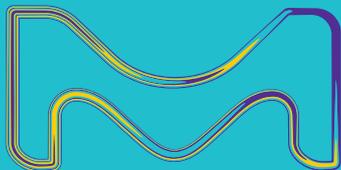
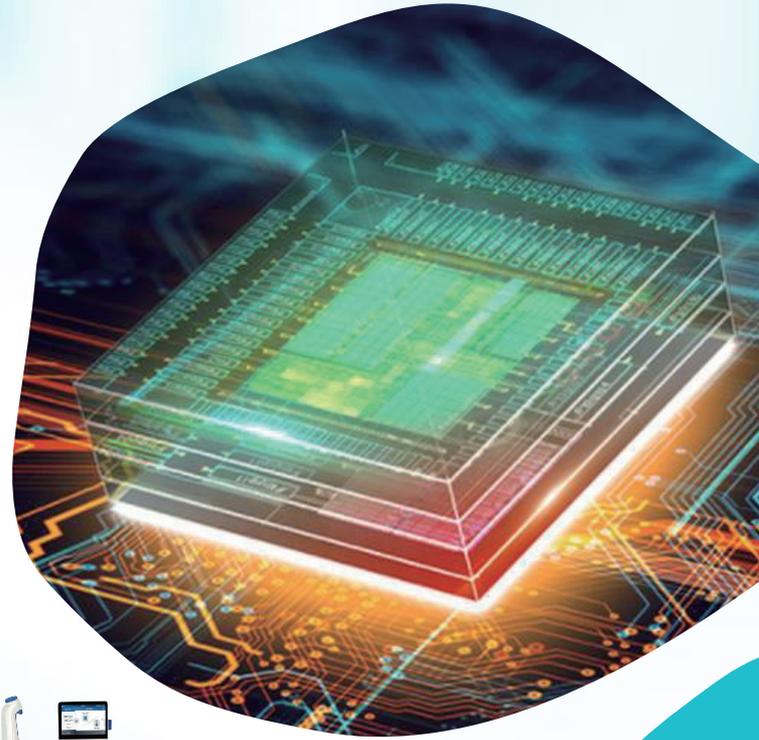


半导体行业电子级 水解决方案



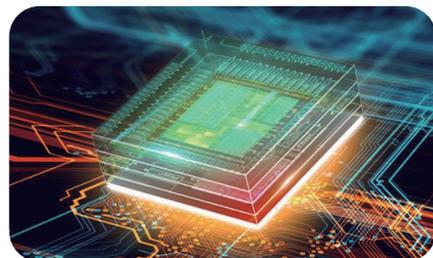
在美国和加拿大，默克的生命科学
业务使用MilliporeSigma的名称

Milli-Q®
Lab Water Solutions

半导体行业电子级水解决方案

行业背景

半导体是指在常温下导电性能介于导体与绝缘体之间的材料。常见的半导体材料有硅、锗、砷化镓等，硅是各种半导体材料应用中最具有影响力的一种。半导体在集成电路、消费电子、通信系统、光伏发电、照明、大功率电源转换等领域都有应用。伴随着全球科技进步，5G技术、人工智能、新能源汽车等技术的产业化应用，全球半导体市场预计将持续增长。同时，近年来，中国政府颁布了一系列政策支持半导体行业发展，“十四五”规划亦明确将培育集成电路产业体系、大力推进先进半导体等新兴前沿领域创新和产业化作为近期发展重点。



第一代

以硅、锗元素(Ge)半导体材料

- 用于低压、低频、光电探测器
- 取代笨重电子管，集成电路成为可能

第二代

以砷化镓(GaAs)、磷化镓(GaP)为代表

- 毫米波器件、发光器件；移动通讯、卫星通讯、光通讯、GPS
- 资源稀缺，有毒，污染环境

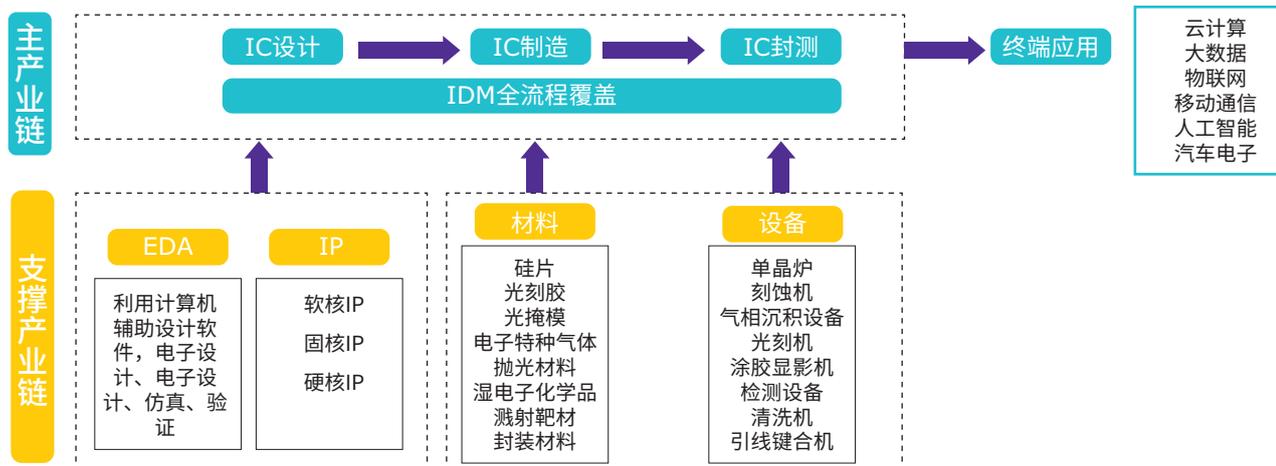
第三代

以氮化镓GaN为代表

- 高温、高频、抗辐射、大功率器件；
- 更优的电子迁移率、带隙、击穿电压等优点

半导体产业链

半导体生产工艺流程从单晶硅片制造开始，主要包括IC设计、制造和封测，具体生产工艺流程如下所示



在半导体制造过程中，随着晶圆表面质量不断提高，晶圆清洗质量要求不断提高、所用化学品超净要求也不断提高。无论是在单晶硅片、晶圆制造中的清洗，药液配置，湿电子化学品的生产中都会用到电子级水，并且对于水质中的金属、颗粒物、阴离子杂质以及TOC都有极为严格的要求。此外，在半导体检测过程中，对水质的相关指标以及稳定性也提出了严格要求。默克Milli-Q是一家全球领先的实验室纯水解决方案服务供应商，面对半导体行业客户的需求，我们可以提供完整的产品解决方案和可靠的服务。

电子级水在半导体产业中的应用

电子级水广泛应用于集成电路的制造工艺、质量检测的诸多环节中，其质量会直接影响产品的质量及检测结果的准确性，且伴随着制程工艺的提升，对电子级水的质量提出了更为严苛的要求。其主要应用包括：生产工艺中的清洗、刻蚀液、抛光液、电子化学品生产原料，以及半导体行业相关电子材料、电子级化学品质量检测过程中仪器分析用水等。

电子级水在制造工艺、质量检测中的应用非常广泛，包括清洗、药液配置、电子化学品生产原料，以及ICP-MS、IC、GC等精密分析仪器的用水。

清洗

- 单晶硅片制造清洗:材料清洗、抛光后清洗
- 晶圆制造清洗:扩散前清洗、刻蚀后清洗、离子注入后清洗、去胶清洗、成膜前/后清洗、CMP后清洗等
- 封装过程清洗: TSV清洗、UBM/RDL清洗、键合清洗等

药液配置

- 清洗液、刻蚀液、抛光液

晶圆清洗

晶圆冲洗环节中的电子级水是多种冲洗源的重要组成部分，对清洗效果及最终晶圆质量有直接影响。除此之外，电子级水会被应用到刻蚀、化学抛光、靶材切割等环节中，以去除残物。在多个清洗工艺节点所需的清洗源，电子级水都是重要的组成。

工艺	清洗源	主要作用
去聚合物	$H_2SO_4:H_2O=6:1$	除去有机物
去自然氧化层	$HF:H_2O<1:50$	产生无氧表面
RCA1# (碱性)	$NH_4OH:H_2O_2:H_2O=1:1:1.5$	除去表面颗粒
RCA2# (酸性)	$HCl:H_2O_2:H_2O=1:1:5$	除去重金属粒子
DI清洗	H_2O	除去清洗溶剂

湿电子化学品

- 通用型湿电子化学品、功能性电子化学品（磷酸、硝酸、盐酸、氢氟酸、氨水、双氧水、TMAH 等）

分析检测

- 晶圆、电子化学品、抛光液、光刻胶、电子特种气体等诸多半导体产业原材料的质量控制过程，ICP-MS、IC、GC等精密分析仪器的用水

• 刻蚀抛光

电子级水是众多腐蚀液、抛光液的重要组成成分，其污染物含量水平受到严苛的限制。电子级水是多种腐蚀液的重要组成，伴随制程工艺的提升，对电子级水的纯度及稳定性的要求也日益提高。

腐蚀液	被腐蚀物
H ₃ PO ₄ (85%):HNO ₃ (65%):CH ₃ COOH(100%):H ₂ O:NH ₄ F(40%)=76:3:15:5:0.1	Al
NH ₄ F(40%):HF(49%)=7:1	SiO ₂ , PSG
H ₃ PO ₄ (85%)	Si ₃ N ₄
HF(49%):HNO ₃ (65%):CH ₃ COOH(100%)=2:15:5	Si
KOH(3-50%)	Si
NH ₄ F(40%):H ₂ O ₂ (30%):H ₂ O=1:1:5	Ti, Co
HF(49%):H ₂ O=1:100	
HF(49%):NH ₄ F(40%)=1:10	TiSi ₂

• 湿电子化学品

电子级水是部分湿电子化学品的重要原料，随着制程工艺的提升，对电子化学品等级的要求及作为主要成分的电子级水的要求也逐步提高，金属杂质含量、颗粒控制都是湿电子化学品分级的重要标准。金属、颗粒、阴离子、TOC为大部分湿电子化学品质量控制标准中的必检项目，直接影响其质量，伴随电子化学品等级的提升，其对金属、颗粒等杂质要求也更加严苛。

SEMI等级	IC线宽(μm)	金属杂质(μg/L)	控制粒径(μm)	颗粒(个/mL)
C1 (Grade 1)	>1.2	≤100	≤1.0	≤25
C7 (Grade 2)	0.8-1.2	≤10	≤0.5	≤25
C8 (Grade 3)	0.2-0.6	≤1.0	≤0.5	≤5
C12 (Grade 4)	0.09-0.2	≤0.1	≤0.2	--
Grade 5	<0.09	≤0.01	≤0.2	--

• 分析检测用水

晶圆、电子化学品、抛光液、光刻胶、电子特种气体等诸多半导体产业原材料的质量控制过程中的杂质分析需要用到ICP-MS、IC、GC-MS等精密分析仪器，在此类精密分析仪器中都会用到高品质电子级水，其质量会直接影响到最终的分析结果，关乎最终产品质量。电子级水在分析检测过程中的主要包括：

容器清洗、仪器清洗

样品前处理

缓冲液的配置

分析仪器校准

分析仪器检测基线

仪器检出限确定

电子级水相关标准与水质检测

• 电子级水相关标准

鉴于电子级水在该领域中的广泛应用及重要性，国际国内均有相关的电子级水质量标准。其中，在该行业内被广泛认可、参照的标准主要有：GB/T 11446-2013《电子级水》、ASTM D5127 Standard Guide for Ultra-Pure Water Used in the Electronics and Semiconductor Industries。主要控制的污染物种类包括如下六大类：



GB/T 11446-2013 《电子级水》

项目	技术指标			
	EW-I	EW-II	EW-III	EW-IV
电阻率 (25°C) /MΩ • cm	≥18 (5%时间不低于17)	≥15 (5%时间不低于13)	≥12.0	≥0.5
全硅/ (μg/L)	≤2	≤10	≤50	≤1 000
微粒数/ (个/L)	0.05 μm~0.1 μm	500	—	—
	0.1 μm~0.2 μm	300	—	—
	0.2 μm~0.3 μm	50	—	—
	0.3 μm~0.5 μm	20	—	—
	>0.5 μm	4	—	—
细菌个数/(个/mL)	≤0.01	≤0.1	≤10	≤100
铜/ (μg/L)	≤0.2	≤1	≤2	≤500
锌/ (μg/L)	≤0.2	≤1	≤5	≤500
镍/ (μg/L)	≤0.1	≤1	≤2	≤500
钠/ (μg/L)	≤0.5	≤2	≤5	≤1 000
钾/ (μg/L)	≤0.5	≤2	≤5	≤500
铁/ (μg/L)	≤0.1	—	—	—
铅/ (μg/L)	≤0.1	—	—	—
氟/ (μg/L)	≤1	—	—	—
氧/ (μg/L)	≤1	≤1	≤10	≤1 000
亚硝酸根/ (μg/L)	≤1	—	—	—
溴/ (μg/L)	≤1	—	—	—
硝酸根/ (μg/L)	≤1	≤1	≤5	≤500
磷酸根/ (μg/L)	≤1	≤1	≤5	≤500
硫酸根/ (μg/L)	≤1	≤1	≤5	≤500
总有机碳/ (μg/L)	≤20	≤100	≤200	≤1 000

ASTM D5127 Standard Guide for Ultra-Pure Water Used in the Electronics and Semiconductor Industries

TABLE 1 Requirements for water at the Point of Distribution in the Electronics and Semiconductor industries

Parameter	Type E-1	Type E-1.1	Type E-1.2	Type E-2	Type E-3	Type E-4
Linewidth (microns)	1.0-0.5	0.35-0.25	0.18-0.09	5.0-1.0	>5.0	-
Resistivity, 25°C (On-line)	18.1	18.2	18.2	16.5	12	0.5
TOC (µg/L) (on-line for <10 ppb)	5	2	1	50	300	1000
On-line dissolved oxygen (µg/L)	25	10	3	-	-	-
On-Line Residue after evaporation (µg/L)	1	0.5	0.1	-	-	-
On-line particles/L (micron range)						
0.06-0.1		1000	200	-	-	-
0.1-0.2	1000	950	<100	-	-	-
0.2-0.5	500	<100	<10	-	-	-
0.5-1.0	200	<50	<5	-	-	-
1.0	<100	<20	<1	-	-	-
SEM particles/L (micron range)						
0.1-0.2	1000	700	<250	-	-	-
0.2- -0.5	500	400	<100	3000	-	-
0.5- -1	100	50	<30	-	10 000	-
10	<50	<30	<10	-	-	100 000
Bacteria in CFU/Volume						
100 mL Sample	5	3	1	10	50	100
1 L Sample			10			
Silica - total (µg/L)	5	3	1	10	50	1000
Silica - dissolved (µg/L)	3	1	0.5	-	-	-
Anions and Ammonium by IC (µg/L)						
Ammonium	0.1	0.10	0.05	-	-	-
Bromide	0.1	0.05	0.02	-	-	-
Chloride	0.1	0.05	0.02	1	10	1000
Fluoride	0.1	0.05	0.03	-	-	-
Nitrate	0.1	0.05	0.02	1	5	500
Nitrite	0.1	0.05	0.02	-	-	-
Phosphate	0.1	0.05	0.02	1	5	500
Sulfate	0.1	0.05	0.02	1	5	500
Metals by ICP/MS (µg/L)						
Aluminum	0.05	0.02	0.005	-	-	-
Barium	0.05	0.02	0.001	-	-	-
Boron ⁸	0.3	0.1	0.05	-	-	-
Calcium	0.05	0.02	0.002	-	-	-
Chromium	0.05	0.02	0.002	-	-	-
Copper	0.05	0.02	0.002	1	2	500
iron	0.05	0.02	0.002	-	-	-
Lead	0.05	0.02	0.005	-	-	-
Lithium	0.05	0.02	0.003	-	-	-
Magnesium	0.05	0.02	0.002	-	-	-
Manganese	0.05	0.02	0.002	-	-	-
Nickel	0.05	0.02	0.002	1	2	500
Potassium	0.05	0.02	0.005	2	5	500
Sodium	0.05	0.02	0.005	1	5	1000
Strontium	0.05	0.02	0.001	-	-	-
Zinc	0.05	0.02	0.002	1	5	500

• 电子级水的采样、储存与运输

电子级水的纯度极高，水质检测过程中容易收到环境、容器及人员操作等诸多因素的影响，参考相关标准检测方法的要求，检测过程中应该注意避免如下因素的影响：

A. 容器材质

- 应使用硬质玻璃瓶或者塑料容器。
- 用于硅微粒级金属、阴离子时，应使用聚乙烯塑料容器。
- 用于分析总有机碳和细菌的采样瓶，应使用带磨口塞的玻璃瓶。

B. 容器清洗

- 清洗剂清洗干净，再用盐酸（MOS级别）（1+1）或者10%硝酸（MOS级别）浸泡48小时（阴离子除外），然后用EW-1电子级水冲洗，贮满之后防御聚乙烯塑料袋中，密封袋子。
- 取样前倾出水，用待测水反复冲洗再取样。
- 取样完毕后，迅速带上瓶塞。
- 用于细菌测量的采样瓶应经高温灭菌。

C. 环境污染

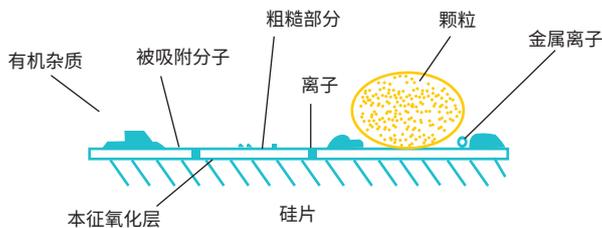
- 戴医用手套、口罩和帽子，操作时不得用手触及水样及瓶塞于水样接触部位。
- 标签：名称、采样人、地点、时间、温度。
- 用于非碱性痕量元素分析的样品时，应通过向每500ml样品中假如1ml HNO_3 （MOS级）的样品酸化至 $\text{PH} < 2$ 。

D. 储存运输

- 及时进行测定，尽量缩短运输与存放时间。密封保存，不允许空气进入。
- 为降低水样的不稳定造成的性质改变，贮存24H以上的水样应以4°C保存；如需监测亚根，应采样后马上4°C保存，不得阳光照射。
- 防晒、防冻，不得倒置容器。
- 注明存放时间、温度。

• 杂质对芯片质量的影响

随着制程的推进，对晶圆质量、原材料的质量要求不断提高。在半导体制程工艺中，50%以上的材料损耗和80%的电学失效是由于表面沾污引起，杂质可能通过自身物理、化学性质导致元器件非正常工作，进而影响芯片良品率，引起制造成本上升。



污染物	主要影响
金属杂质	影响后续氧化工艺，造成器件电性失效
颗粒	影响后续光刻、干法刻蚀工艺，造成器件短路
有机杂质	影响后续沉积工艺，造成器件电性失效
离子	影响后续特定工艺，造成器件电性失效

半导体行业推荐用水

化繁为简，得偿所愿

Milli-Q® IQ 7003/7005/7010/7015 超纯水和纯水一体化系统

新型Milli-Q® 是自来水进水的一体化实验室用水解决方案，旨在超越您极致的要求和期望——无论是提高生产率，还是减少对环境的影响。

除了直接从自来水水源提供优质的I级和II级水外，该系统还通过新加入的智能纯水储存解决方案，比以往更好地保护水的纯度，从而将水质保证提升到一个新的高度。使用Milli-Q® IQ 7003/05/10/15系统，您可以随时随地获得优质纯水。该系统连接到符合人体工程学，且易于使用的Q-POD® 超纯水取水手臂以及新型E-POD® 纯水取水手臂。一个纯化装置可配备多达4个POD，即使在远处的工作台上也可方便地取用纯水。



智触而生

Milli-Q® IQ 7000 超纯水系统

适用于直接以二级/三级纯水作为进水生产超纯水的实验室，主要应用于液相色谱、原子吸收、ICP-OES、离子色谱、质谱、总有机碳检查等仪器分析实验及细胞和分子生物学实验。

- 简洁的取水方式
- 便捷的辅助定容模式
- 强大的水质报告功能
- 更稳定可靠的水质



超纯水，I级水规格¹（来自Q-POD® 取水手臂）

电阻率，25 °C ²	18.2 MΩ·cm
电导率，25 °C	0.055 μS/cm
TOC	≤2 ppb (μg/L) ³ ；通常 ≤5 ppb
微粒 ⁴	无尺寸超过 >0.22 μm 的微粒
细菌 ⁵	<0.01 CFU/mL
致热原（内毒素） ⁶	<0.001 EU/mL
RNA酶 ⁷	<1 pg/mL
DNA酶 ⁷	<5 pg/mL
蛋白酶 ⁷	<0.15 μg/mL
流量	~2 L/min

纯水II级水规格¹

电阻率，25 °C ²	>5 MΩ·cm；通常10–15 MΩ·cm
电导率，25 °C	<0.2 μS/cm；通常0.1 μS/cm
TOC	≤30 ppb
产水流量	3 L/h (Milli-Q® IQ 7003) 5 L/h (Milli-Q® IQ 7005) 10 L/h (Milli-Q® IQ 7010) 15 L/h (Milli-Q® IQ 7015)

产水水质

参数	值
电阻率	18.2 MΩ·cm @25 °C
电导率	0.055 μS/cm @25 °C
TOC（总有机碳）	≤2 ppb (μg/L) ⁽³⁾ 典型值≤5 ppb(μg/L)
颗粒（>0.22μm）	无尺寸超过 >0.22 μm 的微粒 ⁽²⁾
细菌总数	<0.01 CFU/mL ^(2,3) <0.005 EU/mL ⁽⁴⁾

(1) 这些值是典型值，可根据进水中污染物的性质和浓度而变化

(2) 使用Millipak和Millipak Gold

(3) 使用Biopak

(4) 使用Millipak Gold并在层流罩内操作

Milli-Q® IQ Element水纯化及取水装置

专为微量元素分析量身定制的超纯水

Milli-Q® IQ Element装置专为满足痕量元素分析的最严格要求而设计。当连接到Milli-Q® IQ7系列纯水系统时，该装置可确保所输送的超纯水不含离子、金属和颗粒。Milli-Q® IQ Element装置的组件经过精心挑选，不仅可以去除污染物，还可以防止潜在的污染：

- 滤芯包含Jetpore® 混床离子交换树脂和创新的IQnano™离子交换介质的组合，可去除离子使其含量低至痕量水平。
- 高纯度0.1µm Optimizer LW™ 终滤器确保在水中不会释放微粒
- 脚踏开关和取水臂有助于防止来自环境的任何水污染风险



用来自Milli-Q® IQ Element装置的超纯水进行ICP-MS分析

摘自ICP-MS分析，用的是连接到Milli-Q® IQ 7005纯水系统的Milli-Q® IQ Element纯化装置所生产的高纯度水。Milli-Q® IQ Element数据表中提供了其他结果以及详细的实验方法。

同位素	元素	样品 (ng/L)	DL (ng/L)
7	锂 (Li) ¹	< DL	0.04
9	铍 (Be) ²	< DL	0.20
11	硼 (B) ²	< DL	0.50
23	钠 (Na) ¹	0.68	0.11
24	镁 (Mg) ¹	0.01	0.01
27	铝 (Al) ¹	0.07	0.04
28	硅 (Si) ¹	198.65*	4.98
39	钾 (K) ¹	0.54	0.16
40	钙 (Ca) ²	< DL	0.29
45	钪 (Sc) ²	0.59	0.53
47	钛 (Ti) ¹	0.61	0.51
51	钒 (V) ¹	0.03	0.01
52	铬 (Cr) ¹	0.08	0.02
55	锰 (Mn) ¹	0.01	0.02
56	铁 (Fe) ¹	< DL	0.50
59	钴 (Co) ¹	< DL	0.01
60	镍 (Ni) ¹	< DL	0.16
63	铜 (Cu) ¹	< DL	0.04
66	锌 (Zn) ¹	< DL	0.48
70	锗 (Ge) ²	< DL	0.10
71	镓 (Ga) ²	< DL	0.13
75	砷 (As) ¹	0.06	0.04
78	硒 (Se) ²	< DL	0.57
85	铷 (Rb) ¹	< DL	0.03
88	锶 (Sr) ²	< DL	0.02
89	钇 (Y) ²	< DL	0.02
90	锆 (Zr) ²	< DL	0.05
93	铌 (Nb) ²	< DL	0.03
95	钼 (Mo) ¹	< DL	0.10
101	钌 (Ru) ²	0.42	0.20
103	铑 (Rh) ²	< DL	0.01
105	钯 (Pd) ²	< DL	0.34
107	银 (Ag) ²	0.40	0.15
111	镉 (Cd) ¹	< DL	0.08

同位素	元素	样品 (ng/L)	DL (ng/L)
115	铟 (In) ²	< DL	0.01
118	锡 (Sn) ²	< DL	0.15
121	锑 (Sb) ¹	< DL	0.02
126	碲 (Te) ²	0.08	0.07
133	铯 (Cs) ¹	0.01	0.00
138	钡 (Ba) ¹	< DL	0.05
139	镧 (La) ²	< DL	0.02
140	铈 (Ce) ²	< DL	0.03
141	镨 (Pr) ²	< DL	0.02
146	钕 (Nd) ²	< DL	0.08
147	钐 (Sm) ²	< DL	0.13
153	铕 (Eu) ²	< DL	0.04
157	钆 (Gd) ²	< DL	0.13
159	铽 (Tb) ²	< DL	0.02
163	镝 (Dy) ²	< DL	0.07
165	钬 (Ho) ²	< DL	0.02
166	铒 (Er) ²	< DL	0.11
169	铥 (Tm) ²	< DL	0.03
172	镱 (Yb) ²	< DL	0.09
175	镱 (Lu) ²	< DL	0.02
178	铪 (Hf) ²	< DL	0.11
181	钽 (Ta) ²	< DL	0.03
182	钨 (W) ¹	< DL	0.07
185	铼 (Re) ²	< DL	0.09
189	锇 (Os) ²	< DL	0.14
193	铱 (Ir) ²	< DL	0.05
195	铂 (Pt) ²	0.18	0.16
197	金 (Au) ²	< DL	0.43
202	汞 (Hg) ²	5.1	1.52
205	铊 (Tl) ²	< DL	0.05
208	铅 (Pb) ¹	< DL	0.08
209	铋 (Bi) ²	< DL	0.06
232	钍 (Th) ²	< DL	0.04
238	铀 (U) ²	< DL	0.04

DL: 检测极限

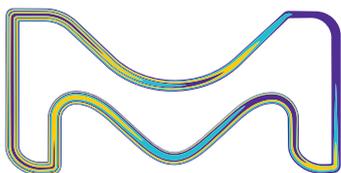
1. 数据由日本东京安捷伦科技公司 (Agilent Technologies) 提供。© 版权归安捷伦科技有限公司 (Agilent Technologies, Inc.) 所有。经安捷伦科技有限公司 (Agilent Technologies, Inc.) 许可转载。

2. 数据由法国波城UT2A提供。

* 已知Si很难通过ICP-MS测量。当通过GF-AAS测量时，浓度<DL (0.5 ppb)。

Milli-Q®

Lab Water Solutions



上海

上海市浦东新区东育路227弄3号
前滩世贸中心(二期)C栋15-18层
电话: (021)20338288
传真: (021)50803042
邮编: 200126

北京

北京市朝阳区将台路甲2号
诺金中心25层
电话: (010)59072688
传真: (010)59072699
邮编: 100016

广州

广州市天河区冼村路5号
凯华国际中心1201-1204
电话: (020)32255333
传真: (020)32255380
邮编: 510623

成都

成都市锦江区人民南路二段1号
仁恒置地广场1706室
电话: (028)80740222
传真: (028)80740227
邮编: 610016



默克MilliQ纯水
为您提供实验室用水
解决方案



默克生命科学微客服
一站式产品货期、定单物流、
发票、账款查询平台

默克生命科学技术服务热线: 400 620 3333或400 889 1988转2号线

中国技术服务中心: tscn@merckgroup.com

了解更多产品信息, 请访问我们的网站:

<https://www.sigmaaldrich.cn/CN/zh/products/water-purification>

https://www.merckmillipore.com/CN/zh/products/water-purification/xWqb.qB.E3QAAE_Rg53.Lxj,nav

资料编号: 11/2022

默克生命科学业务部在美国和加拿大以MilliporeSigma名称运营。

Merck KGaA

Frankfurter Strasse 250, 64293 Darmstadt, Germany

merckgroup.com

© 版权归德国达姆施塔特默克集团 (Merck KGaA) 及/或其附属公司所有。保留一切权利。默克和活力M是德国达姆施塔特Merck KGaA及其子公司的商标。

所有其他商标均为其各自所有者的财产。商标的详细信息可通过公开访问的资源了解。

普通合伙人公司 商业注册: AG Darmstadt HRB 6164 注册办公地址: 达姆施塔特 监督委员会主席: Wolfgang Büchele

执行委员会和普通合伙人: Stefan Oschmann (董事长兼首席执行官), Belén Garjo, Kai Beckmann, Peter Guenter, Matthias Heinzl, Marcus Kuhnert