



淄博高新技术产业开发区MEMS研究院

**MEMS**

淄博高新技术产业开发区MEMS研究院  
MEMS Institute of Zibo National High-tech Industrial Development Zone

地址：山东省淄博市高新区政通路135号F座  
邮编：255086  
电话：0533-3592079  
传真：0533-3582717  
E-mail: shandongmems@163.com  
网址: www.shandongmems.com



**MEMS**

淄博高新技术产业开发区MEMS研究院  
MEMS Institute of Zibo National High-tech Industrial Development Zone

淄博高新区MEMS研究院

MEMS Institute of Zibo National High-tech Industrial Development Zone

淄博高新区MEMS研究院

## 一、组建模式



淄博高新区MEMS研究院是第一个有高端制造领域的协同创新中心  
第一个由高校、国家高新区、国家重点行业联合培育组建的协同创新中心  
牵头单位：清华大学  
核心单位：北京大学、上海交通大学、东南大学、重庆大学、天津大学  
参与单位：淄博国家高新区、航天704所、中航212厂、中兵214所、中国空空导弹研究院、航天五院、中电集团。

### 国家民用和国防领域重大战略需求

中试批量制造：面向国家重大需求集成、测试、演示验证、工程应用。

核心工艺：设计、仿真、制造核心技术与工艺、应用基础研究



中国航天



中国兵工



清华大学



北京大学



上海交大



中航工业



中电集团



东南大学



重庆大学



天津大学

## 二、组织架构



### 尤政

中国工程院院士、清华大学副校长  
“长江学者”特聘教授  
MEMS研究院院长、教授、博士生导师

1963年出生，江苏扬州人。中国工程院院士、清华大学副校长、清华大学精密仪器系教授、博士生导师，校学术、学位委员会委员，精密测试技术及仪器国家重点实验室（清华）主任、智能微系统技术教育部重点实验室主任、生物医学检测技术及仪器北京实验室主任、未来芯片北京高精尖实验室主任。

1992年获国务院学位委员会、教育部授予的“做出突出贡献的中国博士学位获得者”称号，1999年受聘教育部长江学者奖励计划特聘教授、享受国务院特殊津贴，1998-2000年在英国萨里大学做高级访问教授，2005年获人事部授予的“全国优秀博士后”称号并入选国家“新世纪百千万人才工程”，2013年当选为中国工程院院士。现任中国微米纳米技术学会理事长，中国仪器仪表学会副理事长，中国计量测试学会副理事长，中国光学工程学会副理事长，国务院学位委员会仪器科学与技术学科评议组召集人，国家科技部对地观测与导航领域专家，军委科技委、国防科工局科技委、教育部科技委委员，军委装备发展部微米纳米技术专业组组长。

### 主要学术方向：

精密仪器及机械、微电机系统（MEMS）。在国内率先开展了微纳技术及其空间应用研究，研制了一系列具有国际先进水平的微型化、高性能的空间微系统并实现了在轨应用；同时作为总负责人主持设计、建造、发射和在轨运行“TH-1”、“NS-1”、“NS-2”等多颗微纳卫星。先后荣获国家技术发明奖二等奖2项、国家科技进步二等奖2项、国防科技进步二等奖1项、军队科技进步三等奖1项，与国家级奖励不重复的教育部和北京市科技奖励5项，授权国家发明专利90余项，发表SCI/EI论文400余篇，出版专著1部，译著2部。

### 主要职能

#### 技术服务

为企业、高校、研究机构提供MEMS产品分析检测、质量评定、委托研发、中试代工、工艺改进等多种专业支持。

#### 成果转化

为企业、高校、研究机构引进MEMS科技项目并进行深度开发、实现项目的孵化和转化；面向企业进行委托性项目研发或工艺改进。

#### 高端人才引进

引进国内外高水平MEMS专业人才，不断提高研究院自主创新能力，打造充满创造力和行动力的一流MEMS团队。

#### 专业人才培养

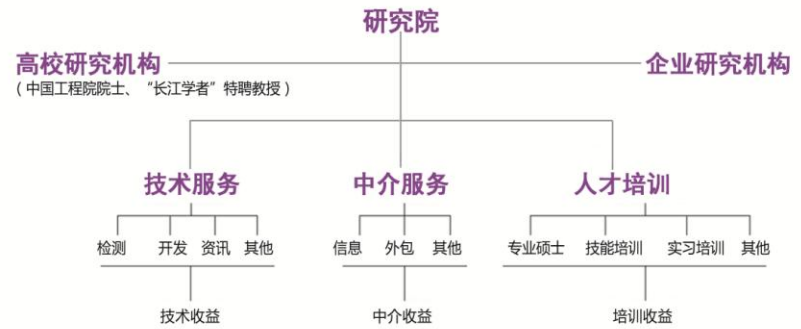
以专业工程硕士为主体为高校培养研究生人才；以专业技术人员为主体，为企业培养实用型人才。

#### 科技交流合作

与国内高校、科研院所及企业进行技术交流与项目合作；依托淄博高新区MEMS研究院与国内高校高层次人才/科研院所进行技术交流与项目合作。



### 运行模式



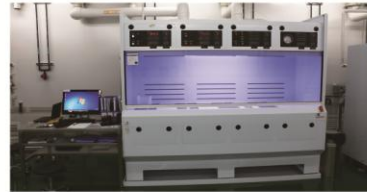
## 4.1 清洗腐蚀区

## 清洗腐蚀区工艺能力介绍

清洗腐蚀区设备主要包括去胶台、RCA清洗机、KOH/TMAH腐蚀台、晶圆喷镀机等；目前能完成各类去胶工艺，硅片、玻璃片普通清洗、氧化前清洗、键合前清洗工艺，KOH/TMAH腐蚀台阶工艺、减薄工艺，晶圆喷镀铜工艺、喷镀镍工艺等。具体工艺能力如下：

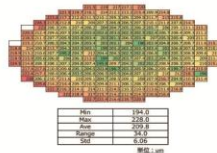
## KOH/TMAH腐蚀台

设备共有八个槽体，四个反应槽具有循环、过滤、在线加热功能，四个清洗槽具有喷淋、鼓泡、溢流、快排功能。用于MEMS生产过程中4/6寸标准硅片深/浅台阶制备、湿法减薄，具有每槽25片整盒工艺。



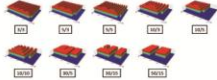
## 晶圆喷镀机

设备共有九个槽体，三个电镀槽具有循环、过滤、在线加热功能。三个回收槽，三个清洗槽具有喷淋、鼓泡、溢流、快排功能。用于MEMS生产过程中4/6寸标准硅片旋转喷镀金属（金、铜、镍、合金、磁性材料等）



After 100 sputtering, thickness measured by Laser microscope

3D image of sputtered pattern by Laser Micro Scope



## 清洗机

设备共有六个槽体，三个反应槽具有循环、过滤、在线加热、兆声功能，三个清洗槽具有喷淋、鼓泡、溢流、快排等功能。

用于MEMS生产过程中4/6寸标准硅片RCA标准清洗、氧化前清洗。具有25片整盒工艺能力



硅片清洗 (单批次25片)	
普通	MX-51暗场下无亮点
氧化前	MX-51暗场下无亮点
键合前	MX-51暗场下无亮点
去胶清洗	MX-51暗场下无亮点

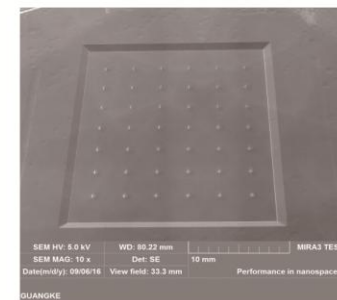
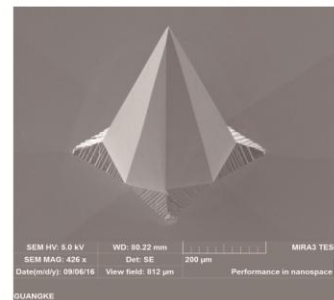
KOH腐蚀硅 (单批次25片)	
减薄工艺	
腐蚀速率	1.8μm/min
均匀性	片内、片间、批间均≤±2%
误差	≤±2%
制备台阶工艺 (单批次25片)	
腐蚀速率	0.35μm/min
均匀性	片内、片间、批间均≤±2%
误差	≤±2%

电镀铜	
腐蚀速率	0.3μm/min
均匀性	片内、片间均≤±2.9%
误差	≤±5%

玻璃片清洗 (单批次25片)	
普通	MX-51暗场下无亮点
氧化前	MX-51暗场下无亮点
键合前	MX-51暗场下无亮点
去胶清洗	MX-51暗场下无亮点

TMAH腐蚀硅 (单批次25片)	
减薄工艺	
腐蚀速率	0.8μm/min
均匀性	片内、片间、批间均≤±2%
误差	≤±2%
制备台阶工艺 (单批次25片)	
腐蚀速率	0.44μm/min
均匀性	片内、片间、批间均≤±2%
误差	≤±2%

电镀镍	
腐蚀速率	0.5μm/min
均匀性	片内、片间均≤±2.9%
误差	≤±5%



MEMS

## 4.2 氧化扩散区

## 氧化扩散区工艺能力介绍

氧化扩散-离子注入区主要有氧化扩散炉、LPCVD、PECVD、离子注入机等设备，可提供不同厚度及类型的SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、及Poly-Si膜的生长，以及P/B的掺杂和注入，同时可进行掺杂后的退火。



## LPCVD

品牌：赛瑞达 型号SRD6451CVD

用途：用于6英寸硅片表面Poly-Si、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、SiO<sub>2</sub>的低应力沉积。

## 工艺能力表

LPCVD							
尺寸			150mm				
材料			Si				
	厚度范围	沉积速率	折射率	应力	批间均匀性	片内均匀性	片间均匀性
SiO <sub>2</sub> 沉积	100~20000Å	≥60Å/min	1.4~1.5	≤300MPa	<±2%	<±2%	<±2%
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 沉积	1500Å	>15Å/min	~2.0	≤100MPa	<±3%	<±3%	<±3%
Poly-Si沉积	4000Å	>90Å/min	\	\	<±3%	<±3%	<±3%

## PECVD

SPTS Delta LPX APM PECVD系统提供精确控制沉积薄膜，以满足特定的应用需求。设备采用SPTS的RF混频沉积方法，通过调节LF功率，可以精确控制氮化硅薄膜的压应力与伸应力。另外，该设备通过对下级板的独立温控，可以实现低温氧化硅与氮化硅薄膜的沉积工艺。



## 工艺能力表

沉积项目	SiO <sub>2</sub>	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
尺寸	150mm	
批产量	1片	
沉积速率(A/min)	3000	1500
应力(MPa)	可达50MPa	可达30MPa
折射率	1.48±0.02	2.00±0.02
片内均匀性	<±2%	<±2%
片间均匀性	<±2%	<±2%



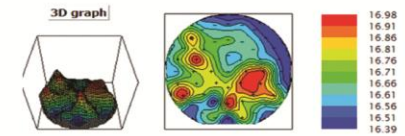
## 离子注入机

伊顿(EATON)公司生产的NV-10-160型号大束流离子注入机，用于半导体行业中的掺杂注入工艺，主要是B<sup>+</sup>、P<sup>+</sup>离子的注入工艺。

## 工艺能力表

离子注入	
NV-10-160	
能量范围	20keV-140keV
最大束流	P+max 4.0mA; B+ 2.0mA
最小能量	20keV
最小束流	30μA
片内均匀性	1.50%
片间均匀性	1.20%

## 工艺结果图



## 氧化扩散炉

品牌：赛瑞达 型号：SRD6451

用途：用于6英寸硅片的SiO<sub>2</sub>生长，退火以及P/B扩散。

## 工艺能力表

氧化扩散炉					
尺寸		150mm			
材料		Si			
	厚度范围	片内均匀性	片间均匀性	批间均匀性	最低薄层电阻
干氧化	100~1500Å	<±5%	<±6%	<±2%	\
氢氧合成	1000~6000Å	<±3%	<±3%	<±3%	\
硼扩散	\	±8%	±8%	±8%	50Ω/□
磷扩散	\	±8%	±5%	±8%	50Ω/□



## 4.3 光刻键合区

## 光刻键合区工艺能力介绍

光刻键合区能够实现基片的双面光刻，特征尺寸最小1.5 $\mu\text{m}$ ，可制作各类需求的图形，光刻胶工艺有从0.4 $\mu\text{m}$ —30 $\mu\text{m}$ 铝胶厚，支持平面工艺的各类掩膜，并可定制开发其它工艺；厚金属的剥离等工艺有多种LIFT-OFF工艺支持实现；AML键合机和EVG键合机可以实现高质量的Si-Glass阳极键合、Si-Si直接键合、Si-Glass-Si三层键合、金属扩散键合等优良的键合工艺；湿法腐蚀可以快速稳定的实现金属、Si、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等薄膜的图形化腐蚀工艺。



## 等离子去胶机

TEPLA是德国SUSS公司制造的等离子去胶机，可实现4/6英寸晶片干法去胶功能。去胶气体为氧气，其工作原理是将硅片置于真空反应腔中，通入氧气，加高压，使氧气电离，形成活化的氧原子，氧分子和电子等混合物形成等离子体辉光柱。活化氧可以迅速的将光刻胶氧化成为可挥发的气体被机械泵抽走。等离子去胶的优点是去胶效率高、表面干净光洁、无划痕、成本低环保。

## 工艺能力表

TEPLA等离子去胶机工艺能力	
晶片尺寸	6英寸
内腔材料	石英
输出功率	1000W
终点检测	endpoint终点检测系统
去胶速率	优于0.8 $\mu\text{m}/\text{min}$



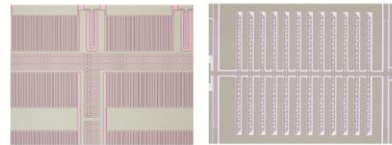
## 光刻机

SUSS MA150e是德国SUSS公司制造的双面全自动4/6英寸光刻机/紫外光刻机（Mask Aligner system），主要作用是实现光刻版上的图形通过紫外光转移到晶圆上。该机型是双面光刻机，可以实现高精度的曝光工艺，具有稳定性高、生产效率高的优点。

## 工艺能力表

Process Ability	
Wafer Size	100mm 150mm
Wafer Material	Si/glass wafer
Contact 1:1 Aligner	TOP/Back Side
Alignment Accuracy/Overlay	<1.0 $\mu\text{m}$ (3 $\sigma$ )
Mini $\mu\text{m}$ Features	1.5 $\mu\text{m}$
Alignment Mode	Autom
Light intensity uniformity	<2%
Production capacity	25 Wafer/batch

## 工艺效果图



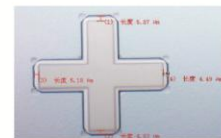
## 键合机 AML

英国的AML-AW8-04键合机主要用于MEMS制造中的主流键合工艺：阳极键合（包括Si-Glass、Si-Glass-Si三层同时键合、Glass-Si-Glass三层同时键合等）、直接键合（Si-Si等）、共晶键合（Au-Si共晶键合等）、玻璃胶键合、热压键合、熔融键合等，能实现硅硅在较低温下直接键合。

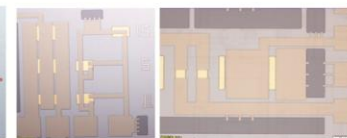
## 工艺能力表

施加电压最大值	2.5kV
施加压力最大值	25kN
工艺温度最大值	560°C
直接键合（如Si-Si）对准精度	$\leq \pm 2.0\mu\text{m}$
阳极键合（如Si-Glass）对准精度	$\leq \pm 5.0\mu\text{m}$
三层阳极键合（Glass-Si-Glass）对准精度	$\leq \pm 5.0\mu\text{m}$

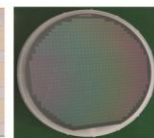
## 工艺效果图



AML键合机键合后对准精度照片



AML阳极键合后显微镜下照片



阳极键合后照片

MEMS

### 4.3 光刻键合区

#### 光刻键合区工艺能力介绍



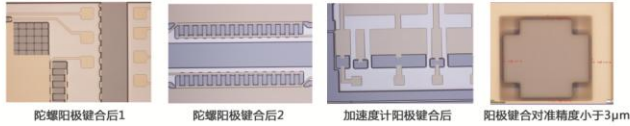
键合机 EVG510

奥地利的EVG510键合机可实现MEMS制造工艺中的阳极键合，熔融直接键合，共晶键合，金属扩散键合，玻璃胶键合等所有热压键合工艺。

工艺能力表

施加电压最大值	2 kV
施加压力最大值	20kN
工艺温度最大值	550°C
阳极键合（如Si-Glass）对准精度	$\leq \pm 3.0\mu\text{m}$
三层阳极键合（Glass-Si-Glass）对准精度	$\leq \pm 5.0\mu\text{m}$
熔融键合、扩散键合	$\leq \pm 5\mu\text{m}$

工艺结果图

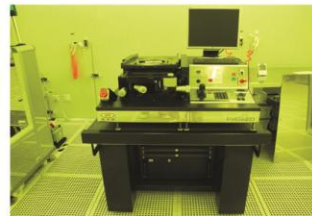


键合机 EVG620

奥地利的EVG620键合机用于MEMS基片的键合工艺前的基片图形预对准，可实现两层基片（如Si-Glass，Si-Si等）和三层基片（如Glass-Si-Glass，Si-Si-Si等）的键合对准功能。

工艺能力表

背面图形预对准精度（如Si-Si）	$\leq \pm 2.0\mu\text{m}$
透明基片（如Si-Glass）预对准精度	$\leq \pm 1.0\mu\text{m}$
三层基片（Glass-Si-Glass）预对准精度	$\leq \pm 2.0\mu\text{m}$



MEMS

MEMS Institute of Zibo National High-tech Industrial Development Zone

淄博高新区 MEMS 研究院



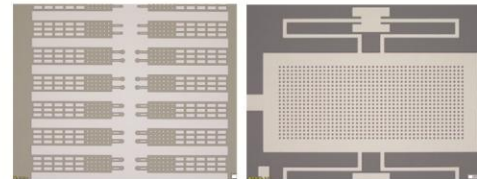
全自动涂胶显影机

GAMMA是4/6英寸全自动涂胶显影机，主要作用是涂胶和显影，是德国SUSS公司生产，可以实现高质量的自动涂胶工艺和自动显影工艺，涂胶工艺可加工 $1.3\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ 的任意胶厚；经过曝光后的晶圆片经过显影可加工出界清晰，CD精准的图形。

工艺能力表

Coater/Develop	
Wafer Size	100mm 150mm
Wafer Material	Si / glass wafer
Coater/Develop Mode	Autom
Resist Thicknesses	1.0 $\mu\text{m}$ 1.3 $\mu\text{m}$ 1.6 $\mu\text{m}$ 3.0 $\mu\text{m}$ 6.0 $\mu\text{m}$ ~30 $\mu\text{m}$
Light intensity uniformity	<2%
Production capacity	25 Wafer/batch

工艺结果图



MEMS

## 4.3 光刻键合区

## 光刻键合区工艺能力介绍



## 扫描电镜

高分辨率肖特基场发射可变真空扫描式电子显微镜MIRA3 XM是一台由计算机完全控制射电子显微镜，可在高真空和低真空模式下的随意操作。突出的光学特性，清晰的数字化图片。设备可自动获取图片，并以标准的格式存储。软件中包括强化的图片归档功能，处理和测量功能，显微镜的自动设置和其它许多自动功能。

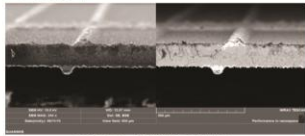
## 最重要的特性：

- (1) 高亮度肖特基发射电子源可获得高分辨率，大束流和低噪声图像。
- (2) 配置了In-Beam探头，可获得超高分辨率。
- (3) 独有的三透镜大视野观察（Wide Field Optics™）设计，该设计提供了多种工作模式和显示模式。
- (4) 专利的实时电子束跟踪技术（In-Flight Beam Tracing™）可进行束流优化，可预置或连续调整束斑位置或探针电流，极高的束流稳定性。
- (5) 束流减速技术可获得卓越的低电压高分辨表现。
- (6) 完全自动设置的显微镜包括电子光路的设置和合轴。
- (7) 针对不导电样品成像的低真空模式样品室真空广展至500Pa。
- (8) 独有的电子束3D扫描技术实现实时立体图像。

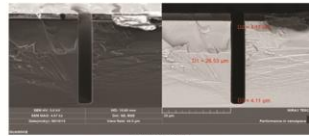
## 工艺能力表

放大倍率	1X~1,000,000X
加速电压	200V~30kV (束流减速模式下100V~30kV)
电子光路工作模式	分辨率模式，景深模式，视野模式，大视野模式，摇摆电子束模式
高真空下的分辨率（二次电子）	1.0 nm at 30 kV; 1.2 nm at 15 kV; 2.0 nm at 3 kV; 3.5 nm at 1 kV
束流减速模式下分辨率（二次电子）	1.5 nm at 3 kV; 1.8 nm at 1 kV; 2.5 nm at 200V
束流减速模式下分辨率（背散射电子）	2.0 nm at 15 kV
低真空下的分辨率（低真空二次电子）	1.5 nm at 30 kV; 3.0 nm at 3 kV
低真空下的分辨率（背散射电子）	2.0 nm at 30 kV

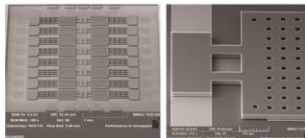
## 工艺结果图



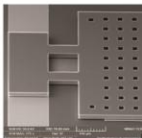
二次电子与背散射电子对比图



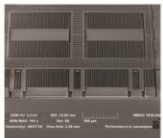
刻蚀沟槽图



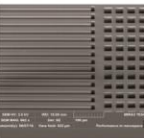
继电器



继电器细节图



加速度计

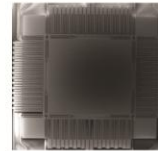


加速度计-梳齿结构

MEMS

MEMS Institute of Zibo National High-tech Industrial Development Zone

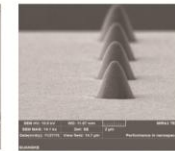
淄博高新区 MEMS 研究院



陀螺仪



陀螺仪细节图



针尖矩阵



氮化铝晶体结构



## 手动涂胶机

GAMMA是4/6英寸手动涂胶机，主要作用是涂胶，是德国SUSS公司生产，可以实现高质量的涂胶工艺，涂胶工艺，经过曝光后的晶圆片经过显影可加工出界清晰，CD精准的图形。

## 工艺能力表

Coater	
Wafer Size	100mm 150mm
Wafer Material	Si / glass wafer
Coater/Develop_Mode	MANUAL
Resist Thicknesses	1.0μm 1.3μm 1.6μm 3.0μm 6.0μm~30μm
Light intensity uniformity	< 2%
Production capacity	1 Wafer/batch



## 4.4 成膜刻蚀区

## 成膜刻蚀区工艺能力介绍

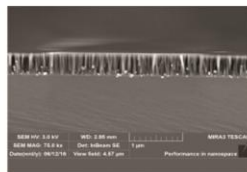
成膜区域设备主要有磁控溅射机与电子束蒸发台等，目前能完成贵金属与普通金属溅射工艺、贵金属与普通金属蒸发工艺。具体工艺能力如下：



## 磁控溅射机EXPLORER

丹顿磁控溅射机是美国DENTON公司生产的偏向于实验型的磁控溅射系统，型号为Explorer-14。该设备现用于溅射功能材料，如AlN、ITO等。

## 工艺结果图



AlN侧面（扫描电镜拍摄）

## 工艺能力表

可溅射薄膜	AlN
批生产能力	1片6寸（或小于6寸）/批次
均匀性	≤ ± 3%



## 磁控溅射机KDF904i

KDF904i磁控溅射机是美国KOF公司生产的用于连续在线生产的磁控溅射机，型号为KDF904i。设备现用于溅射金属，如Ti、Pt、Au、Cr、Cu、Al等。设备配有4个靶位，可以在一次抽真空中完成多种材料的溅射。

## 工艺结果图



溅射剥离后金属图形1

溅射剥离后金属图形2

## 工艺能力表

可溅射金属	Ti、Pt、Au、Cr、Cu、Al
批生产能力	4片6寸（或9片4寸）/批次
均匀性	≤ ± 3%



## 电子束蒸发台

电子束蒸发台为是美国DENTON公司生产的蒸发镀膜设备，型号为Integrity-26。改设备现用于蒸发金属，如Ti、Pt、Au、Al等。该设备使用石英晶振实时监测薄膜厚度，可以精确控制薄膜的沉积速率与沉积厚度。

## 工艺结果图



蒸发剥离后金属图形1

蒸发剥离后金属图形2

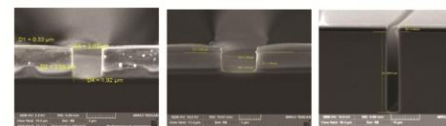
## 工艺能力表

可蒸发金属	Ti、Pt、Au、Al
批生产能力	7片6寸/批次
均匀性	≤ ± 3%

## 电感耦合等离子体刻蚀机

SPTS ICP(Inductively Coupled Plasma)设备是英国SPTS公司的一种非金属材料刻蚀机，该设备能够实现SO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>和Si材料的图形化，具有较高的选择比和刻蚀速率。

## 工艺结果图

SO<sub>2</sub>刻蚀电镜图Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>刻蚀电镜图

Si刻蚀电镜图

## 工艺能力表

项目	ICP（电感耦合等离子体刻蚀机）		
	刻蚀SO <sub>2</sub>	刻蚀Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	刻蚀Si
刻蚀线宽	1.5μm	1.5μm	3.5μm
刻蚀深度	2μm	2μm	30μm
刻蚀速度	> 100nm/min	> 200nm/min	> 1.4m/min
片内均匀性	< ± 3% (排除边缘5mm)	< ± 3% (排除边缘5mm)	< ± 5% (排除边缘5mm)
片间均匀性	< ± 3%	< ± 3%	< ± 3%
光阻选择比	> 1.5:1	> 4:1	> 25:1
刻蚀角度	> 85°	> 85°	90±1°
侧壁粗糙度	\	\	< 200nm

## 4.4 成膜刻蚀区

### 成膜刻蚀区工艺能力介绍



#### 反应离子刻蚀机

反应离子刻蚀机，RIE (Reactive Ion Etching)，OXFORD Plasma Pro 800Plus设备是英国牛津公司的一种非金属材料刻蚀机，该设备能够实现SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>材料的图形化，具有较高的刻蚀精度且能够同时刻蚀5片150mm及150mm以下尺寸单晶片。

#### 工艺结果图

线宽	1.5μm	2.5μm	5μm
SO <sub>2</sub> SEM图			
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> SEM图			

RIE刻蚀SO<sub>2</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>样品SEM镜检

#### 工艺能力表

项目	刻蚀SiO <sub>2</sub>	刻蚀Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
刻蚀深度	<2μm	<2μm
刻蚀速率	>25nm/min	>25nm/min
对光刻胶的选择比	>2.5:1	>2.5:1
片内均匀性	<±3%	<±3%
批间均匀性	<±3%	<±3%
重复性	<±3%	<±3%
垂直度	>75°	>75°



#### 氟化氙干法刻蚀机

SPTS Xetch X4设备是英国SPTS公司生产的一种各向同性化学蚀刻设备，用于硅结构的释放和硅材料的刻蚀。使用二氟化氙进行各向同性蚀刻是一种用于释放MEMS器件的理想解决方案。XeF<sub>2</sub>显示了对所有标准半导体材料几乎无限的选择性，包括硅光阻、二氧化硅、氮化硅和铝。

该设备具有以下特点：

- (1) 芯片尺寸：6英寸或更小；
- (2) 具备兼容两个XeF<sub>2</sub>升华腔室，可以交换使用来缩短刻蚀周期；
- (3) 配有一个透明的腔体盖及使用带环照明的显微镜来自视检查被刻蚀的样品；
- (4) 标准配置为脉冲模式和连续模式；
- (5) 能够实现硅片的横向刻蚀，并且保持较高的刻蚀速率；
- (6) 粘滞自由；
- (7) 选择刻蚀性强，允许光阻、二氧化硅、氮化硅以及各种金属做掩膜。

#### 工艺能力表

项目	参数
刻蚀速率	>4μm/min
片内均匀性	<±5%
片间均匀性	<±3%
对SiO <sub>2</sub> 选择比	>1000:1
对Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 选择比	>200:1

#### 工艺能力表

项目	刻蚀Al	刻蚀Ti
刻蚀速率	>200nm/min	>200nm/min
对光刻胶的选择比	≥1.5:1	≥1:1
片内均匀性	<±5%	<±5%
片间均匀性	<±5%	<±5%
垂直度	≥88°	≥88°



#### 金属ICP刻蚀机

Sentech SI 500 ICP主要刻蚀Al、Ti等金属材料，每次工艺可以刻蚀1片6英寸及6英寸以下基片。

#### 深硅刻蚀机

SPTS Omega LPX Rapier主要用于硅和SOI片的刻蚀，是目前世界上最新一代的深硅刻蚀机，在全世界销售第746台。与传统硅刻蚀设备相比，该设备有两大亮点：一、可以实现硅的通孔刻蚀（TSV技术），并保证高的深宽比和垂直度；二、该设备具有延展性，能够后期根据生产需要增加Loadlock，最多可装载25片，进而提高生产效率工艺能力。



#### 工艺能力表

项目	刻蚀Si片	刻蚀SOI片
刻蚀线宽	~2.5μm	~5μm
刻蚀深度	~80μm	~40μm
深宽比	>30:1	>8:1
刻蚀速度	>1.5μm/min	>2.6μm/min
片内均匀性	<±3%	<±3%
片间均匀性	<±3%	<±3%
光阻选择比	>20:1 (AZ5214)	>50:1 (AZ5214)
与SiO <sub>2</sub> 选择比	>40:1 (PECVD沉积)	>100:1 (PECVD沉积)
顶部缺口	<200nm/每边	<200nm/每边
侧壁粗糙度	<100nm	<100nm
刻蚀角度	89.8±0.03°	89±0.5°
底部缺口	\	<300nm
扫描电镜图片		

## 4.5 封装区

## 封装区工艺能力介绍

封装区主要有划片机、贴片机、引线键合机、激光打标机、手套箱、快速退火炉等设备。目前能完成硅-玻璃晶圆划片、裸芯片贴片、25 $\mu$ m金丝球焊、30 $\mu$ m铝丝楔焊、快速退火等工艺。具体工艺能力如下：



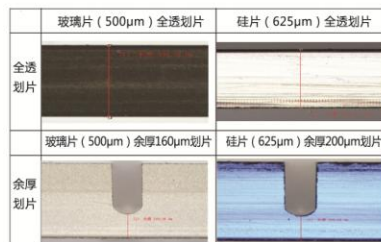
## 划片机

日本NDS公司生产的NANO 1500型号划片机，采用影像测高，测高时间比传统光电传感器测高缩短5倍以上；内建主轴冷却水循环系统，有效平衡主轴冷却水温，提高切割精度与稳定性；加配创新真空系统，减少60%压缩空气消耗量。主要用于硅片、玻璃片、键合片的切割。

## 工艺能力表

刀片类型	适用材料	切割深度 ( $\mu$ m)	切割道宽 ( $\mu$ m)	崩边 ( $\mu$ m)	最大切割尺寸
硬刀	硅	< 900	< 40	5-10	$\leq$ 6inch
软刀	树脂刀	< 3500	< 230	20-40	$\leq$ 6inch
	金属刀		< 230	30-50	$\leq$ 6inch
	电铸刀		< 230	30-50	$\leq$ 6inch

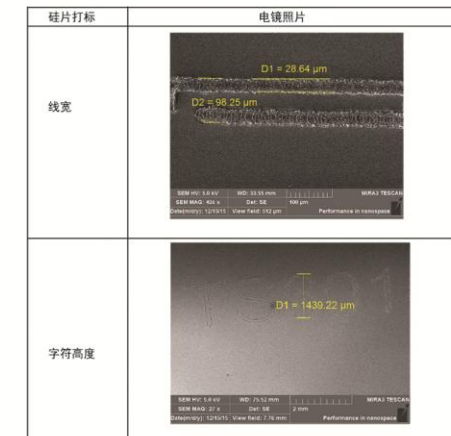
## 工艺结果图



## 激光打标机

ML-MUV03A紫外激光打标机属于激光打标机的系列产品，但其采用355nm的紫外激光器研发而成，该机采用三腔内倍频技术同红外激光比较，355nm的紫外光聚焦光斑极小，能在很大程度上降低材料的机械变形且加工热影响小。

## 工艺结果图



## 工艺能力表

设备指标	设备能力
激光功率	3W
激光波长	355nm
刻写范围	100*100mm
标刻速度	< 7000mm/s
最小线宽	0.01mm
最小字符	0.2mm
重复精度	$\pm$ 0.003mm



## 快速退火炉

RTP600快速退火炉，可用于硅基化合物半导体材料离子注入后的退火，具有很好的快速升温、慢速降温功能。

## 工艺能力表

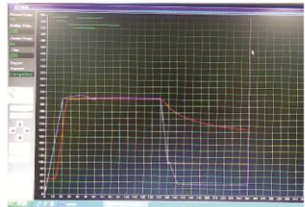
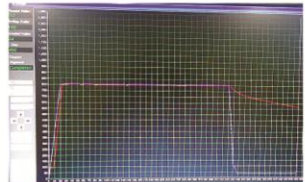
设备指标	设备能力
退火尺寸	4、6英寸
温度范围	150-1300°C
升温速率	0.001-200°C/秒
温度稳态稳定性	$\pm$ 2°C

MEMS

## 4.5 封装区

### 封装区工艺能力介绍

#### 工艺结果图

退火设定	退火曲线
20秒升温到300°C 保持2分钟	
20秒升温到800°C 保持5分钟	



#### 手套箱

MIKROUNA Universal 1800手套箱配置一台温度可控的加热装置,可提供无水、无氧、无尘的超纯环境。

#### 工艺能力表

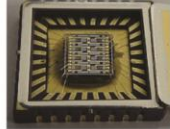


设备指标	设备能力
含水值 (可达到的最小值)	< 0.1ppm
含氧值 (可达到的最小值)	< 0.1ppm

MEMS

MEMS Institute of Zibo National High-tech Industrial Development Zone

淄博高新区 MEMS 研究院

#### 工艺结果图

产品类型	图片
继电器贴片	
陀螺贴片	
加速度计贴片	



#### 贴片机

瑞士TRESKY公司生产的T-3002-M型号贴片机集点胶、吸片、贴片于一体,主要用于封装过程中的点胶、吸片、贴片。

#### 工艺能力表

设备指标	设备能力
可贴硅片尺寸	≤6 inch
贴片精度	±10μm
贴片角度	360°



#### 引线键合机

奥地利F&S公司生产的53XX BDA型号引线键合机,可以在同一键合头上实现两种键合工艺:超声模键合和超声球键合,工艺切换操作简单,只需抬起打火杆,更换剪刀和楔焊金属丝。25mm行程的Y轴马达保证了线弧控制和尾丝精度。完整的编程控制,确保了工艺的重复性。

MEMS

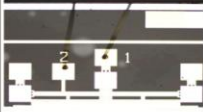
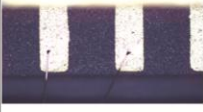
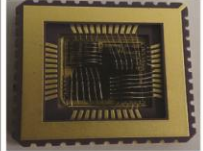
## 4.5、封装区

### 封装区工艺能力介绍

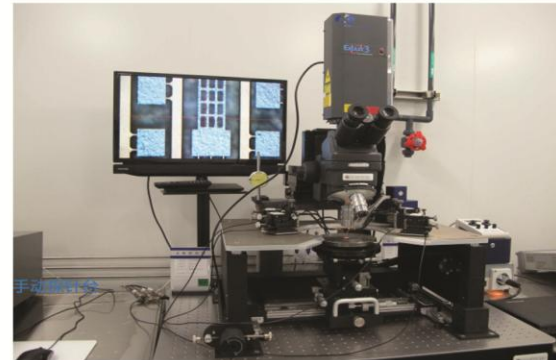
#### 工艺能力表

设备指标	设备能力
键合类型	楔焊、球焊
键合模式	手动、半自动
可加热温度	Max.250°C
超声频率	60KHZ、100KHZ
键合线径	25 $\mu$ m ~ 75 $\mu$ m

#### 工艺结果图

产品类型	图片
金丝25 $\mu$ m球焊 (球直径: 62 $\mu$ m $\pm$ 3 $\mu$ m)	
铝丝30 $\mu$ m楔焊	
引线键合实例	

**MEMS**  
MEMS Institute of Zibo National High-tech Industrial Development Zone  
淄博高新区 MEMS 研究院



#### 手动探针台

美国Semiprobe M8手动探针台为晶圆级探针测试系统,可做各种DC参数的测试,系统并具有激光修调和切割能力,可做晶圆级的修调,去除钝化层,金属层的工艺。

#### 工艺能力表

设备指标	设备能力
防震隔离台-隔离效率	$\geq$ 70%
承片台 X-Y 行程:	205mm $\times$ 205 mm, X-Y 微调行程: 25mm, Z轴起落间距: 25mm, $\theta$ 旋转范围: 360°
显微镜 最大放大倍率:	$\geq$ 160 $\times$
激光系统	532nm绿激光和355nmUV激光
TPI探针座 X 方向行程:	$\geq$ 12.7 mm, Y方向行程: $\geq$ 12.7 mm, Z方向行程: $\geq$ 12.7 mm; 控制精度: 优于5 $\mu$ m

## 五、专家团队



**丁衡高** 名誉顾问

中国工程院院士、惯性技术和精密仪器专家、中国人民解放军总装备部研究员、兼任中国惯性技术学会理事长、中国微米纳米技术学会名誉理事长、曾担任国防科工委主任。长期从事导弹自动控制系统及惯性器件的研究、设计、试制生产的技术领导工作。是中国惯性技术学会理事长、中国宇航学会名誉理事长，中国战略导弹惯性技术奠基人之一。1983年被评为研究员。参加了战略导弹的研究、设计、试验和卫星发射的组织领导工作。1986年组织起草制订了中国《高技术研究发展计划》，多年来组织领导中国的战略导弹试验、核试验和卫星发射试验及重大国防科研试验项目。是中共第十二届中央候补委员，第十三、第十四届中央委员。现任南京大学校友总会第五届名誉会长。



**王跃林** 主任

中科院上海微系统与信息技术研究所副所长。入选新世纪百万人才工程国际级人选。在Nano Letters等国内外杂志和会议上发表论文300余篇，其中SCI收录200余篇，SCI他引千余次，获授权发明专利70余项。

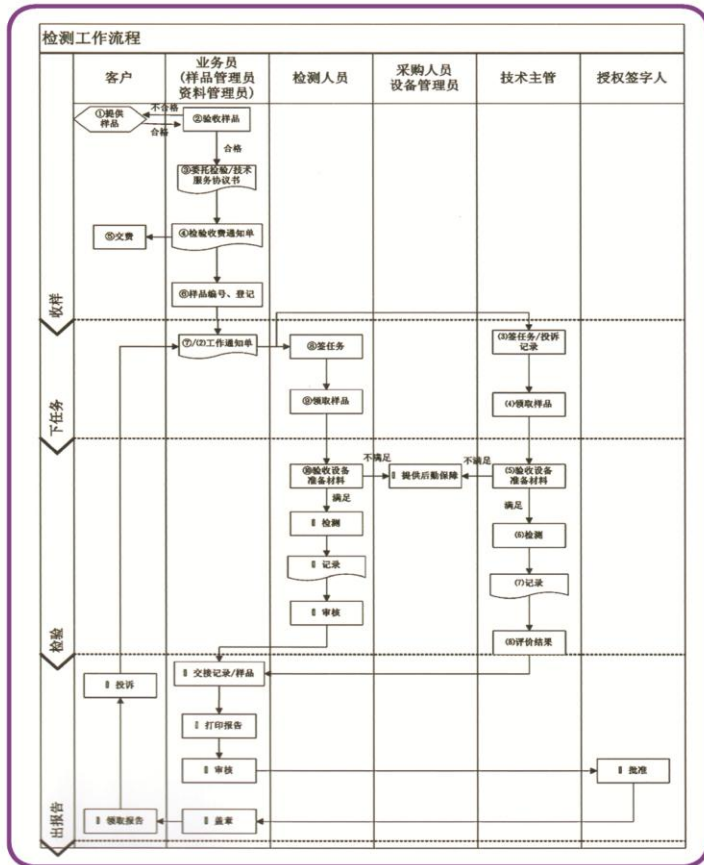
姓名	简介
<b>黄庆安</b> 副主任	东南大学MEMS教育部重点实验室主任、教授。2003年获国家杰出青年科学基金资助，2004年被聘为教育部“长江学者奖励计划”特聘教授，2006年入选“百千万人才工程”国家级人选，2016年被选为IEEE Fellow。先后，已培养博士32人，硕士65人。
<b>白转石</b> 委员	中航工业陕西宝成航空仪表有限责任公司高级专务、研究员。中国航空学会会员，惯性技术学会会员。先后获得航空工业科学技术奖二等奖1项，三等奖1项，航空报国奖1项。
<b>陈智刚</b> 委员	中北大学地下目标毁伤技术国防重点学科实验室副主任。先后获得省部级一等奖1项、二等奖2项；发表SCI/EI论文32篇，出版专著2部；指导博士生9人。2004年4月，由兵器工业出版社出版专著《爆炸及其终点效应》。多年来，主持承担各类纵向科研项目三十余项，包括国家自然科学基金1项、国家留学人员基金1项、中国博士后基金1项等，完成省部级鉴定3项，获省部级奖1项，获国家发明专利4项，在《华北工学院学报》、《机器制造》、《弹箭与制导学报》、《弹道学报》等国内各类期刊和STM国际会议上发表各类学术论文20余篇，其中EI、ISTP收录5篇。2003年9月，获院“三育人”先进个人。
<b>董宇峰</b> 委员	赛峰集团Colibrys核心技术部（瑞士）首席工程师。教育部科技进步二等奖1项“高分辨工业X射线CT”；发表高引用率SCI/EI论文30篇，出版专著1部（MEMS for automotive and aerospace applications, ISBN 978-0-85709-118-5）。
<b>李耀国</b> 委员	中航工业北京青云航空仪表有限公司副总经理兼总工程师。享受国务院政府津贴专家；2015年度北京市劳动模范。先后获得国防科技进步三等奖1项、省部级科学技术成果三等奖2项。

姓名	简介
马岸英 副主任	北方智能微机电集团有限公司董事中国兵器工业集团第二一四研究所党委书记，先后获得国防科技进步一等奖1项，二等奖2项；三等奖3项。
温志渝 委员	教授，博士生导师。现任重庆大学机械及光电系统与装备研究院副院长、光电技术与系统教育部重点实验室副主任、重庆大学微系统技术研究中心和重庆市微光机电工程技术研究中心主任、微米/纳米技术专业组专家、模拟集成电路国家重点实验室学术委员会委员、北京大学微米/纳米技术国家重点实验室学术委员会委员、华北工学院仪器科学与动态测试教育部重点实验室学术委员会委员、重庆市MEMS专家委员会委员、中国微米纳米技术学会常务理事、中国仪器仪表学会传感器分会理事，“传感器技术学报”编委副主任、“传感器与微系统”、《微电子学》学术期刊编委等，Sensors and Actuators A 审稿人等。
苑伟政 委员	西北工业大学机电学院院长；微纳系统教育部重点实验室主任。2006年获聘“长江学者”。先后获得国家技术发明奖二等奖2项，国家教学成果一等奖1项；发表SCI/EI论文232篇，出版专著3部；指导博士生42人。
周六辉 委员	北方电子研究院有限公司副总经理兼中国兵器工业第二一四研究所总经理。连续获任中国电子学会元件分会第八届、第九届委员；担任安徽省国防科技工业质量管理协会副理事长；获安徽省科技进步二等奖1项；获部级三等功1项；2001年获国防科技进步二等奖1项；获兵器工业集团公司科技进步一等奖1项；2002年获得国防科技进步一等奖1项；2008年获兵器工业集团公司科技进步三等奖1项；连续荣获兵器行业质量管理小组卓越领导者称号。

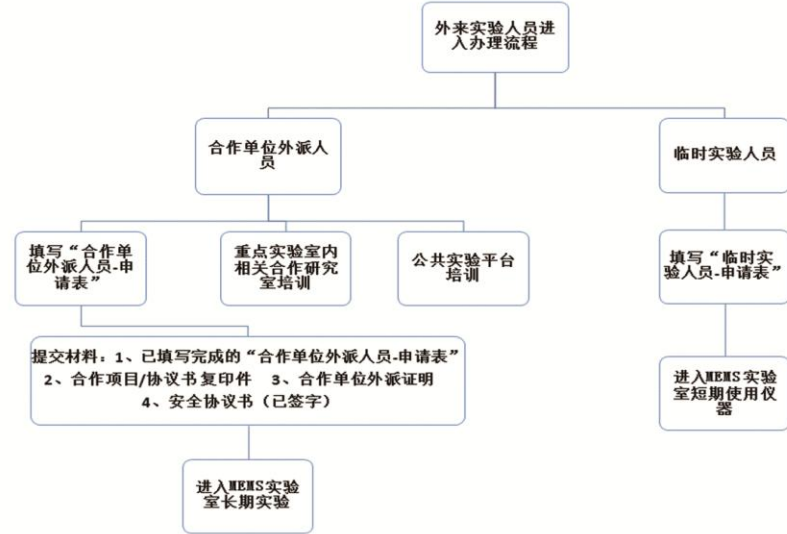
## 六、平台鉴定意见

鉴定意见
<p>受教育部委托，清华大学于2016年6月20日，在山东淄博主持召开了由清华大学等单位完成的“硅基MEMS中试代工平台”成果鉴定会。鉴定委员会听取了项目组汇报，审阅了相关技术资料，考察了平台现场，经质询、讨论，形成鉴定意见如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 技术文件齐全完整、规范，数据可靠，符合鉴定要求。</li> <li>2. 该项目属于应用平台型建设，主要成果与创新点如下：           <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 在国内首次提出“硅基MEMS中试代工平台”的概念，以典型产品通线，形成标准工艺，与用户专有工艺相结合，形成MEMS器件中试代工能力，为我国MEMS器件产业化探索了一条新途径。</li> <li>(2) 首次在国内提出并完成了6/4英寸中试代工平台建设，中试代工平台创新性的采用了港湾结构布局，有效地解决了人流物流交叉污染问题，保证了工艺质量。创新采用可扩展柔性设备动力布局，可保证技术与产品拓展。</li> <li>(3) 基于工艺平台，首次系统地建立了高深宽比深刻蚀穿通、多种稳定成膜、多层键合及相关工艺检测能力；可为压阻、压电等核心器件代工批产，完成并固化了核心工艺45项。</li> <li>(4) 通过驱动电极的优化，以及侧壁镀金属工艺开发，首次研制出低电压（15-28V），高可靠（<math>10^5</math>-<math>10^8</math>）平面继电器，工艺成品率95%以上。</li> </ol> </li> </ol> <p>鉴定委员会认为：6/4英寸硅基MEMS中试代工平台已具备硅MEMS器件的中试代工能力，达到国际先进水平，一致同意通过鉴定。</p> <p>建议：加强市场推广，进一步扩大用户群。</p> <p style="text-align: right;">鉴定委员会主任：张岩 副主任：马岸英</p> <p style="text-align: right;">2016年6月20日</p>

### 七、加工合作流程



### 八、培训合作流程





## 九、地理位置



地址：山东省淄博市高新区政通路135号F座



地址：山东省淄博市高新区中润大道158号  
电话：0533-3141989

