



T/CECS XXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

电子工业超纯水紫外线降解总有机 碳系统应用技术规程

Technical specification for application of ultraviolet degradation system
of total organic carbon in ultrapure water for electronics industry

（征求意见稿）

提交反馈意见时，请将有关专利连同支持性文件一并附上

目 次

1 总则.....	1
2 术语.....	3
3 基本规定.....	6
4 设计.....	7
4.1 系统设计.....	7
4.2 紫外线降解装置.....	10
4.3 离子交换装置.....	15
5 安装与调试.....	17
5.1 一般规定.....	17
5.2 安装.....	17
5.3 调试.....	19
6 检测与验收.....	21
6.1 系统检测.....	21
6.2 系统验收.....	22
7 运行维护.....	24
7.1 运行维护.....	24
7.2 安全防护.....	25
附录 A 痕量总有机碳的在线测定方法.....	26
用词说明.....	28
引用标准名录.....	29
附：条文说明.....	30

1 总则

1.0.1 为提升电子工业超纯水工程建设质量，规范紫外线降解总有机碳系统的设计、安装、调试、检测、验收与运行维护，为电子工业工艺生产过程提供稳定运行的动力保障，制定本规程。

【条文说明】本规程中电子工业是研发和生产各类半导体器件、显示器件、光电子器件、电子专用材料的产业化行业。在以集成电路和新型显示器件为代表的电子工业半导体工艺生产过程中，超纯水是提供清洗、配制化学品以及靶材冷却液的重要高纯介质。随着工艺特征尺寸的缩小，超纯水的制备系统对总有机碳(Total Organic Carbon, TOC)等核心微污染指标提出了更加严格的控制要求，目前12英寸半导体超纯水制备系统中普遍采用 $TOC < 1\mu\text{g/L}$ 作为有机物的关键控制参数。紫外线降解总有机碳系统是满足TOC严格控制要求的关键处理单元，能够高效降解总有机碳，对生产工艺的有机微污染控制起着重要保障作用。

本规程的制定旨在从工程设计、施工检测和运行维护等方面规范紫外线降解总有机碳系统的应用要求，为紫外线灯管和降解装置的生产制造商、水处理系统集成商、工程设计单位、施工单位以及监理与建设单位提供有力的技术支撑，使紫外线降解系统应用于工程建设和生产运营有规可循、有据可依，切实起到提升超纯水制备工程建设质量、保障厂务动力系统稳定运行、提高工艺产品良率的作用。本规程还针对具有高标准微污染控制要求的集成电路先进制程工艺用水，提出降解系统次生微污染的防护方法，使技术规程具有先进性和前瞻性。

1.0.2 本规程适用于电子工业超纯水紫外线降解总有机碳系统的设计、安装、调试、检测、验收与运行维护，还适用于超纯水系统工艺设计中总有机碳逐级消减计算的设计验证。

【条文说明】本规程面向电子工业超纯水系统的制备与生产运行，对紫外线降解装置的制造与工程应用提出适用性、科学性、系统性和保障性的规定和要求。这里的电子工业超纯水系统指的是集成电路、光电子器件、半导体分立器件、传感器、新型半导体显示器件等微纳电子器件制造和其他电子器件及其专用原材料制造行业使用的超纯水制备系统，还包括光伏、发光二极管(LED)和集成电路封测等电子级水的制备系统。其它行业中纯水系统的技术要求和管理要求可参考使用本规程。本规程还适用于超纯水系统工艺设计中逐级消减的总有机碳设计负荷的计算验证。

1.0.3 电子工业超纯水紫外线降解总有机碳系统的设计、安装、调试、检测、

验收与运行维护，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】本规程重点解决电子工业超纯水制备中紫外线降解总有机碳系统的设计、安装、调试、检测、验收与运行维护问题。此外，紫外线降解总有机碳系统属于超纯水制备系统的单元处理系统，还应符合超纯水系统设计、安装和运行管理规定，并遵守和执行国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 电子工业超纯水 ultrapure water for electronics industry

电子工业工艺生产过程中使用的高纯度水，具有极低污染水平，通常电阻率不低于 18.0 MΩ·cm。

【条文说明】电子工业超纯水的水质指标，在不同电子产品、工艺组线、节点范围以及不同生产制造厂，提出了不同的要求。目前国际上通用的水质标准，如美国材料试验协会标准 ASTM D5127 *Standard guide for ultrapure water used in the electronics and semiconductor industries*，为参考标准。本规程节选 ASTM D5127-13 (2018) 的水质分类，将其七级分类中前四个涉及超纯水的水质等级 E-1、E-1.1、E-1.2 和 E-1.3 作为电子工业超纯水的四级水质类别，具体指标及参数如表 1 所示。

表 1 电子工业超纯水水质分类的指标及参数（节选自 ASTM D5127-13 (2018)）

指标		E-1 级	E-1.1 级	E-1.2 级	E-1.3 级
制程节点 (μm)		1.0~0.5	0.35~0.25	0.18~0.09	0.065~0.032
电阻率, 25°C (在线)		18.1	18.2	18.2	18.2
TOC (μg/L) (在线 < 10 μg/L)		5	2	1	1
在线测量溶解氧 (μg/L)		25	10	3	10
在线检测蒸发后残留物 (μg/L)		1	0.5	0.1	—
在线检测微粒 (pcs/L)	> 0.05μm	—	—	—	500
	0.05~0.1	—	1000	200	N/A
	0.1~0.2	1000	350	< 100	N/A
	0.2~0.5	500	< 100	< 10	N/A
	0.5~1.0	200	< 50	< 5	N/A
1.0		< 100	< 20	< 1	N/A
细菌 (CFU/体积)		—	—	—	—
100mL 样品		5	3	1	N/A
1L 样品		—	—	10	1
10L 样品		—	—	—	1
总硅 (μg/L)		5	3	1	0.5
溶解性二氧化硅 (μg/L)		3	1	0.5	0.5
IC 测阴离子和铵根 离子 (μg/L)	铵	0.1	0.1	0.05	0.050
	溴化物	0.1	0.05	0.02	0.050
	氯化物	0.1	0.05	0.02	0.050
	氟化物	0.1	0.05	0.03	0.050
	硝酸根	0.1	0.05	0.02	0.050
	亚硝酸根	0.1	0.05	0.02	0.050
	磷酸	0.1	0.05	0.02	0.050
硫酸	0.1	0.05	0.02	0.050	

续表 1

指标		E-1 级	E-1.1 级	E-1.2 级	E-1.3 级
ICP/MS 测金属元素 ($\mu\text{g/L}$)	铝	0.05	0.02	0.005	0.001
	铈	—	—	—	0.001
	砷	—	—	—	0.001
	钡	0.05	0.02	0.001	0.001
	硼	0.3	0.1	0.05	0.050
	镉	—	—	—	0.010
	钙	0.05	0.02	0.002	0.001
	铬	0.05	0.02	0.002	0.001
	铜	0.05	0.02	0.002	0.001
	铁	0.05	0.02	0.002	0.001
	铅	0.05	0.02	0.005	0.001
	锂	0.05	0.02	0.003	0.001
	镁	0.05	0.02	0.002	—
	锰	0.05	0.02	0.002	—
	镍	0.05	0.02	0.002	—
	钾	0.05	0.02	0.005	—
	钠	0.05	0.02	0.005	—
	锶	0.05	0.02	0.001	—
	锡	—	—	—	0.01
	钛	—	—	—	0.01
钒	—	—	—	0.01	
锌	0.05	0.02	0.002	0.001	
温度稳定性 (K)		—	—	—	± 1
温度梯度 (K/10min)		—	—	—	< 0.1
在线溶解氮 (mg/L)		—	—	—	8~18
溶解氮稳定性 (mg/L)		—	—	—	± 2

2.0.2 总有机碳 total organic carbon

水中溶解性和悬浮性有机物中碳的总量，反映水中有机物含量的指标。

2.0.3 微污染 micropollution

电子工业工艺生产过程中，对电子器件性能产生不良影响的微小物质，包括微粒子、微生物以及痕量或超痕量化学物质。

2.0.4 紫外线降解装置 UV degradation device

用紫外线技术降解水中有机物的装置，由紫外线反应器和电气控制柜组成。

2.0.5 离子交换装置 ion exchanger

水与交换剂进行离子交换的反应装置。

2.0.6 紫外线降解总有机碳系统 UV degradation system of total organic carbon

由紫外线降解装置与离子交换装置组成的深度降解水中有机物的工艺处理系统。

【条文说明】紫外线降解装置中的低压汞放电光源能够产生 185 nm 紫外线，促进水分子发生均裂反应，水分子吸收能量后，氢氧结构以外围 7 个电子的不稳定形式释放出羟基自由基，羟基自由基通过复杂的链式反应生成多种活性氧物种（ROSs），ROSs 降解有机物的主要反应是脱氢反应，产生可离子化的无机弱酸以及羧酸类脂烃基一元或多元有机酸，再经工艺下游的离子交换装置高效脱除。因此，紫外线降解装置联合后续离子交换装置，成为一个完整的深度降解水中有机物的工艺处理系统。

2.0.7 紫外线穿透率 UV transmittance (UVT₂₅₄)

波长为 254 nm 的紫外线在通过 1 cm 比色皿水样后的紫外线强度与通过前的紫外线强度之比。

【条文说明】UVT₂₅₄ 通常用 254nm 的波长和 1cm 的路径长度作为计算条件，如果使用替代路径长度，通过以下 1cm 路径长度的公式与 UV 吸收率 (A₂₅₄) 进行转换： $UVT(\%) = 100\% \times 10^{-A}$

2.0.8 紫外线目标剂量 reduction target dose

在 UVT₂₅₄ 等水质条件下，满足特定 TOC 去除率所需的 185nm 紫外线剂量，单位为 mJ/cm²。

2.0.9 石英套管紫外线穿透率 UV transmittance of quartz glass tube (UVT₁₈₅)

波长为 185nm 紫外线透过石英套管的光通量与入射光通量之比。

2.0.10 配送点 point of distribution (POD)

超纯水制备系统最终过滤器出口与超纯水分配回路之间的点，通常是分析与测试的标准位置。

3 基本规定

3.0.1 紫外线降解总有机碳系统的选择应根据纯水标准、原水参数和纯水制备流程等条件，综合考虑成本、效率、能耗、占地面积和环境影响等因素，经技术经济比较后确定。

【条文说明】本条是紫外线降解总有机碳系统的设计原则。紫外线降解总有机碳系统的选择影响因素较多，水源参数、纯水流程、POD水质要求以及其他微污染控制参数都可能成为降解系统选择的影响因素，因此在进行紫外线降解系统的选择与设计时，应充分考虑各种因素的影响，综合评判和确定能够保障纯水水质指标且经济适用的降解系统与处理装置。

3.0.2 紫外线降解总有机碳系统应在满足超纯水配送点（POD）水质条件下，符合国家标准《电子工业纯水系统设计规范》GB 50685-2011 纯水分段处理的有关规定，并做到二次污染最小化。

【条文说明】根据《电子工业纯水系统设计规范》GB 50685 中规定，纯水制备流程分为多段处理工艺，通过集成式组合工艺系统，将 TOC 和其它微污染控制指标处理达到生产工艺用水的水质要求。在降解有机物的处理过程中，还要控制和避免反应过程或材质溶出造成的次生微污染，提高整个纯水制备流程的处理效率。

4 设计

4.1 系统设计

4.1.1 当配送点 (POD) 对 TOC 控制要求小于 $30\ \mu\text{g/L}$ 时, 电子工业超纯水制备系统应设置紫外线降解总有机碳系统, 并符合下列规定:

1 应根据纯水制备工艺流程和管道设计材质, 将紫外线降解系统设置在深处理工艺段或精处理工艺段;

2 设置在深处理工艺段时, 进水水质条件应满足 $\text{UVT}_{254} \geq 99\%$, 且工艺上游至少应设计有一次纯水系统及 $5\ \mu\text{m}$ 以下精度过滤设备。

【条文说明】本条符合国家标准《电子工业纯水系统设计规范》GB 50685-2011 中第 3.5.2 条的规定。在超纯水制备工艺中, 膜过滤 (包括反渗透膜和超滤膜) 可以去除生物杂质和有机物分子, 活性炭吸附和多孔树脂吸附也可以有效去除有机物。后段制备工艺所要去除的溶解性有机物除了来源于前级处理工艺出水, 还可以在工艺系统流程中积累。来自水箱、水泵、管道阀门等材质的微粒子、微量电解质和溶解性有机物增加了水中的微污染, 特别是在精处理工艺段, 痕量总有机碳超过设计要求将成为最终 POD 存在风险的不可控因素。根据纯水制备工艺流程和管道材质的设计与选择, 设置紫外线降解总有机碳系统是必要的工艺设计保障措施。

此外, 本条符合国家标准《电子工业纯水系统设计规范》GB 50685-2011 中第 3.1.7 条的规定, 电子工业超纯水制备系统一般由预处理、深处理及精处理三段工艺组成。紫外线降解工艺是超纯水脱除有机物的一种关键处理方法。当水中含有大量有机物时, 紫外线生成的自由基和产生的活性氧物种不能有效地降解有机物, 所以 185nm 紫外线适宜应用于处理含有低浓度有机物的超纯水制备系统, 也由此决定了紫外线降解装置在超纯水制备系统通常设置在深处理工艺段或精处理工艺段。

在深处理工艺段, 紫外线降解装置的进水 TOC 一般小于 $100\ \mu\text{g/L}$, 且水质条件满足 $\text{UVT}_{254} \geq 99\%$ 。

在有机物降解工艺中, 为了提高 185nm 紫外线辐照效率, 保护链式反应产物活性氧物种 (ROSs) 尽可能不被竞争消耗, 应考虑某些污染物指标 (如浊度、铁、腐植酸和氟乙酸) 的浓度变量, 将脱盐、去除胶体有机物和降低淤泥密度指数 (SDI) 等工艺措施设计在紫外线降解装置上游, 实现 185nm 紫外线辐照的最好效果。

一次纯水系统即初级纯水系统, 包括反渗透或离子交换处理工艺。

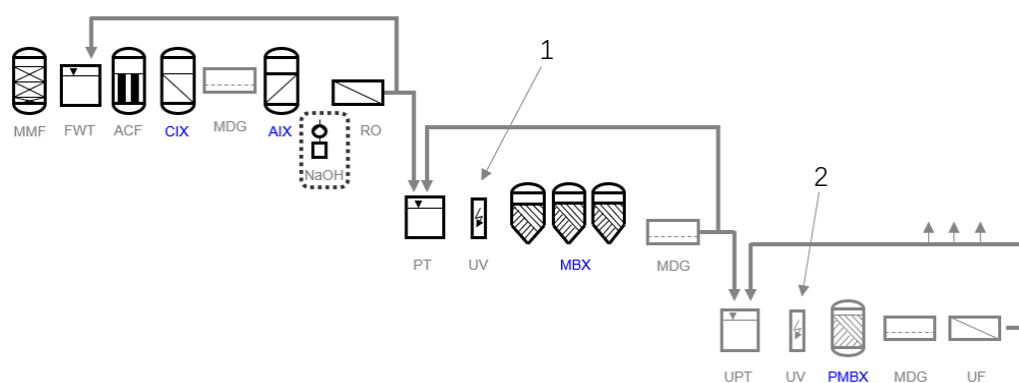
4.1.2 当配送点（POD）对 TOC 控制要求小于 5 $\mu\text{g/L}$ 时，电子工业超纯水制备系统在通常原水条件下应设计两级紫外线降解总有机碳系统，并符合下列规定：

1 设置在深处理工艺段时，紫外线降解系统下游应采取纯水与空气隔绝措施；

2 应根据 TOC 与其他水质指标协同控制的处理需要，将两级降解系统分开设置。

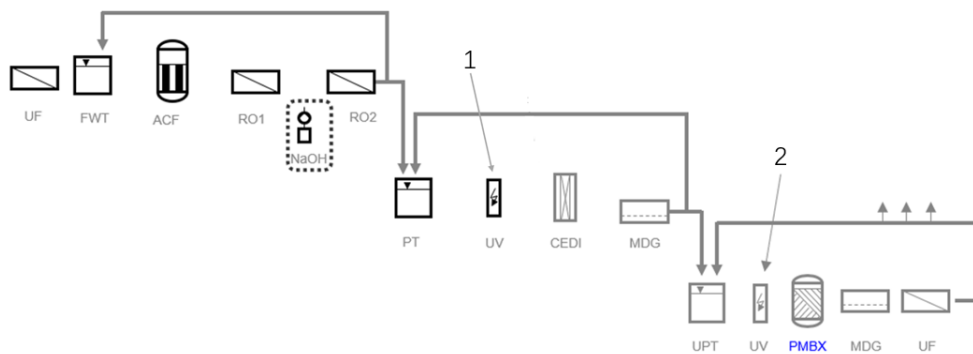
【条文说明】这里的通常原水条件，指的是超纯水制备系统的原水中 $\text{TOC} < 5 \text{ mg/L}$ 。当超纯水配送点的 TOC 控制要求小于 5 $\mu\text{g/L}$ 时，对于制备系统的工艺流程、处理设备的设计容量以及与水接触的材质选择，都会提出较高要求。对于 $\text{TOC} < 5 \mu\text{g/L}$ ，系统设计将面临深度处理的控制风险，应考虑原水中有机物的组分，如低分子量有机物（Low Molecular Weight Organic Matter, LMWOM）中的中性化合物（尿素和 THMs 等）不易截留的影响，而研究表明，加大单级紫外线降解装置的辐射剂量，是增加副产物（ H_2O_2 ）产生的直接影响因素之一，将提高对后续水处理设备材料加快老化的风险。因此，在超纯水系统设计时，宜设计两级紫外线降解总有机碳系统，以保证 POD 的 TOC 满足低于 5 $\mu\text{g/L}$ 的控制要求，同时尽量少地产生副产物。

根据紫外线降解总有机碳系统设计位置的不同，通常分为：深处理工艺段的紫外线降解系统（设置在纯水箱前）和精处理工艺段的紫外线降解系统（设置在纯水箱后）。离子交换法设计工艺的典型超纯水制备流程中紫外线降解装置设计位置见图 1，全膜法设计工艺的典型超纯水制备流程中紫外线降解装置设计位置见图 2。



1-深处理工艺段紫外降解装置；2-精处理工艺段紫外降解装置

图 1 离子交换法设计工艺的典型超纯水制备流程示意图



1-深处理工艺段紫外降解装置；2-精处理工艺段紫外降解装置

图 2 全膜法设计工艺的典型超纯水制备流程示意图

4.1.3 紫外线降解装置的设计选型应依据紫外线目标剂量确定，紫外线目标剂量应按下列式计算：

$$D_{254} = I \cdot T \quad (4.1.3)$$

式中： D_{254} ——254nm 波长紫外线的投加剂量 (mJ/cm^2)；

I ——紫外线强度 (mW/cm^2)

T ——紫外线反应器腔体内停留时间 (s)

当紫外线目标剂量不能确定时，可依据表 4.1.3 设计取值。

表 4.1.3 紫外线目标剂量表

TOC 质量浓度		紫外线目标剂量 D_{254n} (mJ/cm^2)
进水 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	出水 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	
50	20	≥ 300
50	10	≥ 520
40	10	≥ 460
30	5	≥ 610
30	3	≥ 790
10	3	≥ 380
5	1	≥ 470
3	1	≥ 310
2	0.5	≥ 380

注：1 表中进水和出水 TOC 质量浓度分别为紫外线降解总有机碳系统的入流和出流 TOC 浓度的最大预测值；

2 表中紫外线目标剂量为降解 TOC 的最低剂量，工程设计选型不应低于此剂量；

3 表中出水 $\text{TOC} \leq 1 \mu\text{g}/\text{L}$ 时，紫外线目标剂量最大不宜超过 $1000 \text{mJ}/\text{cm}^2$ ；

4 表中出水 $\text{TOC} \leq 0.5 \mu\text{g/L}$ 是适用于先进制程（工艺节点 $\leq 28 \text{ nm}$ ）超纯水制备系统的 POD 控制指标。在超纯水供应与处理工程中，应根据系统集成设计与工程优化设计，综合考虑成本、效率、能耗、占地面积和环境影响等因素进行紫外线剂量的选择与处理装置的设计。

4.1.4 在满足 TOC 逐级消减的控制目标并确保系统稳定性的基础上，紫外线降解装置在设计时应降低紫外线目标剂量，并优化缩减选型规格。

【条文说明】本条基于“碳足迹”全链条追踪控制理论和工艺集成优化的设计方向，在保证 TOC 指标控制的同时，要求紫外线降解系统做到低碳环保，对目标有机物逐级消减，且环境污染最小化。

此外，在紫外线降解工艺设计时，通过降低紫外线辐射剂量、提高辐射效率，优化降解 TOC 的处理工艺，可以避免增加用于去除副产物的催化处理单元的投资成本。减少紫外线辐射剂量也将有助于减少材料降解，延长关键 UPW 组件的寿命。

4.1.5 紫外线降解总有机碳系统管道设计应考虑管道材料的 TOC 及金属离子的溶出浓度、管道内壁粗糙度、管道耐温标准和管道连接方式等因素。

【条文说明】本条参考了国家标准《硅集成电路芯片工厂设计规范》GB 50809-2012 中第 10.3.6 条的规定。纯水系统管道选择时，主要考虑材料的化学稳定性、管道内壁的粗糙度以及管道与管件连接方式的平整度。

电子工业超纯水系统常用 Clean-PVC、PVDF、SS304 或 SS316 以及 PP-HP 等材质的管道。Clean-PVC 管道内壁粗糙度 $\text{Ra} < 0.3 \mu\text{m}$ ，最高耐温 60°C ，采用化学胶水粘接，有胶水溶出风险，易造成 TOC 增加；PVDF 管道内壁粗糙度 $\text{Ra} < 0.25 \mu\text{m}$ ，最高耐温 120°C ，热熔连接，不存在粘接剂溶出问题。

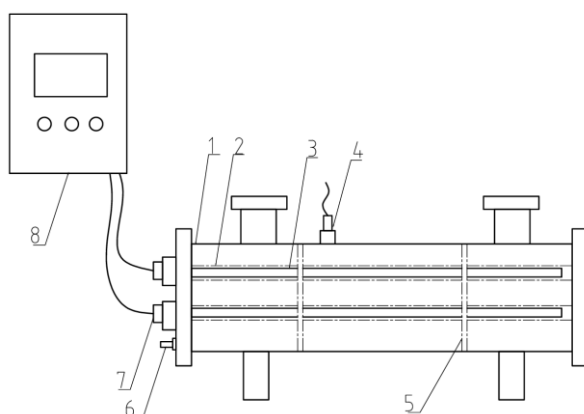
对于 $\text{TOC} < 5 \mu\text{g/L}$ 的紫外线降解系统，可采用 PVDF-HP、SS316L、PP-HP 以及 PFA-HP 材质的连接管道。

4.1.6 在利用回收水或再生水作为电子工业超纯水制备过程水源补给水的处理系统中，紫外线降解装置的进水宜为除盐水。

【条文说明】回收水或再生水中含有较多的小分子难降解有机物，应先经过必要的预处理后，再通过紫外线工艺降解有机物。回收水或再生水作为超纯水制备过程的水源补给水需经过必要的评估并满足相应的水质条件。

4.2 紫外线降解装置

4.2.1 紫外线降解装置应由紫外线反应器、电气控制柜两部分组成，典型构造如图 4.2.1 所示。具有总有机碳降解作用的紫外线灯管应固定在反应器内。



1-紫外线反应器壳体；2-石英套管；3-紫外线灯管；4-紫外线强度传感器；5-混流隔板；6-温度传感器；7-灯线；8-电气控制柜

图 4.2.1 紫外线降解装置基本组成示意图

4.2.2 紫外线灯管的选型和使用应符合下列规定：

1 低压气体放电灯在连续运行或开关频率不超过 3 次/天的运行条件下时，运行寿命应不低于 8000h；

2 采用非预热型灯管时，设备不应频繁启停，平均每天启停次数不应超过 3 次；采用预热型灯管时，平均每天启停次数不应超过 6 次；

3 紫外灯老化系数与运行寿命的检测，应按照现行国家标准《城镇给排水紫外线消毒设备》GB/T 19837-2019 附录 A 的方法进行测定；

4 汞灯内部的汞含量应控制在 15mg 以内，汞灯到达运行寿命后应按照危险废物品进行管理和处置；

5 灯管出厂前应 100%通过点亮试验，点亮时间应超过 24h，若系统为多灯管系统，则灯管之间的强度偏离应小于<5%。

【条文说明】紫外线降解装置灯管达到使用寿命后，发光效率低于降解所需要的有效值，无法提供足够的紫外线辐射剂量，从而影响降解的效果。影响灯管使用寿命的主要原因是灯管内部的汞会随使用时间的增加，释放到灯管内壁，逐步影响灯管的紫外线强度。因此，需要定期更换紫外线降解装置的灯管来保证紫外线的降解效果。

依据国家标准《城镇给排水紫外线消毒设备》GB/T 19837-2019 中第 3.1 条的定义，紫外灯老化系数指紫外灯在寿命期内特定时间的紫外线输出功率与紫外灯初始运行 100h 后的紫外线输出功率之比。通常采用紫外线传感器测量。灯管老化及套管结垢会直接影响紫外输出剂量，在计算紫外线有效剂量时，老化系数可取值不低于 0.8，以保证在寿命期内的特定时间达到 TOC 降解的目标剂量，使装置运行具有可持续性和稳定性。

点亮时间 24h 为灯管预热时间,不同供应商在保证最少 24h 基础上可能时间会有所不同。为了确保剂量验证准确而提出强度偏离的规定,若偏离过大则无法保证剂量分布的均一性和一致性,进而导致选型偏差。

4.2.3 石英套管的设计选型应符合下列规定:

- 1 套管材质应为高纯石英,壁厚不应低于 1mm;
- 2 应至少一端开口,且每根紫外线灯管配备一根套管,套管设计应满足更换灯管时不用排水的要求;
- 3 为保证密封性,每根套管应至少由一个压紧螺母固定,压紧螺母材质应与腔体一致的 304 不锈钢或 316L 不锈钢,且更换灯管时不需要拆卸压紧螺母;
- 4 石英套管紫外线穿透率 UVT_{185} 在 185nm 波长处的穿透率应大于 65%,其他要求应符合现行国家标准《城镇给排水紫外线消毒设备》GB/T 19837 的相关规定。

【条文说明】为保证装置运行压力要求,套管壁厚应在 1mm 以上。例如国家标准《低压高强紫外线灯(征求意见稿)》,对于低压高强气体放电灯,石英套管壁厚为 1.2~2.0mm。

紫外线穿透率会影响到设备选型,低于规定穿透率会造成设计选型不经济,进而增加运行能耗和投资成本。

4.2.4 紫外线反应器壳体的设计选型应符合下列规定:

- 1 反应器壳体应包括反应器腔体、封罩和法兰,材质应为 304 不锈钢或 316L 不锈钢;
- 2 反应器腔体内外表面需经过电解抛光处理,用于深处理工艺段紫外线降解装置的腔体内表面粗糙度 Ra 应不高于 $0.6\ \mu\text{m}$,用于精处理工艺段紫外线降解装置的腔体内表面粗糙度 Ra 应不高于 $0.4\ \mu\text{m}$;
- 3 腔体及法兰的不锈钢焊缝应采用惰性气体吹扫的全熔透焊,焊缝处应在电解抛光前进行机械抛光;
- 4 腔体内表面如有与流体接触的螺纹表面时,螺纹丝口处应做额外清洗处理,不应有铁屑、油脂等污染物残留;
- 5 腔体应预留排气口及泄流口;
- 6 灯管维护侧应设计封罩作为灯线及电气连接线的保护;
- 7 反应器壳体设计压力应不低于 1Mpa。

【条文说明】在电子工业超纯水系统中,反应器壳体材质通常选用 316L 不锈钢,因为具有耐腐蚀、耐氧化、耐高压和较低金属离子污染的特性,可确保其使用寿命达到较高年限。

4.2.5 紫外线反应器密封件的设计应符合下列规定：

1 与流体接触的密封件材质应与臭氧有优良的相容性，并且耐受低浓度 H₂O₂ 和紫外线；

2 紫外线反应器的密封件应确保紫外线辐射不会泄漏到环境中。

【条文说明】本条对紫外线反应器的密封件提出了材质和性能要求。紫外线在 185nm 会激发产生 O₃ 及 H₂O₂，密封件材质和 O₃ 等强氧化剂相容性差会导致过快老化，影响设备正常使用。根据紫外线降解装置的运行特点以及超纯水工艺的微污染控制要求，可选用含氟橡胶（PFA、PTFE 和 FKM 等）作为与纯水接触的密封件。

4.2.6 电气控制柜的设计应符合下列规定：

1 电气控制柜设计应符合现行国家标准《低压配电设计规范》GB 50054 和《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171 的相关规定；

2 电气元件应符合现行国家标准《低压配电设计规范》GB 50054 的相关规定；

3 电气部件的防护等级应符合现行国家标准《外壳防护等级（IP 代码）》GB/T 4208 的相关规定，电气控制柜柜体防护等级应不低于 IP50；

4 接线应符合现行国家标准《低压配电设计规范》GB 50054 和《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》GB 50168 的相关规定；

5 紫外线反应器应配置紫外线强度检测器和运行时间显示仪表，紫外线强度检测器可输出报警信号；

6 紫外线反应器应具有高温报警功能，能够在温度超过 45℃ 情况下选择性断开设备；

7 紫外线反应器的其他运行信息，如对应编号的灯管状态、系统总运行时间等，应在电气控制柜上均能够显示；

8 每根紫外线灯管应配备独立的开关按钮；

9 控制系统应采用可编程控制器对系统进行编程；

10 控制柜内应设计电流过载保护，所使用的断路器应包括热保护元件（反过流）和磁元件（瞬时）；

11 在电气外壳内提供的保护方案，应包括接地故障断流器（GFI）或接地漏电断路器（ELCB）；

12 控制柜应为强制排风；

13 控制柜设计时应考虑元器件之间的电磁兼容性；

14 控制柜宜设计温度保护，同时监控反应器温度，能够在控制柜温度超过75°C情况下报警并选择断开灯管的供电。

【条文说明】本条规定了电气控制柜的设计应符合国家标准《低压配电设计规范》GB 50054-2011 中第 3 章的规定以及《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171-2012 中第 4 章的规定；电气元件应符合国家标准《低压配电设计规范》GB 50054-2011 中第 3 章的规定；接线应符合国家标准《低压配电设计规范》GB 50054-2011 中第 7 章的规定以及《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》GB 50168-2018 中第 6 章的规定。

半导体制造业对水质稳定性要求较高，反应器具备高温报警功能成为必要的设计保障措施，而实际运转中也会出现温度传感器故障等原因导致的错误报警情况。在反应器报警后，可经工程师现场确认反应器温度超过 45°C后手动断开设备。

控制柜宜具备高温报警功能，而实际运转中会出现温度传感器故障等原因导致的错误报警情况。在工程应用中，可以设置高温报警，工程师现场确认（使用点温枪/红外成像测温仪等可以测量控制柜温度）是否达到 75°C，排除温度传感器可能的故障因素，再选择手动断开灯管的供电。

4.2.7 电气控制柜内整流器的设计选型应符合下列规定：

- 1 整流器的类型宜选择效率较高的电子整流器；
- 2 整流器应为电子式双回路，输入电压应为 120V 或 240V，输入频率 50/60Hz，输出频率应在 24 kHz~35 kHz 之间；
- 3 整流器的输入功率因数应大于 95%，输入电流波峰因数应小于 1.7；
- 4 整流器应具有输出短路保护功能。

【条文说明】电子整流器可以达到比电磁整流器更高的功率因数和整流性能。电子式双回路设计的原因在于降解总有机碳的过程会使用较多灯管，考虑到总体的占地面积和效率，一对多灯的整流器会减少故障率和电控柜占地面积。

4.2.8 电气控制柜与厂务控制系统的信号传输和交互，应符合下列规定：

1 灯管熄灭报警、就地远传状态和温度等信号应采用干接点形式接入电气控制柜，厂务控制系统能够采集紫外线降解装置的各类输出信号用于系统监测与报警；

2 低强度报警应由模拟量信号采集或者以 Modbus RTU、TCP/IP 及等同的方式采集；

3 电气控制柜应集成灯管状态、故障报警和远程通讯等功能，并带有工艺显示屏，操作界面宜为菜单式，在报警时宜自动显示错误信息窗口；

4 电气控制柜宜连接厂务系统的数据采集与监视控制（SCADA）系统，实现远程监控及操作。

【条文说明】《电子工业纯水系统设计规范》GB 50685-2011 第 6.1.3 条规定了纯水处理站房设计应满足主要水处理单元运行状态显示、液位控制、流量计量、水质监测（检）测，以及水质取样的基本要求。

实现系统监测和自动化控制有利于保障电子工业超纯水系统安全、稳定、可靠、有效地运行，具有信号传输与交互功能的自动化控制系统，有助于监控运行状态、保障水质稳定、提高处理效率、减少运行能耗、改善工作条件及促进科学管理。

4.2.9 紫外线降解装置设计为多台并联使用时，占用空间应满足多台装置叠放高度的设计需要，叠放数量不宜超过四台，且应就近设置支架固定电气控制柜。

【条文说明】由于处理水量的不同和设备单元及其支架形式的变化，单台紫外线反应器高度会有所差异，但通常四台紫外线反应器叠加后，其总高度容易超过 3m，考虑维修、维护、紫外线灯管的更换以及操作人员的安全问题，设备叠加的数量不宜大于四台。

4.3 离子交换装置

4.3.1 组成紫外线降解总有机碳系统的离子交换装置宜从混合树脂离子交换器（MBX、PMBX）、阴树脂离子交换器（AIX、PAIX）、分床树脂离子交换器（SB-P）、连续电除盐装置（CEDI）和功能化树脂脱除器（Pd/AER）等形式中选择。

【条文说明】紫外线降解装置产生的可离子化的无机弱酸以及中间产物，需经工艺下游的离子交换装置进一步去除，由于离子交换不同的结构形式以及树脂不同的装填形式，形成了多种离子交换装置（MBX、AIX、SB-P 等）。

4.3.2 离子交换装置应含有强碱性阴离子交换剂，且具有可交换、吸附紫外线降解装置产生的低分子量中间产物的能力。

【条文说明】紫外线降解总有机碳系统对于溶解性低分子量有机物（如：中性羧基，ENCs），具有明显的降解优势，表现出比降解装置更高的脱除率。组成紫外线降解总有机碳系统的离子交换装置，不仅可以深度脱盐，填充的交换树脂表面碱性官能基团还可以与低分子量有机物分子间产生电荷吸附、离子交换、形成氢键等协同效应，进一步将总有机碳浓度消减至更低水平。

4.3.3 离子交换装置应选择 TOC 低溶出的离子交换树脂或介质，确保溶出 TOC 满足降解系统所在工艺段设计要求。

【条文说明】本条符合国家标准《电子工业纯水系统设计规范》GB 50685-2011 中第 3.5.1、3.5.2 条的规定。在紫外线反应腔，TOC 氧化降解为羧酸类脂烃基一

元或多元有机酸或无机酸式盐，而羧酸类有机弱酸具有氧化性，与反应腔光解缔合产物均可使树脂交联剂少量氧化溶出，溶出的有机聚合物进入处理水将带来 TOC 的升高。因而在离子交换装置中对洁净离子交换树脂或介质的设计考虑，成为紫外线降解总有机碳系统实现高降解效率不容忽视的条件因素。

4.3.4 当配送点（POD）对 H₂O₂ 控制要求小于 3 μg/L 时，在超纯水精处理工艺段，组成紫外线降解总有机碳系统的离子交换装置应填充有吸附、解离降解装置产生 H₂O₂ 的专用处理材料，并且不应增加 TOC 和金属离子的痕量和超痕量的二次污染。

【条文说明】目前，控制活性氧化剂浓度低于标准限值已出现在新版国际半导体制造用超纯水的水质标准中，尤其在工艺节点 5nm 以下的先进制程超纯水制备指标体系，同时控制 TOC、H₂O₂、溶解氧（DO）以及痕量金属（Trace Metals）等多元微污染指标均低于标准限值，对于紫外线降解总有机碳系统中的离子交换装置提出了更高的要求。采用吸附、解离活性氧化剂的专用处理材料，离子交换装置可以将 H₂O₂ 处理至 1μg/L 以下。本条规定适用于 POD 或生产工艺对 H₂O₂ 提出重点控制要求的超纯水制备系统，对于没有 H₂O₂ 量化控制指标的纯水制备系统，本条规定在设计时供参考选择。

5 安装与调试

5.1 一般规定

5.1.1 紫外线降解装置在安装前应具备下列条件：

1 组装的材料和部件，包括主要标准件、加工件、检测器具及测定装置等，均应符合设计文件及其产品标准的质量规定和要求，零部件与整体装置应有出厂质量合格证。

2 整体装置出厂应附有相关的压力测试报告及其它相关的检验、检测数据。

5.1.2 紫外线降解装置及其电气、管道的安装应符合现行国家标准《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231、《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB 50168、《电子工业纯水系统安装与验收规范》GB 51035 和《工业金属管道工程施工规范》GB 50235 的有关规定。

【条文说明】紫外线降解装置的安装应符合国家标准《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231-2009 中的有关规定。

紫外线降解装置中电气装置的安装应符合国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB 50168-2018 中的有关规定。其中，检测仪表应安装牢固，在线检测系统安装完毕后，应对检测系统的安装质量进行全面检查，验收合格后方可运行。

紫外线降解装置进、出口不锈钢管道的预制、焊接、安装及质量验收应符合国家标准《电子工业纯水系统安装与验收规范》GB 51035-2014 和《工业金属管道工程施工规范》GB 50235-2010 中的有关规定。

5.1.3 安装人员应熟悉纯水系统的工艺要求及设备、管道安装工法，并掌握安装操作技能。

5.2 安装

5.2.1 紫外线降解装置的安装应符合下列规定：

1 宜安装在室内，保持良好通风，环境温度宜小于 40℃并避免阳光直射；

2 安装时应确认进出水方向和更换灯管位置，预留足够的操作空间和检修通道。

【条文说明】超纯水系统的安装位置需有必要的环境通风和足够的新鲜空气，避免环境空气中含有难降解的挥发性有机物溶入纯水系统中。若装置在室外安装，须配备有必要的遮护措施。

紫外线降解装置是纯水站的关键处理设备，合理的设备与空间布局对于超纯水制备系统稳定可靠运行、延长设备使用寿命以及运行维护人员的安全起着重要

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/988006044021006134>