ICS 13.040.35
CCS C 70

T/CS

团 体 标 准

T/CS 418—2026

半导体制造用超高纯特气柜洁净度标准

Ultra-high purity specialty gas cabinet cleanliness standards for semiconductor manufacturing

2026－06－26 发布 2026－06－26 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　缩略语 2
5　污染源 2
6　技术要求 2
7　试验方法 6
8　安装、运行与监测、维护 7
附录 A （规范性 ） 不同设备类型的洁净度要求 9

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由上海韩科科技股份有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：上海韩科科技股份有限公司、双安电力科技有限公司、广胜科技无锡有限公司。

本文件主要起草人：贾厚成、沈家辉、傅超、聂纪广。

半导体制造用超高纯特气柜洁净度标准

1 范围

本文件规定了半导体制造用超高纯特气柜的洁净度(以下简称“特气柜”)的技术要求、试验方法、安装、运行与监测、维护。

本文件适用于半导体制造工艺中,用于储存、输送、分配超高纯特种气体(纯度≥99.9999%，6N级及以上)的特气柜的设计、制造、安装、验收及运维管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2423.5 环境试验 第二部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击

GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验

GB/T 18883 室内空气质量标准

GB/T 25915.1—2021 洁净室及相关受控环境 第1部分：按粒子浓度划分空气洁净度等级

GB/T 25915.8 洁净室及相关受控环境

GB/T 25915.9 洁净室及相关受控环境 第9部分：按粒子浓度划分表面洁净度等级

GB/T 25915.10 洁净室及相关受控环境 第10部分：按化学物浓度划分表面洁净度等级

GB/T 42898 建材产品中半挥发性有机化合物（SVOC）释放量的测试

GB 50646 特种气体系统工程技术标准

HJ 1076 环境空气 氨、甲胺、二甲胺和三甲胺的测定 离子色谱法

ISO 16000-31:2014 室内空气. 第31部分: 有机磷化合物中阻燃剂和增塑剂的测量. 磷酸酯（Indoor air-Part 31: Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds - Phosphoric acid ester）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超高纯特气柜 ultra-high purity specialty gas cabinet

为半导体制造工艺储存、输送、分配超高纯特种气体（纯度≥99.9999%）的专用设备。

3.2

特气柜洁净度 gas cabinet cleanliness

特气柜内部空间（气相）及与工艺气体接触的表面（固相）的洁净程度，以粒子浓度、化学污染物浓度等指标进行表征。

3.3

吹扫 purge

使用超高纯惰性气体（如氮气）对特气柜内部管路、阀门及空间进行置换，以去除水分、氧气及颗粒物等污染物，直至达到工艺要求的洁净度指标（具体指标）的过程。

3.4

钝化 passivation

对不锈钢等金属表面进行化学或电化学处理，形成一层致密的氧化层，以降低其化学活性、减少金属离子释放的过程。

3.5

死体积　dead volume

管路或阀门中无法被吹扫气体完全置换的滞留空间。

4　缩略语

下列缩略语适用于本文件。

GC：气体输送柜（Gas Cabinet）

BSGS：大宗特气供应系统（Bulk Special Gas System）

VDB：气体分流设备（Valve Distribution Box）

SCP：表面洁净度等级（Surface Cleanliness Classification）

ISO-ACC：按化学物浓度划分的空气洁净度等级（ISO Airborne Chemical Cleanliness Classification）

5　污染源

5.1　室外污染源

存在于室外大气中可能对洁净室内产品、工艺、设备产生危害的化学物质，主要有硫氧化物、氮氧化物、臭氧、氨、挥发性有机化合物等。

5.2　室内污染源

产生于洁净室内对产品、工艺、设备产生危害的化学物质，主要有氢氟酸、盐酸、硫酸、硝酸、硫氧化物、氨、胺、可凝结有机物、硼、磷、臭氧等。主要来源：

——作业人员的汗水、防护用品、化妆品等散发；

——生产中使用的光刻胶、显影剂、清洗剂、研磨液、去光阻剂等化学品散逸；

——设备、机台维修、建设材料等释出。

5.3　污染源控制

洁净室空气化学污染控制系统应符合工艺生产的要求，空气化学污染物分类及按化学物浓度划分空气洁净度等级应符合GB/T 25915.8的规定。

6　技术要求

6.1　材料与表面处理

6.1.1　母材选择

母材选择应符合下列要求：

——特气柜柜体外壳应采用厚度不低于 2.6 mm 的 304 不锈钢或冷轧钢板（Q235B 及以上），表面涂有抗腐蚀涂料，抗冲击性能符合 GB/T 2423.5 的要求；

——柜体内部与气体接触的部件，如气体管路、阀门、过滤器等应采用 SS316L 不锈钢等抗腐蚀材质制造，表面粗糙度 Ra 不高于 0.25 μm；

——柜体应具备钢丝网安全玻璃观察窗，透光率不低于 90%，具备防碎片飞溅功能。

6.1.2　表面处理与粗糙度

表面处理与粗糙度应符合下列要求：

——所有与工艺气体接触的不锈钢内表面应进行电解抛光处理；

——针对腐蚀性气体（如 HCl、NH_3、Cl_2），柜体内部应增加 PTFE 涂层，其表面附着力等级不低于 1 级；

——所有气体接触表面应无毛刺、无氧化皮、无焊接残留、无油污。

6.2　结构洁净度

6.2.1 密封与压力控制

密封与压力控制应符合下列要求：

——特气柜在关闭状态下，柜内应维持持续氮气吹扫，保持微正压 15 Pa～20 Pa；

——柜门密封采用氟橡胶双道密封，关闭后无泄漏、无透气。

6.2.2 内部清洁度

设备出厂前，所有内壁及部件应经过严格的化学清洗、脱脂、超纯水冲洗、真空烘干，确保无油、无尘、无残留化学污染物、无水分。

6.3 关键部件洁净度

6.3.1 阀门与接头

阀门与接头应符合下列要求：

——应采用超高纯隔膜阀或波纹管阀，死体积应最小化；

——连接方式应采用 VCR(面密封)或同等可靠的金属对金属密封接头，禁止使用螺纹连接(除非特殊设计并经防泄漏验证)；

——所有密封面应无划痕、无缺陷。

6.3.2 过滤器

过滤器应符合下列要求：

——在特气柜出口端应配置在线颗粒过滤器，过滤精度应达到 0.01 μm，截留效率不低于 99.9999%；

——过滤器壳体及滤芯材质应与工艺气体兼容，不产生释气污染、无颗粒脱落；

——过滤器应具备压差监测功能，提示更换时机。

6.3.3 管路

气体管路应采用SS316L EP级不锈钢管，内壁粗糙度Ra不高于0.25 μm，采用自动轨道焊接工艺，100% 氩气保护，焊缝经内窥镜检测与氦质谱检漏，泄漏率不高于1×10^{-9}Pa·m³/s。管路布局减少弯头与死角，降低污染物滞留风险。

6.4 净化要求

净化要求应符合下列要求：

——特气柜应配置多级气体过滤器，过滤精度应达到 0.01 μm，过滤效率不低于 99.9999%；

——过滤器材质应与输送气体兼容，采用 316L EP 级不锈钢外壳，内部滤芯为聚四氟乙烯（PTFE）或金属烧结材质；

——特气柜应配备气体纯化装置，可将气体中水分、氧气、金属离子等杂质脱除至 ppb 级别。

6.5 泄漏与污染控制

6.5.1 泄漏要求

特气柜整体泄漏率应不大于1×10^{-9}Pa·m³/s， 柜内应设置固定式气体泄漏探测器，响应时间不大于 3 s，当泄漏浓度达到1 ppm 时触发声光报警，达到5 ppm时自动切断气源并启动尾气处理装置。探测器应覆盖柜内所有可能泄漏点位，无监测盲区。

6.5.2 污染控制

特气柜内部应定期进行吹扫、钝化处理，吹扫气体采用超高纯氮气（纯度≥99.9999%），吹扫后，气体中大于或等于0.1 μm的颗粒数不大于1个/m³。针对剧毒、可燃、自燃、腐蚀性、氧化性、易反应气体，应配置过流信号开关、红外或紫外火焰探测器、高温探头、消防水等安全部件。

6.6 洁净度等级指标

6.6.1 粒子浓度划分的空气洁净度 ISO 级别

粒子浓度划分的空气洁净度ISO级别应符合表1的规定。

表 1 按粒子浓度划分的空气洁净度 ISO 级别

ISO等级数N	大于或等于关注粒径的粒子最大允许浓度[a]个/m^3					
	0.1μm	0.2μm	0.3μm	0.5μm	1μm	5μm
1	10[b]	d	d	d	d	e
2	100	24[b]	10[b]	d	d	e
3	1000	237	102	35[b]	d	e
4	10000	2370	1020	352	83[b]	e
5	100000	23700	10200	3520	832	d，e，f
6	1000000	237000	237000	35200	8320	293
7	c	c	–	352000	83200	2930
8	c	c	–	3520000	832000	29300
9	c	c	–	35200000	8320000	293000

[a]本表中的所有浓度都是累积的，例如ISO5级，0.3μm所对应的10200个粒子包括所有粒径大于或等于该粒径的粒子。
[b]这些浓度需大采样量才能用于分级。可以使用序贯采样程序，见GB/T 25915.1—2021附录D。
[c]表格这一区域因粒子浓度太高，浓度限值不适用。
[d]受采样和统计方法的制约，在粒子浓度低时不适用于分级。
[e]粒径大于1μm的低浓度粒子在采样系统可能有损耗，此粒径不适合分级之用。
[f]ISO 5级中此粒径可采用大粒子M描述符,但至少要结合另一个粒径一起使用(见GB/T 25915.1—2021中C.7)。
[g]该级别只适用于动态。
“—” 表示该区域因粒子浓度太高，浓度限值不适用（可结合d的注释统一理解）。

6.6.2 按化学物浓度划分空气洁净度(ACC)等级

按化学物浓度划分空气洁净度(ACC)等级见表2。

表 2 按化学物浓度划分空气洁净度(ACC)等级

ISO-ACC等级	浓度 g/m^3	浓度 $\mu g/m^3$	浓度 ng/m^3
0	10^0	10^6（1000000）	10^9（1000000000）
-1	10^{-1}	10^5（100000）	10^8（100000000）
-2	10^{-2}	10^4（10000）	10^7（10000000）
-3	10^{-3}	10^3（1000）	10^6（1000000）
-4	10^{-4}	10^2（100）	10^5（100000）
-5	10^{-5}	10^1（10）	10^4（10000）
-6	10^{-6}	10^0（1）	10^3（1000）
-7	10^{-7}	10^{-1}（0.1）	10^2（100）
-8	10^{-8}	10^{-2}（0.01）	10^1（10）
-9	10^{-9}	10^{-3}（0.001）	10^0（1）
-10	10^{-10}	10^{-4}（0.0001）	10^{-1}（0.1）
-11	10^{-11}	10^{-5}（0.00001）	10^{-2}（0.01）

ISO-ACC等级	浓度 g/m^3	浓度 $\mu g/m^3$	浓度 ng/m^3
-12	10^{-12}	10^{-6}（0.000001）	10^{-2}（0.001）

6.6.3 洁净室及相关受控环境所选定的 SCP 等级

表 3 洁净室及相关受控环境所选定的 SCP 等级

单位：粒子数每平方米

SCP等级	粒径								
	≥0.05 μm	≥0.1 μm	≥0.5 μm	≥1 μm	≥5 μm	≥10 μm	≥50 μm	≥100 μm	≥500 μm
SCP 1级	（200）	100	20	（10）	（20）	-	-	-	-
SCP 2级	（2000）	1000	200	100	（200）	（10）	-	-	-
SCP 3级	（20000）	10000	2000	1000	2000	（100）	-	-	-
SCP 4级	（200000）	100000	20000	10000	20000	1000	（200）	（100）	-
SCP 5级	-	1000000	200000	100000	200000	10000	2000	1000	（200）
SCP 6级	-	（10000000）	2000000	1000000	2000000	100000	20000	10000	2000
SCP 7级	-	-	-	10000000	-	1000000	200000	10000	20000
SCP 8级	-	-	-	-	-	2000000	2000000	1000000	200000
表中的值是每平方米表面上大于或等于关注粒径的粒子浓度及SCP等级（Cscp；D）。 括号内的数字，其对应的粒径不宜用于分级；选择其他粒径进行分级。 测试所用最小面积应在统计学上对关注表面具有代表性。 “—”表示该粒径在该SCP等级下无规定限值或不适用。									
注：对较低SCP级别的分级,要有大量的测量结果以确立有效值。									

6.6.4 按化学物浓度划分表面洁净度等级

按化学物浓度划分表面洁净度等级应符合表4的规定。

表 4 按化学物浓度划分表面洁净度等级

ISO-SCC等级	浓度（g/m^2）	浓度（μ/m^2）	浓度（ng/m^2）
0	10^{0}	10^{6}	10^{9}
-1	10^{-1}	10^{5}	10^{8}
-2	10^{-2}	10^{4}	10^{7}
-3	10^{-3}	10^{3}	10^{6}
-4	10^{-4}	10^{2}	10^{5}
-5	10^{-5}	10^{1}	10^{4}
-6	10^{-6}	10^{0}	10^{3}
-7	10^{-7}	10^{-1}	10^{2}
-8	10^{-8}	10^{-2}	10^{1}
-9	10^{-9}	10^{-3}	10^{0}
-10	10^{-10}	10^{-4}	10^{-1}
-11	10^{-11}	10^{-5}	10^{-2}

ISO-SCC等级	浓度（g/m^2）	浓度（μ/m^2）	浓度（ng/m^2）
-12	10^{-12}	10^{-6}	10^{-3}

6.6.5 不同设备类型的洁净度

针对半导体制造用超高纯特气柜的不同设备类型(如气体输送系统(GC)、大宗特气供应系统(BSGS)、气体分流设备（VDB）等），其洁净度等级及附加要求应符合附录A的规定。

6.7 特气柜材料化学物释出气体

特气柜材料化学物释出气体参数应符合表5的规定。

表 5 特气柜材料化学物释出气体参数

化学物种类	单位质量设备材料污染物释放量/(μg/g)		
	测试材料接触洁净室内空气的面积占洁净室净面积的百分比A		
	A≥50%	5%≤A≤50%	A＜5%
总挥发性有机物(TVOC)+半挥发性有机物(SVOC)	1000	2000	10000
半挥发性有机物	250	500	2500
胺	150	300	1500
有机磷酸酯	10	10	10

7 试验方法

7.1 试验环境条件

所有试验应在满足以下条件的环境中进行：

——环境温度：23℃±2℃；

——相对湿度：45%±5%；

——洁净环境：静态不低于 ISO 6 级；

——试验气源：超高纯氮气不低于 99.9999%（6 N）；

——试验前设备状态：空载、无气体、无管路残留、无油污、无粉尘，所有仪器均应在校准有效期内。

7.2 结构洁净度

采用微压差计检测柜体闭门氮气吹扫微正压，依据GB 50646的规定使用风量罩或风速仪检测排风换气次数，通过白光检查、颗粒计数器与残油检测仪核查内部化学清洗、脱脂及超纯水冲洗后的清洁状态，满足负压、换气次数与无油污、无尘埃要求即为合格。

7.3 材料与表面处理

采用分辨率不低于0.01 mm的数显游标卡尺与便携式材料光谱分析仪，在柜体多位置测点检测厚度与材质，用涂层测厚仪检测环氧喷涂厚度，表面粗糙度仪检测气体接触部件粗糙度，按GB/T 9286的规定检测PTFE涂层附着力，透光率仪检测观察窗透光率，各项指标符合技术要求即为合格。

7.4 关键部件洁净度

阀门与接头通过外观检查密封面缺陷、核对连接形式与死体积设计；过滤器使用气溶胶发生仪与颗粒计数器检测过滤精度与截留效率，验证材质兼容性；管路核查SS316L EP 级材质与内壁粗糙度，经内窥镜检查焊缝、氦质谱检漏仪检测泄漏率，符合要求即为合格。

7.5 净化要求

采用激光颗粒计数器检测特气柜多级过滤器的颗粒滤除效率，使用微量水氧分析仪、金属离子检测仪测试气体纯化装置对水分、氧气、金属离子等杂质的脱除效果，杂质降至ppb级别且过滤效率达标即为合格。

7.6 泄漏与污染控制要求

用氦质谱检漏仪检测柜体整体泄漏率，测试泄漏探测器响应时间、报警阈值与联锁切断功能，采用超高纯氮气吹扫后用颗粒计数器检测柜内颗粒浓度，泄漏率、探测器性能与吹扫后颗粒浓度满足限值即为合格。

7.7 洁净度等级指标

7.7.1 按粒子浓度划分的空气洁净度 ISO 级别

按GB/T 25915.1—2021的规定进行检验。

7.7.2 按化学物浓度划分空气洁净度（ACC）等级

按GB/T 25915.8的规定进行检验。

7.7.3 洁净室及相关受控环境所选定的 SCP 等级

按GB/T 25915.9的规定进行检验。

7.7.4 按化学物浓度划分表面洁净度等级

按GB/T 25915.10的规定进行检验。

7.8 特气柜材料化学物释出气体

7.8.1 总挥发性有机物

应按GB/T 18883的规定进行检验。

7.8.2 半挥发性有机物

应按GB/T 42898的规定进行检验。

7.8.3 胺

应按HJ 1076的规定进行检验。

7.8.4 有机磷酸酯

应按ISO 16000-31:2014的规定进行检验。

8 安装、运行与监测、维护

8.1 安装

8.1.1 特气柜应安装在符合工艺要求的洁净环境内，安装区域的基础、电源、气源、排风、报警等设施应符合设计要求和 GB 50646 的规定。

8.1.2 安装完成后，应按照第 6 章的试验方法进行全面检测与验收，合格后方可投入使用。

8.1.3 用于半导体、LCD 微电子、太阳能行业的特殊气体输送系统，应依据气体危险性质配置相应的安全联锁与泄漏侦测装置，并进行专项验收。

8.2 运行与监测

8.2.1 应建立特气柜的运行、维护、监测程序和制度。

8.2.2 应规定柜内粒子浓度、化学污染物浓度、泄漏浓度等的警戒限度和纠偏限度，并定期进行监测。关键区域宜设置在线监测装置。

8.2.3　泄漏探测器、压力传感器、联锁切断装置等安全设施应定期校验，确保功能有效。

8.3　维护

8.3.1　应定期对特气柜进行吹扫和维护，吹扫周期和方法应符合操作规程。

8.3.2　更换过滤器、阀门等关键部件时，应评估其对系统洁净度的影响，更换后应进行必要的检测。

8.3.3　任何可能影响洁净度的维修（如打开柜体、更换管路）后，应对相关洁净度指标进行重新检测。

8.3.4　更换下来的过滤器、吸附剂等耗材，应根据其沾染的污染物性质进行无害化处理。

附 录 A
（规范性）
不同设备类型的洁净度要求

不同设备类型的洁净度要求见表A.1。

表 A.1 不同设备类型的洁净度要求

设备类型	适用气体示例	洁净度等级要求（ISO）		附加要求
特殊气体输送系统（GC）	SiH_4、NH_3、N_2O、BCl_3、H_2、PH_3等	ISO 3 级（动态）	ISO 3 级（静态）	抗腐蚀涂层、负压排风、泄漏侦测
大宗特气供应系统（BSGS）	大宗特殊气体	ISO 4 级（动态）	ISO 4 级（静态）	自动切换、氮气吹扫、远程切断
气体分流设备（VDB）	有毒/可燃/腐蚀性/稀有气体	ISO 3 级（动态）	ISO 3 级（静态）	SS316EP管、预留扩充阀、负压保持