



中华人民共和国国家标准

GB/T 36306—2018

洁净室及相关受控环境 空气化学污染控制指南

Cleanrooms and associated controlled environments—
Guidelines for airborne chemical contamination control

2018-06-07 发布

2018-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 污染源、分级与分类	2
5 检测	2
6 空气化学污染控制	2
附录 A (资料性附录) 微电子和光电子领域对空气化学污染物的分级与分类	3
附录 B (资料性附录) 气相污染物监测与相关分析测定仪器	4
附录 C (资料性附录) 控制化学分子污染设施系统	9
附录 D (资料性附录) 微电子工业洁净室空气化学污染控制标准	11
参考文献	15

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国洁净室及相关受控环境标准化技术委员会(SAC/TC 319)提出并归口。

本标准起草单位:南京天加环境科技有限公司、苏州工业园区嘉合环境技术工程有限公司、苏州华泰空气过滤器有限公司、苏州市计量测试研究所、爱美克空气过滤器(苏州)有限公司、中国电子工程设计院、苏州市恩威特环境技术有限公司、中电投工程研究检测评定中心、苏州净化工程安装有限公司、北京希达建设监理有限责任公司、北京世源希达工程技术公司、中国标准化协会、中天道成(苏州)洁净技术有限公司、深圳新科特种装饰工程公司。

标准主要起草人:王尧、娄宇、李启东、朱兰、杨子强、蔡杰、王小兵、徐小浩、张利群、吴小泉、钱菁、蒋乃军、石小雷、姜皓遐、耿文韬、吴益峰、翟传明、苏钢民、安志星、刘娜、殷晓冬。

引 言

从通风专业的角度来看空气化学污染物的特点是：

- a) 颗粒度 $<0.01\ \mu\text{m}$ 通常在 $0.2\ \text{nm}\sim 5\ \text{nm}$ 的范围；
- b) 在通常状态下是以蒸汽或气体状存在；
- c) 可以完全穿透常规高效过滤器/超高效过滤器；
- d) 不能使用粒子计数器检测。

目前,空气污染控制技术主要针对微电子、光电子领域。

国际半导体设备与材料协会的标准 SEMI F21-95 将空气化学污染物分成四大类:酸性气体、碱性气体、气相可凝聚化合物和气相掺杂化合物。但即使同类中的不同污染物之间性质差别还是很大,某些污染物的浓度可随环境的温度、湿度变化而改变以及污染源有很大的随机性等,且品种、数量之多已是不胜枚举。由于改性活性炭技术的进展,对于很多污染气体已能达到对症下药,实施针对性的控制空气化学污染。在应用中,供应商提供的不仅仅是化学过滤器,而是根据现场环境的特点提供最有效的解决方案。准确提供洁净室及相关受控环境中污染气体的品种和浓度的水平,将为过滤器供应商更合理的选用充填介质的配方及配比创造条件,控制环境中的化学污染物达到所在环境限定的浓度值,最终将取得更佳的净化效果。

洁净室及相关受控环境 空气化学污染控制指南

1 范围

本标准提出了洁净室及相关受控环境的空气化学污染控制的检测、控制等指南。

本标准适用于微电子、光电子工厂以及特殊需求的生产、研究等洁净室及相关受控环境的空气化学污染控制。

本标准不适用于核能和军事应用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 25915.8—2010 洁净室及相关受控环境 第8部分:空气分子污染分级(ISO 14644-8:2006, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空气分子污染 **airborne molecular contamination; AMC**

以气态或蒸汽态存在于洁净室及相关受控环境中,可危害产品、工艺、设备的分子(化学的、非颗粒)物质。不包含生物大分子。

注:空气分子污染即空气化学污染。

3.2

环境反应监测法 **environmental response monitoring methods; ERMs**

综合监测腐蚀性气体对芯片的腐蚀程度的方法。

注:将环境反应采样片(ERCs)放在各个待测区域,如新风机组的进出口,循环风机组进出口等,时间是以30天为一个周期,观察采样片厚度的变化,以 \AA (Angstrom)为单位。

3.3

污染物 **contaminant**

能对流体的预期使用产生负面影响的物质(固体、液体和气体)。

3.4

气相空气净化装置 **gas phase air cleaner device; GPACD**

能去除特定的气体和蒸汽等气相污染物的组装设备。

注:在本标准中即化学过滤器,化学过滤器属于气相空气净化装置的一种。

3.5

空气化学污染 **air chemical contamination**

气相的非颗粒物质,其化学性质对产品、生产工艺或设备产生不利的影响。

4 污染源、分级与分类

4.1 污染源

- 4.1.1 室外环境的空气污染物:SO_x、VOCs、O₃、NH₃、H₂S、HCl 等。
- 4.1.2 作业人员携带:汗水(NH₃)、K 离子、PVC 手套、香水、发胶等。
- 4.1.3 制程逸散:制程化学原料——光刻胶、清洗剂、显影剂、去光阻剂、特气泄漏等。
- 4.1.4 洁净室用材“释气”和设备泄漏:涂料、各类密封胶、塑料材质、机台维修等。

4.2 分级与分类

- 4.2.1 一般的分级见 GB/T 25915.8—2010 中表 1。
- 4.2.2 微电子和光电子领域的分类与分级参见附录 A。

5 检测

- 5.1 单项污染物检测参见附录 B 中 B.1、B.2。
- 5.2 环境反应监测法(ERMs)参见 B.3。

注:5.2 是采取较长时间的取样方法,通过检测判定分子污染综合影响。

6 空气化学污染控制

6.1 确定是否污染及情况

定性确定是否有空气化学污染。如有,需分析测定污染物的类型和浓度范围。

6.2 控制措施

- 6.2.1 采用化学过滤器并根据污染物和控制目标,对空气化学过滤器的过滤介质(如活性炭、改性活性炭等)的有效性、装填密度,过滤器的设计、加工的优劣(防止沟流)等进行分析并选择。

注:化学过滤器的性能及检测参见 GB/T 36370—2018。

- 6.2.2 实时监测化学过滤器的出风口,如遇出风口气流中污染物浓度超出规定的标准则应立即更换。

注:空气化学过滤器使用寿命通常为一年,该指标是在标准指定试验条件下测定的结果,与实际使用条件有偏差,只能作为参考。

- 6.2.3 控制化学分子污染设施系统参见附录 C。
- 6.2.4 微电子工业洁净室空气化学污染控制参见附录 D。

附 录 A
(资料性附录)

微电子和光电子领域对空气化学污染物的分级与分类

微电子和光电子领域常见空气化学污染 AMC 的分级、分类见表 A.1,表 A.2。

注：参照半导体设备与材料学会 SEMI F21-1102 标准。

表 A.1 四类污染物浓度分级

污染物种类	1	10	100	1 000	10 000
酸类	MA-1	MA-10	MA-100	MA-1000	MA-10000
碱类	MB-1	MB-10	MB-100	MB-1000	MB-10000
可凝颗粒物	MC-1	MC-10	MC-100	MC-1000	MC-10000
掺杂物	MD-1	MD-10	MD-100	MD-1000	MD-10000
注：浓度为 pptM 级。					

表 A.2 各类空气化学污染物的代表性化合物

SEMI F21-1102 AMC 分类	重要气相分子污染物
酸类	氢氟酸,硫酸,盐酸,硝酸,磷酸,氢溴酸
碱类	氨气(氢氧化铵),四甲基氢氧化胺,三甲基胺, 三乙基胺,N-甲基吡咯烷酮,环己胺, 二乙氨基乙醇,甲基胺,二甲基胺,乙醇胺, 1,4-氧氮六环
可凝颗粒物类	硅油(沸点 $\geq 150\text{ }^{\circ}\text{C}$) 碳氢化合物(沸点 $\geq 150\text{ }^{\circ}\text{C}$)
掺杂物类	硼(通常如硼酸), 红磷(通常如有机膦酸酯), 砷(通常如砷酸盐)

附录 B

(资料性附录)

气相污染物监测与相关分析测定仪器

B.1 分析测定仪器概述

单一的分析仪器不能测定本标准所涵盖的所有品种,分析测定设备应根据污染物的特性仔细选择。同样,采样和探测器以及测量设备的精度和有效的测量量程,可以在很大程度上变动。

SEMI F21-1102(2002版)标准,把气相化学污染物分成四大类:酸类,通常选用 SO_2 为代表。碱类,通常选用 NH_3 为代表。可凝聚有机化合物,通常选用甲苯作为 VOCs 代表。掺杂化合物,通常选用有机磷酸酯,硼选用 BF_3 等为代表。

针对上述测定的要求,推荐的方法包括:气相色谱(GC-FID、GC-MS)用于对有机物测定,化学发光法(CLD)用于测定 NO_x 和氨气,紫外荧光光度法(UVL)用于测定 SO_2 ,电感耦合等离子体-质谱仪(ICP-MS),是一种多元素分析仪,分析对象可从超痕量到基质组分、从 mg/L 到 pg/L (微微克/升)的浓度范围,甚至号称可达到覆盖周期表的无干扰测量。傅立叶变换红外光谱仪(FTIR)能在较大的范围内使用。

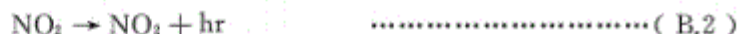
在某些特定的情况下,FID在线检测不可能达到实际要求采用的很低的浓度,即当一个在线 FID 检测器的有效量程达不到下游的采样浓度时,应使用易地设备,如用 Tenax 管配合 GC-MS/FID 或气体吸附管配合离子色谱等均可采用。

B.2 几种气相污染物常用分析测定仪器及应用简介

B.2.1 化学发光(CLD)分析仪,测定 NO 、 NO_2 、 NO_x 、 NH_3

化学发光是指在某些特殊的化学反应中,反应的中间体或产物由于吸收了反应释放的化学能而处于电子激发态,当其回到基态时伴随产生的光辐射现象。根据化学发光反应在某一时刻的发光强度或反应的发光总量来确定反应中相应组分含量的分析方法,称为化学发光分析。

化学发光法的原理表达式见式(B.1)、式(B.2):



该仪器有 3 种模式:

- a) NO 模式:当气样中的 NO 和 O_3 (臭氧)反应生成 NO_2 时,大约有 10% 的 NO_2 处于激化状态(以 NO_2^* 表示)。这些激发态分子按式(B.2)向基态过渡时,发射出波长 $590 \text{ nm} \sim 2\,500 \text{ nm}$ 的光量子 hr ,其强度与 NO 量成正比,利用光电倍增管将这一光能转变为电信号输出可推算出 NO 浓度。
- b) NO_x 模式:样气首先进入 NO_x 转换装置,样气中的 NO_x 包括 NO 和 NO_2 ,其中的 NO_2 在此转换成 NO ,全部的 NO 经反应、检测,输出一个正比于 NO_x 的直流电流,数字面板表显示 NO_x 的浓度。由 NO_x 的浓度减去 NO 的浓度就可得到 NO_2 的浓度。
- c) 总氮(Nt)模式:样品经过一个不锈钢转化炉, NO_2 、 NH_3 都将被转化成 NO ,此时测量的是总

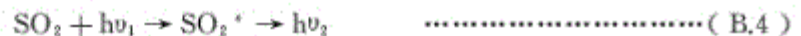
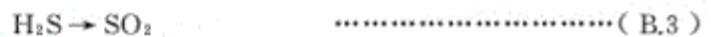
氮(Nt),包括: $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{NH}_3$, 减去前二者即为 NH_3 。
化学发光分析仪器规格见表 B.1。

表 B.1 化学发光分析仪器规格

预置量程	$0 \sim 0.05 \times 10^{-4}$, 0.1×10^{-4} , 0.2×10^{-4} , 0.5×10^{-4} , 1×10^{-4} , 2×10^{-4} , 5×10^{-4} , 10×10^{-4} , 20×10^{-4} $0 \sim 0.1 \text{ mg/m}^3$, 0.2 mg/m^3 , 0.5 mg/m^3 , 1 mg/m^3 , 2 mg/m^3 , 5 mg/m^3 , 10 mg/m^3 , 20 mg/m^3 , 30 mg/m^3
扩展量程	$0 \sim 0.2 \times 10^{-6}$, 0.5×10^{-6} , 1×10^{-6} , 2×10^{-6} , 5×10^{-6} , 10×10^{-6} , 20×10^{-6} , 50×10^{-6} , 100×10^{-6} $0 \sim 0.5 \text{ mg/m}^3$, 1 mg/m^3 , 2 mg/m^3 , 5 mg/m^3 , 10 mg/m^3 , 20 mg/m^3 , 50 mg/m^3 , 100 mg/m^3 , 150 mg/m^3
零点噪音	0.50×10^{-3} RMS(120 s 平均时间)
最低检测限	1.0×10^{-3} (120 s 平均时间)最低检测浓度应低于现场可能的最低浓度
零点漂移(24 h)	$< 1 \times 10^{-3}$
跨度漂移(24 h)	$\pm 1\%$ 满量程
响应时间(0%~90%)	120 s(10 s 平均时间)
精度	$\pm 0.4 \times 10^{-4}$ (量程 500×10^{-4})
线性	$\pm 1\%$ 满量程
采样流量	0.6 L/min
工作温度	15 °C ~ 35 °C
输出	可选电压, RS232/RS485, TCP/IP, 10 个状态继电器, 断电指示 0 mA ~ 20 mA 或 4 mA ~ 20 mA 隔离电流输出
输入	16 路数字输入(标准), 8 路 0 ~ 10 VDC 模拟量输入

B.2.2 紫外荧光光度法(UVL), 测定 SO_2 、 H_2S

脉冲紫外荧光法气体分析仪, 是用于二氧化硫和硫化氢测定的分析仪器。其操作原理是, 首先把 H_2S 转化成 SO_2 进行测定, 由于 SO_2 分子吸收紫外(UV)光并在某一特定波长上被激发, 当 SO_2 分子衰减到较低能级时会发射出另一种波长的紫外光。原理表达式见式(B.3)、式(B.4):



脉冲紫外光源可提高光强, 使仪器具有较高的紫外光能量, 从而降低最低检测极限。相关标准和依据: 本方法主要参考 ISO/CD 10498。

紫外荧光光度法(UVL)分析仪规格见表 B.2。

表 B.2 紫外荧光光度法(UVL)分析仪规格

预置量程	$0\sim 0.05\times 10^{-5}$, 0.1×10^{-5} , 0.2×10^{-5} , 0.5×10^{-5} , 1×10^{-5} , 2×10^{-5} , 5×10^{-5} , 10×10^{-5} $0\sim 0.2\text{ mg/m}^3$, 0.5 mg/m^3 , 1 mg/m^3 , 2 mg/m^3 , 5 mg/m^3 , 10 mg/m^3 , 20 mg/m^3 , 25 mg/m^3
扩展量程	$0\sim 0.5\times 10^{-5}$, 1×10^{-5} , 2×10^{-5} , 5×10^{-5} , 10×10^{-5} , 20×10^{-5} , 50×10^{-5} , 100×10^{-5} $0\sim 2\text{ mg/m}^3$, 5 mg/m^3 , 10 mg/m^3 , 20 mg/m^3 , 50 mg/m^3 , 100 mg/m^3 , 200 mg/m^3 , 250 mg/m^3
用户量程	$0\sim 0.05\times 10^{-5}$ 至 100×10^{-5} $0\sim 0.2\text{ mg/m}^3$ 至 250 mg/m^3
零点噪音	手动模式 1.0×10^{-5} (10 s 平均时间), 0.5×10^{-5} (60 s 平均时间), 0.25×10^{-5} (300 s 平均时间) 自动模式 3.0×10^{-5} (10 s 平均时间), 1.5×10^{-5} (60 s 平均时间), 0.75×10^{-5} (300 s 平均时间)
最低检测限	手动模式 2.0×10^{-5} (10 s 平均时间), 1.0×10^{-5} (60 s 平均时间), 0.5×10^{-5} (300 s 平均时间) 自动模式 6.0×10^{-5} (10 s 平均时间), 3.0×10^{-5} (60 s 平均时间), 1.5×10^{-5} (300 s 平均时间) 最低检测浓度应低于现场可能的最低浓度
零点漂移(24 h)	$<1\times 10^{-5}$
跨度漂移(24 h)	$\pm 1\%$ 满量程
响应时间(0%~90%)	80 s (10 s 平均时间) 或 110 s (60 s 平均时间) 或 320 s (300 s 平均时间)
精度	1% 读数或 1×10^{-5} (以较大值为准)
线性	$\pm 1\%$ 满量程
采样流量	1.0 L/min
转化炉效率	H_2S 转化为 $\text{SO}_2 > 80\%$ (注意: 其余硫化物也会被不同程度的转化)
工作温度	20 $^{\circ}\text{C}$ ~ 30 $^{\circ}\text{C}$
输出	可选电压, RS232/RS485, TCP/IP, 10 个状态继电器, 继电器指示 0 mA ~ 20 mA 或 4 mA ~ 20 mA 隔离电流输出

B.2.3 电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES) 测定金属原素及部分非金属元素

在近代物理学中,把电离度大于0.1%电离气体,都称为等离子体(plasma),也即电子和离子浓度处于平衡状态的电离气体。“等离子炬”就是由等离子体形成的“电火炬”。电感耦合等离子体炬是利用高频感应加热原理,使流经石英管的工作气体(通常为Ar)电离而产生火焰状的离子体。

“等离子炬”火焰温度高达4 000 K~1 000 K,其温度取决于高频发生器的功率及工作气体,火焰的稳定性比较高,因而有检出限低、精密度好、动态范围宽、基体效应小、无电极污染等特点,而获得广泛的应用。

主要特点:

- 可以测定全部的金属原素及部分非金属元素(70多种)。
- 高效稳定,可以连续快速多元素测定,精确度高,多种元素检出量能达到0.01 $\mu\text{g/L}$ 。
- 中心气化温度高达10 000 K可以使样品充分气化有很高的准确度。
- 工作曲线具有很好的线性关系 并且线性范围广。

e) 与计算机软件结合全谱直读结果,方便快捷。

GB/T 25915.8—2010 中附录 B 所列出的掺杂污染物如:硼、磷、砷等污染物的定性,定量分析,所推荐的测定方法中如采用 ICP-OES 测定,相应的检出极限各为:硼(B)0.69 $\mu\text{g/L}$,磷(P)1.55 $\mu\text{g/L}$,砷(As)1.43 $\mu\text{g/L}$ 均能满足应用。

B.3 洁净室常用的环境反应监测系统

B.3.1 概述

洁净室环境中污染物的测试是污染控制的重要部分,10 多年来已积累了大量有成效的结果。空气化学污染物虽然已划分为四大类,但品种、数量之多已是不胜枚举,并且有时是不稳定的,如果采用化学仪器分析并不是一件很简单的事。并且在实际中感到,单一气体影响与多种气体同时共存的情况,对芯片影响的程度可能产生协同效应,单项污染物测定数据无法表明这种可能的协同效应所造成之影响。因而,在 1999 年以后在 ISA S71.04—1985 的基础上建立了“环境反应监测法”(ERMs)逐步得到发展,取得成功,该方法是考虑腐蚀性气体对芯片的腐蚀程度为基础,采用环境反应采样片(ERCs)放在各个待测区域,如新风机组的进出口,循环风机组进出口等,时间是以 30 天为一个周期,观察采样片厚度的变化,以 \AA (Angstrom)为单位。

B.3.2 洁净室的环境分级

根据 ERMs 的分级标准各分 5 级,用 C1~C5、S1~S5 来表示不同的程度,见表 B.3。

表 B.3 洁净室环境分级表

级别	铜腐蚀空气质量分级	腐蚀量	级别	银腐蚀空气质量分级	腐蚀量
C1	纯净的	$<90 \text{\AA}/30 \text{天}$	S1	纯净的	$<90 \text{\AA}/30 \text{天}$
C2	干净的	$<150 \text{\AA}/30 \text{天}$	S2	干净的	$<150 \text{\AA}/30 \text{天}$
C3	一般的	$<250 \text{\AA}/30 \text{天}$	S3	一般的	$<250 \text{\AA}/30 \text{天}$
C4	严酷的	$<350 \text{\AA}/30 \text{天}$	S4	严酷的	$<350 \text{\AA}/30 \text{天}$
C5	剧烈的	$\geq 350 \text{\AA}/30 \text{天}$	S5	剧烈的	$\geq 350 \text{\AA}/30 \text{天}$

B.3.3 普通洁净室验收标准

ERMs 的可用于普通洁净室验收,见表 B.4。

表 B.4 普通洁净室验收标准表

铜腐蚀的反应产物	腐蚀膜厚度	银腐蚀的反应产物	腐蚀膜厚度
硫化铜 Cu_2S	$0 \text{\AA}/30 \text{天}$	氯化银 AgCl	$0 \text{\AA}/30 \text{天}$
氧化铜 Cu_2O	$<150 \text{\AA}/30 \text{天}$	硫化银 Ag_2S	$<50 \text{\AA}/30 \text{天}$
未知的铜	$0 \text{\AA}/30 \text{天}$	氧化银 Ag_2O	$<50 \text{\AA}/30 \text{天}$
总铜腐蚀量 $<150 \text{\AA}/30 \text{天}$		总银腐蚀量 $<100 \text{\AA}/30 \text{天}$	

B.3.4 空气化学过滤器性能一览表

采用 ERMs 可检测空气化学过滤器的性能,见表 B.5。

表 B.5 空气化学过滤器性能一览表

ERM 的监测区域	铜反应*	减少	级别	银反应*	减少	级别
新鲜空气进口	435		C5	362		S5
空气化学过滤器出口	21	95.16%	C1	9	97.58%	S1
机械室	57	86.97%	C1	28	92.24%	S1
洁净室	11	97.49%	C1	23	93.62%	S1
* Å/30 天。						

附录 C

(资料性附录)

控制化学分子污染设施系统

C.1 概述

洁净室通风与空气调节系统中有关化学污染控制的部分包括:新风系统、循环风系统、微环境控制系统和带净化装置的前端开启式晶圆传送盒[FOUP(Front Opening Unified Pod)]以及移动式深层过滤器系统等。

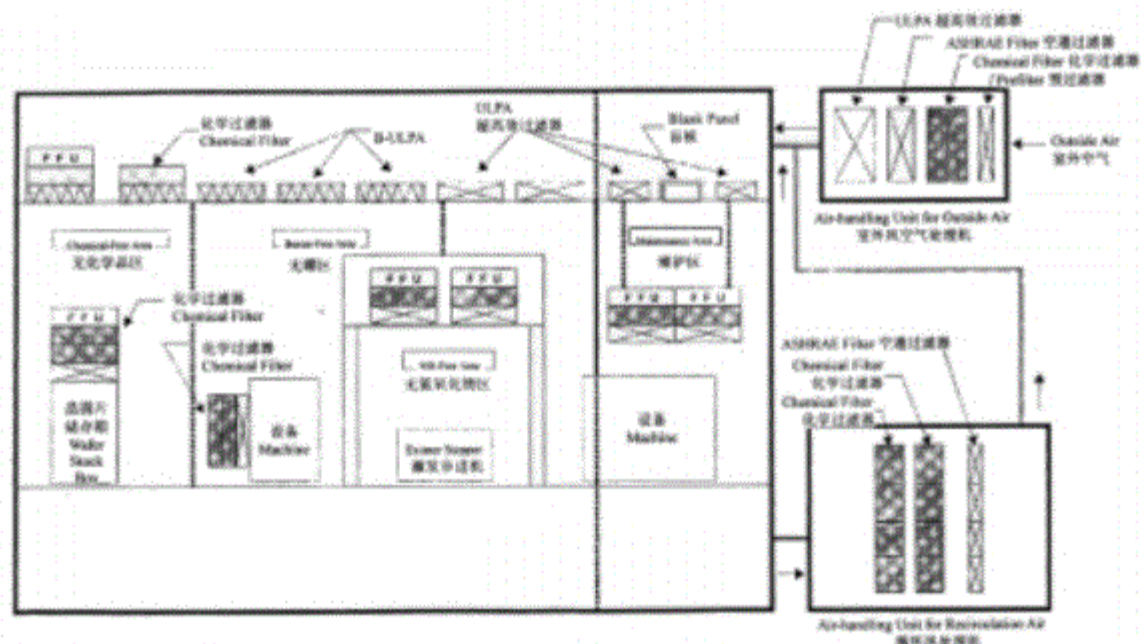
新风系统的控制,要求去除户外空气中化学污染物,重点是低浓度的 SO_2 、 NO_x 、 NH_3 、 O_3 及VOCs等。

循环风处理系统,是控制洁净室排出的气体,使空气化学污染物降到一定浓度后,再合并入新风系统,该系统主要去除空气中的低、中浓度的化学污染物。

深层过滤器系统用于去除某些局部的高浓度气相化学污染气体,当其他的系统无法经济的提供所需要的净化处理时,采用深层过滤器系统,满足空气质量要求。

C.2 微电子行业洁净室空气化学污染的控制方案

在洁净室的HVAC(Heating Ventilation Air-Conditioning)系统(图C.1)中,包括新风机组MAU(Make-Up Air Unit)和循环风机组RHU(Recirculation Air Handling Unit)应配置合适的空气化学过滤器,在风机过滤单元FFU(Filter Fan Unit)中配置化学过滤网以及专用化学过滤装置,以保持大环境、微环境中合格的空气质量。此外,为了各生产工序设备维修的需要,宜设置可移动的深层空气化学过滤器,去除局部高浓度的污染气体,否则高浓度的污染气体进入主回风系统将会使污染控制系统失调,经济上也很不合理。

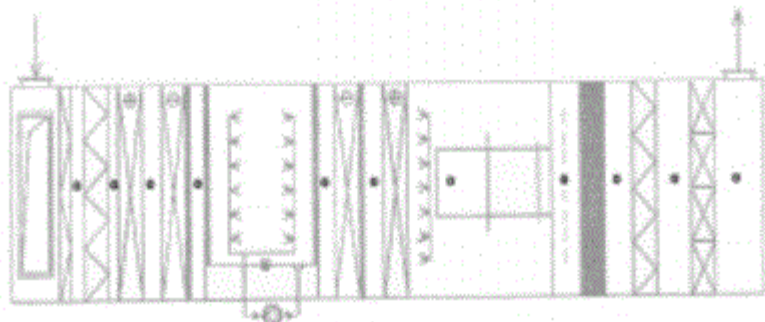


注:图中室外风空气处理机(即MAU)和循环风处理机(即RHU)均省略其他功能段。

图 C.1 微电子生产洁净室 AMC 控制示意图

C.3 控制空气分子污染新风机组全功能段示意

新风→进风段→粗效段→中效段→一级加热段→一级表冷段→淋水段→二级表冷段→二级加热段→加湿段→风机段→缓冲段→化学过滤段→中效过滤段→高效过滤段→出风段→送新风,共 15 个功能段(示意图见图 C.2)。



注 1: 目前微电子洁净室净化空调新风机组除风机段外,有两级加热、两级表冷、五级过滤(初效、两级中效、高效、活性炭)、一级淋水、一级加湿共 15 个功能段。

注 2: 风机的全压高达 2 500 Pa。机外噪声一般小于 80 dB(A),出口噪声高达 100 dB(A)。

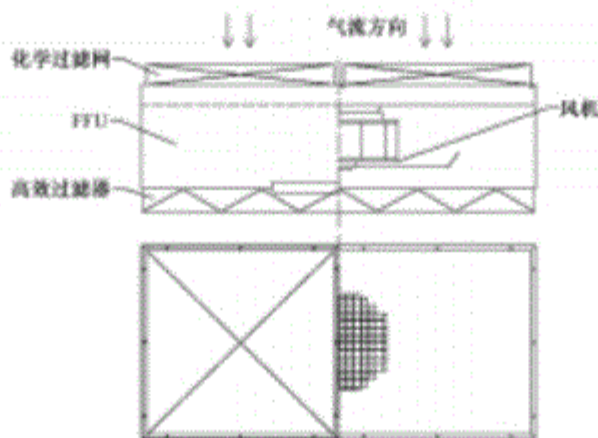
注 3: 淋水和活性炭化学过滤器对化学(分子)污染均有一定的去除能力。但一些酸性物质被淋水吸收后又很快地分解,达不到去除的目的。活性炭化学过滤器对化学(分子)污染吸附能力很好,其去除效率在 70% 以上。但此时空气的相对湿度不宜太高,小于 70%。

注 4: 高效过滤器后面空气的洁净度等级为 ISO 5 级。

图 C.2 新风机组功能段示意图

C.4 微电子洁净室用风机过滤器机组(FFU)

微环境控制系统,主要为一些局部环境的特殊需要而设计(FFU 配化学滤网见图 C.3)。



注 1: 微电子洁净室用风机过滤器机组由风机、高效过滤器(超高效过滤器)、化学过滤器组成。纤维型活性炭过滤器的阻力宜为 30 Pa 同时要更换方便,又对高效过滤器(超高效过滤器)不产生二次污染。

注 2: 机组年外余压大于 120 Pa,单台机组的出口噪声宜小于 54 dB(A),0.45 m/s。

注 3: 高效过滤器后的断面平均风速及断面风速的均匀度为 0.45 m/s,±20%。

图 C.3 带有化学过滤网的风机过滤器(FFU)结构图

附录 D

(资料性附录)

微电子工业洁净室空气化学污染控制标准

D.1 各类污染物在不同生产过程的控制标准

集成电路晶片生产的加工工序已逾数百个独立工序,确定空气化学污染物控制指标更为复杂。因为分子污染物的控制对不同的产品、不同的工艺、不同的工序及不同的工艺材料会有不同的要求。

SEMATECH 研究了各种空气化学污染物对线宽 $0.25\ \mu\text{m}$ 产品合格率的影响,发现不同空气化学污染物对不同的工艺过程影响程度很不一样。1995 年其发布了在线宽 $0.25\ \mu\text{m}$ 时各制程 AMC 的浓度限定(表 D.1)。

表 D.1 SEMATECH 预测在线宽 $0.25\ \mu\text{m}$ 时各制程 AMC 的浓度限定

工艺步骤	最长停留时间	MA*	MB*	MC*	MD*
预“门氧化”	4 h	13 000	13 000	1 000	0.1
沉积	1 h	180	13 000	35 000	1 000
触点形成	24 h	5	13 000	2 000	100 000
深紫外光刻	2 h	10 000	1 000	100 000	10 000
注: SEMATECH, Semiconductor Manufacturing Technology 半导体制造技术(战略联盟)。					
* 浓度为 pptM 级。					

D.2 ITRS 发布的控制标准

1999 年 ITRS 发布了对于 $0.25\ \mu\text{m}\sim 0.10\ \mu\text{m}$ 线宽产品的生产环境空气中 AMC 浓度的要求(表 D.2)。

表 D.2 ITRS 对不同线宽制程污染物控制标准

污染化合物类型	集成电路的几何线宽			
	$0.25\ \mu\text{m}$	$0.18\ \mu\text{m}$	$0.13\ \mu\text{m}$	$0.10\ \mu\text{m}$
VOCs/ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	30.00	10.00	3.00	1.00
离子化合物/ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	1.00	0.30	0.10	0.03
总碳氢化合物	10.00×10^{-3}	3.00×10^{-3}	1.00×10^{-3}	0.30×10^{-3}
金属(pptM)	0.10	0.03	0.01	0.00
注: ITRS(International Technology Roadmap Semiconductor) 国际半导体技术路线图。				

D.3 ITRS 微电子行业洁净室 AMC 控制的发展

D.3.1 AMC 的控制概念随生产、工艺技术的更新,控制概念也在不断的更新,表 D.3~表 D.5 是 ITRS 分别于 2001 年、2003 年和 2005 年提出的对于晶片环境污染控制的技术要求。

D.3.2 2001 年 ITRS 正式提出“对于短时间和长时间晶片环境污染的控制(WECC)的技术要求”,见表 D.3。在这一时期前后对于洁净室分子污染的控制概念是把“整个洁净室看作是晶片环境”。

表 D.3 2001 年对于晶片环境污染控制的技术要求

气载分子污染物	短时间/长时间的限制值(pptM)
光刻—碱(如,胺、胺化合物、氨)	750/<750
栅极—金属(如,铜)	0.2/0.07
栅极—有机物(如,分子量 ≥ 250)	100/20
有机物(如,甲烷)	1 800/<900
硅化金属淀积接触—酸(如, Cl^-)	10/<10
硅化金属淀积接触—碱(如, NH_3)	20/<4
掺杂物(磷或硼)	<10/<10

D.3.3 2003 年 ITRS 对于 AMC 控制进一步提出了技术要求,原则上仍然认为“晶片环境就是整个洁净室环境”,但是提出了一些重要的改变,就是空气中的 AMC 浓度与沉积在晶片表面上的 AMC(SMC)称为表面分子凝聚物的有很大不同,见表 D.4。

表 D.4 2003 年对晶片环境污染控制的技术要求

空气中气载分子污染物	短时间/长时间的限制值(pptM)
光刻—碱(如,胺、胺化合物、氨)	750/<250
栅极—金属(如,铜)	0.15/<0.07
栅极—有机物(如,分子量 ≥ 250)	80/20
有机物(分子量 $\geq \text{C}_7\text{H}_{14}$) [与标准十六烷($\text{C}_{16}\text{H}_{34}$)相当的]	5 000/<2 500
硅化金属淀积接触—酸(如, HCl)	10/<10
硅化金属淀积接触—碱(如, NH_3)	12/<4
掺杂物(磷或硼)	<10/<10
气载分子污染物,表面沉积的限制[硅晶片洁净度(Si Witness Wafer),24 h 暴露于密闭的 FOUP,POD,微环境或空气中]	短时间/长时间的限制值(ng/cm^2)
晶片上的有机物 SMC ASTM 1982-99	4/1
前端工艺过程,裸露 Si,24 h 在试验硅晶片表面的总掺杂物量 原子数/ cm^2	<2.0E+12/1.0E+12
前端工艺过程,裸露 Si,24 h 在试验硅晶片表面的总金属量 原子数/ cm^2	<2.0E+10/1.0E+10

D.3.4 2005年ITRS面对当时半导体集成电路行业三项重要进展(进入几何线宽65 nm以下各代器件;直径300 mm的晶片;Cu工艺)提出了AMC的新控制方案。晶片制造、处理和输送方法的自动化程度大大提高,晶片在洁净室中的气相暴露时间大为减少,晶片环境已融入到微环境的空间、工艺设备、POD以及FOUP(前开式晶片盒)的环境。WECC使用工艺流程区域来划分AMC控制等级,尝试减少同样等级AMC控制的生产成本。详见表D.5。

表 D.5 2005 年对晶片环境污染控制的技术

在洁净室、SMIF、POD、FOUP 等环境中的晶片环境控制 (不是洁净室本身必须,而是晶片环境必须)	
空气中气载分子污染物	短时间/长时间的限制值(pptM)
光刻(洁净室空间环境)	5 000/5 000
总酸性化合物(如,SO ₂ ⁺)包括有机酸	50 000/50 000
总碱性化合物(如,NH ₃)	
可凝聚有机化合物(W/GC-MS的 保留时间≥苯,校准用十六烷)	26 000/26 000
难融化合物(如,含硫、磷、硅的有机物)	100/100
栅极晶片环境(洁净室、POD/FOUP之空间)	
总金属(如,铜)	1/0.5
掺杂物(仅指生产线的前端)	10/10
SMC(表面分子可凝聚物) 在晶片上的有机物 ng/(cm ² ·周)	2/0.5
硅化金属沉积的晶片环境(洁净室、POD/FOUP之空间)	
总酸性化合物(如,SO ₂ ⁺)包括有机酸	10/100
暴露的铜晶片环境(洁净室、POD/FOUP之空间)	
总酸性化合物(如,SO ₂ ⁺)包括有机酸	500/500
总氧化物(如,Cl ₂)	1 000/500
中间掩模暴露(洁净室、POD/盒之空间)	
总酸性化合物(如,SO ₂ ⁺)包括有机酸	500/TBD(待确定)
总碱性化合物(如,NH ₃)	2 500/TBD(待确定)
常规晶片环境(洁净室、POD/FOUP之空间,所有范围,除非下面说明)	
总酸性化合物(如,SO ₂ ⁺)包括有机酸	1 000/500
总碱性化合物(如,NH ₃)	5 000/2 500
可凝聚有机化合物(W/GC-MS的 保留时间≥苯,校准用十六烷)	4 000/2 500
掺杂物(仅指生产线的前端)	10/10

表 D.5 (续)

在洁净室、SMIF、POD、FOUP 等环境中的晶片环境控制 (不是洁净室本身必须,而是晶片环境必须)	
空气中气载分子污染物	短时间/长时间的限制值(pptM)
SMC(表面分子可凝聚层) 在晶片上的有机物 ng/(cm ² ·周)	2/0.5
前端工艺过程,裸露 Si,24 h 在试验硅晶片表面的总掺杂物量 原子数/cm ²	2.00E+12/1.00E+12
前端工艺过程,裸露 Si,24 h 在试验硅晶片表面的总金属量 原子数/cm ²	2.00E+10/1.00E+10
注 1: SMIF, Standard Mechanical Interface 标准机械接口。 注 2: POD 片盒。 注 3: FOUP, Front Opening Unified Pod 前开口片盒。	

参 考 文 献

- [1] GB/T 36370—2018 洁净室及相关受控环境 空气过滤器应用指南
- [2] ISO/DIS 10121-1 Test method for assessing the performance of gas-phase air cleaning media and devices for general ventilation—Part 1: Gas-phase air cleaning media
- [3] ISO 10121-2 Test methods for assessing the performance of gas-phase air cleaning media and devices for general ventilation—Part 2: Gas-phase air cleaning devices (GPACD)
- [4] ISO 10498;2004 describes an ultraviolet fluorescence method for sampling and determining sulfur dioxide (SO₂) concentrations in the ambient air using automatic analysers
- [5] ISO 11155-2;2009 Road vehicles—Air filters for passenger compartments—Part 2: Test for gaseous filtration
- [6] ISO/WD 13353 2001, Road Vehicles—Air Filters for Passenger Compartment—Part 2: Test for Dynamic Gas Adsorption
- [7] ANSI/ASHRAE standard 145.1—2008
- [8] ASHRAE 2nd draft 145.2“Method of Testing Gaseous Contaminant Air Cleaning Devices for Removal Efficiency”
- [9] ASTM D5127-99 Standard Guide for Ultra Pure Water Used in the Electronics and Semiconductor Industry
- [10] IEST-G-CC035.1; Design Considerations for AMC Filtration Systems in Cleanrooms
- [11] JIS B 9901;1997 (E) “Gas removal-Method of test for performance of gas-removal filters”
- [12] M Forslund “Molecular filtration devices-An introduction”, (to be published)
- [13] SEMI F21-1102 Classification of Airborne Molecular Contaminant Levels in Clean Environments
- [14] Technology Roadmap for Semiconductors, Yield Enhancement Groups, Section on Wafer Environmental Contamination Control
-

