

# 分子束外延

MOLECULAR BEAM EPITAXY  
PRODUCT INTRODUCTION



扫码获取 SKY 产品样本



欢迎关注 SKY 微信公众号

**中国科学院沈阳科学仪器股份有限公司**  
SKY TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO.,LTD. CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

网址: [www.sky.ac.cn](http://www.sky.ac.cn)

技术服务: 86-24-23826838

MBE 销售热线: 024-23826855 18640203600

地址: 中国沈阳市浑南新区新源街 1 号 邮编: 110179



# 聚焦 MBE 做国际领先的高端设备技术服务提供商

## 目录

1	关于我们	03
	◆ 公司简介	03
	◆ 主营业务	05
2	关于 MBE	08
	◆ MBE 原理	08
	◆ MBE 应用领域	08
	◆ MBE 设备研制历程	09
3	SKY MBE	11
	◆ SKY MBE 平台	11
3-1	系列化产品	12
	◆ 第六代 MBE 产品序列	12
	◆ FW60 简介	13
	◆ FW110 简介	15
3-2	定制化产品	17
	◆ MBE 客户案例	17
3-3	工艺支持	19
	◆ 合作伙伴	19
3-4	核心部件	21
	◆ 核心部件整机展示	21
	◆ 束源炉	23
	◆ P 裂解炉	23
	◆ P 回收系统	24
	◆ AS 裂解炉	25
	◆ SD 裂解炉	26
	◆ Ga/In 束源炉	27
	◆ Al 束源炉	28
	◆ Gate 束源炉	29
	◆ Si/Be 束源炉	30
3-5	技术服务	31
	◆ 技术服务流程	31
	◆ MBE 配套设备	33
4	关于荣誉	35
	◆ 获奖情况	35
	◆ 专利情况	37

## 公司简介

COMPANY INTRODUCTION

中国科学院沈阳科学仪器股份有限公司（以下简称“公司”）创建于1958年，公司总部位于辽宁省沈阳市浑南区，建筑面积3.5万平方米。公司承担了国家“863计划”、“02专项”、“国家重点研发计划”等国家级科技专项。目前，公司有超过3500台的科研仪器和万余台的真空干泵产品，遍及国内30个省、市、自治区，并出口到美国、加拿大、澳大利亚、日本等国家和地区。

公司设立有2个全资子公司——上海上凯仪真空技术有限公司、中科仪（南通）半导体设备有限责任公司；1个分公司——中国科学院沈阳科学仪器股份有限公司上海分公司。

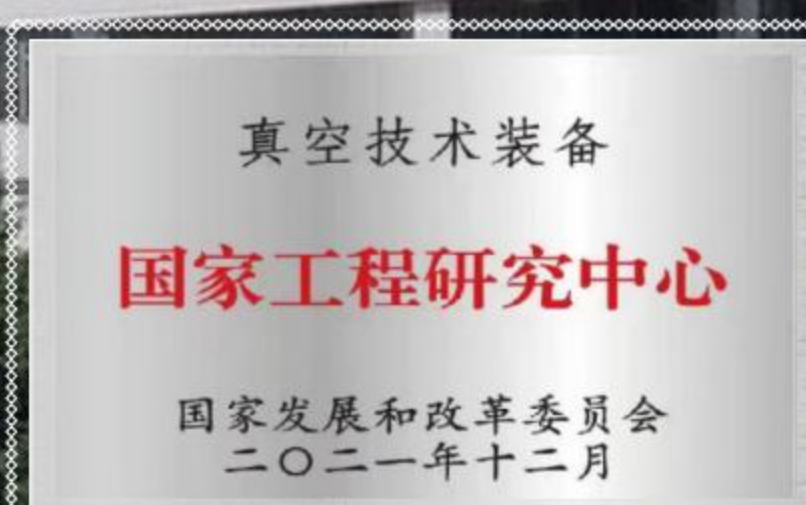
国家科技进步奖 6 项  
中国科学院及省部级科技进步奖 20 项  
拥有专利 71 项

## 核心技术

沈阳科仪积累60余年的设计、生产及应用经验，长期专注于超高/超洁净真空、无油真空获得、真空薄膜制备及系统控制等技术的研究、应用及发展，形成了干式真空泵及真空仪器装备两大产品板块，是我国集成电路装备和真空仪器设备的研制、生产基地。

## 科研实力

- 国家第二批专精特新“小巨人”企业
- 国家高新技术企业
- 国家知识产权优势企业
- 辽宁省技术创新示范企业
- 辽宁省创新型中小企业
- 辽宁省省级企业技术中心



国家真空仪器装置工程技术研究中心 国家分子束外延技术开发实验基地 真空技术装备国家工程研究中心

## 主营业务

MAIN BUSINESS

### 罗茨干式真空泵

沈阳科仪是国内可批量应用于 12 寸集成电路行业的干式真空泵龙头制造企业，产品目前已在国内多家知名集成电路和光伏巨头企业通过工艺验证并批量使用。打破了欧美及日韩企业对同类产品的长期垄断地位，实现集成电路产业核心零部件国产化“0”的突破，为全产业链国产化的贯通奠定了重要基础。

#### 罗茨干式真空泵

针对集成电路的薄膜沉积、刻蚀、离子注入制程（约占主要工艺过程的 70%），研发三大系列干式真空泵产品。



苛刻工艺制程用泵

中等工艺制程用泵

清洁工艺制程用泵

#### 螺杆干式真空泵

#### 涡旋干式真空泵



屏蔽涡旋系列

双侧无油涡旋系列

### 真空仪器设备

公司长期致力于高端科研仪器设备的研发制造，为我国重大科技基础设施的建设发展做出了贡献。在真空镀膜领域，公司研发形成了磁控溅射、离子束溅射、电子束蒸发、高温真空无油润滑、高性能高稳定性束源炉、复合镀膜等多项技术。通过多年的研发创新，公司现已开发完成第六代分子束外延设备。

#### PVD 设备

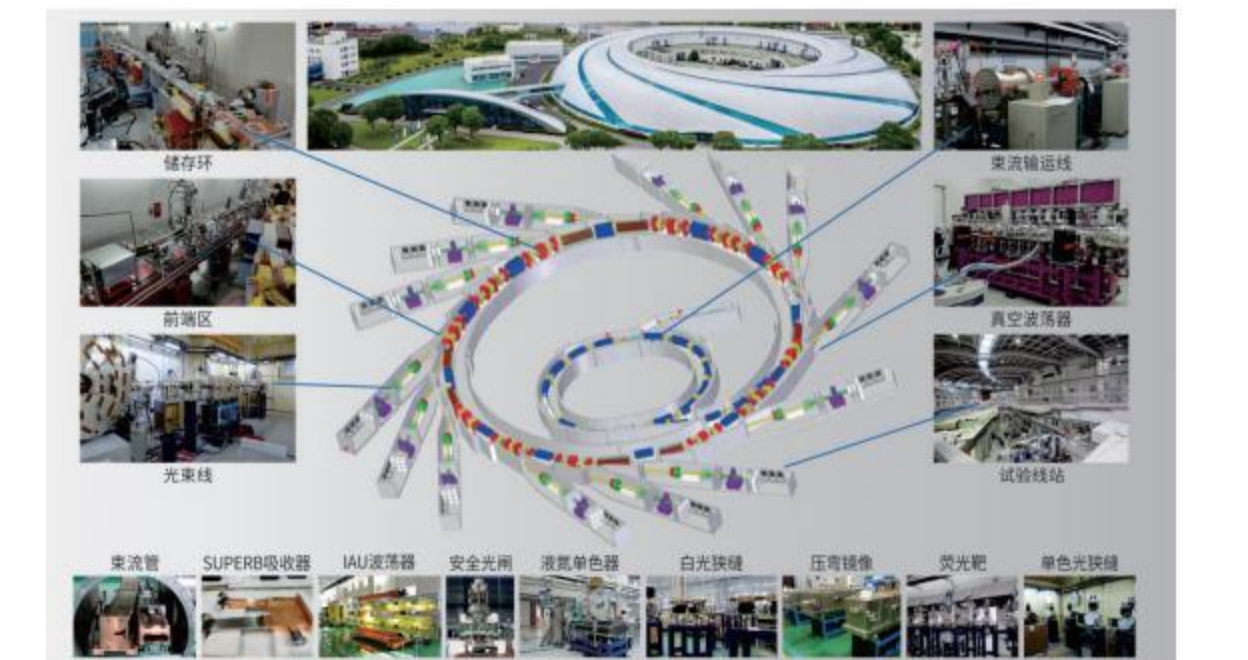
#### MBE 设备

#### 核心部件



#### 大科学装置

沈阳科仪参与承接了北京光源、合肥光源，大连光源、上海光源、软 X 射线、硬 X 射线加速器、储存环、前端、光束线等国家重大科学基础设施的建设。

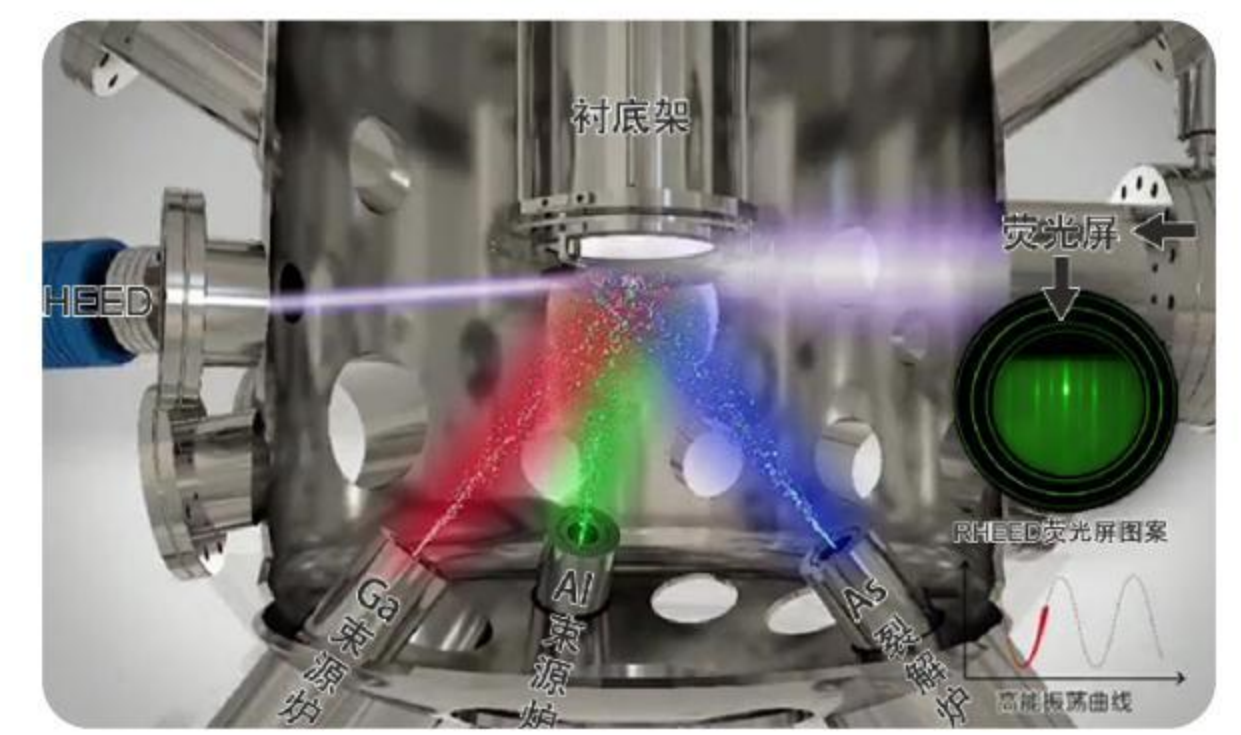


#### 真空互联



沈阳科仪承接了中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所的纳米真空互联实验站项目，纳米真空互联实验站（Nano-X）是世界首个按国家重大科技基础设施标准在建的集材料生长、器件加工、测试分析为一体的纳米领域大科学装置。真空互联装置通过超高真空管道把各功能设备相互连接，可解决传统超净间模式中难以解决的尘埃、表面氧化和吸附等污染问题。

MBE 原理 MBE PRINCIPLE



分子束外延 (Molecular Beam Epitaxy) 是一种在超高、超洁净真空条件下，高度可控的外延生长技术，通过多个高纯束流源提供的原子或分子束之间的相互作用，在加热的晶体衬底上外延生长薄膜材料，其控制精度可达到单原子层尺度。

MBE 应用领域 MBE APPLICATION

<p>5G/6G 通讯 Communication</p>	<p>激光器与光源 Lasers</p>
<p>红外探测 IR Detectors</p>	<p>微波与太赫兹 Microwave &amp; Terahertz</p>
<p>科学前沿 Science</p>	<p>新兴材料 Emerging Materials</p>

守  
“正”  
创  
“新”

1979 年  
研发成功国内首台 MBE

80%  
国产 MBE 市场覆盖率

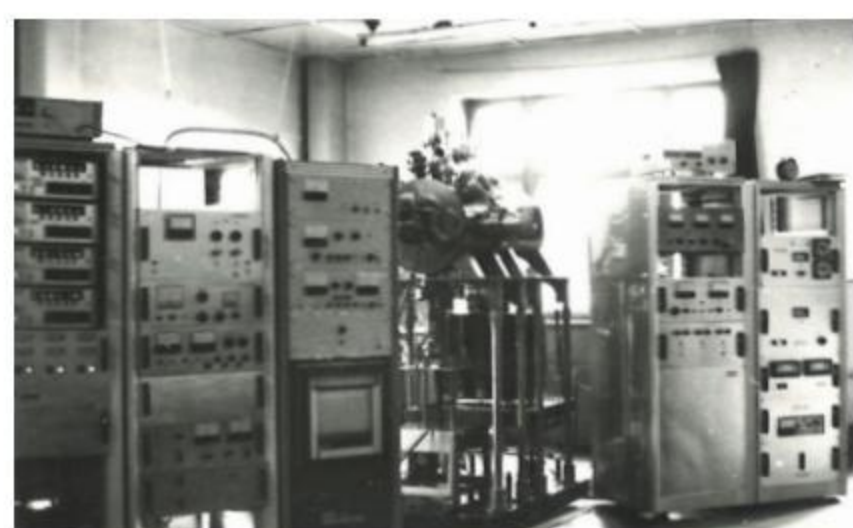
近半个世纪  
MBE 案例和客户口碑积累

勇挑重担打破垄断

## MBE 设备研制历程

MBE R&D HISTORY

1979 年，我国第一台 MBE 设备研制成功。



自 MBE 技术问世之后，巴黎统筹委员会就对我国实施 MBE 设备及相关材料的禁运。为打破国外的垄断，沈阳科仪与其他单位的科研人员自力更生潜心钻研，在 1979 年研制成功了首台国产分子束外延设备。

1991 年关键部件出口东欧，打破巴统禁运。



20 世纪 70~80 年代，在国家政策的支持下，我国 MBE 技术和设备得到了快速发展，因国产 IV 型 MBE 设备已达到国际同类产品水平并出口关键部件至东欧，迫使“巴黎统筹委员会”解除了对我国的禁运和封锁。

1979

- 1981 年，独立束源、快速换片型分子束外延设备（FW-II 型）研制成功。
- 1983 年，时任中共中央总书记胡耀邦通知观看了沈阳科仪研制的分子束外延生长设备。
- 1985 年，独立三室结构微机控制分子束外延设备（FW-III 型）研制成功。
- 1989 年，FW-IV 型分子束外延设备研制成功，参加在在莫斯科举办的“中国科技日”展览。
- 1990 年，金属有机分子束外延设备 MOMBE（FW-V 型）研制成功。

1980  
~  
1990

1991

2019

2019 年再一次面临禁运，国产化迫在眉睫。



PUBLIC DOCUMENTS  
Volume II  
List of Dual-Use Goods and Technologies  
and  
Munitions List

2019 年 12 月，美国再次针对《瓦森纳协定》新一轮的修订在第三大类“电子产品”中明确列出“固体源或气源的分子束外延设备”，法国、德国、芬兰等国家也对出口我国 MBE 设备和关键部件做了严格的限制。

2020

2020 年，FW60 型 MBE 设备研制成功并实现量产。截至目前，FW60 型 MBE 已成功交付 20 余台。



2023

2023 年，FW110 型 MBE 设备研制成功并具备量产能力，首台 FW110 型 MBE 设备成功交付。

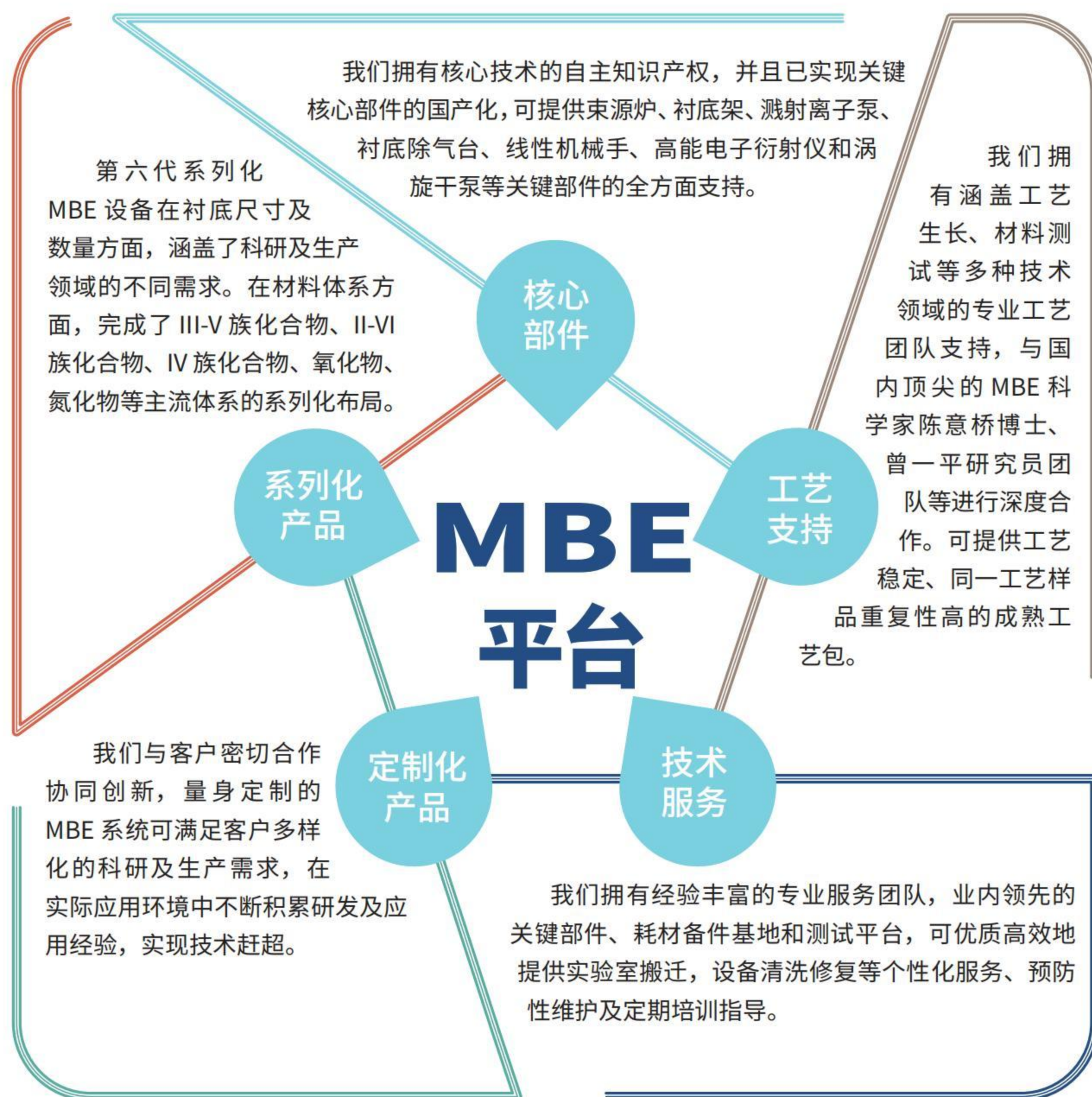


## SKY MBE 平台

SKY MBE INTRODUCTION

沈阳科仪已经形成了特有的 MBE 技术路线。从核心技术研发到小批量验证，再到应用验证，最后形成批量产业化推广。

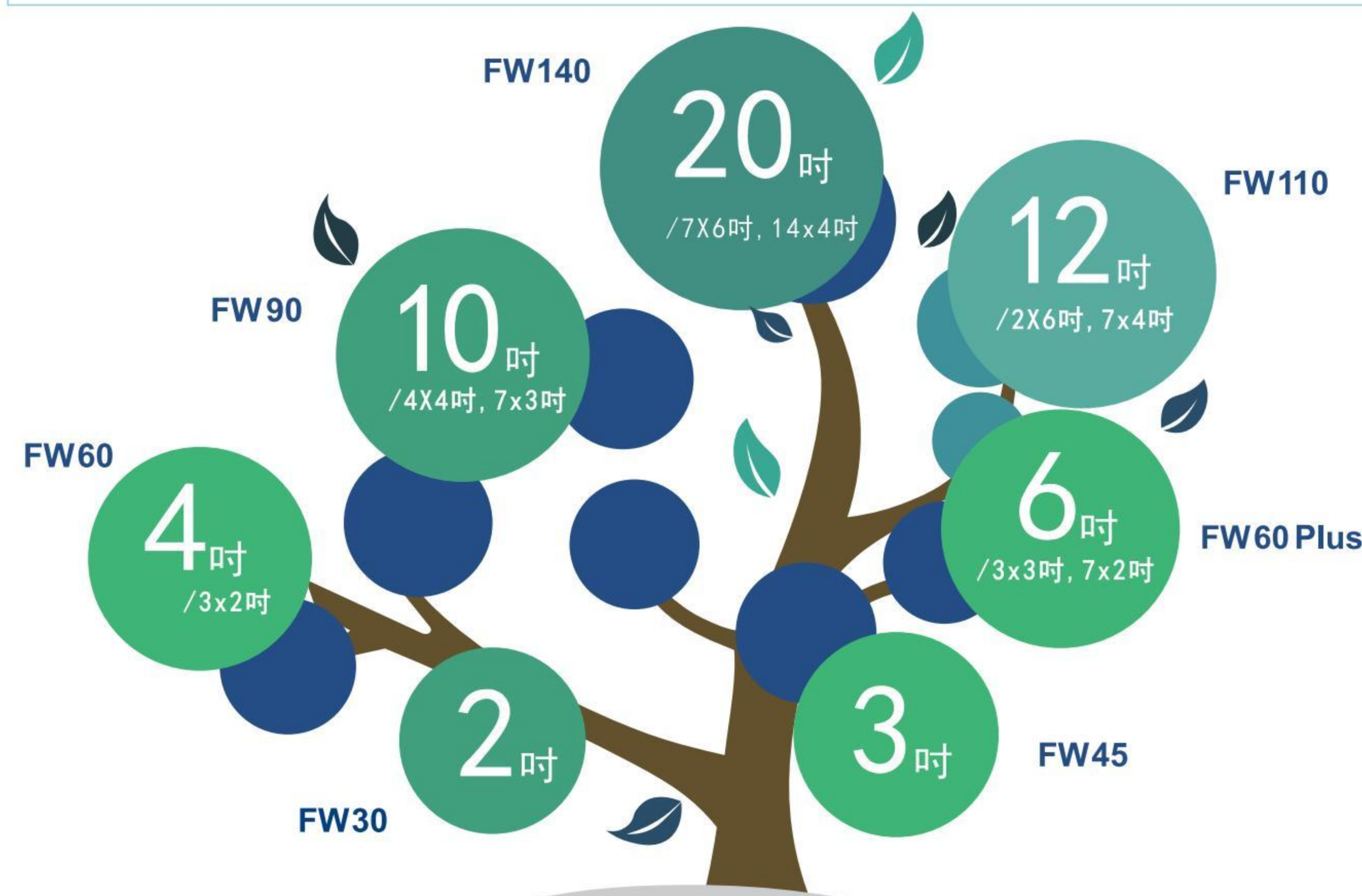
沈阳科仪的 MBE 业务，以核心部件、工艺包、定制化整机、系列化整机、技术服务五大业务模块为关键发展方向，形成了各业务模块相辅相成、互为验证的规模化五边形架构。



## 第六代 MBE 产品序列

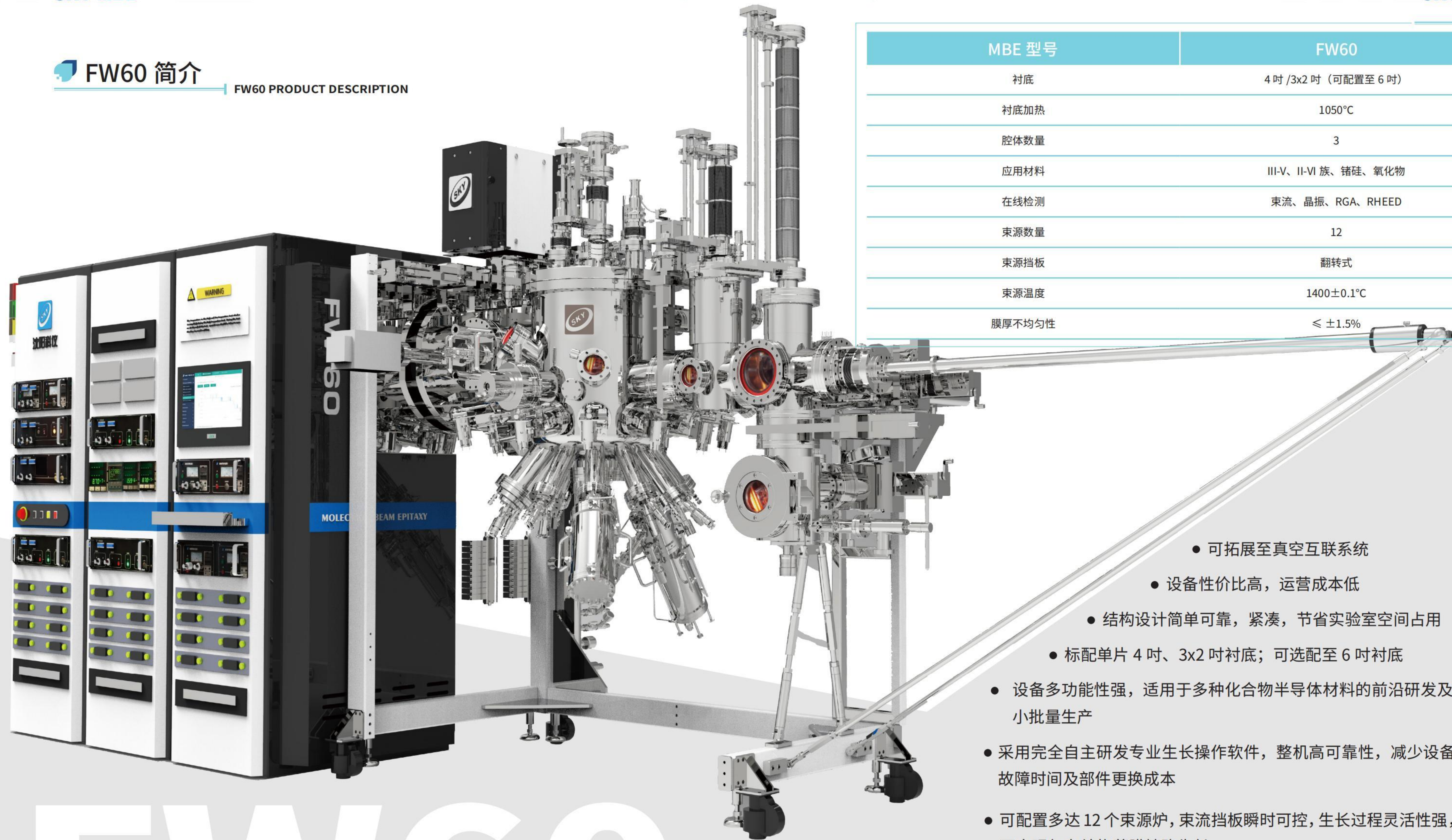
FW-VI MBE PRODUCT SERISE

MBE 型号	FW30	FW45	FW60	FW90	FW110	FW140
衬底	2 吋	3 吋	4 吋 / 3x2 吋	10 吋 / 4X4, 7x3 吋	12 吋 / 2X6, 7x4 吋	20 吋 / 7X6, 14x4 吋
衬底加热	800°C	800°C	1050°C	1000°C	1000°C	1050°C
腔体数量	3	3	3	4~5	4~5	5~6
应用材料	III-V、II-VI 族、硅	III-V、II-VI 族、锗、氧化物	III-V、II-VI 族、锗、氧化物	III-V、II-VI 族、锗、氧化物	III-V、II-VI 族、锗、氧化物	III-V、II-VI 族、锗、氧化物
在线检测	束流、RGA、RHEED	束流、晶振、RGA、RHEED	束流、晶振、RGA、RHEED	束流、晶振、RGA、RHEED	束流、RGA、RHEED	束流、RGA、RHEED
束源数量	8	10	12	12	11	12
束源挡板	旋转式	翻转式	翻转式	翻转式	摆动式	摆动式
束源温度	1500±0.1°C	1500±0.1°C	1400±0.1°C	1400±0.1°C	1400±0.1°C	1400±0.1°C
膜厚不均匀性	≤ ±2%	≤ ±2%	≤ ±1.5%	≤ ±2%	≤ ±2%	≤ ±2%



## FW60 简介

FW60 PRODUCT DESCRIPTION



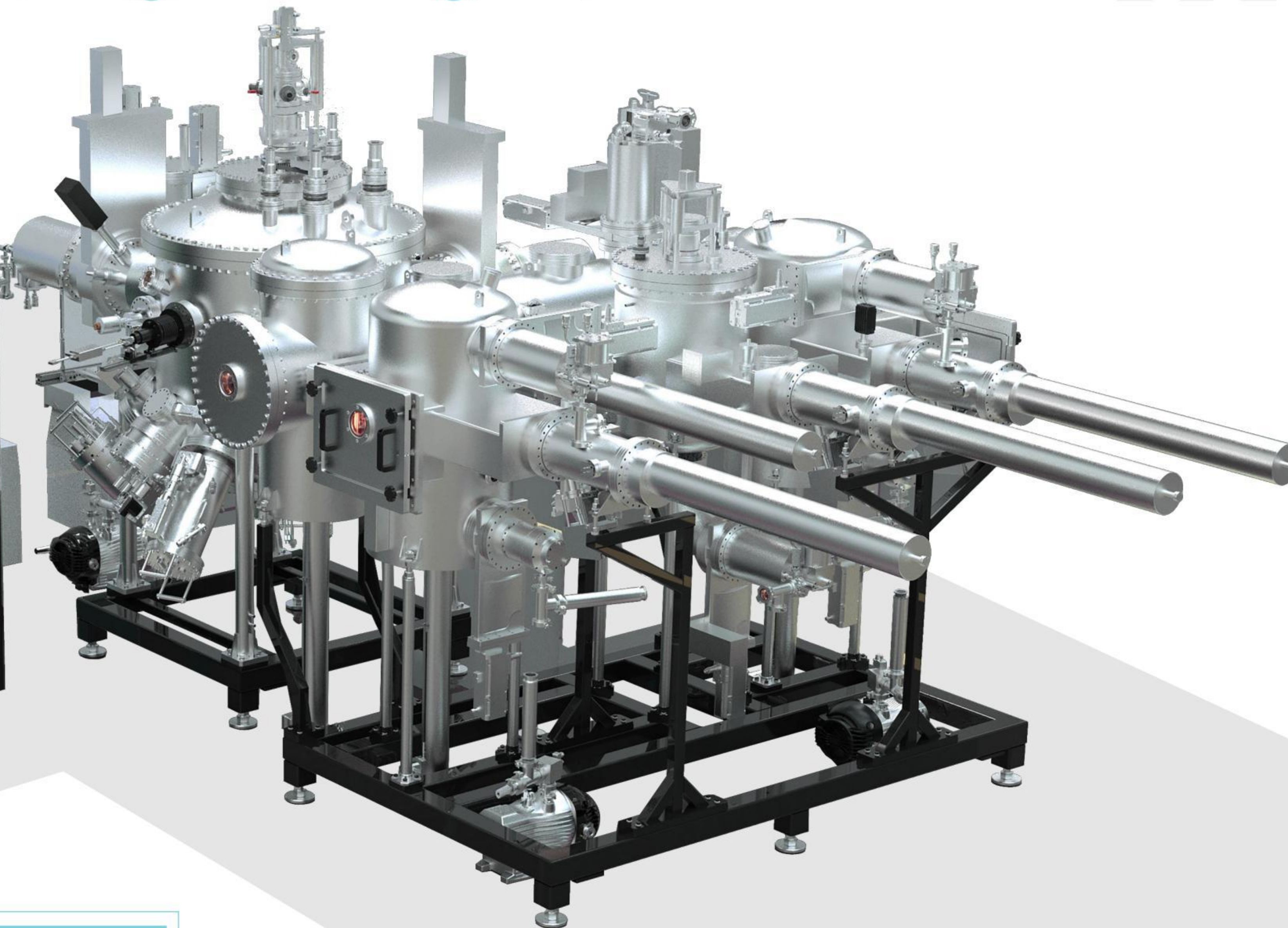
MBE 型号	FW60
衬底	4 吋 / 3x2 吋 (可配置至 6 吋)
衬底加热	1050°C
腔体数量	3
应用材料	III-V、II-VI 族、锗硅、氧化物
在线检测	束流、晶振、RGA、RHEED
束源数量	12
束源挡板	翻转式
束源温度	1400±0.1°C
膜厚不均匀性	≤ ±1.5%

- 可拓展至真空互联系统
- 设备性价比高，运营成本低
- 结构设计简单可靠，紧凑，节省实验室空间占用
- 标配单片 4 吋、3x2 吋衬底；可选配至 6 吋衬底
- 设备多功能性强，适用于多种化合物半导体材料的前沿研发及小批量生产
- 采用完全自主研发专业生长操作软件，整机高可靠性，减少设备故障时间及部件更换成本
- 可配置多达 12 个束源炉，束流挡板瞬时可控，生长过程灵活性强，可实现复杂结构薄膜精确生长



## FW110 简介

FW110 PRODUCT DESCRIPTION



MBE 型号	FW110
衬底	12 吋 / 2X6,7X4 吋
衬底加热	1000°C
腔体数量	4-5
应用材料	III-V、II-VI 族、锗硅
在线检测	束流、RGA、RHEED
束源数量	11
束源挡板	摆动式
束源温度	1400±0.1°C
膜厚不均匀性	≤ ±2%

- 可拓展至真空互联系统
- 标配 7x4 吋、2x6 吋衬底
- 设备性价比高，运营成本低
- 模块化设计，提高设备互换性及拓展性
- 现场安调时间不超过 3 周，最大化增加设备运行时间
- 工艺成熟稳定，适用于大尺寸化合物半导体器件的批量生产
- 设备可靠性高，可低故障稳定运行时间超过 90%，提高设备产出效率
- 采用完全自主研发专业生长操作软件，保证生长过程中的可重复性和安全性
- 可配置 11 个束源炉，工艺稳定性高，同一工艺样品重复性好，成膜参数一致

## MBE 客户案例

MBE CUSTOMER CASE

### 中国科学院物理研究所

主要用于 III-V 族材料的外延生长及其光电器件研究，其他新型光电器件的研究。



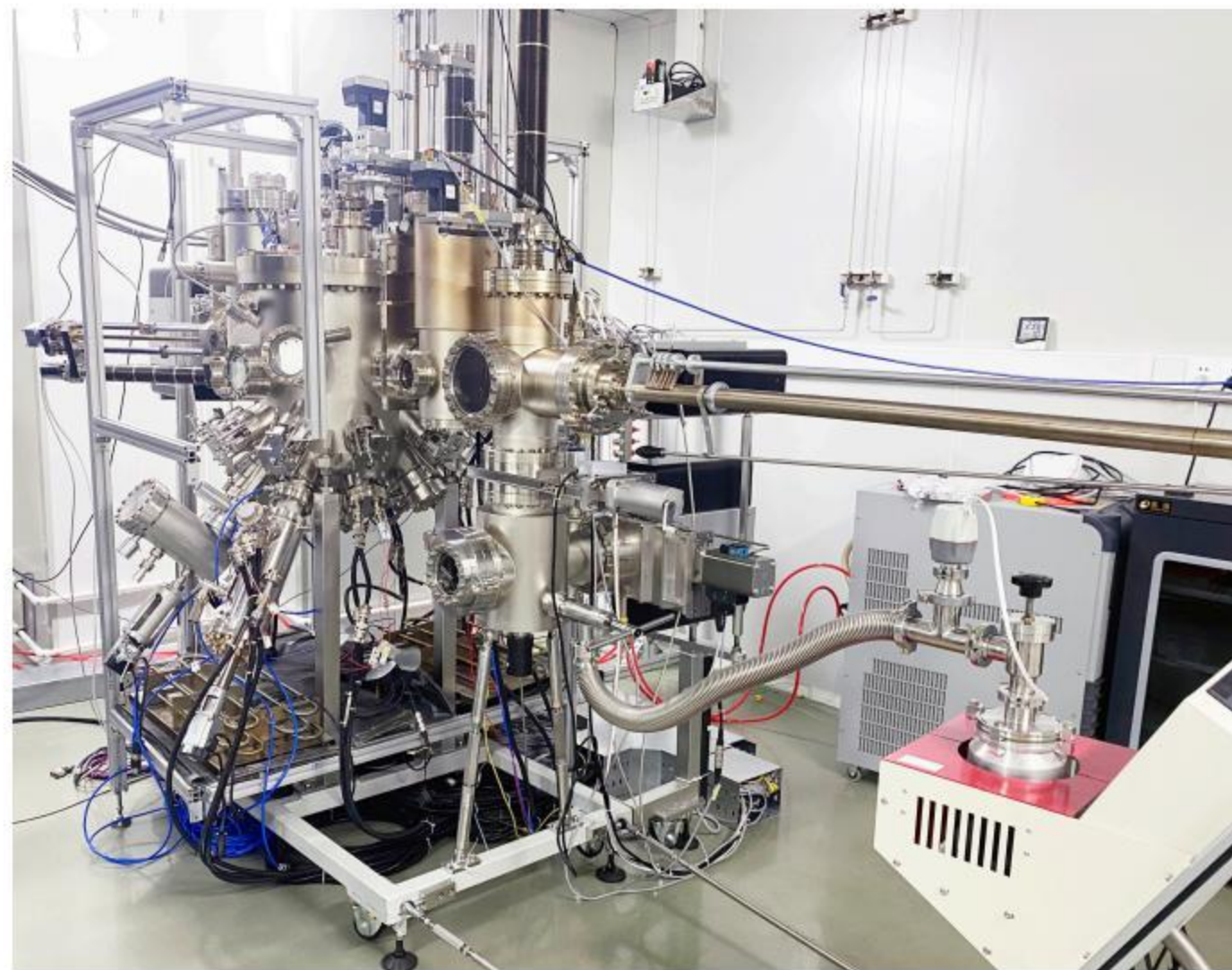
### 中国科学院上海微系统与信息技术研究所

主要用于 III-V 族化合物半导体，镓化物半导体，半导体激光器、红外探测器材料和器件研究等。



### 中国科学院上海技术物理研究所

主要用于半导体光电材料与器件，低维半导体材料与光电特性领域研究，包括量子级联激光器、量子阱激光器，以及 InAs/GaSb II 类超晶格红外探测器及新型红外光电器件等。



### 中科院半导体研究所

主要用于高效太阳能电池，纳米热电器件，量子点光电器件，半导体微纳加工技术。



## MBE 客户案例

MBE CUSTOMER CASE

### 西南技术物理研究所

主要用于半导体光电子材料和器件的研究，半导体量子阱激光器。



### 苏州长光华芯光电技术股份有限公司



### 青岛翼晨镭硕科技有限公司

主要用于 III-V 族化合物半导体，高速激光器芯片，超快激光器及核心元件饱和吸收镜等。



### 电子科技大学

主要用于生长氮化物 III-V 族材料。



## 合作伙伴

COOPERATIVE PARTNERS

沈阳科仪自 1979 年起一直专注于 MBE 设备研发，40 余年间沈阳科仪始终与半导体所、物理所、微系统所、技物所保持密切合作关系，先后推出了我国第一至五代 MBE 设备，目前已完成第六代设备的研发并实现量产。



## 工艺团队支持：陈意桥团队、曾一平团队



团队带头人  
陈意桥  
中科院微系统所 研究员

中科院上海微系统与信息技术研究所学术委员会委员，国家 QR 计划特聘专家，太赫兹固态技术实验室主任，IEEE 高级会员。

长期从事 III-V 族化合物半导体材料、器件及 MBE 设备的研发及产业化，主持完成 20 余项包括美国以及国家 863、973 及中科院知识创新工程等研发项目。

创立苏州焜原光电有限公司，致力于 MBE 材料产业化。



团队带头人  
曾一平  
中科院半导体所 研究员

中科院半导体研究所研究员学术委员会委员，享受国务院特殊津贴。

长期从事分子数外延化合物半导体材料及器件研究，曾采用国产 MBE 设备，率先在国内研制成功量子阱激光器材料和超高迁移率二维电子气材料。

主持承担过 863、973、国家重点研发计划等多项国家科技项目，先后获得国家和省部级以上科技奖项 7 项。

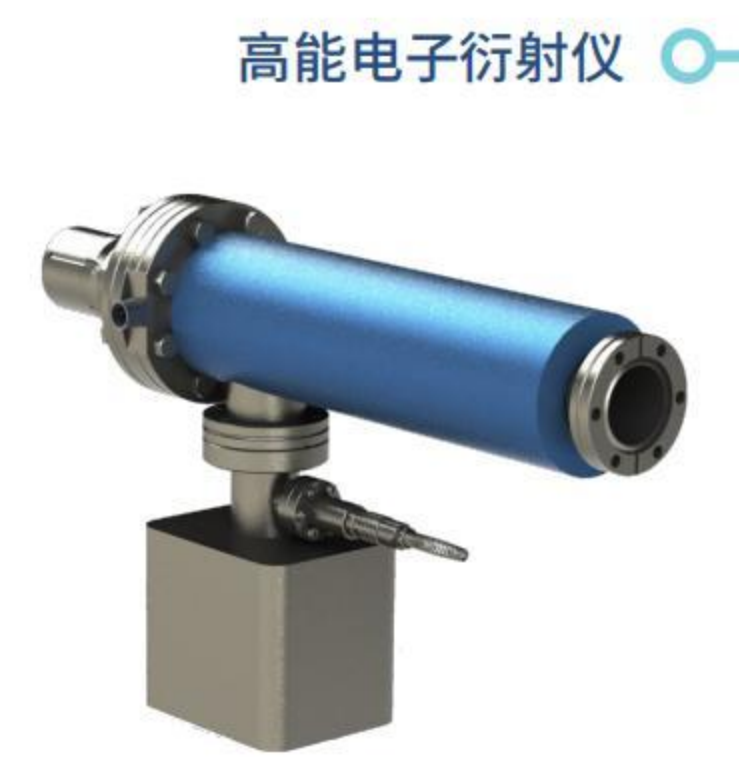
# 永葆中国心

拥有核心技术自主知识产权  
实现关键核心部件的国产化

核心部件 3-4

3-4 核心部件

## 核心部件 CORE COMPONENT



高能电子衍射仪



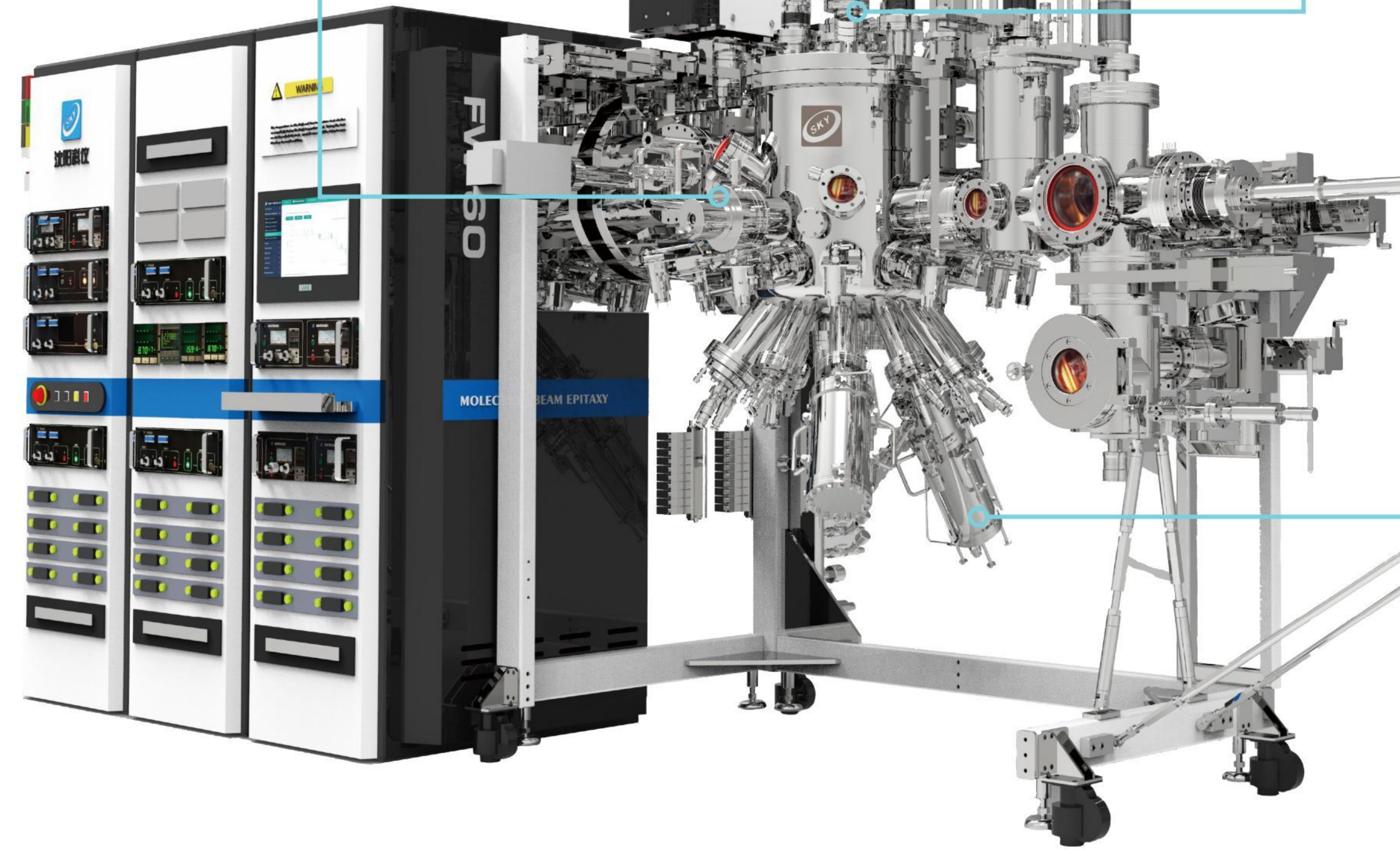
离子泵



衬底架



线性机械手



束源炉

屏蔽涡旋真空泵 (Shielded Scroll Vacuum Pump)



## 束源炉

EFFUSION CELLS

### P 裂解炉

磷裂解炉采用三温区设计，分别为蒸发区、凝结区和裂解区。通过多温区独立控温，既可以满足彻底的源除气，又可以独立控制各温区的梯度，精确控制红磷与白磷的转化及白磷的蒸发。使白磷通过高温裂解区产生的 P<sub>2</sub>，具有较高的粘附系数，且束流稳定、重复性好，利于材料生长。



P 裂解炉技术参数

源料类型	P
坩埚容量	500cc
安装法兰	CF40/CF63
真空内尺寸	D36mm x 290mm
温区数量	3 个可独立控温温区
加热温度	Cra: 1500°C Bulk R: 650°C Bulk W: 650°C
温度稳定性	±0.1°C
裂解组分比	P <sub>2</sub> /P <sub>4</sub> ≥ 150
平均无故障时间 (MTBF)	≥ 5000 小时

### P 回收系统

磷回收系统由一级回收腔体和二级回收腔体组成，利用磷在真空中加热后漂移到冷端的原理，将磷元素先回收一级回收腔体，再切断一级回收腔体和生长室，加热一级回收腔体，使磷元素漂移到二级回收腔体，最终实现磷元素的回收转移。



P 回收系统技术参数

安装法兰	CF200
一级回收腔 极限真空度	≤ 6.67x10 <sup>-6</sup> Pa
二级回收腔 极限真空度	≤ 10Pa
一级回收腔体尺寸	D300mm x 600mm
二级回收腔体尺寸	D150mm x 200mm

## 束源炉

EFFUSION CELLS

### As 裂解炉

砷裂解炉采用双温区设计，可以实现 1000°C 的高温裂解，具有较高的裂解效率。通过设计专用的针阀阀芯锥度和微型刀口密封结构，提高束流调节的线性度，满足束流调节范围在 3-4 个数量级，有利于用户生长高质量的超薄层结构。结合多孔空间分布式喷口技术，使束流均匀可控，大幅度提高材料的利用率，并减少了腔室中材料的有害沉积和层状物形成。

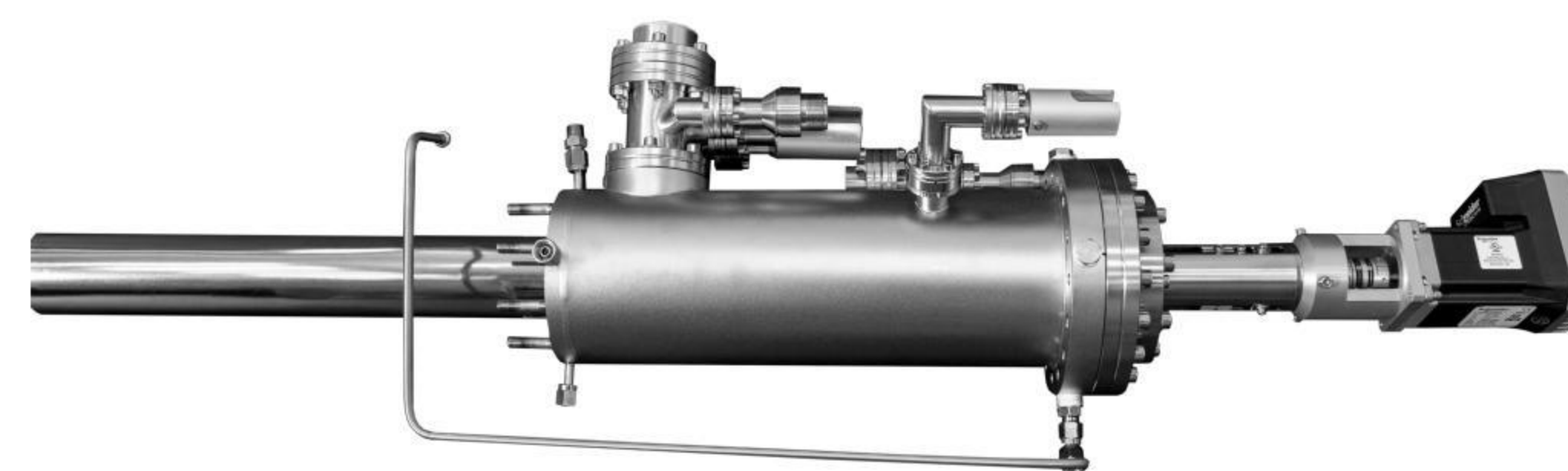


As 裂解炉技术参数

原料类型	As
坩埚容量	500cc
安装法兰	CF40/CF63
真空内尺寸	D36mm x 290mm 或 D36mm x (250-350)mm
加热方式	钨丝加热，双温区
最高连续工作温度	Cra: 1250°C Bulk: 500°C
最高除气温度	Cra: 1250°C Bulk: 500°C
温度稳定性	±0.1°C
外烘烤温度	250°C

### Sb 裂解炉

锑裂解炉采用三温区设计，可以实现 1200°C 的高温裂解，具有较高的裂解效率。坩埚和针阀全部采用 PBN 材质，可以避免 Sb 金属对裂解炉金属材料的腐蚀，有利于提高裂解炉使用寿命和提供高纯度的 Sb 束流。通过设计专用的喷嘴，使束流均匀可控，大幅度提高材料的利用率，并减少了腔室中材料的有害沉积和层状物形成。



Sb 裂解炉技术参数

原料类型	Sb/Te
坩埚容量	200cc
安装法兰	CF63
真空内尺寸	D56mm x 343mm
加热方式	钨丝加热，三温区
最高连续工作温度	Cra: 1200°C Cond: 1100°C Bulk: 600°C
最高除气温度	Cra: 1200°C Cond: 1100°C Bulk: 600°C
温度稳定性	±0.1°C
外烘烤温度	250°C

## 束源炉

EFFUSION CELLS

### Ga/In 束源炉

镓 / 铟束源炉为热唇炉，采用双温区电阻丝加热，最高除气温度可达到 1600°C。载料坩埚，底部为圆柱状，顶部为圆锥状，能够有效抑制椭圆缺陷和束流的开启涨落，同时具有优秀的束流均匀性和束流长期稳定性。



### Al 束源炉

铝束源炉为冷唇炉，采用双温区电阻丝加热，最高除气温度可达到 1600°C。载料坩埚具有延长的唇，可以有效抑制 Al 的蔓延效应，避免 Al 蔓延到源炉电阻丝，造成短路并损坏昂贵的源炉。载料坩埚，底部为圆柱状，顶部为圆锥状，能够有效抑制椭圆缺陷和束流的开启涨落，同时具有优秀的束流均匀性和束流长期稳定性。



Ga/In 束源炉技术参数

原料类型	Ga/In
坩埚容量	100cc/175cc
安装法兰	CF63
真空内尺寸	D56mm x 290mm 或 D56mm x (250-350)mm
加热方式	钨丝加热，双温区
最高连续工作温度	1250°C
最高除气温度	1500°C
温度稳定性	±0.1°C
外烘烤温度	250°C

Al 束源炉技术参数

原料类型	Al
坩埚容量	100cc
安装法兰	CF63
真空内尺寸	D56mm x 290mm 或 D56mm x (250-350)mm
加热方式	钨丝加热，双温区
最高连续工作温度	1200°C
最高除气温度	1500°C
温度稳定性	±0.1°C
外烘烤温度	250°C

## 束源炉

EFFUSION CELLS

### GaTe 束源炉

碲化镓束源炉为双温区电阻丝加热，属低温源炉，具有优秀的束流均匀性和束流长期稳定性。



### Si/Be 束源炉

硅 / 铍束源炉为单温区电阻丝加热，属掺杂源炉，具有优秀的束流均匀性和束流长期稳定性。



GaTe 束源炉技术参数

源料类型	GaTe
坩埚容量	30cc
安装法兰	CF63
真空内尺寸	D36mm x 290mm 或 D36mm x (250-350)mm
加热方式	钨丝加热，双温区
最高连续工作温度	600°C
最高除气温度	1000°C
温度稳定性	±0.1°C
外烘烤温度	250°C

Si/Be 束源炉技术参数

源料类型	Si/Be
坩埚容量	5cc/12cc
安装法兰	CF63
真空内尺寸	D30mm x 290mm 或 D36mm x 290mm
加热方式	钨丝加热，单温区
最高连续工作温度	1300°C
最高除气温度	1500°C
温度稳定性	±0.1°C
外烘烤温度	250°C



# 技术服务

# TECHNICAL SERVICE

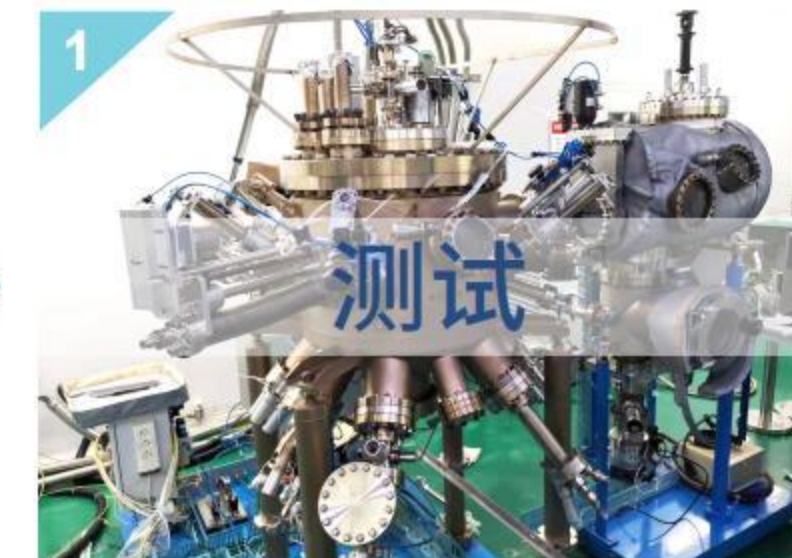


3-5 技术服务

## 技术服务

TECHNICAL SERVICE

MBE 设备



测试



发运

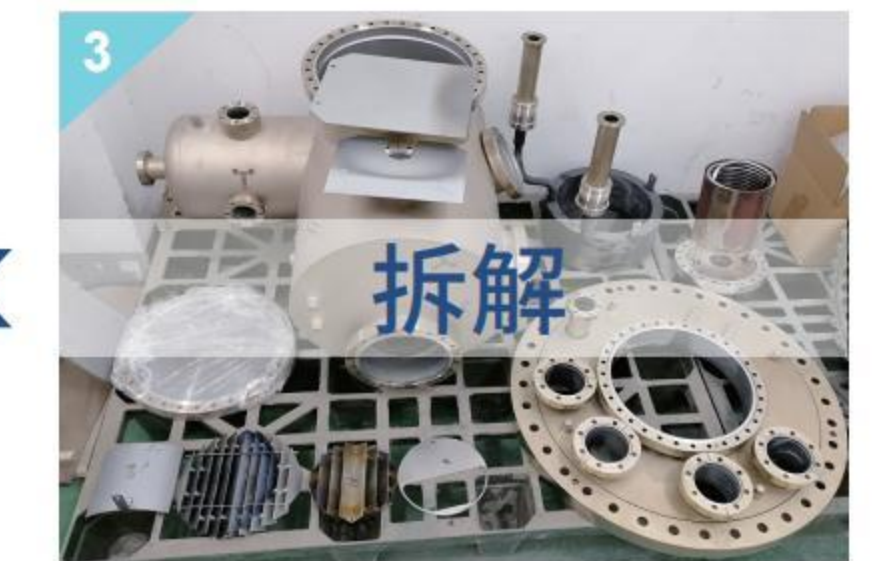


维修、更新部件

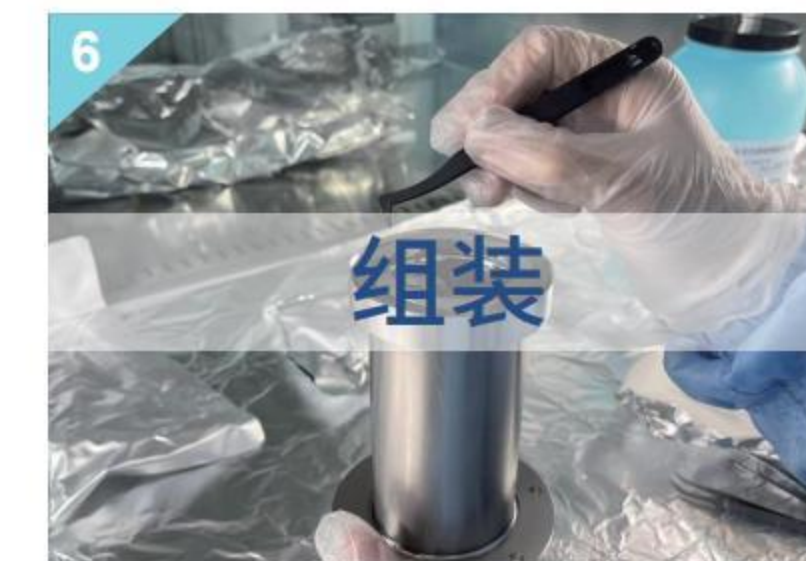
CHAIJIE



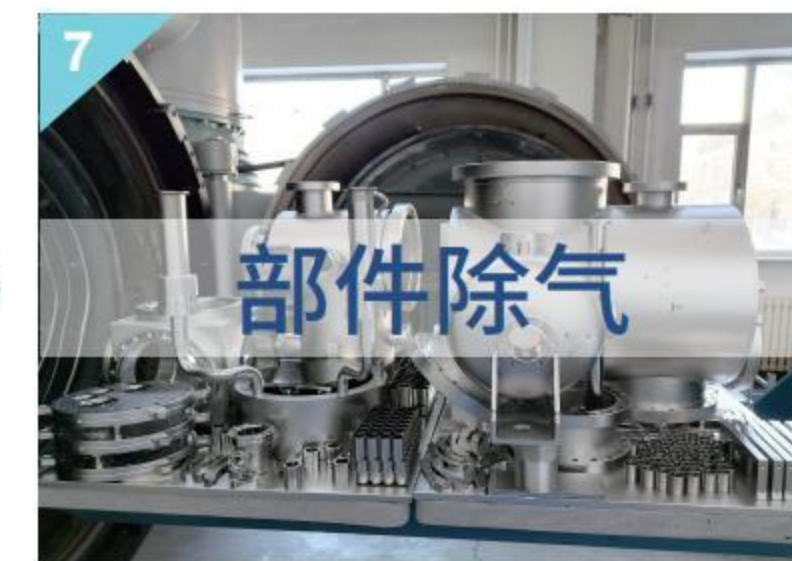
清洗及预处理



拆解



组装



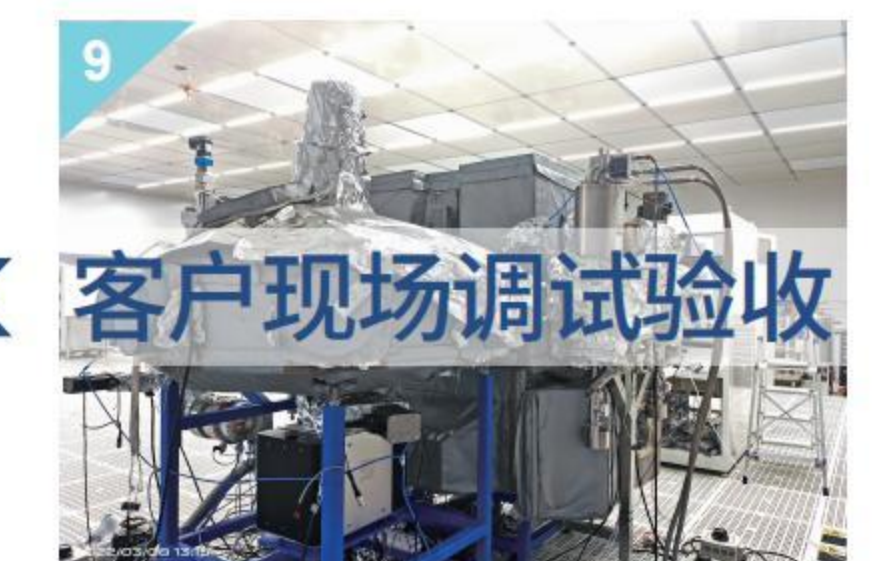
部件除气



厂内调试验收



产品交付



客户现场调试验收

## MBE 配套设备 SUPPORTING EQUIPMENT

### 退火炉

MBE系统中的诸多关键部件，在安装使用之前需要进行退火处理，退火炉可以作为配套设备，为MBE系统客户提供方便。

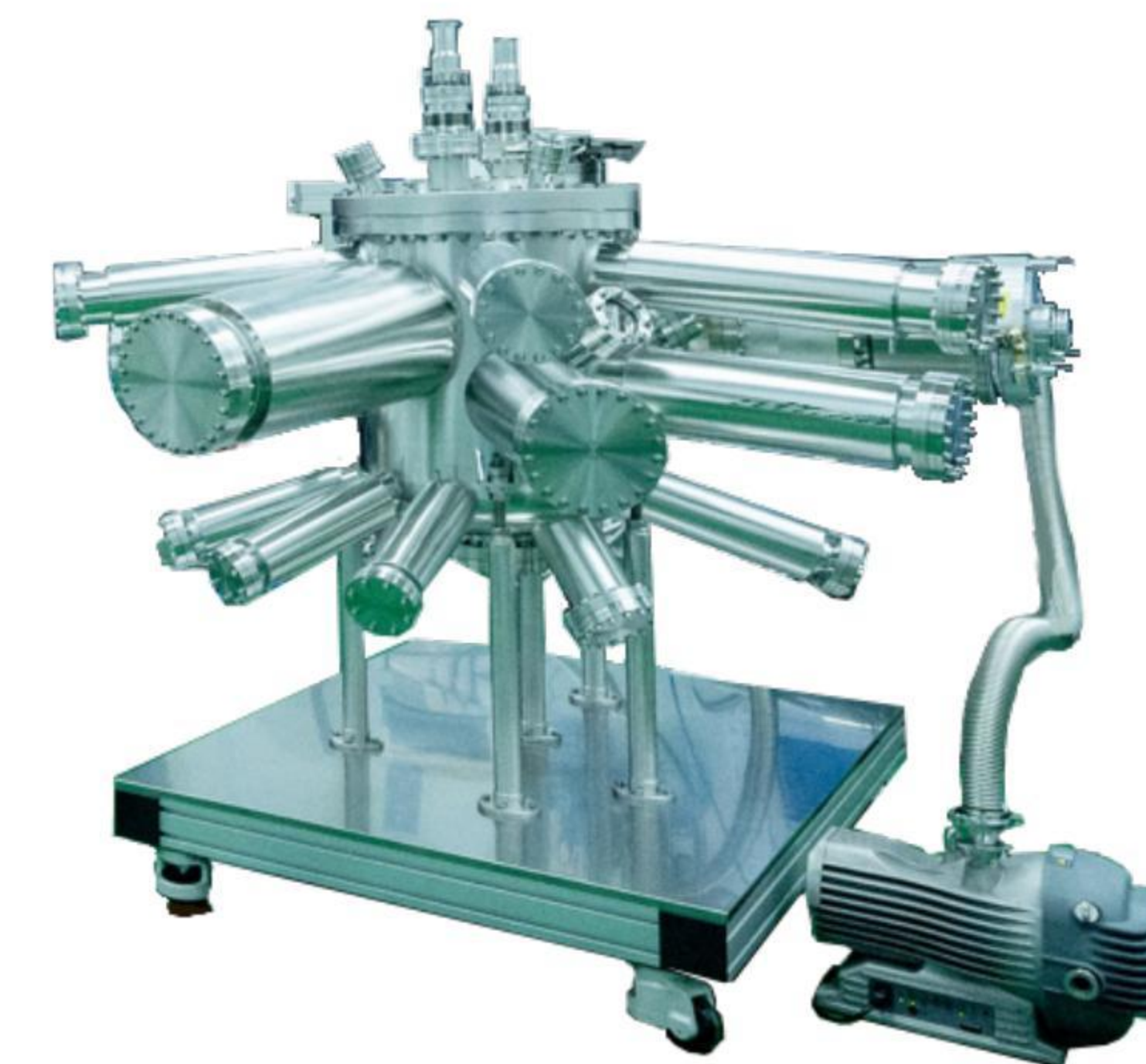


退火炉技术参数（可定制）

真空室尺寸	D850mm x 1200mm
冷却方式	双层水冷
冷态极限真空度	$\leq 6.67 \times 10^{-5} \text{Pa}$
热态极限真空度	$\leq 6.67 \times 10^{-4} \text{Pa}$
系统漏率	$< 10^{-8} \text{Pa} \cdot \text{L/s}$
最高温度	1400°C
工作温度	1000°C -1200°C
有效加热区	600mm x 500mm x 400mm

### 高温真空除气炉

束源炉的除气，是MBE系统使用的必要步骤，配置专用的除气炉，可以提升系统的运行效率。除气炉与MBE外延室的外型一致，并配备相同规格的液氮冷阱，可单独作为束源炉的除气设备，必要时也可以与外延室互为备份。



除气炉技术参数（可定制）

真空室尺寸	D600mm x 800mm
极限真空指标	$\leq 6.67 \times 10^{-9} \text{Pa}$
系统漏率	$< 10^{-8} \text{Pa} \cdot \text{L/s}$
源炉接口数量	12-20（口径及数量可定制）

获奖情况 AWARDS

关于荣誉 4

4 关于荣誉



1999年“激光分子束外延设备和关键技术研究取得国家科技进步奖三等奖



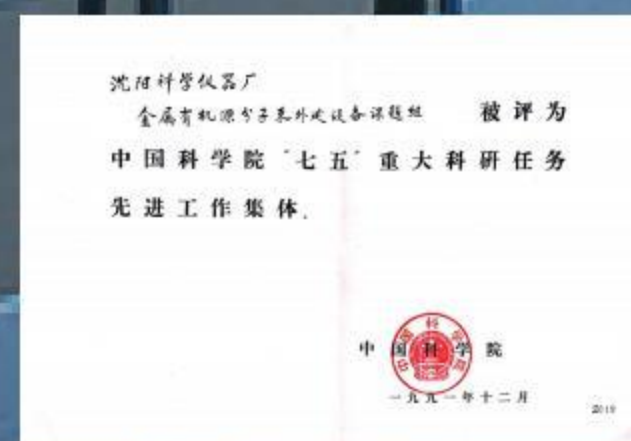
1998年“激光分子束外延设备和关键技术研究”荣获院科技进步一等奖



1998年“分子束外延设备”（验收合格）取得国家级火炬计划项目



1993年“金属有机源分子束外延设备（MOMBE）和MBE-IV型分子束外延设备”荣获国家科技进步奖二等奖



1991年“金属有机源分子束外延设备课题组”荣获院七五重大科研任务先进集体



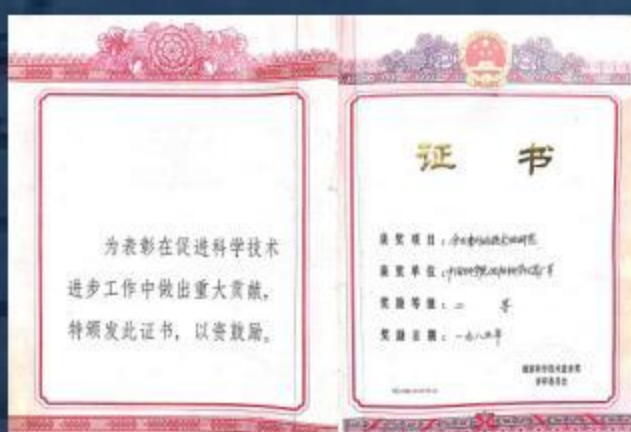
1991年“金属有机源分子束外延设备（MOMBE）”荣获机械电子工业部科技攻关奖



1990年“分子束外延生产设备FW-4型”国家级新产品



1990年“金属有机分子束外延设备（MOMBE）”荣获国家级新产品



1985年“分子束外延技术的研究”荣获国家科技进步奖二等奖



1980年“分子束外延设备”荣获中国科学院科技成果一等奖

# 不忘来时路

# 不惧新征程

