

# 多层次技术支撑

全方位满足您的分析需求

## 半导体及相关行业

赛默飞色谱质谱及光谱仪综合解决方案

**ThermoFisher**  
SCIENTIFIC



# 赛默飞半导体行业检测产品及技术简介

在《国家集成电路产业发展推进纲要》和国家集成电路产业投资基金的推动下，中国半导体市场已成为全球增长引擎。半导体行业的生产良率与经济效益息息相关，而单晶硅锭和晶圆的品质、生产过程中使用的清洗剂和刻蚀剂、封装材料、环境洁净度等都可能影响生产良率。同时，在当前对环境保护要求日益严苛的大背景下，工业废水等环保问题也成为半导体及相关企业越来越重视的关注点。

赛默飞世尔科技作为科学服务领域的领导者，拥有行业领先的全方位解决方案，可为半导体及相关行业的这些关键环节提供多层次技术支持，全方位满足您的分析需求。如单晶硅锭和晶圆，以及清洗剂和刻蚀剂中的离子态杂质、金属杂质、有机物杂质等可采用赛默飞技术领先的离子色谱、电感耦合等离子体质谱仪（单四极杆、三重四极杆 ICP-MS）或高分辨电感耦合等离子体质谱仪（HR-ICP-MS）、辉光放电质谱仪（GD-MS）、气质联用仪等进行分析，且赛默飞丰富的前处理产品和分析产品组合同时还可为 RoHS 检测、废水分析等提供全面解决方案。



## 目录

- 痕量金属及无机元素杂质检测方案..... 2
  - ICP-MS（电感耦合等离子体质谱仪）检测解决方案..... 2
  - HR-ICP-MS（高分辨电感耦合等离子体质谱仪）检测解决方案..... 7
  - GD-MS（辉光放电质谱仪）检测解决方案..... 8
- 痕量离子态杂质检测方案..... 9
  - IC（离子色谱仪）检测解决方案..... 9
- RoHS 解决方案..... 13
- 环境安全解决方案..... 14



# 痕量金属及无机元素杂质检测方案

## 1. ICP-MS（电感耦合等离子体质谱）检测解决方案

Thermo Scientific™ ICP-MS 产品包括 Thermo Scientific™ iCAP™ RQ（单四极杆）和 Thermo Scientific™ iCAP™ TQs（三重四极杆），轻松实现：1）高纯试剂（清洗剂 and 刻蚀剂）中痕量元素杂质实验室和在线分析；2）单晶硅锭和晶圆中痕量元素分析；3）wafer 表面痕量元素分析。



iCAP RQ



iCAP TQs

### 1.1 VPD 溶液的分析

硅晶片是应用最广泛的半导体基材，工业上使用对其纯度要求特别高，通常需要在 99.9999999% 以上。在生产制造过程中，通常需要对其纯度进行检测。常用硅纯度检测的方法有两种，全反射 X-射线荧光分析（TR-XRF）和气相分解 - 电感耦合等离子体质谱联用（VPD-ICP-MS）方法（简称 VPD 法）。

VPD 与 ICP-MS 联用法具有业界所需的检测限和稳定性，测试结果快速可靠。该方法可用于常规和可重复性检测，所以该联用方法广泛应用于硅晶片的测试。

VPD 样品中含有高含量的酸和硅基体，并且目标检测元素的含量通常也非常低，由于基体溶液会产生大量的多原子离子干扰（如表一所示），所以说 VPD 溶液的测试是极具挑战性的。为了得到更加精确的结果，干扰的去除是非常必要的，比如使用串接式等 ICP-MS，高分辨 ICP-MS 和使用碰撞反应池等技术。



表 1. 硅基体中常见分析元素的干扰

元素	基体干扰
$^{48}\text{Ti}$	$^{28}\text{Si}^{19}\text{F}^{19}\text{H}$ , $^{29}\text{Si}^{19}\text{F}$
$^{56}\text{Fe}$	$^{28}\text{Si}^{28}\text{Si}$
$^{60}\text{Ni}$	$^{28}\text{Si}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$
$^{63}\text{Cu}$	$^{28}\text{Si}^{16}\text{O}^{19}\text{F}$
$^{66}\text{Zn}$	$^{28}\text{Si}^{19}\text{F}^{19}\text{F}$
$^{74}\text{Ge}$	$^{29}\text{Si}^{29}\text{Si}^{16}\text{O}$

表 2. 仪器设置及参数

参数	参数		
雾化器	100 微升自吸式微量雾化器		
雾室	高灵敏度 PFA 旋流雾室		
中心管	2.0 mm 内径蓝宝石中心管		
接口	高灵敏度铂金采样锥和截取锥		
测试模式	单杆模式		串杆模式
	SQ-CP-NH <sub>3</sub>	SQ-KED	TQ-O <sub>2</sub>
等离子体功率	520 W	1550 W	1550 W
雾化器气体	0.965 L/min	0.999 L/min	0.999 L/min
碰撞反应气体	NH <sub>3</sub> , 0.28 ml/min	He, 4.20 ml/min	O <sub>2</sub> , 0.3 ml/L
驻留时间	100 – 300 ms, 5 次扫描		

## 1.2 半导体级异丙醇的分析

在半导体工业生产中，异丙醇（IPA）用作溶剂清洗硅片。由于 IPA 与硅片表面直接接触，因此，必须控制其痕量金属杂质浓度。由于 ICP-MS 对元素分析的灵敏度高，因此，广泛用于半导体行业用材料的质量控制分析。采用 ICP-MS 技术直接分析 IPA 可为 IPA 中超痕量分析物（ $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ）提供有用的控制，并避免由样品制备引起的污染。

iCAP TQs ICP-MS 结合了三重四极杆和冷等离子体技术，该高度灵活的方法实现了半导体行业分析所需的超痕量背景等效浓度（BEC）和检测限（LOD）。

## 仪器

采用专门的有机基质样品进样系统对 IPA 直接进行常规分析。该进样系统由一台  $100 \mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$  自吸式 PFA 微流同心雾化器 (Elemental Scientific, Omaha, NE, 美国) 和一个珀耳帖冷却石英喷雾室 ( $-10^\circ\text{C}$ ) 组成。

通过喷雾室弯头中的一个端口将高纯氧气输送至气溶胶流中, 以防止碳基质在接口区域累积。其  $1.0 \text{ mm}$  直径的石英中心管尽可能降低了等离子体的碳负载量。该系统由于使用氧气, 因此, 需要尖端为铂金的采样锥和截取锥。所有样品均采用 Teledyne CETAC 自动进样器 ASX-112FR 系统 (Omaha, NE, 美国) 进行分析。

表 3. 仪器配置和操作参数

参数值						
雾化器	PFA 同心雾化器 $100 \mu\text{L}^{-1}$ (自吸式)					
雾室	石英旋流雾室, 在 $-10^\circ\text{C}$ 下冷却					
中心管	1.0 mm 内径, 石英					
接口	铂金采样锥和高灵敏度铂金截取锥					
提取透镜	冷等离子体透镜					
测量模式	单四极杆模式				三重四极杆模式	
	SQ-STD	SQ-KED	SQ-CP	SQ-CP-NH <sub>3</sub>	TQ-O <sub>2</sub>	TQ-NH <sub>3</sub>
正向功率	1450 W		600 W		1450 W	
附加气体	纯 O <sub>2</sub> , $30 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$					
雾化器气体流速	$0.602 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$	$0.602 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$	$0.85 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$	$0.85 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$	$0.602 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$	$0.602 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$
CRC 气体流速	-	纯 He $4.2 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$	-	纯 NH <sub>3</sub> $0.28 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$	纯 O <sub>2</sub> $0.3 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$	纯 NH <sub>3</sub> $0.28 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$
驻留时间	每个分析物 100–300 ms, 5 次扫描					
透镜设置	通过自动调谐程序进行优化					

## 校正数据

图 4 显示了 IPA 中 Li、P、K、Ti、As、Zr 和 Ta 的校正曲线。采用校正标准品在  $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$  级水平范围内测得的校正曲线呈现出优异的线性和灵敏度。通过三重四极杆模式和冷等离子体得到改善的干扰去除可实现更具挑战性分析物的低背景噪声。

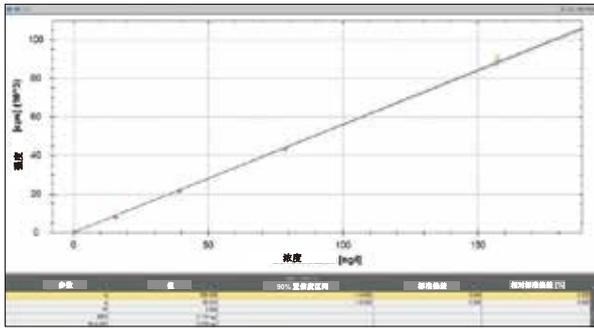


图 4a

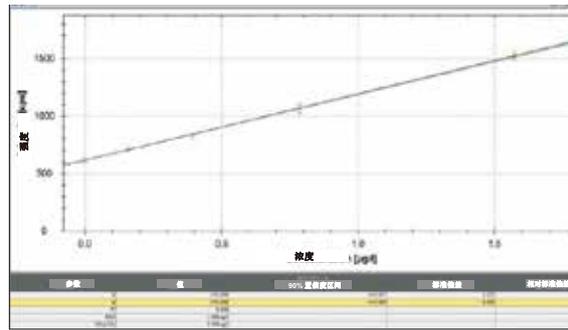


图 4b

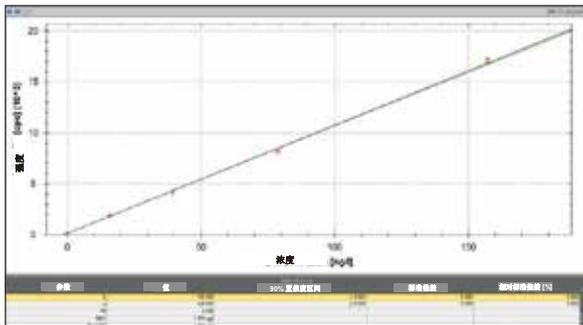


图 4c

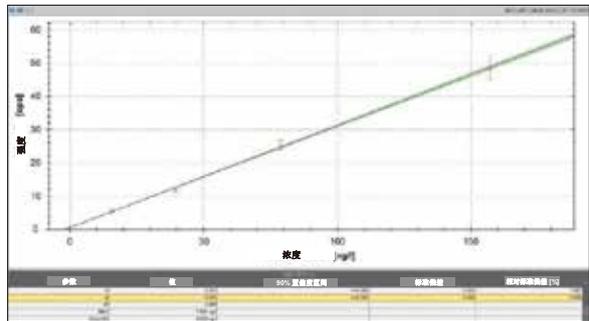


图 4d

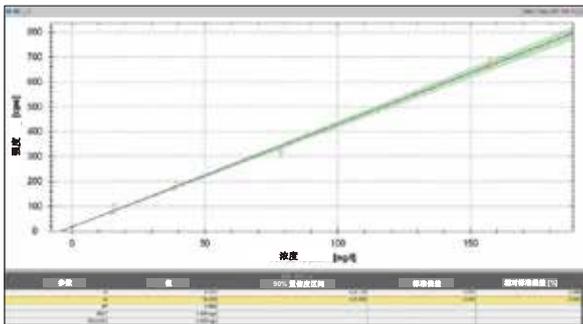


图 4e

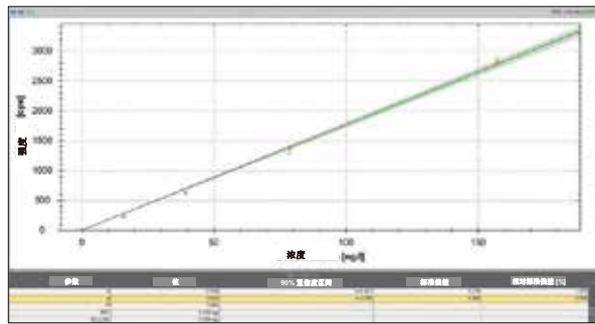


图 4f

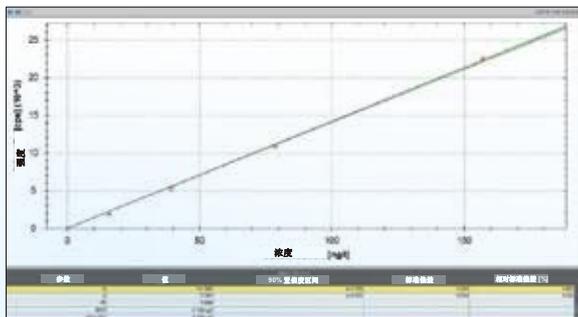


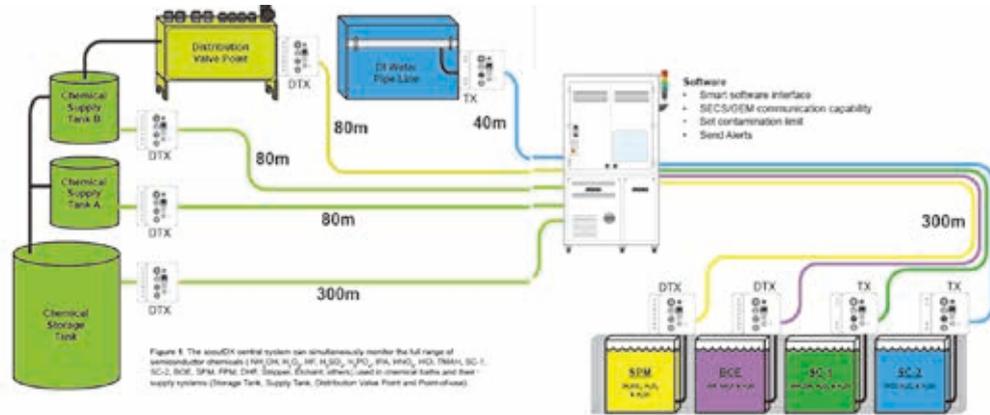
图 4g

图 4. IPA 中的校正曲线。

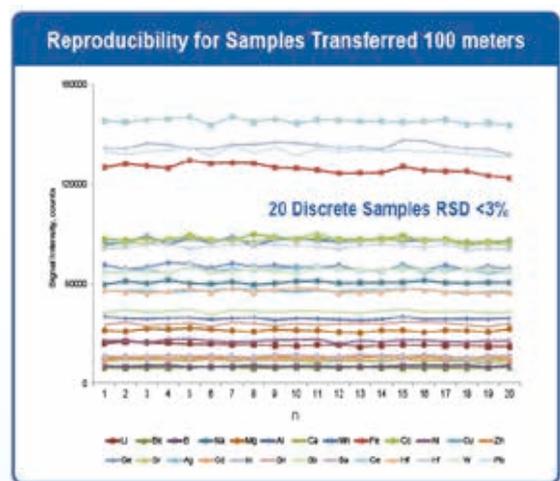
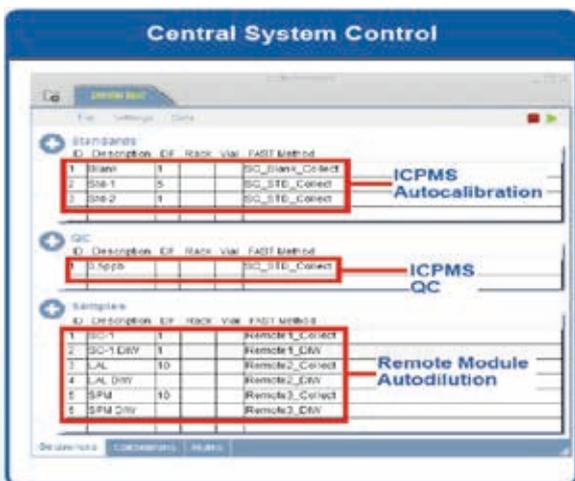
- 4a. SQ-CP 模式下 Li 的分析;
- 4b. TQ-O2 质量数偏移模式下 P 的分析;
- 4c. SQ-CP-NH<sub>3</sub> 质量数偏移模式下 K 的分析;
- 4d. TQ-NH<sub>3</sub> 质量数偏移模式下 Ti 的分析;
- 4e. TQ-O<sub>2</sub> 质量数偏移模式下 As 的分析;
- 4f. SQ-KED 模式下 Zr 的分析;
- 4g. SQ-STD 模式下 Ta 的分析;

### 1.3 半导体试剂检测自动化方案

采用 ESI ScoutDX 自动在线控制系统，可 24/7 用于 FAB 的实时试剂纯度监控，并可设置被污染的限制值，提高生产效率。最大程度减少人员与危险性化学试剂接触，提高生产安全性。



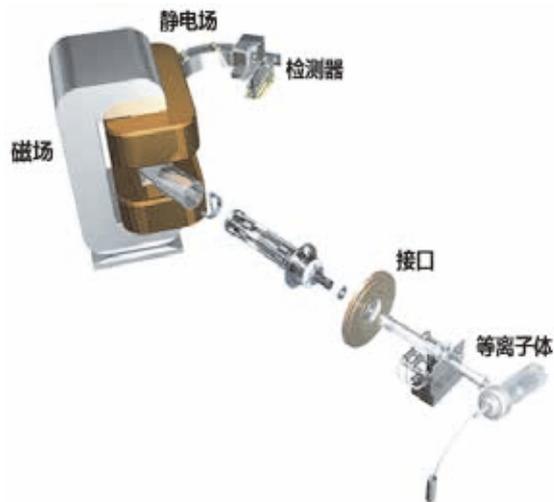
- TXS 或 DTXS 终端从现场取样并输送到 ScoutDX 中央系统用 ICPMS 检测，输送距离达 300 m；
- TXS 终端可以准确并高重复性地采集样品，样品体积小（1 到 3 mL），并以每秒 1.2 米速度传输到中央 scoutDX 系统；
- DTXS 终端是输送高粘度样品，带柱塞泵的自动稀释装置可以将样品自动稀释后在传输到中央 ScoutDX 系统用于检测；



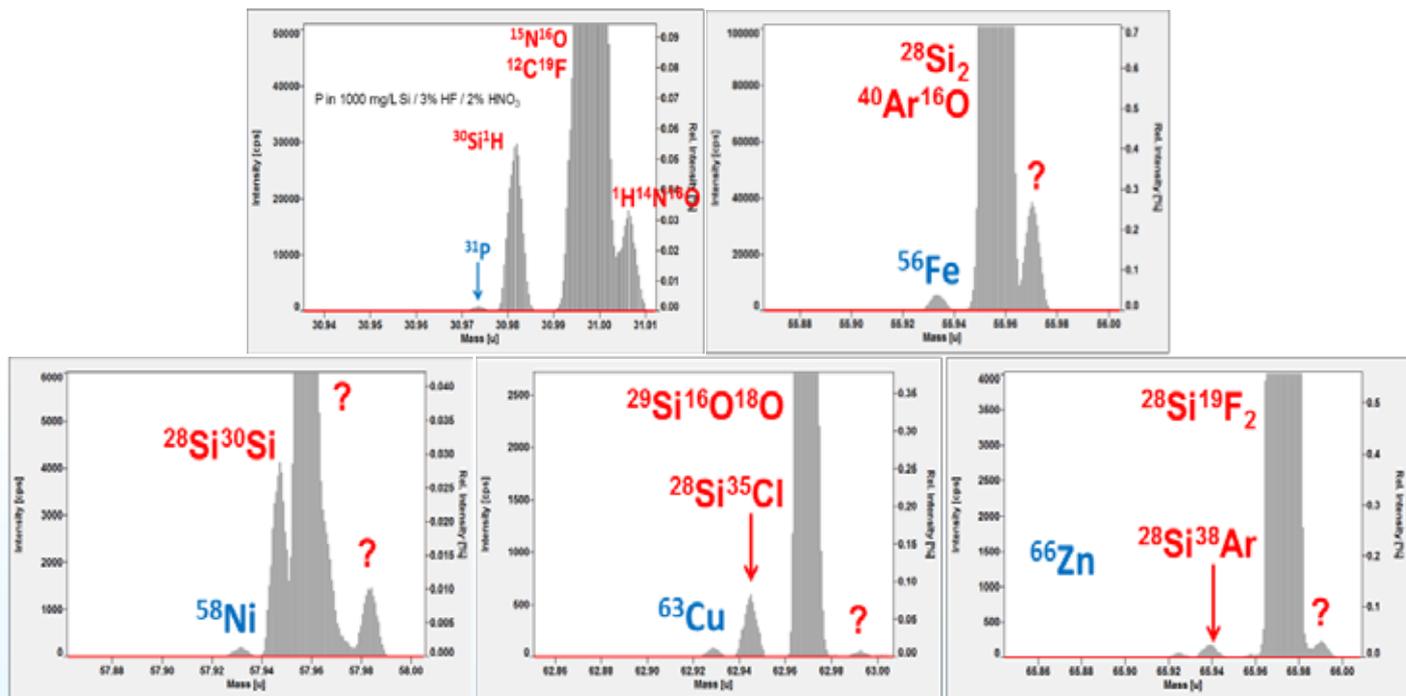


## 2. 高分辨 ICP-MS 检测解决方案

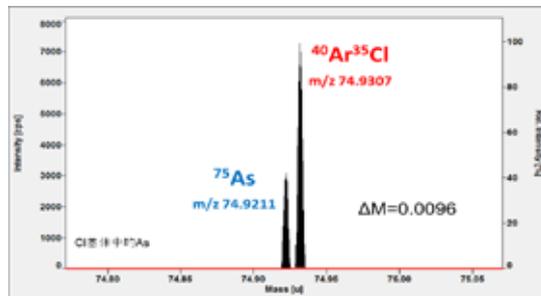
HR-ICP-MS 是以电磁场和静电场作为质量分析器，结合专利的固定分辨率狭缝技术实现高质量分辨率的 ICP-MS。采用高分辨 ICP-MS 分析半导体级别试剂中杂质元素更简单方便，高分辨 ICP-MS 具有更强的抗干扰能力。



2.1 固定分辨率狭缝低、中、高分辨率分别达到 300、4000、1000( 10% 峰谷定义 )。采用中分辨率轻松实现复杂基体中的 P、Fe、Ni、Cu、Zn 等元素的无干扰分析，无需解析未知干扰峰便可实现准确定量：



2.2 采用高分辨模式分析 As，可完全排除 Cl 基体中的  $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$  干扰，实现准确定量：



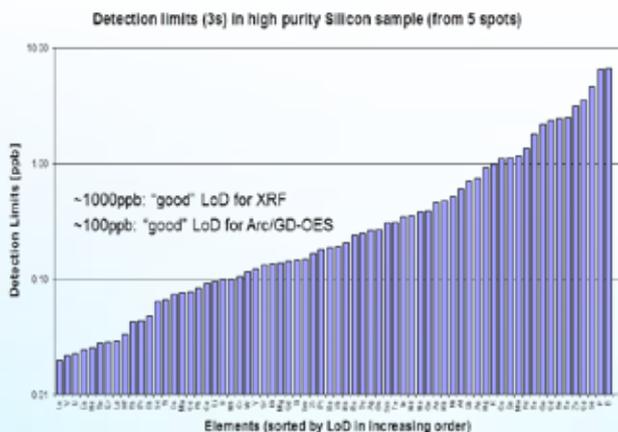
### 3. GD-MS（辉光放电质谱仪）检测解决方案

GD-MS（辉光放电质谱仪）是在双聚焦高分辨质谱的技术上，采用快速流辉光放电离子源，实现高纯固体样品直接分析的最佳工具。



- 降低沾污风险：固体样品直接分析，无需复杂样品前处理
- 无标准物质时准确定量：原子化与离子化过程分离，可最大程度减小基体效应
- 分析范围广：直流 / 脉冲双操作模式
- 分析速度快：6 个样品 / 小时，50 种 ppb 级元素

采用 GC-MS 分析高纯硅（Si）中的痕量杂质，大部分元素  $\text{LOD} < 1\text{ppb}$ ：





## 痕量离子态杂质检测方案 - IC（离子色谱）检测解决方案

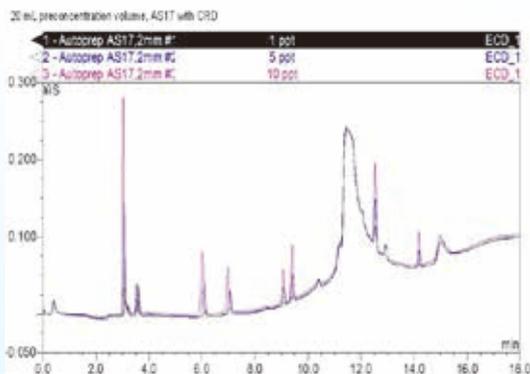
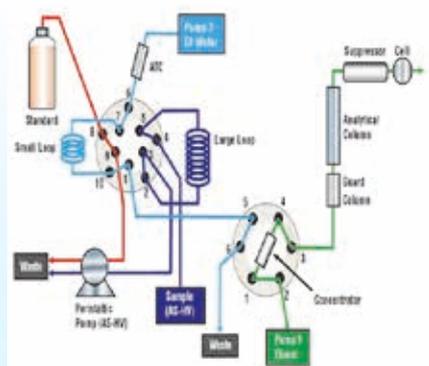
赛默飞提供世界最先进的离子色谱和相关技术为高纯水痕量阴阳离子分析的离线和在线监测、半导体表面痕量阴阳离子污染分析、高纯试剂中离子杂质和工作场所空气中痕量离子态物质的分析提供解决方案。而且采用 Thermo Scientific Integriion 系统可通过配备的平板电脑，在办公室（20 m 内）查看仪器状态，即可及时发现异常情况并处理。

### Thermo Scientific 离子色谱产品线



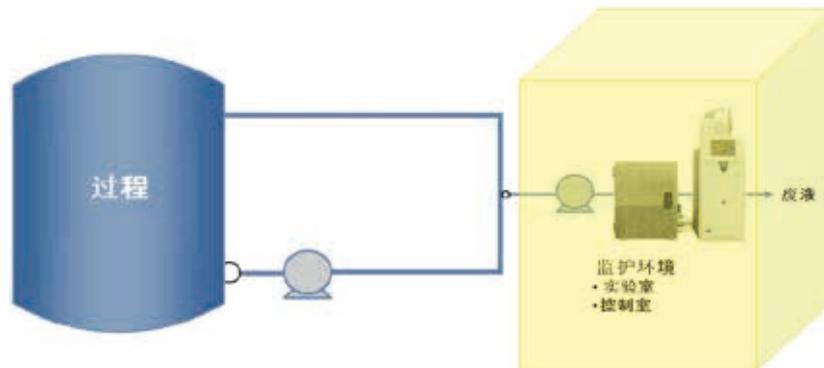
### 1. 超纯水分析

半导体行业对离子污染非常敏感，而几乎所有过程均需要使用高纯水，因此高纯水的质量非常重要。对不同的级别的生产线，对高纯水的质量要求不一样，如 ASTM 和 SEMI 对高纯水中杂质离子有不同的明确限值要求。采用大定量环上样，可实现 ppt 级别杂质分析：



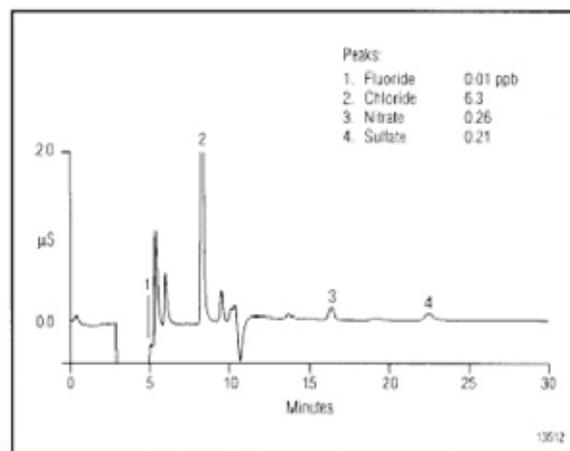
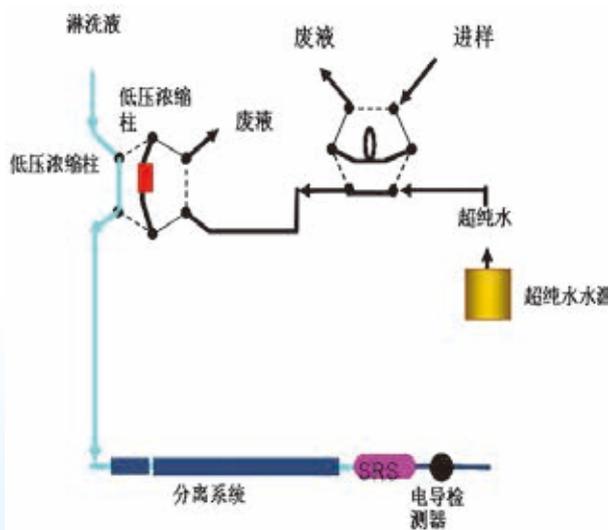
## 2. 在线色谱系统 -Integral 系统工业环境迁移方案

INTEGRAL 外壳系统提供自己的环境，且可通过在线色谱数据整合远程控制系统，实现在线分析。



## 3. 水溶性溶剂中离子分析

在系统中加入浓缩柱，反相有机溶剂经过浓缩柱时，离子被吸附，而主成分无保留，可被超纯水冲走，再由流动相将吸附的待测离子带入色谱柱分离并检测。



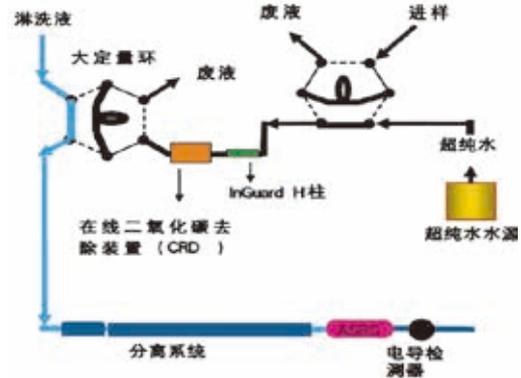
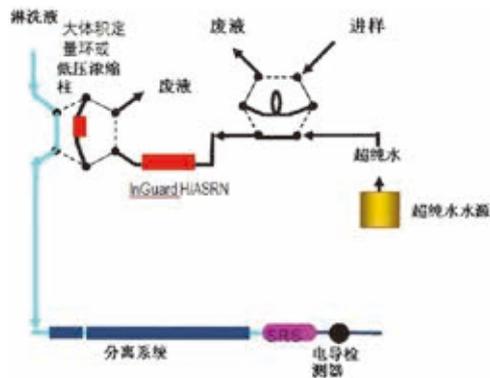
半导体级别异丙醇中的阴离子分析



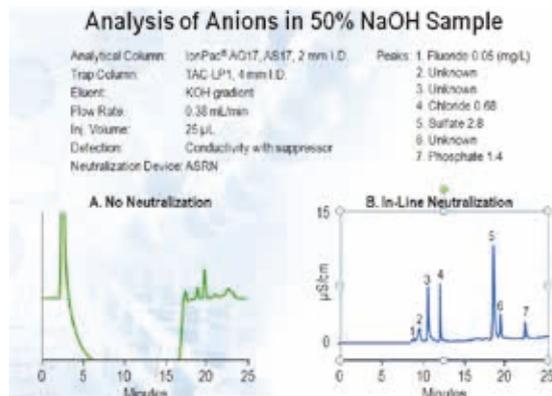
## 4. 强碱中的阴离子分析

如果浓度  $\geq 1\text{ppm}$ ，直接稀释 50-100 倍，过 OnGuard-H 柱即可；ppb 级别分析需要稀释后在线中和

若为碳酸盐，需要在在线中和器后添加 CRD 去除二氧化碳



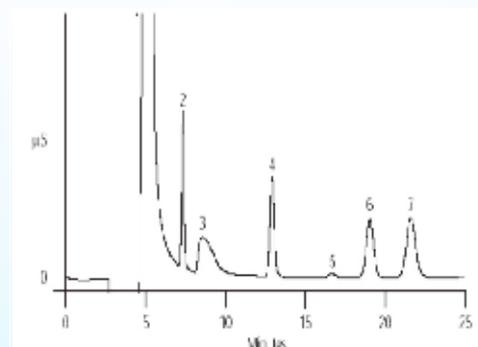
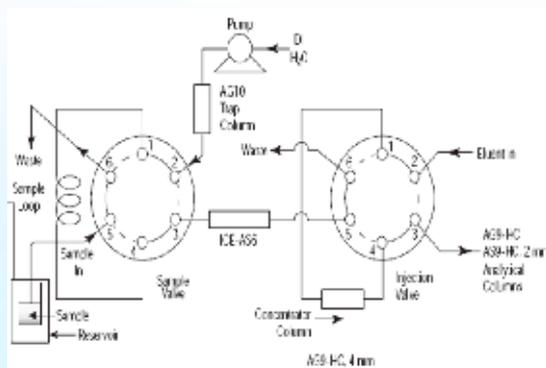
50% 氢氧化钠中的阴离子测定：



## 5. 浓酸中痕量离子测定

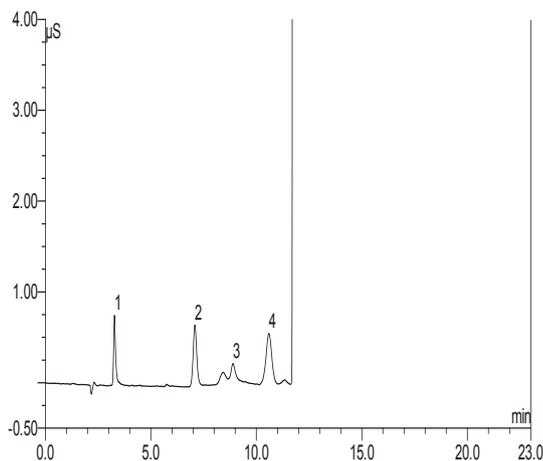
5.1 弱酸中的阴离子：

采用阀切换，在线消除弱酸影响，第一维从基体中分离待测物，减少基体离子含量；将待测物转移至第二维分离、测定。



氢氟酸中的阴离子分析

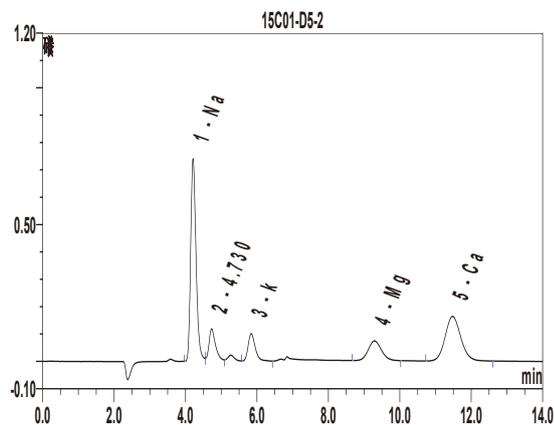
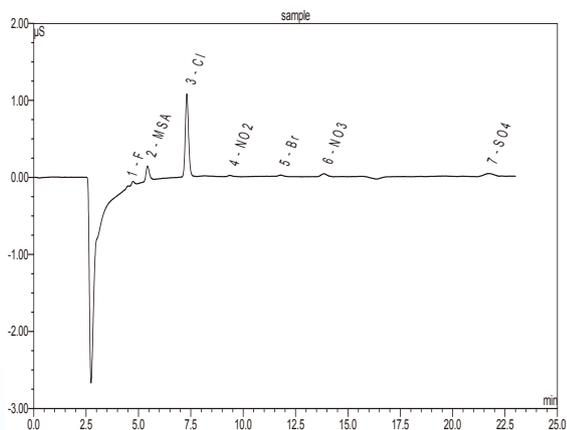
## 5.2 浓强酸中的阴离子采用直接稀释分析，如 68% 硝酸中的阴离子



检测成份 Ions	样品含量 Original mg/L	加标量Added mg/L	检出量Found mg/L	回收率 recovery %
F <sup>-</sup>	n.d.	2.0	2.12	106.0
		10.0	10.12	101.2
Cl <sup>-</sup>	2.9	5.0	7.88	99.6
		25.0	27.68	99.1
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	n.d.	10.0	8.82	88.2
		50.0	42.37	84.7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.7	10.0	12.09	93.9
		50.0	53.15	100.9

## 6. PCB 板中痕量离子测定

根据 IPC-TM-650 方法，用 75% 异丙醇溶液覆盖待测电路板表面，在 80℃ 水浴中提取 60min，定容后稀释 5 倍，过滤膜后进样分析。





## RoHS解决方案

赛默飞公司完全理解 RoHS 指令和《电子信息产品污染控制管理办法》的深远含义，为帮助电子电器设备制造商以及他们的供应链应对这些所带来的挑战，赛默飞能提供最全面的解决方案，包括仪器、消耗品、软件和技术支持。赛默飞为多溴联苯、多溴二苯醚阻燃剂、邻苯二甲酸酯和多环芳烃等危害有机物的前处理、筛查和测定等提供加速溶剂萃取 (ASE)、燃烧离子色谱 (CIC)、气相色谱 - 质谱联用仪 (GC-MS) 和高效液相色谱仪 (HPLC) 等技术，并提供原子吸收光谱仪 (AAS)、电感耦合等离子体发射光谱仪 (ICP-OES)、电感耦合等离子体 - 质谱仪 (ICP-MS) 和离子色谱仪 (IC) 用于测定镉、铅和汞，分离并测定六价铬。

危害有机物  
样品提取

危害有机物分析  
色谱与质谱

重金属  
原子光谱、离子色谱

软件方案  
色谱软件



Thermo Scientific™  
Dionex™ ASE™ 350



Thermo Scientific™  
ISQ™ GC-MS



Thermo Scientific™  
Dionex™ UltiMate™  
3000



Thermo Scientific™  
iCE™ 3000



Thermo Scientific™  
iCAP™ RQ ICP-MS



Thermo Scientific™  
iCAP™ 7000



Thermo Scientific™  
Dionex™ Integrion HPLC™



变色龙实验室数  
字信息处理系统



## 环境安全解决方案

企业的持续稳定发展离不开环境安全，首先环境安全直接关系企业生产者的健康和生命安全，而且随着人们对大气、水、土壤污染等热点环境安全事件的广泛关注，人们对环境安全的要求和意识也越来越高。

赛默飞对于废水、废气中各项污染物都能提供准确的分析解决方案，并能提供 VOCs 和污染离子的 24 小时在线监测。您也可以浏览我们的网站或咨询我们的环境专家获得更专业的环境安全分析方案。

基于分光光度法检测水中硅酸盐 / 氟化物 / 氯化物 / 钙离子 / 镁离子 / 磷酸盐 / 硫酸盐 / 尿素 / 总氮 / 氨氮 / 亚硝酸盐  
– 全自动高通量分析系统 Gallery (200 样品 / 小时，一次性比色杯避免交叉污染)

污染源废气中酸雾、氯化氢；废水中酸 / 碱离子、氰根、硫离子等测定；大气中离子在线监测 – 离子色谱仪

固定污染源废气中挥发性有机物（苯系物、卤代烃、烷烃等）、非甲烷总烃等分析，VOCs 在线分析 – GC&GCMS

废水中挥发性和半挥发性有机物分析 – GC&GCMS



废气



废水



废渣

## 赛默飞世尔科技

### 上海

上海市浦东新区新金桥路27号3,6,7号楼  
邮编 201206  
电话 021-68654588\*2570

生命科学产品和服务业务

上海市长宁区仙霞路99号21-22楼  
邮编 200051  
电话 021-61453628 / 021-61453637

### 北京

北京市东城区北三环东路36号环球贸易  
中心C座7层/8层  
邮编 100013  
电话 +86 10 8794 6888

### 广州

广州国际生物岛寰宇三路36、38号合景  
星辉广场北塔204-206 单元  
邮编 510000  
电话 020-82401600

### 成都

成都市临江西路1号锦江国际大厦1406 室  
邮编 610041  
电话 028-65545388\*5300

### 沈阳

沈阳市沈河区惠工街10号卓越大厦3109 室  
邮编 110013  
电话 024-31096388\*3901

### 武汉

武汉市东湖高新技术开发区高新大道生物园路  
生物医药园C8栋5楼  
邮编 430075  
电话 027-59744988\*5401

### 南京

南京市中央路201号南京国际广场南楼1103室  
邮编 210000  
电话 021-68654588\*2901

### 西安

西安市高新区科技路38号林凯国际大厦  
1006-08单元  
邮编 710075  
电话 029-84500588\*3801

### 昆明

云南省昆明市五华区三市街6号柏联广场写字  
楼908单元  
邮编 650021  
电话 0871-63118338\*7001

欲了解更多信息，请扫描二维码关注我们的微信公众账号

赛默飞世尔科技在全国有共21个办事处。本资料中的信息，说明和技术指标如有变更，恕不另行通知。



赛默飞  
官方微信



赛默飞  
官方微博

热线电话 800 81085118  
电话 400 65085118  
与质谱中国 [www.thermo.com](http://www.thermo.com)

**ThermoFisher**  
SCIENTIFIC