

某实验室微纳加工平台洁净度 检测结果分析

任琦¹, 王娟娟¹, 谭军¹, 郭凯², 张硕¹, 李晨¹

(1. 中电投工程研究检测评定中心有限公司; 2. 中国电子工程设计院股份有限公司)

【摘要】应某实验室要求, 对实验室微纳加工平台进行洁净度检验检测及结果分析。采用现场检测方法, 对实验室功能区及辅助用房进行洁净度、静压差、噪声、照度、温度、相对湿度、自净时间共七项参数进行现场检测。经对现场采集数据进行数据分析, 该实验室洁净度 ISO3.5 级合格率达到 100%, ISO5.5 级、ISO6 级、ISO7 级合格率分别为 80%、78%、86%, 静压差检测合格率为 73%, 噪声检测的合格率为 45%, 照度检测合格率仅为 13%, 温度和相对湿度合格率为 100%, 107 光刻 2 区自净时间为 26min, 206 测试 2 区自净时间为 32min。该实验室洁净卫生环境较差, 应进行洁净室环境整改, 加强洁净室的运行管理, 对实验室的洁净度、静压差、照度、噪声等洁净指标进行严格把控, 由此才能满足高精尖技术的研发进程, 提高产品合格率。

【关键词】洁净室; 洁净度; 检验检测

【基金项目】北京市科技服务业专项, 项目编号: 20230467170

中图分类号: TH89

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2024.04.036

Analysis of the Cleanliness Test Results of a Micro-nano Processing Platform in a Laboratory

REN Qi¹, WANG Juan-juan¹, TAN Jun¹, GUO Kai², ZHANG Shuo¹, LI Chen¹

(1. C+E Center for Engineering Research Test and Appraisal Co., Ltd.; 2. China Electronics Engineering Design Institute Co., Ltd.)

【Abstract】At the request of a laboratory, the cleanliness inspection and testing of the laboratory's micro-nano processing platform and the analysis of the results were carried out. The on-site testing method was used to conduct on-site testing of 7 parameters of cleanliness, static pressure difference, noise, illumination, temperature, relative humidity and self-cleaning time in functional areas and auxiliary rooms of the laboratory. After data analysis of the on-site collected data, the pass rate of ISO3.5 cleanliness of the laboratory reached 100%, the pass rate of ISO5.5, ISO6 and ISO7 was 80%, 78% and 86% respectively, the pass rate of static pressure difference detection was 73%, the pass rate of noise detection was 45%, the pass rate of illuminance detection was only 13%, the pass rate of temperature and relative humidity was 100%, the self-cleaning time in zone 2 of 107 photolithography was 26min, and the self-cleaning time of zone 2 of 206 test was 32 minutes. The clean and hygienic environment of the laboratory is poor, and the clean room environment should be rectified, the operation and management of the clean room should be strengthened, and the cleanliness, static pressure difference, illumination, noise and other clean indicators of the laboratory should be strictly controlled, so as to meet the research and development process of high-precision technology and improve the product qualification rate.

【Keywords】clean room; cleanliness; inspection and testing

1 引言

微纳加工技术广泛应用于纳米材料的制造, 电子元器件、光学设备和传感器等领域, 是先进制造的重要组成部分, 也是衡量一个国家高端制造业水平的标志之一^[1]。近年来, 我国出台多项政策支持我国高端制造业发展, 国家“十四五”规划中提出, 要深入实施“制造强国”“质量强国”战略, 推动高端制造业优化升级, 开展核心技术攻关、精密设施设备开发及

改造更新、完善标准化建设等工作。党的二十大报告提出, 要提升科技自立自强能力, 加快关键技术装备攻关进程, 提升战略性资源供应保障能力^[2]。

我单位承接的某实验室洁净度检测工程是对其微纳加工平台进行受控环境合格性检测。该实验室微纳加工平台承担着我国微纳技术发展的重任, 我单位根据相关标准要求, 对实验室功能区及辅助用房进行风速、风量、洁净度、静压差、噪声、照度、温

度、相对湿度、自净时间等洁净参数检测,根据数据分析结果判断是否能满足微纳平台使用要求,并提出相关处理建议,为我国高端制造业的高质量发展提供技术保障。

2 对象与方法

2.1 检测对象

洁净室面积2700 m²,各功能区域及辅助用房共24个,分布在一、二层,每层层高3m,动力设备夹层层高2m。其中一层黄光区洁净度设计要求为ISO3.5级,其他洁净区域洁净度设计要求为ISO5.5级~ISO7级。检测指标包括洁净度、静压差、噪声、照度、温度、相对湿度、自净时间共七项指标。

2.2 仪器设备

风速仪、颗粒计数器、声级计、声级计校准器、温湿度自记仪、照度计。

2.3 检测方法

2.3.1 洁净度

空气悬浮粒子计数浓度测试必须在风速、风量、压差以及过滤器测试各项完成后,并在洁净室净化空调系统连续稳定运行24h后进行^[3]。被测浮粒子的粒径为0.1μm~5.0μm测量的洁净室状态可为空态、静态或动态任何一种状态;测试人员不得超过2人,必须穿洁净工作服并位于测点气流的下风向远离测点,测试人员动作要轻,尽可能保持静止状态。

1) 采样点的确定

最少采样点数 N 可按式(1)确定。

$$N = \sqrt{A} \quad (1)$$

式(1)中: N 为最少采样点,四舍五入取整数; A 为洁净室(区)的面积(水平单向流指垂直气流空气面积)以 m^2 计采样点应均匀布置在洁净室的整个断面,测点高度位于工作区高度,非单向流洁净室测点不应布置在送风口正下方向。

2) 每次采样的最小采样量 V 的确定

$$V = \frac{20}{C_n} \times 1000 \quad (2)$$

式(2)中: V 为每次采样的最小采样量(升); C_n 为洁净室空气洁净度等级被测粒径的允许限值(个/ m^3);20为规定被测粒径粒子的空气洁净度限值时,可测试到的粒子数。

2.3.2 静压差

静压差的测定应在所有房间的门关闭时进行,有排风时应在最大排风量条件下进行,并宜从平面上最里面的房间依次向外测定相邻相通房间的压差,直至测出洁净区与非洁净区室外环境(或向室外开口的房间)之间的压差^[4]。

2.3.3 噪声

测点距地面高1.1m,面积在15m²以下的洁净室,可只测室中心1点,15m²以上的洁净室除中心1点外,应再测对角4点,距侧墙各1m,测点朝向各角。

当为混合流洁净室时,应分别测定单向流区域、非单向流区域的噪声。

有条件时,宜测定空调净化系统停止运行后的本底噪声,室内噪声与本底噪声相差小于10dB(A)时,应对测点值进行修正;相差(6~9)dB(A)时减1dB(A),相差(4~5)dB(A)时减2dB(A)相差3dB(A)时减3dB,相差小于3dB(A)时测定值无效。

2.3.4 照度

室内照度的检测应为测定除局部照明之外的一般照明的照度。室内照度的检测可采用便携式照度计,照度计的最小刻度不应大于2lx。

室内照度必须在室温趋于稳定之后进行,并且荧光灯已有100h以上的使用期,检测前已点燃15min以上,白炽灯已有10h以上的使用期,检测前已点燃5min以上。测点距地面高0.8m,按1m~2m间距布点,30m以内的房间测点距墙面0.5m,超过30m的房间,测点离墙1m。

2.4 评价依据

《洁净室施工及验收规范》GB 50591-201012、《洁净厂房设计规范》GB 50073-2013及《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243-2016。

3 结果

3.1 洁净度

对实验室3-A楼洁净室进行洁净度检测,其中ISO3.5级区域有3个,ISO5.5级区域有9个,ISO6级区域有6个,ISO7级区域有7个,检测情况见表1。结果显示,仅有ISO3.5级的洁净度合格率为100%,ISO5.5级、ISO6级、ISO7级合格率分别为80%、78%、86%。

表1 洁净度检测结果表

洁净级别	房间数/间	合格率/%
ISO3.5级	3	100
ISO5.5级	5	80
ISO6级	9	78
ISO7级	7	86

3.2 静压差

对实验室3-A 楼的房间进行压差检测,检测房间共22 个,检测结果显示109 研磨区(万级)、110 电镜区(万级)、113 刻蚀区(万级)、114 炉管灰区(万级)、118 二更、205 封装2 区(万级)6 个房间压差值均小于标准值5Pa,不符合相关标准要求,其他房间均符合要求,合格率为73%,检测结果见表2。

表2 静压差检测结果

序号	房间名称	相对区域	标准要求	压差值
1	105 光刻准备区(百级)	109 洁净走道	≥5Pa	11.4
2	106 光刻1 区(百级)	109 洁净走道	≥5Pa	12.3
3	106 光刻1 区(百级)	122 走道	≥10Pa	23.3
4	107 光刻2 区(百级)	109 洁净走道	≥5Pa	11.1
5	108 物理气相沉淀区(千级)	109 洁净走道	∥	4.1
6	109 洁净走道	109 研磨区(万级)	≥5Pa	0.1
7	109 洁净走道	110 电镜区(万级)	≥5Pa	0.3
8	11 清洗区(千级)	109 洁净走道	∥	0.3
9	109 洁净走道	113 刻蚀区(万级)	≥5Pa	0.1
10	109 洁净走道	114 炉管灰区(万级)	≥5Pa	0
11	116 去胶刻蚀区(千级)	109 洁净走道	—	0.4
12	117 外延区(千级)	109 洁净走道	∥	0.3
13	118 二更(万级)	122 走道	≥10Pa	12.2
14	119 洁净走道(千级)	118 二更	≥5Pa	0.1
15	201 封装1 区(千级)	208 洁净走道	—	12.7
16	202 纳米压印区(千级)	208 洁净走道	—	8
17	208 洁净走道	204 测试1 区(万级)	≥5Pa	7.0
18	208 洁净走道	205 封装2 区(万级)	≥5Pa	2.1
19	206 测试2 区(千级)	208 洁净走道	∥	2.1
20	207 二更(万级)	二层走道	≥10Pa	12.6
21	208 洁净走道(千级)	207 二更	≥5Pa	6.3
22	209 电梯间(千级)	208 洁净走道	∥	2.1

3.3 噪声

对实验室3-A 楼的房间进行压差检测,检测房间共22 个,检测结果显示,仅有110 电镜区、118 二更区、201 封装1 区、202nm 压印区、204 测试1 区、205

封装2 区等10 个房间的噪声符合小于60dB,符合标准要求,其余房间噪声均不符合标准要求,本次噪声检测的合格率为45%,检测结果见表3。

表3 噪声检测结果

序号	房间名称	工艺要求值	检测值
1	105 光刻准备区	<60dB	63.0
2	106 光刻1 区	<60dB	63.7
3	107 光刻2 区	<60dB	63.3
4	108 物理气相沉淀区	<60dB	70.7
5	109 研磨区	<60dB	60.1
6	110 电镜区	<60dB	59.6
7	11 清洗区	<60dB	67.2
8	113 刻蚀区	<60dB	70.6
9	114 炉管灰区	<60dB	71.7
10	115 离子注入区	<60dB	66.6
11	116 去胶刻蚀区	<60dB	70.1
12	117 外延区	<60dB	61.3
13	118 二更	<60dB	58.0
14	119 洁净走道	<60dB	63.8
15	201 封装1 区	<60dB	54.0
16	202 纳米压印区	<60dB	57.0
17	204 测试1 区	<60dB	53.8
18	205 封装2 区	<60dB	58.5
19	206 期试2 区	<60dB	59.4
20	207 二更	<60dB	51.8
21	208 洁净走道	<60dB	56.2
22	209 电梯间	<60dB	55.3

3.4 照度

对实验室3-A 楼进行空态照度检测,检测房间共24 个,检测结果表明仅有110 电镜区、116 去胶刻蚀区、117 外延区3 个房间的平均照度符合相关要求,101 冲1、105 光刻准备区、106 光刻1 区、107 光刻2 区等其余房间的平均照度检测值均小于工艺要求值400lx,不符合相关标准要求,本次照度检测合格率仅为13%,相关检测数据见表4。

表4 照度检测结果

序号	房间名称	工艺要求值	检测值
1	105 光刻准备区	<60dB	63.0
2	106 光刻1 区	<60dB	63.7
3	107 光刻2 区	<60dB	63.3
4	108 物理气相沉淀区	<60dB	70.7
5	109 研磨区	<60dB	60.1
6	110 电镜区	<60dB	59.6
7	11 清洗区	<60dB	67.2
8	113 刻蚀区	<60dB	70.6
9	114 炉管灰区	<60dB	71.7
10	115 离子注入区	<60dB	66.6
11	116 去胶刻蚀区	<60dB	70.1

续表

序号	房间名称	工艺要求值	检测值
12	117外延区	<60dB	61.3
13	118二更	<60dB	58.0
14	119结净走道	<60dB	63.8
15	201封装1区	<60dB	54.0
16	202纳米压印区	<60dB	57.0
17	204测试1区	<60dB	53.8
18	205封装2区	<60dB	58.5
19	206期试2区	<60dB	59.4
20	207二更	<60dB	51.8
21	208结净走道	<60dB	56.2
22	209电梯间	<60dB	55.3

3.5 温度和相对湿度

对实验室3-A楼进行温度和相对湿度检测,检测房间共有21个,检测结果表明各房间的温度和相对湿度均满足工艺要求的温度(22±3)℃,相对湿度(45±5)%,合格率100%,检测结果见表5。

表5 温度和相对湿度检测

序号	房间名称	工艺要求值	检测值
1	105光刻准备区	<60dB	63.0
2	106光刻1区	<60dB	63.7
3	107光刻2区	<60dB	63.3
4	108物理气相沉淀区	<60dB	70.7
5	109研磨区	<60dB	60.1
6	110电镜区	<60dB	59.6
7	11清洗区	<60dB	67.2
8	113刻蚀区	<60dB	70.6
9	114炉管灰区	<60dB	71.7
10	115离子注入区	<60dB	66.6
11	116去胶刻蚀区	<60dB	70.1
12	117外延区	<60dB	61.3
13	118二更	<60dB	58.0
14	119结净走道	<60dB	63.8
15	201封装1区	<60dB	54.0
16	202纳米压印区	<60dB	57.0
17	204测试1区	<60dB	53.8
18	205封装2区	<60dB	58.5
19	206期试2区	<60dB	59.4
20	207二更	<60dB	51.8
21	208结净走道	<60dB	56.2
22	209电梯间	<60dB	55.3

3.6 自净时间

对实验室3-A楼的光刻2区和测试2区进行自净时间检测,测试时中控室FFU的风速设置为0.5m/s,从检测结果可见107光刻2区在开始时0.1μm的粒子浓度为0pc/m³,发烟后0.1μm的粒子浓度5885471.0pc/m³,结束时0.1μm的粒子浓度0pc/m³,自

净时间为26min;206测试2区,在开始时0.1μm的粒子浓度为100125.0pc/m³,发烟后0.3μm的粒子浓度7477208.0pc/m³,结束时0.3μm的粒子浓度100125.0pc/m³。其检测结果见表6、表7。

表6 107光刻2区自净时间检测结果

房间名称	开始时0.1μm 的粒子浓度 /(pc/m ³)	发烟后0.1μm 的粒子浓度 /(pc/m ³)	结束时0.1μm 的粒子浓度 /(pc/m ³)	自净时 间/min
107光刻2区	0	5885471.0	0	26

表7 206测试2区自净时间检测结果

房间名称	开始时0.1μm 的粒子浓度 /(pc/m ³)	发烟后0.3μm 的粒子浓度 /(pc/m ³)	结束时0.3μm 的粒子浓度 /(pc/m ³)	自净时 间/min
206测试2区	100125.0	7477208.0	100125.0	32

4 结语

经对某实验楼微纳加工平台洁净度进行洁净度、静压差、噪声、照度、温度、相对湿度、自净时间7项指标检测,该实验室洁净度ISO3.5级合格率达到100%,ISO5.5级、ISO6级、ISO7级合格率分别为80%、78%、86%,静压差检测合格率为73%,噪声检测的合格率为45%,照度检测合格率仅为13%,温度和相对湿度合格率为100%,107光刻2区自净时间为26min,206测试2区自净时间为32min。

综上所述,该实验室应进行洁净室环境整改,加强洁净室的运行管理,对实验室的洁净度、静压差、照度、噪声等洁净指标进行严格把控,由此才能进一步保证该实验室的微纳技术研发,提高产品合格率。

参考文献

[1] 杜娟.高精度电子组装设备中智能材料驱动器的建模与控制研究[D].上海:华南理工大学2023.
[2] 王文杰.美国“再工业化”战略对中国制造业贸易竞争力的影响分析[D].吉林:吉林大学,2016.
[3] 李永攀.手术室送风面积及围挡高度的优化研究[D].天津:天津大学,2010.
[4] 张树华.静压差法在煤矿主要通风机风量测定中的应用[J].煤炭与化工,2017,40(8):94-96.