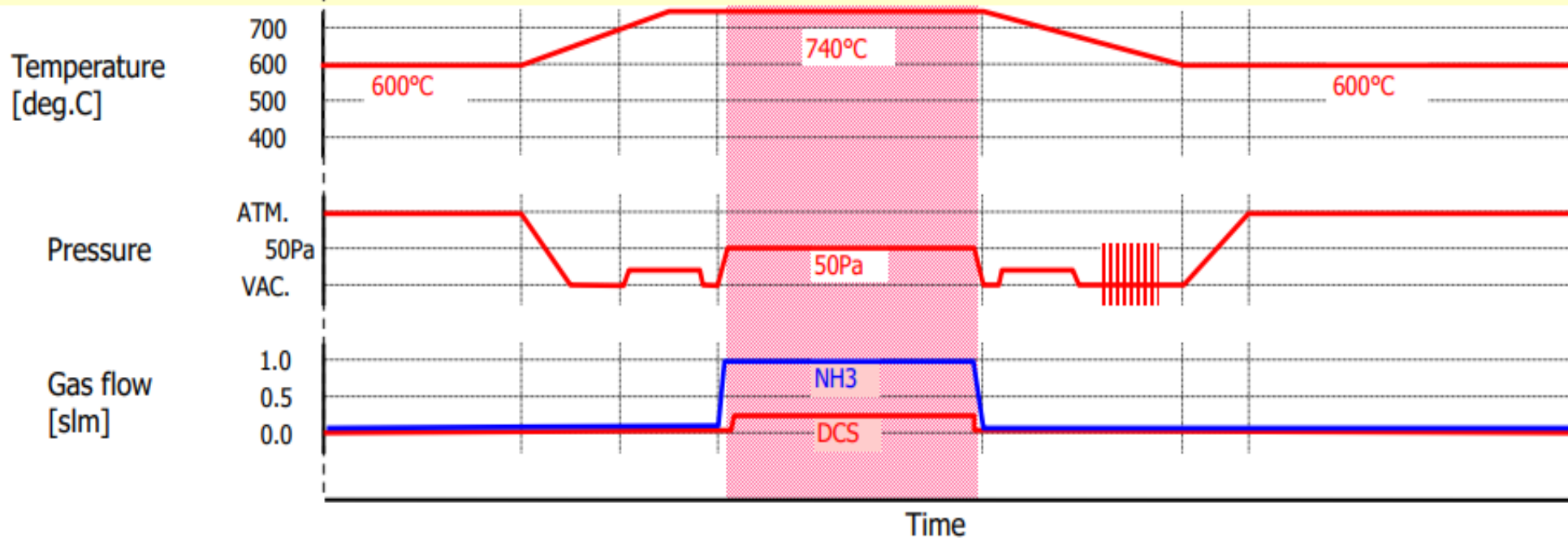
• 工艺过程示意图



扩散工艺过程简介 (LPCVD)



ex.) DCS-Si₃N₄ Deposition





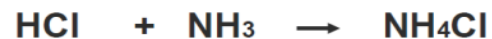
扩散工艺简介-低压工艺应用（氮化硅）



➤ 氮化硅工艺:

① *DCS-SIN* 工艺, 主要用于AASIN (760°C)、55nm Spacer1 SIN (650°C)。

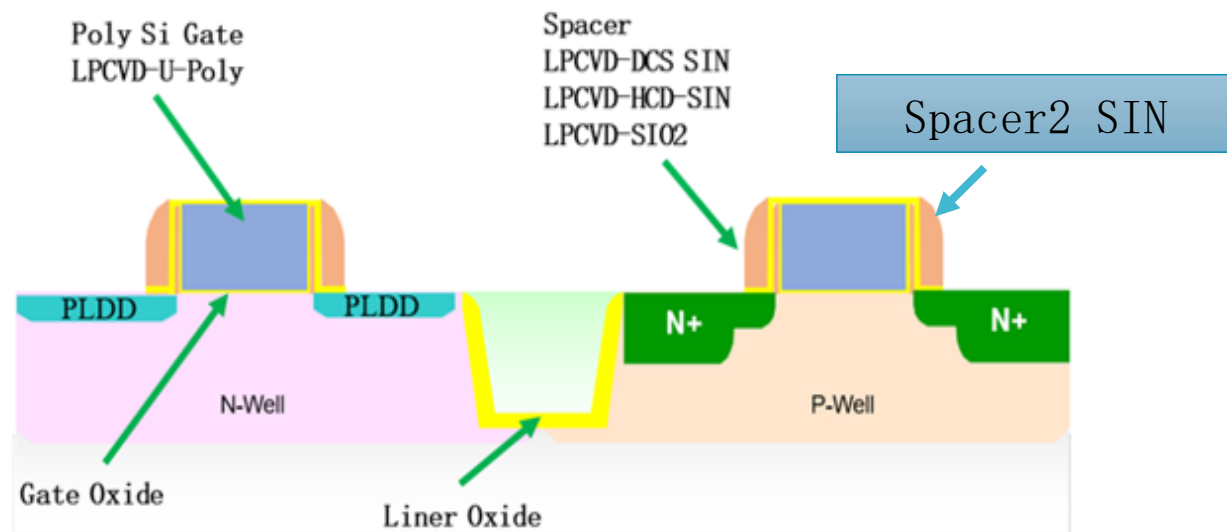
Chemical reaction



film

by-product

@HCD-SIN 工艺



扩散工艺简介-低压工艺（氮化硅）



➤ 氮化硅工艺差异:

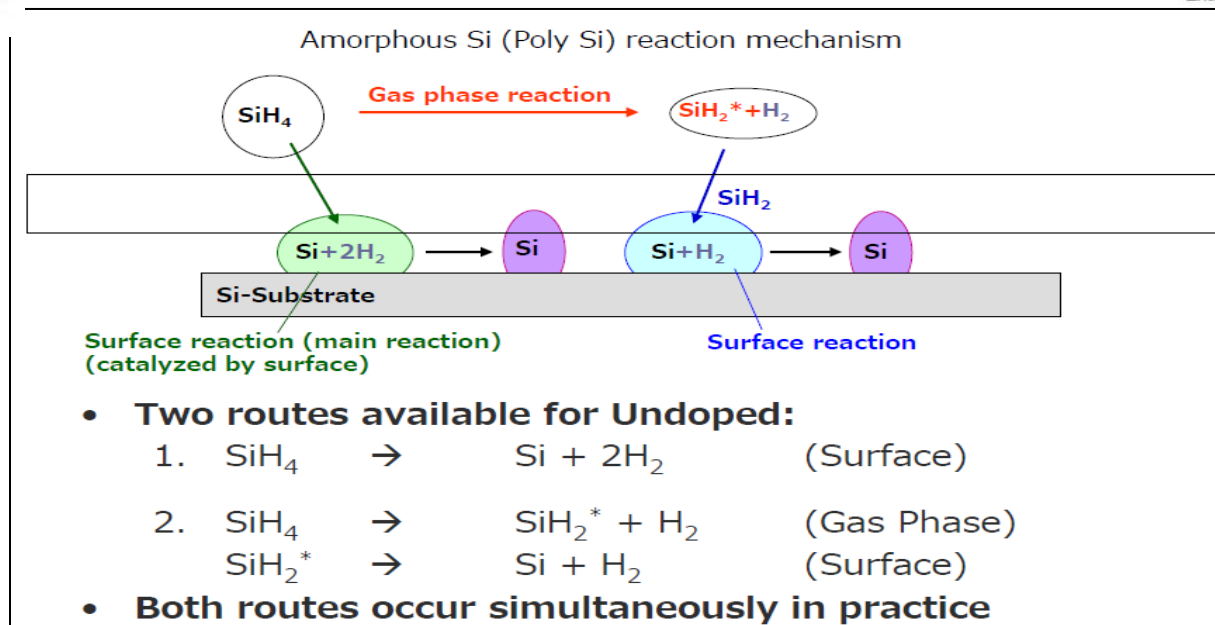
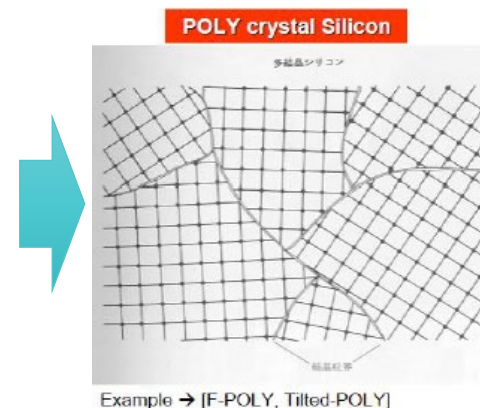
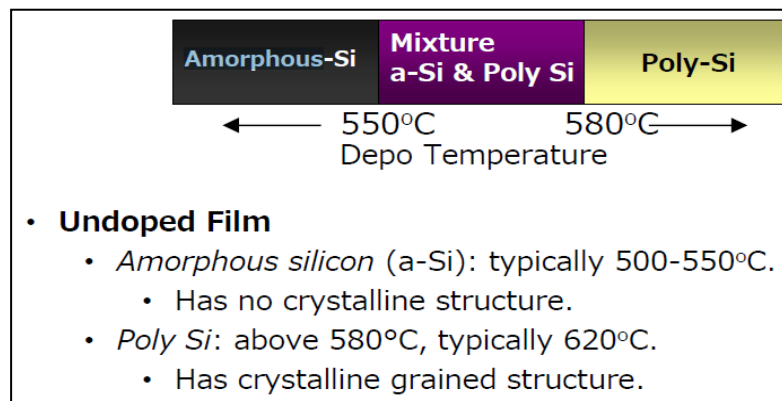
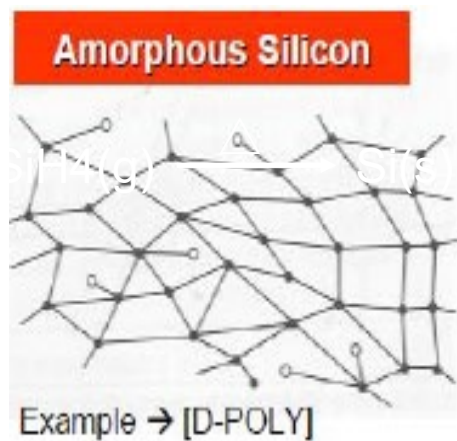
项目	高温DCS-SIN	低温DCS-SIN	HCD-SIN
工艺温度	760℃	650℃	580℃
工艺机型	TEL INDYPLUS		TEL FORMULA
机台费用	TEL FORMULA ≈ TEL INDYPLUS		
反应原理	DCS+NH3 化学气相沉积		HCD+NH3化学气相沉积
Running Cost	HCD-SIN > 低温DCS-SIN ≈ 高温DCS-SIN		
PRD Batch Size	125	125	50
WPH(同等膜厚)	低温DCS-SIN > 高温DCS-SIN > HCD-SIN		
WIW U%	<3%	<1.5%	<3%
Batch WTW Range	Target±15A	Target±5A	Target±3A
Step Coverage	HCD-SIN(100%) > 低温DCS-SIN > 高温DCS-SIN		
WER(200:1HF)	1.59 A/min	2.16 A/min	15.24 A/min
应用工艺	LP AA-SIN	SP1-DEP	LP SP2-DEP

扩散工艺简介-低压工艺应用 (Ploy)



➤Poly工艺:

多晶硅工艺, 主要用于55nm产品P1DEP (620°C)

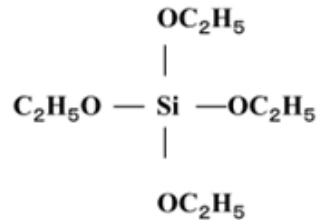




➤ 低压化学气相沉积氧化硅工艺反应气体及反应方式

TEOS工艺，主要用于55 Spacer（580℃）

TEOS (= **T**etra**e**thoxy**s**ilane)



1) Liquid at ambient Temperature

Boiling Point = 169 °C

2) Excellent Thermal Stability

Decomposition Temperature > 550 °C

3) Non Pyrophoric

4) Easier and Safer for handling than SiH₄

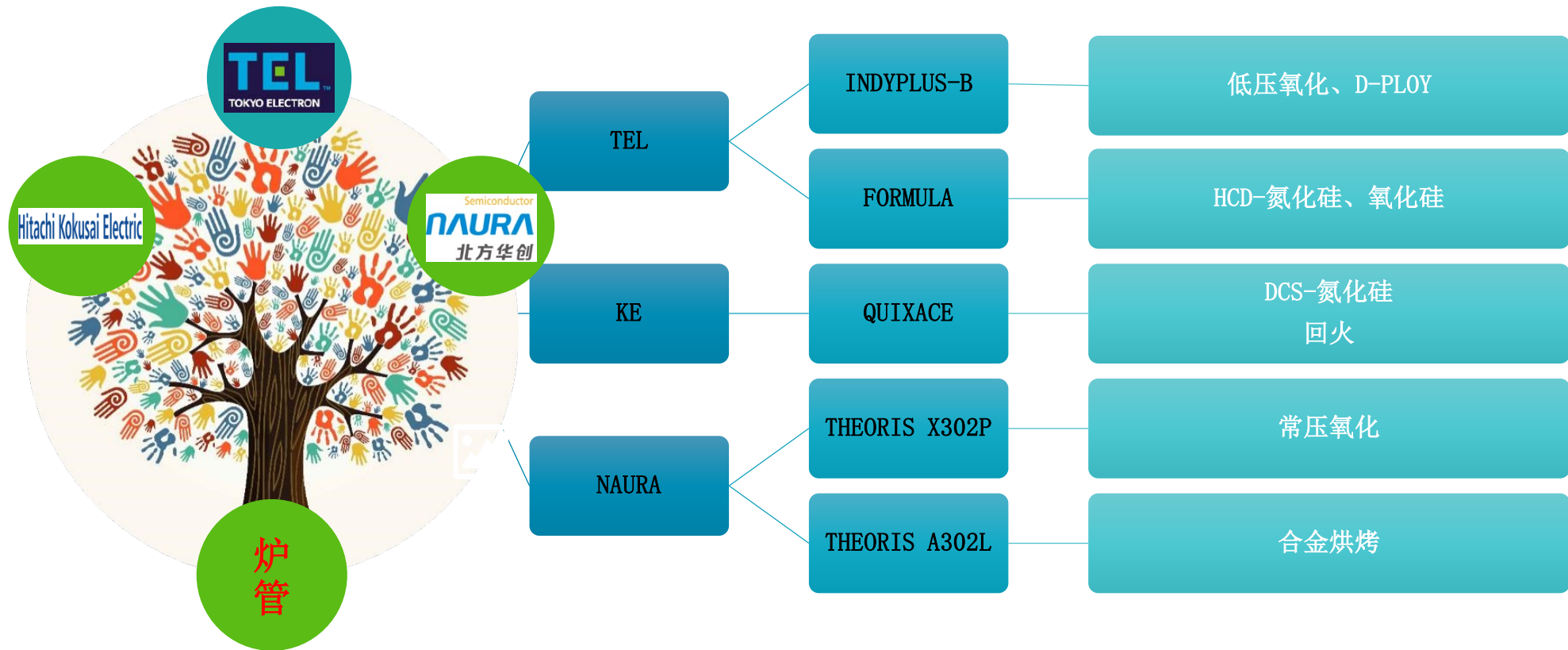


Film, by-product

扩散设备简介



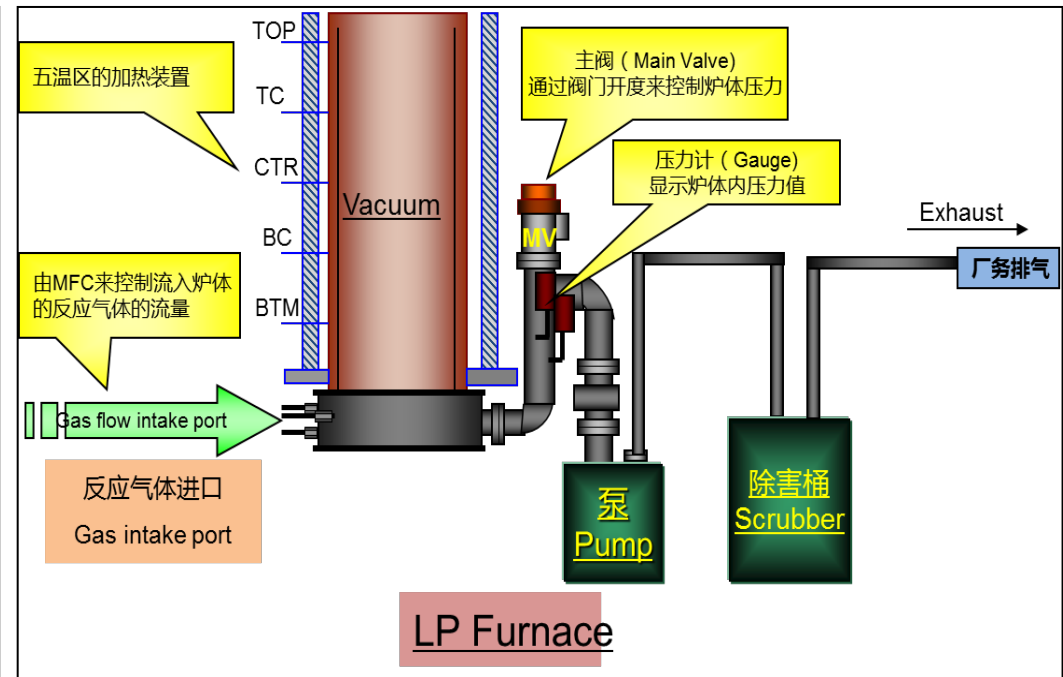
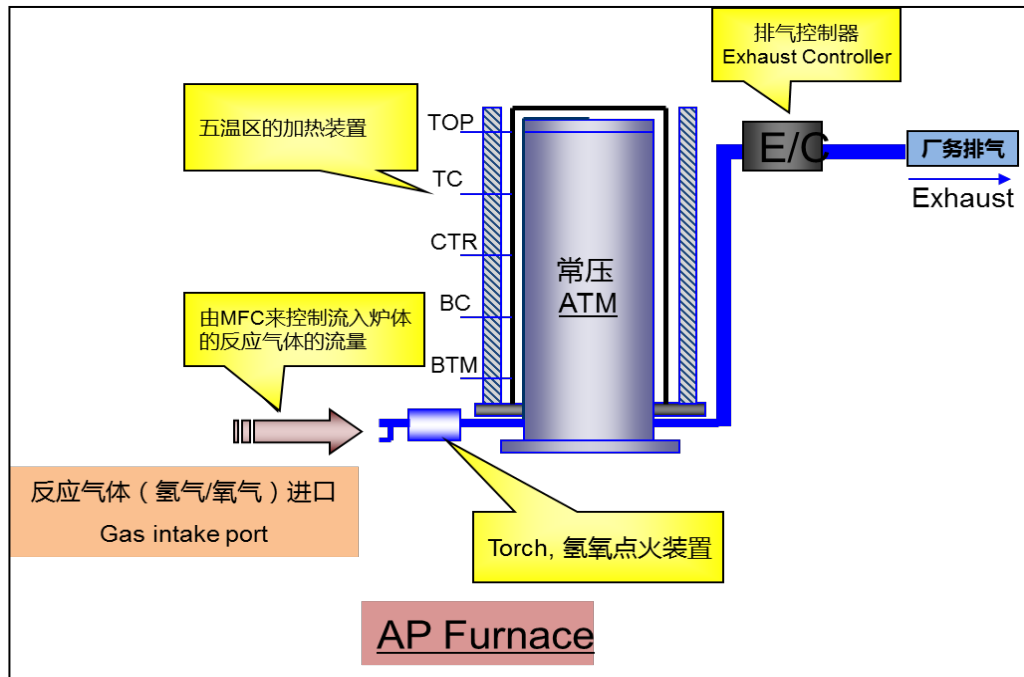
- 扩散工艺设备主要由日本东京电子有限公司（TEL）、日立国际电气有限公司（KE）和国产北方华创（NAURA）提供。





➤ 扩散工艺设备分为常压AP和低压LP两种。

- ① **常压炉管**，就是在压力接近大气压条件下 (Atmospheric Pressure) 下进行工艺反应，主要包含热氧化层的生长 (Oxide)，热退火 (Anneal)，合金烘烤 (Alloy) 等工艺。
- ② **低压炉管**，即在低压情况下 (0.1-5.0 torr) 进行的化学气相沉积，主要包括多晶硅 (Poly)，氧化硅 (SiO_2)，氮化硅 (SiN)。
- ③ 低压炉管与常压炉管的区别在于：低压炉管的设备有一组用来提供反应之真空度的**真空泵 (Vacuum Pump)**及用于处理反应气体的**尾气处理器 (Local Scrubber)**。





➤ 高产能设计

最多可同时作业125枚（5 lots）硅片
新型高速机械手设计
硅片冷却系统改良

➤ 可实现双批次预约作业

内置18个FOUP存储位置，可实现一个批次作业，另一批次在设备内等待的功能。（A/B batch function）

➤ 气体管路集成系统（1.125inch W-Seal IGS）

有效节省气体管路排列空间
配件模块化，易维护

➤ 双操作屏设计，便于维护作业时操作

液晶屏式气路控制面板，更直观

➤ 先进的设备群组管理系统（AGC）

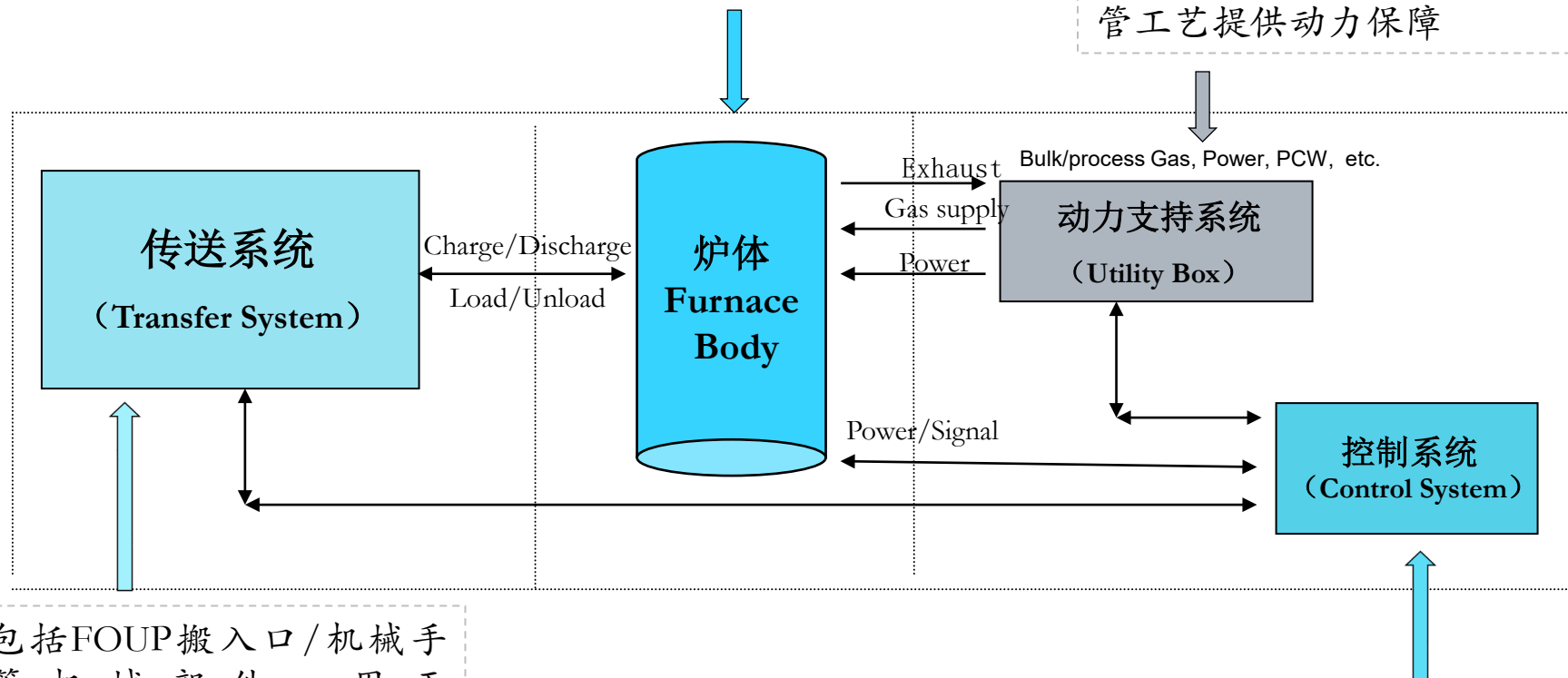


扩散工艺设备简介



包括加热器(Heater)/石英管等部件，是硅片进行工艺的腔体

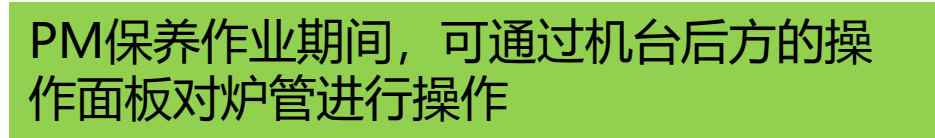
扩散炉水/电/气供应系统，为炉管工艺提供动力保障



包括FOUP搬入口/机械手等机械部件，用于FOUP/Wafer的搬送

用于炉管作业的控制，包括Recipe的编辑管理，炉体温度的控制，机械动作的控制，工艺参数的实时记录等

➤ 液晶屏式气体管路系统 (FDP Gas Flow Chart)

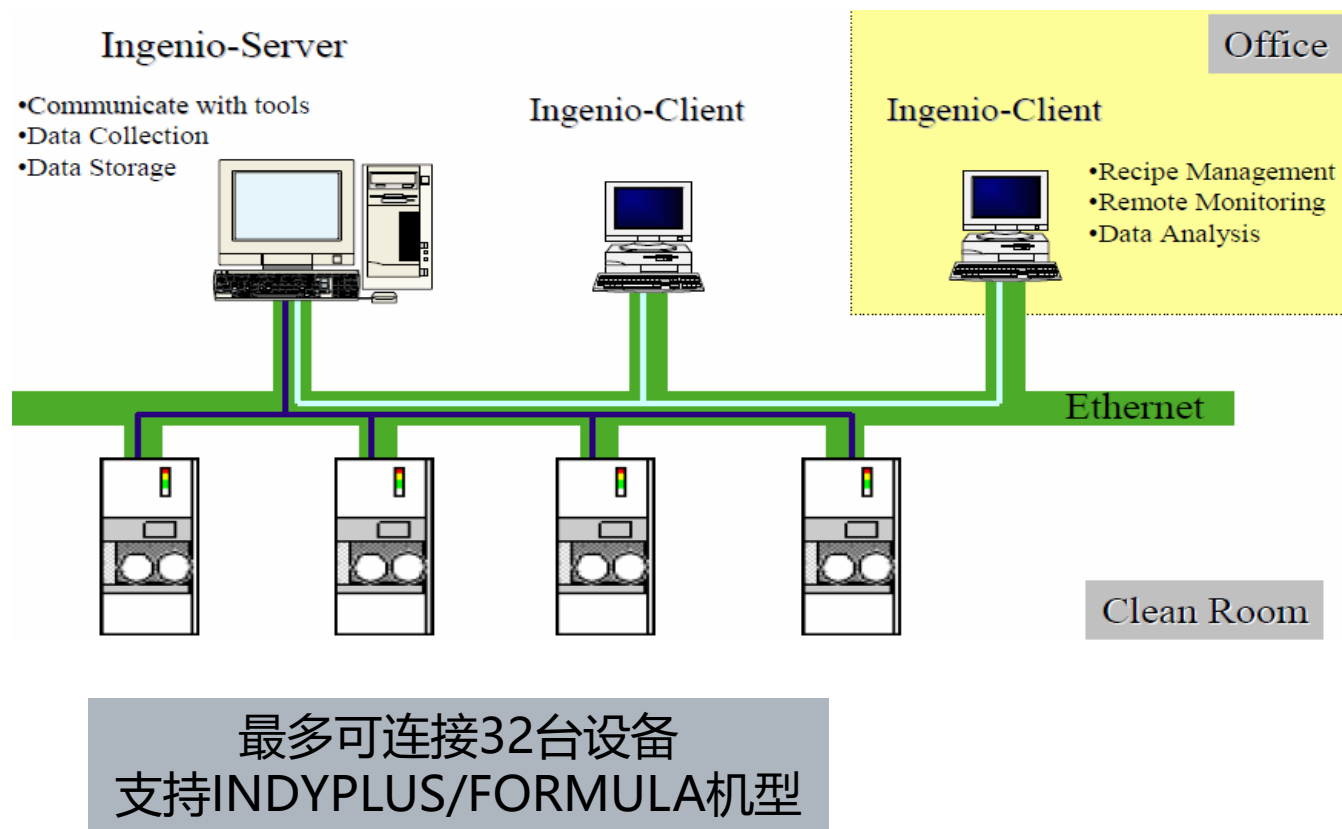


扩散工艺设备简介(TEL)



➤ 设备群组管理系统 AGC (Advanced Group Controller)

- ✓ 实时监控设备状态 (Tool Monitoring)
- ✓ 工艺程式的远程编辑 (Recipe Management)
- ✓ 数据收集及存储 (Data Collection & Analysis)



Step	StepName	Group	Current	CS	TVS	Step Time	Temperature	Temp Control Mode	Loop/Count
1	LOAD PP					00:10:00	0.0	Ratio Mix	
2	WAIT	1		CS	TVS1	00:02:00	120.0	ART-0(Setpoint)	
3	PRE DEPO	1		CS	TVS2	00:10:00	300.0	ART-0(Setpoint)	
4	DEPO	1	X	Proc.	TVS3	00:30:00	350.0	ART-0(Setpoint)	
5	COOL DOWN	1		CS	TVS4	00:10:00	150.0	ART-0(Setpoint)	
6	TEMP RECOVERY					00:03:00	0.0	Ratio Mix	
7	UNLOAD					00:00:00	0.0	Ratio Mix	
8	END					00:00:00	0.0	Ratio Mix	
9"						00:00:00	0.0	Ratio Mix	
10"						00:00:00	0.0	Ratio Mix	
11"						00:00:00	0.0	Ratio Mix	
12"						00:00:00	0.0	Ratio Mix	
13"						00:00:00	0.0	Ratio Mix	
14"						00:00:00	0.0	Ratio Mix	
15"						00:00:00	0.0	Ratio Mix	
16"						00:00:00	0.0	Ratio Mix	

Depo Step
Add Depo Clear Depo Set Current

Power (%)	Control	Set	Target	Ramp.	Wafer Center	Wafer Edge	Tube Inner
0.0	200.0	200.0	200.0	20.000	0.0	0.0	0.0
0.0	200.0	200.0	200.0	20.000	0.0	0.0	0.0
0.0	200.0	200.0	200.0	20.000	0.0	0.0	0.0
0.0	200.0	200.0	200.0	20.000	0.0	0.0	0.0
0.0	200.0	200.0	200.0	20.000	0.0	0.0	0.0

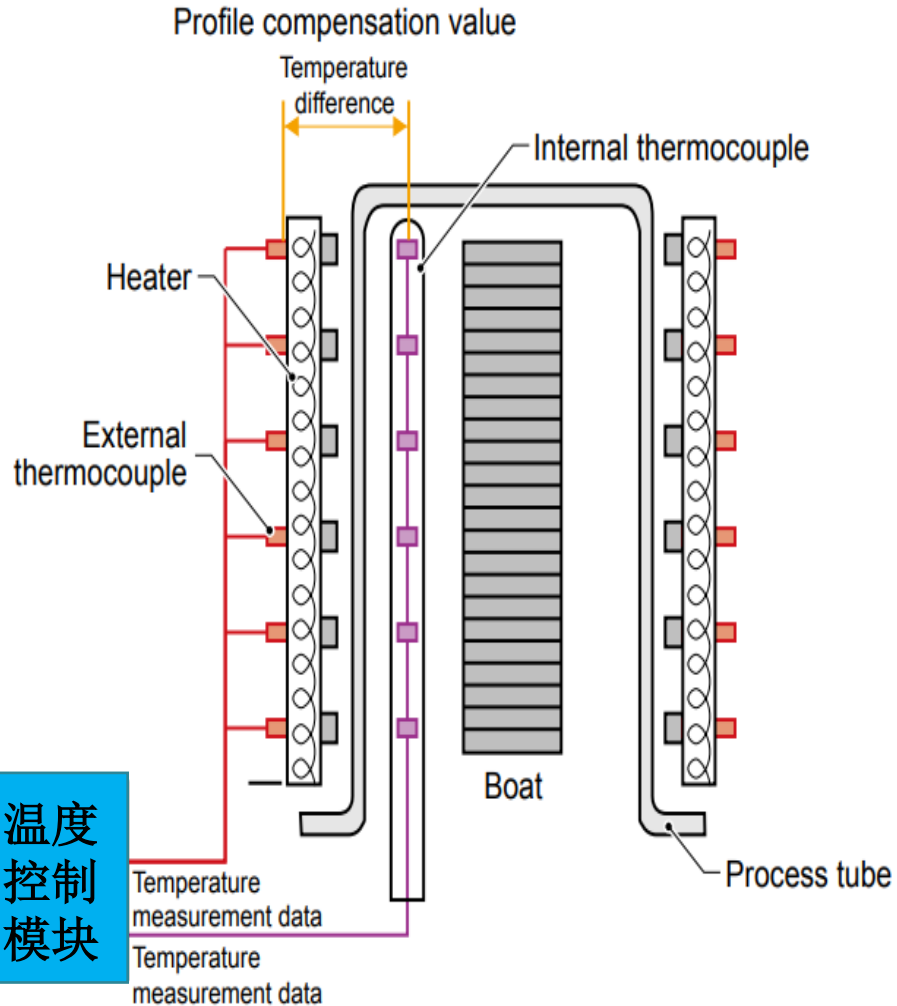
(deg.C) (deg.C/min) (deg.C)

Inner T/C	Profile T/C	Control Mode	Profile Table	Outer T/C
200.0	200.0	Cascade	None	200.0
200.0	200.0		Ratio Mix Table	200.0
200.0	200.0			200.0
200.0	200.0			200.0
200.0	200.0			200.0

Print Temperature Voltage Done



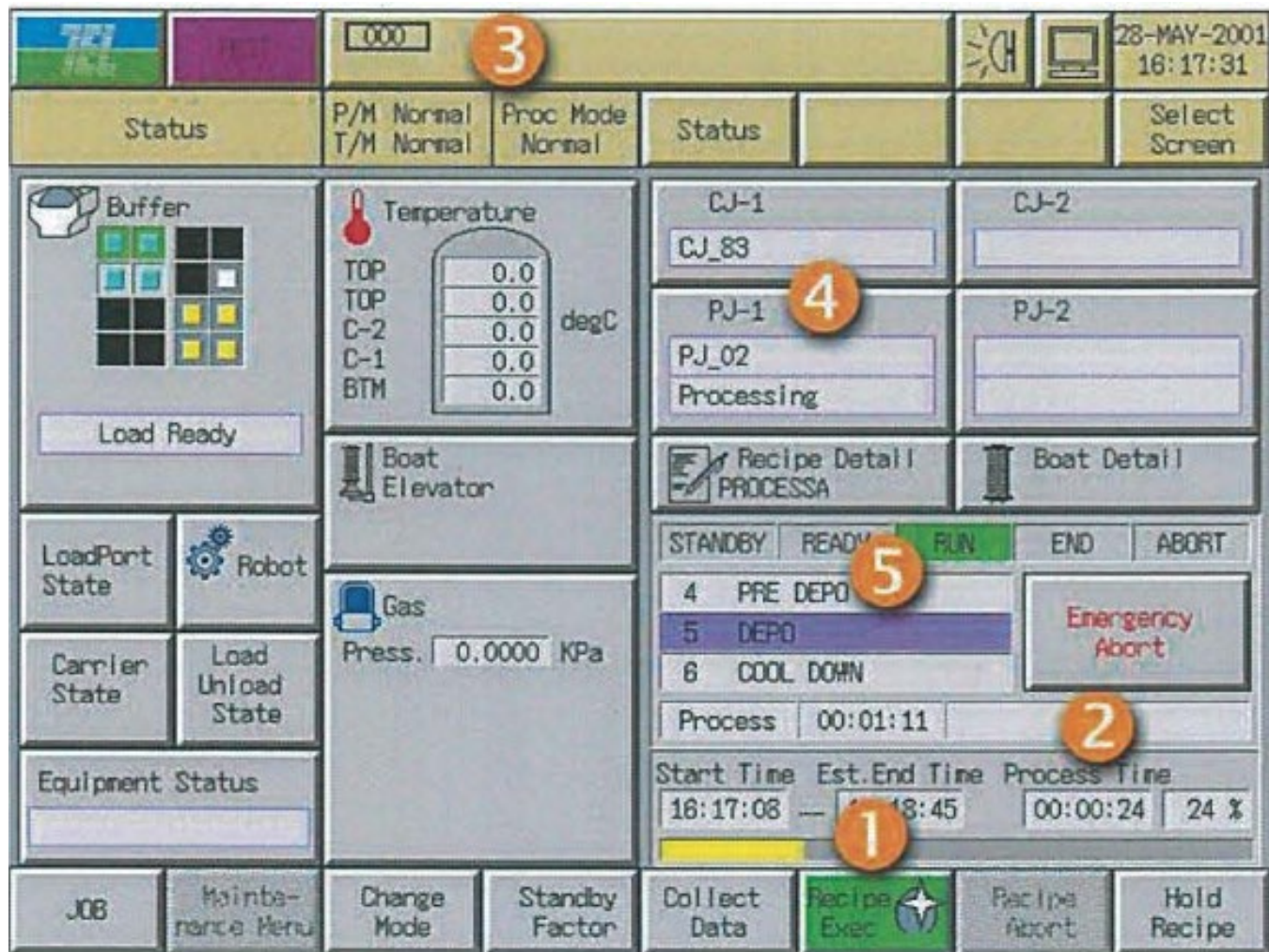
➤ TC: 用以检测温度的热偶



结构:炉丝螺旋绕制, 分五段温区, 单段独立PID控温, 由绝缘子加穿杆支撑。

Profile TC	用于确定恒温区, 确定offset值, 有5个测试点, 安装于内管内部, 尽量贴近Wafer的安装位置,实际工艺时会拆除。
Inner TC	多用于实际工艺中的温度控制, 安装于内管内边缘处或内外管之间, 同Profile TC有5个测试点位 (工艺管法兰装配体有TC插口) 。
Outer TC	用于炉丝区域温度检测, 备用控温等, 安装于加热丝附近。(A,B双TC)
Flatzone TC	拉Flat zone才用得到。用于量测炉体恒温区实际长度及精度并实施调整, 安装于工艺门开孔处。 目标: $(Target - 1 < Flat\ Zone < Target + 1)$ 实际: $(Target - 0.5 < Flat\ Zone < Target + 0.5)$

扩散工艺设备简介(TEL)



按钮	功能
	按[Buffer]按钮显示 storage 状态的详细资料。
	按[Load Port State]按钮显示 load port 的状态。
	按[Robot]按钮显示自动化系统的初始状态。如果自动操作已被初始化, 本按钮呈灰色。如果自动操作需要被初始化, 本按钮呈黄色。
	按[Carrier State]按钮显示 carrier 状态的详细资料。
	按[Load Unload State]按钮显示 carrier loading 和 unloading 的队列。
	Equipment Status 区域显示工具的工作状态。
	按[Temperature]按钮显示加热器温度的详细资料。
	出现报警讯息时, 报警讯息按钮显示报警讯息的数目以及最后一次报警的编号和讯息。报警时按钮以红色闪烁, 警告时按钮以黄色闪烁。按报警按钮显示《Alarm List》屏幕, 该屏幕上有每个报警的详细资料。
	出现报警讯息时, 会响起蜂鸣声, 蜂鸣按钮以紫色闪烁。按本按钮关闭蜂鸣声。

➤ IGS: Integrated Gas System 模组化气体供应系统

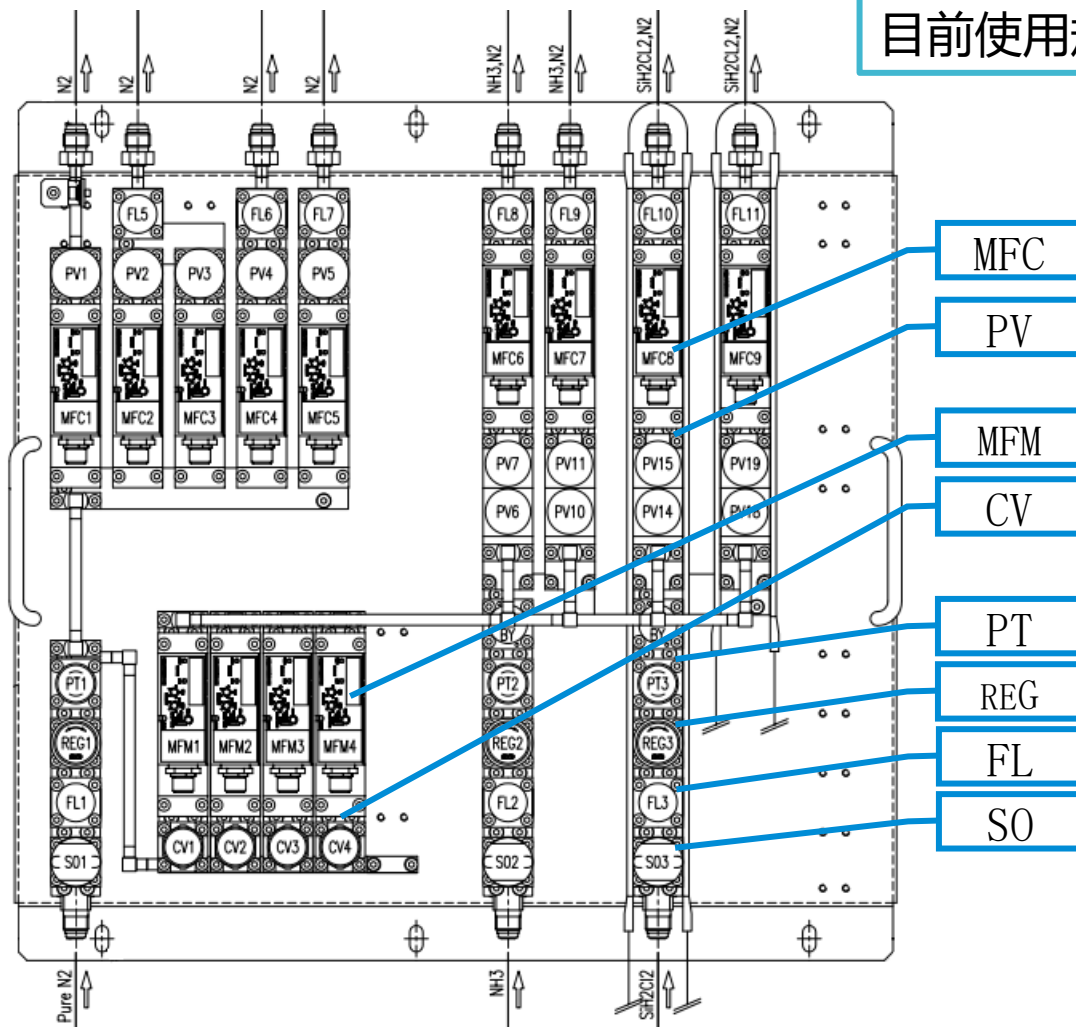
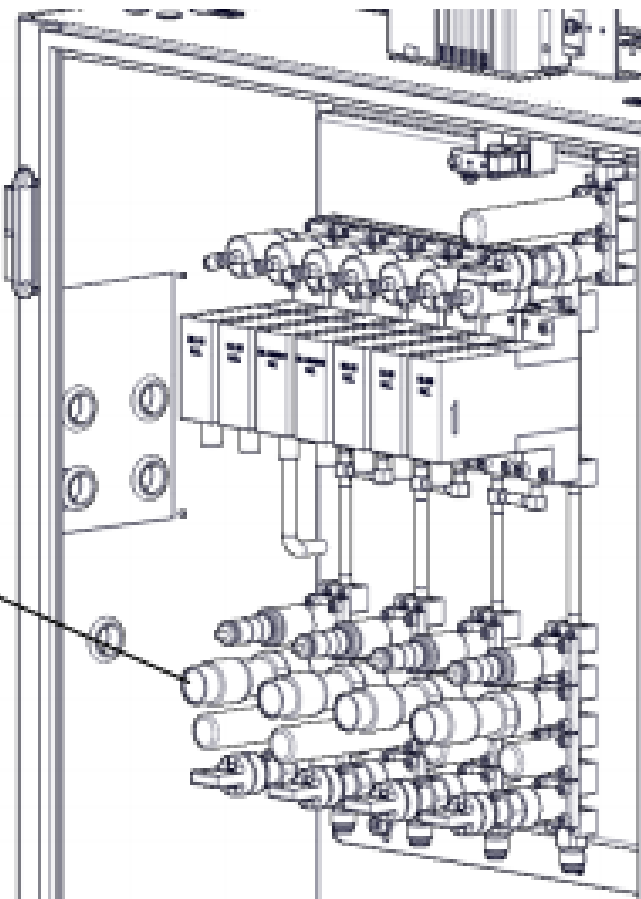
目前使用规格: 1.125 W Seal IGS

主要包含部件:

1. MFC: 气体流量控制器
2. PV : 气动阀
3. MFM: 气体流量计
4. CV : 单向阀
5. PT : 压力传送器
6. REG: 调压阀
7. FL : 过滤器
8. SO : 手阀

特点:

1. 节省空间, 密封性好
2. 安装、维护效率高
3. 元件标准化, 可替换性强

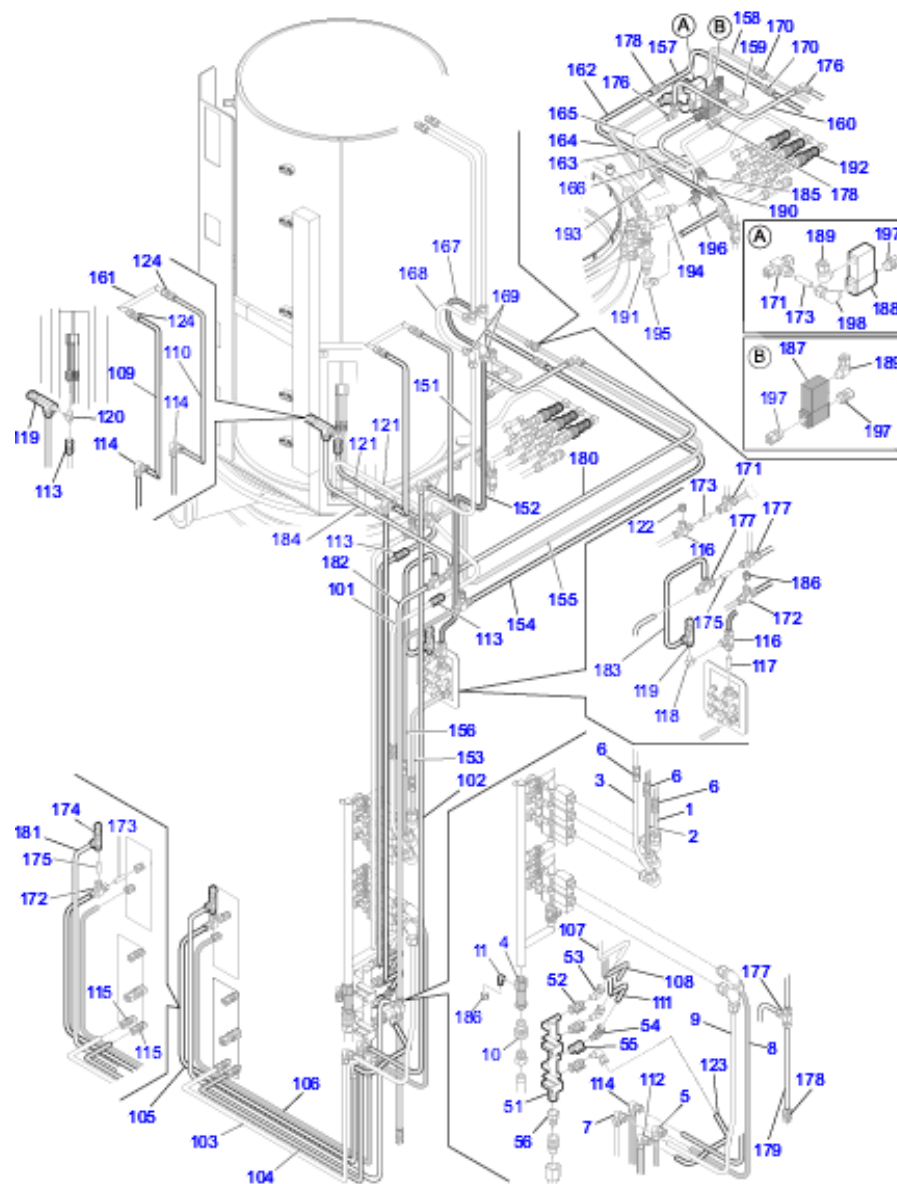




► Cooling water:

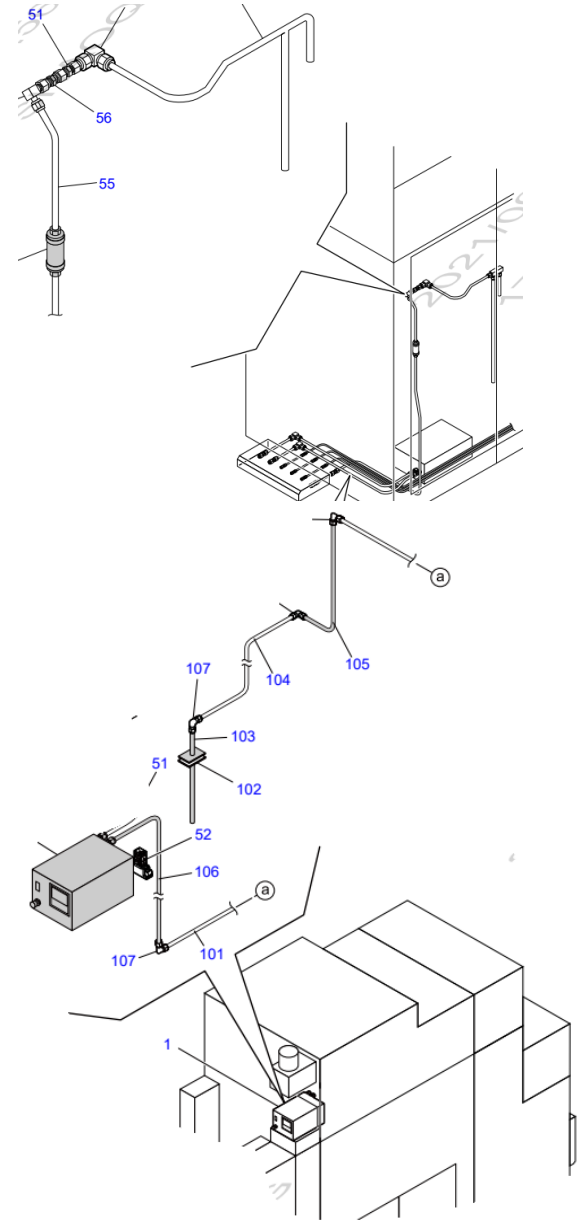
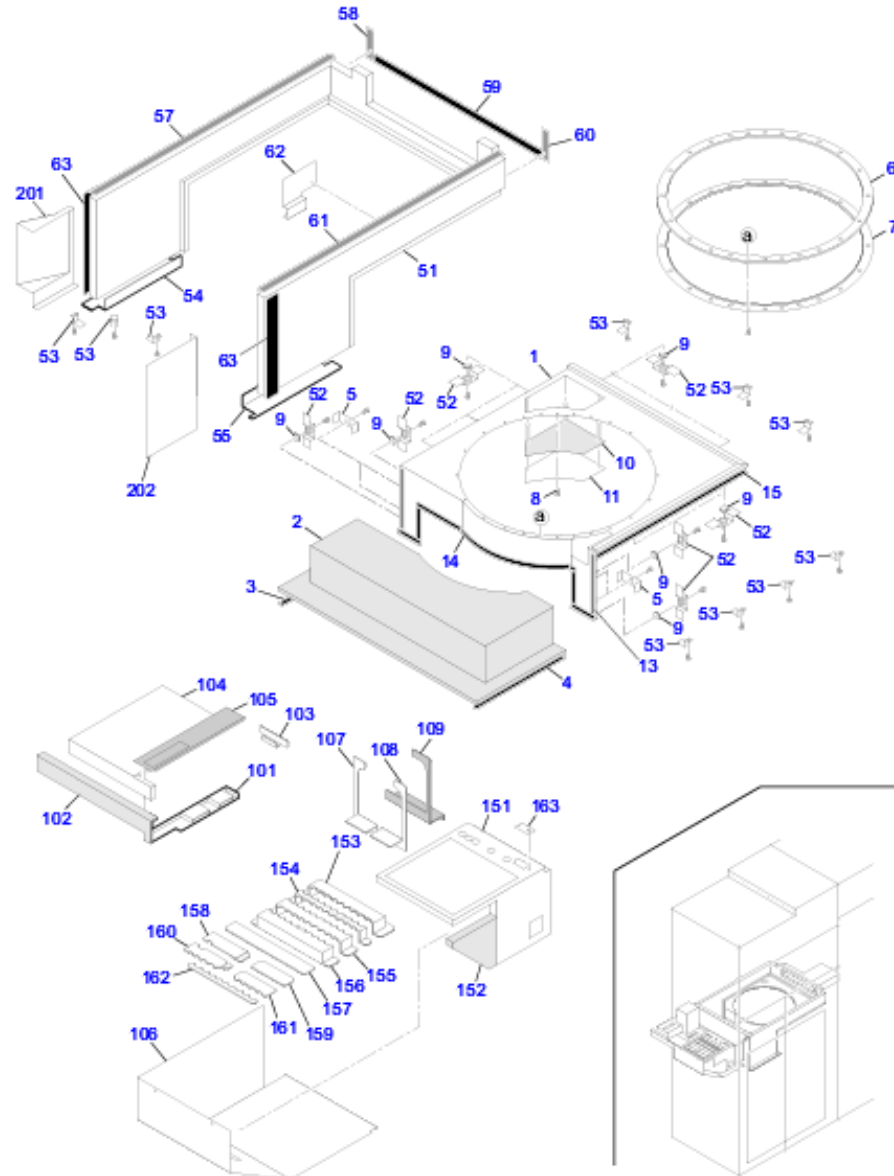
炉管为高温机台，其各处密封接触面需冷却水进行冷却，防止O-ring; Parts等部件过热受损，其中包括：

1. Heater
2. Manifold
3. Cap
4. Shutter

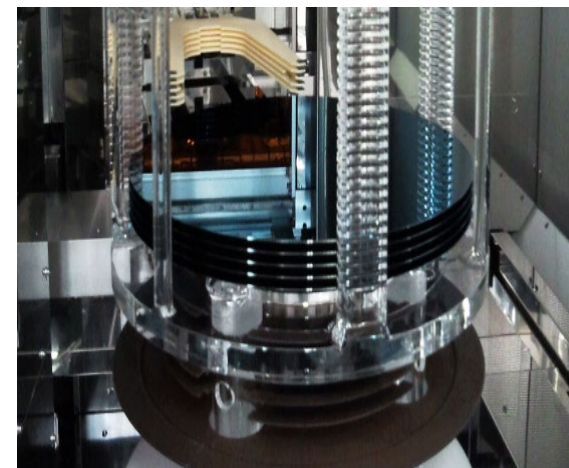
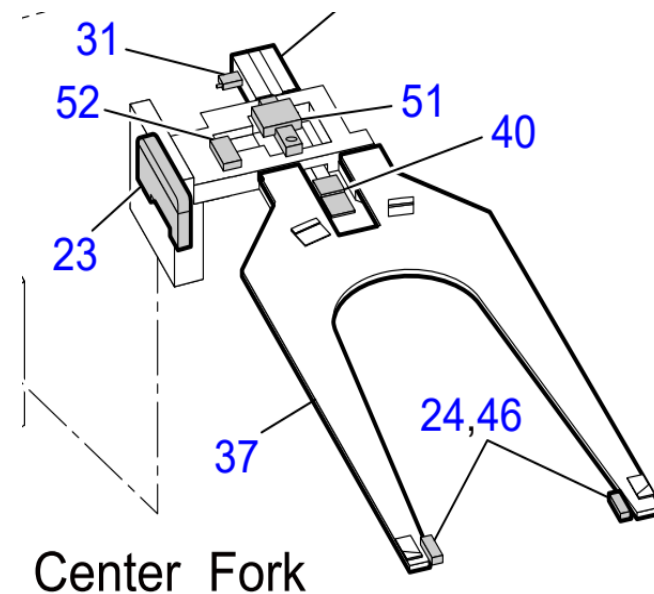
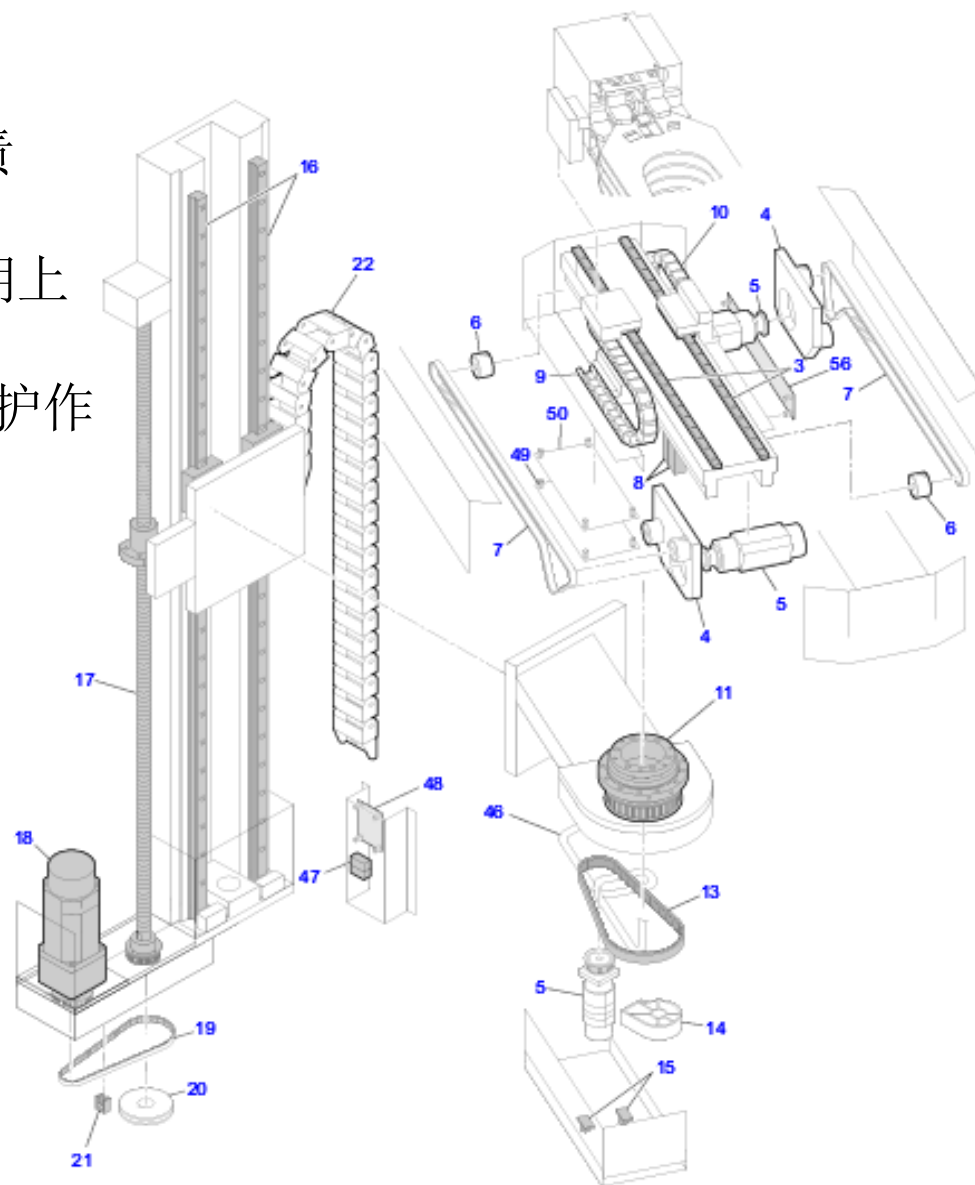


➤ Scavenger cover:

根据产品特性，为防止产品在炉管工艺处理前，尽可能避免暴露在空气中，造成wafer表面膜质的自然氧化，所以炉管机台会有N₂ L/L功能（控制wafer在装载区域的O₂浓度），就是靠scavenger cover对loading area进行密封，充斥N₂来控制所需的O₂浓度



炉管机台的Wafer传送装置，负责Wafer的装载动作
Z轴和transfer Arm的丝杆需定期上油维护
Fork为陶瓷材质，受力易碎，维护作业时需用cover保护

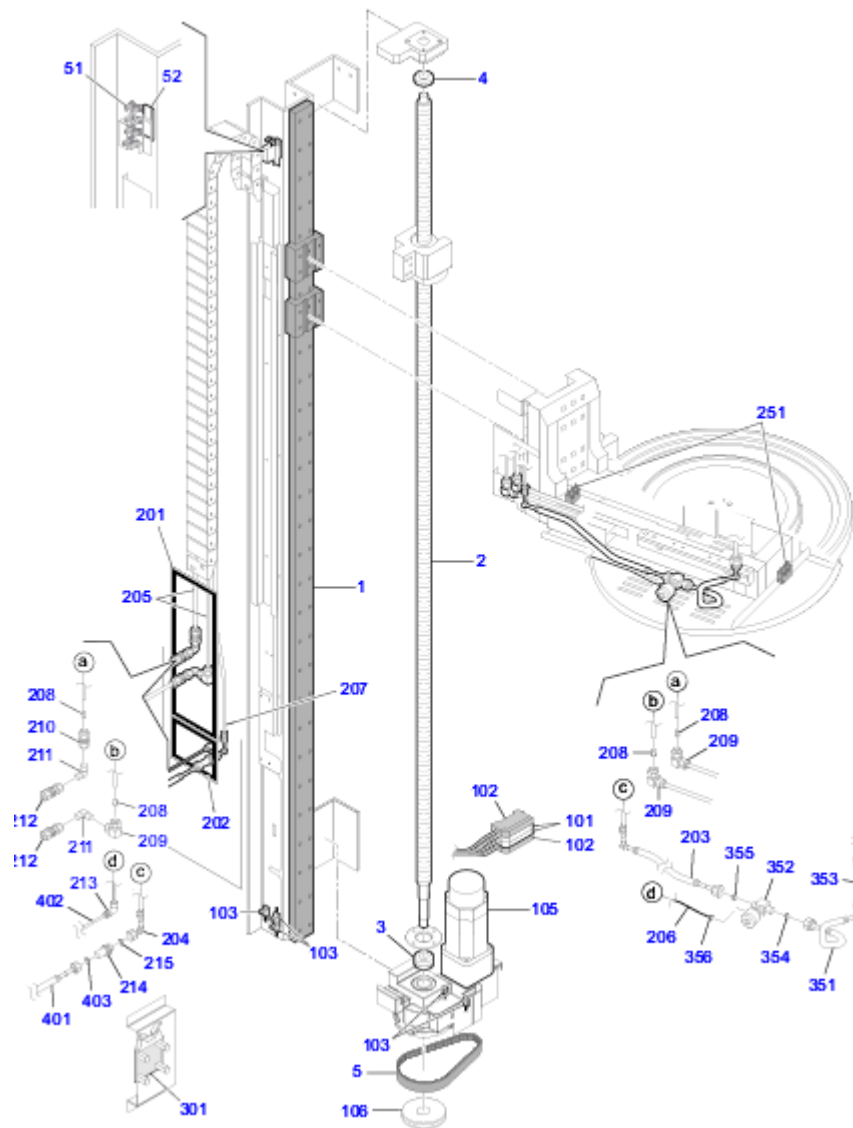




➤ Boat Elevator:

炉管机台的Boat传送装置，负责Boat的升降动作

Z轴的丝杆需定期上油维护

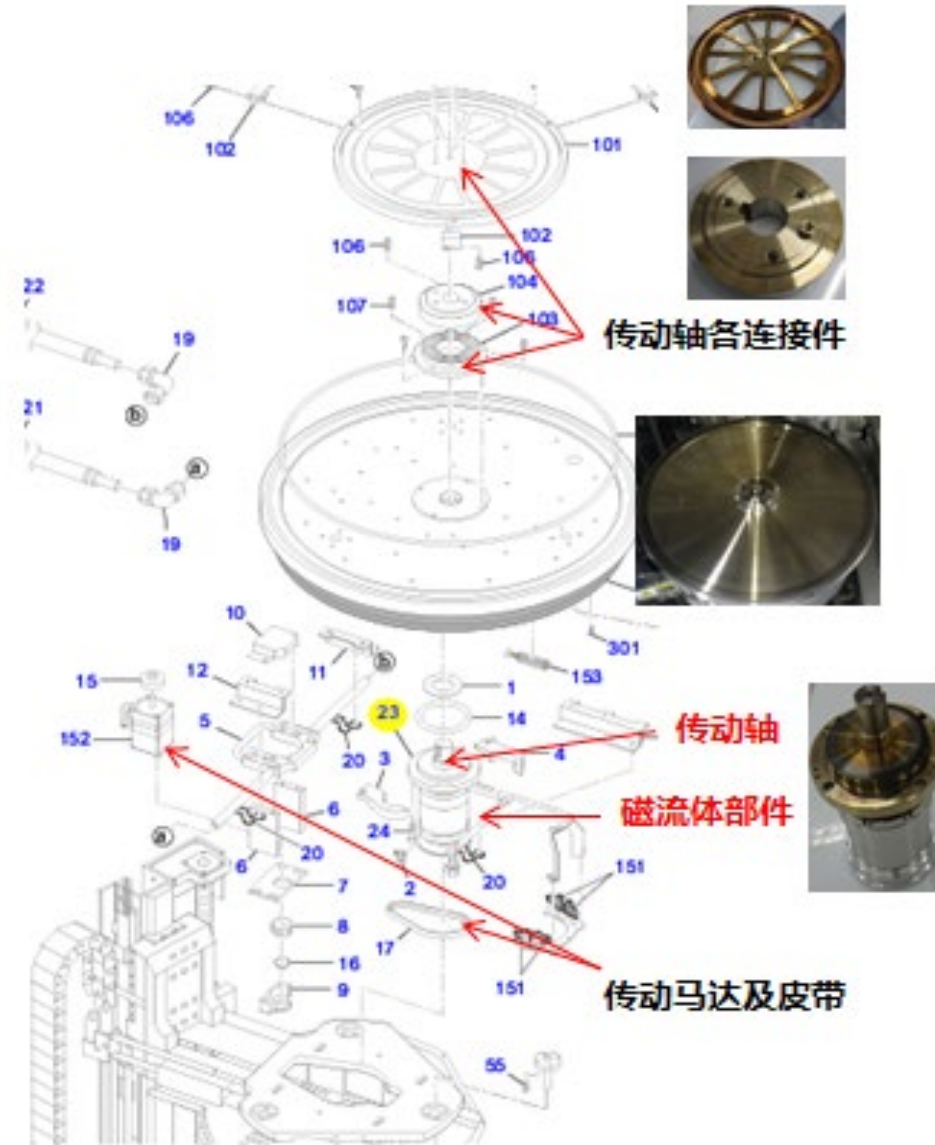




➤ Cap:

炉管机台的Boat承载装置

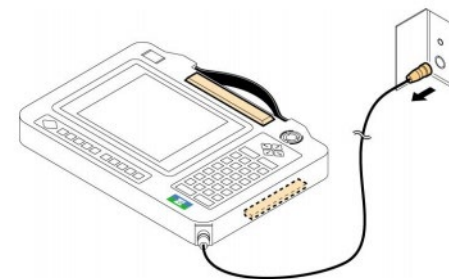
Cap中间孔洞为磁流体安装位置，通过对伺服马达的控制，使马达带动皮带，皮带连接磁流体上的传动轴部件进行转动，传动轴通过Cap孔洞连接Tube内部各传动部件，最终带动Boat进行旋转动作，而磁流体就是对传动轴部件处的密封应用，防止连接处真空破坏



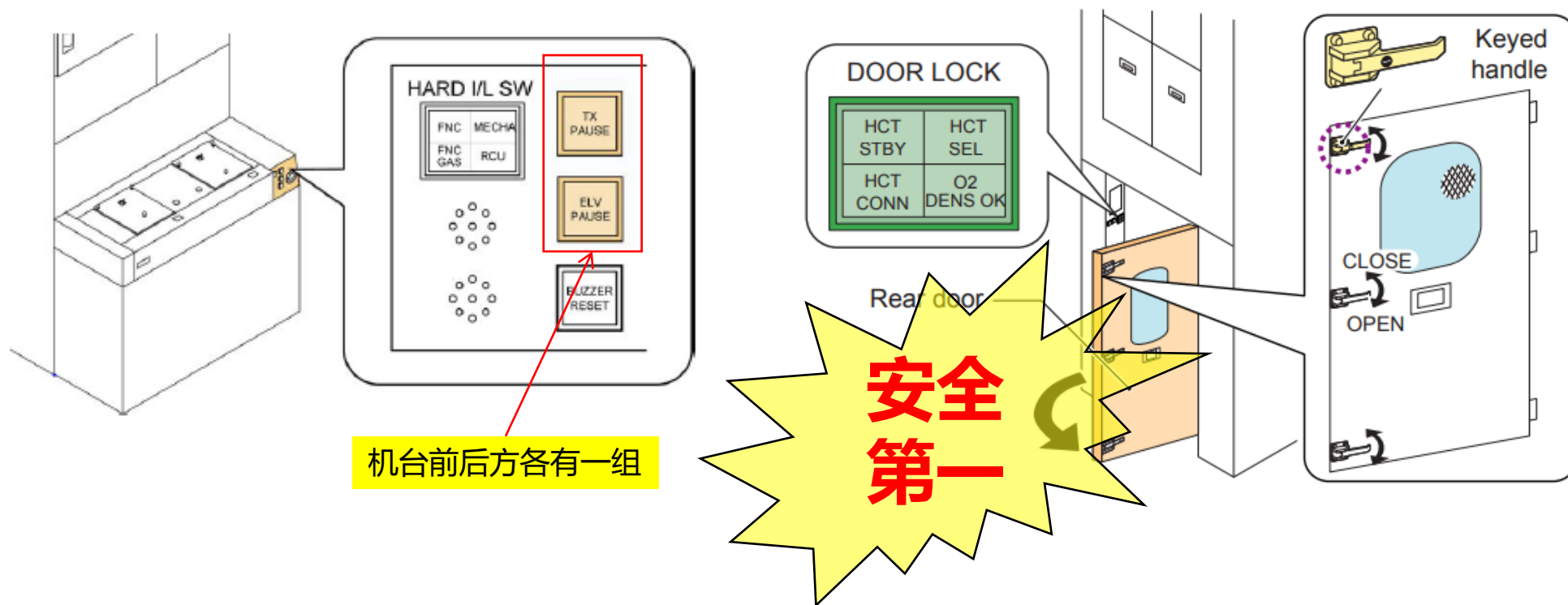


➤ 炉管机台PM注意事项:

- ①维护作业中，只要不需要涉及机台相关机械动作时，TX/EVL PAUSE键请务必按下
- ②由于炉管机台为前后面板操控，而维护区域在机台后方，为防止维护人员在机台内部维护作业时，他人对机台的操作，造成机械动作的伤害。



▼ Transfer Robot Pause Switches





答疑时间



感谢聆听！

