

1997年创刊

2016年第1期(总第92期)

出版日期 2016年3月30日

主管部门:中国电子行业协会

主办单位:中国电子行业协会

防静电装备分会

协办单位:中国国际贸易促进委员会

电子信息行业分会

合作单位:中国电子科技集团公司第三研究所

编辑出版:《中国防静电》编辑部

名誉主任:孙延林

特邀顾问:孙可平 张慧军

主 任:赵长明

副 主 任:邹 勇

编 委 会:马敏生 王晨曦 冯文宣 庄晓荣

刘青松 郭 辉 王大千 孙玉荣

宋兢男 翟铁英 廖志坚 盖志芳

主 编:张海萍

编 辑:陈增久 孙 冰 时 雯 高绿青

美 编:张爱君 李 睿 陈丽君

编辑部地址:北京市石景山区万达广场

CRD银座B-1136室

邮政编码:100040

电 话:(010)51246352

传 真:(010)68647410

E-mail:zgfdtgx@126.com

国际标准刊号:ISSN 2220-8186

刊 期:季刊

出刊日期:每季度末

目 录

CONTENTS

品牌企业(排名不分先后,以企业名称汉语拼音排序)

- 5 常州华通新立地板有限公司
- 6 常州市华一防静电活动地板有限公司
- 7 常州市佳辰机房设备有限公司
- 8 河北科华防静电地板制造有限公司

协会动态

- 9 《电子产品防静电包装技术要求》行业标准已经发布
- 9 中国质量——ESD技术培训服务携手长虹(长虹站)在行动
- 10 第八届电子信息产业标准推动会暨中国信息技术服务标准年会在北京召开
- 11 国家防静电技术与管理公开课培训2016年计划

学术探讨

- 12 油罐车装卸过程油面电位的研究 孙明源
- 15 环境湿度对于直流离子风机性能影响的实验研究 王荣刚,孙玉荣

技术应用

- 17 人体静电起电规律及防治对策 梁合鹏,孙明源
- 19 EPA内的EMI、ESD、EOS问题及其解决 孙延林
- 23 用氩/氮低温气溶胶进行清洗 王大千

标准园地

- 35 电子产品防静电包装技术要求(行业标准)

会展时空

- 44 第二十六届中国国际电子生产设备暨微电子工业展览会

协会园地

- 45 新会员单位介绍

— 感 谢 信 —

《中国防静电》作为静电行业信息发布的窗口，多年来一直服务于静电行业。有付出，就会有收获。《中国防静电》伴随着行业专家、会员单位、期刊编委的辛勤和汗水，正在逐渐成长。

悉心阅读《中国防静电》的读者都会发现，这本期刊的内容每年都会有调整，我们调整期刊内容的目的是为了更好地服务于行业装备制造业。由于期刊内容的调整是基于行业的技术创新发展和读者的需求，其可读性也在不断的提高。在过去的2015年，《中国防静电》能够如期、保质的出版和发行，离不开期刊内容的提供者——我们行业的专家、会员单位和期刊编委。在此，期刊编辑部对辛勤付出的同仁们表示衷心的感谢！特别要感谢的有：上海海事大学的孙可平教授、中国电子学会洁净技术分会的王大千秘书长、深圳市新伦科技股份有限公司的管映亭总工、苏州天华超净科技股份有限公司的孙玉荣工程师、深圳市亨达洋静电技术有限公司的刘清松总经理、浙江三威防静电装备有限公司的庄晓荣副总、信息产业防静电产品质量监督检验中心的宋竞男主任及廖志坚总工、防静电装备分会的孙延林理事长。

新的一年承载新的希望，新的一年书写新的篇章。《中国防静电》期刊将在行业同仁们的大力支持下，一起实现新的发展和跨越。

《中国防静电》编辑部



投稿须知

1.《中国防静电》为季刊,每季度末出版。

投稿作者应提前一个月将稿件发至编辑部投稿邮箱:zgfdtgx@126.com。

2.投稿稿件请采用 Word 格式(暂不接受其他格式)。

3.稿件中的配图应清晰,要合理插放在文章中,且必须将配图以图片的方式放在文件夹内,并配以简要的文字说明,以保证印刷的清晰度。人物图片务必要画面丰满、人物鲜明,具有新闻性。投稿图片请采用 JPG 格式,亮度及清晰度必须符合出版基本要求。

4.投稿文章应尽量保持原创性,内容可多样化,如学术、技术类探讨文章,行业技术交流,产品研发,企业管理经验技巧,市场营销,采(求)购信息等。

5.欢迎踊跃向本刊投稿,欢迎刊登企业宣传及产品介绍等。

我们将竭诚为广大用户朋友们提供优质的信息服务!

投稿联系电话:(010)51246352

《中国防静电》编辑部

读者反馈意见表

姓名_____单位_____职务/职称_____

通信地址_____邮政编码_____

电话_____传真_____网址_____

电子邮箱_____

1.您的职务性质

☐单位负责人 ☐业务主管 ☐技术人员 ☐研发人员 ☐采购人员 ☐其他(请注明)

2.您获得本刊的方式

☐个人订购 ☐单位订购 ☐展会赠阅 ☐编辑部赠阅 ☐其他(请注明)

3.您喜欢及关注的主要栏目?

☐协会动态 ☐人物专访 ☐学术探讨 ☐技术应用 ☐标准解读 ☐会展时空 ☐学习园地

4.本期中您最关注的文章?

5.您希望增加哪些栏目和内容?

6.您关心和关注的技术及产品是什么?

7.您阅读本刊后有哪些收益?

8.您对本刊有何意见和建议?

常州华通新立地板有限公司

常州华通新立地板有限公司成立于1980年,占地17万平方米,拥有员工1100余人。

华通公司是高架地板的专业生产厂家和供应商。30多年的不断改革创新使华通成为国内高架地板的领导者。华通是全中国乃至全亚洲首席高架地板生产供应商。华通公司主要生产全钢防静电活动地板,硫酸钙活动地板,铝合金地板等产品。华通每年生产销售,安装数百万平方米高架地板。华通地板广泛应用于办公场所,计算机房,洁净室以及其他公共场所。在华通部门所有员工的共同努力下,华通不断壮大发展,已逐渐成为各销售商,建筑师,开发商和业主的首选。

华通不仅在国内高架地板市场上占据着绝对性的份额,其产品还远销世界各地。美国、日本、新加坡、意大利、东南亚以及中东地区。同时,华通还为很多国际著名企业量身定做,成为他们在中国的生产基地。

工程案例:



工程名称: 中国国家大剧院
材料: 防静电地板
规格: 600×600×35MM
架空高度: 150MM
数量: 20000M²
完工时间: 2005年



工程名称: 中国海洋石油
材料: OA网络地板
规格: 500×500×28MM
架空高度: 150MM
数量: 40000M²
完工时间: 2005年



工程名称: 中国石油大厦
材料: OA网络地板
规格: 500×500×28MM
架空高度: 80MM
数量: 80000M²
完工时间: 2007年



工程名称: 中国公安部
材料: 防静电地板
规格: 600×600×35MM
架空高度: 100MM
数量: 50000M²
完工时间: 2005年



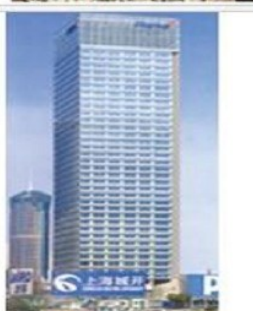
工程名称: 上海嘉华中心
材料: OA网络地板
规格: 500×500×28MM
架空高度: 100MM
数量: 50000M²
完工时间: 2004年



工程名称: 上海港汇广场
材料: OA网络地板、
HT高级多用插座
规格: 500×500×28MM
架空高度: 100MM
数量: 100000M²
完工时间: 2005年



工程名称: 上海来福士广场
材料: OA网络地板、
HT高级多用插座
规格: 600×600×38MM
架空高度: 150MM
数量: 65000M²
完工时间: 2005年



工程名称: 上海花旗银行
材料: OA网络地板、
HT高级多用插座
规格: 500×500×28MM
架空高度: 150MM
数量: 60000M²
完工时间: 2005年

常州市华一防静电活动地板有限公司

常州市华一防静电活动地板有限公司是于 1989 年成立的一家全面按现代化企业制度来规范、全面按一流企业来定位、全面与世界规则接轨的新型股份制企业。她的成立，旨在推进中国整个网络地板行业的发展，以其人性化的“华一”牌系列产品不断创造品质空间，引领一种全新的办公环境。

公司占地面积 56000 m²，年生产高档“华一”牌系列网络地板 100 万 m²。产品深受国内外专业人士的垂爱，并跻身中国高档品牌之列。

现代社会成功的企业首先是技术领先的结果，公司采用世界一流的生产线，引进日本的先进生产工艺技术，依据完善的 ISO9001 质量管理体系，ISO14001 环境管理体系及计量监测体系，为每块地板的卓越品质提供强有力的保证，并不断创新，使产品的实用价值、审美价值、回收价值演绎得尽善尽美。

一份耕耘，一份收获，公司已相继获得“中国著名品牌”、“江苏省优秀民营企业”、“无毒害(绿色)室内装饰装修产品”等行业专项产品认证证书。新颖、丰富的“华一”产品，更是成为 2008 年北京奥运会奥组委办公楼、中国网通北京分公司综合业务楼、山东移动通信大楼、2005 年上海市政府 1 号工程、洋山深水港商务广场、国内第一座 5A 级写字楼、深圳世界金融中心等众多知名建筑的首选产品。

一切为了客户的价值，始终是华一人的品质，为了最大限度地满足客户的要求，给建筑师们提供更广阔的想象空间，华一人将一如既往真正做到人无我有、人有我好；欲之人之见长，嗜食；欲知企业之发展，嗜理。相信，未来同样属于华一。

随着信息技术的飞速发展，人们的办公环境已不仅仅局限于其实用性和舒适性，而是对其高效、安全和智能化的环境提出了更高的要求，凭借华一人的不懈努力，大量应用在国内外数以万计的建筑工程中。华一秉着“制造优质产品”的理念，志在为您营造一个更高效、安全、智能化的办公环境。

产品特点：

“华一”牌带有线槽的网络全钢活动地板除具有一般传统高架地板之所有优点之外，更有以下突破性优点：
方便性：全活口线槽系统。出线方便，可由线槽区任何一点出线，不需切割地板。相容于各类型之综合插座盒。使用者可自行调整出线位置，传统高架地板则不容易自行变动。

安全性：重量减少：约为传统高架地板之 2/3 重量，减轻楼面荷重。安全防火：全钢材质，不燃。本系统每块基座地板各有自个脚座，皆独立站立，如遇地震或极特殊外力时，不致产生整体崩塌现象。

无限的弹性：线路变动及改装容易。变动容易。扩充性能高，维护及变动成本低。变动位置时，90%之配件可重新使用。



常州市佳辰机房设备有限公司

诞生于上世纪八十年代的“常州市佳辰机房设备有限公司”，是专业生产、销售防静电全钢高架地板的企业。随着企业的发展，资金的积累，公司又先后创建了“佳辰地板常州有限公司”“常州市佳丽斯石塑地板有限公司”“江苏佳申乐商贸有限公司”等关联企业。2011年11月，“佳辰地板常州有限公司”正式更名为“常州佳辰地板集团有限公司”，并以其为母公司，控股“常州市佳辰机房设备有限公司”“常州市佳丽斯石塑地板有限公司”“江苏佳申乐商贸有限公司”，正式组建成立《常州佳辰地板集团》。

近三十年专业于防静电地板、架空网络活动地板的生产、销售，在市场经济浪涛的搏击下，在公司董事长沈敏先生的带领下，企业从创办初期的数十人的家庭型作坊，发展成现在的架空活动地板年生产、销售数亿元人民币的航母型企业，拥有三大制造基地——架空网络活动地板、防静电地板生产基地；PVC、石塑地板生产基地；印刷装饰纸生产基地。



集团公司注册资本8000万元以上，固定资产过亿；三大生产厂区，总占地面积15公顷；集团总部拥有5000多平方米的现代化办公楼和独栋近万平方米的大型现代化生产车间；在工信部、行业协会等部门的技术支持下，组建了高级别的产品检测中心，集团建立、健全了强有力的产品质量保障体系；集团拥有高、中级职称技术研发人员数十名；员工总数600多人；

在国内中心城市，集团组建了直属驻外销售办事处（华北办事处——销售区域：北京、天津、河北、山东。华南办事处——销售区域：深圳特区、广东、广西、海南、福建、贵州。西南办事处——销售区域：重庆、四川、云南。中原办事处——销售区域：湖北、湖南、河南。西北办事处——销售区域：陕西、甘肃、青海、宁夏、内蒙。东北办事处——销售区域：辽宁、吉林、黑龙江。华东办事处——销售区域：上海、浙江、江苏、江西、安徽。）多个，服务网络覆盖全国；

“佳辰”牌系列地板产品已远销中东地区（阿联酋、沙特、卡塔尔等）欧美地区（西班牙、荷兰、俄罗斯等）及东南亚（马来西亚、印度、越南等）；集团公司组建了从事架空活动地板安装、装卸、搬运及维修服务的直属专业施工队伍5支，从业人员150多人。在国内中心城市，3小时维修服务人员到达售后服务现场。

集团与中铁运输、中海运、嘉园海运、京科物流、驰远汽运等物流企业，形成了战略合作关系，完全确保集团产品通江达海，在客户要求的第一时间达到工地现场或客户指定地点！集团对所有下属企业实行现代化管理，成功导入6S生产管理系统，集产品设计、模具开发、规模生产等一条龙。架空活动地板：从地板产品制造、表面防腐喷涂、水泥充灌、喷胶贴面、支撑系统等，形成全自动一体化作业的生产线4条，有钢质架空地板、防静电地板、防静电通风板、OA网络地板、OA带走线槽地板、硫酸钙地板等多个品种、十几个型号！公司具备日产各种类地板6000平方米，年产能达200万平方米！并竭诚努力，开展与科技部门合作、自主研发等多途径、多渠道开发，以增加品种、扩大产能，解决供应市场不断之需求。

PVC、石塑地板：装备了当今最先进的制造设备和技术，并开发生产了最流行的槽扣PVC地板，具有美观、舒适、大方、耐用等优点，直接应用于宾馆、会议室、展览馆、图书馆、医院等场所！

印刷装饰纸生产基地：拥有三条先进的自动生产线，装饰纸品种齐全、花纹清晰、图案逼真，广泛应用于高档装饰板、复合地板、艺术地板等产品领域。

集团先后通过了ISO9001:2008国际质量管理体系认证、ISO14001:2004环境管理体系认证和ISO18001:2008职业健康安全管理体系认证。各种产品均达到国家及行业标准！

集团及旗下企业，先后获得“江苏省名牌企业”“江苏省质量诚信五星级企业”，连续两届获得“江苏省质量信得过企业”，连续六年获得“AAA级”资信等级证书。

董事长沈敏先生2011年获得“江苏省优秀企业家”称号。

以“创一流企业、树一流品牌、建一流管理、造一流品质”为公司目标；

以“创新理念、追求卓越、迅速改善、精益求精”为公司品质管理理念；

以“面向世界、覆盖全国、行业争先、品牌企业”为公司经营管理理念；

以“着重生产安全、注重产品质量、讲究文明卫生、提升自身修养”为员工行为准则；

佳辰集团公司以“质量是第一工作”，“顾客的满意是我们的荣誉”作为我们永远不变的质量政策；

以爱护环境、回报社会、关爱雇员等社会责任为己任；把“诚信、负责、创新、团队”作为佳辰人不断的追求和目标，愿与广大朋友携手共创美好的明天

河北科华防静电地板制造有限公司

八十年代初我厂就着手研制生产防静电活动地板,产品严格执行 SJ / T10796-2001 标准,二十几年来坚持以诚信服务、质量第一求生存,以市场需求、客户信誉求发展。我们始终瞄准产品跟随 IT 发展而研发创新系列品牌,以务实创新的姿态稳稳占领市场。

如今,面对企事业网络管理中心的崛起,我们生产的防静电系列产品(高强度、高耐磨、复合型防静电地板、矿物质防静电地板、硫酸钙防静电地板、三防型防静电地板、玻化砖防静电地板)等;可满足各类数据中心选择和应用。

尤其是 HDM---600---ZD(600*600*40mm)无边框高档地板研制的成功,成为我国第一家为计算机领域从依赖进口防静电地板到走向国产化填补了空白。同时,为我国计算机场地系统抗静电干扰、使计算机系统安全、可靠稳定运行打下了坚实的基础架构。

- 1998 年被电子工业部抗静电基础装备部评定为国家质量等级证书“一等品”
- 2000 年获得北京恩格威 ISO9001: 2000 质量管理体系认证
- 2000 年获得国家环境分析报告测试中心对系列产品的分析合格报告
- 2003 年获得《中国质量供货合格放心、安全无毒害环保绿色建材产品》
- 2003 年获得中国防静电装备企业生产资格认定证书
- 2003 年获得中国电子仪器行业防静电装备企业工程施工资格认定证书
- 2003 年被信息产业部抗静电基础装备部评定为国家首创品牌
- 第一家生产了国内高档 HDM600--ZD 无边框高性能复合地板,面层导电性能好,粘贴平整牢靠、行走稳定性好噪音小
- 第一家生产了国内三防型防静电地板:防静电玻化砖地板。第一家坚持以绿色环保、质量第一,科学管理为宗旨指导产品生产,从而使我厂生产的系列产品在 2003 年被中国建筑材料流通协会评定为:《中国质量供货合格放心安全无毒害环保建材产品》,省级重合同守信用企业
- 第一家参与信息产业部抗静电基础装备部对活动地板静电技术性能参数实验和研制工作,以科学的质量管理被誉为可信赖的会员单位
- 中国电子仪器行业协会防静电装备分会(团体会员证书)(06—113 号)
- 2009 年获得欧洲 CE 认证
- 2012 年通过 SGS-CSTC Standards Technical Services Co.,Ltd 认证获得《SGS》认证
- 2013 年通过国家建筑材料工业放射性及有害物质监督检查中心检测获得放射性《检测报告》
- 2013 年获得 ISO14001: 1996 环境管理体系认证

管理理念:

团结、协作、开拓、创新

经营理念:

多元组合、创造机会、以高品质不断占领和稳固市场

企业宗旨:

以管理的规范为基础,市场的需求为导向,产品的创新为要求,技术的进步为保障;实现客户满意的唯一宗旨。

服务方针:

以客户需要为七点,以客户满意为重点



《电子产品防静电包装技术要求》行业标准已经发布

本刊讯 《电子产品防静电包装技术要求》行业标准自2014年8月启动,经过12个月紧张有序的工作,在主编单位、主笔单位和各参编单位的共同努力下,该标准于2015年8月上报工业和信息化部审批,并于2016年2月发布(文件号:工业和信息化部公告2016第3

号),标准号SJ/T11587—2016。

至此,防静电包装就有了可执行的行业标准。该标准的实施,将对规范包装行业产品生产,提高产品质量起到积极的指导作用。

中国质量——ESD 技术培训服务 携手长虹(长虹站)在行动



本刊讯 随着全球电子产业的飞速发展,大规模集成电路、微电子器件、高分子材料广泛应用于各领域及其产品,由“静电放电损伤”造成一系列问题的严重性已不容忽视,静电防护已成为先进制造企业的共识。应长虹多媒体集团公司的邀请,由电子行业职业技能鉴定工作站、信息产业防静电产品质量监督检验中心、中国电子仪器行业协会防静电装备分会联合主办的、针对长虹集团及其上下游企业具体情况及需求,量身定制的ESD技术培训服务——中国质量走进长虹ESD技术服务,于2015年11月中旬拉开序幕。

长虹商学院与多媒体品质管理中心,通过横向组织空调公司、快益点公司、器件公司、精密公司等泛虹企业,纵向携手产业链上的60余家企业,共计270余人参加了培训。

信息产业防静电产品质量监督检验中心(以下简称检测中心)顾问、防静电装备分会理事长孙延林,检测中心培训部侯鹏飞工程师对学员们进行了ESD技术

培训。

根据企业内部和产业链系统展开静电防护工作,是本次培训最具特色的亮点。

培训采取了四种形式进行:1.对防静电技术知识进行专项讲解;2.从企业质量、管理、工艺、生产、设计、库管、服务等关键环节,对主管人员进行集中授课;3.在长虹精密组件、长虹空调和长虹多媒体制造厂进行现场技术指导并评估整套技术解决方案;4.专家与学员互动交流。

培训内容力求理论联系实际、以实务为重点,并解析了大量实例。内容涉及静电的重要概念和常用量纲,静电对电子工业的危害及存在的静电源、静电敏感器分析标准;静电防护原理和方法;EPA构成和技术要求,工艺、质量及检验;静电放电模型以及对器件、设备的ESD基本实验方法等。

通过培训,学员们深入了解了ESD的放电机理、失效模型,掌握了防静电管理技术要求和全面的防静电系统及防护方法,也为企业的ESD全产业链系统提供了技术指南。

此次技术培训得到了长虹集团总工程师、多媒体中心总经理等领导的大力支持,培训取得成功圆满。此次的中国质量——ESD技术培训(长虹站)是夯实行业制造基本功中的重要一环,今后,我们还将围绕“中国质量”这一主题,有针对性的开展持续培训。

第八届电子信息产业标准推动会 暨中国信息技术服务标准年会在北京召开



本刊讯 在工业和信息化部、国家标准化管理委员会指导下,由工业和信息化部电子标准化研究院、中国电子工业标准化技术协会,以及中关村科技园区管理委员会联合主办的第八届电子信息产业标准推动会暨中国信息技术服务标准年会(2016)于2016年1月8日在北京召开。中国电子仪器行业协会防静电装备分会应邀参加了此次会议。

工业和信息化部党组成员、办公厅主任莫玮出席了会议。会议由中国电子工业标准化技术协会胡燕理理事长和ITSS分会周一兵执行会长主持。

莫玮主任在讲话中强调了电子信息产业标准化工作的三个要求:一是要紧紧围绕国务院、国标委相关标准化改革的要求,调整思路,转化机制,尽快顺应国际、国内标准化工作发展的趋势。二是要紧紧抓住产业发展的重大转折期,围绕产业竞争制高点和市场热点,顺应产业发展需求,主动布局,推动产业创新发展。三是要瞄准技术前沿和产业发展趋势,超前谋划,为产业创

新发展奠定基础做好引领。为制造网络强国的建设做出应有的贡献。

国家标准化管理委员会工业标准二部戴红主任在讲话中提出了标准化改革采取的六方面措施:一是建立高效权威的标准化统筹协调机制。二是整合精简强制性标准。三是优化完善推荐性标准。四是培育发展团体标准。五是放开搞活企业标准。六是提高标准国际化的水平。使强制性标准更强、推荐性标准更优、团体标准更活、企业标准更高。

大会还发布了2015年度电子信息产业标准化的十大事件:1)深化标准化工作改革。2)协同推进两化融合管理体系。3)云计算综合标准化体系建设。4)发布信息技术服务标准化工作五年行动计划。5)军民通用标准试点。6)锂离子电池强制性国家标准实施。7)电子信息行业社会责任标准化工作。8)中关村国家技术标准创新基地。9)电子信息领域国际标准化工作。10)开展海峡两岸信息产业和技术标准论坛。

国家防静电技术与管理公开课培训2016年计划

促进两化深度融合,加快从制造业大国向制造强国转变,需要电子信息产业的有力支撑,而信息产品的质量是其基础。企业产品质量的提高、管理水平及影响力的增强是企业努力的目标。面临经济的全球化时代,配合中国制造业2025及互联网+行动计划,为响应国家部委的政策要求及满足企业的需求,我们安排制定了2016年防静电技术与管理培训计划。课程类别:防静电高级检验员、检验师国家职业技能鉴定培训,ESD工程师、ESD高级工程师国家工信部信息技术职业培训,电子行业的ESD内审员培训等。以满足防静电装备制造、电子信息、通信、航空航天、军用船舶、新能源、汽车电子、医疗器械、LED照明、石油化工、兵器

国防、智慧城市、工业互联网、物联网、新材料等行业企业的静电防护技术与应用的需求。

电子行业职业技能鉴定工作站(防静电专业)2016年全年培训课程计划如下:

2016年公开课培训共13期。为满足社会、企业学员的培训需求,将增加开课班次和课程种类。此培训计划课程暂试执行,如特殊情况,适时调整。

电子行业职业技能鉴定工作站



2016年公开课培训计划			
培训名称	培训时间	地点	天数
ESD工程师	3月	深圳	3天
ESD工程师	4月	苏州	3天
ESD工程师	4月	北京	3天
ESD工程师	5月	沈阳	3天
防静电高级检验员与内审员	6月	苏州	3天
ESD工程师	7月	东莞	3天
防静电检验师	7月	北京	4天
ESD工程师	8月	西南	3天
防静电高级检验员与内审员	9月	苏州	3天
ESD工程师	10月	深圳	3天
ESD工程师与内审员	11月	北京	3天
ESD工程师	12月	苏州	3天
防静电高级检验员	12月	沈阳	3天

油罐车装卸过程油面电位的研究

孙明源

上海海事大学,上海 201306

【摘要】 为了研究油品的静电特性,得到油品静电起电规律,作者在油库和加油站对油品的装卸油过程和油罐车向加油站运油的行驶过程中,对油品进行了油面电位的静电检测。检测结果显示,装油时油面电位最大值4 210 V,运输时油面电位最大值450 V,均远小于国家规定的安全油面电位,减短稳油时间是可行的。

【关键词】 油罐车;静电;油面电位

Research on Tanker's Oil Potential during Loading and Unloading Oil

SUN Mingyuan

(Shanghai Maritime University, Shanghai 201306)

Abstract: In order to study the electrostatic properties of the oil, and obtain the static electricity law, the author tested the oil surface potential on the processes of moving oil from depot to the gas station, and the tanker loading and unloading in the gas station. Test results showed that the maximum oil potential is 4210V when oil loading and maximum 450V when the tanker is moving. The results are much less than the safety oil potential provided in the national standard. It is reasonable to shorten the time of stabilize oil.

Key words: Tanker; Electrostatic; Oil Potential

油品在储运过程中,与管路、容器等发生摩擦会产生大量的静电。由于油品的电导率很低,产生静电后不易消散,所以会产生电荷积聚的现象。当带有电荷的油品注入油罐车罐内,油面与油罐车的内壁、鹤管及其他罐内的金属体之间会产生电位差。当电位超过了一定阈值,油品与罐内或深入罐内的金属物体之间会发生静电放电,放电释放的能量很可能引燃在爆炸极限范围内的罐内混合气体^[1-2]发生火灾事故,直接威胁到操作人员的人身安全。然而,国内外目前的研究主要集中在静电接地与静电缓和两大方面^[3-4],对于油品静电特性的详细研究报道并不多见。本文通过对装卸油过程中油罐车油面电位检测试验,对油品静电特性进行了简要的分析。

1 油面电位检测背景

出于安全考虑,为了尽可能避免燃爆事故,我国加油站操作规程对油罐车装卸油规定:“油罐车熄火并静置15min后,卸油员方可进行油品计量,然后按工艺流程连接卸油管及油气回收管及接头进行卸油^[5]”。此规定旨在让加油站操作人员在油面电位下降到安全电位

以下之后,再进行油量计量操作。此规定中的静置时间即为稳油时间。

油面对地放电不会导致爆炸浓度范围的油气混合物点燃或爆炸的最大油面电位即为安全油面电位,我国现行标准下规定的安全油面电位为12 kV。目前,该数值尚存有一些争论,部分学者认为,轻质油品中存在氢气的成分,安全油面电位应该减半,然后再考虑到安全系数,应该把安全油面电位设定在5 kV;日本的部分学者甚至认为,考虑到油面上存在的游离氢气,其最小点火能仅仅为汽油的十分之一,所以安全油面电位应该设定在2.5 kV。

当前的加油站实际操作反馈结果来看,15 min的稳油时间降低了油品装卸的效率。本文通过对油品装卸和运输过程中油罐车内的油面电位进行的检测数据的分析和整理,探讨油罐车装卸过程中的罐内的静电特性,以及降低稳油时间的可能性。

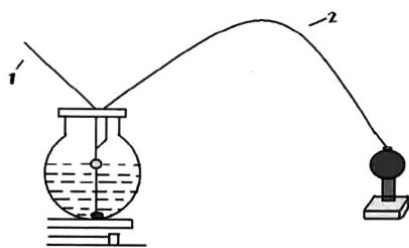
2 检测设备和检测方法

油面电位的检测实验用到的主要设备为EST202油面电位测量系统,量程为 ± 20 kV,输入阻抗为 $10^{14} \Omega$,

系统包括直径为100 mm的空心铜球和重5 kg的铅坠,铜球用绝缘导线连接到显示输出端,铅坠与铜球间用直径为5 mm的尼龙绳连接,表面绝缘电阻率约为 $10^{14}\Omega/\text{m}$,其他的辅助测试设备包括电子秒表和温湿度计。

油面电位的测量需要将金属浮球放在油面上方,如果等车辆停稳后再放置金属浮球,那么稳油初期油面电位的变化将无法获得,因此,我们在车辆驶出油库之前就安装好金属浮球,这样就可以实时获得行车过程中以及停车后油面电位变化情况,同时也测量了装车过程中的油面电位进行数据对比分析。装油时,金属浮球随着油面上升而上升,装油结束后,金属浮球不必取出,封好油罐,继续检测油罐车行车过程中以及到达加油站稳油过程中的油面电位,直到15 min的稳油时间结束。

检测方法如图1所示,1是尼龙绳,它穿过铜球中心与铅坠连接,铅坠沉入油罐底部,铜球浮在油面上。铅坠的作用是保证铜球不会摇摆,与罐内的其他金属管路等发生静电放电;2是绝缘导线,将铜球检测所得的静电信号传导给设备的显示端。



注：1为尼龙绳，2为绝缘导线

图1 检测示意图

3 检测结果及分析

3.1 装油过程的检测结果

本次实验过程中,对某油罐车首先进行了装油油面电位检测,检测在不同的温湿度条件下分别进行了数次,最终选取了油面电位示数最高的一次记录在图2中。

正如图2所示,装油过程中,油面电位先升后降,在开始装油160s后达到最大值4210V,在此之后维持了下降的趋势,410s装油结束时,油面电位已经下降到了560V,经过一段时间的静置后将至0。

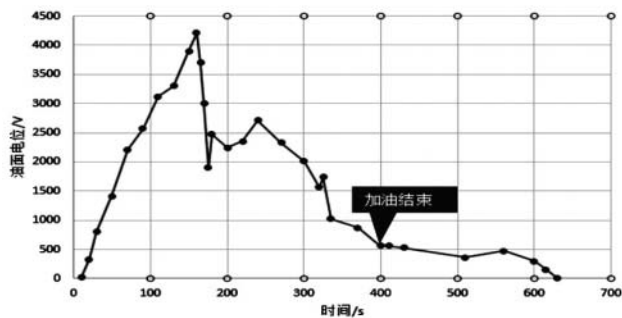


图2 装油油面电位

3.2 行驶和停车后的油面电位检测结果

在油品不更换的情况下共完成三次行车—卸油过程的油面电位检测。三次检测的条件设置使它们相互作为对比：

1)前两次检测在行驶路线上有意选择了平稳的线路,路上没有上下坡、路面颠簸等情况,而第三次检测刻意选取了有上下坡,转弯多的线路;

2)第一次和第三次检测油罐车行驶后停在普通地面,油罐车对地电阻为 $7\times 10^4\Omega$,第二次检测油罐车行驶后停在绝缘橡胶板上,此时油罐车对地电阻为 $1.25\times 10^{11}\Omega$ 。三次检测中,油罐车挺稳后都没有使用静电夹接地。

第一次检测,环境温度为 18.1°C ,相对湿度为45.1RH,检测数据见图3;第二次检测环境温度为 18.1°C ,相对湿度为45.4RH,检测数据见图4。第三次检测环境温度为 18.3°C ,相对湿度45.3RH,检测数据见图5。

前两次检测中,车辆行驶中油面电位虽然一直处于波动状态,但是测得数值普遍较低,最高值为60V,远低于国家标准GB6951—1986轻质油品装油安全油面电位。油面本身与油罐内的管路、罐壁发生静电放电的可能性非常小。停车后的稳油过程中,两次检测中油面电位都趋于平稳,5分钟以后已经低于20V。

第三次的行车过程中,油面电位同样一直处于波动状态,160s时减速刹车的幅度较大,油罐内的油品发生了晃动,油面电位达到最大值,450V。在此之后,420s和435s,车辆下坡使得车速突然加快,油面电位出现了另外两次峰值,达到270V和320V。760s时,油罐车抵达目的地,刹车时减速比较剧烈,油面电位出现了最后一个峰值,达到150V,之后逐渐趋于平稳,维持在50V上下。

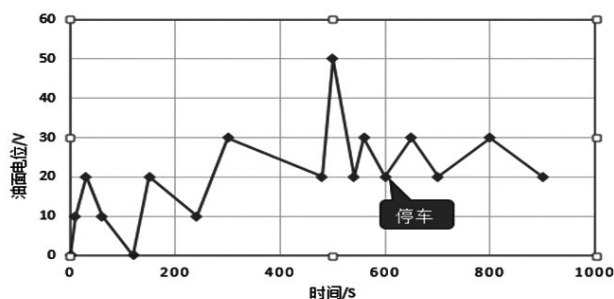


图3 油罐车停在普通路面的油面电位

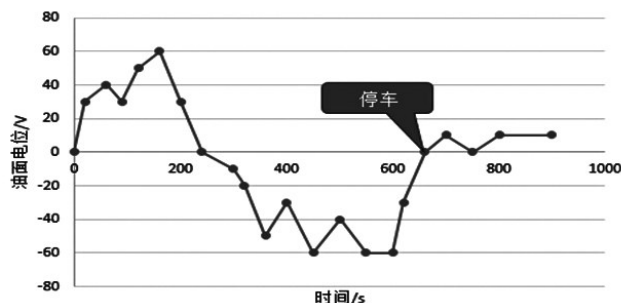


图4 油罐车停在绝缘橡胶板上的油面电位

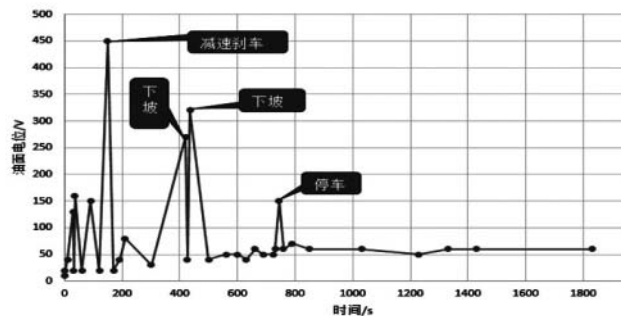


图5 油罐车在非平稳行驶状况的油面电位

3.4 检测结果分析

1) 装油刚开始的时候,油品与罐体的碰撞比较激烈,导致静电电荷大量且快速产生,静电泄放的速度跟不上静电产生的速度,因此产生了静电积聚,油罐内的有点迅速升高。

2) 油罐内注入的油品逐渐增加后,新注入的油品与罐体的碰撞变得缓和,当油品漫过了注油口,油品与罐体的碰撞更加平缓,静电电荷量的产生速度降低,此时,静电的泄放速度大于静电产生的速度,静电荷逐渐通过车体泄放,油面电位呈下降态势。

3) 油罐车在平稳行驶的状态下,油面电位保持在小范围的波动状态;当油罐车遇到上下坡、大力制动、突然加速或颠簸路况时,油面电位的波动范围变大。

4) 稳油阶段,油面电位逐渐降低;车体所停留的

地面的导电情况,对油面电位的下降影响不是很大。

5) 在油品的装卸和运输过程中,油面电位出现的最大值远低于现行国家标准所规定的12 kV。

4 结论

1) 油罐车装油阶段应该尽量缓和油品与罐体的碰撞过程,尽量降低注油口的高度,进而降低装油阶段前期油面电位;装油阶段后期油面电位会自然下降,趋于平稳。

2) 油罐车在行驶阶段中油面电位高低主要与油品在罐内的运动情况有关,剧烈的刹车、加速、摇晃都会使得油面电位产生剧烈的波动,平稳行驶的情况下,油面电位的波动要小的多。

3) 油罐车稳油阶段所接触的地面对油面电位的下降并没有直接关系,油品静止在罐内,油面电位逐渐下降。

4) 在整个检测实验过程中,不论在任何情况下,油面电位都远低于国家标准中规定的12kV。

5) 从检测所获得的结果来看,15min 稳油时间太长了,5min 后油面电位已经降低到一个很小的数值并且不再波动。所以可以考虑减少稳油时间。

参考文献:

- [1] Walmsley H L. The Avoidance of Electrostatic Hazards in the Petroleum Industry [J]. Journal of Electrostatics, 1992, 27(1&2): 149-56.
- [2] American Petroleum Institute. API RP 2003-2008 Protection against ignitions arising out of static, lightning, and stray currents [S]. Washington D C: API Committee, 2008.
- [3] 朱心涛. 油库加油站静电事故分析及预防措施[J]. 安全与健康, 2007(10): 46-48.
- [4] 王玉贺. 石油储运中的静电与防止[J]. 油气储运, 1993, 12(3): 55-57.
- [5] 赵录臻,郝纹一,董长贵,等. GB 6951—1986 轻质油品装油安全油面电位值[S]. 北京:中国标准出版社,1986.
- [6] Walmsley H L. The calculation of the electrostatic potentials that occur when tanks are filled with charged liquids [J]. Journal of Electrostatics, 1991, 26: 201- 226.
- [7] 施祖建,吴龙英,成文东,等. AQ 3010—2007 加油站作业安全规范[S]. 北京:煤炭工业出版社,2008.
- [8] 赵留根,肖义庆,臧兰兰,等. GB 12158—2006 防止静电事故通用导则[S]. 北京:中国标准出版社,2006.

环境湿度对于直流离子风机性能影响的实验研究

王荣刚,孙玉荣

苏州天华超净科技股份有限公司,苏州 215121

【摘要】针对离子风机对使用湿度具有一定敏感性限制离子风机使用的问题,本文对所研发直流离子风机进行实验研究,设定不同的湿度测试离子风机的电性能参数。通过对实验数据的统计研究表明:直流离子风机在湿度改变的情况下,会受到外界环境的影响,在低湿度情况下,静电残余电压仍在安全运行范围内,湿度大于85%时,受环境影响变化较大,应重新对环境静电进行评估。

【关键词】离子风机;湿度;残余电压;敏感;静电

离子风机利用离子输送的方式有效消除带电体表面静电,作为一种非接触静电消除方式广泛在绝缘体、移动的电子产品等不能通过接地或者其他方式消除静电的场合使用。

电晕放电会受到外界环境温湿度的影响,所以离子风机设计时一般会考虑这一影响因素。通常情况下,离子风机的使用环境包括两种,一种是有湿度管控要求的场所,通常是温湿度控制和洁净度控制要求的厂房和无尘室,湿度变动比较小,通常在40%~60%之间;另一种是正常气候温湿度条件下的使用场所,相对湿度较小时,可以通过使用离子化静电消除来进行静电消除,相对湿度较高>85%情况下,静电一般可以通过水分子消散掉,且会出现凝露的现象。通常,离子风机环境湿度(30%~70%)或者洁净室湿度的情况下使用,国内行业标准和生产厂家的测试方法中一般规定测试湿度为50%±5%[3],这已经满足了大部分使用场合的要求。

为了验证离子风机在低湿和高湿情况下的运行情况和是否适合低湿度情况使用要求,作者选用直流离子风机改变实验环境湿度,对静电残余电压和衰减时间(1000~100V)进行测试,研究直流离子风机电性能参数对于湿度变化的敏感性。

离子离子风机放电极采用内外放电针布局方式,电网电压输入通过AC-DC整流、滤波、稳压电路,产生稳定的24V低压直流给离子风机输入供电,经高压包升压内圈放电极施加电压为-4600V左右,外圈放电极

施加电压为5000~5500V范围,对静电残余电压的控制采用了闭环反馈系统。

实验装置采用充电板离子平衡监测仪TREK157进行连续采样和数据分析处理,测试时,监测板与离子风机的出风口平行,测试方法采用见文献,测试距离离子风机出风口一定距离处的静电残余电压,改变测试环境的湿度,从8%~86%范围内进行静电残余电压的测试,环境温度(22℃±2℃)。

图1为湿度从8%升高到50%,静电残余电压变化情况,从图中可以看出,随着湿度的增加静电残余电压值趋于稳定,而且湿度变化对于距离风口位置30 cm处的电压变化不大,对于距离45 cm、60 cm在低湿度下的影响相对大一些,当湿度增加到15%时,静电残余电压趋于稳定,但是在低湿度下残余电压的值仍在正负10V的安全范围内,根据最新的标准要求残余电压限值为±35V,因此,对于直流离子风机而言,对放电极合理布局,增加智能化的设计,可以提高离子风机的性能,适应低湿度条件下使用。

分别设置12%、20%、40%湿度,连续测试100分钟距离离子风机30 cm处的静电残余电压数据,从图2中可以看出,当湿度较低时,对比三个湿度测试数据,测试曲线随湿度减小向偏正的方向偏移,且湿度越低,静电残余电压波动范围越大,但是仍在安全残余电压范围内,所以在低湿度情况下,直流离子风是可以安全使用的。

对于距离风口位置30 cm、45 cm、60 cm处衰减时

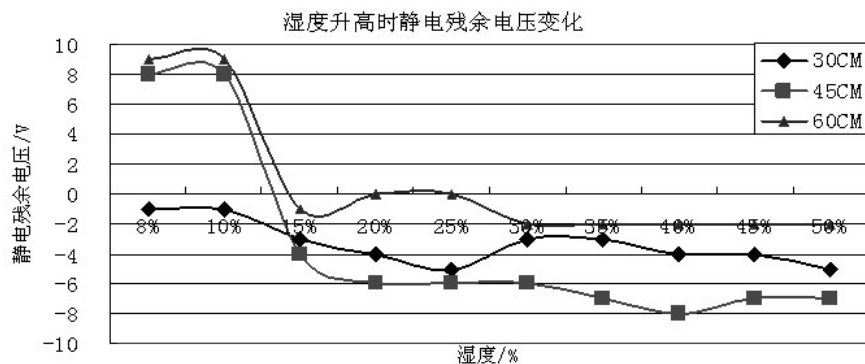


图1 不同距离湿度升高时静电残余电压变化

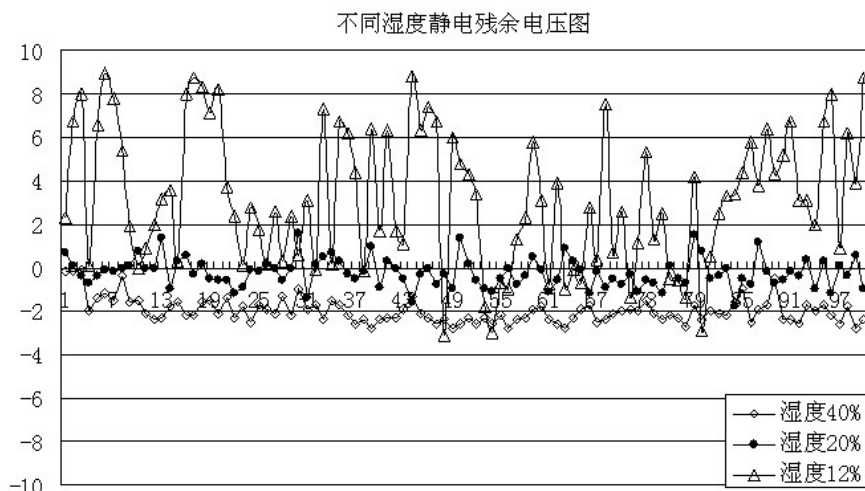


图2 不同湿度静电残余电压变化

间进行测试,如图3所示,在湿度8%~15%的情况下,衰减时间都处于小于3s的水平,由此可见,对于直流离子风机来讲,低湿度对静电衰减时间的影响不大。

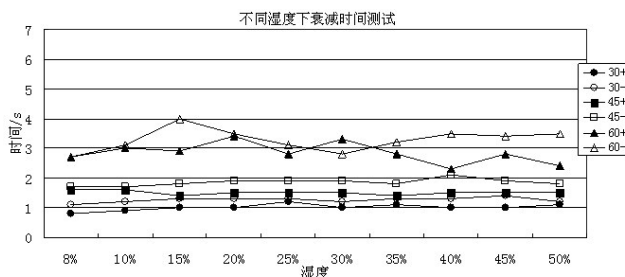


图3 不同湿度衰减时间变化

湿度升高从60%~86%,从表1和图4中可以看出,当湿度超过85%时,作用范围内的所有的点的残余电压正负波动明显,同时图3中显示,湿度增大超过85%,静电衰减时间在距离风口30cm、45cm、60cm位置也产生很大的波动。所以在湿度很高的情况

下,需要对环境中的静电情况进行评估,采用合理的静电控制方案。

结论:

1)采用内外针架设计的直流离子风机可以在12%及以下低湿度情况使用,其电性能包括静电残余电压和衰减时间均能满足EPA区内的静电控制要求;

2)低湿情况下对于直流离子风机静电残余电压的分布有影响,仍能满足ANSI/ESD S20.20-2014标准静电残余电压 $\pm 35V$ 的要求限值范围;

3)直流离子风机可以适用于湿度<85%情况,下在高湿度>85%时,直流离子风机静电残余电压波动范围较大,应对环境静电进行评估,确定环境静电情况和采取的措施。

表1 不同湿度和距离的静电残余电压

风口距离/ 环境温湿度	30cm	4cm	60cm
22.3℃/60%	0V	-1V	-2V
22.3℃/65%	-5V	-13V	-5V
22.3℃/70%	-9V	-25V	-22V
22.6℃/75%	+21V	+64V	+50V
22.8℃/80%	-23V	+36V	+14V
22.5℃/86%	-51V~-34V	-60V~-16V	-34V~-7V

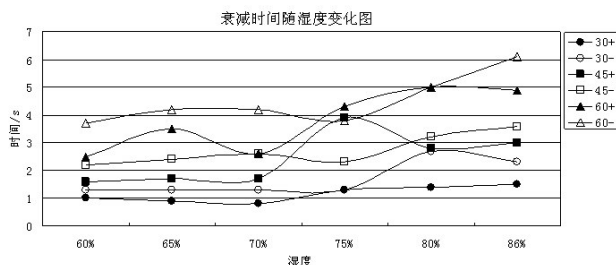


图4 不同湿度和距离的衰减时间

人体静电起电规律及防治对策

梁合鹏, 孙明源

上海海事大学, 上海 201306

1 人体的充电与放电

人体会因各种原因而带电,例如:人体运动而带电;在地面行走或奔跑;操作绝缘材料而带电;在椅、凳、工作台上移动、分离而带电;接近或触及其他带电体而带电;粘附带电粉体或液滴等。

人体放电时近似导体,放电能量可用金属放电能量公式近似计算: $W=1/2CV^2$ 。

人体充电规律

$$Q=iRC+(Q_0-iRC)e^{-t/RC}$$

$$V=iR+(V_0-iR)e^{-t/RC}$$

人体的放电规律

$$Q=Q_me^{-\beta t}$$

$$V=V_me^{-\beta t}$$

2 人体静电危害

人体电位一般可达几千伏、上万伏,最高可达到几万伏。

人体静电放电的瞬间功率可达几十瓦。可引起火灾、爆炸。

人体静电放电可引起静电电击及二次伤害。

3 人体静电防治对策

- 1)防静电鞋和防静电地板
- 2)防静电工作服
- 3)设置简易人体静电消除装置

3.1 防静电鞋和防静电地板

消除人体静电积累的有效方法是将人体接地,即减少人体的对地电阻,使人体电位不超过规定的安全值。

减少人体对地电阻的基本方法就是穿防静电鞋和配以防静电地面。

实验指出:在绝缘鞋、绝缘地板的条件下,人体起电电位最高。即使相对湿度提高到72%,也难于显著

降低人体电位。在绝缘地面、穿防静电鞋情况下,人体峰值电位有所下降。而穿绝缘鞋在防静电地面上活动的峰值电位下降幅度要大些。如果采用综合措施,即穿防静电鞋在防静电地面上活动,峰值电位就大幅度下降。可见,单一措施难以达到防静电效果。必须采用综合措施。

防静电地板和防静电鞋的等效电阻 $R_{\text{等效}}$ 、体电阻率 ρ_v 和面电阻率 ρ_s 分别应为

$$10^5\Omega\leq R_{\text{等效}}\leq 10^8\Omega$$

$$10^5\Omega\cdot\text{m}\leq \rho_v\leq 10^8\Omega\cdot\text{m}$$

$$10^6\Omega\cdot\text{m}\leq \rho_s\leq 10^9\Omega\cdot\text{m}$$

目前,防静电鞋的技术要求已收入国家标准GB4385。其中防静电胶底鞋的电阻值规定为 $0.5\times 10^5\Omega\sim 1.0\times 10^8\Omega$ 。导电胶底鞋的电阻值必须不大于 $1.5\times 10^5\Omega$ 。

3.2 防静电工作服

3.2.1 防静电工作服的种类

目前我国已开发了一批具有防静电性能的织物,可供各种生产车间使用。从生产工艺看,大体可分以下三种。

1)在织物表面采用吸湿性树脂,降低表面电阻率,使静电容易泄漏。

2)在化纤生产工艺中,引入吸湿性材料或亲水性基团,降低其电阻,使静电容易泄漏。

3)在织物中,混入导电性纤维(其材质与工艺则是多种多样),利用其产生的电晕放电使静电中和。

对比试验结果:

即穿一般衣服与穿防静电服装,站在不同地面上,同时进行脱衣起电试验,然后进行比较。

1)实验者穿绝缘鞋,站在绝缘地面上,身穿普通服装,然后脱掉外上衣,立即用手触摸电位计触头,测量人体电位;同时将脱下的上衣,搭在绳上,测衣服电位,

结果如表1。

表1 普通服装脱衣起电试验结果

被试者	内外衣材质	人体电位 V	衣服电位 V	备注
甲	外穿的确良上衣下穿蓝布牛仔褲内穿毛线衣裤	4800	28000	温度15℃ 湿度40% 人体电容: $C_{人甲}$: 130pF $C_{人乙}$: 130pF
		4200	20800	
		5300	29000	
乙	外穿弹力呢上衣下穿毛料褲内穿丝绸棉上衣下穿尼龙褲	6400	42300	
		6400	35000	
		6100	28000	

2)实验者内穿普通服装,外着防静电工作服(套装),仍然站在绝缘地面上,穿绝缘鞋,同上面一样做脱衣起电试验,测试结果见表2。

表2 普通内衣、外着防静电套装脱衣起电试验

被试者	内衣材质	人体电位 V	衣服电位 V	备注
甲	上穿毛线衣下穿蓝布牛仔褲	1300	2900	温度15℃ 湿度40% 人体电容: $C_{人甲}$: 130pF $C_{人乙}$: 130pF
		1000	2800	
乙	上穿毛线衣下穿毛料褲	1300	4000	
		900	3800	

3)实验者外穿防静电工作服(套装)、导电鞋,站在导电地面上,脱去上衣,测人体电位和衣服电位,结果见表3。

表3 防静电工作服、防静电地面试验结果

被试者	内衣材质	人体电位 V	衣服电位 V	备注
甲	上穿毛线衣下穿蓝布牛仔褲	100~200	4800	温度15℃ 湿度40% 人体电容: $C_{人甲}$: 390pF $C_{人乙}$: 360pF
		100~200	2700	
乙	上穿毛线衣下穿毛料褲	0	5000	
		0	4000	

3.2.2 防静电工作服性能参数

目前国际上对防静电工作服的穿用要求、性能参数指标以及测试方法等,并无统一的标准。大多数工业发达国家对危险场所用化纤织物有不同的规定和限制。而我国的防静电工作服国家标准已颁布实行。

由于反映物体带电最本质的参数是物体的电荷量,日本防静电工作服的参数主要是电荷量,参数指标是每件工作服在规定测试条件下不超过 $0.6\mu\text{C}$ 为合格。若其电荷量在上述规定以下,实际试验已证明不至于引起着火爆炸。但上述工作服的静电电位及带电量对于敏感的电子元件还不一定能充分安全,而需要更高的标准。因而有的日本学者建议采用每件衣服带电量以 $0.34\mu\text{C}$ 为上限。

3.2.3 防静电工作服检测方法

目前提出的防静电工作服检测方法有很多种,如半衰期测定法、摩擦电压测定法、静电吸附测定法、表面电阻率测定法以及机械转动加温摩擦起电测电荷法等。但绝大部分方法都存在一些缺陷或局限性。例如在各国中应用较多的测织物表面电阻率法,对间隔织入导电纤维的面料就无法确切反映其防静电性能。

日本标准中所规定的检测方法的主要设备是转动摩擦机和法拉第筒。前者的基本结构是一个直径约50cm的圆筒,每分钟转动40~50圈,圆筒内壁装有摩擦起电用的尼龙布。把被检测工作服放置圆筒内,当圆筒转动时,被检衣服就不停地翻滚,也就不停地与尼龙布接触和分离而起电。大约经过10分钟后,被检服装的静电就能达到饱和程度。此时停止转动,迅速将服装取出投入法拉第筒,测取其带电量。该转动摩擦机还装有加温热风装置,使被检服装保持干燥。法拉第筒无特殊结构,要求其容量能充分放置被检服装即可。

此外,防静电工作服还应进行耐洗性试验,以检验其防静电性能能否耐洗。

3.3 设置简易人体静电消除装置

人们在油轮、油区进行采样、检尺等作业之前,应先接触一下消电棒(或一根接地导线),以消除人体静电。该消电棒一般安装在油轮、油区的扶梯上。

人们从码头登上油轮时,在上船必经之处留出一小块地方,即一小块甲板不涂防腐油漆,以便人们经过时自行消电。或者在船体上下舷梯处的扶栏上安装一段裹铜管,以便人们上船时,先摸一下钢管进行消电。

EPA 内的EMI、ESD、EOS问题及其解决

孙延林

中国电子仪器行业协会防静电装备分会,北京 100040

1 电子元器件和设备、电气系统的EMI、ESD、EOS问题

1.1 电磁兼容(包括ESD、EOS)及研究内容

电磁兼容(包括ESD、EOS)学科所包含的内容非常广泛,涉及领域包括电力、通讯、电气电子设备、微电子、计算机系统等等。构成EMI(电磁干扰)和ESD(静电放电)、EOS(过电流、电压)的条件主要有:电磁干扰源;对干扰源敏感的受扰设备、静电源、漏电源、传递媒体等。电磁兼容(包括ESD、EOS)研究的内容主要包括干扰源的特性、边界条件、静电放电、漏电、干扰源有效抑制办法。

无论是人为还是自然的电磁干扰源,从其危害或者影响较大的程度可依次划分为:雷电,强电磁脉冲,静电与火花放电,设备漏电,开关合闭、电磁波连续或非连续干扰等。

表 1.1 EMI、ESD、EOS 种类特性表

干扰来源	瞬态电压	瞬态电流	持续时间	耦合途径
雷电	6kV/m ~ 500kV/m	3kA ~ 200kA	< 200 μ s	电磁辐射耦合和传导耦合
强电磁脉冲	1kV/m ~ 100kV/m	10kA ~ 10A	< 2 μ s	电磁辐射耦合和传导耦合
静电放电	1.5kV ~ 50kV	1A ~ 80A	< 10 μ s	辐射耦合和接触耦合
开关动作或各类火花放电	小于 6000V	小于 500A	< 40 μ s	辐射、传导耦合
射频设备连续波或非连续波	小于 2000V/m	小于 2A (传导电流)	连续 长时间	辐射耦合和传导耦合
电气工具、设备漏电	小于 200V	小于 1A	连续	传导耦合

1.1.1 雷电

雷电是一种气候物理现象,是一种宏观的静电放电现象。放电时频谱在 100Hz ~ 1GHz。由于瞬间放电

能量大、频谱宽,可通过架空电网、天线,外露电缆、金属物体和电磁感应产生浪涌电压、电流造成人员、电气系统、设备等损害。

1.1.2 强电磁脉冲(EMP)

通常由核爆炸时产生的核电磁脉冲(NEMP)和非核能高能电磁脉冲组成(微波、高频频段)。通常这两种脉冲由人为制造和宇宙射线组成(太阳磁暴等等)。由于核电磁脉冲和非核电磁脉冲(频率 1 ~ 100GHz、峰值功率 10 ~ 100GW、能量 100kJ 或峰值场强 100kV/m、频率 1kHz ~ 300MHz)作用距离可达数十公里,因此,对电子系统、设备能够造成严重破坏。

1.1.3 静电放电(ESD)

物体由于各种原因产生静电,由于其呈高电位,很容易向低电位物体发生放电。在电子产品生产和组装过程中,由于静电接触和非接触放电,很容易出现 EOS(过电压、过电流)造成 ESDS 产品失效,另外放电时产生的宽频干扰(几百 Hz~10GHz)。可对电子仪器、系统造成不同程度的干扰。

1.1.4 开关操作、电流和电压瞬态变化、各类火花放电

电气开关通断及各类电机起动瞬态电压、电流变化,继电器产生火花放电,高压装置(线)产生各类放电及宽频干扰,很容易通过线路传导和辐射干扰对电气系统产生不良影响。

1.1.5 连续波与非连续波干扰

某些大功率的射频设备(高频理疗机、热合机、淬火炉等)产生较高辐射场强可对周围电子设备产生连续波干扰。也可通过电源线的耦合对电子设备产生传导干扰。

1.1.6 设备漏电

电气工具、设备绝缘降低而产生漏电,可直接造成电气元器件因 EOS 出现不良,也可造成人员触电伤害。

1.2 EMI 与 ESD 的控制技术

不同的系统、不同的干扰源和静电源所涉及的EMI和ESD控制技术是不同的。

1.2.1 系统间电磁干扰控制技术

系统间电磁干扰特点是干扰发生在各独立系统控制的两个或两个以上的分系统之间,其大致分为频率管理、时间管理、位置管理、方向管理(见图1.1)。

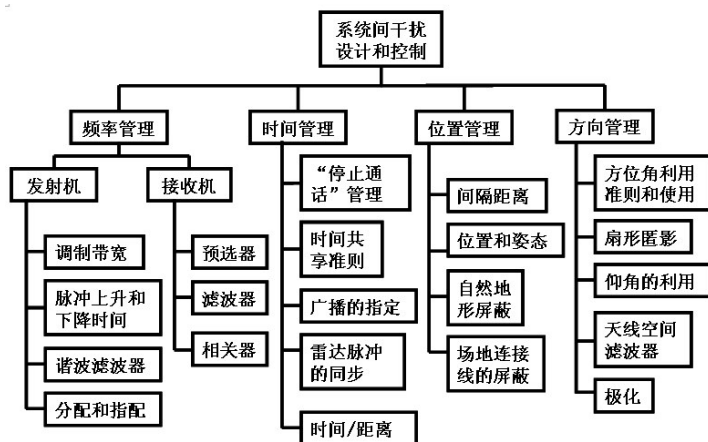


图1.2 系统间EMI的控制技术

1.2.2 系统内电磁干扰的控制技术

对于系统内的电磁干扰,主要是解决系统内部干扰所造成的不良影响。其电磁干扰的控制技术主要分为电路和元器件、滤波、屏蔽、布线、接地等五类(见图1.2)。

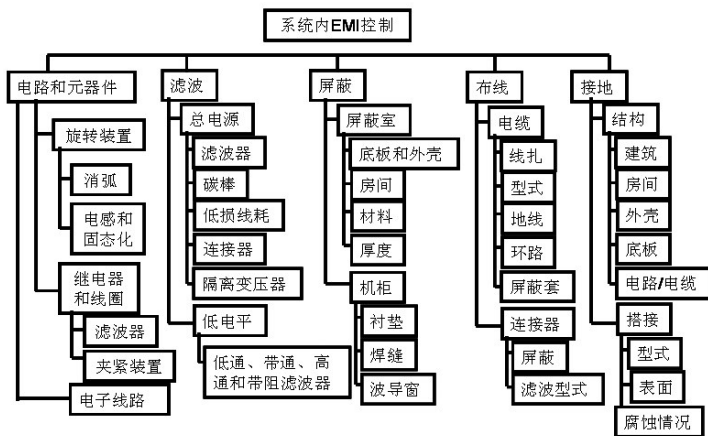


图1.2 系统内EMI的控制技术

1.2.3 ESD和EOS控制技术

对于EPA(防静电工作区)内ESD控制技术主要由静电耗散、泄漏和等电位接地,静电中和,静电屏蔽及接地,环境增湿,ESDS(静电敏感)产品的浪涌保护电路的设置等组成。对于EOS的控制主要为漏电原因确定与漏电元器件、部件、电源线等的更换。

2 EMI、ESD、EOS对电子系统设备的干扰和电子元器件的损害

2.1 ESD放电及对ESDS产品的损害

2.1.1 静电放电耦合路径

2.1.1.1 高电位物体向低电位物体的放电

因各种原因在人体、某些材料、元器件、金属体等积聚静电荷并对地形成较高电位时,当其它低电位非绝缘物体(可以是金属体、印制电路板等)与其接触时,高电位物体向低电位物体发生静电电荷转移,发生接触式或非接触式放电。

2.1.1.2 静电感应放电

静电荷周围存在静电场在周围金属导体和半导体产生静电感应现象。当低电位金属导体或半导体与其接触时发生静电放电。

2.1.1.3 静电放电产生宽频带干扰

静电放电产生宽频带脉冲干扰。能量较大的放电可对运行的微电子电路、电子仪器设备系统形成电磁辐射干扰和传导干扰,影响电路正常工作,甚至对其产生损害。

2.1.2 SSD(静电敏感元器件)元器件ESD损伤失效模式

半导体器件的静电损伤,大体上可分为两类失效模式:突发性完全失效和潜在性缓慢失效。器件突发性失效约占10%,潜在性缓慢失效占90%左右。

2.1.2.1 突发性完全失效

突发性完全失效是器件的一个或多个电参数突然劣化,完全失去规定功能的一种失效。通常表现为开路、短路以及电参数严重漂移。一种是与电压相关的失效,如介质击穿,PN结反向漏电增大等;另一种是与功率有关的失效,如铝条熔断、多晶电阻熔断、硅片局部区域熔化。对于结型器件,通常是与功率有关的热效应引起器件损坏。损伤部位往往在PN结边缘的Si-SiO₂界面或接触孔边缘处发生。因ESD引起的局部高温区,造成杂质微扩散,形成的杂质管道导致PN结严重漏电和电流增益显著下降。

对于肖特基器件和浅结器件,静电损伤往往都集中在势垒区边缘的Si-SiO₂界面处。该处电场集中,过电流形成热斑,热斑的不稳定导致器件失效,其失效模式完全类似于热致二次击穿,失效部位往往集中在结

区边缘。

CMOS电路的失效,主要表现为输入端铝互连线与输入保护电阻周围PN-保护环之间的介质击穿短路;输入对地保护二极管的PN结击穿;扩散保护电阻的损伤;多晶保护电阻损伤等。损伤严重时,输入端金属化互连线烧熔。对于铝栅器件,ESD引起Al-SiO₂界面发生反应甚至穿透,造成栅极漏电甚至短路。

采用MOS电容器作为内补偿的运算放大器,往往表现为过电压引起电容器的介质击穿。

对于CMOS电路和MOS功率管,由于存在寄生可控硅效应,静电放电可能触发“闭锁”,如果供电回路无限流电阻存在,元器件会被过大电流烧坏。

2.1.2.2 潜在性缓慢失效

对某些集成电路,虽然PN结已受到ESD损伤,但电路的电参数退化并不明显,只给电路留下了隐患,使该电路在以后的加电工作中,参数退化逐渐加重。因此,ESD损伤具有潜在性和累积性的特点。如果带电体的静电位或存储的静电能量较低,或者ESD回路有限流电阻存在,在这种情况下,有时一次ESD脉冲不足以引起器件发生突发性完全失效,但它会在器件内部造成轻微损伤,这种损伤又是积累性的。随着ESD脉冲次数增加,器件的损伤阈值电压会逐渐下降,使器件的电参数逐渐劣化,这类失效称之为潜在性失效。它降低了器件防静电的能力,降低了器件的使用可靠性。因此存在这种潜在性失效问题,所以在日常中,对元器件进行100%的失效筛选试验是很难做到的。

2.1.3 常见的静电放电损伤的失效现象

2.1.3.1 高频小功率二极管

- 1)反向漏电流增加、击穿电压降低;
- 2)正向压降减小;
- 3)电极金属熔蚀;
- 4)与外接端子相连的铝条被熔断开路。

2.1.3.2 高频小功率三极管

- 1)EB结反向漏电流增大;
- 2)b值减小;
- 3)噪声系数增大;
- 4)电极金属熔蚀;
- 5)造成PN结电损伤(例如局部烧熔),引起结特性变坏和放大系数或阈值电压漂移。

2.1.3.3 场效应管

- 1)栅-源或栅-漏短路或漏电;
- 2)造成MOS器件栅穿或输入保护电路漏电流增大。

2.1.3.4 双极数字电路

- 1)输入漏电流增加;
- 2)参数退化或失去功能;
- 3)引起薄膜电阻熔断或阻值漂移。

2.1.3.5 双极线性电路

- 1)输入失调电压增大,失调电流增大;
- 2)MOS电容击穿短路。

2.1.3.6 MOS集成电路

- 1)输入或输出端与源或漏之间漏电流增大,输入保护网络的PN结击穿;
- 2)其他参数退化;
- 3)丧失功能、多晶硅布线膜熔断;
- 4)引起多层布线间的介质击穿短路。

2.1.3.7 光电耦合器件

- 1)高阻部位发生介质击穿。

2.1.4 易发生ESD损伤的SSD及其部位

- 1)易受静电影响的地方:输入电路、输出电路、高阻部分。
 - 2)结构上薄弱的器件和部位:芯片尺寸小、热容量小、小信号器件、高频器件、细小金属化、BE结(特别是浅结)、薄氧化膜(栅氧化层)。
 - 3)电场集中的地方:扩散区边缘、金属化边缘、结构尖突部位。

2.1.5 SSD静电损伤机理

1)热损伤:由于半导体的热时间常数比静电放电脉冲时间长,所以静电放电产生的热量从热量耗散面积向外散热较少,因而在器件内形成较大的温度梯度。其局部结温可接近材料的熔融温度,由于熔融而造成金属导电层融化和结构的短路或断路等。热击穿主要决定瞬间静电放电的功率大小。

2)介质击穿:加在绝缘层两端的电压超过介质的击穿电压时,会发生介质击穿。这种失效是由于电压而不是功率因素。

介质击穿分表面击穿和体积击穿:表面击穿被认为是表面处的结空间区域变窄,引起局部雪崩倍增过程,它与几何尺寸、参杂程度等密切相关;体积击穿,实

质是在结区由于电压使单位面积薄弱点发生短路击穿现象。介质击穿通常与静电放电加在介质两端电压大小有关。

3) 气体电弧放电: 如果器件中没被钝化的薄电极之间间距很小, 场强超过气体击穿场强时, 会引起气体电弧放电, 造成瞬态电流过大使器件受到损坏。

2.2 EMI对电子系统产生干扰和产品的损害

各类电磁干扰可对电气及系统和元器件产生干扰或造成损害。半导体一般瞬间过电压、过电流的损伤阈值为 $10^{-5} \sim 10^{-2} \text{ J/cm}^2$, SSD 大致为 $0.1 \sim 1 \text{ uJ/cm}^2$, 若不损坏, 仅引起干扰或误动作, 其阈值还要低 $2 \sim 3$ 数量级。需要提出的是: 很多情况下, EMI、EOS 对微电子造成损害和 ESD 损害有相似之处。

损害表现形式可归纳如下

2.2.1 瞬态高压损害

当电路或器件受到电磁干扰或电磁脉冲后, 可形成较大电流, 在高电阻部位转化为较高电压, 引起接点、部件、回路间击穿。导致元器件瞬间失效。例如: 脉宽 $0.1 \mu\text{s}$ 、电流峰值 1 A 的电流脉冲, 可在接点间电容 1 pF 两端产生峰值 10 kV 电压。如该接点击穿还会产生数百 Hz 的衰减波, 辐射电磁波。

2.2.2 瞬态功率过大损害

瞬态电流造成功率过大对半导体 IC 电路等造成熔蚀。大多数半导体器件最低损害功率为 $1 \mu\text{s}$ 、 10 W , 或 10 uJ 。一些更敏感器件为 $1 \mu\text{J}$ 、 1 W 或 $1 \mu\text{J}$ 以下。

2.2.3 电涌冲击

对有金属屏蔽的电子线路, 即使壳体上的射频电流不能直接耦合到电路中, 但在屏蔽壳体上感应过大电流通过壳体缝隙、外露引线等、输入输出端将一部分浪涌电流耦合线路上造成器件损害。

2.2.4 辐射和传导干扰

脉冲或连续电磁波辐射或传导干扰可对低电平电路产生持续干扰, 使显示器乱码、控制电路误动作, 对计算机、通信、电子控制系统产生干扰。使其无法正常工作。例如: 大功率电动机起动、继电器触点闭合、高频大功率设备电磁辐射和电路传导干扰都可造成电子系统的干扰。

2.3 EOS对元器件的损害

EOS 对元器件的损害主要表现是因热效应(能量因

素)造成的损害为主, 其失效模式和 ESD 所致失效相似, 实际区分时, 如不结合实际现场状况, 还是较困难的。

2.4 SSD、EOS失效分析

企业应当建立失效分析试验室。失效分析基本内容包括: 失效状况调查; 失效模式鉴定; 失效机理提出、验证及改进措施。目前常用的失效分析技术和设备如下。

2.4.1 失效分析基本技术

1) 外观镜检: 目的在于检验外观破损、管壳破损、密封漏气、管脚短缺等。

2) 电性能分析技术: 包括电性能参数测试检验和非功能参数检验。通过电参数检验可以分析失效原因。

3) 内部镜检: 检验器件开封后内部工艺结构、布线、氧化层等等损害情况。找出失效原因。

2.4.2 现代分析技术

1) 电子显微镜扫描技术(SEM): 其运用电子束在芯片或器件内部扫描, 通过收集透射电子、背射电子等转换成像的。它可以研究二维表面结构形态, 其分辨率可达 10 nm 以下。

2) 离子微探针技术(IMMA): 其利用一次氦离子轰击试样产生二次电子, 然后按荷质比进行分离来分析试样。它可以用来分析集成电路芯片表面镀层厚度、杂质、腐蚀、损害程度、铝硅接触失效机理等。

3) I/F 电噪声检测技术: 半导体器件金属化系统因电子迁移引起失效, 或因高温、化学作用导致金属化腐蚀、连线断路等都会引起 I/F 噪音的剧增。通过对其测量可估计金属化损失的程度, 同时还可以预测与金属化缺陷有关的器件寿命。

4) 红外显微分析技术: 红外显微镜有两大类, 一类是主动式红外显微镜, 主要研究半导体残留物、芯片、裂纹、虚焊、金属化系统的缺陷。另一类是反射式红外显微镜技术, 主要用于研究芯片温度分布。

5) 扫描声学显微镜技术(SAM): 采用扫描声学显微镜具有非破坏性特点, 可以检验焊接面及微小破损点($10 \mu\text{m}$)。可对集成电路、各类微电子、焊接的可靠性与过电压、过电流导致金属结构损伤进行失效分析和检验。(未完待续)

用氩/氮低温气溶胶进行清洗

王大千

中国电子学会洁净技术分会, 北京 100840

本文源自《表面污染与清洁进展》论文集(译文), 仅供内部交流参考。

19.1 简介

干法清除(无水)表面污染物在半导体清洁中越来越重要。传统的湿法清洗使用化学反应或溶解,以及声波能量或机械洗涤,在清除表面污染物方面仍然有效。在液体清洗剂中浸泡也可降低范德华(van der Waals)粘附力,引入双层排斥力,从而促使不溶的粒子从表面释放出来。但是,这些方法随着电路尺寸的缩小及环保条例的更加严格而显现出越来越多的不足。湿法清洗过程的局限性有:清洗剂的高成本和纯度要求,受污染的化学品对循环使用的液体的不断污染,受污染的化学物质的再次沉积,特殊的处理要求,对环境的损害和水的消费,输送过程中特殊的安全要求,因表面张力的作用而降低了对有很深图形的表面的有效性(表面形态敏感性),清洁的有效性对表面湿润性的依赖性以防污染物再次粘附,可能有液体残余物引起剩余粒子的粘附。依赖化学物质与表面污染物反应的湿清洗剂,可能也会存在与新的薄膜材料、或更易受刻蚀的金属如铜的相容性问题。此外,湿清洗过程一般都依赖表面刻蚀来帮助清除粒子。不过,因为器件变得更小、更复杂了,又有新的材料出现,允许表面刻蚀的量也减少了。2003 国际半导体技术路线图的表 70a 规定,2004 年每个清洗步骤氧化物或硅损失为 $<1 \text{ \AA}$,2007 年为 $<0.5 \text{ \AA}$ 。

气溶胶喷射清洗表面已成为无水低温清除粒子或其他不需要材料(如薄膜或层)的前景技术。气溶胶喷射清洗柔和但有效,可清除松散粘附于表面上的污染物。首先引入 CO_2 时是作为气溶胶喷射介质进行精密清洗用。然后引入了氩/氮低温气溶胶清洗过程。这是于1991年,在空气产品和化学物质有限公司及IBM公司初期的开发工作之后进行的。气溶胶喷射仅使用环

境中的气体进行清洁,因此,它环保,清洁后表面残留物少,工艺中流出的气体可排入大气。已对其探索出很广的应用范围,包括清洁硅晶片、光学镜面和镜片、磁盘驱动器和许多其他应用。氩气和 CO_2 可以大量地获取,并且无毒、不燃、无腐蚀性。但每种都有一些明显的优点和缺点。低温氩气气溶胶虽然最难生产,但可能是最适用于半导体应用的。氩气固化的温度比 CO_2 低得多,但可生产出的纯度极高。气态氩供气流也可过滤达到极高水平的洁净度。还有,由于其蒸气压力相对高,氩气很容易从表面解吸,在真空下用泵抽走。因此,在使用氩气气溶胶清洁硅晶片方面,进行了大量的研究。

气溶胶喷射清洁本体质上是单一晶片的加工过程,其单一晶片加工过程的产量比批量过程(如湿法台式清洁)要低。但在受控的环境中或真空下,气溶胶清洁可直接与其他单一晶片加工设备整合在一起。因此,可以避免晶片暴露于如水分等环境污染物中以及晶圆盒的抽空和通风所产生的难题。在吸附水分或其他有害污染物之前,或形成腐蚀性反应产品之前,就可立即把污染物从敏感表面上清除掉。另外,单一晶片加工能防止批量清洗过程中会发生的晶片间的交叉污染。气溶胶喷射技术已经相当成熟了,在各种各样的实验室中还研制出了大量采用氩/氮气溶胶的集群设备清洗模块及“盒至盒”式装置,其中几种装置已市场化。已经探讨了前端和后端应用,并已在几个IC制造设施的整个生产中,实施了几种应用。氩气气溶胶喷射现已成为液体化学清洗的补充性技术,在硅晶片加工工业中已实现了几种应用。

本章说明了产生氩/氮低温气溶胶喷射的方法、粗略的运行成本和这些气溶胶在清除硅晶片表面污染方面有效性的一些实例。不过,此技术还适用于其他领域的污染物清除。虽然介绍了清洁装置的使用条件,

但这些条件仅仅是为了说明之用,只能用作产生清洁用低温气溶胶的概略指导。

19.2 气溶胶喷射清洁机理

目前还没有充分了解气溶胶喷射清除亚微米表面污染物的物理机理。已经进行了理论上的工作,试图把气溶胶集群尺寸的分布和速度分布的特性予以说明。投射的固体粒子是由清洁介质组成的,并以高速度导向受污染的表面。如图 19.1 所示,通过喷嘴得以扩展的加压气体、液体或超临界的流体产生射流。流体可由单一成分或混合物构成。依初始阶段和喷嘴设计的细节,各种工艺过程都可能发生,如成核和生长、蒸气喷溅,或液体原子化。冻结气溶胶粒子的尺寸分布、数量密度和形态,随着粒子形成机理和热动力条件(压力、温度、流量等)变化很大。其结果是亚声波或超声波的气溶胶喷射流,通过气溶胶粒子高速撞击表面达到清洁的目的。如图 19.1 所示,气溶胶粒子冲击表面上的污染物粒子和薄膜。污染物的清除效率与气溶胶的粒径和速度、射流温度和其他参数密切相关。

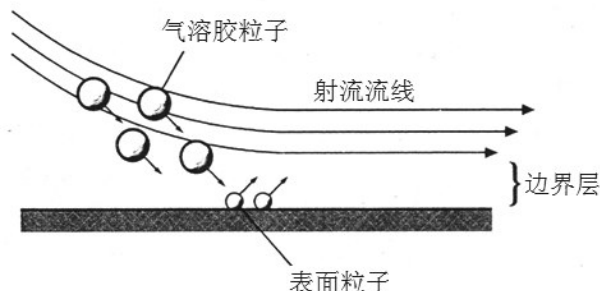


图 19.1 气溶胶射流清洁期间粒子的运动

气溶胶射流作用于表面清洁的可能机理包括:

1) 能量传递到污染物:如同传统的喷砂,气溶胶粒子和表面相互碰撞,使得能量直接传递到污染物上。如果传递的能量足以克服污染物的粘附能量,污染物就可从表面脱离。

2) 气爆:低温气溶胶粒子在冲击一较温暖的表面后可快速蒸发,其所造成的气爆可产生足够大的水压切力,使污染物脱离。

3) 降低粘附力:低温下范德华力降低也可提高粒子的去除。

4) 热迁移-气相气溶胶撞击表面并从上面流过,形成一薄的界面层。如果表面温度高于气体温度,则脱离的污染物可由热迁移而被从表面排斥走,并由气

相的气溶胶携带走。

5) 液压切力:气体还可提供足够大的液压切力,使较大的污染物脱离。但表面污染物的尺寸可能太小,仅完全存在于低速的边界层内,如图 19.1 所示。这种情况下,仅有气相是不能清除微污染物的,因为切力不够大。但是气溶胶粒子有足够的惯性通过表面边界层,冲击污染物。

6) 热收缩:因低温气溶胶诱发表面降温,在厚的污染物膜间产生的差动热收缩,基底会使膜裂开成为松散粘附的碎屑。然后这些碎屑可由粒子撞击和液压切力清除。

19.2.1 粘附和液压力

污染物粒子由范德华力、电双层、静电表象、虹吸和重力的组合粘附在表面上。微粒子在没有共价键合或虹吸力时,范德华力就起主导作用。在平表面附近的球形粒子,其范德华力的数量级 F_{ad} 约随着粒子直径而变化, $F_{ad} \propto d$

$$F_{ad} = Ad/12z^2 \quad (19-1)$$

式中: A 为哈梅克(Hamaker)常数, z 为粒子-表面的分开距离,一般假定为 $4A$ 。有时用气体或液体射流来从表面清除粒子,当表面粒子暴露于流体流时,它会受到促使粒子运动的液压切力 F 的作用。处在表面附近的切力场中的一个球形粒子,液压切力与 d^2 成正比。因 $F/F_{ad} \propto d$,清除力对粘附力的比率随着粒径的降低而降低。因此,仅用流体流来清除表面粒子的能力会随着粒径的缩小而减弱。

许多可损坏表面的粒子的尺寸,会大大小于边界层的厚度,如图 19.2 所示。这类粒子相比较大的粒子,更易被较低的平均流速 U 触到。粒子遭受的液压切力与平均流速成正比下降, $F \propto U$ 。因此,这类小粒子上的液压力就更加有限。这进一步降低了小粒子情况下流体流克服表面粘附力的能力。因此,用加压气体或液体射流或刷洗等液压力清洁工艺来清除亚微米粒子很难,就一点不奇怪了。

图中 E_1 为气溶胶粒子的初始动能, E_2 为气溶胶粒子的最终动能, E_{ad} 为表面粒子的粘附能, E_p 为脱离了的表面粒子的动能。

19.2.2 粒子碰撞

把粒子从表面分离开所要求的能已知为粘附能,

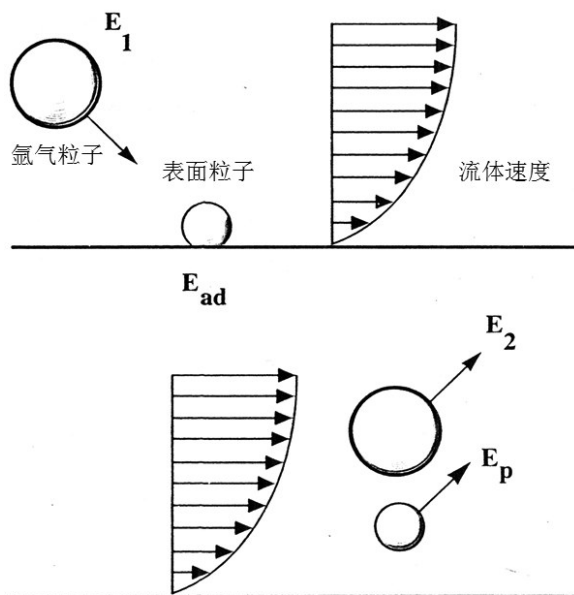


图 19.2 气溶胶喷射清洁过程中粒子的运动和流体速度

E_{ad} 。此能是表面和两个物体界面间能量的函数,是为了清除污染物粒子,必须予以克服的。此能的数量级趋向于随着粒径而降低

$$|E_{ad}| \propto d \quad (19-2)$$

气溶胶喷射清洁装置直接把能量传递到粘附的粒子上而使污染物从表面脱离,这一能量传递在气溶胶粒子和表面粒子相碰撞时发生。如图 19.2 所示一个初始动能为 E_1 的氩气气溶胶粒子恰恰在碰撞前接近表面。入射的和反弹的粒子的潜能与其动能相比,可以忽略不计。在碰撞期间,气溶胶粒子通过内部塑性变形和能量传递到污染物而失去能量。反弹的气溶胶粒子由动能 E_2 从表面移开,而污染物粒子由动能 E_p 从表面移开。从表面去除粒子需要在相互作用期间所传递的能量,足以克服污染物的粘附能量。不计变形损失,入射的氩粒子的动能必须超过粘附能量

$$E_1 > |E_{ad}| + E_2 \quad (19-3)$$

当满足上述条件时,就达到了去除表面粒子的能量阈值。简单的能源保留可应用于质量为 M 的气溶胶喷射体。这种情况下,表面粒子再漂移所需的最小速度或阈值接近速度由下面的公式给出

$$V_{threshold} = \left[(2|E_{ad}|/M) + V_2^2 \right]^{1/2} \quad (19-4)$$

式中: V_2 为反弹的气溶胶粒子的速度。此清除阈值有时用最小气溶胶冲程, $StK_{threshold}$ 表示。

氩气溶胶中具有、可去除粒子的动能 E_1 可以估

算出来。一般的氩气溶胶的平均喷射速度估算为 $< 100 \text{ m/s}$, 实验性测试表明有核的氩粒子的尺寸在 1 mm 的量级。氩粒子的尺寸是把未烘干的光刻胶软膜暴露于气溶胶中估算出来的。最后在 SEM 下测量类似凹坑的表面不平整度尺寸。在这些条件下,由一个气溶胶粒子使表面粒子移位所需的动能大约不高于 $4 \times 10^{-12} \text{ J}$ 。但是,可以证明此动能可以超过一般的污染粒子的粘附能。并且如下面所示,通过实验已验证,此动能足以克服某些由工艺产生的半导体污染物的粘附力。

其他实验研究试图直接采用激光衍射技术测量气溶胶粒径和速度。这些研究所测量的平均气溶胶束速度为 $24 \sim 61 \text{ m/s}$, 峰值速度高达 100 m/s 。

较小的亚微米表面污染物粘附能倾向于比大些的污染物要小(见公式(19-2))。因此,当采用直接能量传递来清除污染物时,清除较小的物体趋向于要比清除较大的物体更有效。事实上,实验已证明氩气溶胶喷射能够更有效地清除较小表面粒子的趋势。这种取决于粒径的清洁过程相比取决于力的清洁过程(如单相喷射的情况)而言,情况正好相反。取决于力的清洁过程限于其可以清除的最小粒子。在较低的清洁舱压力下可以进一步提高清除较小粒子的效率,这也已经得到证实。此效应一般归因于气溶胶中较小粒径的分布和较高的速度分布。

虽然其他研究也证实随着粒径的增大清除率降低,但这个效应可以通过对动能的考虑来解释。在半导体的应用中要有效地清除半导体表面的污染物,因此这样的应用已从气溶胶喷射清洁中受益。

19.3 氩/氮低温气溶胶射流的产生

图 19.3 为氩气溶胶射流工艺的流程示意图。高纯度的加压气态氩和氮混合气体首先经过过滤,然后在低温热交换器中预冷。沸点较低的氮保持为气态,起着载体介质的作用赋予氩粒子高速度。氮还起到稀释剂的作用,控制氩气溶胶粒子的粒径,并实现高膨胀率,以增强焦耳—汤姆逊(Joule-Thomson)冷却效应,同时降低氩的消耗。在需要精密清洁的应用中,如半导体基底表面,必须采用极纯的供应气体和极洁净的部件。在低温下,微量的分子杂质,如各种有机化合物可冷凝到气溶胶粒子中。低温冷却器可作为冷陷阱来清除冷凝的杂质。不过,有些污染物可穿过冷却器,成为

新的表面粒子沉积在敏感的基底上。可以获得达分子杂质 <1 ppb的高纯度氩和氮。这种高纯度供应气体可由高压气瓶或大容量气体系统以 >7 bar的压力供应。

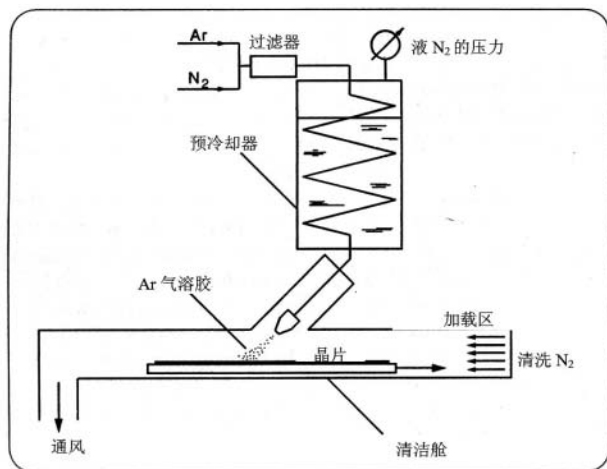


图 19.3 气溶胶喷射清洁系统流程示意图

预冷却步骤可以用图 19.4 的氩相示意图来演示其原理。虽然此图表明了纯氩的相态特性,但也可用来约略表示出当存在小比例的氮时气溶胶形成的过程。在低温冷却器中,氩/氮混合气体可预冷却到稍稍高于氩露点的温度。如果是含有 90%氩和 10%氮的混合气体,总压力为 5 bar,则氩的露点为约 105 K。不过,热交换器的温度也可以设在氩的露点,以在膨胀步骤前部分地液化氩。如将气体/液体的混合物输送到喷嘴,则能够得到最好的结果。

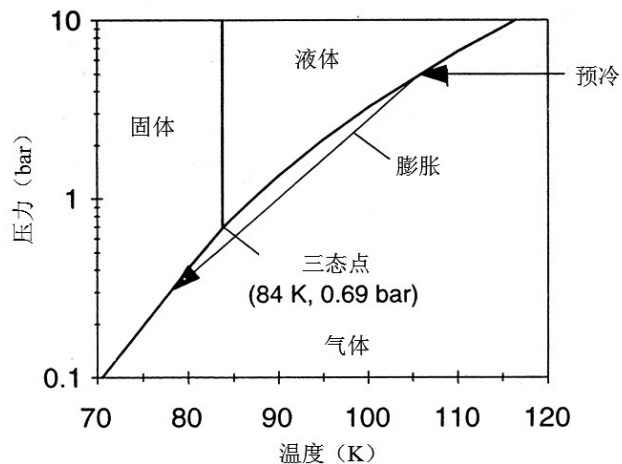


图 19.4 氩相态示意图

预冷却的混合物然后在自由射流中膨胀到较低的压力。相关的焦耳—汤姆逊(Joule-Thomson)冷却使自由射流中的微氩粒子冷凝并固化。如果膨胀过程处于氩三态点(0.69 bar, 84 K)之下,固体的氩粒子就会从

气相直接结核,如图 19.4 所示。如果膨胀过程在氩三态点之上,则氩在冻结为固态的氩冰之前先冷凝为液滴。

如果在低温冷却器中首先发生氩的液化,则通过随后在喷嘴内的雾化可能会形成氩滴。然后,这些液滴可能会在冲击表面之前,在膨胀的自由射流中的较低温度下先行冻结。实验研究表明,液压破解,泡腾喷溅,然后气流中的液体成分蒸发冷却是固体气溶胶束的主要来源。气流的照片显示喷嘴附近的液体成分的膨胀、破散,如图 19.5 所示。低温表面清洁中,固体气溶胶粒子好于液滴。固体(冰)粒子在碰撞中比液滴的变形要少,因此应向表面污染物实现更高效的能量传递。

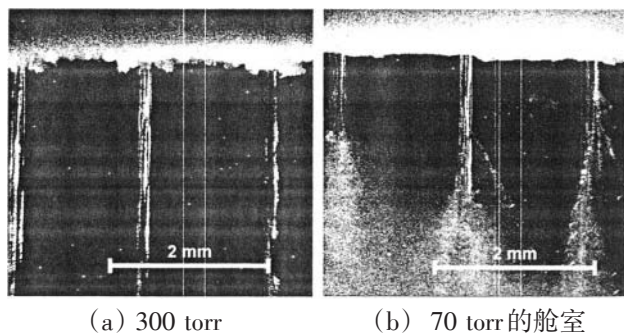


图 19.5 液体/气体混合物在喷嘴孔出现到进入压力为 300 torr 和 70 torr 的舱室

压力较高时,液体流由于流动的不稳定性而破散;而压力较低时,液体流似乎是由泡腾喷溅而破散。

19.3.1 对设备的要求

高纯度的氩和氮气体流先在一个联管箱中混合,产生特定的混合比率。一般使用质量流控制器来生成选定的氩/氮混合气体,然后在预冷步骤之前对混合气体进行微孔薄膜过滤。这种过滤器可使工艺气体的送气中仅有极低的微粒污染。低温冷却器的构成为一个压力液氮贮罐,内含浸没的送气管,如图 19.3 所示。沸腾的氮提供有可控恒温冷却介质。热交换器内的温度通过控制沸腾的液氮压力(一般为 2.40~4.7 bar)来设定。沸腾掉的液氮必须在清洁装置使用过程中再次补满。另一种冷却器的设计是,使用密闭循环低温制冷,而不用液氮。在此系统中,用一加热器和温度反馈来实现精密的温度控制。

在半导体清洁应用中,使用的是一个线性喷嘴,一般由一个静压箱和线性孔阵列所组成(图 19.6)。在要

求单一式通过的均匀清洁时,喷嘴的宽度可设为与基底等宽。孔的尺寸和间隔的选择要能够达到最大的清洁效率,最少的清洁时间,最少的气体消耗。例如,一种是将孔的直径设计为0.4mm,节距间隔3.2mm。喷嘴的方向为向受污染的表面有倾斜角(45°),并且距表面约有13mm的距离。已发现此距离能够提供充分的时间以在膨胀过程中形成气溶胶,并使各个射流在冲撞表面前汇合到一起。

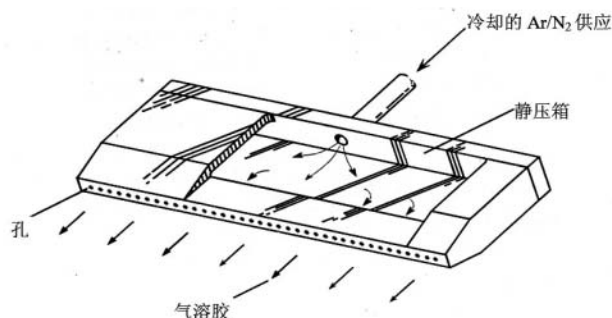


图 19.6 线性喷嘴切面图

喷嘴静压箱的条件一般为5 bar和~105K。在膨胀期间,混合物的压力大约降至0.07~0.69 bar的范围,自由射流温度降低于氩的冻结点,即 $\leq 84\text{K}$ 的相应温度(图19.4)。因此,基底在部分真空下暴露于低温气溶胶射流中。常用的膨胀气体压力为~0.07 bar。此真空产生的是一稍稍稀薄的大气,促进氩粒子通过界面层滑动到表面。例如,1 mm的球形粒子在0.33 bar下滑动校正系数比大气压力高~43%。这使得气体对粒子的减速阻力降低30%。这样提高了粒子的滑动,使得气溶胶粒子能够以更高的速度冲击污染物,从而增强了冲撞效果,因此倾向于提高清洁效率。事实上,实验测试已确认,在部分真空下能比在环境压力下更好地从氧化硅表面清除氧化硅碎屑粒子。不过,因气相有助于清除并排走脱离了污染物,一般不用低于~0.05 bar的膨胀气体压力。可在通风管线上放置一个快门型真空阀,对其进行调节以设定清洁舱上风向的压力。

这些操作条件要求在良好密封的真空舱内实施该过程(图19.3)。舱内的废液在流出清洁舱后,立即用电阻加热器再升温到接近环境温度。在低于三态点压力条件下的固态氩,则通过升华作用返回至气态。用配有少量氮排放流的无油真空泵来阻止污染物反流到清洁舱中。

基底在一载体上移动时,喷嘴保持静止。一般用

过滤了的高纯氮构成的吹扫气流,来形成从基底装载区到气溶胶射流的稳定流(图19.3)。此气流阻止脱离了的污染物回到基底装载区。因此,基底在从气溶胶射流中脱离出来后保持不受污染。环境温度的吹扫流还有助于从清洁舱卸载基底前将其再升温到环境温度。也可以用加热的载体使基底再升温,或用置于装载区的辐射加热装置进行再升温。

密封舱和移动机构使基底以受控方式均匀地接触气溶胶射流,密封舱还可防止冷却了的基底接触到可冷凝的周围环境物质。冷却了基底上的任何冷凝物都会再次污染表面。舱内部的几何形状设计得能使低温气溶胶从喷嘴中流畅地穿越过基底表面并至通风口,没有明显的混合或再循环发生。这种小心控制的气流形式使得脱离的污染物经由通风口的开口排出,不会在舱内不断聚积。这样又反过来防止了污染物再次大量沉积在基底表面。

在市场上销售的一个系统中,晶片在气溶胶清洁过程中被其邻近的加热的夹盘所加热。晶片的加热形成了载冰力,尽可能地减少了粒子脱离表面后的再次沉积。此外,可以加热舱壁来尽量减少清洁舱内脱离的粒子再次沉积。

已发现铝制的或不锈钢的清洁舱不需要采取热绝缘以维持气溶胶的形成。气体膨胀期间产生足够低的温度,可在自由射流中局部形成固态氩。在清洁舱内通常安装观察口来验证作业期间的气溶胶形成情况。

工艺监测主要是在系统各个位置上测量压力、流量和温度。表19.1列出了在一般清洁设备作业期间应该监测和控制的最小量。

表 19.1 受监测的工艺参数

测量的量	位置
流量	氩送气量,氮送气量,氮吹扫气体量
温度	舱壁、晶片夹盘、液氮冷却剂、再升温后通风气体
压力	送气(喷嘴静压箱)、清洁舱、液氮冷却剂

19.3.2 作业条件

表19.2中为一个200 mm硅晶片清洁系统的作业条件目录的举例。表19.3中为相同系统作业所需的各种动力清单。此系统所需的气溶胶流量和各种动力设施直接与基底尺寸成比例。例如,喷嘴宽度设定与基底相同,则所需的气体流量直接随着基底直径而增

加。当举例的系统清洗 200 mm 硅晶片时,在清洗周期中气溶胶作业~48 s。在此期间,预冷器中要求~1300 Watts 的冷却容量。清洗周期中,晶片沿每个方向在气溶胶喷嘴下方通过一次。此气溶胶接触时间与晶片每个方向上约 8 mm/s 的穿行速度相对应。

上述作业条件是说明性的,并且为产生希望的结果可以有很大的变化。清洗的强度可以通过调节气体混合比率或温度、喷嘴膨胀比率和表面暴露于气溶胶的时间来控制。例如,在实验性测试中,清洗舱压力变化在 0.05~1 bar 之间,氩/氮混合比率变化于 10:1~1:10 之间。最近,还开发出使用纯氮生成气溶胶的工艺过程。其他可以改变的有喷嘴设计、朝向和位置,以产生所需要的结果。

表 19.2 清洗设备作业条件

每小时清洗的晶片	50
清洗舱压力	0.33 bar
喷嘴静压箱压力	5 bar
喷嘴静压箱温度	105 K
气溶胶中氩的流量	450 l/min
气溶胶中氮的流量	45 l/min

表 19.3 清洗设备动力要求

清洗每片晶片用的氩	360 标准升, 5 bar
清洗每片晶片用的氮	36 标准升, 5 bar
清洗每片晶片用的液氮	0.5 l
通风	每分钟 500 标准升氩和氮, 0.33 bar
电	120 V, 2 相, 100 A
清洗设备占地面积	1.1 m x 1.6 m (1.7 m 高)

例子中的清洗系统要求的各种动力,包括压力为 5 bar 的高纯氩和氮,在现代化的半导体加工设施中一般都有。因在工艺过程中只用惰性环境气体,不要求采用通风气体洗涤或其他方式消除气体。但正常情况下以颗粒形式存在的脱开了的表面污染物,必须在排入大气环境中之前从惰性排放气体中分离出去。可用标准的排放控制程序,如过滤来进行这样的分离。

19.3.3 清洁系统

现已研制出硅晶片清洗用的各种实验性和商用的氩气溶胶系统,这些系统为手动加载装置,“盒至盒”设备或集群设备模块。每个自动化系统每小时能处理约 40—60 片晶片。直径达 300 mm 的晶片可由这些系统

处理。虽然一般是用液氮对送出的气流进行预冷,商用的也有用封闭循环的氮制冷机。这类制冷机在使用过程中不需要连续的液氮源。依系统设计、作业周期和送出的混合体配方不同,各种系统清洗每个晶片要消耗约 50~360 标准升的氩。

图 19.7 为一个手动加载的实验性设计图。该装置中的晶片载体由轨道和齿条致动器来移动,后者由计算机控制的步进电机驱动。这个系统包括有一个单独的负载锁定舱,内有一个 2000 W 的快速热加工(RTP)辐射加热器。一个闸阀把清洗舱和负载锁定舱分隔开。此系统可转换为自动加载的集群型设备。这种情况下,由负载锁定舱把清洗舱从设备的晶片运送中央平台隔开,平台则可以保持低得多的压力。

图 19.8 为一个使用氮制冷的盒至盒系统的俯视图。晶片运送机械手把受到污染的晶片放置在缓冲舱中的载体上,然后晶片从清洗舱内的气溶胶喷嘴下方通过。系统中的所有舱都有通风,无气体污染物,保持一个清洁、惰性的气体环境。图 19.8 中的系统使用一封闭循环的低温制冷器对送气进行预冷。这类系统中的制冷动力需要随着气体流量的增大而增加。为尽量减少所需的气体流量,沿着线性喷嘴置放较少的几个孔,孔的间隔较远。然后采用光栅式运动,即晶片在喷嘴下以锯齿形移动,而不是线性移动。这样,整个晶片表面在清洗过程中都接触到气溶胶。

一种商用系统有一项创新的方法,来提高清除污染物所用气溶胶的能量。采用双喷嘴工艺(图 19.9),氩气溶胶粒子在冲击晶片表面前加速至几乎达到音速。即气溶胶射流与第二条更高速的气态氮射流汇合到一起,使粒子加速。分隔开的氮气流没有必要进行预冷,在加速器的气体膨胀到清洗舱的较低压力过程中,可以实现足够的预冷。合流/分流的喷嘴设计可在加速器射流中实现超音速。在此系统中加速器喷嘴置于清洗舱中气溶胶喷嘴附近,然后,氩气溶胶在冲击基底前被夹带进更高速度的氮射流中。气溶胶粒子的动能随粒子速度的二次方增加。因此,气溶胶加速提供了一种手段,使碰撞期间传递到表面粒子的能量有极大增加。下面讨论的测试结果说明,用双喷嘴工艺可以清除粘附得更强的物质,包括指印、光刻胶层、铝薄膜和化学机械平面化(CMT)工艺浆液残留。因此,

气溶胶增速可提高低温清洗应用的范围。

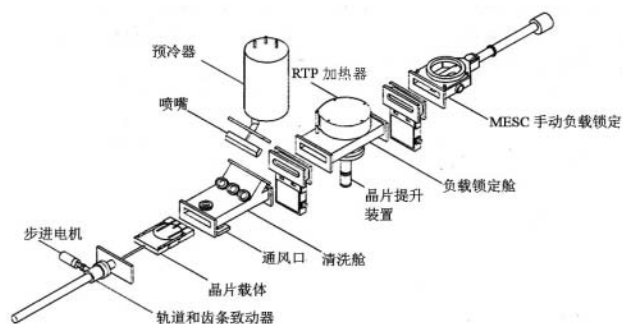


图 19.7 手动加载晶片清洗系统的部件分解图

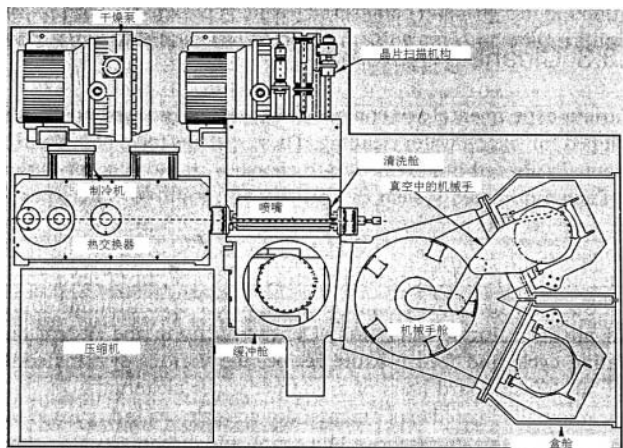


图 19.8 盒至盒晶片清洗系统俯视图

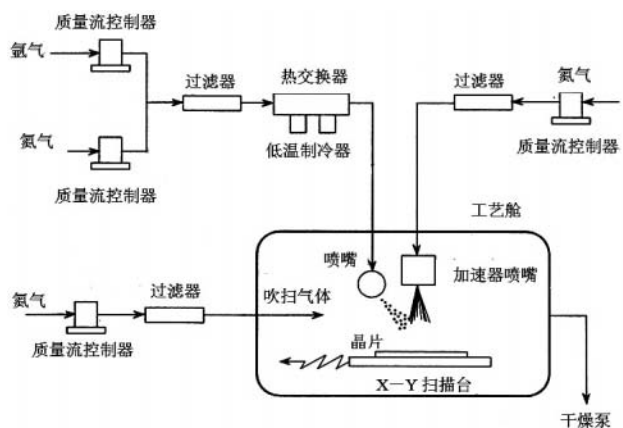


图 19.9 氮气溶胶加速射流清洗系统

另一种商用系统见图 19.10。虽然此系统的工艺舱和辅助支持模块仍是用集群想法设计的,但机械手是为独立作业而设计的。机械手设计成能容下两个工艺舱,为的是提高整体的产量,而不是进行顺续处理。因设备是独立运作的,因此不需要单一清洗工艺模式、真空负载锁定以及真空机械手。工艺舱通风至大气压力,在惰性氮吹扫下加载和卸载晶片。这样极大地减少了系统的费用,使晶片加载更快。与其他商用系统

的另一个不同之处是,喷嘴长度覆盖了整个晶片直径。这样只要对晶片进行线性扫描即可清洁整个表面。不过,要使生成的气溶胶射流能够通过整个晶片,就需要更高的气流量,这就增加了预冷器中液氮的用量。

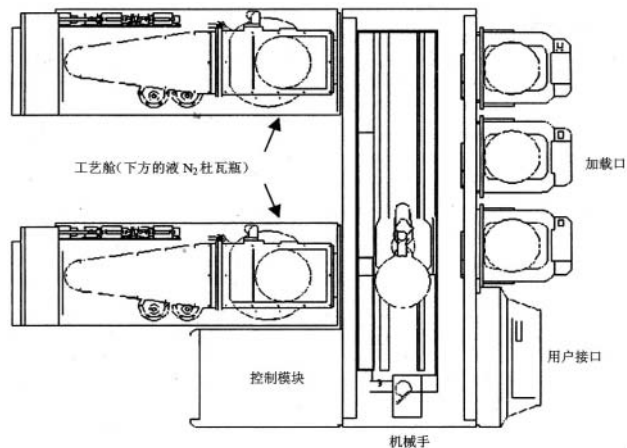


图 19.10 盒至盒式晶片清洗系统俯视图

19.4 费用

在确定对任何清洗应用最适合的方法时,必须对照其他因素权衡工艺成本,如清洗效率、产出、安全性、废物处理问题、对环境的影响、可用的清洗剂、空间和动力要求及易于实施等。氩气溶胶表面清洗需要专业的低温和真空硬件,但在半导体应用是有成本效益的。表 19.4 中为低温清洗 200 mm 硅晶片的大约费用。每个晶片的清洗总费用(US\$0.80 美元)与其他的晶片清洗工艺相当,如湿法刻蚀浸渍、刷洗和超声清洗。在考虑到液体化学处置的费用后,氩气溶胶清洗在经济上就更加具有吸引力了。而通过使工艺过程最佳化又能够进一步降低成本。例如,减少与气溶胶接触的时间会降低各种送气、冷却剂和电力的需求。因易耗品占清洗费用的最大部分,所以这类改进会极大地降低业主的成本。

表 19.4 200 mm 硅晶片低温清洗每片费用归纳

易耗品	US\$ 0.29
资金	US\$ 0.23
设施	US\$ 0.12
劳力	US\$ 0.11
废液损失	US\$ 0.03
维护	US\$ 0.02
总计	US\$ 0.80

19.5 有效性和应用

19.5.1 清洁动力学

在符合两个条件时,气溶胶射流可用来实现表面精密清洗。这两个条件是:1)必须达到使表面粒子实现再次漂浮的阈值,2)暴露于射流的时间必须足以清除粒子。可用简单的测试来测定气溶胶喷射清洁期间从硅基底表面清除粒子的量。图 19.11 为一个一般结果。Tencor 6200 晶片扫描显示受污染的硅晶片接触氩气溶胶射流前后情况。接触前,直径为 100 mm 的晶片表面分布有~ 3800 个 0.2 μm 聚苯乙烯乳胶球形粒子。清洗后,仪器仅检测到 53 个大于 0.15 μm 的粒子,相应的清除效率为> 98 %,表面粒子密度< 1 个粒子 cm^{-2} 。这样的清洗性能对一些晶片清洗过程来说是可以接受的。

上述测试提供了气溶胶清洗过程动能方面的信息。例如,我们可以假定均匀直径为 D 的气溶胶粒子与均匀直径为 d 的表面粒子相碰撞。给定的表面粒子遇到气溶胶粒子而受到碰撞的概率,取决于冲击给定表面面积 A_s 的入射气溶胶粒子的累积数目 N_i 。这一数目等于(1)冲击表面的气溶胶粒子通量及(2)表面暴露于气溶胶的时间的乘积

$$N_i/A_s = (\text{粒子通量}) \times (\text{暴露时间}) \quad (19-5)$$

如果表面上污染物粒子的初始数目是 N_0 ,则暴露于气溶胶后留下的表面粒子数目 N 由下面公式得出

$$N = N_0 \exp(-A_s N_i / A_s) \quad (19-6)$$

每个粒子对表面的有效冲撞面积 A_s 由 $p(D + d)^2/4$ 给出。在这些假定下,留下的表面粒子随着粒子通量及暴露于气溶胶的时间而呈指数下降。在一般工作条件下气溶胶粒子通量仍属未知。但在上述测试中,100 mm 晶片在气溶胶射流下方通过时间不到 10 秒。表面上给定点的总暴露时间不到 1 秒,但却清除了大于 98 % 的粒子 ($N/N_0 < 0.2$)。如果我们假定 $D \sim 1 \text{ mm}$, $d \sim 0.2 \text{ mm}$,则会发现在 1 秒的暴露时间内,冲击表面 N_i/A_s 的气溶胶粒子累计数目 N_i/A_s 至少为 $1.4 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ 。

这些测试证明,通过碰撞,氩粒子达到了清除聚苯乙烯乳胶表面粒子的能量阈值。测试还表明,冲击表面的气溶胶粒子数目,足以实现达到与亚微米表面粒子相碰撞的很大可能性。

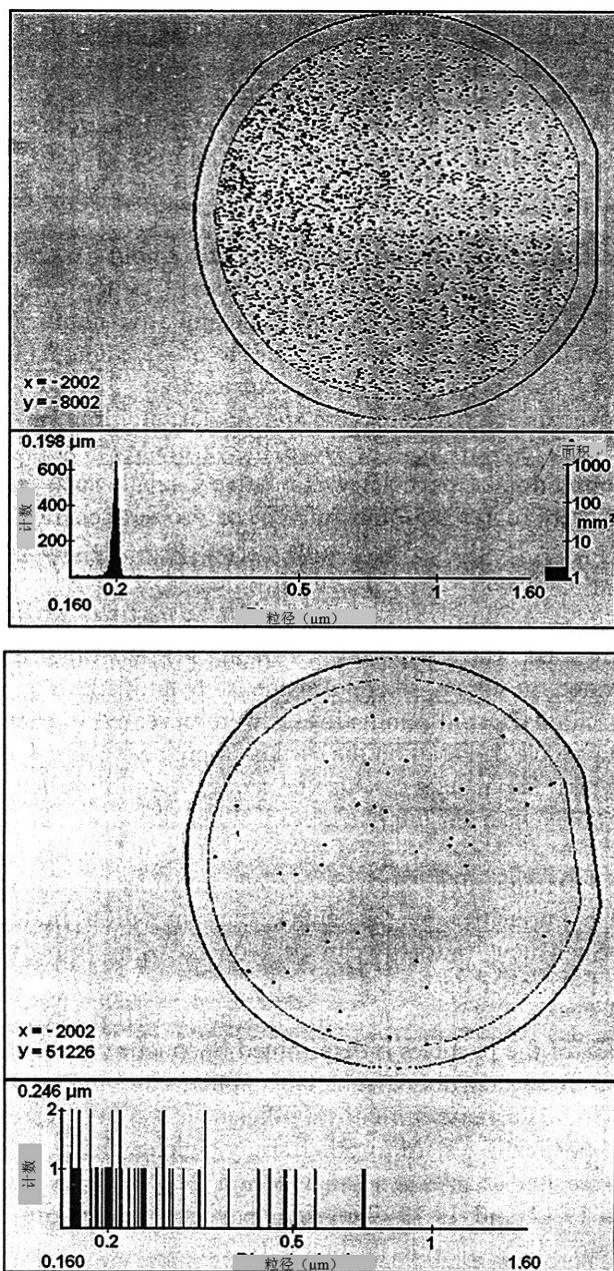


图 19.11 表明硅晶片暴露于氩气溶胶射流前(上)后(下)的科磊 Tencor 6200 晶片扫描

上述的表面粒子是球形的,粒径均匀,置于平坦的测试表面上。因此,这个粒子群体的粘附能量可变性相对小,这种测试粒子可能不会完全代表一些环境或工艺中产生的污染物。而在其他测试中,测试粒子的成分和几何形状是变化的。除了聚苯乙烯乳胶和玻璃微球外,还使用了形状不规则的氮化硅和二氧化硅粒子。这些受试粒子的粒径范围在 0.15~20 μm 之间,它们沉积在硅、二氧化硅、氮化硅和光刻胶基底上。每种情况下都观测到类似的快速清除率,清洗后表面的粒

子密度接近 1 cm^{-2} 。如果能够达到使粒子再漂浮的阈值,则环境或工艺中产生的粒子也能快速清除。当把初始为洁净的晶片暴露于氩气溶胶射流中,在 100 mm 的晶片上增加的新粒子不会超过 5 个。新的粒子可能源自清洗舱内微量的可冷凝杂质或微粒污染。这种新的“增加者”可通过提高工艺控制和舱的设计予以降低。

当达到粒子再漂浮的阈值(公式(19-3))时,可以通过动力方面的考虑来确定粒子清除率。例如,在一项研究中,使用了 41 nm 的聚苯乙烯乳胶小球体。对这些粒径极小的粒子来说,清除效率有些降低—— $1 - N/N_0$ 。另一项研究中,使用了粒径为 65 nm 的氮化硅和钨粒子,这些结果示于图 19.12 和 19.13 中。钨粒子比氮化硅粒子更难于清除。与采用标准清洗化学物质的湿法工艺相比,低温气溶胶清洗在清除最小的氮化硅粒子上清除效率稍低,但在清除最小的钨粒子上效率稍高。

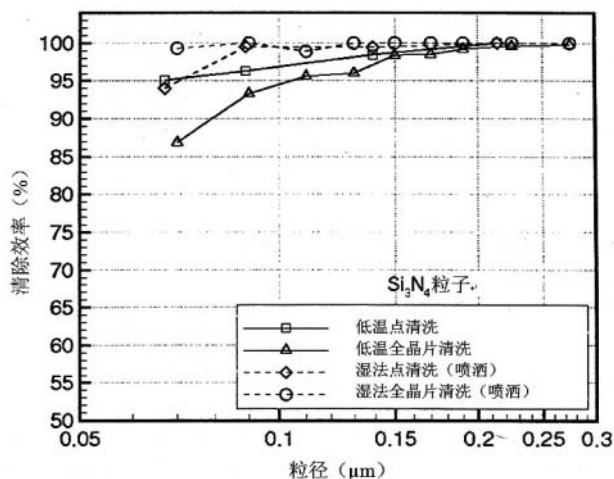


图 19.12

低温气溶胶清洗和湿法清洗工艺过程中,氮化硅粒子的清除效率是粒径的函数。术语“点”和“全晶片”系指粒子在晶片表面上的分布。

低温气溶胶清洗和湿法清洗工艺过程中,钨粒子的清除效率是粒径的函数。术语“点”和“全晶片”系指粒子在晶片表面上的分布。

如在 19.2.2 节中所述的那样,虽然一般情况下较小的粒子粘附能较低,但它们代表了较小的有效冲撞面积 A_c 。公式(19-6)表示的动力模型表明,这种小表面的目标在接触到气溶胶射流后仍能保留有较大的数

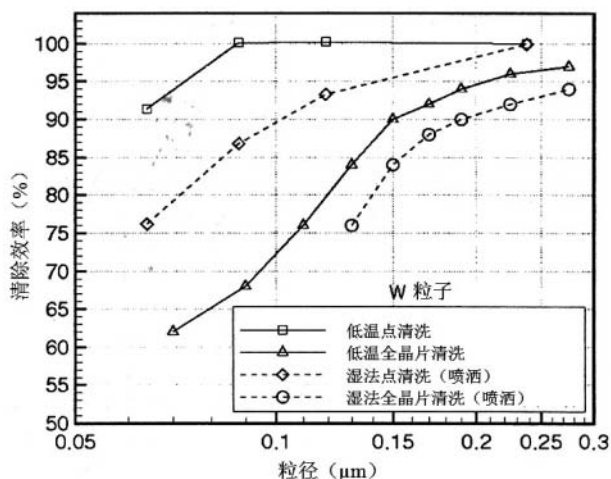


图 19.13

目。因此,彻底清除较小的粒子需要更长的接触时间、更大的气溶胶流量或更大的气溶胶粒子的粒径 D 。

19.5.2 清洗性能

图 19.14 显示的是在清除了集成电路的光刻胶后,它上面被刻蚀的铝线的 SEM 图像。如图 19.14 所示,线的顶部含有侧壁残余物以及顶部表面污染(围栏),并存有由刻蚀工艺所产生的大量氯副产品残余物。这类污染物会极大地降低整个集成电路的可靠性。经用氩气溶胶清洗后(图 19.14 下图),聚合物残余被清除,用离子色谱仪没有检测出氯。在生产环境中调查了不用化学物质而采用低温氩/氦气溶胶清洗刻蚀后的硅晶片,但却发现先进的刻蚀和灰化过程遗留下高度氧化的残余物,(通过刻蚀)化学粘结在铝线表面或介电表面。用氩/氦低温气溶胶不能去除这些紧密粘结在一起的残余物,因此它们要用某种程度的刻蚀才行。除了对刻蚀残余物的化学清洗外,低温气溶胶工艺也已在生产中用于清除表面上的碎屑,并极大地提高了装置的合格率。图 19.15 显示在电路图形工艺后被清除掉的缺陷。图 19.16 (a-d) 是缺陷图,表明 36 个晶片经过了电路图形工艺时产生的缺陷总和。低温气溶胶能够清除聚积的碎屑。

图 19.16 表明 3 个隔开的批次中 36 个晶片的缺陷总和。(a)为在第 3 级刻蚀前的基线工艺性能(平均 26 个缺陷/晶片),(b)为在刻蚀后的基线工艺性能(平均 29 个缺陷/晶片),(c)为第 3 级刻蚀前用气溶胶清洗的基线工艺(平均 25 个缺陷/晶片),(d)为在刻蚀后用气溶胶清洗的基线工艺(平均 7.8 个缺陷/晶片)。

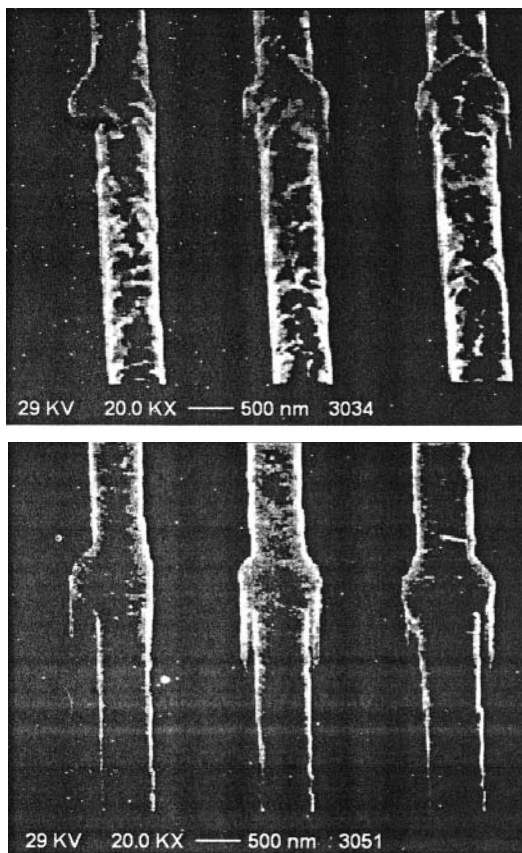
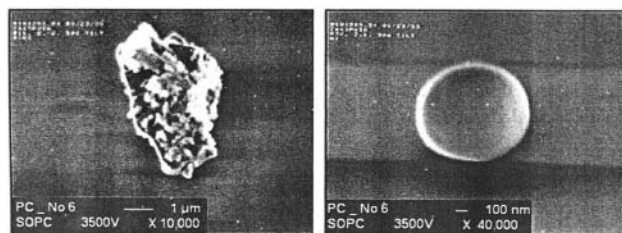


图 19.14 铝线在反应性离子刻蚀后暴露于氩气溶胶射流前
(上图)后(下图)的SEM显微图像



(a)二氧化硅 (b)铝粒子
图 19.15 电路图形工艺后晶片表面上一般缺陷的
SEM 显微图像

手印产生的小油滴更难于用氩气溶胶清除。因为其趋向于扩散,因此接触面积相对高,这类扁平液滴的粘附能超过许多工艺产生的粒子的粘附能。这种油性污染物可用溶剂清除,包括液态的二氧化碳。另外还可用前面描述的气溶胶加速器,提高气溶胶射流的清洗能量。图 19.17 表明一有了图形的晶片,上面的手印接触了加速气溶胶射流前(上图)和后(下图)的情况。此测试表明,可用加速器将射流能量调谐到足以清除紧密粘附的污染物、而又不会损坏脆弱的集成电路水平。

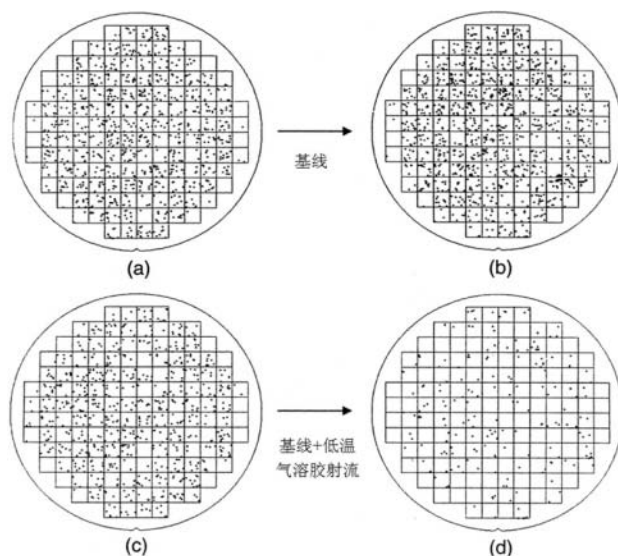
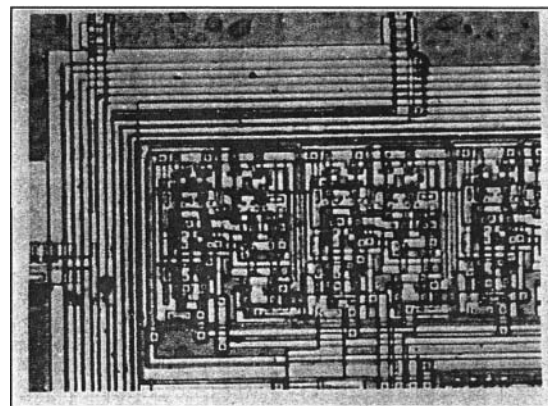
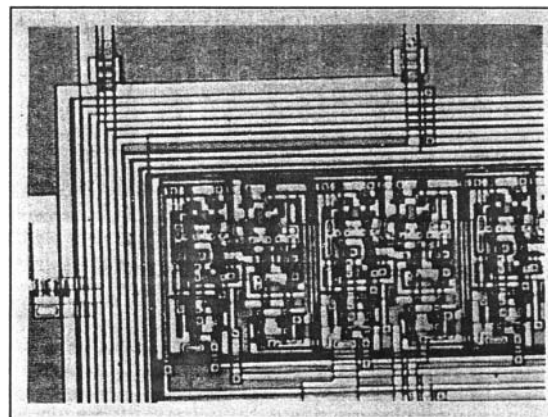


图 19.16 缺陷图



a 氩气溶胶射流前的光显微图像



b 氩气溶胶射流后的光显微图像

图 19.17 表明受到手印污染的带图形硅晶片在暴露于加速

氩气溶胶还能够清除硅表面上的一些微量分子污染物。表 19.5 为在一般的硅晶片表面接触标准清洗-1

(SC-1)(水/氢氧化铵/过氧化氢)溶液之前进行的总反射X-射线荧光(TXRF)测量结果。接触到SC-1溶液后,同一晶片表面上的硫、氯、钙、铬、铁、钴、镍、铜和锌的浓度大大升高。这些残余物对随后的加工工序和器件的性能都有不利的影响。暴露于氩气溶胶射流后,钙、铬、铁、钴、镍的浓度返回到接近初始的水平,氯的浓度降低了。气溶胶对硫、铜、锌的影响较小。受影响最大的污染物可能已成为粒子或沉淀物沉积在晶片上,并会更加有效地被气溶胶清除掉。因此,SC-1清洗之后降低残余物,可能是氩气溶胶表面清洗的另一个应用。

用氩气溶胶射流可清除掉刻蚀的表面内的微粒污染物。例如,亚微米的氧化硅碎屑粒子,曾被氩气溶胶从1 mm宽、6 mm深的氧化物沟槽内除掉;0.05 mm的聚苯乙烯乳胶球体被从直径为0.25 mm、纵横比为5的孔中去除掉。这些情况下清除的物理机理还未被理解。曾假设氩粒子以斜角接近,可能会有充足的动能弹入到微沟槽和孔中,如图19.18所示。因此,可能由于冲撞或被陷在沟槽中的氩粒子的迅速升华,接着是蒸气爆裂而使表面粒子被清除的。

硅晶片在平坦化(CMP)工艺后有很高的表面污染。污染包括有极大量的浆料,其中含有亚微米级的铝土或硅土研磨粒子,还有大量的来自平坦化的基底的残余材料。这类污染在晶片的进一步加工前必须清除。CMP后清洗一般是用湿法化学工艺。也曾发现氩气溶胶工艺也能清除硅晶片上CMP后的污染。不过,在CMP之后的清洁中,有必要用射流加速来达到高清除效率。在分开的测试中,0.05 mm的铝土和0.2 mm的硅土浆料粒子,都用加速气溶胶工艺从硅晶片上清除掉了。铝土粒子的测试结果见图19.19。在使用氮加速射流时,几乎达到100%浆料粒子的清除效果,舱内压力较低时的清除效率也很高。较低的压力趋向于产生固体氩,看起来是硬的,如同冻雨一样,而不是象绒毛和雪。研究还表明,较低的压力导致较小的气溶胶集束,较高的气溶胶速度(图19.20)。这第二个条件看起来会提高传递到CMP之后污染物的能量。图19.19还表明,氮气从晶片加载区的吹扫量较高时,趋向于更有效地从清洗舱中清除脱离下来的污染物,从而阻止了脱离下来材料的再次沉积,并提高了总的清洗效率。

表 19.5 硅晶片表面的TXRF数据

元素	SC-1 浸渍前 (原子/cm ² × 10 ¹⁰)	SC-1 浸渍后 (原子/cm ² × 10 ¹⁰)	气溶胶清洗后 (原子/cm ² × 10 ¹⁰)	清除率(%)
S	5.76	314	293	7
Cl	5.75	68.2	33.3	51
K	4.37	6.65	6.22	6
Ca	0	2.73	0	100
Ti	0	0	0	—
Cr	0	5.69	0.79	86
Fe	0.17	231	1.42	99
Co	0	32.8	0	100
Ni	0.08	1.05	0	100
Cu	2.28	312	284	9
Zn	1.60	24.1	21.1	12

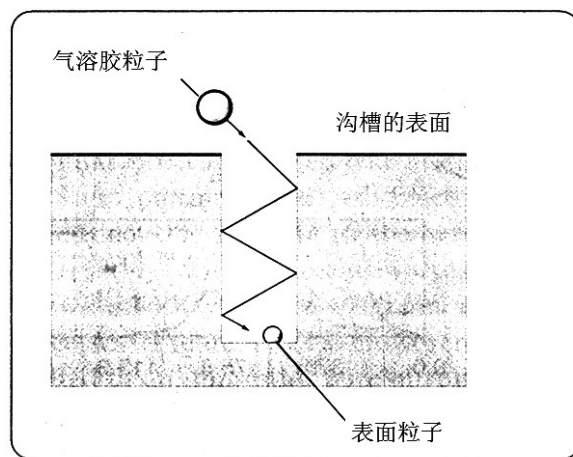


图 19.18 对刻蚀后表面可能的清洗机理

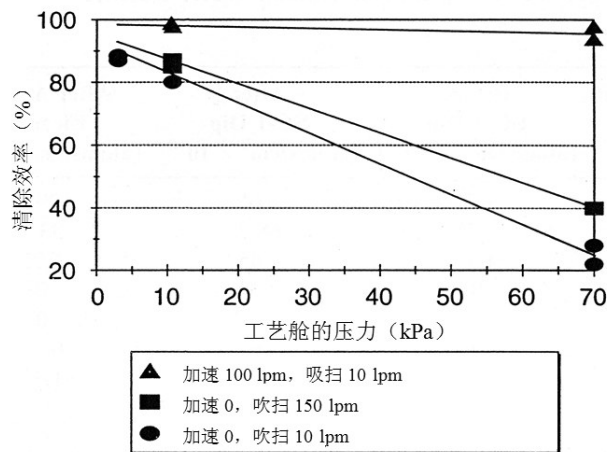


图 19.19 加速气溶胶对受到0.2 mm Al₂O₃ CMP浆料污染的晶片的清除效率(1 pm=升/分钟)

在生产环境中,将湿的覆有浆料的晶片,传输到干燥的真空低温气溶胶舱内是不切实际的。但在CMP之后的初始湿法清洗作业后所进行的最终粒子清除中,可以使用低温气溶胶工艺。

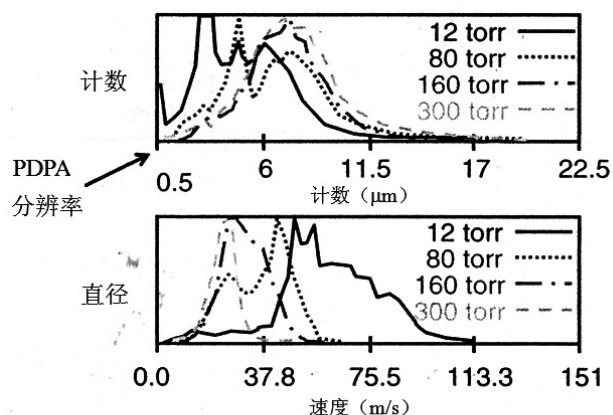


图 19.20 用相控多普勒粒子分析法(PDLA)为各种舱内压力测量的低温气溶胶之粒径和速度分布

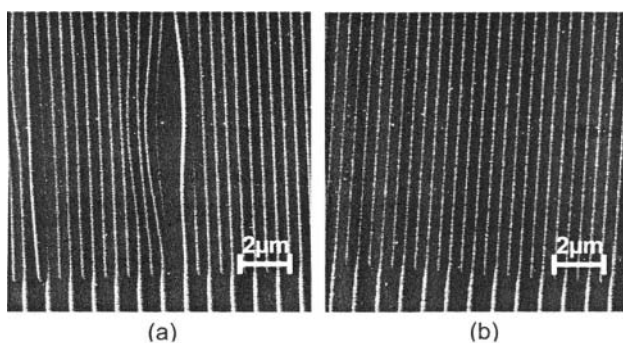


图 19.21 已制作出图形的低-k介电材料的SEM图像

图像显示出(a)高冲击力低温气溶胶工艺造成的电路损坏和(b)使用优化的低温气溶胶工艺后不再有损坏。

测试表明,氩气溶胶射流不会对裸晶片造成表面损坏。经检测,表面粗糙度、摩擦电荷的聚积都没有增加,也没有热诱导造成的损坏(包括沉积薄膜的损坏)的证据。气溶胶射流没有对敏感的低-k薄膜的介电常数有可测出的改变,清洗后也没发现表面疏水性有变化。

在1990年中期研制出的原工艺对0.25 mm的图形没有损坏,更先进结构的更窄器件对气溶胶工艺敏感。刻蚀的线宽<100 nm的多晶硅门电路结构图形及宽度<200 nm的低-k沟的侧壁,受到具有侵蚀性的气溶胶工艺的损坏(图19.21)。但最近经过对工艺的研发,已有改进了的纯氮气溶胶工艺,既保持高的粒子清除效率,又不会损坏这些敏感的晶片特征。确信消除了气溶胶分布的高能尾就排除了对特征的损坏。仅使用氮并且降低预冷却器中气体流的液化程度,就可实现这点(图19.21(b))。

19.5.3 应用

低温气溶胶工艺是为半导体应用中平坦表面(包括硅晶片)的精密清洗而研制的,低温清洗可用于清除环境粒子或工艺产生的污染物,有些应用在前面已经提到。已使用了氩气溶胶的特定工艺步骤包括:金属和介电(PVD和CVD工艺)的沉积前和沉积后,以及作为刻蚀后残余物清除工艺的组成部分,清除金属、多晶硅和介电层。例如,在光刻胶灰化后保留的如同面纱一样的残余物,可用氩气溶胶清除。气溶胶还可清除在溅射沉积后仍存的部分嵌入粒子。不过,因氩气溶胶粒子的动能相对低,最有效的清洗应用包括清除松散地粘附在表面的各种污染物。其中一类应用是在集成电路制造顺序的“后端”。由于已完成的工艺过程数目很大,芯片在后端具有很高的价值。但用电极探测完成了的微电路,会因暴露的电路上的金属粒子而降低合格率。在此阶段,传统使用的湿法清洗会损坏细微的金属互连线和集成电路的电极。但氩气溶胶射流可以清除金属粒子,却又不损坏器件,细微的金制导线没有受到损坏。加速的气溶胶有较高的动能,也可用于CMP工序之后清除紧密粘附的粒子和残余物。

在TEOS-沉积的二氧化硅介电与铝互联的图形生成后,低温气溶胶还在生产中用于清除表面污染。采用低温气溶胶极大地提高了合格率(图19.22)。

低温气溶胶在生产中的另一个应用是,在铜双金属镶嵌工艺之前。在CMP后的湿法工艺后,抛光的晶片可能仍有很多微粒污染,会影响下一个介电薄膜的整体性和随后的工艺。可在介电沉积前采用低温气溶胶清除这些限制了合格率的粒子。

低温气溶胶在生产中的另一个应用是,回收粘有破损晶片碎片的晶片。在生产作业中,偶尔会有晶片在加载锁定中因新沉积的薄膜的应力而破损,或在载片盒中因置放不当而破损。通常,这些晶片是处在不能使用湿法化学工艺清除粒子的生产顺序位置上。这些晶片必须废弃,对生产商成本很高。已表明有4000个或更多这类缺陷的晶片可用低温气溶胶清洗,效率可达99%,如图19.23所示。在采用低温气溶胶作为标准清洗作业的生产制造设施中,也已用此法来回收那些粘有破损晶片碎片的昂贵晶片。

随着工艺的发展,气溶胶的冲击力会更加受控,生产

(下转第48页)

ICS 17.220.99; 29.020

L06

备案号:

SJ

中华人民共和国电子行业标准

SJ/T XXXXX—XXXX

电子产品防静电包装技术要求

Technical requirements for electrostatic discharge protective
packaging of Electronic products

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
4 防静电包装分类	2
5 技术要求及测试方法	2
6 防静电包装使用要求	3
附录 A (规范性附录) 电子产品防静电包装防静电性能测试方法	7

前 言

本标准是按 GB/T1.1 的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国电子技术标准化研究院(CESI)归口。

本标准主编单位:深圳市亨达洋静电技术有限公司。

本标准参编单位:深圳市新纶科技股份有限公司、浙江三威防静电装备有限公司、苏州天华超净科技股份有限公司、东莞市常平大京九高聚物导电静电研究中心、东莞市德诚塑化科技有限公司、惠州市昌亿科技股份有限公司、深圳市百泉河实业有限公司、深圳市品创源实业有限公司、信息产业防静电产品质量监督检验中心。

本标准主要起草人:刘清松、赵光辉、廖志坚、管映亭、庄晓荣、王 珣、孔作万、王玉庭、杜崇铭、刘德龙、邵敬。

电子产品防静电包装技术要求

1 范围

本标准规定了电子产品防静电包装(以下简称防静电包装)的技术要求、测试方法和使用要求。

本标准适用于静电敏感产品在生产、储存、运输周转和使用过程中所涉及的防静电包装。

本标准不适用于电磁干扰/射频干扰/电磁脉冲环境中使用的包装,也不适用于燃烧爆炸危险环境中使用的包装。

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 15463 静电安全术语

SJ/T 10694 电子产品制造与应用系统防静电检测通用规范

IEC 61340-5-3 静电放电敏感产品包装的特性和要求(Properties and requirements classification for packaging intended for electrostatic discharge sensitive devices)

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1 静电衰减时间 static decay time

带电体上的电压下降到其起始值的给定百分数

(通常10%)所需要的时间。

3.1.2 表面电阻 surface resistance

在规定的通电时间后,施加于材料表面上的两个电极之间的直流电压与该两电极之间电流的比值,在该两电极上可能的极化现象忽略不计。

3.1.3 体积电阻 volume resistance

在规定的通电时间后,施加于一块材料的相对两个面上相接触的两个引入电极之间的直流电压和该两电极之间电流的比值,在该两电极上可能的极化现象忽略不计。

3.1.4 静电屏蔽 static shielding

通过密闭壳体 and/或采取接地排除或抑制静电场干扰的措施。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件

ESDS—静电放电敏感(electrostatic discharge sensitive)

EPA—静电放电保护区(electrostatic discharge protected area)

ESD—静电放电(electrostatic discharge)

SSD—静电放电敏感元器件(static sensitive device)

4 防静电包装分类

4.1 防静电包装的电阻性能

防静电包装按电阻性能分为:

- 导静电型。
- 静电耗散型。
- 静电屏蔽型。
- 绝缘型。

4.2 包装的屏蔽性能

静电屏蔽材料能够防止静电场通过和穿入。采用人体放电 1000V 模型时,这类材料制成的屏蔽包装能将耦合到袋子内部的静电能量衰减到 50nJ 以下或者感应电压 30V 以下。

4.3 包装产品的外形

防静电包装材料种类包括包装袋、包装盒、包装箱、注塑托盘、吸塑托盘、气泡垫、泡沫、疏松填充物、胶带、卷带包装、收缩胶膜、套管和可拉伸薄膜等。

注:低起电包装按用户和制造商协议要求执行。

5 技术要求及测试方法

5.1 防静电性能

5.1.1 防静电包装的电阻性能

5.1.1.1 导静电型包装的电阻性能

导静电型包装的表面电阻或体积电阻应小于 $1.0 \times 10^5 \Omega$ 。

5.1.1.2 静电屏蔽型包装的电阻性能

静电屏蔽型包装的屏蔽层表面电阻或体积电阻应小于 $1.0 \times 10^3 \Omega$ 。

5.1.1.3 静电耗散型包装的电阻性能

静电耗散型包装的表面电阻或体积电阻应在 $1.0 \times 10^5 \Omega \sim 1.0 \times 10^{11} \Omega$ 之间。

5.1.1.4 绝缘型包装的电阻性能

绝缘型包装的表面电阻或体积电阻应大于等于 $1.0 \times 10^{11} \Omega$ 。

5.1.2 静电屏蔽型包装性能

静电屏蔽型包装(柔性包装)内所允许的能量应 $< 50\text{nJ}$ 或者感应电压 30V 以下。

5.1.3 静电衰减时间

包装的静电衰减时间应 $\leq 2\text{s}$ 。

5.2 测试方法

防静电性能测试方法见附录 A

6 防静电包装使用要求

6.1 ESDS 产品防静电包装防静电通则

6.1.1 通过 ESDS 产品上的标识或供应商明确 ESDS 产品静电放电敏感度,确定 ESDS 产品防静电包装方案措施。

6.1.2 ESDS 产品应采用独立防静电包装。如其结构和组成复杂,不能采用独立防静电包装时,应采取等电位连接措施。

6.1.3 ESDS 产品所处的环境湿度越低,包装的防静电要求越高;湿度越高,包装的防静电要求越低。EPA 区域内比 EPA 区域外 ESDS 产品包装的防静电要求低。

6.1.4 对于 ESDS 产品,含 ESDS 产品的半成品(有空置连接接口),含 ESDS 产品的成品(无空置连接接口),对 ESDS 产品有影响的非 ESDS 产品,使用包装的防静电要求可按前述排序逐步降低。

6.1.5 在 EPA 区域外储存和周转 ESDS 产品时,应根据 ESDS 产品静电放电敏感度的要求,采取密封的静电屏蔽型包装或二层封闭隔离包装。

6.1.6 直接接触 ESDS 产品所用防静电包装,应采用内层为静电耗散型的包装。

6.1.7 使用多层包装存储、周转 ESDS 产品时,ESDS 产品、多层包装相互之间应尽量减少摩擦。

6.2 防静电包装结构要求

6.2.1 内包装:与 ESDS 产品直接接触或连接导通,应采用耗散型包装。与 ESDS 产品不直接接触或连接导通,可采用其它防静电包装。应尽可能避免与 ESDS 产品紧密接触摩擦产生静电。

6.2.2 中间包装:宜采用导静电型包装或静电屏蔽型

包装。

6.2.3 外包装:如进入EPA区域 应采用防静电包装。

如不进入EPA区域可采用绝缘型包装,不能影响本包装之外的其它ESDS产品。

6.2.4 内包装、中间包装、外包装可以是单独包装、分开的组合式包装,或它们的复合体。

6.3 EPA区域内防静电包装要求

6.3.1 EPA内使用导静电或静电耗散型包装。使用导静电包装时,应评估器件带电模型效应对ESDS产品可能产生的不良影响。可根据ESDS产品静电敏感度和EPA实际情况选择是否使用静电屏蔽包装。

6.3.2 EPA内所用ESDS产品包装应满足EPA静电防护要求。

6.3.3 ESDS产品包装结构的设计及使用应考虑操作方便。

6.3.4 EPA内使用内置ESDS产品的防静电包装运转作业时应尽可能接地。

6.4 EPA区域外防静电包装要求

6.4.1 EPA区域外ESDS产品的包装要求比EPA内要高。

6.4.2 未知敏感度的SSD, 应采用静电屏蔽型包装。

6.4.3 EPA区域外ESDS产品的包装根据ESDS产品静电放电敏感度的要求,应采取密封的静电屏蔽型包装或二层封闭隔离包装。

6.4.4 如果ESDS产品在现有包装使用条件下已有静电损坏记录,应提高包装的防静电要求。

6.4.5 如果环境有变化, 应对应改变包装的防静电要求。

6.5 静电源的防静电包装要求

静电源是指能产生或带有静电的材料、组件或元器件等,也可能包含电池、带电的电容器或其他带电体。进入或处于EPA内的静电源应置于静电屏蔽包装

内。当需要拆除包装时,应在离子风环境中进行。

6.6 包装的等电位连接

6.6.1 ESDS产品与其包装之间可通过接触等使其处于同一电位。

6.6.2 电子产品各部件之间可通过导线或连接器设置等电位连接,使其连接的电子产品处于同一电位。

6.6.3 可能互相影响的独立包装体之间通过导线或连接器上设置等电位连接,使各个独立包装体处于同一电位。

6.6.4 各等电位连接应接地。设置等电位连接时,先将ESDS产品上的电荷中和,以免造成带电器件模型损伤。

6.7 防静电包装力学性能

材料在生产和运输储存周转的过程中,应对力学技术指标严格把关。要求所有包装材料能有效保护电子元器件及其它硬件或软件产品,免受外来或储运过程产生的撞击、挤压等破坏力,同时要能承载和防范各种环境条件如:温度、紫外线、潮湿等引起的材料物理性能和力学性能下降。

6.8 标识

6.8.1 ESDS产品组件和整机警示标识

ESDS产品组件和含有ESDS整机的包装须有ESD警示标识,标识在醒目位置,以确保人员打开前知道内有静电敏感器件。警示图案见图1,标识颜色应采用黄底黑色。



图1 ESDS警示标识

6.8.2 防静电包装标识

此标识用于识别防静电包装,如图2所示,标识颜色应采用黄底黑色。



*为次级信息标识码:S: 静电屏蔽型、D: 静电耗散型、C: 导静电型

图2 包装标识

6.9 ESDS产品的处理、存放和转移时的包装要求

6.9.1 装有ESDS产品的防静电包装或容器只可在EPA内打开,防静电包装或容器在打开前,需放在接地的工作台上,与ESDS产品接触的表面须是静电耗散材

料的。如在绝缘材料表面处理,须使用离子静电消除器消除材料表面积聚的静电。

6.9.2 所有ESDS产品的收、发货都应该使用防静电包装,在收、发货过程中不允许在EPA外进行任何开封动作。

6.9.3 当任何时候在EPA内、外之间转运ESDS产品时,必须使用静电防护包装进行密封(包括使用屏蔽袋、防静电箱等)。

6.9.4 只有将ESDS产品封装在防静电包装内,才能暂时存放在EPA外;并应在防静电包装上使用ESD警示标识以提醒包装内物品是ESDS产品,不允许在EPA以外破坏包装、取出和操作ESDS产品。根据储存时间选择防静电包装防静电性能的时效,根据ESDS产品的结构选择等电位连接方式。

6.9.5 装有ESDS产品的防静电包装存放环境应符合相应ESDS产品的技术要求。

6.9.6 装有ESDS产品的防静电包装,在转移过程中应防止雨淋、暴晒、沾污和机械损伤。

附录 A

(规范性附录)

电子产品防静电包装防静电电性能测试方法

A.1 范围

本方法适用于电子产品防静电包装防静电性能的测试,包括表面电阻、体积电阻、静电屏蔽和静电衰减时间的测试。

A.2 表面电阻、体积电阻测试

A.2.1 表面电阻测试电极

电极组件(图A.1)由中心柱电极和同心环电极组成,由能够接触被测材料的导电性材料制成。用一块无锈的、无腐蚀的金属盘(非铝)作为校验电极,当施加

10V电压测试时,这种接触表面材料的体积电阻应小于 $1 \times 10^3 \Omega$ 。

A.2.2 体积电阻测试电极

由放置在被测材料的两个面上的电极组成(见图A.3),顶部的电极组件描述见A.2.1,图示见图A.1底部电极应为一个无锈、无腐蚀的(非铝)金属盘,并且足够大以支撑被测样品,并且应装配一个永久性连接端子(如插孔、铆接的端子)。

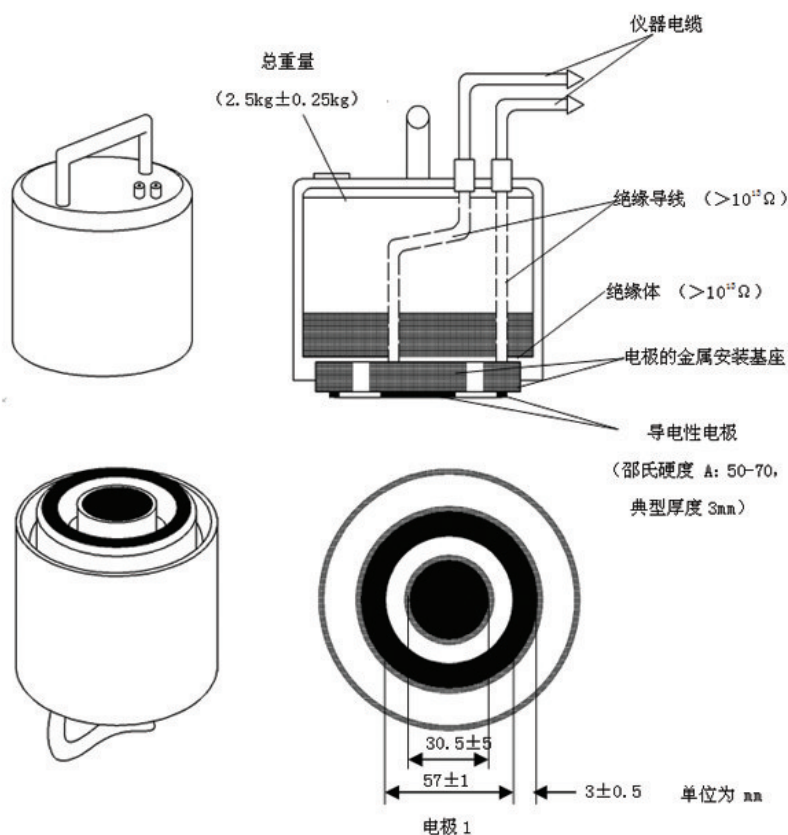


图 A.1 表面电阻、体积电阻测试电极组件

A.2.3 表面电阻、体积电阻测试程序

a) 将被测试样放置在环境温度为 $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$, 相对湿度为 $(12 \pm 3)\%$ 的环境中预置 48h。被测试样应放置在平坦的绝缘支撑物上进行测试, 施加 500V 电压时, 该绝缘支撑物的表面电阻应大于 $1 \times 10^{13} \Omega$ 。绝缘支撑物的大小应比被测样品的长度和宽度至少多 10mm, 厚度最小为 1mm。

b) 试样的几何形状最好是薄片状, 尺寸至少为 $80\text{mm} \times 120\text{mm}$ 或者 $\Phi 110\text{mm}$ 。如果无其他规定, 试样数量至少为 3 个。为识别被测试样表面, 试样应有清晰的标志。

c) 表面电阻测试时电极按照图 A.2 所示与仪器连接, 然后把试样放在绝缘台(架)上, 面朝上。把电极组件放在距试样边缘至少 10mm 的距离处。电极按照图示与仪器的两输出端进行连接。

d) 体积电阻测试时电极按照图 A.3 所示与仪器连接。先把底部的电极放到绝缘支撑物上, 然后把试样放上去。再把上面的电极放置到试样的大致中心上, 或者至少离边缘有 10mm 的距离。

e) 除非另有规定, 给仪器加载 10V 的电压, 15s 后记录读数。如果指示电阻小于 $< 1.0 \times 10^6 \Omega$, 记录结果, 并对下一个试样进行测量。如果指示电阻 $\geq 1.0 \times 10^6 \Omega$, 给仪器加载 100V 电压, 显示数值稳定后进行读数。

A.3 柔韧性包装袋静电屏蔽测试

A.3.1 测试原理

该方法可评估柔韧性包装袋的静电屏蔽性能。测量装置原理如图 A.4。

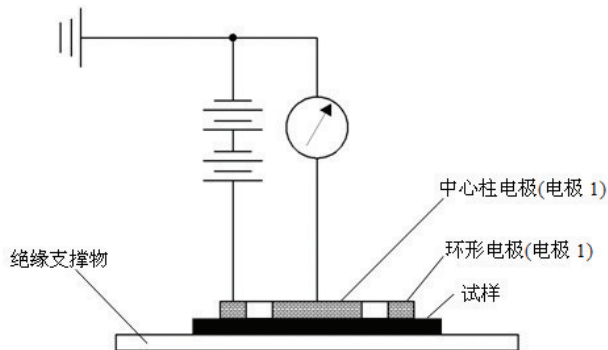


图 A.2 表面电阻测试连接方式

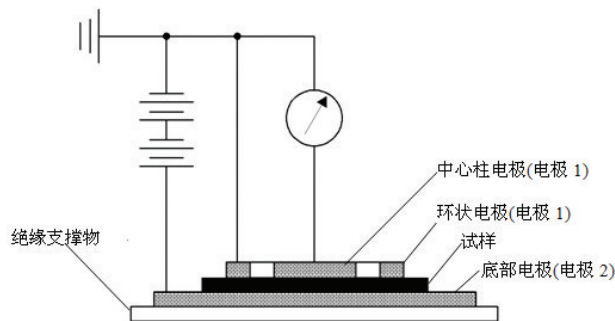


图 A.3 体积电阻测试连接方式

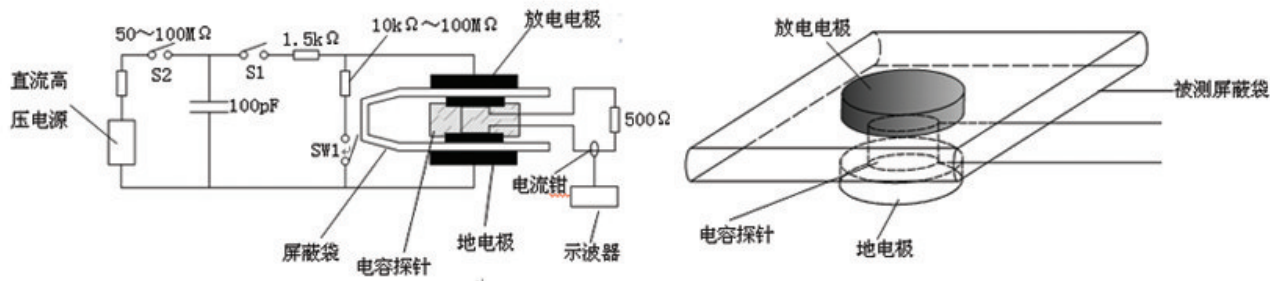


图 A.4 静电屏蔽测试

A.3.2 试样(袋)的尺寸要求

袋的最小尺寸不小于200mm×250mm,要有开口使电极能够完全装入。电极放进袋中的尺寸不小于100mm,并居中。对其他尺寸的袋来说,应该使电极放置在袋的中心。

A.3.3 测试程序

将待测试样放置在环境温度为 $(23\pm3)^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $(12\pm3)\%$ 的环境中预置48h,采用人体静电放电模型的静电放电模拟器(100pf , $1.5\text{k}\Omega$)并充电至1kV,通过包装袋外部的一对放电电极和地电极实施放电,包装袋内部放置8pf的电容探针,近场耦合接受进入包装的放电能量,测量部分采用阻值为 500Ω 的低电感金属膜电阻作为负载,用电流钳(灵敏度 $5\text{mV}/\text{mA}$)和示波器(带宽200M和采样率 $2.0\text{GS}/\text{s}$)测量通过电阻的电流,屏蔽包装袋的能量E按公式(1)计算。

(1)

式中:

E —屏蔽能量(nJ);

I_i —示波器采样的瞬时电流值(A);

t —为示波器采样间隔时间(s);

R — 500Ω 负载电阻。

亦可在袋子内部放置电压传感器($10\text{V} \sim 300\text{V}$),测试袋子内部的静电屏蔽电压值,按SJ/T 10694-2006的

方法进行测试。

A.4 静电衰减时间测试

将待测试样放置在环境温度为 $(23\pm3)^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $(12\pm3)\%$ 的环境中预置48h。把待测试样放置在充电极板上,并良好接触。在充电极板分析仪给极板上分别充正负1000V的电压后,断开仪器充电高压电源,记录极板电压衰减到正负100V电压时的时间。其示意图见图A.5。

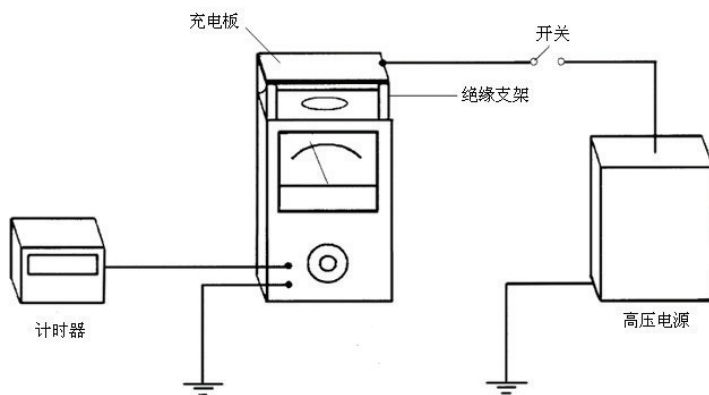


图 A5 静电衰减测试

参考文献:

1. ANSI/ESD S541 用于静电放电敏感产品的包装材料

第二十六届中国国际电子生产设备暨 微电子工业展览会 (NEPCON China 2016)

NEPCON展(NEPCON China 2016),即中国国际电子生产设备暨微电子工业展览会,是促成本行业企业商业机会的重要展会之一,也是众多会员企业参加的展会之一。

展出时间:2016年4月26日--28日

展出地点:上海世博主题馆1号馆,上海国展路1099号

参展费用:9(3×3)平方米标准展位:2.4万元/个;

为使参展会员企业的利益得到保证,协会与〈NEPCON〉展主办方之一《电子贸促会》签订了如下合作协议:

- 1、确保通过协会报名参展的企业展位费同馆最低;
- 2、电子贸促会与协会联合举办技术论坛、专区策

划、印制展会特刊等多形式的专区宣传推广活动。

电子贸促会(展会主办方)为参展单位印制会刊,协会为参展单位免费印制展会特刊,并向参展人员及会员单位免费发放。

请各参展单位将本单位宣传资料制作成单幅彩页(1、文字 word 文件;2、照片 JPG 文件、分辨率不低于300)发送到协会邮箱。

报名电话:010-68647410

传真:010-68647410

联系人:孙冰,李彬

Email:156097964@qq.com,

42643984@qq.com,

chinaesd@chinaesd.org.cn

网站:www.chinaesd.org.cn



新会员单位介绍



北京华泰铭鑫管业有限公司

北京华泰铭鑫管业有限公司(BMT)是集生产、研发、出口贸易为一体的综合性企业,位于北京市密云区。下设北京铭华杰信进出口贸易有限公司,专业从事各类冲压件、机加工件的生产及销售,主要产品有活动地板支架、钢管接头等。产品主要销往日本、美国、加拿大等国家。公司以过硬的产品质量、先进的生产设备、成熟的生产技术、完善的生产管理和严格的质量控制,一直为客户提供优质的产品,为公司赢得了极高的信誉。

多年以来,活动地板支架作为我们出口产品的主营方向,凭借着我们高效的生产技术和稳固的产品质量以及一如既往的服务理念,同样的价格比质量,同样的质量比价格,深受国外用户的认可和支持。与此同时,我们也一直希望与更多的国内活动地板厂精诚合作,携手共赢,集研发、生产为一体,满足更多高品质活动地板支架的需求。同时,我们独家代理了日本知名品牌防静电活动地板,竭诚欢迎新老客户前来洽谈、合作!

多年的历练,BMT拥有始终如一的质量体系(ISO9001:2008)和完善的QA、QC团队,成功的打造出20年来产品质量零缺陷的伟大成就,为公司的可持续发展奠定了坚实的质量基础。

我们专注于“BMT制造”,追求高品质、高工艺水平的产品。长期以来,我们的主打产品活动地板支架、钢管接头的制造工艺精益求精,极大地提高了我们在国内外市场的影响力和竞争力,产品和品牌广为流传,充分的发挥了“BMT制造”的品牌效应。未来几年,我们将服务于更大的客户群体,“BMT制造”将走向世界!

“更可靠,更高效,更便捷”是我们一直以来追求的目标。我们将用更高效的生产,更便捷的服务,为客户提供更可靠的产品。用诚信的纽带携手,用梦想和激

情将希望点燃,让我们共铸辉煌!

“BMT制造”——更可靠,更高效,更便捷!

地址:北京市密云区新北路21号银河花园36-16

电话:010-69072131

传真:010-69087966

邮箱:Louis@bmt-manufacturing.com

网址:www.bmt-manufacturing.com

联系人:刘强

手机:18001358383

常州市环宙防静电有限公司

常州市环宙防静电有限公司,地处常州市东南方向,紧邻312国道,交通极为方便。本公司是研制、开发、生产防静电系列产品及净化制品的专业厂家。占地面积1万平方米,企业员工100多人,其中专业技术人员25名。主要产品有:PVC永久性防静电塑料地板、PVC地板、防静电活动地板、OA网络地板、防静电焊条、地板蜡及净化系列产品。目前,本公司PVC永久性防静电地板年产量能力30万平方米,防静电活动地板20万平方米,PVC永久性防静电地板是以PVC为主体经特殊加工工艺研制而成,是一种外观似水磨石状的高级地面装饰材料,具有耐磨、耐用,防静电持久、耐腐蚀、发尘量低等特点,各项性能指标经信息产业防静电产品质量监督检验中心测试,已达到或超过国外同类产品水平。

PVC永久性防静电地板,主要应用于电子计算机房、净化室、程控交换机房、电子仪器制造业、微电子工业的生产厂房,无菌室、中央控制室等生产场所要求净化、防静电的地面装修。

优质产品必须要优良技术服务来配合,从专业生产、专业销售、技术服务到专业施工,我们都本着与顾客并肩前进的原则,对国内电子科学技术做出贡献。“环宙”的经营宗旨是:“以市场为先导,以质量求生存,以信誉求发展,以服务求完善”,与时俱进,广交朋友,

与国内外客户共谋发展。

地址:江苏省常州市戚区潞城上濮村98号

电话:0519-88407883

传真:0519-88862838

邮箱:2984100494@QQ.com

网址:huanzhoufloor.com

沈阳华兴防爆器材有限公司

沈阳华兴防爆器材有限公司成立于1993年7月,位于沈阳市于洪红沙街6号,占地面积13320平方米,建筑面积近12000平方米。公司是专业生产防爆器材的技术企业。

公司拥有职工412人,大专以上人员154人,占公司全体职工比例的48.2%,技术部人员36人,专门从事研发的科技人员54人,占公司员工比例23.5%。2014年公司总资产2232万元、资产负债率42%、销售3044万元、利税255万元。

公司的主营业务为防爆电器产品开发、生产、销售。其产品主要有防爆电器,防爆灯具,电梯光幕,静电消除器等。现已获得国家质量监督检验检疫总局受理的生产许可证,于2003年通过了英德尔质量管理体系认证中心的审核,取得符合ISO9001—2008质量管理体系标准的认证证书。2010年又通过英德尔质量管理体系认证中心审核,取得符合ISO9001A—2008质量管理体系标准的认证证书。公司在国内首先突破了粉体静电消除关键技术,是国内唯一能批量生产达到国际同类产品水平的粉体静电消除器的厂家。公司现年产高新技术产品人体静电消除器、粉体静电消除器千余台。公司主导产品粉体静电消除器具有重量轻、耐腐蚀、安全性能好等技术特点,可广泛应用于石油、化工、煤炭等领域,被沈阳市经信委确认为科学技术研究成果。公司于2013年新投资项目静电消除器,是目前世界各国争相发展的方向。公司同时承担着流体静电消除器研制,特别是在超薄、超高压的柱型、球型和环型压力容器内静电消除器制造上已经取得了重大成功。

公司具有较强的技术开发能力、组织协调能力以及市场开拓能力。为了摆脱我国静电消除检测产品严重依赖进口的局面,促进我国具有自主知识产权的相

关技术与工艺的发展,公司以静电传感器为主要研究对象,研究这些静电材料的组织结构、制品和加工工艺及其与性能之间的关系。不断为静电消除事业的发展和国民经济建设提供有价值的成果。

地址:沈阳市于洪区红沙街6号

邮编:110144

电话:024-89365181/89365191

传真:024-89365158

邮箱:hxfb@syhxfb.cn

网站:www.syhxfb.cn

常州朗逊防静电地板有限公司

常州朗逊防静电地板有限公司是一家以出口型为主的集设计、制造、销售、施工为一体的专业活动地板制造商。

本公司占地面积约20000平方米,员工100余人,其中技术人员20人,产品涵盖全钢防静电高架活动地板、OA网络架空地板、净化房专用PVC活动地板、防静电通风活动地板、硫酸钙复合活动地板、高密度复合活动地板、铝合金地板、瓷砖面架空活动地板,其中活动地板年生产能力约50万平方米。本公司为工业和信息化部认证企业,产品质量由信息产业防静电产品质量监督检验中心认可,并由中国电子仪器行业协会防静电装备分会颁发了“工程资格认证证书”。

公司自成立以来,不断生产出了与国际水准同步的高品质地板,为世界各地客户带来不断更新、改良的产品,已成为国内外架空地板行业知名生产企业之一。

公司大力发展国内及海外销售业务,采取各种灵活有效的营销手段,向客户展示了朗逊公司及产品的良好形象。从活动地板生产至今,本公司已承接并完成近千项国内机房架空活动地板工程,逾百万平方米地板供货及施工。同时,公司积极融入全球经济发展,积极拓展海外业务,产品已远销美国、俄罗斯、巴西、阿联酋、西班牙等多个国家和地区,目前出口额已占公司总销售额的70%。

跨越新世纪的朗逊地板公司将一如既往,开发和制造一流的产品,吸引和培养一流的人才,打创和完善一流的服务团队,建立和发展一流的企业文化,迎接新

时代,挑战新未来!

地址:常州市横林镇横玉路292号

邮编:213103

电话:0519-88788280

传真:0519-88781019

邮箱:wayne@bertasman.com

网站:www.btsmfloor.com

长沙市恒安防静电工程安装有限公司

长沙市恒安防静电工程安装有限公司,位于湖南省浏阳市,主要从事1.1类危险品工房防静电设备的安装、防静电设施检测、防静电劳保用品的销售。有员工30多人。

目前公司有10位工作人员持有由国家安全生产中心颁发的防静电检测标准培训合格证,有地质勘查工程师1名,有专业电工1名,有最先进的静电检测仪器5台,能进行1.1类危险品工房的防静电检测和防静电设备的安装。

“安全第一,可靠放心”是我公司的办事宗旨,目前我公司已在浏阳为多个烟花爆竹企业进行了防静电设备安装,经过国家烟花爆竹检测中心检测全部合格。我公司将再接再厉,致力于打造成为1.1类工房防静电设备专业安装公司。

地址:浏阳市集里办事处花炮大市场5区2栋54-55号

邮编:410300

电话:18607314359

邮箱:260125534@qq.com



浙江豪丰科技有限公司

浙江豪丰科技有限公司地处温州洞头县大门镇,是经营防静电、地坪、普通直流坪、涂装于一体的新型科技企业。

多年以来,防静电、地坪、普通直流坪、涂装一直作为公司的主营方向,并且拥有多家单位、多项工程的实际施工经验。公司拥有一支专业施工队伍和行业领先的专业施工器材,以保证工程施工的优良品质、优良的工程质量。拥有严谨完善的《生产品质控制系统》和

《施工管理规范》,对产品及工程质量严格把关。同时,对本公司施工工程出现的所有问题进行跟踪服务,保证一流的售后服务。也因公司承接工程竣工及时、质量优良、服务周到,深受广大用户的赞誉。

我公司以“诚信经营、精心施工、科技先导、环保创新”为企业精神和经营理念;以“用户至上、质量为本”为首要指导原则。

竭诚欢迎广大新老顾客前来洽谈、合作!

地址:浙江温州大门镇镇中路18号

邮编:325011

电话:0577-86615038

传真:0577-86625677

联系人:郑碎松

手机:18635151333

邮箱:zjhaofengkeji@163.com

山东汇联活动地板有限公司

山东汇联活动地板有限公司由常州市汇丽活动地板有限公司投资建设,总投资5亿元,注册资金2000万元,占地100亩,总建筑面积42900平方米。主要生产硫酸钙板基材和硫酸钙活动地板,设计生产能力为年产硫酸钙板150万片;二期工程投资3亿元人民币,主要建设钢板地板全套生产线,并把常州的硫酸钙板生产线搬迁至平邑。该项目主要生产智能化楼宇OA全钢活动地板、机房专用全钢防静电活动地板、净化房专用PVC活动地板、防静电通风活动地板、硫酸钙复合活动地板、高密度复合活动地板、铝合金地板,产品主要销往上海、北京、深圳等大中城市,并出口美国、德法国、阿联酋、香港等国家和地区。

我们尊崇“踏实、拼搏、责任”的企业精神,并以诚信、共赢、开创经营理念,创造良好的办公环境,以全新的管理模式,完善的技术,周到的服务,卓越的品质为生存根本,始终坚持用户至上、用心服务于客户,坚持用自己的服务去打动客户。欢迎各位来参观指导工作。如果您对我们的产品感兴趣或者有任何的疑问,您可以直接给我们留言或直接与我们联络,我们将在收到您的信息后,第一时间及时与您联络。

地址:山东省平邑县东城项目集聚区

邮编:273300

电话:0539-4375106

传真: 0539-4375102

邮箱:sdlhddb@163.com

沈阳沈一通路地板有限公司

沈阳沈一通路地板有限公司是一家集专业设计、制造、销售、安装为一体,并率先通过ISO9001国际质量体系认证、ISO14001环境体系认证的企业。公司成立初期就与多家著名品牌地板公司建立了长期合作关系,不断生产出与国际水准同步的高品质活动地板。为全国各地客户带来不断更新、改良的产品,成为国内架空地板行业知名生产企业之一。

公司主要产品有机房专用全钢防静电地板、HPL面防静电地板、瓷砖面防静电地板、防静电通风地板、硫酸钙防静电地板、铝制防静电地板、智能化楼宇OA全钢网络地板、净化房专用PVC防静电地板、硫酸钙网络地板、高密度防静电地板、高密度网络地板。

公司具有专业的防静电活动地板试验室,可独立

完成活动地板的集中载荷测试、滚动测试、冲击测试、防静电性能等项目的测试。产品严格通过美国CISCA标准、英国MOB标准的测试,质量由信息产业防静电产品质量监督检验中心认可。

二十余年来,公司用产品质量塑造了“沈一”牌防静电地板在同行业内的领先地位。产品在生产过程中,每一块地板都有“沈一”标识,确保产品质量。沈阳沈一通路地板公司真诚期待与国内每一位客户的合作,共同开拓静电地板行业的新篇章。

地址:沈阳市皇姑区牡丹江街27号

电话:400-024-0344

传真:024-86376236

邮编:110034

网址:www.sytl-floor.com

联系人:邵经理

电话:13309888720

邮箱:1273488468@qq.com

(上接第34页)

中正在实施对已具有图形特征的晶片实施的新清洗应用。

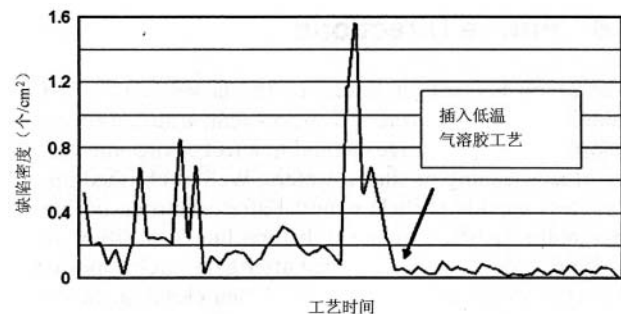


图 19.22 将低温气溶胶工艺融入到生产线中后,在线TiN屏障缺陷密度(数目/cm²)对应秒有极大降低的趋势图

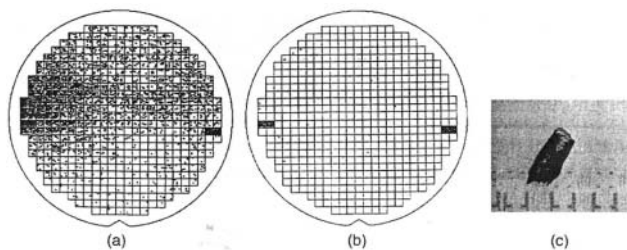


图 19.23 缺陷图

从金属图形的晶片上清除破损的晶片碎片(a)晶

片初始时有4284个缺陷(b)低温动力清洗使缺陷降低99%以上,只剩下13个缺陷(c)经10倍光学放大的一般硅缺陷(粒径~2mm)。

19.6 未来方向

氩气溶胶射流是从表面清除污染的一个最新方法。此低温工艺最初是作为对硅晶片进行符合环保的表面干清洗方法而研制的。其成熟的应用包括:对完工的集成电路实施电极探测后进行粒子清除,铝互联孔的线沉积前对粒子的清除,对门电路叠层沉积工艺后的粒子进行清除和对金属刻蚀清洗后残留的粒子进行清除。近来发现的应用包括铜清洗和低-k介电表面清洗。

氩/氮气溶胶表面清洗还有进一步发展的余地,可减少送气和能耗,提高清洗效果,降低设备成本而获得进一步改进提高。这类改进可扩大此工艺的应用范围。氩气溶胶射流在平坦基底半导体清洗应用和非半导体应用中,有更多的用处。加速了的气溶胶射流、或能提高射流中气溶胶粒子的动能或流通量的其他方法,对提高氩气溶胶的清洗效率是有益的。最后,进一步改善系统硬件,使设备简化,会进一步降低业主的成本。

本论文由中国电子学会洁净技术分会提供。