

中国防静电

JOURNAL OF CHINA ESD CONTROL

| 防 | 静 | 电 | 权 | 威 | 传 | 媒 |

中国电子仪器行业协会防静电装备分会主办



4 | 2020
总第111期

ISSN 2220-8186



MFE

SINO POLYMER
华昌聚合物

华谊集团属下企业

华东理工大学华昌聚合物有限公司

CATEGORIES

海工涂料 / 鳞片胶泥 / 重防腐涂料 / 环氧磨石地面 /
环氧彩砂地面 / 艺术彩绘地面 / 无溶剂工业地坪涂料 /
水性聚氨酯墙面涂料 / 水性聚氨酯地面涂料 /
水性环氧涂料地面 / 系列水性环氧涂料墙面系列

国产十佳地坪地面奖

中国防静电机房工程专家工作站驻站企业

2018年度中国地坪行业品牌二十强

防静电、洁净涂料系统

ANTI-STATIC COATINGS, CLEAN



企业研发中心: 上海市龙吴路4600号综合楼

电话: 021-64252467

传真: 021-64253983

邮编: 200241

企业生产中心: 上海化工区目华路130号

电话: 021-67120007

传真: 021-67120989

邮编: 201507

创新提升品质 确保客户满意

Using innovation to drive quality and customers satisfaction



江苏华静成立于1993年，
专业生产、设计、研发防静电
地面材料的专业化工厂，占地面
积6万平米。以精立业，以质取
胜，优质的产品，完善的售后
服务，与广大用户
携手并进。

- 中国防静电装备分会会员单位
- 《防静电贴面板通用技术规范》参编单位
- 中国防静电地板施工标准参编单位
- 中国防静电装备品牌企业
- 专业研发生产同透防静电地板30年
- 中国弹性地板行业十大品牌企业



同质透心防静电PVC卷材



同质透心防静电PVC块材



同质透心商用PVC卷材



江苏华静地板科技有限公司

电话：0519-88783211

手机：13901503201

中国弹性地板生产基地

地址：江苏省常州市横林镇西工业园

网址：www.floor.cn

1997 年创刊
2020 年第 4 期 (总第 111 期)
出版日期 2020 年 12 月 30 日

主管部门: 中国电子仪器行业协会
主办单位: 中国电子仪器行业协会
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
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 姜冠雄
主 任: 谭慧新
副 主 任: 邹 勇
编 委 会: 孙延林 谭慧新 孙可平 王大千
欧阳吉庭 刘全楨 王晓东 宋竞男
王荣刚 李杰 胡树 邹勇 陈增久
主 编: 张海萍
编 辑: 陈增久 吴秀婷 孙 冰
美 编: 王洁莲 李 彬
编辑部地址: 北京市石景山区万达广场
CRD 银座 B-1429 室
邮政编码: 100040
电 话: (010) 68647410
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

协会动态

- 6 《防静电工作台、座椅通用技术规范》行业标准审查会在京召开
- 6 《防静电贴面板通用技术规范》标准宣贯会议在江苏常州召开
- 7 华东地区第二期 ESD 工程师、防静电质量体系内审员培训班圆满结束
- 8 中国电子仪器行业协会防静电装备分会华南培训基地第二期 ESD 工程师及内审员培训圆满结束

学术探讨

- 9 传输线脉冲 (TLP) 对 GMR 记录磁头的 ESD 失效试验研究
蔡利花 孙可平
- 13 静电防护区内人员静电防护手段研究
王荣刚 陈静中

技术应用

- 17 半导体厂超级洁净室的化学气态分子污染及化学空气过滤器介绍
黄宝川

技术讲座

- 23 离子化静电消除器及其使用
孙延林

产品介绍

- 33 浅析导电银浆
胡 树

材料市场分析

- 44 压敏胶带行业概况及市场分析
胡 树

工程施工

- 49 防静电耐磨地面的接地锚固技术
于会春 黄利生

会员之家

- 51 会员单位介绍

年度总目次

- 55 2020 年总目次

上海佰斯特电子工程有限公司
Shanghai POUSTO Electronic Engineering Co., Ltd

企业简介

上海佰斯特电子工程有限公司于2002年成立，经过近20年的发展，是国内第一家也是唯一一家防静电工作台等装备产品的生产厂家，于2018年通过国家工信部审核，成为防静电装备产品中唯一推荐品牌企业；佰斯特生产地位于国家级制造基地——上海青浦工业园，占地30亩，拥有两万平方米的生产厂房，拥有26名经验丰富的设计研发人员以及多名业内高级工程师，公司60%以上生产加工设备及防静电核心材料防静电喷涂粉均为进口，确保防静电性能的稳定性和可靠性，防静电工作台为公司的核心产品，生产方式为规模化、连续化生产，日常库存量保持在1000套左右，公司有充足的现货供应，大部分产品均可以10-20个工作日内完成备货。

佰斯特防静电系列产品性能以其人性化、智能化，柔性化等突出优势，是目前国内各大航天、军工企业、院所、高校的首选制造商，备受青睐。

已通过ISO9001质量体系认证

ISO 140001环境体系认证，OHSAS 18001职业健康安全体系认证

佰斯特产品符合国军标GJB3007A-2009，SEFA 8M-2016实验室等级金属柜检测标准

航天电子产品静电防护技术要求Q/AJA119-2013

欧盟IEC61340防静电标准

SJ/T11236及欧盟EN61457：1995+2000电磁兼容性标准

并参与了《电子产品制造与应用系统防静电测试方法》、《电子工业防静电系统通用技术要求》的修订工作。



产品系列:

永久性导电型/耗散型卷材
永久性导电型/耗散型块材

企业先后通过了

ISO 9001
ISO 14001
Floorscore
OHSAS 18001

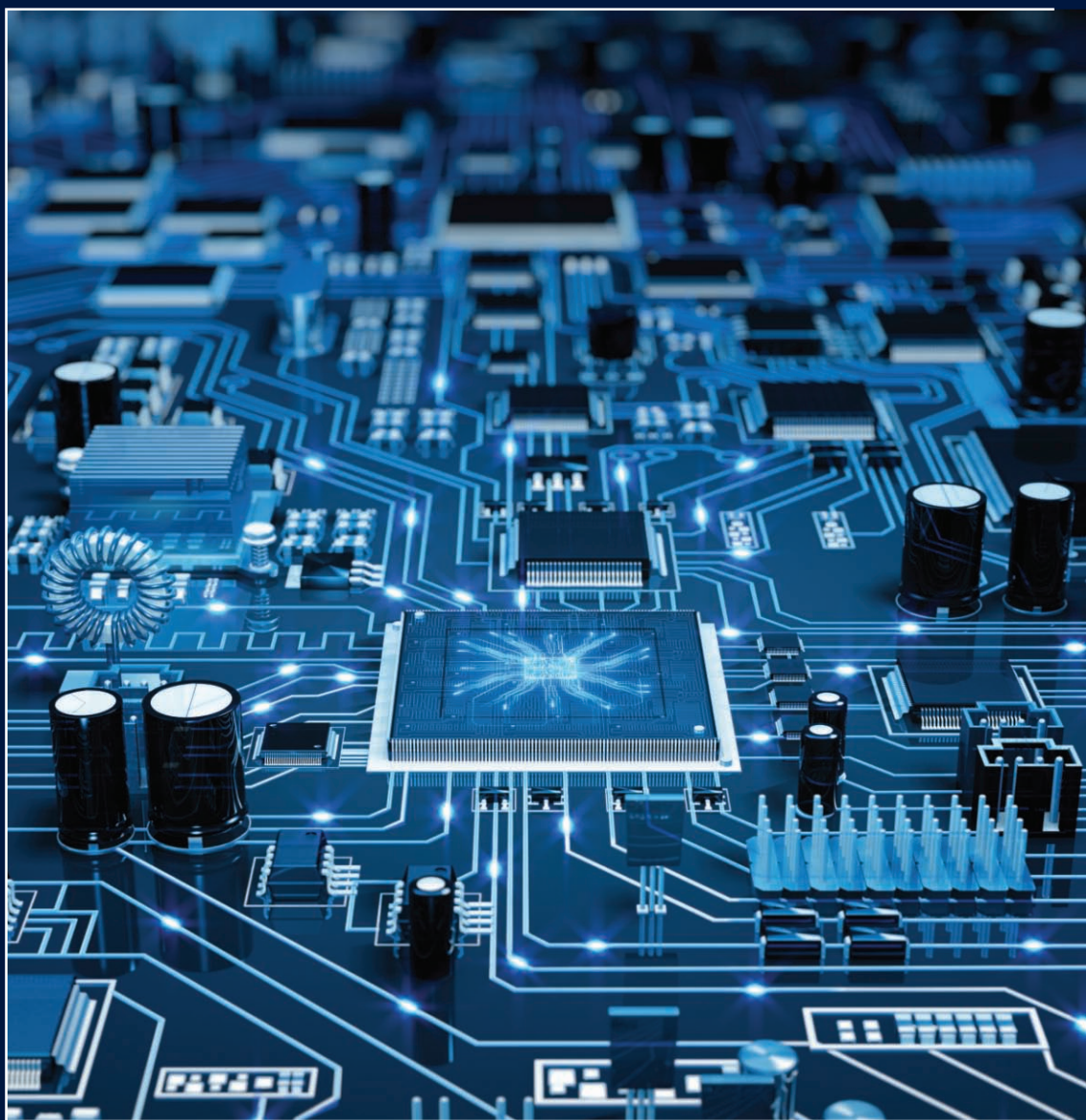
企业简介:

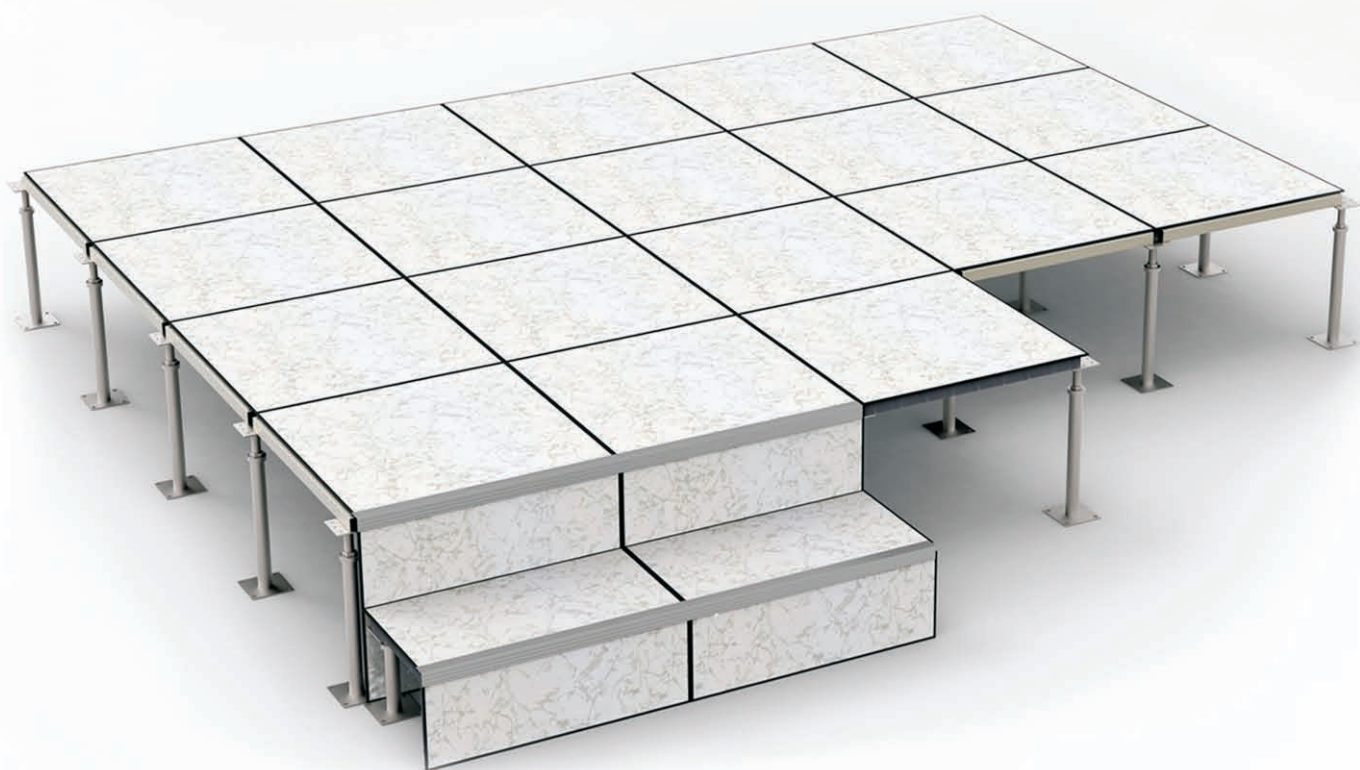
浙江金华天开电子材料有限公司（以下简称“天开公司”）——创立于1985年，是中国最早生产PVC防静电地板的企业之一，弹性地板协会副会长，防静电协会副理事长单位，上海防静电工业协会副理事长单位，专业生产永久性防静电PVC地板（卷材）及商用同质透心碎花点PVC地板（卷材）。多年来公司坚持“科技兴厂、创新发展”的宗旨，集研发、生产于一体，产品品种、产品质量、技术水平、企业规模始终处于国内同行先进水平。



LEADER OF FLOORING INDUSTRY

中国最早的防静电地板制造商之一 电子行业防静电贴面板主编单位
中国防静电地板施工标准参编单位 中国防静电行业协会副理事长单位
中国大型的防静电环境工程产品制造商





江苏·佳辰地板常州有限公司

地址：江苏省常州市武进区横林镇长虹东路18号
总机：0519-88509690 传真0519-88500260
邮件：info@jiachencn.com.cn

工信部工业(静电防护)产品质量监督检验中心

国家静电防护产品质量监督检验中心(以下简称“中心”)是我国首个且唯一获得授权的国家级静电防护产品质量评价、检验、检测、监督机构,同时也是工信部工业(静电防护)产品质量控制和技术评价实验室,具备国家资质认定(CMA\CAL)、国家\国防实验室认可(CNAS\DLAC)以及军用实验室认可(GJB 2725A),为静电防护产品生产企业以及国防军工、电子信息、石油化工、装备制造、兵器船舶等行业提供高效、优质的产品检验检测、产品认证以及特色计量服务。

中心建立有“刘尚合院士北京市院士专家工作站”和国家主管部门授权的静电防护产品自愿性认证机构,同时也是国际静电防护技术标准化组织IEC/TC101的中国静电防护技术支撑单位,以“立足航天、服务国防、面向社会、着眼未来”为发展愿景,以推动我国静电防护产品行业质量提升为行动指南,不断通过自身技术积累、技术创新及成果转化工作,发挥与静电防护产品生产行业、科研机构以及用户单位间的桥梁纽带作用,推动静电防护产品生产行业质量升级,为静电防护民族工业的崛起发挥应有作用!



立足航天、服务国防、面向社会、着眼未来!



中国航天科技集团有限公司第五研究院五一四研究所
中国航天 No.514 Institute of 5th Academy of China Aerospace Science and Technology Corporation

地址:北京市海淀区友谊路104号院15号楼
电话:010-68112004\68112016\6112048
传真:010-68112010
邮编:100094
网站:www.cast514.com

《防静电工作台、座椅通用技术规范》 行业标准审查会在京召开

本刊讯 2020年10月28日,工业和信息化部防静电标准工作组在北京主持召开了电子行业标准《防静电工作台、座椅通用技术规范》审查会,来自中国电子技术标准化研究院、中国电子仪器行业协会防静电装备分会、上海海事大学、北京理工大学、中国兵器工业火炸药工程与安全技术研究、中国电子学会洁净技术分会、北京劳动保护研究所、沈阳沈飞民品工业有限公司、中国科学院空天信息创新研究院、华东理工大学华昌聚合物有限公司、亨达洋静电技术有限公司、上海阳森精细化工有限公司、浙江三威静电装备有限公司和上海友夷环境控制设备科技有限公司等单位的专家和协会有关人员参加了会议。

孙延林理事长代表协会做了发言。他首先对参加此次审查会的专家表示衷心的感谢!感谢专家不辞辛苦,在百忙之中抽出时间参加会议,支持协会的工作。随后他介绍了标准的相关情况,该标准是工信部工信厅科函【2019】126号文件下达的行业标准计划项目,这部标准是电子行业第一部有关防静电工作台、座椅的产品标准,在编写过程中考虑到标准应用领域和范围,除防静电性能外,还涉及到洁净、环保和

防暴安全等方面的内容。该标准的颁布执行,会对推动行业科技进步、提高产品质量、与国际接轨等方面起到积极的作用,请各位专家对标准的前瞻性与可操作性进行把关。

会议由专家审查会专家组组长孙可平教授主持,主编单位上海佰斯特电子有限公司向专家介绍了标准编制说明和标准的正文,专家们对标准文本进行了逐段的讨论,并发表了各自的意见和建议,最后形成统一意见。

专家一致认为该标准填补了国内电子行业防静电工作台、座椅产品标准的空白,为国内企业生产提供了产品标准。对规范国内市场、增强国内产品的竞争能力、提高防静电工作台、座椅质量水平具有重要意义;该标准与国际标准接轨的同时,结合了我国国情,具有可操作性。审查组专家一致同意通过该标准的审查,请标准编写组按照专家的意见进行修改后尽快报批。

会议紧张有序,圆满的完成了对《防静电工作台、座椅通用技术规范》行业标准的审查工作。

《防静电贴面板通用技术规范》标准宣贯会议 在江苏常州召开

本刊讯 2020年10月15日,由中国电子仪器行业协会防静电装备分会主办的关于《防静电贴面板通用技术规范》(SJ/T11236-2020)标准宣贯会议,在

江苏常州召开。中国电子仪器行业协会防静电装备分会(以下简称协会)孙延林理事长、谭慧新秘书长、理事长助理董珂铭,以及协会会员单位——来自常州、

苏州、上海的防静电装备(产品)生产企业代表 60 余人参加了会议。

会议由谭慧新秘书长主持,孙延林理事长致辞并在会议上做了讲话。

《防静电贴面板通用技术规范》标准是由协会组织进行修编的,该标准已于 2020 年 4 月由工业和信息化部颁布,2020 年 10 月 1 日起实施。

为更好的对新颁布的标准进行解读与执行实施,会上,标准主编单位的胡康红工程师、相关专家蒋卫文对该标准进行了深入解读,并针对新老两个版本的内容进行了详细的对比。

会议期间,由苏州天华超净科技股份有限公司的王荣刚经理,就《电子工业防静电系统通用要求》(T/CEIA-ESD1002-2020 团体标准)进行了发布,并对该团体标准的内容进行了详细的解读与沟通。



上海阳森精细化工有限公司马敏生总经理对防静电 PVC 表面新型涂料进行了发布,并同与会人员针对新型涂料进行了热烈的探讨与互动。

华东地区第二期 ESD 工程师、 防静电质量体系内审员培训班圆满结束

本刊讯 根据中国电子仪器行业协会防静电装备分会年度培训计划,2020 年 9 月 16~18 日在苏州举办了 2020 年华东第二期 ESD 工程师、防静电质量体系内审员培训班。来自全国各地电子企业的 20 多名学员参加了学习。

此次培训由中国电子仪器行业协会防静电装备分会技术委员会副主任宋竞男老师授课。宋老师结合自己多年来一线静电防护的经验,从理论到实践、从教材到案例,深入浅出的讲解,深受学员们的欢

迎。课堂上常常采用启发互动形式,教学气氛活跃生动,几乎每堂课都被学员的提问而延时。每堂课后学员们似乎总是意犹未尽。通过学员与老师的互动,学员们都意识到了企业在防静电方面存在的问题,希望邀请协会专家到企业现场指导。

参加此次培训的学员通过考试,将获得工业和信息化部教育培训中心颁发的职业培训证书,该证书在工业和信息化部相关网站上能够进行查询。

中国电子仪器行业协会防静电装备分会 华南培训基地第二期 ESD 工程师 及内审员培训圆满结束

本刊讯 中国电子仪器行业协会防静电装备分会华南培训基地——东莞市优科教育投资有限公司组织开展的 2020 年第二期 ESD 工程师及内审员培训,于 2020 年 9 月 16—18 日在深圳市罗湖区柏斯顿酒店举办。参加本期培训的学员共三十余人,他们来自全国的各生产企业,生产领域涉及电子产品、移动通讯设备及数据线、电脑及周边设备、塑料制品、光电产品、印制电路、汽车智能配件、医疗用品、生物降解材料等。知名企业有广西赛尔康(贵港)有限公司、四川九州光电子技术有限公司、手机品牌 vivo 生产企业东莞的维沃移动通信有限公司、深圳市大疆卓见科技有限公司,以及防静电协会的防静电材料生产企业和山东电盾科技股份有限公司(生产防静电陶

瓷砖)。

担任本次培训的讲师是中国电子仪器行业协会防静电装备分会理事长、资深 ESD 专家孙延林老师。孙老师系统讲授了 ESD 防护原理、防静电系统的构成、EPA 接地、防静电系统与防静电装备(产品)的检测、静电放电模型、EOS 测试及防静电质量管理体系管理评审等方面知识。

课程结束后,对培训学员进行了 ESD 工程师及内审员职业教育考试。考试通过的学员将获得由工业和信息化部教育培训主管部门颁发的 ESD 工程师及电子行业职业鉴定工作站颁发的 ESD 质量体系内审员证书,该证书在工业和信息化部相关网站上进行查询。

传输线脉冲(TLP)对 GMR 记录磁头的 ESD 失效试验研究

蔡利花¹, 孙可平²

1 中国电子技术标准化研究院, 2 上海海事大学

【摘要】本文开展了传输线脉冲(TLP)对 GMR 记录磁头进行人为干扰的试验研究。自行设计的 TLP 试验装置能产生带宽 0.8 至 40ns 的电流脉冲, 施加于 GMR 记录磁头, 测试 TLP 引起的 ESD 对 GMR 的失效影响。

【关键词】RGM; ESD 失效; TLP

Experimental Research on ESD failure for GMR recording heads by TLP

Cai Lihua, Sun Keping

1 引言

各种各样的 ESD 对 GMR 器件的损坏或失效已为人们所共知, 并使用 HBM (人体模型)、CDM (带电器件模型)、MM (机器模型) 等失效模型加以模拟、分析与预防。但是, 对电流效应例如传输线脉冲(transmission line pulse, 简称为 TLP)对 GMR 引起的损坏或失效, 则较少有人论及[1][2]。

本文设计了一种结构简单、又相对实用的传输线脉冲试验装置(TLP 试验装置), 并用之对 GMR 记录磁头开展 ESD 试验研究。取得了可喜的结果, 并将其与 HBM、CDM 试验结果进行了对比。

2 试验

这种 TLP 试验装置示于图 1, 上部是线路图, 下图是电路板连接简图。图中, 长度为 L 的同轴 CLP 由型号为 K-2400 电压源通过一个汞继电器(mercury relay)对之供电, TLP 能借助长度改变(从 1—350cm 可调)产生 1—40ns 的脉冲宽度。图中一个二极管与 50Ω 电阻器组合用来消除 TLP 的多重反射(对于最窄的脉冲这个组合可以不用)。

具有反铁磁质材质的 TLP 设计密度为 15Gb/in^2 。图中 CT-6 是数字式示波器(0.75GHz),

使用 2GHz 的电流探头来测试电流波形。

图 2 是供电电压为 5V 时的 TLP 电流波形图。为了产生 1.5ns 的脉冲, 使用的 TLP 的一端为自由端。要产生 15ns 的电流脉冲, 同轴的 TLP 需要接入电阻器与二极管组合。

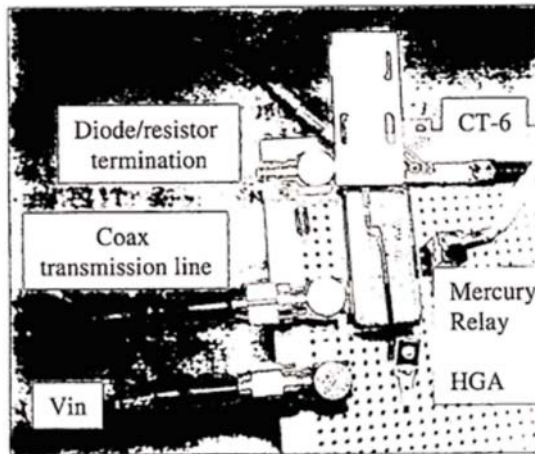
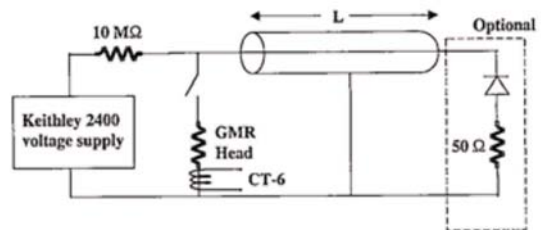


图 1. 试验装置示意图, 上图为线路图, 下图为电路板接线简图

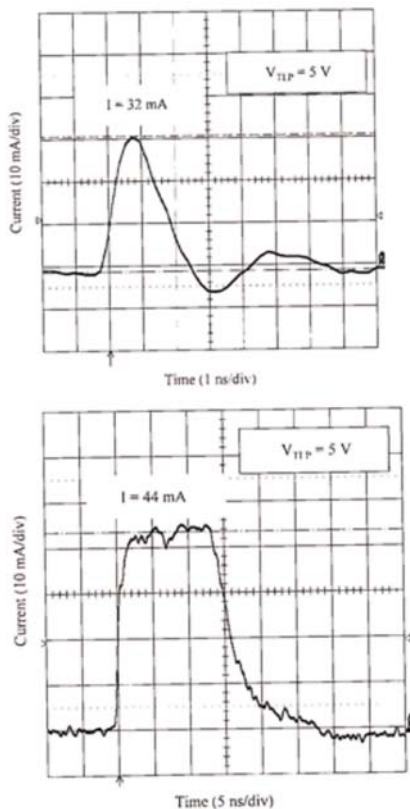


图 2. TLP 电流脉冲曲线。上图 TLP 长度 5cm，
下图 TLP 长度 130cm。供电均为 5V

3 试验结果

图 3 给出了供电电压 10V 时，脉冲宽度与峰值电流与 TLP 长度的关系趋向。脉冲周期 t 与 TLP 长度满足下式：

$$t = 0.8 + 0.1L \quad (1)$$

式中 t ——脉冲周期, ns;

L ——同轴 TLP 长度, cm。

图中有趣的一点在于，当 L 为零时，TLP 仍能产生一个有用的脉冲。其中原因可能是连接器、导线或者汞继电器的分布电容充电所形成。

图中还显示，当脉冲宽度大于 4ns 时，峰值电流在给定电压下几乎是恒定不变的。当脉冲宽度小于 4ns 时，峰值电流迅速减少。

图 4 给出了 TLP 有固定长度 130cm 时，峰值电流与电压的关系曲线。这条曲线堪称完美，几乎成一条直线。由于 GMR 记录磁头在 10mA 数量级就可能损坏，可得出明显的结论，GMR 工作电压范围应为 <10V。

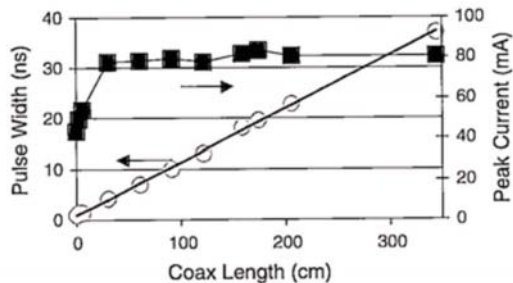


图 3. 10V 电压下，脉冲宽度、峰值电流与 TLP 长度的关系曲线

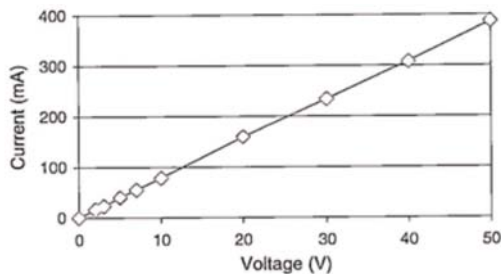


图 4. TLP 长度 130cm 时峰值电流—电压关系曲线

图 5 给出了真实的 GMR 磁头的试验曲线。这是 TLP 的脉冲宽度 1.5ns 条件下电阻、幅值与施加电压之间的关系曲线。其结果显示与其他文献[3]一样的结果：在电阻增加期间，GMR 压降幅值发生了明显衰减，称为幅值损失 (amplitude loss)。这是对 1#GMR 试验样品的测试结果。

图 6 给出了 2#GMR 样品的试验结果 (TLP 脉冲宽度为 4ns)：电阻、幅值与峰值电流之间的关系曲线。请注意相较于图 5 的特异之处：在出现典型的幅值损失 (amplitude loss) 之前，压降幅值出现了很大的增加！

图 7 给出了更详细的试验结果。压降幅值这种突然增加，是由于 TLP 传输曲线 (transfer curve) 出现了突然不连续的改变，这种幅值突然增加的原因在于 TLP 响应引起的感应电流噪声，业界称之为 Barkhausen 噪声。

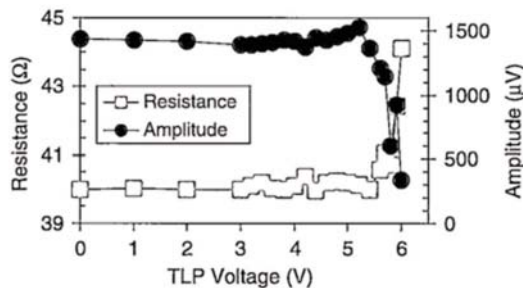


图 5. 典型的 GMR 磁头的试验曲线 (脉冲宽度 1.5ns)

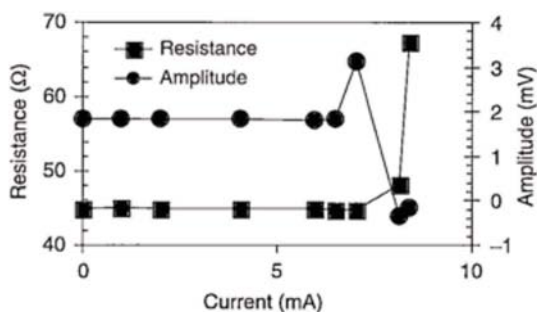


图 6. TLP 脉冲宽度 4ns 条件下, GMR 磁头幅值、电阻与峰值电流关系曲线
(注意幅值损失之前的突然增加)

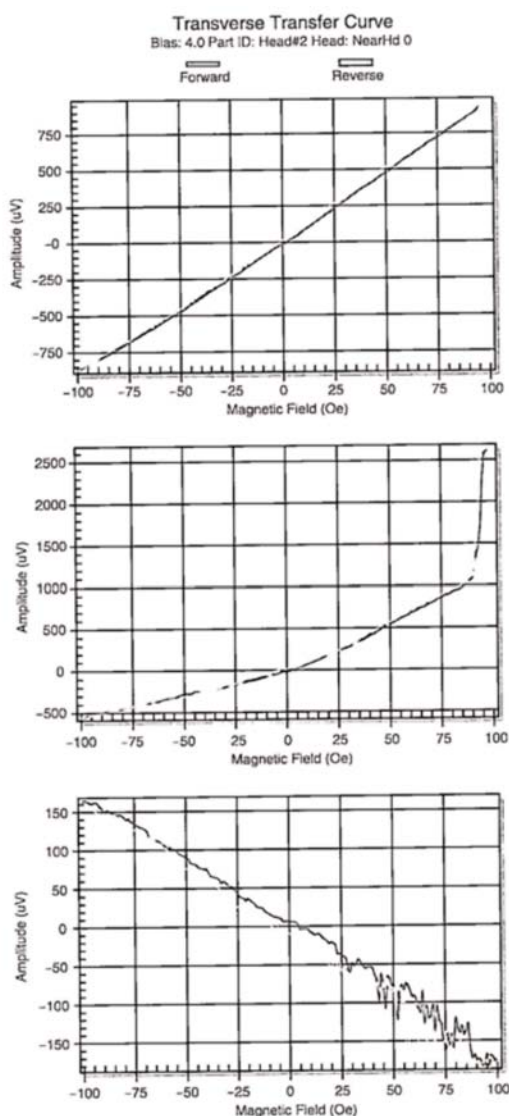


图 7. 2#GMR 磁头传输曲线(上图: 0mA; 中图 7mA; 下图 8mA)

(注意: 实线是正常试验程序, 虚线是翻转试验程序。特别是中下 2 图, 7mA 之后出现了大幅的转折, 8mA 之后出现了斜率反转或弯曲)

这里需要指出的是, 图 7 中 8mA 之后曲线斜度明显反转, 在之前 HBM ESD 测试中也出现过[3], 只不过此处又伴随出现了附加的、不理想的噪声。

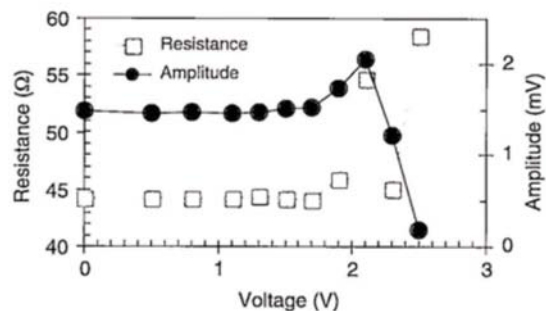


图 8. 3#GMR 样品的试验曲线(TLP 脉冲宽度为 20ns)

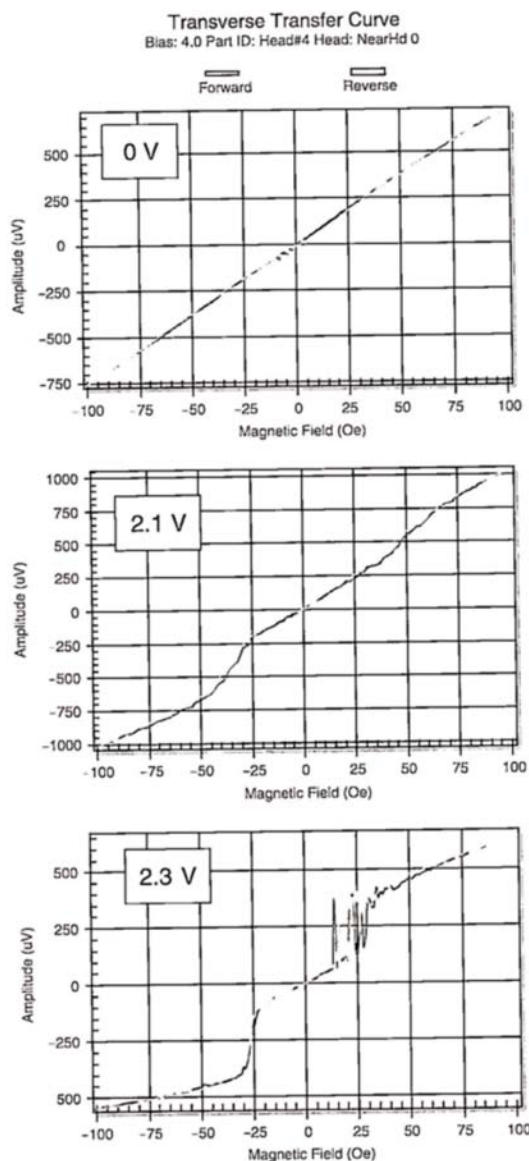


图 9. 3#GMR 磁头在 3 种电压下(0V, 2.1V, 2.3V)的传输曲线

图 8 给出了 3#GMR 样品的试验结果 (TLP 脉冲宽度为 20ns)。与图 6 不同的是,在幅值损失之前,电阻与幅值都非正常增加了。

图 9 给出了 3#GMR 磁头在 3 种电压下 (0V, 2.1V, 2.3V) 的传输曲线。请注意,随着反转变变得平滑并进一步发展,磁头性能越加变坏。

图 10 给出了电阻失效电压取决于 TLP 电流脉冲宽度。正如所预期的那样,随着脉冲宽度的增加,是失效电压减少了。原因在于较宽脉冲下附加的能量所引起。

表 1 给出了 HBM、CDM、TLP 3 种情况下失效电压的比较。请注意,1.5ns 脉冲宽度的 TLP 失效电压与 CDM 相近,那时 CDM 的脉冲宽度也是 1.5 ns。而较长的 TLP 脉冲宽度 (4ns, 20ns) 则有较低的失效电压 (4V, 1.9V)。相反,150ns 的 HBM 的失效电压则比 TLP 高出许多 (20V)。原因在于 HBM 中存在一个 1500 Ω 的串联电阻,TLP 中则没有。

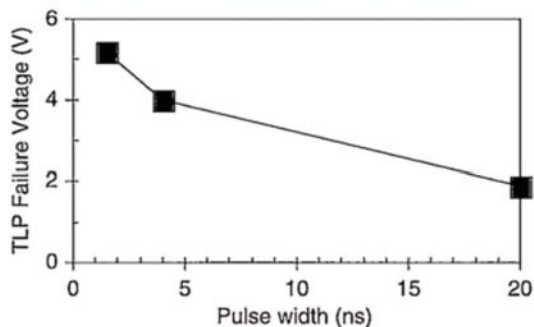


图 10. TLP 电阻失效电压与电流脉冲宽度试验曲线

表 1 HBM、CDM、TLP 失效电压比较

HBM (V)	CDM (V)	TLP (1.5ns) (V)	TLP (4ns) (V)	TLP (20ns) (V)
20	5	5.5	4	1.9

4 简要结论

使用本文提出的 TLP 试验装置,可以像使用 HBM、CDM 一样,对 GMR 记录磁头引起的 ESD 失效开展研究与分析。我们的试验研究获得的简要结论有:

在 1.5ns 脉冲宽度下,对 GMR 记录磁头进行 ESD 失效试验时,TLP 与 CDM 能获得近似的失效电压,而 HBM 下却获得了较高的失效电压。

利用 TLP 试验装置对 GMR 记录磁头开展 ESD 失效试验时,发现了幅值损失 (amplitude loss)、电阻增加、感应电流噪声即 Barkhausen 噪声等新变化。

TLP 不失为研究 GMR 记录磁头 ESD 失效的有效方法之一。

参考文献

- [1] N.Khurana, W.Yeh, ESD on CMOS devices, IEEE Int.Rel.Phy. Symp., 1985, p212
- [2] A.Wallash, Y.K.Kim, Electrostatic discharge sensitive of GMR recording heads, J.Appl.Phys.81 (8) (1997) 4921-4923
- [3] M.Takahashi, T.Maeda, M.Sakai, H.Morita, M.Matsusuki, ESD induced pinned layer reversal in spin-valve GMR heads, IEEE Trans.Magn.34(4) (1998) 1522-1524

静电防护区内人员静电防护手段研究

王荣刚,陈静中

苏州天华超净科技股份有限公司,苏州 100081

【摘要】静电防护区(EPA)中的人员作为静电起电的主要源头是需要重点防护的。本文在介绍了作业人员静电防护资材的参照标准、测试方法等内容的基础上,对于防护中所使用的地板和所穿的鞋子对人体起电电压的影响进行了测试。结果表明:如果要做好静电防护,接地的防静电手腕带是最有效的,不佩戴手腕带时,防静电地板是必须要保证的,防静电鞋的电阻对其人体带电的影响略小。

【关键词】静电防护;人员起电;防静电鞋;防静电手腕带,防静电地板;

1 引言

静电防护区(EPA)内人员在作业和走动时,会由于身体各部位之间摩擦以及身体与外部设施摩擦而造成摩擦起电。因此,人员是静电防护区内重点防护的危险静电源。一般来说,涉及到人员的静电防护资材很多,比如防静电服装可以通过电晕放电和对地泄放方式将身体各部位摩擦起电及人体与外部设施的摩擦起电进行均布或释放。防静电鞋通过较低的表面电阻和系统电阻,可以抑制人员在行走时的起电,当有对地的回路时,可以将人体的摩擦起电进行泄放,在电子工业制程现场,一般时是通过防静电腕带或者防静电地板来完成的。防静电腕带一般适用于作业人员坐立作业的场景下,此时,人员活动半径较小,通过手腕带完成人员操作作业时产生的静电。另外一种作业场景为人员穿戴好防静电鞋束在防静电地板上行走作业。此时,人员活动半径大,行走时会产生摩擦起电。当前的电子制程中,各种防静电资材都在使用,但是哪个资材在人员的静电防护中起主要作用,在标准和行业研究中并没有明确的定义和阐述。当前,各主流标准对各资材均有对应的测试评估方法和要求,但它们之间的联系并未构建。本文将分列阐述对应资材的评价方法及要求,并以此为基础,参照“人-鞋-地”系统中的人体电压测试方法,更换不同防静电特性的资材,找到各资材在人员静电防护中的作用和联系。

2 标准阐述

当前,防静电体系标准主要有国际电工委员会 IEC 的静电学专业技术委员会 TC101 编制的体系标准 IEC 61340-5-1、美国静电放电协会 ESDA 的体系标准 ESD S20.20、中国人民解放军总装备部批准发布的 GJB 3007、北京东方计量测试研究院主编的 GB/T32304,以及由苏州天华超净科技股份有限公司主编、中国电子仪器行业协会防静电装备分会发布的团体标准 T/CEIA-1002-2020。这几份标准中均对于人员的静电防护进行了详细要求。除了 GJB3007 外,其余四份体系标准均对人员工作状态进行了区分,将 EPA 保护区内人员的动作模式有站立作业和坐立作业两种,这两种模式下,人员动作产生的静电泄放的方式和途径有所区别。按照 IEC 61340-5-1 的标准要求,当人员坐在 ESD 防护工位时,应通过腕带系统接地。人员通过腕带接地的电阻应小于 $3.5 \times 10^7 \Omega$ 。对于站立操作,人员可以通过腕带系统或地板-鞋系统接地。当使用地板-鞋系统时,人员双脚均应穿防静电鞋,并应满足以下两个条件:

- 1) 从人员通过鞋和地板到地的系统总电阻应小于 $1.0 \times 10^9 \Omega$;
- 2) 人体产生电压最大值应小于 100V。

随着制程的提升,坐立作业的人员会越来越少。站立作业的员工一人多岗,需要不停的循环往复,查

看相应的状态会越来越多。对于站立行走作业的员工,有些情况下佩戴腕带不容易实现,此时推荐使用“人—鞋—地”系统来保证,且对于其行走电压最高峰值要求控制在 100V 以内,但这个要求仅仅针对的是对静电敏感度不低于人体模型 HBM 100V、带电器件模型 CDM 200V 和孤立导体 35V 的电气、电子元件、组件和设备进行的制造、加工、组装、安装、包装、标签、服务、测试、检验、运输以及其它生产活动。具有更低耐压水平的静电放电敏感产品可根据需要增加控制要素或调整限值。按照上述调研分析可以清晰的看到,对于纳米量级的产品,ESD 敏感度只有 10V 不到,这就要求对其要进行加严。另外,标准中只针对“人—鞋—地”系统电阻提出了要求,到底是“人—鞋”部分作用重要,还是“鞋—地”部分作用明显,并没有清晰阐述,对于行走作业的人员,佩戴手腕带是否有更好的表现?这些问题都值得我们去研究。

3 试验方法

本节设计了资材更换时测试了不同情况下其行走电压的情况。测试场景和材料如表 1 所示。其中,人员穿戴鞋子、地板电阻及行走电压等均按照 IEC 61340-4-5 方法(如图 1),行走的步伐方法按照 ESD STM 97.2(如图 2 和图 3)。

电阻使用高阻计 Trek152 进行了测试,人员行走电压采用人体行走电压记录仪 Trek541A 并连接示波器进行记录波形。人员佩戴腕带电阻均按照 IEC 61340-4-6 方法,使用高阻计 Trek152 及万用表 FLUKE 15B 进行了测试。本文重点关注地板材质变化、鞋子材质变化以及相对湿度变化带来的行走电压的影响,测试方法是按照行走电压测试标准

表 1 测试使用资材情况表

NO.	地板类型	电特性	表面电阻(Ω)	体积电阻(Ω)
1	防静电 PVC 地板	耗散型	4.25×10^6	5.24×10^7
2	聚四氟乙烯绝缘板	绝缘型	$>10^{12}$	$>10^{12}$
3	防静电 PU 鞋	耗散型	/	左: 1.25×10^7 右: 7.15×10^6
4	普通运动鞋	绝缘型	$>10^{12}$	$>10^{12}$
5	防静电手腕带	耗散型	外面表电阻 $>1.0 \times 10^7$ 内表面电阻 <100 ; 接地线电阻 $=1.0 \times 10^6$	/

测试。

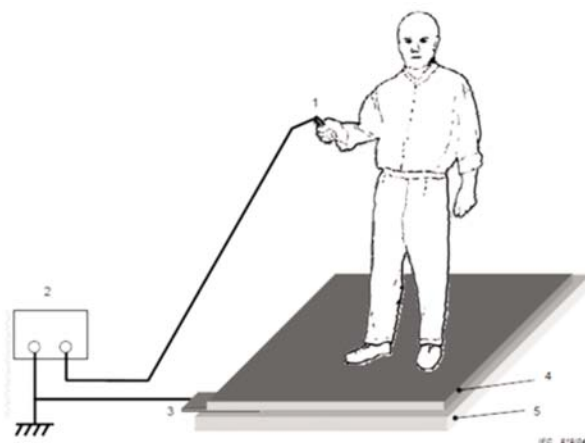


图 1 人体-地板系统电阻示意图

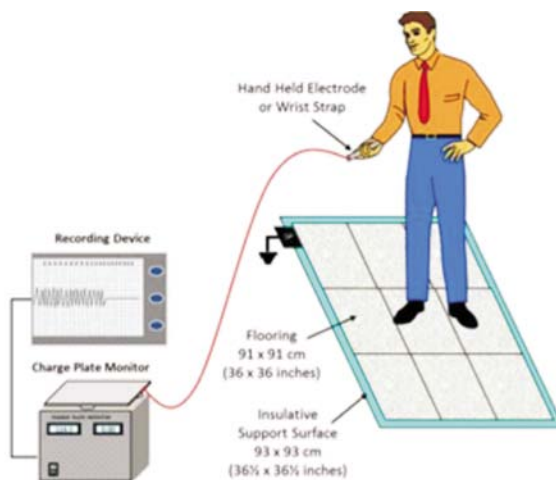


图 2 人体行走电压记录系统示意图

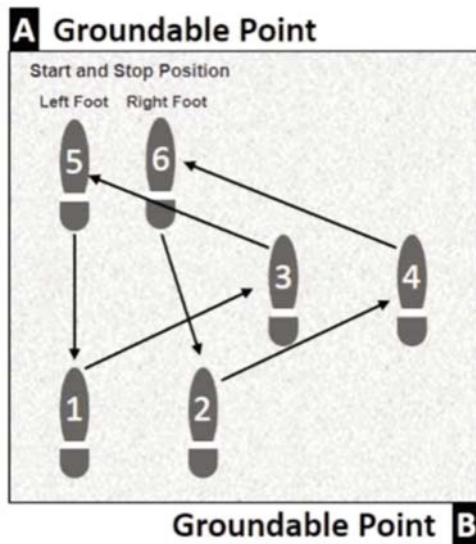


图 3 人体行走步法示意图

4 试验结果

(1) 地板材质变化带来的影响

测试人员穿戴好防静电鞋,按照标准步法测试其行走电压情况。行走环境的相对湿度为 50~60%,行走地板分别为接地的防静电 PVC 地板和聚四氟乙烯绝缘板。行走电压测试仪 Trek541A 的图谱如图 4 所示。

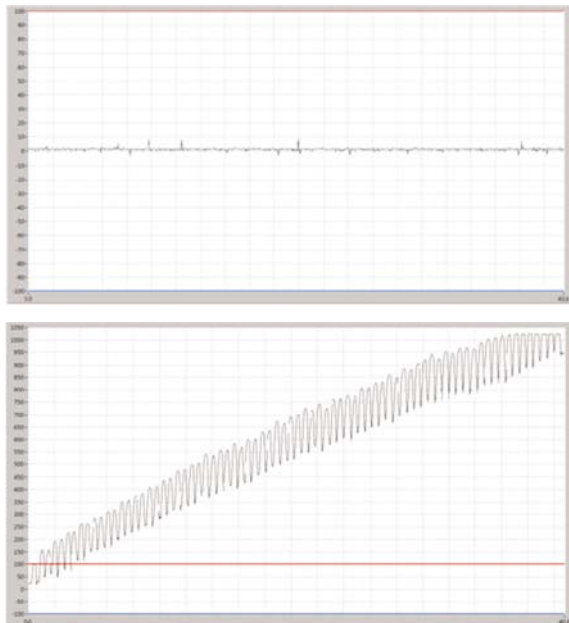


图 4 (a)在防静电 PVC 地板上的行走情况

(b)在绝缘聚四氟乙烯板上行走情况

其中,人员在防静电 PVC 地板上行走电压明显低于在绝缘的聚四氟乙烯的板上行走电压。人员在防静电 PVC 地板上行走时,只有剧烈运动时,才会出现一个持续时间在 ms 量级的尖峰,幅值为 -4 到 +8V;但人员在绝缘聚四氟乙烯板上行走时,人体带电电压持续上升,直到超过其量程。从上面可以清晰看出,人员穿戴防静电鞋与防静电地板可以有效保证其安全性,如果地板未做防静电处理,人员穿戴防静电鞋也不能有效降低其带电电压。

(2) 鞋子电阻变化带来的影响

测试人员分别穿戴好防静电鞋和绝缘运动鞋后,按照标准步法测试其行走电压情况。行走环境的相对湿度为 50~60%,行走地板为接地的防静电 PVC 地板。其中,穿戴绝缘运动鞋时,行走电压测试仪 Trek541A 的图谱如图 5 所示。

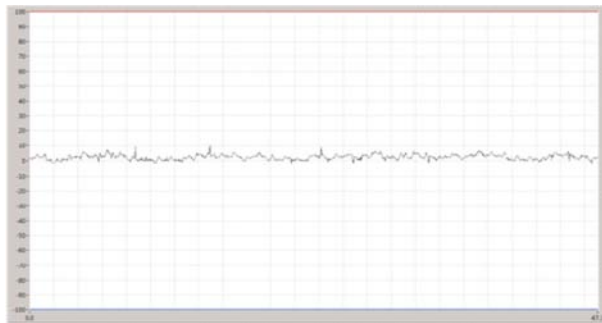


图 5 穿戴绝缘鞋在防静电 PVC 地板上的行走情况

从上图中可以清晰看出,虽然人员穿戴了绝缘鞋,但其防静电效果依然良好,整体的人体带电电压控制在 $\pm 10\text{V}$ 以内。对比图 5 和图 4.1 (a),可以看到人员穿戴了防静电鞋后,其人体带电电压控制情况优于穿绝缘运动鞋的情况,绝大多数情况下,其行走电压均在 1V 左右,如合理控制人员动作模式,可以满足高等级要求。另外,降低鞋底和地板的电阻也是一个好的选择。

(3) 人员佩戴腕带接地带来的影响

电子工业上有两大类手腕带,一类是有接地线的手腕带,另一类是没有接地线的手腕带,为了验证其有效性,本节选择两类腕带来验证。测试人员分别佩戴好有接地线的手腕带和无接地线的手腕带,有

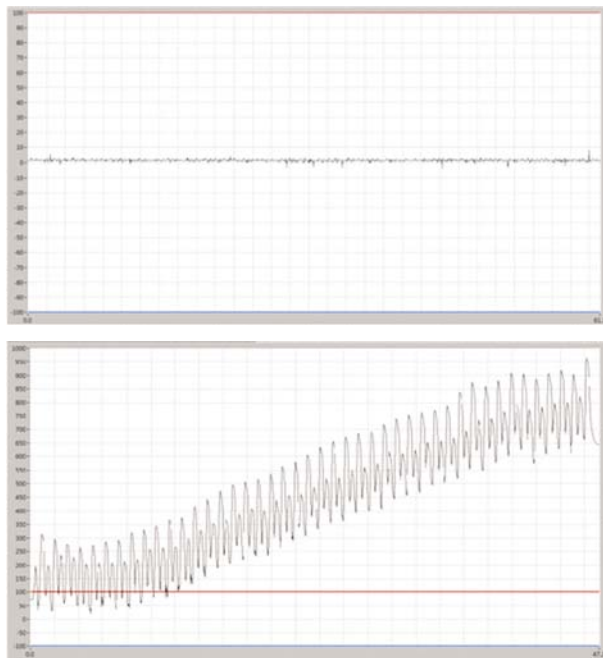


图 6 (a) 穿戴有接地线手腕带

(b)穿戴无接地线手腕带+绝缘鞋在绝缘地板上的行走情况

接地线的手腕带接地,穿戴绝缘的运动鞋,按照标准法测试其行走电压情况。行走环境的相对湿度为50~60%,行走地板为绝缘聚四氟乙烯地板。行走电压测试仪 Trek541A 的图谱如图6所示。

从上图中可以清晰看出,有接地线并可可靠接地的手腕带可以起到良好的静电防护效果,虽然人员穿戴绝缘运动鞋行走高绝缘地板上,其行走电压仍然被控制在不超过10V,且只有剧烈运动时才会有尖峰,正常的行走电压只有1V左右。无接地线的手腕带基本无作用,佩戴好无接地线的手腕带后,其行走电压仍然持续上升,并达到测试仪器显示上限。

(4)湿度带来的影响

电子工业的静电防护上,人们普遍认为环境加湿可以有效预防静电产生和静电放电发生。但真实情况到底如何,通过加湿方式来防静电是否可行?为了研究这个问题,本节考虑在一个湿度可调的环境中,进行人员行走电压试验。分别选择相对湿度为30%和90%时,人员穿戴好后,进入环境平衡静置30min,而后开始按照标准方法行走,通过Trek541A来记录其行走电压数值。为了更好展现湿度的影响情况测试场景为人员穿绝缘运动鞋行走高绝缘聚四氟乙烯地板上。

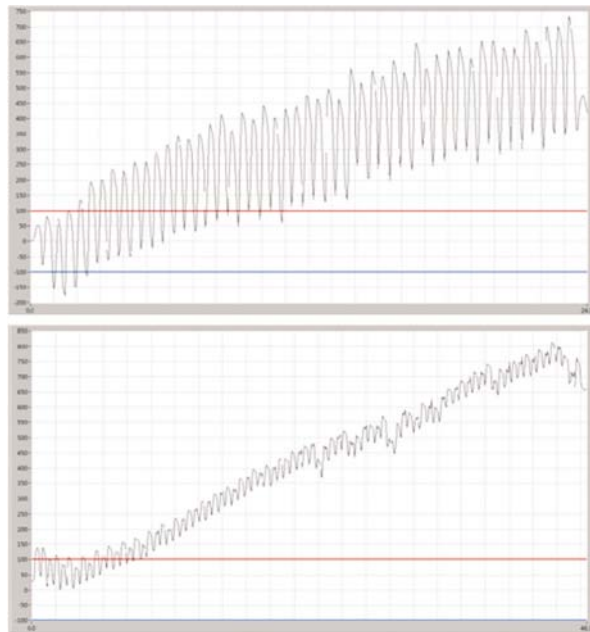


图7(a)相对湿度30%

(b)相对湿度90%人员穿绝缘鞋在绝缘地板上的行走情况

上图中可以清晰看到,无论是低湿(30%)湿度情况还是高湿(90%)湿度情况下,湿度并不能很好的抑制人员行走电压,在人员动作过程中,持续的对人员充电,均达到超过700V的带电电压。二者的不同在于湿度较低的情况下,行走过程中的冲放电更强烈,体现在人员行走过程中,抬脚等动作造成对地电容更改时,其电压波动更大。从上升速率上看,高湿情况下,其电压上升速率会变慢,相比30%湿度情况下,其上升到同样层次电压耗费时间是低湿的两倍,这也是加湿作用的唯一体现。

综上,人员接地通过佩戴有线手腕带实现接地的方式是比较稳妥的一种方式。行走作业的员工如不能通过腕带接地,降低地板的电阻会比防静电鞋电阻降低更有效。以上两种方式人员接地时,随着人员动作,仍然会有尖峰出现。这也是为什么当前精密电子工业要求做离子化静电消除器全覆盖的一个方面原因。

5 总结

本文对静电防护区内人员静电防护的标准要求进行阐述,并通过实验的方式,评估了不同防静电资材组合的情况下,人体静电的变化。据此,得到不同场景下人员静电防护资材的最佳组合和失效组合方式,对于电子工业构建良好的静电防护具有一定的参考意义。

参考文献:

- [1]IEC 61340-5-1, IEC TC101, 2016.
- [2]ESD S20.20, ESDA, 2014.
- [3]GJB 3007, 中国人民解放军总装备部, 2009.
- [4]GB/T 32304, 北京东方计量测试研究院, 2013.
- [5]T/CEIA-1002, 苏州天华超净科技股份有限公司, 2020.
- [6]IEC 61340-4-5, IEC TC101, 2018.
- [7]ESD STM97.2, ESDA, 2013.
- [8]IEC 61340-4-6, IEC TC101, 2015.

半导体厂超级洁净室的化学气态分子污染及化学空气过滤器介绍

黄宝川

美埃(中国)环境净化有限公司化学过滤器事业部

1 Gordon Moore 最初于 1965 发表所谓的拇指定律(Rule of Thumb),并于 1975 年修正为硅组件内部晶体管数量,预测每隔 2 年晶体管就会增加 1 倍,也就是后来广为人知的「摩尔定律」(Moore's Law),随后 Moore 又将每 2 年的频率修正为 18 个月。

历经 40 年,「摩尔定律」仍然为半导体业界技术依循之指标,如黄光制程,渐渐的随制程加工微细化,设备及制程环境之要求更为严苛。渐渐的由目前微粒子污染的问题,逐渐演化到化学气态分子污染问题,也既是目前业界非常热门的「化学气态分子污染控制」课题。

最近,半导体固态电子组件的加工线幅宽从四分之一微米之 $0.25\mu\text{m}$,逐渐进入到 $0.18\mu\text{m}$,甚至到 $0.13\mu\text{m}$ 、 90nm 、 65nm 、 45nm 、 28nm 及目前很热门主流制程工艺节点的 14nm 、 7nm 、 5nm 、 3nm ,见表 1 半导体制程节点,越来越微细化的程度,使得固态电子组件往高性能及高集体化发展。但是,随着制程微细化发展微粒子及气态分子污染物质对其影响也就更加明显。现在,为了严密地控制气态分子污染物质,在洁净室空调系统内设置了化学空气过滤器。[1]在此,介绍一下具有代表性气态分子污染物质对产品良率及可靠性影响及其解决方法。

2 洁净室空调系统内化学空气过滤器装设实例

洁净室空调系统为了制造局部空间的洁净环境,从大厅式洁净室(Ball Room)逐渐演变到小隔间式洁净室(Bay System)以及现今小环境式洁净室(迷你式局部洁净空间=Mini environment)。甚至,演化到如今堪称为主流的 FFU 系统。化学空气过滤器可以装设在洁净室即有地板下面以及回风区

(Return Shaft) 等高风速区域,也可以装设在 FFU 的上方或下方。图 1 为化学空气过滤器在洁净室中装设之情形。

表 1 半导体制程节点

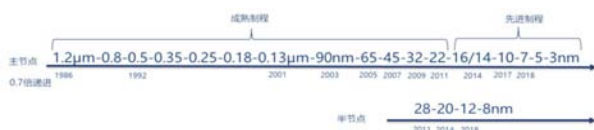


图 1 化学空气过滤器在洁净室中装设之状态

3 洁净室气态分子污染物质及其浓度之管理基准

根据 SEMATECH[2]及 SEMI 的分类,洁净室的污染物质有以下四种:

表 2 AMC(化学气态分子)之基本分类

A (Acid Gas)	酸性物质,腐蚀性电子接受者(于水溶液中产出 H^+)。
B (Basic Gas)	碱性物质,腐蚀性电子提供者(于水溶液中产出 OH^-)。
C (Condensable Hydrocarbon)	凝缩性有机物,于一大气压中沸点高于室温,易于凝缩于洁净之芯片表面。
D (Dopant)	B (硼)、P (磷),半导体材料中用于控制电气特性之元素。

以上分类方式是目前业界所使用,但如硫化氢(H_2S),臭氧(O_3)金属等无法归属于以上任何一种分类时,就有必要以 E 另外来归类。

图 3 为无尘室环境中硼(B)及磷(P)从建材中所释放量多寡比较表。

3.1 从日立公司 Saiki 先生的报告中得知,新 ULPA 所产生的 B 将会在一个左右的时间内降

到 $10\text{ng}/\text{m}^3$ 。从“Realize: Chemical Contamination and Countermeasures”第 61 章之报告中得知, B 及 P 在洁净室环境中容许浓度为 $10\text{atoms}/\text{cm}^2$ 。

Muller 认为 AMC 控制策略有三个步骤, 首先评估内外空气质量辨识潜在污染物, 其次为运用 AMC 控制技术改善环境质量, 最后持续监测并控制环境[3], 推演其概念可将 AMC 控制策略汇整如图 2。

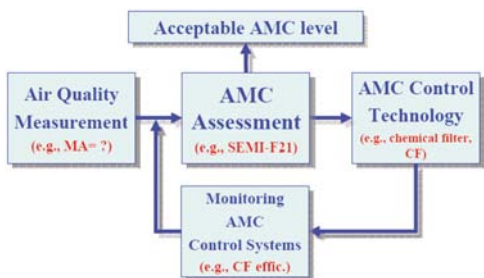


图 2 AMC 控制策略

化学滤材 (chemical filter) 测试规范应包含:

- (1) 过滤效率须大于 90%, 或使用后污染物浓度应低于 1 ppb。
- (2) 可使用时间须大于 1 年。
- (3) 测试浓度须低于 100 倍使用条件下浓度。
- (4) 微影制程区 NH_3 浓度应低于 1 ppb。
- (5) 金属制程区 (metallization) 环境中 HF 或 Cl_2 浓度应低于 1 ppb[5]。

此外, 研究显示用以减少晶圆与外界环境接触芯片传送盒 (front opening unified pod, 简称 FOUP), 其材质与使用设计亦与微污染相关, 不良设计会导致污染物局部累积, 因此 FOUP 性能评估亦相当重要[6-8]。

4 微污染影响

无尘室内制程繁复, 其中又以微影 (lithography)、闸极 (gate) 及接触层 (contact layer) 等制程对微污染具高敏感度, 微污染不仅影响制程, 对人体健康亦有危害。文献研究指出意外事故或 PM 所造成的短暂间歇性的高浓度暴露显著危及健康, 如肺功能异常、肺癌及自发性流产等症状[9]; 对于产品良率的伤害层面更广, 如归类于 MA 的 HCl 浓度大于 28 ppb 便可造成肉眼可见之芯片腐蚀[10]、MB 中的 NH_3 会造成『T-topping』现象[11]、MC 中含 6 到 10 个的碳化合物会影响到制程

中光的传递[12], 属 MD 的硼吸附于芯片后使掺杂物浓度失去控制[13]、一颗粒径为 50nm 的微粒便会导致一片芯片 (die) 毁损[14], 因此, 微污染监测与控制是缔造高良率产品的重要技术, 了解污染源为其首要步骤, 以下将对各类微污染源及其影响举例说明:

MA 可能源于外气及内部循环气体, 外气主要为烟道排放制程尾气藉 MAU (make-up air unit) 吸入厂内, 循环气体之污染物则由 wet bench、机台 PM 及原料或尾气管路泄漏等所贡献。另一特殊情况发生在机台反应腔 (chamber) PM 后的复机, 复机过程 chamber 压力下降至 450 torr 以下时, 水汽凝结为细水滴, 而残留在机台内的微量 SO_2 便与细水滴反应成硫酸 (H_2SO_4) 液滴, 当压力再回复常压时, 液滴中水分蒸发形成浓缩硫酸液滴, 残存于 chamber 内导致芯片腐蚀[15]。

MB 是微影制程特别敏感之污染物, 『T-topping』为典型副作用之瑕疵品, Ruede 曾发表 MB 对不同光阻剂的影响。此外, 其它研究发现当晶圆经过使用 Cl_2 的干蚀刻制程后再暴露到无尘室中的微量 NH_3 , 晶圆表面将因酸碱反应而产生次微米级之盐类微粒[16]。MB 另一影响是线宽改变, 实验结果显示晶圆暴露于 5 ppb 的 MB 十分钟便造成 10-20 nm 的误差, 比利时的 IMEC 研发中心进一步研究结果发现, 使用 ESCAP 248 nm 的光阻、暴露于 MB 浓度为 15 ppb 无尘室, 导致 6 nm/min 的关键尺寸误差。MB 来源除了未处理干净的进气外, 厂内生产作业是主要贡献源, 如 wet bench 光阻逸散造成无尘室持续几小时 MB 浓度值高达 200 ppb; 倘若 CMP (Chemical Mechanical Polish) 制程隔间门被延长开启, 将导致微影区的胺类浓度值大幅升高[17]。

MC 污染会造成晶圆表面 Si-N 膜变为氧化硅 (Si-O), 进而导致氮化硅 (Si-N) 膜的膜厚与纯度同时降低[18]; MC 另一影响为改变介电质特性而影响溃电压[19], 或形成 Si-C 不纯结构[20]。MC 来源除制程原物料的逸散外, 设备材质释气是主要来源, 如使用塑料材质芯片盒 (wafer cassette) 会释出 DBP 及 BHT, 由于此二种 MC 化学极性偏高, 因此于晶圆表面附着量较多, 此问题可用稀释的 HF 清洗来

解决。在多种塑料材质释气实验中发现,PTFE (polytetrafluoroethylene) 与 PFA (perfluoroalkoxy alkanes) 的释气 (outgassing) 量最少[21];另有文献数据发现作业人员穿戴之手套也是无尘室内 MC 的污染源,包含橡胶、抗氧化剂、油脂、接口活性剂及无机物等,研究结果也发现橡胶手套(nitrile glove)的污染物逸散量远小于乳胶手套(latex glove)[22][23][24]。

MD 来源除外气贡献及无尘室内机台或管路内气体 (如 BF_3 、 PH_3 ...) 泄漏,还有 HEPA 滤材的密封胶 (sealant) 所释放出的有机磷酸盐类 (organophosphate) [25],或是由滤材纤维释出的硼 [13],这些额外的掺杂物会影响电流而导致组件失效或产品良率下降。

5 污染物采样分析方法

一般空气以冲击式吸收瓶 (impinger) 或固气分离采样器取样 (denuder),MA 及 MB 搭配离子层析仪 (IC) 分析,见图 3,MD 则搭配 ICP-MS 分析[26],见图 4,MC 或有机 MD 类则是选用吸附管取样后,搭配热脱附气体层析质谱仪 (TD-GC-MS) 及电感耦合等离子体 - 质谱仪 (ICP-MS) 分析[27]。若污染物具极性键结 (如 $\text{C}=\text{O}$ 、 $\text{S}=\text{O}$) 容易吸附于晶圆表面,可将晶圆暴露于环境中再溶出污染物后搭配气象层析质谱仪 (GC-MS) 分析[28],各类污染物采样分析方法整理如表 3 [29]。

表 3 AMC 及代表性之测定法

AMC		对于制程影响的例子	代表性之测定法
酸性气体 (Acids)	HF 、 HCl 、 NO_x 、 SO_x 等	配线的腐蚀,Haze 现象的产生	Impinger 捕集、IC 法分析
碱性气体 (Bases)	NH_3 、 RNH_2 、 R_2NH 等	光阻液的显像不良,Stepper Lens 雾化	Impinger 捕集、IC 法分析
凝缩性有机物质 (Condensable)	Siloxane、DOP、DBP、BHT 等	绝缘性质变差,成膜异常	Tenax 捕集、GC 法、GC-MS 法分析
掺杂性物质 (Dopants)	B、P	Threshold Voltage (门坎电压)值的偏移电阻值下降	Impinger 捕集、ICP-MS 法分析
金属 (Metals)	Na、K、Ca、Mg、Fe、Al 等	漏电现象产生,氧化膜耐压性质变差	Impinger 捕集、ICP-MS 法分析

在实时监测部分亦有商业化产品,例如利用污染物与不同金属片 (如铜、银及其它金属) 反应后的膜厚改变而侦测 MA 浓度值;其它如总碱分子实

时监测 (total molecular base-real time monitor, TMB-RTM)、离子迁移率光谱仪 (IMS),或是将 IMS 结合 MS 等。 NH_3 或 NO_x 使用催化氧化化学发光 (Catalyst Oxidization Chemiluminescence) 技术来进行实时监测,酸性气体如 SO_2 应用紫外线荧光法 (Ultraviolet Fluorescence) 技术来进行实时监测,见图 6。而无选择性的 AMC 监测仪则有利用压电石英矩阵测量芯片上沉积总质量的设备,但压电石英天平容易受湿度影响。另 ppB-RAE 则是利用 UV 光将化学键结打断后以电场分离阴、阳离子,来进行检测总有机气态分子浓度,见图 5。



图 3 离子层析仪(IC)



图 4 气体层析质谱仪(TD-GC-MS)



图 5 ppB-RAE 手持式 TVOC 测试仪及相关规格

ppbRAE 3000 (Model Number PGM7340)		
Lamp	Range	Resolution
10.6 eV	1 ppb to 10,000 ppm	1 ppb
9.8 eV	0.01 ppm to 5,000 ppm	10 ppb
11.7 eV	0.01 ppm to 2,000 ppm	10 ppb



图6 SO_x及NO_x在线监测仪及相关规格

Measurement item	NH ₃	NO _x	H ₂ S	SO ₂
Analysis method	Catalyst oxidation- Chemiluminescence method	Chemiluminescence method	Catalyst oxidation- Ultraviolet fluorescence method	Ultraviolet fluorescence method
Range	0-0.1/0.2/0.5/1.0ppm	0-10/20/50/100ppb	0-10/20/50/100ppb	0-10/20/50/100ppb
Lower limit of detection*	1ppb	0.1ppb	0.1ppb	0.1ppb
Response time (90%)	5 minutes or less	5 minutes or less	3 minutes or less	3 minutes or less
Sample flow rate	Approx. 2.0 L/min	Approx. 1.6 L/min	Approx. 0.8 L/min	Approx. 0.8 L/min
Peripheral temperature and humidity	0 to 40 °C, 85% or less	5 to 35 °C, 85% or less		
Mass	Approx. 46 kg	Approx. 26 kg	Approx. 30 kg	Approx. 20 kg

* Representative value.

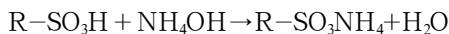
6 化学过滤器针对于化学分子污染物去除方法

化学过滤器为目前最为普遍应用于控制及降低化学分子污染方法之一，目前市面上贩售化学过滤器可分成两大类 1) 活性炭(含改性活性炭)及 2) 离子交换树脂。基本上市场上还是以活性炭及改性活性炭为主，改性活性炭是在基材表面上涂上一层化学药剂，利用酸碱中和反应机制将污染物去除，而离子交换树脂是以阴阳离子交换的机制来去除酸碱(阴阳)离子污染物，但是市场上还是以去除碱(阳离子)离子交换树脂为主。以下为各种不同过滤机制化学过滤器对于气态分子污染物去除的说明：

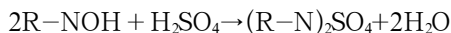
改性活性炭除碱性气态分子化学过滤器的过滤机制： $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$

改性活性炭除酸性气态分子化学过滤器的过滤机制： $2\text{HCl} + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

强阴离子交换树脂除碱性气态分子过滤器的过滤机制：



强阳离子交换树脂除酸性气态分子过滤器的过滤机制：



为了搭配半导体工厂洁净室循环系统内 FFU 单元上使用，开发出低压损、轻量、高效率、长寿命 PURO-F 型化学过滤器。下记为其相关型号对应相关的气态分子污染物

PURO-F 及相关规格



产品参数	PF-PCN	PF-PAA	PF-GAC	PF-PHD
标准名义尺寸 (长×宽×高 mm)	1000×800×70	1000×800×70	1000×800×70	1000×800×70
额定风量(CMH)	0-2400	0-2400	0-2400	0-2400
阻力(Pa)	<25@0.35m/s	<25@0.35m/s	<25@0.35m/s	<25@0.35m/s
滤材面积(m ²)	8.5	8.5	8.5	8.5
过滤器箱体材质	镀锌板, 铝	镀锌板, 铝	镀锌板, 铝	镀锌板, 铝
护面网材质	铝(阳极材料), 镀锌铁	铝(阳极材料), 镀锌铁	铝(阳极材料), 镀锌铁	铝(阳极材料), 镀锌铁
垫片厚度(mm)	5	5	5	5
目标气态分子污染物	酸性气态分子 (F, Cl, NO ₂ , SO ₂ , H ₂ S)	碱性气态分子 (NH ₃)	可凝性气态分子 (VOC)	颗粒物 (Boron, Phosphorus)

* 以上标准尺寸用于搭配 4X4 的 FFU, 2X4 FFU 可选择 500X800 (WXH) 的 PURO-F 产品。

至于使用在高风速 (2.5m/s) 的 HVAC 空调箱, 如 AHU, MAU, RAU, 开发出低压损、轻量、高效率、长寿命之 PURO-C 及 PURO-V 型化学过滤器。其相关规格, 型号与对应气态分子污染物如下记表格所述：

PURO-C 及相关规格



产品参数	PC-PCN	PC-PAA	PC-GAC	PC-PHD
标准名义尺寸 (长×宽×高, mm)	595×595×292	595×595×292	595×595×292	595×595×292
额定风量(CMH)	3400	3400	3400	3400
阻力(Pa)	<120@2.5m/s	<120@2.5m/s	<120@2.5m/s	<120@2.5m/s
滤材面积(m ²)	11.2	11.2	11.2	11.2
过滤器箱体材质	镀锌板, 铝	镀锌板, 铝	镀锌板, 铝	镀锌板, 铝
护面网材质	铝(阳极材料), 镀锌铁	铝(阳极材料), 镀锌铁	铝(阳极材料), 镀锌铁	铝(阳极材料), 镀锌铁
垫片厚度(mm)	5	5	5	5
目标气态分子污染物	酸性气态分子 (F ⁻ , Cl ⁻ , NO ₂ , SO ₂ , H ₂ S)	碱性气态分子 (NH ₃)	可凝性气态分子 (VOC)	渗余剂 (Boron, Phosphorus)

* 以上标准名义为标准全尺寸 PURO-C 产品, 半尺寸 PURO-C 产品的尺寸是 295X595 (WXH)。

PURO-V 及相关规格



产品参数	PV-PCN	PV-PAA	PV-GAC	PV-PHD
标准名义尺寸 (长×宽×高, mm)	592×592×292	592×592×292	592×592×292	592×592×292
额定风量(CMH)	3400	3400	3400	3400
阻力(Pa)	<90@2.5m/s	<90@2.5m/s	<90@2.5m/s	<90@2.5m/s
过滤器箱体材质	塑料	塑料	塑料	塑料
垫片厚度(mm)	5	5	5	5
目标气态分子污染物	酸性气态分子 (F ⁻ , Cl ⁻ , NO ₂ , SO ₂ , H ₂ S)	碱性气态分子 (NH ₃)	可凝性气态分子 (VOC)	渗余剂 (Boron, Phosphorus)

* 以上标准名义为标准全尺寸 PURO-V 产品, 半尺寸 PURO-V 产品的尺寸是 292X592 (WXH)。还有相对于高浓度, 高风速的外气或高污染环境, 高含碳量, 低压损, 高效率, 长寿命的 PURO-C 及 PURO-CT 最适合不过了。

PURO-T 及相关规格



型号	Puro-T外形尺寸(mm) 长×宽×高		额定风量 (CMH)	阻力(Pa)	吸附剂 体积(lit)
	框架	托盘(元件)			
PT-20W-8tray	610×610×610	590×600×45	3400	<180@2.5m/s	4.1
PT-20WH-8tray	610×305×610	590×295×45	1700	<180@2.5m/s	2.0
PT-20W-10tray	610×610×610	590×600×30	3400	<150@2.5m/s	3.4
PT-20WH-10tray	610×305×610	590×295×30	1700	<150@2.5m/s	1.7
PT-20	610×610×420	410×600×36	3400	<120@2.5m/s	2.2
PT-20H	610×305×420	410×295×36	1700	<120@2.5m/s	1.1
PT-10	610×610×210	205×600×33	1700	<80@2.5m/s	1.0
PT-10H	610×305×210	205×295×33	850	<80@2.5m/s	0.5

*Puro-T外形材质: 不锈钢, 冷轧钢板喷漆, 镀锌。
阻力不含G4, 阻力大小取决于吸附剂种类。

PURO-CT 及相关规格



CT系列名义尺寸(mm)						
型号	框架长度(W)	框架宽度(H)	碳筒深度(D)	额定风量(CMH)	阻力(Pa)	碳筒数量
CT16-450	610	610	450	3400	<150@2.5m/s	26
CT8-450	305	610	450	1700	<150@2.5m/s	26
CT4-450	305	305	450	850	<150@2.5m/s	26
CT16-600	610	610	600	3400	<150@2.5m/s	26
CT8-600	305	610	600	1700	<150@2.5m/s	26
CT4-600	305	305	600	850	<150@2.5m/s	26

表 4 为化学污染物分类, 发生源, 对应的化学过滤器及其去除原理。表 5 及图 7 为洁净室各不同区域及其不同对应的化学过滤器。

各种不同构造的化学过滤器及其安装位置有如图 1 及图 7 所示, 如 FFU 单元处以 PURO-F 型过滤器来搭配, 在面风速高区域如循环回风系统, 可以 PURO-C, PURO-V 型过滤器来搭配使用。

不管任何一种滤材在使用时, 都务必须考虑到其基材发尘及释气的问题, 所以在一开始制造时, 就务必要考虑到滤材选用及加工方法。

离子交换过滤器有如前面所述是分成离子交换树脂及离子交换纤维 2 大类。不管任何一种都是如下方所述由离子交换基镶入其基材中。阳离子过滤器(除碱性气态分子)是由具强酸性阳离子交换基的磺酸基(Sulfonic acid)及阴离子过滤器(除酸性气态分子)是由具强碱性阴离子交换基的 4 级氨基(Quaternary ammonium group)镶入其基材中, H⁺为磺酸基中对换离子, OH⁻或 HCO₃⁻为 4 级氨基中对换离子, 都是以电气中和反应将欲去除碱性气体

或酸性气体去除。

酸性气体去除用的过滤器（活性炭表面添加强碱性化学药剂,强碱性阴离子型）去除代表对象气体为硫磺化合物(SO_x),硝酸化合物(NO_x)等。

碱性气体去除用过滤器（活性炭表面添加强酸性化学药剂,强酸性阳离子型）去除对象气体几乎以NH₃为代表。

实际在使用当中,其寿命会受到去除对象的浓度变化、滤材通过面风速不同、滤材厚度不同而有不同结果。循环系统中由于外气导入气体浓度变化、内部制程本身产生的污染气体浓度变化、也会影响到滤材本身寿命。

对于不同用途,活性炭过滤器也有不同结构可共选用,如纤维状活性炭、成型活性炭、粒状活性炭。任何一种材质之活性炭都是细孔构成具有高物理吸附功能。

表4 化学污染物质之分类及其主要对应化学过滤器

SEMI 对于化学污染物质之分类	发生源	对策用之化学过滤器	去除原理
A: Acids (酸性气体) 氢氟酸、盐酸、硫酸、硝酸	外气、制程化学药品	阴离子化学过滤器 /改性活性炭化学过滤器	离子交换反应 /中和反应
B: Bases (碱性气体) 氨、胺化合物	外气、人、建筑物墙壁、涂料、建材、制程化学药品	阳离子化学过滤器 /改性活性炭化学过滤器	离子交换反应 /中和反应
C: Condensable (凝缩性有机物) 邻苯二甲酸酯类 (Phthalate Ester)、磷酸酯类 (Phosphate Ester)、硅氧烷 (Siloxane)	密封剂、建材、电线被覆材	活性炭化学过滤器	物理吸附
D: Dopants 硼酸、磷酸、磷酸酯类	HEPA、ULPA、制程化学药品	阴离子化学过滤器 /改性活性炭化学过滤器	离子交换反应 (硼、磷酸) /错体形成反应 (硼) /中和反应 /物理吸附 (磷酸酯类)
E: Etc. (其他) 硫化氢、臭氧	外气	改性活性炭化学过滤器	经由触媒作用促进氧化还原反应

GAC 型活性炭过滤器为针对去除极易附着于芯片表面凝缩性有机物而开发,具有有如前述离子交换树脂过滤器的同样特征。使用高性能粒子活性炭。其初期去除效率以 Toluene (甲苯) 为代表。

表5 区域别及其不同对应之化学过滤器

区域别		使用风速域	型式	滤材种类
外气处理系统		~3.0m/s	PURO-T	粒状活性炭
			PURO-CT	粒状活性炭
循环系统	FFU	0.3~1.0m/s	PURO-F	包覆式活性炭, 离子交换树脂, 离子交换纤维
			PURO-C, PURO-V	包覆式活性炭, 离子交换树脂, 离子交换纤维
	AHU	2.5m/s	PURO-C, PURO-V	包覆式活性炭, 离子交换树脂, 离子交换纤维
微环境局部供气系统		~3.0m/s	PURO-T, PURO-CT	包覆式活性炭, 离子交换树脂, 离子交换纤维
制造设备		0.3~1.0m/s	PURO-F	包覆式活性炭, 离子交换树脂, 离子交换纤维

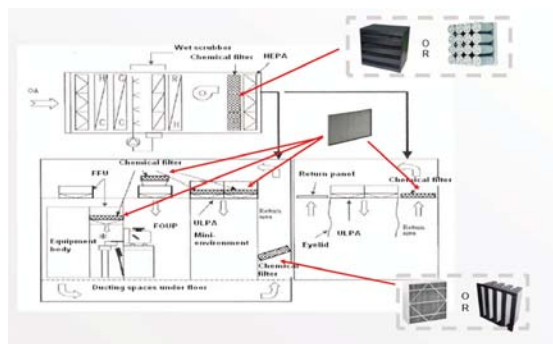


图7 区域别及其对应的化学过滤器

7 总结

今后随半导体制程加工微细化,化学微分子污染控制技术的采用已成为是半导体业界任何一家公司必备的生产武器,因此,在控制污染物质对策上,有其非常严峻要求。在于空调循环系统、污染发生源,甚至在设备上加装化学空气过滤器等已成为使用者务必拥有的基本常识。

至于最近 ArF, 甚至目前最热门的 EUV 曝光机普遍性使用于各半导体厂中,不可不知由于其拥有高能光源,极易离子化其环境中一些气体,而影响到数种化学污染物起反应作用,形成 HAZE 问题发生。

尤其是随着今后半导体制程微细加工化,即使到目前为止还不成为问题的低浓度的化学污染物质,但今后就不得不充分地考虑解决的方法。ISO 也积极在讨论有关分子状污染物质控制规范的必要性。“PURO”化学空气过滤器,今后将成为半导体厂中不可缺少的一种控制污染源的重要设施。

离子化静电消除器及其使用

孙延林

中国电子仪器行业协会防静电装备分会, 北京 100000

(接上期第 48 页)

5 高压离子化消电器

这类消电器广泛应用于工业生产中, 种类也很多。有交流、直流等离子化消电器, 同时还有专门用于燃爆场所的防爆式高压离子化消电器 (见表 17) 等。

表 17 高压离子化消电器种类

高压离子化消电器种类					
直流高压 离子化消 电器	工频高压 离子化消 电器	低频高压 离子化消 电器	交流高压 离子化防 爆消电器	直流高压 离子化防 爆消电器	智能高压 离子化消 电器

5.1 非防爆式高压离子化消电器

这类高压消电器种类很多, 广泛应用于工业领域, 特别是电子行业使用数量很多。距不完全统计, 每年使用量 40—50 万台 (套) 以上。其种类主要有直流、工频 (50HZ)、交流 (含方波、正弦削峰波、正弦波等波形), 频率在 100HZ——100KHZ 范围内等。

5.1.1 直流高压离子化消电器原理

当将放电针连接到可调的直流高压电源电压输出端时, 随着电压提升, 针尖对地存在着不断提升的电位, 同时在针尖上积聚电荷, 在与接地环之间周围空间逐渐形成强度很高的静电场。当电场强度达到某一阈值时 (放电针对地电压 3KV——4KV 以上时), 在针尖周围就会发生电晕放电 (发生电晕放电阈值和环境湿度、空气洁净度、放电针与接地环等周围物体的分布电容等参数有关), 使空气中性分子发生电离, 变为带正、负电荷的空气离子。如果放电针所带电压为正极性时, 空气的负离子由于与放电针电压极性不同, 在电场力作用下, 既予放电针的异性正电荷发生中和, 此时只有带正电荷的空气离子在

静电源电场力或气流作用下与静电源异性静电荷发生中和。同理, 负高压放电针只产生负极性空气离子。因此直流高压离子化消电器要同时具有正、负高压放电针才能产生正、负空气离子。

由于直流高压离子化消电器产生的正、负离子是分别通过正高压放电针和负高压放电针与接地环之间电场产生的, 因此希望发生电晕放电时单位时间、单位空气体积中的正离子浓度与负离子浓度一样。但是由于各种因素影响, 正、负离子浓度不一样, 这时在消电器离子空气的覆盖表面就会存在正或负的对地电压。这个电压被称为残余电压 (或称偏移电压、平衡电压)。这个电压越小越好, 如果高于静电敏感产品的静电放电敏感电压, 就有可能造成静电敏感产品的损坏。

5.1.1.1 直流高压离子化消电器电路原理

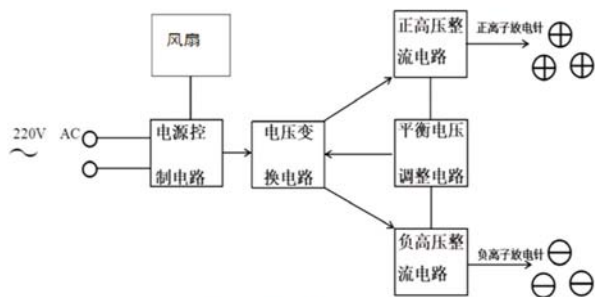


图20 直流高压消电器电路原理图

直流高压离子化消电器电路一般由电源控制电路 (含风扇电路或压缩空气控制电路)、升压整流电路 (也有采用倍压整流电路)、高压短路保护电路、正电压放电针、负电压放电针、接地环等组成 (见图 20)。功能多一些的消电器还包含了残余电压调整电路、远红外自动控制电路、静电测量智能化控制电路

等等。直流高压消电器根据使用现场使用情况,不一定都配置风扇或压缩空气(有些风源或气流对操作有影响)。

5.1.2 交流高压离子化消电器原理

交流高压离子化消电器是利用工频交流或低频交流的高压直接加载在放电针上,当放电针对地电压达到某阈值、既与接地环(也可以是其它结构)之间电场强度达到某一阈值时既发生电晕放电产生正、负空气离子。需要注意的是:交流高压离子化消电器在交流高压频率处于正半周时,放电针产生正离子,高压频率负半周时产生负离子。因此为了防止正、负离子中和,必须使用风扇、压缩空气将正、负离子吹开,防止迁徙过程发生中和。这样消电器消除静电的有效工作距离更长和范围更广泛。交流高压离子化消电器由于受分布参数等因素影响,也会出现残余电压问题。

5.1.2.1 交流高压离子化消电器电路原理

一般交流高压离子化消电器采用工频电压,直接将 220V 正弦交流电压通过变压器升压到 4KV——6KV 或以上高压,直接加载到放电针产生电晕放电,再通过风扇或压缩空气将空气离子吹到工作表面上。这种交流离子化消电器电路简单,但功能单一。还有通过振荡器和波形变换电路将消电器频率提高或将正弦波变换为梯形波、脉冲方波、消峰波等,从而提高工作效率。交流离子化消电器的工作电压较直流高压消电器的工作电压低,但易受分布参数影响。交流高压离子化消电器的电路一般由电源控制电路(含风扇、压缩空气控制电路)、保护电路、升压变压器、电晕放电耦合电路、放电针等组成。功能较多的消电器还包括远红外、静电测量智能化控制电路等等(见图 21)。

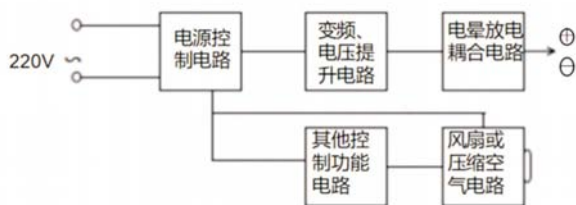


图21 交流高压消电器电路原理图

5.1.3 影响高压离子化消电器消除静电诸因素

安全、高效消除静电和仪器便于维护、成本较低是各生产企业追求目标。概括一下影响消电器消除静电效率的主要因素有以下方面:

5.1.3.1 放电针的影响

放电针材质和针尖的曲率半径设计对电晕放电产生的离子浓度有较大影响。普通针材料像不锈钢等,在接通高压发生电晕放电时,氧化的速度较快,在针尖表面形成很薄的氧化层阻止在恒定电压下的电晕放电,使产生离子浓度降低,从而影响静电中和效率。另外还会因高压和热产生微孔效应,使放电针使用寿命很短。

针尖曲率半径过大,使电场场强变低,导致电晕放电效率降低。曲率半径减小,可使电场场强变高,增强电晕放电效率。实验表明,高压消电器的针直径 0.4~1mm,曲率半径角度不大于 60° 效果较好。有几种材料适合作为放电针材质使用。一种是硅化碳(CVD-SiC,美国专利 7,501,765B2),还有钛(Ti)、钨(TG)合金材料。

5.1.3.2 电路波形及设计与布局的影响

5.1.3.3 电压波形的影响

直流波形:通常采用直流高压的离子化消电器,其波形有稳态直流和脉冲波。直流起电阈值较高,针尖的电压达到 3500V~4000V 以上时,才会产生电晕放电。由于直流电压要较高时,才能达到一定效果。所以对仪器绝缘强度要求也高。在高电压下,仪器分布参数影响也变大。直流放电针通常分正和负放电针,之间有一定距离。所以电晕放电产生的离子不易中和,工作效率相对高一些。在很多情况下,即使不用风源,利用静电带电体的电场力对异号离子吸引也能消除静电。由于直流高压离子化消电器的正、负离子是通过两个直流高压电源产生的,由于元器件参数不一致性、分布参数、接地环距离不等多因素影响,会使正、负离子浓度不一样,在静电源静电荷中和结束时,存在一个残余电压(平衡电压、偏移电压)。一般情况下,如果设计和工艺及调试存在问

题,直流离子化消点器的残余电压易产生和幅度会高一些。

交流波形:采用的交流波形有正弦波、方波、梯形波、正弦消峰波、脉冲波等,其频率有低频 50~100HZ 和频率较高几十 KHZ 的。由于交流受频率的集肤效应影响,频率越高越易产生电晕放电。所以交流高频消除器的工作电压要低于直流波形(2500V 以上),安全性要高于直流,同时耗电相对直流要低一些。但电路要复杂而且受分布参数影响比直流消电器要大的多。不同的波形,消除静电效率也不尽相同。梯形波、正弦消峰波效率较高(见图 22),因其正、负转换有迟滞时间,不易使产生正负离子快速中和。而尖波和正弦波的正负转换较快,迟滞时间短,正、负离子易中和。所以波形和电压的正确选择是很重要的。工频离子化消电器结构比较简单。对于交流离子化消电器,为使其可靠工作,一般要配风源,否则无法正常工作。

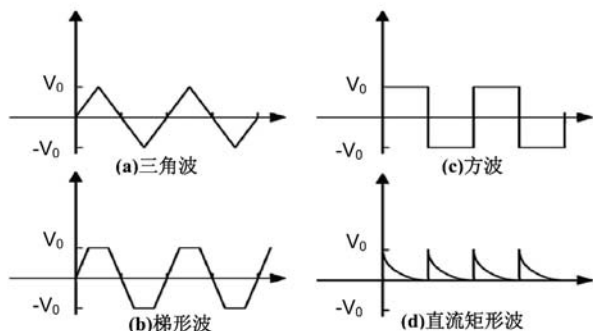


图 22 图波形选择

5.1.3.4 高压电路设计、布局的影响

直流参数和交流参数都会受到分布参数影响,高压线路布局不合理可影响消电器的工作效率和正、负离子浓度的不平衡加大。

高压线路的路径:高压线路受分布参数影响很大。例如线径越长,其受分布电容旁路、电感感抗的影响越大,电压衰减越大。所以高压输出端距放电针距离越短越好。

高压线路的绝缘性:高压线路的绝缘要求很高。普通的绝缘电线满足不了要求,通常其绝缘强度达到 20KV/mm 以上的高压绝缘电缆才能满足消电器高压输出要求。高压电路部分(包括高压变压器)

对地绝缘性要很好才能使消电器稳定工作,否则会出现输出的不稳定,甚至影响其可靠性。

高压电路的工艺布局:电压越高其分布参数影响越大。通常高压部件及电路布局在电路设计、调试、和整体工艺布局(包括风源、高低压电路和电源分布安装、接地环及外壳等等)时应固定下来。在生产 and 修理时不应随意变动位置(包括走线位置)。因为位置变动,会导致分布参数改变而影响输出或出现残余电压。

电子元器件可靠性:所选用的元器件的稳定性应当高、量值误差小,绝缘性好,电路漂移要小。同时电路抗扰性要强。这些因素都决定消电器的稳定工作。

5.1.3.5 气源影响

电子行业一般静电带电体对地电压较低(100V~10KV),其产生的电场力相对小,对无风源直流离子化消电器产生的离子迁移作用缓慢,且作用距离较近。对交流离子化消电器,会产生正负离子中和的问题,使消电效率降低。当离子化消电器带有风源时,可利用气体作用迅速将放电针或放射源产生的正、负空气离子送到较远带电体表面消除静电,使消电效率提高。同时减少交流离子化消电器自身中和带来的空气离子的损失。另外随着消电效率的提高,可降低消电器的功率消耗。

5.1.3.6 高压输出功率与放电针数量影响

通常放电针的数量越多,所需的高压输出功率也越大。在设计消电器时,要根据带电体所带静电荷多少和对地电压的大小,设计消电器高压输出功率。如果功率过小,产生的离子数量则满足不了使用需要。一般在电子工业领域用的离子化消电器,这个问题不太突出,但在石化、药品干燥、饲料加工等系统,离子消电器输出功率与消除带电体的静电效果有很大关联,因为这些行业静电源的静电量都比较大。

5.1.3.7 离子流迁移特点

使用高压离子化消电器时,应着重注意几个特点:1)离子聚合。这种现象是由于正负空气离子之间的相互电场引力引起的。空气离子的持续时间很短,

即在很短的时间内正负空气离子就会聚合, 相互交换电子, 中和成为电中性的空气分子。在消静电距离远或风速低情况下, 正、负离子聚合是导致静电消散时间变长的主要原因。2) 流动空气离子自身的中和作用。如带电体并非对应电离空气气流方向, 静电消散时间通常会变长。如充电平板检测仪的平板位于气流的边缘或者边界, 测得静电消散时间通常会变得不稳定并且重复性变差。影响电离气流的物体的静电场和环境中较大体积物体也会对静电消散造成影响。例如与使用区域临近的墙壁, 暖通空调、风扇引起的气流, 使用地点附近人员走动引起的气流等, 这些因素都应在考虑之中。

5.1.3.8 接地环因素

高压离子化消电器的放电针产生电晕放电与其接地环距离、形状等因素有关, 在设计时这些因素应予以考虑。

5.1.4 高压离子化消电器对环境洁净度影响

利用空气离子消除带电体静电荷的方法, 往往会因空气离子产生的方式而出现对电子器件和其生产环境的污染。这些污染来自:

气源的洁净度: 使用风扇时, 来自生产环境的尘埃。使用压缩空气时, 来自过滤器污物; 压缩机气体压缩室内腔的污染物。

消电器产生的污物: 风扇表面污物的剥离; 放电针氧化物的剥离; 消电器外壳和元器件等表面的污物。

磁头、光学电子器件、液晶、大规模集成电路等生产环境中, 对环境洁净度要求很高。普通消电器使用, 因使用时自身产生污物对环境的影响是不适合使用的。通常要使用放射源式消电器, 或对使用的普通高压式离子化消电器要有严格的检测, 符合要求方可使用。对于普通高压离子化消电器产生污物的测试可参照模拟空气尘埃粒子计数测试法评估。

模拟空气尘埃粒子计数测试法: 通常测试一个密闭洁净空间的洁净度, 再将消电器放入密闭空间中连续工作 24 小时或时间更长后, 测试密闭空间的对应洁净度。其测试消电器工作后的洁净度与背景

洁净度的差值就是消电器的污染水平。这个试验应当有一个批量, 按有关数理统计方法计算结果。如果统计的污染水平小于洁净室规定对应水平的界限值, 该款离子化消电器即可在对应环境中使用, 否则不能使用。离子化静电消除器通用规范 SJ/T11446《离子化静电消除器通用规范》给出高压离子化消电器在 GB50073 规定的 5~9 级环境洁净度中技术要求。

5.1.5 高压离子化消电器的种类及使用注意事项

5.1.5.1 目前一些高压离子化消电器所具有的功能

目前市场常见的高压离子化静电消除器所具有功能很多, 不同型号也不相同, 下面将主要功能简单介绍, 根据不同功能设计不同电路与其配套。

1) 内置放电针清洁剂 (或手动放电针清洁剂)

目前放电针材质主要是钨 (TG) 针、加工钛 (TI) 针、碳化硅针, 在使用过程中会发生氧化或结垢, 使电晕放电效果变差。虽然碳化硅针 (CVD-SIC) 的比单晶硅密度高, 具有较低的溅射率。可用于 GB50073 规定的 1 级洁净环境, 消除其它种类放电针爆裂脱落现象, 但长时间使用也会出现微粒和氧化, 因此要定期清除氧化层和污垢。有的离子化消除器配置自动清洁剂, 否则则需定期手动清洁放电针。通常钨针比钨线针更耐用。

2) 自动调节平衡功能

离子化消电器在使用一段时间后, 产生正、负空气离子浓度会发生变化, 在被保护工作表面会产生残余电压 (偏移电压)。如果大于电子 SSD 产品的静电敏感度, 就有可能造成 SSD 产品损害, 因此必须予以调整。这种平衡调整功能可以通过调整正、负放电电压或放电耦合等措施来改善, 使残余电压降低。高性能离子化消电器可以控制残余电压低于 $\pm 5V$ 。

3) 提供气流功能

为提高消除静电效率, 很多型号的离子化消电器除带有风扇或提供压缩空气。其风量 (CFM) 和压缩空气 (或氮气) 气流 (PSI) 可以自动无极控制, 以满

足实际使用需要。通常风量调节范围 30—350CFM. 气流流速 5—150PSI。通常使用的压缩空气须经过滤器或净化处理。有特殊型号直流高压离子化消电器使用在无扰动气流的环境中，因此没有配置风扇或压缩空气。

4) 自动测试及联动功能

为方便人员使用，有的消电器带有远红外传感器，当工作人员在操作工位时，人的热感应可使静电离子化消电器自动开机工作。当人员离开时，机器自动关闭。

有的在某固定工位设置的离子化消电器带有静电电位计可以监测操作位置的静电电位。当静电电位超过设定阈值时，消电器自动开机工作控制。

有的配有专用光学传感器，可以根据操作工件状态来自动控制消电器。

5) 带有 PCM 控制器

带有 PCM 控制器的离子化消电器，可以提供微处理器自动控制和数据输出，可以设置稳态或者脉冲直流工作模式，操作人员可以设置离子输出量、脉冲时间、离子平衡、脉冲叠加幅度来获得最优性能。同时可以故障报警和系统自动校准。

6) 带有静电电压测试的智能化控制装置

有些工位由于操作工艺不同，被操作物体不是总带有静电，但有时则产生很高的静电。这时可以采用带有自动监测操作工位静电并能实时自动控制离子化消电器工作的装置。这种离子化消电器适用于自动智能化管理工位静电的消除，完全实现智能自动化控制。

5.1.5.2 高压离子化消电器使用场所及结构

1) 使用场所

高压离子化消电器使用场所非常广泛（见表 18）。不同使用场所对高压离子化消电器有不同要求。使用时一定符合相关要求。

2) 高压离子化消电器分类、结构

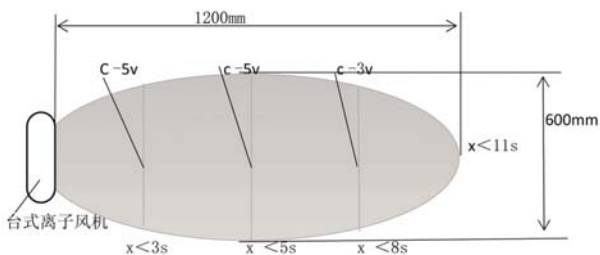
a 台式离子风机

台式离子风机是用的最广泛的一种离子化消电器。有直流和交流两类。这种风机体积小、噪音小、使

表 18 高压离子化消电器使用场所及类别（电子行业）

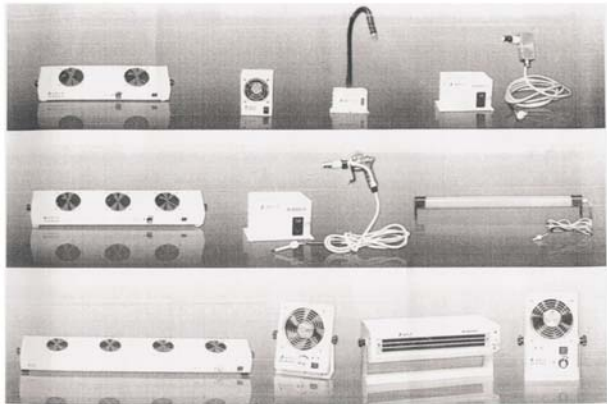
使用场所	高压离子化消电器种类
磁盘驱动器、磁头、磁带、磁存储器生产装配	离子风机、离子棒
液晶显示器、液晶平板、CDD 电子光学产品生产装配	离子棒、离子风机、离子风咀
IC 等集成电路、半导体元器件生产	离子风机、离子风幕、离子棒、离子风蛇
太阳能设备生产	离子棒、离子风机
电子医疗仪器、设备生产组装	离子风机、离子棒、离子风鼓
SSD 产品、设备的装配组装	离子风机、离子棒、离子风枪、离子风咀
军用电子产品生产、装配	离子风机、离子棒、离子风幕、离子风鼓
洁净电子厂房、生产车间	离子风幕、离子风淋室、离子净化工作台等

用简便、价格较低，使用功能不同型号各异。这种离子风机是众多型号高压离子化消电器中使用的最广泛的一种，工作风量 30—120CFM，适用于消除静电区域不大的独立工位。图 23 所示是一种台式离子风机有效工作范围与消除静电时间数据图



注：C 表示该点残余电压；X 表示该点 $\pm 1000V \sim \pm 100V$ ，静电消除时间。

图 23 某台式离子风机有效工作范围与消除静电效果



上图各类高压消电器排列标注表

1 两风扇离子风幕	3 离子风蛇	4 离子风咀
5 三风扇离子风幕	7 离子棒	
8 四风扇离子风幕	10 卧式离子风机	11 台式离子风机

图 24 各种高压消电器

b 离子风幕

离子风幕有两风扇、三风扇、四风扇等多种,通常为交流高压离子风扇。其功率较大,作用距离可大于 2m 以上,工作风量 30–160CFM,作用区域与范围远大于台式离子风机。可以吊挂使用,用于做离子风幕(安置在车间、洁净室的进出口处上方)消除工作人员身体所带静电。也可以安置有特殊要求需快速消除静电的工序工位。例如:像大屏幕液晶显示屏塑料保护膜的剥离工序,以快速消除显示屏表面的静电。

c 离子风蛇

通常离子风蛇为交流高压式较多,通常利用压缩空气或氮气将空气离子通过可弯曲的蛇形管道送入空间较小且在凹处的工作表面上。离子风蛇消除静电效率较高,工作气压在 5–100PSI 范围内。可用于工作表面尘埃清除。

d 离子风咀

通常离子风咀用于空间狭小,不能放置台式离子风机、离子棒或离子风幕的地方,像某些设备内狭小位置静电的消除,或特殊工序操作(SMT 设备内电子元件从料盘剥离等)。离子风咀也是采用压缩空气或氮气,工作气流在 5–100PSI。交流高压式用的较多,其消除静电效率较高,同时可用于工作表面尘埃清除。

e 离子风枪

有交流和直流高压两种,其使用压缩空气或氮气,工作气压在 5–120PSI。其作用与离子风蛇、风咀相同。所不同的是,离子风枪用于活动操作时工件表面静电的消除,例如 PCB 板静电消除和 ESDS 产品表面静电消除及包装。其可以用于工作表面尘埃消除。

f 卧式离子风机

卧式离子风机功率较大,多见于交流工作模式。其消除静电区域和范围远远大于台式离子风机,其风量可达 160CFM,消除静电范围可达 1.5m 以上。适用于传输带流动状态 SSD 产品表面静电消除和薄膜剥离产生静电消除。图 25 所示 卧式离子风机

工作范围及消除静电效果

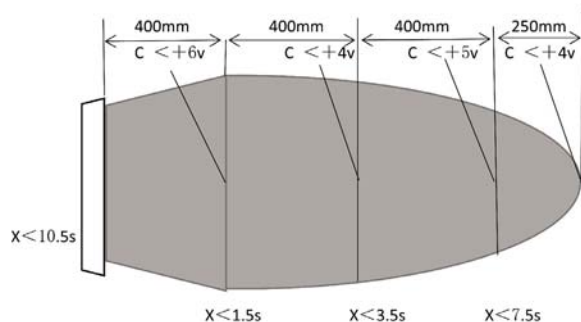


图 25 某卧式离子风机工作范围及消除静电效果

g 离子风棒

离子风棒呈细长状,有交流和直流两种。使用时吊挂在操作工位上方,不妨碍操作。由于其多个放电针并排排列,其纵向作用范围大于台式离子风机。其使用压缩空气,空气流速 30–100PSI,工作有效距离 800mm 以内。

3) 风淋室、洁净工作台用离子化静电消除器

有洁净要求的生产车间或洁净室等通常配置风淋室用于清除工作人员进入工作场所时所携带的灰尘、尘埃。有的风淋室还配置离子风幕(工作原理与普通离子风机一样,只是风量、功率更大,消除静电速率更高),用于消除人体静电。由于洁净度要求较高,一般离子化静电消除器使用的电晕放电针材质为碳化硅针(CVD-SiC),风量较大(500 以上 CFM)和消除静电效率较高。同时离子风幕起尘性,根据不同要求能在环境洁净度 GBJ50073 规定的 1–9 级环境中使用。风淋室对外界形成正空气压力(Pa)。带有离子风幕风淋室的示意图见图 26。带有离子风幕的洁净工作台见图 27。洁净工作台封闭罩内空气压力为正压力,以防外界空气尘埃流入封闭罩内。

风淋室、风淋洁净工作台的送风方式有四种:单向空气流;非单向空气流;混合空气流;对角流(矢流)。通常单向流洁净室用于洁净度要求较高洁净室(IEST 标准 10–100 级)。非单向流洁净室用于(IEST 标准 1000–10000 级)洁净室。

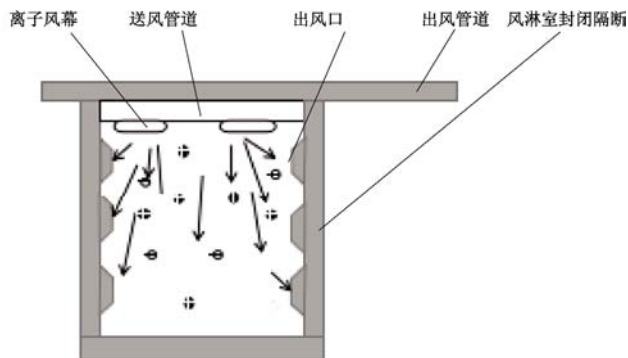


图 26 带有离子风幕单向送风风淋室示意图

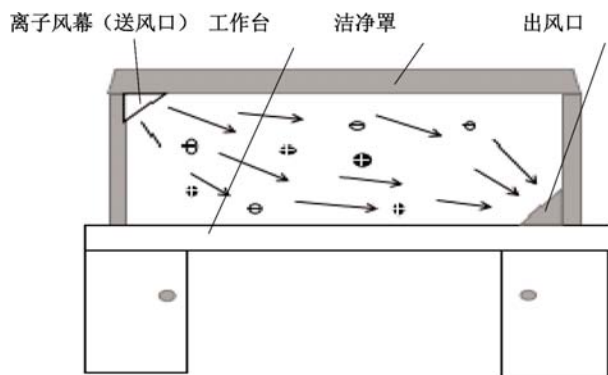


图 27 带有离子风幕矢量场净化工作台

5.1.5.3 高压离子化消电器使用注意事项

(1) 低频交流、高频交流（包括消峰波形和脉冲）、直流消电器具有各自特点，在使用时一定根据具体要求选型。根据作用范围和距离来选择满足要求的不同功率和不同导向方式的离子消电器。一般有风源消电器作用距离可达 1m 以上，消除静电效率远高于无风源。而无风源的作用距离要小一些（60cm 以内）。操作工位要处于消电器离子化空气覆盖范围。

(2) 高压消电器放电针可能与环境易燃易爆、易爆气体的爆炸性混合物直接接触，当发生放电的能量较大时，就有可能引爆或引燃。另外电路的放电、过流等原因都可能引燃可燃爆气体。所以一般非防爆高压离子化消电器不能用于有易燃易爆粉体、气体、液体的场合。

(3) 高压离子化消电器气源所用空气要洁净、干燥。使用压缩空气时，最好将使用的过滤器定期清洗，使气流净化，否则会使消电效率降低和污染产

品。通常在洁净度高于 GB50073 规定的 1~4 级的环境时，普通离子化消电器不宜使用。不同环境洁净度使用符合其要求的消电器。

(4) 环境湿度应保持在 RH80% 以下，没有腐蚀性气体。否则会腐蚀放电针，使消电效率降低。

(5) 安装离子化消电器时，窗口附近应无大面积接地金属导体和有源高压电源（或有源静电场），因为有源静电场会影响空气离子迁移距离和方向。

(6) 放电针材料应为抗氧化、耐腐蚀、表面不易在高温变形和剥离的材料。不宜使用普通不锈钢针等，否则针头会很快氧化使消电效率降低。

(7) 定期除去放电针氧化层和进行维护，同时定期检验消电器消除静电性能和残余电压。

(8) 高压离子化消电器不能用于有源静电源的静电消除。

5.1.6 高压离子化消电器的检验

以下防静电性能检测方法不仅对高压离子化消电器，其对 X 射线消电器也是适用的，但在检验 X 射线消电器时，检测人员的安全要求应符合国标 GB18871【电离辐射防护与辐射源安全基本标准】相关规定。

5.1.6.1 高压离子化消电器其它指标要求 (SJ/T11446【离子化静电消除器通用规范】)

电子行业标准 SJ/T11446 对非防静电性能指标检验要求见表 18。

表 18 高压离子化消电器非防静电指标检验要求

检验项目名称与标准代号 (SJ/T11446)	具体要求
臭氧浓度 GBZ2.1-2007	≤0.3 毫克/立方米
电磁干扰 GB4824-2004	符合要求
电气安全性 GB4793-2007	符合要求
噪声控制 GB50073-2001	不大于 65db (A)

5.1.6.2 高压离子化消电器静电消散性能、残余电压检验

检测所用充电平板测试仪性能符合 SJ/T10694 要求，测试环境和要求应符合以下规定：

(1) 环境相对湿度要满足标准相关规定，不宜在 80%RH 以上环境中检测。

(2) 检测现场无水平方向和垂直方向的扰动气

流,在检测平台和周围无大面积接地金属体。

(3) 检测环境无静电源、电磁干扰源和高电压设备,环境洁净度符合检验实验室相关要求,高压离子化消电器外壳可靠接地。

(4) 【IEC61340-5-1】和【SJ/T10694】对检测静电消散时间要求: $\pm 1000V - \pm 100V$, $< 20s$; 残余电压要求: $< \pm 35V$ 。【ANSI/ESDS20.20】提出消除静电消散时间用户自定。静电消散时间和残余电压测试距离由用户自定,一般选择测试位置、距离和企业实际使用吻合。【ANSI/ESDS20.20】残余电压要求: $< \pm 35V$ 。【SJ/T11446】推荐检测指标见表 19。国标【离子化静电消除器静电衰减时间和残余电压测试方法】草案规定的各式消电器测试位置:台式高压离子化消电器测试位置见图 28 (a)、(b);吊挂式高压离子化消电器测试位置见图 29 (a)、(b) 所示;垂直层流罩高压离子化消电器测试位置见图 30 (a)、(b);水平层流罩高压离子化消电器测试位置见图 31 (a)、(b) 垂直、水平压缩气体高压离子化消电棒测试位置分别见图 32 (a)、(b);图 33 (a)、(b);高压离子化风嘴/风枪测试位置见图 34。

(5) 对于疲劳试验和可靠性试验,其连续开机时间和测试规定一般由企业根据用户要求决定。通常连续开机时间不应低于 72 小时。消电器不应出现任何故障或性能降低。

表 19 SJ/T11446 推荐检验指标

类型	级别	残余电压绝对值(V) V	静电消散时间(S) s
离子静电消除器	A	< 5	< 20
	B	< 10	
	C	< 50	
离子枪或风嘴	A	< 10	
	B	< 50	
离子棒	A	< 20	
	B	< 50	

注 1: 测试点的位置见 SJ/T11466 附录。
注 2: 静电消散时间是指充电板监测仪测得的静电电压从 $\pm 1000V$ 降到 $\pm 100V$ 的时间间隔。
注 3: 测试时离子风机调节到最大风速。
注 4: 本表之外的其他电性能要求,可由供需双方协商确定。

(6) 台式高压离子化消电器检测注意事项

a) 测试时,应保证测试台表面无遮挡气流的障碍物。测试台面绝缘体且无静电;

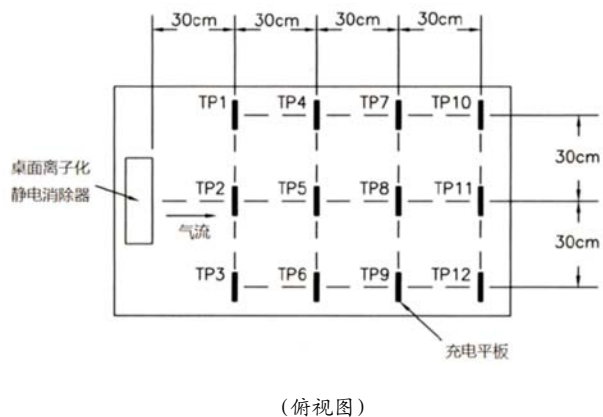


图 28(a) 台式高压离子化消试位置 (注: 保证 12 个测点)

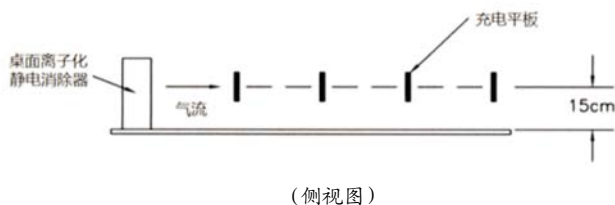


图 28(b) 台式高压离子化消电器测试位置

b) 操作人员应良好接地,周围没有静电源和高电压设备;

c) 对于带有加热功能的离子化静电消除器,应在加热功能关闭条件下进行测试;

d) 对于包含过滤网的离子化静电消除器,应在带过滤网条件下进行测试;

e) 对于风速可调的离子化静电消除器,应在最大、最小风速下分别进行测试,并测量 TP2 和 TP5 点的风速作为测试数据的一部分;

f) 残余电压的测量时间间隔,一般不小于 1 分钟。也可以在读数稳定后读取,一般不超过 5 分钟。

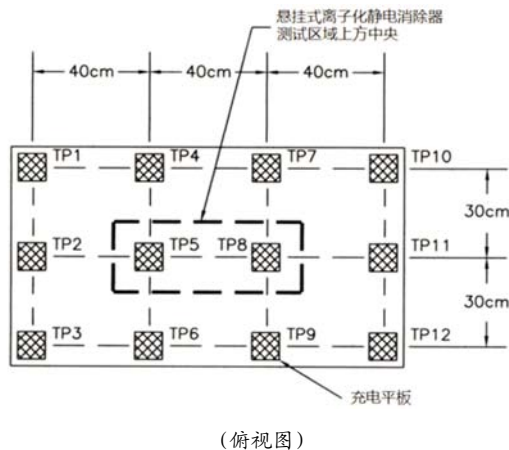
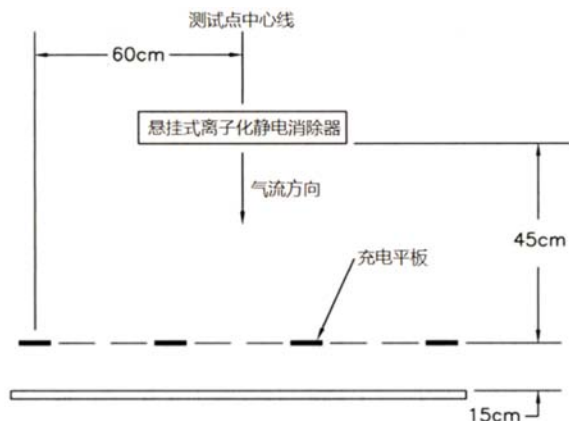


图 29(a) 吊挂式高压离子化消电器测试位置 (注: 保证 12 个测点)



(侧视图)

图 29(b) 吊挂式高压离子化静电消除器测试位置

(7) 吊挂式高压离子化静电消除器测试注意事项

a) 测试时,应保证测试台表面无遮挡气流的障碍物。测试台面测试台面绝缘体且无静电;

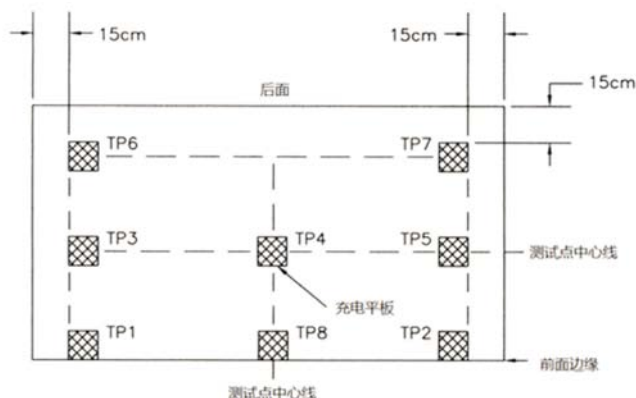
a) 操作人员应良好接地,周围没有静电源和高压设备;

b) 对于带有加热功能的离子化静电消除器,应在加热功能关闭条件下进行测试;

c) 对于包含过滤网的离子化静电消除器,应在带过滤网条件下进行测试;

d) 对于风速可调的离子化静电消除器,应在最大、最小风速下分别进行测试,并测量 TP5 和 TP8 处的风速作为测试数据的一部分;

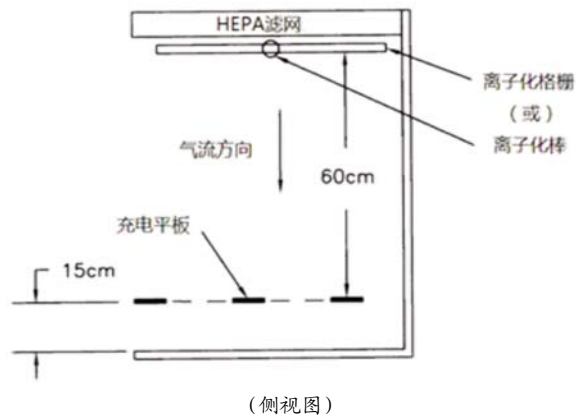
e) 残余电压的测量时间间隔,一般不小于 1 分钟。也可以在读数稳定后读取,一般不超过 5 分钟。



(俯视图)

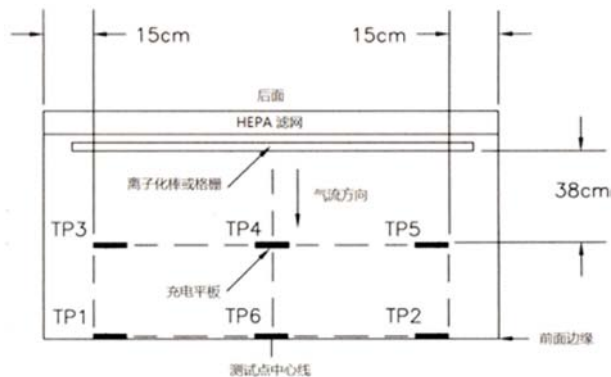
图 30(a) 垂直层流罩高压离子化静电消除器测试位置

(注:保证 7 个测点)



(侧视图)

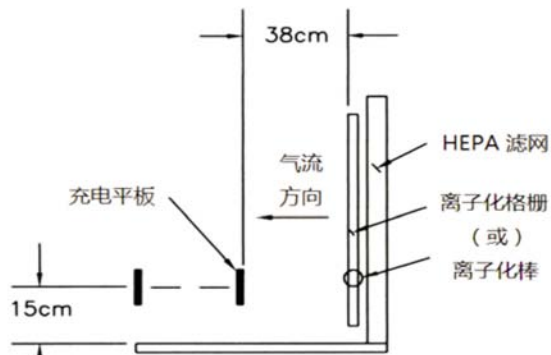
图 30(b) 垂直层流罩高压离子化静电消除器测试位置



(俯视图)

图 31(a) 水平层流罩高压离子化静电消除器测试位置

(注:保证 5 个测点)



(侧视图)

图 31(b) 水平层流罩高压离子化静电消除器测试位置

(8) 对于层流罩离子化静电消除器,测试时应注意以下问题:

a) 测试时,应保证测试台表面无遮挡气流的障碍物。测试台面测试台面绝缘体且无静电;

操作人员应良好接地,周围没有静电源和高压设备;

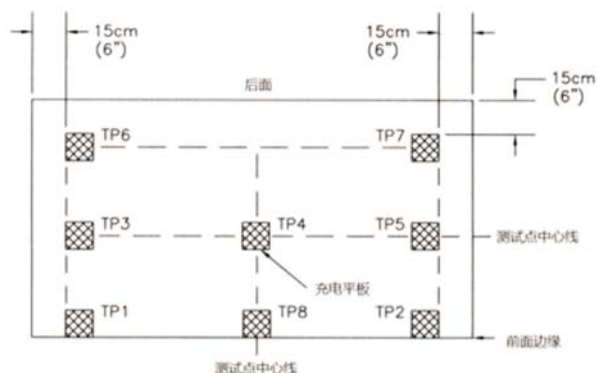
a) 对于带有加热功能的离子化静电消除器,应

在加热功能关闭条件下进行测试；

b) 对于包含过滤网的离子化静电消除器，应在带过滤网条件下进行测试；

c) 对于风速可调的离子化静电消除器，应在最大、最小风速下分别进行测试，并测量 TP4 处的风速作为测试数据的一部分；

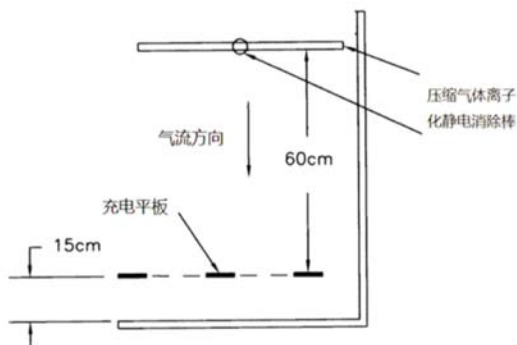
d) 残余电压的测量时间间隔，一般不小于 1 分钟。也可以在读数稳定后读取，一般不超过 5 分钟。



(俯视图)

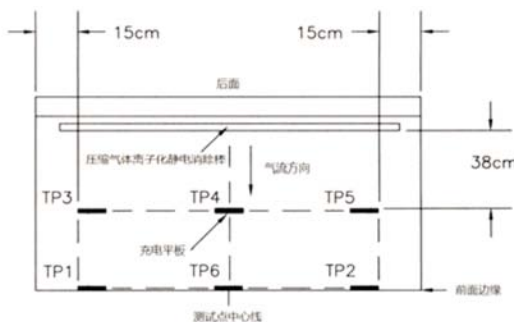
图 32(a) 垂直压缩气体高压离子化消电棒测试位置

(注: 保证 7 个测点)



(侧视图)

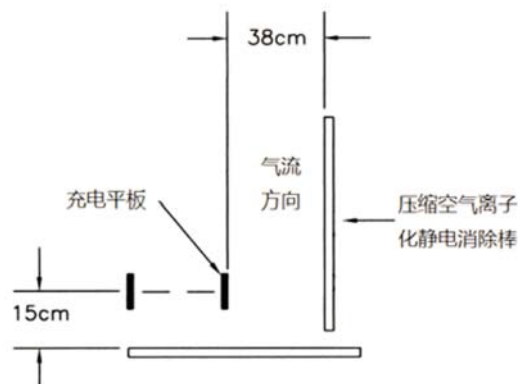
图 32(b) 垂直压缩气体高压离子化消电棒测试位置



(俯视图)

图 33(a) 水平压缩气体高压离子化消电棒测试位置

(注: 保证 5 个测点)



(侧视图)

图 33(b) 水平压缩气体高压离子化消电棒测试位置

(9) 压缩气体高压离子化消电棒测试注意事项

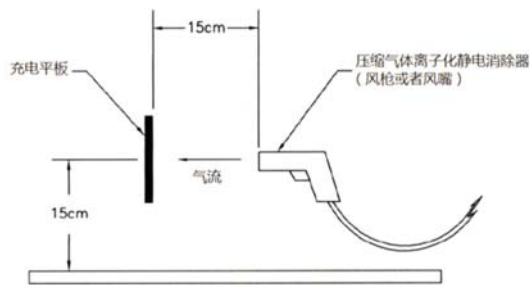
a) 测试时，应保证测试台表面无遮挡气流的障碍物。测试台面测试台面绝缘体且无静电；

操作人员应良好接地，周围没有静电源和高压设备；

b) 除特殊要求外，输入压力应为 2bar (30psig)，并测量 TP4 处的风速作为测试数据的一部分；

c) 残余电压的测量时间间隔，一般不小于 1 分钟。也可以在读数稳定后读取，一般不超过 5 分钟。

(10) 风嘴 / 风枪测试注意事项



(侧视图)

图 34 压缩气体高压消除风嘴 / 风枪测试位置

a) 测试时，应保证测试台表面无遮挡气流的障碍物。除特定要求外，测试台面测试台面绝缘体且无静电；操作人员应良好接地，周围没有静电源和高压设备；

b) 除特殊要求外，输入压力应为 2bar (30psig)；

c) 残余电压的测量时间间隔，一般不小于 10 秒。也可以在读数稳定后读取，一般不超过 1 分钟。

(未完待续)

浅析导电银浆

胡树^{1,2}

1. 聚纶材料科技(深圳)有限公司 研究开发部, 深圳 518052

2. 深圳市新纶科技股份有限公司新材料研究院, 深圳 518054

【摘要】导电浆料是发展电子元器件的基础及封装、电极和互联的关键材料。介绍了导电银浆的组成和分类,并分析了国内外导电银浆的生产厂家、市场应用与需求现状。最后,对导电银浆存在的问题和未来的发展方向进行了展望。

【关键词】导电浆料;表面处理;应用;导电性

The Discussion of the conductive silver paste

(1.Research and Development Department,Polytreen material science and technology co.,Ltd.,Shenzhen 518052,China; 2.Institute of new materials,Shenzhen Selen Science&Technology Co.,Ltd.,Shenzhen, 518054,China)

【Abstract】Conductive pastes are the foundation of the development of electronic components and the key materials in the fields of the encapsulation, electrodes and interconnect.The action mechanism and using method of antistatic agent for polymer materials were described.The composition of antistatic agent was introduced, while the conductive silver paste were classified.The manufacturers, applications and demand situations of conductive silver paste in domestic and foreign at the present stage were also analyzed. At last, the problems and the prospects for the development of nano-silver filled conductive pastes were also discussed.

【Keywords】conductive pastes; surface treatment; application; conductivity

电子元器件制造业是电子元器件行业的重要组成部分,也是电子信息产业的基础,其技术水平和生产能力直接决定了整个行业的发展^[1]。导电浆料(electrically conductive paste)是发展电子元器件的基础,也是封装、电极以及互联的关键材料,可用于制造表面封装技术和敏感元件等电子行业的各个领域。电子浆料作为制造电子元件的基础材料,具有一定的流变性和触变性,是一种集化工、电子技术、材料为一体的基础功能材料。它在汽车、电阻、敏感器件、厚膜集成电路、生活用品等各个方面均有应用;特别是随着微电子技术、表面安装技术和显示技术的高速革新和发展,集成化、微型化、精密化、智能

化和环保化等成为电子元器件的发展方向,以致浆料产业更是以前所未有的速度迅猛发展,对浆料的性能要求也越来越高^[2-3]。近年来,随着信息产业的高速发展,元器件也向着微小化、精密化和柔性化等方向发展,国内外很多科研机构对导电浆料的开发和应用产生了浓厚兴趣^[4-7]。

现阶段,电子浆料在高端产品方面的需求仍依靠国外进口满足,国内电子浆料水平需要进一步提升,从而提高我国电子产业在国际的整体水平。现阶段,我国对电子浆料的应用主要表现为导电浆料,特别是银浆、铝包银浆等,其中银粉制备和银浆调浆为制造银导电浆料的关键^[8-11]。

1 银导电浆料的组成和分类

1.1 导电浆料的组成^[12]

目前,电子浆料种类较多,按其性质和用途,分为电阻浆料、介质浆料、绝缘浆料、包装浆料、导体浆料等。银纳米材料由于具有特异的物理化学性能,很高的热导率,良好的导电性能,优异的低温烧结性能,且相对于金的价格便宜,在空气中比铜、镍稳定,其制备成的银浆可以在大气环境条件下烧结等性能,因此,纳米银在抗菌材料、传感器、光电材料、银导电浆料等领域得到广泛应用。纳米银浆现已成为目前导电浆料研发的主体材料。按银浆中银的存在形式可分为碳酸银浆、氧化银浆和粉银浆三大类;按用途分有电器银浆、云母银浆、厚膜银浆等。但不论哪一种银浆,其基本上由导电相(银或其化合物)、粘结相以及有机载体三个部分组成。

为了使粘结相、导电相与有机载体混合均匀成细腻的浆料,一般先将导电相、粘结相、有机载体分别准备完毕,而后将导电相与粘结相混合成混合粉料,再与有机载体混合,然后进行研磨、轧制,使其均匀地分散在载体中,直至获得符合要求的浆料。

1.1.1 银导电相^[13-18]

银导电相通常以银或银化合物组成,分散在基体中,经烧结或固化后,形成导电通路。导电相的形状粒径大小对浆料的电性能起着重要作用,并影响银层的物理和机械性能。目前,导电相的形状常以球形和片形为主,粒径方面向着纳米级发展。研究发现,片状银粉比其他形貌在导电胶中能形成更好的导电通路,具有更低的电阻率。片状银粉和纳米银粉的使用,能减少银用量,从而降低生产成本。在球形银粉中加入片状银粉来制备银浆,从而改变了球形银粉间点接触的导电模式,提高了银膜的电性能,同时降低了银粉用量。另外,向导电相中添加贱金属(Ni、Al、Cu等)或其他物质,与银粉末制成混合粉末或复合粉末,也可减少贵金属银粉的用量,降低浆料生产成本。例如:将石墨烯引入到导电填料,制备成石墨烯导电浆料以及石墨烯复合银导电浆料。或者是制备Ag包覆Cu等粉体,并制得导电胶,其性能

与目前国内Ag导电胶的性能相当,但成本大幅降低。导电胶中能形成更好的导电通路,具有更低的电阻率。多数使用含铅的玻璃粉作为粘结相。然而,铅污染环境,且对人体有害,因而,研究制备无铅玻璃粉粘结相的导电银浆已经成为一种必然趋势。有不少专利,也开展了无铅银浆的制备方法,银粉对烧结型浆料各性能的影响。

1.1.2 粘结相^[19-21]

粘结相的作用是将固化膜层与基体牢固结合起来,因此粘结相对于成膜的机械性能和电性能都有一定的影响。对于烧结浆料,常用的粘合银粉和基板的粘结相通常使用低软化点的玻璃粉,作为无机粘结剂;对于低温固化导电浆料,一般通过添加高分子树脂作为粘结相来制备所需的浆料。

传统的导电银浆为使银粉和基体获得良好的附着力,多数使用含铅的玻璃粉作为粘结相。然而,铅污染环境,且对人体有害,因而,研究制备无铅玻璃粉粘结相的导电银浆已经成为一种必然趋势。低温固化导电银浆一般通过添加高分子树脂作为粘结相来制备所需的浆料,具有固化温度低,适合丝网印刷的特点。

1.1.3 有机载体^[22-24]

有机载体通常由有机溶剂、增稠剂(高分子聚合物)和其他有机助剂组成,用于分散超微细粉形成膏状组合物;其挥发特性对电子浆料储存稳定性、膜层质量、浆料制备元器件过程的烧成工艺温度制度以及电子元器件性能均有一定影响。

在有机载体中加入不同分散剂的研究,其对制备的浆料的抗沉降和稳定性有较大影响。而加有超分散剂的有机载体配制的浆料,具有假塑性流体的流变特征,印刷适性良好。在有机载体中加入了触变剂,对电极印刷形貌也会有一定改善。另外,研究发现采用高粘乙基纤维与低粘乙基纤维素(的混合物作为增稠剂,用松油醇进行溶解,并加入其他有机助剂形成的有机载体,制备的银浆具有良好的丝网印刷性能。用该银浆所印制出的电池片,其电极栅线线宽增大量小,边缘清晰且具有一定的高

度,与硅基片润湿性好。电池片经烧结后光电转换效率高,具有较高的开路电压、短路电流以及填充因子FF,较小的串联电阻,同时还具有优越的电极机械性能。

电子浆料作为电子元器件制造的关键功能材料,种类繁多,有电阻浆料、介质浆料、绝缘浆料、包装浆料、导体浆料等,其中导体浆料中的银导电浆料研究较为普遍。银导电浆料由导电相、粘结相和有机载体三部分组成,其制备工艺基本为混料、研磨、轧制;选择恰当的粘结相和有机载体,对浆料的印刷(涂覆),产品的性能均有一定影响,导电相—银粉作为浆料的重要组成部分,按形貌可分为球状、片状和树枝状等,常使用的为球状和片状,制备方法主要有化学还原法、机器球磨法,各制备方法中各参数变化对银粉的形貌、粒度分布均有影响,现阶段,银粉的制备方法趋向易于应用,易于工业化推广的方向发展。

纳米银浆是采用粒径 $<100\text{nm}$,具有优异单分散性能的银粉为导电填料,与聚合物有机载体混合,制备而成了具有更优异性能的导电浆料。相比较传统的微米银浆,它具有更小的粒径,更低的细度;更精细线路的印刷;更窄线路的蚀刻;更好的耐候性、可靠性;更高的器件制造良率;更好的抗银迁移效果;更好的导电性以及更多的制程应用适应性。

1.2 导电浆料的分类

1.2.1 填充型导电浆料^[25-29]

按照所添加的导电材料的性质,填充型导电浆料可分为有机系导体浆料和无机系导体浆料。其中无机系导电浆料主要有银粉、镍粉、铜粉等金属粉体和碳黑粉、碳纤维等碳系材料。超细银粉外观呈黑灰色或灰色,具有最优异的导电性和良好的导热性,并且具有负的电阻温度系数,这是由银本身的结构决定的。在银的晶格结点上,排列着银阳离子,这些阳离子之间存在着大量的自由电子,自由电子不停地运动,形成金属键,把金属阳离子连接在一起就形成金属晶体。银能导电的原因是自由电子在电压作用下就能定向移动形成电流。当温度升高时,晶格结

点上的金属阳离子的振动加强,自由电子难以自由移动,所以银等金属的导电能力随着温度升高而降低。由于银粉的导电性最好,化学稳定性高,所以常用在关键和重要的电器设备上。金粉的化学稳定性好,导电性仅次于银,但是价格昂贵,成本太高,从而限制了其广泛使用。铜粉、镍粉和铝粉在高温潮湿环境下易被氧化,导电性不稳定。碳系导电浆料价格很便宜,但导电性很差,耐湿性不好,通常用于无特殊要求的产品。

1.2.2 本征型导电浆料^[30-32]

本征型导电浆料是指利用本征型导电聚合物的导电性能,与其他有机聚合物混合成膜或作为无机导电填料的代替物加入到树脂中。聚合物材料在很长一段时间内都被用作电绝缘材料,随着不同应用领域的需要以及为了进一步拓宽聚合物材料的应用范围,一些聚合物材料被赋予某种程度的导电性成为导电聚合物材料,通过化学掺杂可以使聚合物材料具有共轭结构,而且研究发现,当有机物中有共轭结构且共轭结构达到足够大时,化合物可提供自由电子,从而能够导电。通过掺杂在沿共轭聚合物链段的流动以及电荷在各链间的迁跃起了导电作用。这类研究主要集中在具有大的 π -电子体系的有机物,目前已知的电子导电聚合物,除了早期发现的聚乙炔外,大多为芳香单环、多环和杂环的共聚物或均聚物,如聚对苯乙炔(PPV),聚苯胺、聚吡咯(PPY)等。其中研究得最多的是聚苯胺、聚吡咯等。利用结构型导电聚合物制备导电浆料已经取得了一定的进展,但是各种方法都有一定的缺点。直接利用导电聚合物成膜目前只能是小规模的采用,其性能还需要进一步的检验。在其他树脂的溶液中聚合时,树脂会对其结构产生影响,甚至破坏共轭结构,导致电导率的降低。

填充型导电浆料以导电金属粒子为导电相,聚合物为粘结相,具有优异的导电性及机械性能,加工过程相对简单,重复性及导电稳定性较强,且储存稳定期较长,具有较高的实用性,有着广泛的应用前景,目前市面上导电浆料大多数为此类。

2 导电银浆的导电机理

导电浆料的导电机理主要有渗流理论、隧道效应理论、场致发射理论和有效介质理论等。

2.1 渗流理论^[33-34]

其中最早提出的、具有代表性的导电机理是 20 世纪 70 年代提出的“渗流理论”(percolation theory)。该理论解释的是导电填料体积分数对复合材料导电率的影响。根据此理论,在银粉和有机载体组成的复合材料中,银粉达到一定的体积比例之前,该复合材料中的银粉被有机载体完全隔开,处于不导电状态;当银粉达到该体积比例之后,导电银粉在复合材料中形成导电网络,复合材料变成良导体(体积电阻率发生骤然下降),使得该复合材料的电导率急剧增大,此临界体积分数称之“渗流阈值”。当导电浆料中导电相的填充量达到“渗流阈值”后,导电相可能相互接触形成良好的导电渗流网络,具有初始的导电通道。高温烧渗或固化后,导电相的间距进一步拉近,从而建立各个方向的导电通道,形成一个连续的链状的导电路径,电子可以由此渗流通过。不过,导电浆料中粒子间接触的完整的连续的链状导电通道是很少存在的,粒子间总是存在一定的间隙,而且粒子的表面往往会覆盖一层有机或无机包覆层。当粒子接触面积过小时会产生较大的“集中电阻”(电流流过极小的导电接触点而被汇集压缩时产生的电阻),这些都是“穿流理论”所没有考虑到的。渗流阈值主要与导电填料的类型、尺寸和形貌,粘结基体的类型和形态以及导电填料在基体中的分散状况等有关。而复合材料的导电性不仅取决于体系中导电粒子的体积比例,而且还与成膜过程、银粉形态、粒径分布、微观接触状态和银粉表面包覆剂量有直接的关系。下图 1 给出导电浆料中导电粒子烧渗 / 固化前后状态示意图。

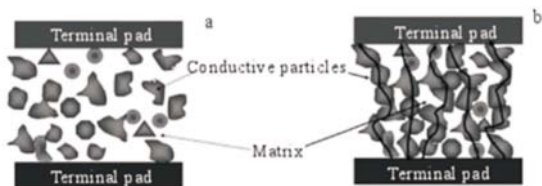


图 1 导电浆料中导电粒子烧渗 / 固化前后示意图

2.2 隧道效应理论^[35]

Ruschau 等于 20 世纪 90 年代提出隧穿模型,认为除了部分直接接触的导电相可形成导电,在电场作用下相距很近(距离 $< 1 \text{ nm}$)的粒子上的电子能借助热振动越过势垒达到另一个粒子,从而形成较大的隧道电流,电阻率会急剧下降,形成导电通道。导电浆料的总电阻可以看成由单个导电粒子的体电阻和粒子间的接触电阻构成。其中接触电阻可以表示为集中电阻与隧穿电阻(电子因隧道效应穿过导电粒子上覆盖的有机或无机膜层时产生的电阻)之和,即:

$$R_c = R_{\text{intra}} + R_{\text{inter}}; R_c = \rho_i / d + \rho_t l / a$$

式中 R_{intra} 是导电粒子体电阻, Ω ; R_{inter} 是粒子间的接触电阻, Ω ; ρ_i 为金属离子的本征电阻率; d 为接触点的直径; ρ_t 为量子隧穿电阻率; l 为隧穿绝缘层厚度, m ; A 为接触点的面积, m^2 。

2.3 场致发射理论^[36-37]

Van Beek 等认为可将导电粒子的隧道效应看作是导电粒子内部电场发射的特殊情况,从而提出场致发射理论(field emission theory),即当导电粒子间距 $\leq 10 \text{ nm}$ 时,虽然导电粒子间存在绝缘层,但其间所具有的强大电场可诱使发射电场的产生,从而形成电流。尤其是当粒子为纳米级时,粒子间距极小,易出现击穿导电—场致发射现象。场致发射理论由于受温度及导电填料浓度的影响较小,因此相对于渗流理论具有更广的应用范围。

上述理论所涉及的导电浆料的导电性能都与导电粒子间距及其分布状况有关,而导电粒子的浓度是影响导电粒子间距和分布的重要因素。当导电粒子浓度太低时,导电粒子会由于间隙过大而无法发生电子的跃迁,因而无明显的隧道效应和场致发射效应;当粒子浓度过高时,导电粒子大部分相互接触,形成了比较完善的导电网络,此时决定浆料导电行为的主要是渗流理论等导电机理。

由于导电浆料的导电机理相当复杂,现有各种理论的提出都有各自的假设前提,故其实际应用有限。需要进一步将各种理论有机结合,深入全面地描

述复合体系的导电现象,建立更准确的导电模型和理论。

金属填充的导电浆料中的导电粒子的形态主要有3种,即导电粒子间相互接触、靠近和孤立。当导电粒子间相互接触时可形成有效导电网络,浆料具有良好的导电性;粒子间孤立存在时,浆料处于绝缘状态;当粒子相互靠近至距离 $<10\text{ nm}$ 时,由于隧道效应表现出一定的导电性。金属填充的导电浆料的导电机理是上述4种综合作用结果。许多学者对纳米银填充导电浆料的导电机理做了大量的工作,认为纳米银填充导电浆料的导电机理主要是渗流理论、隧道效应理论和场致发射效应理论。这取决于银填量、加工条件、粘结剂-银润湿能力和温度等。当纳米银填充到基体中,由于粒子间的接触点面积小,填料粒子数目增多导致接触电阻增加。只有当纳米银间距离在一定范围内时,由于隧道效应等,导电性增强;或纳米银烧结到一起时,粒子间的接触数目大大减少,接触电阻会明显下降,导电性增强。

3 导电银浆的主要生产企业

我国电子浆料的应用上主要以导体浆料(银浆、铝银浆)为主,其他浆料应用上还不到位,这主要是我国追求低成本的原因。经过长年不懈的努力,目前国内生产的电子浆料产品能满足国内的普通需求,其中部分产品具备一定的技术水平,但仍与国外有较大差距,尤其在高端产品方面,由于我国电子浆料技术的落后,各方面人才的欠缺以及设备落后,导致国内电子元器件产业的发展对电子浆料的需求在一个很长的时期内需要通过国外进口来满足,特别是光伏产业大力发展所需求的太阳能电池银浆,严重依赖进口。电子浆料行业集冶金、化工、电子于一体,是一个高附加值行业,在前期需要很高的投入,而国内的企业在这方面的投入很少,再加上这方面的工程技术人员十分缺乏,因此始终在高端浆料上难有突破。不过随着导电银浆迈入国产替代的步伐,国内越来越多优秀企业崭露头角。

3.1 导电银浆主要生产企业

3.1.1 杜邦

美国杜邦已经向中国五大介质滤波器厂家在内的众多企业供货;杜邦已经成为总舵介质滤波器企业的量大核心工业上之一。

目前杜邦已推出 Solamet®光伏导电银浆、Solamet®导电浆料、Solamet®正银导电浆料、Solamet®正面银/铝导电浆料、Solamet®低银含量背面导电浆料五大系列产品,应用领域主要在光伏、电池和电子电器制造等。

3.1.2 贺利氏

无源元件浆料是用于无源元件的金属化浆料产品,包括纯银和银钯端头浆料与内电极浆料。贺利氏为无源元件行业提供符合 RoHS 规定的全系列端头浆料,包括可焊接、可电镀的端头浆料,并且所有产品均不含铅和镉。

典型产品有可电镀端头银浆:ET1890A,可焊接端头银基浆料和低阻值电阻浆料:R400AR。应用领域有 MLCC、MLV、PZT、片式电阻、片式阵列、阵式保险丝、铁氧体和电感器、NTC 和 PTC 热敏电阻。

3.1.3 上海大洲电子(韩资)

上海大洲电子主要生产和销售各种导电银浆、环氧树脂灌封胶、太阳能电池银浆和 LED 荧光粉,是国内知名的电子专用精细化工材料制造单位。

导电银浆产品主要有陶瓷电容用、压敏电阻用、滤波器用、片式电阻用、电阻浆料、片式电感用和低温浆料。

3.1.4 大赛璐(中国)投资公司

大赛璐(中国)是日本大赛璐在中国大陆的独资公司。典型产品有 Metal Mesh 印刷用纳米银浆,丝网印刷用纳米银墨水,喷墨印刷用纳米银墨水和 Gravure Offset 印刷用纳米银浆。该公司产品特点为高固含量可形成厚膜,低比电阻(可实现路线低阻抗)和真的不同印刷方式进行材料提案。主要应用为触控面板(直接导电线路制作)和 OLED 太阳电池(UUS 辅助电极)。

表1 大赛路导电银浆产品材料物性表

特性	高粘型	低粘型
特征	可形成厚膜； 可对应 Gravure Offset 等 转写印刷方式	低温短时间烧结； 可对应喷墨印刷
银含量 (wt)	65%-90%	30%-50%
烧结条件	120°C, 5min	120°C, 15min
比电阻值	<10 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$	<10 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$
附着性	对处理过的 PET 有良好的 附着性	对处理过的 PET 有良好的 附着性
配线厚度	约 5 μm	约 1 μm

3.1.5 三星 SDI

三星 SDI 在过去十多年中，一种致力于银浆的研发和制造。自 2011 年以来，SDI 开始供应光伏电池企业用的导电银浆。

表2 三星导电银浆产品材料物性表

产品		型号	粘度 (Pa.s)	触变 指数	固含量 (%)	可焊性
常规 产品	PA-SF8630 系列	-	250-450	5.5-7.5	90-92	优秀
特定 产品	PA-SF8700 系列	-	250-450	5.5-7.5	90-92	优秀
	PA-SD7000 系列	-	250-450	5.5-7.5	90-92	优秀
	PA-SB5000 系列	5100A	150-200	2.5-4.5	60-71	优秀
		5300B	250-350	2.5-4.5	79-81	优秀

3.1.6 韩国昌星

韩国昌星主要产品包括金山粉末、磁粉芯、导电浆料、符合金属带、EMC/TIM、粉末冶金、电抗器等。

表3 韩国昌星低温硬化型导电银浆产品材料物性表

产品编号	填充物	固化条件	比电阻 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	粘度 (Pa.s)
Paron-320	银	130°C, 20min	25	25
Paron-321	银		50	25
Paron-322	银/铜		125	25

表4 韩国昌星低温烧结型导电银浆产品材料物性表

产品编号	填充物	固化条件	说明
Paron-350	银	150°C, 20min	电阻率 5 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$
Paron-351		170°C, 20min	导热系数 > 80W/m.K
Paron-352		170°C, 20min	超厚 > 100 μm 电阻率 20 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$
Paron-353	银(银/铜)	170°C, 20min	电阻率 30 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$
Paron-360	铜	250°C, 20min	电阻率 10 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$

3.1.7 美国 Uninwell International LTD.

UNINWELL 是全球导电银胶产品线最齐全的生产企业之一，其产品性能优异，剪切力强，流变性也很好，并且吸潮性低，适用于 LED、大功率 LED、

LED 数码管、LCD、TR、IC、COB、EL 冷光片、显示屏、压电晶体、晶体管、太阳能电池、光伏电池、蜂鸣器、陶瓷电容等各种电子元件和组件的封装以及粘结等。电子元器件、集成电路、电子组件、电路板组装、液晶模组、触摸屏、显示器件、照明、通讯、汽车电子、智能卡、射频识别、电子标签、太阳能电池、冷光片等领域。

表5 美国 Uninwell International LTD. 导电银浆产品材料介绍

系列	类别	用途和特点
BQ-6060	单组分光刻 银胶	适合电容触摸屏和平板显示器件制作。也可用于其他对线细和线距要求严格的线路制作。也可以用于对温度敏感部位的黏结导通。
BQ-6667	低温导电银胶 导电银浆	71 度的温度下 30 分钟固化，属于世界首创，薄膜太阳能电池
BQ-6668	-	80 度的温度下 2.5 分钟固化，极大提供生产效率。
BQ-6770	中温快固型导 电银胶	用于触摸屏引线的粘接，具有很好的导电和粘结性能，对 PET、PC 等薄膜具有特强的粘合力。
BQ-6773	线路板真空专 用银浆	有很好的流动性和附着力。
BQ-6775	-	可以在 50 度的温度下 30 分钟固化，用于不能耐高温的场合。
BQ-6776	高温快速 固化	可以在 200 度的温度下 30 秒快速固化，极大提高工作效率。
BQ-6777	EL 冷光片专 用导电银胶	具有很好的粘结效果和导通效果
BQ-6778	-	可以在 80 度的温度下 30 分钟固化，极大提供生产效率
BQ-6779	薄膜开关 专用	具有很好的导通效果和附着力。
BQ-6880	薄膜太阳能 电池专用 导电银胶	也可以用于电子线路的修补粘接和导电导热，如电极引出、跳线粘结、导线粘结、ITO 粘结、电路修补、电子线路引出及射频元件的粘接，电子显微镜扫描电镜 (SEM) 器件粘结、生物传感器、金属与金属间的粘结导电、细小空间的灌注等用途。
BQ-6885	-	附着力强；用于压电晶体、石英晶体、谐振器、振荡器等粘结。
BQ-6886	高导热型	适用于发光二极管 (LED)，大功率高亮度 LED 级其他发光器件粘结。
BQ-6887	-	良好的导电性、粘接性柔韧性好，性能稳定不易氧化；电子标签射频识别 (RFID) 专用。
BQ-6888	-	有良好的导电性、粘接性、耐热性；分立器件和集成电路封装专用。
BQ-6889	低温固化型	良好的导电性，优良的可焊接性，粘接力强，性能稳定，极好的丝印效果；太阳能电池、光伏电池 (FV) 专用。用于电池的引出电极和太阳能电池硅片上的修补导电线路。
BQ-6993	耐高温导电 银胶	能耐长期耐温 200°C，适用各种耐高温的场合。

BQ-6999	UV 紫外线 光固化导 电银胶	广泛应用于热敏器件和不需要加热固化的 部件的粘接导通, 特别适用于大规模流水 线作业。
BQ-999	高温导电银胶 银浆; 太阳能 导电银浆	行业领先的技术, 具有很好的粘结和导通 效果。
BQ-611X	电磁屏蔽 EMC 兼容 EMI 导 电胶	用于 30MHz-5GHz 电磁波屏蔽等需要电磁 屏蔽的地方。也适用于各种塑胶制品的屏 蔽 (PC、PC+ABS、ABS 等) 和静电引导 和接地等。
BQ-62XX	中低温快速 固化型	主要用于印刷 ITO 膜、聚脂薄膜等柔性回 路、轻触薄膜键盘和 PC 键盘、笔记本键 盘和标准薄膜开关。具有优异的导电性、 非常好的挠曲性和优秀的附着。
BQ-5XXX	高温烧结 导电银浆	用于氧化铝陶瓷基片、石英玻璃基片, 片 式元器件、陶瓷电容器、半导体、热敏电 阻、压敏电阻、独石电容、钽电解电容器、 铝电解电容器、绕线/积层电感、各类消费 类厚膜混合集成电路、电热元件及家用电 器, 厚膜电路、厚膜加热器、臭氧发生器, 轿车玻璃等耐高温行业。

3.2 导电银浆国内主要生产企业

3.2.1 台湾硕禾电子材料

台湾硕禾电子材料研发出以下三个系列的导电银浆产品。太阳能电池用正面银浆: 正面银浆与 SiNx 反应性佳、导电率佳, 能提高太阳能电池转换率 0.2% 以上; 太阳能电池用背面铝浆: 背面铝浆与硅结合性佳, 产生均匀背面电场, 提高开路电压及电路电流, 效率提高 0.1%; 太阳能电池用背面银浆: 背面银浆与上述两种产品搭配性佳, 与 Ribbon 的焊接力强, 高于市售产品 1N 以上。

3.2.2 无锡帝科电子材料

主要从事新型电子浆料等电子材料的研发、生产和销售, 可广泛应用于新能源、半导体、显示照明等行业。公司主要产品是晶硅太阳能电池正面银浆, 并已积极研发和推广太阳能叠瓦组件导电胶、半导体及显示照明领域的封装和装联材料等。

高导电银浆是适用于天线类、屏体应用设计、在油墨涂层、玻璃、铝合金、陶瓷、PET、PC、PI 等速率基材上均有良好的附着力。

3.2.3 西安宏星电子

西安宏星电子是国内从事电子浆料研制和生产的单位之一, 公司拥有一条引日本金山矿山株式会社的电子浆料生产线和制备技术, 通过多年的自主

开发, 公司已经实现自有技术与引进技术的结合, 形成了系列导体浆料、电阻浆料、介质浆料、有机浆料及各种超细粉体材料的产品体系, 产品被广泛应用于厚膜集成电路、片式电阻、片式电感、LTCC、ML-CC、汽车玻璃、太阳能光伏、加热器等领域。

3.2.4 北京氟铂科技

公司致力于纳米贵金属材料的研发, 涉及单原子催化材料与高性能电子化学品两大领域, 涵盖高性能贵金属催化剂高端电子制造两大领域。产品涵盖: 高性能导电银浆、导电银浆以及绝缘 / 导热等相关材料。

表 6 北京氟铂科技导电银浆产品材料物性表

型号	说明
Saturn 系列	为切片式 (叠瓦式) 异型光伏组件制造领域客户提供的电子材料解决方案-光伏组件用导电银浆
Venus 系列	为金山网格透明导电膜、LED 芯片、LCM 模组等显示/柔性触碰制造领域客户提供的电子解决方法-国内首款金属网格用纳米银浆、LED 显示用固晶导电银浆、LCM 显示用导电银浆、触摸屏用导电银浆、保护油墨、封装材料等。
Mercury 系列	经济型高性能柔性线路导电银浆、快干型柔性线路导电银浆、UV 型柔性线路导电银浆、无卤素柔性线路导电银浆、油/水性导电碳浆、压敏胶和防水胶等。

3.2.5 北京中科纳通

主要产品有 5G 基站用电磁屏蔽材料-EMI 银浆和 5G 终端射频天线材料-手机天线银浆和天线馈点银浆。5G 手机天线银浆的特点是接触电阻低, 保证线路电阻均匀性, 银浆线条的表面电阻一致性优异, 优异的耐腐蚀性, 保证长时间工作的稳定性。

3.2.6 苏州市贝特利高分子

公司生产的导电银浆是一种高性能烧结型导电浆料, 它是由导电性极佳的银粉、连接料的有机载体精研制而成。产品特性是具有焊接附着力强、可焊性强等特点, 适用于陶瓷电容器、NTC、压电陶瓷电极的制作。

表 7 贝特利高分子通用型烧结银浆产品材料物性表

型号	SF-2320	SF-2322	SF-2324
固含量 (%)	56±2	62±2	68±2
粘度 (25℃, Pa.s)	150-300	150-300	150-300
方阻 (mΩ@10μm)	≤6	≤5	≤4
烧成温度 (℃)	830±20	830±20	830±20

3.2.7 湖南利德电子浆料有限公司

湖南利德电子浆料有限公司是一家专门从事电子浆料研发、生产与销售的高新技术企业。主营产品有太阳能电池浆料、厚膜浆料、其他电子浆料产品，典型产品是陶瓷电子浆料，包括导电银浆、钯银浆料、包封浆料，具有附着力强、耐焊性好和抗银离子迁移性好，表面坚韧耐磨等特点。已应用于厚膜印刷电路、汽车电子、军用品等特种电路的内部连接或端电极。

表8 湖南利德陶瓷电子浆料产品材料物性表

银导电浆料 DT850X					
型号	DT8501	DT8502	DT8503	DT8504	DT8505
银含量/%	80	75	70	65	60
固含量/%	65-85				
粘度/Pa.s	150-250	100-200(10rpm, 25±1°C)			

3.2.8 上海宝银电子材料有限公司

上海宝银电子材料有限公司是一家专业从事生产加工和销售电子浆料及相关新材料，并提供相关技术咨询、技术开发和技术服务的公司。其导电银浆产品分为低温固化型和高温烧结型。

表9 上海宝银导电银浆产品材料物性表

产品型号	通用特点	粘度/Pa.s	固含量/%wt	典型应用
BY-8280	良好的印刷性、导电性、	30-60	83±2	针对 GPS 陶瓷天线基材研发的产品
BY-7270	焊接性及性价比	30-40		针对 PTC、压敏陶瓷基材研发的产品

3.2.9 杭州正银电子有限公司

杭州正银电子有限公司专业从事太阳能电池浆料研发、生产及销售，主要产品涵盖正面银浆、背面银浆和背场铝浆。

表10 杭州正银导电银浆产品材料物性表

产品型号	通用特点	粘度/Pa.s	固含量/%wt
RS6500 系列正面银浆	印刷性好，塑性好，细栅起伏小，无拓边	45±5	91±1
RS8900 系列背面银浆	良好的热老化性，高附着力、高可靠性、低串阻、兼容性强	35±5	57±1
RS8920 系列 PERC 背面银浆	高附着力、高可靠性、与银浆接触好，接触电阻低	35±5	62±1
RS2328F 系列背场铝浆	高附着力、不掉粉、优异的电性能、印刷性良好、耐高温烧结、背场外观光洁、致密、翘曲度低，耐水煮	30±5	76±1
RS2330B 系列 PERC 背场铝浆	高转化效率、填充率高、EL 照片清晰、无黑点、烧结后不掉粉、高附着力	17±5	74.5±1

3.2.10 上海匡宇电子科技有限公司

上海匡宇电子科技有限公司是一家专业从事 EMI 屏蔽导电涂料和电子浆料的研发啊、生产和销售的高新技术企业。公司研发的太阳能电池正极用导电银浆填补了国内空白并已申请了国家发明专利，目前正处于成果转化阶段。公司还正在研发适合薄膜太阳能电池电极应用的 UV 光固化导电银浆。

其核心产品 TC-6088 SRF 导电油墨是专为 RFID 电子标签天线印刷 Inlay 需求而开发的高导电电子银浆，能印刷与软性底材上，能满足快速自动印刷生产线的要求。特点为具有优异的导电性、对 PET、纸张具有优异的附着力，不需电晕处理，涂层光滑，柔韧性好、耐弯折，快干性、适合自动化生产，保存稳定性好，适用于 RFID 电子标签，柔性天线，柔性印刷电路。

3.2.11 上海树鑫电子材料有限公司

上海树鑫电子材料有限公司主营产品有触摸屏用浆料、薄膜开关用银浆。

3.2.12 深圳市恩迈科新材料有限公司

深圳市恩迈科的主要产品包括触摸屏系列导电银浆(触摸屏激光银浆、电容屏印刷银浆、电阻屏印刷银浆、感光银浆和纳米银膜银浆)、半导体封装系列导电胶、薄膜开关银浆等，其中触摸屏银浆以及打入一流供应链体系。

3.2.13 广州艾迪克科技有限公司

广州艾迪克科技有限公司是一家专业从事研发生产相关电子级印刷油墨的公司。典型产品为高温烧结银浆。

表11 广州艾迪克科技高温烧结银浆产品材料物性表

产品编号	外观颜色	电气及物性资料			固化条件	备注
		电阻率	含量	粘度		
		Ω.cm	Wt%	cps@25°C		
SV-190	银灰	≤7*10 ⁻⁶	约 85	85000±15000	850°C/10min	氧化铝基板
SV-190A	银灰	≤7*10 ⁻⁶	约 85	110000±2000	850°C/10min	氧化铝基板
SV-193HB	银灰	≤7*10 ⁻⁶	约 81	780000±15000	850°C/10min	LTCC 陶瓷基板
SV-196A	银灰	≤7*10 ⁻⁶	约 91.5	210000±30000	850°C/10min	LTCC/氧化铝基板/填充银浆
SV-486	银黄	≤5*10 ⁻⁶	约 75	80000±15000	500°C/5min	玻璃/氧化铝基板

3.2.14 东莞市通美电子科技有限公司

东莞市通美电子科技有限公司主要生产触摸屏用导电银浆,其产品质量达到国内领先水平。

3.2.15 东莞市通美电子科技有限公司

东莞市通美电子科技有限公司专业从事电子行业导电浆料的研发、生产、销售和服务。主营产品有 TP 用导电银浆、RFID 用导电银浆,太阳能导电银浆等。以触摸屏用导电银浆为例,产品推出市场已有两年左右,已有多家客户使用,产品质量稳定,性能良好,交货周期短,可按客户要求设计定制化产品,了完全替代国外进口导电银浆,极大降低了客户的成本。且其他款低温固化油墨产品技术先进,质量稳定,是国内具有较强开发实力的电子浆料生产商。

3.2.16 佛山市顺德区百锐新电子材料有限公司

佛山市顺德区百锐的导电银浆类产品分为低温导电银浆和高温烧结银浆。低温导电银浆包括触摸屏银浆、UV 光固化银浆、移印银浆、薄膜开关银浆和柔性线路银浆。高温烧结银浆包括电感银浆、基板银浆、陶瓷天线浆料、磁芯浆料和滤波器用喷涂银浆。

表 12 佛山市顺德区百锐新电子银浆产品材料物性表

类型		滤波器用喷涂银浆	陶瓷天线浆料		
型号		LBQ-1-14	YP-10004E	YP-10005A	YP-10005B
特点		喷涂效果好,不流挂;不沉底、连续喷涂性好;烧结后表面光滑平整,致密度好	印刷电极光滑平整,连续性好;与瓷体结合强度高;导电率高;浆料不含铬和铅,符合环保要求		
性能	固含量/wt%	-	82±2	77±2	72±2
	粘度/Pa.s	700	50-60	39-49	25-35
	细度	≤7 μm	≤7 μm/5 μm		
	适用	滤波器	陶瓷天线	谐振器	

目前,国内生产企业的导电银浆产品主要是中低端浆料,如元件电极浆料、线路板导线、片式元件用部分浆料,而且以导体浆料为主。而外资或国外公司生产中高端浆料(如 LTCC,多层元件内电极,太阳能电池,PDP 用浆料,导电胶等),除了导体之外,还有电阻和介质浆料。

4 导电银浆的主要市场及使用公司

导电银浆的主要应用领域为电子信息工业和太

阳能工业,目前约 800 亿元~1000 亿元。不同的产品要求烧结温度不一样,比如太阳能电池,它所要求的温度基本是固定的,因为 PN 结的要求就毕竟固定,可以小幅度微调,所以配套的银浆就需要配套开发。对于温度,关键就是要求玻璃粉的烧结温度,开发配套的玻璃粉,在所需要的温度要求范围内,要能熔化,低膨胀系数,弹性模量等。

低温常温固化导电银胶主要应用:具有固化温度低,粘接强度极高、电性能稳定、适合丝网印刷等特点。适用于常温固化焊接场合的导电导热粘接,如石英晶体、红外热释电探测器、压电陶瓷、电位器、闪光灯管以及屏蔽、电路修补等,也可用于无线电仪器仪表工业作导电粘接;也可以代替锡膏实现导电粘接。

4.1 PET 为基材的薄膜开关和柔性电路板用低温银浆

应用代表单位为深圳嘉冠华、江西安达、东莞淳安、东莞(苏州)科德、苏州盛方、嘉亿电子等,总用量达到 120 吨~150 吨/年。

4.2 单板陶瓷电容器用浆料

应用代表企业包括东莞宏明电子股份公司,昆明万峰电子股份公司,四川宏科电子有限公司,陕西华星电子公司,台湾惠侨电子公司,风华集团,山东同信电子等,总量年 80~100 吨。

4.3 压敏电阻和热敏电阻用银浆

主要使用厂家包括联顺电子(广东惠阳),舜全电子(东莞虎门),西安 795 厂,西安无线电二厂,东莞龙基电子,广州纶麒电子,成都铁达电子,东莞嵩隆电子,江苏武进兴勤电子,广西北海新锐电子,汕头鸿志电子,佛山科星电子等,年用量 80~120 吨。

4.4 压电陶瓷用银浆

应用代表企业有东莞思成特电子,深圳声辉电子,广州大通电子,番禺奥迪威电子,广州杰赛科技股份,振华电子集团等,总需要量 30~40 吨/年。

4.5 碳膜电位器用银电极浆料

应用代表企业主要有台湾宝德华精密电子,成都宏明电子集团,东莞新圣电子,东莞华应电子,东

莞致太电子,东莞台湾福跃电子等,年用量在 10—20 吨。

以上均是以国内生产的浆料为主,实为技术水平在中低端的浆料,基本上实现 80%以上国产化。

4.6 片式元件(片式电感、片式电容、片式电阻)用的内外电极银浆

应用代表企业主要有北京村田、上海京瓷、天津松下、天津安施电子、风华高科、振华科技、深圳顺络、深圳南玻,北海银河、苏州国巨等,银浆年用量 80—100 吨,80%以上需进口。

4.7 触摸屏专用单组份导电银浆

触摸屏专用导电银浆具有着良好的可印刷性、触导电性、抗氧化性、硬度和极强的附着力;该类产品模量低,耐溶剂,对 PET、PI、ITO 基底、FR 基板和 PVC 片材粘附性好。适用于触摸屏线路、柔性印刷电路和 FPC 等电子线路的印制。产品广泛应用于印刷线路、键盘、屏蔽线路、非接触式 IC 卡天线、RFID、PET 线路、聚脂薄膜线路。适用于细线丝网印刷工艺,分辨率高。

4.8 柔性线路专用单组份导电银浆

柔性线路专用单组份导电银浆。具有着良好的可印刷性、导电性、抗氧化性、硬度和极强的附着力;该类产品模量低,耐溶剂,对 PET、薄膜基板和 PVC 片材粘附性好。适用于 PET 线路、柔性印刷电路和 FPC 等电子线路的印制。产品广泛应用于印刷线路、键盘、屏蔽线路、非接触式 IC 卡天线、RFID、PET 线路、聚脂薄膜线路。适用于细线丝网印刷工艺,分辨率高。

4.9 其它银浆

其他方面应用的银浆如:厚膜集成电路导体银浆,太行能电池电极银浆、汽车后挡玻璃化霜用银浆,导电粘接用的银导电胶、电磁屏蔽用银导电涂料,主要用户包括单晶硅、多晶硅太阳能电池厂家,如:无锡尚德、云南半导体厂、上海绿色能源有限公司等数十个厂家。汽车玻璃生产厂家如深圳南玻、福建跃华、武汉皮尔金顿等。涂料使用厂家如 TCL、富士康,以上特殊方面银浆用量 100 吨~120 吨,90%

以上依赖进口。

5 导电银浆存在的问题及展望

随着集成电路小型化、高密度化的发展趋势和纳米技术的发展,为导电银浆的应用提供了广阔的前景。导电银浆是 5G 产业的核心材料,在 5G 基站中的应用有陶瓷滤波器和 5G 电磁屏蔽系列等材料,EMI 银浆、EMI 胶条、FIP 导电胶;在 5G 手机终端中的应用,有射频天线系列材料,5G 手机天线银浆、天线馈点银浆等。迄今为止,导电银浆的基础研究和产业化已经取得诸多成果,但仍有些关键问题仍待探索,如导电银浆导电机理模型的构建;银的形貌、填量、分散性和表面处理等对电学性能和机械性能等影响;树脂、固化剂和助剂的配方优化;后续处理工艺;低成本和原位合成纳米银填充导电浆制备,低温导电银浆在柔性基材上的深入应用等。这些问题对于我们而言,既是挑战又是机遇,应给予极大关注,这对促进新一代电子浆料的整个工艺、技术、材料和设备等的发展具有重要的意义。与此同时,为减少银导电浆料中银粉的用量,降低生产成本,银粉一方面正朝着片状和纳米级银粉方向发展,另一方面导电浆料也有着向复合浆料方向发展的趋势,通过在银粉中掺杂贱金属以及其他导电物质来制成复合导电粉末。另外,电子行业、化工行业正向绿色环保方向迈进,为适应环保要求,环保型导电浆料(不含铅、汞、镉、聚溴二苯等有害物质)也成为未来浆料开发和研究的重点。

参考文献

- [1] 陈志波. 超细银粉的制备及低温固化银浆固化工艺的研究[D]. 长沙,中南大学,2012.
- [2] 王可,杨星,谢辉,等. 导电银浆的制备和性能研究[J]. 电子元件与材料,2018,37(4):34—38.
- [3] 龙孟,甘卫平,周健,et al. 导电银浆低温固化薄膜的制备与导电性能[J]. 粉末冶金材料科学与工程,2017(4).
- [4] 江海涵. 低温导电银浆在柔性基材上的弯折性能研究[J]. 信息记录材料,2020,v.21(03):29—30.
- [5] 贺天禄. 聚醚型抗静电剂的研究[D]. 浙江大学,2003.

- [6] 崔西会,孙毅,陆君.纳米银浆在微系统集成技术方面的应用[J].中国电子科学研究院学报,2015,10(1):98-101.
- [7] 赵杰.纳米银导电浆料的制备及应用研究[D].武汉:武汉理工大学,2011.
- [8] 李跃文,梁炳联,娄红涛,等.一种高温烧结银浆用银微粉制备方法:CN101972855B[P].2012-10-17.
- [9] 刘玲,王军.低温固化银浆固化效果的影响因素分析[J].世界有色金属,2016,8:173-175.
- [10] 杨华荣,夏风,杨华荣,等.一种水性铝银浆、其制备方法及其在油墨中的应用:CN106634061A[P].2017-05-10.
- [11] 郝晓光,周世平.一种中低温烧渗银电极浆料及其制备方法:CN107093491A[P].2017-08-25.
- [12] 杨洪霞,黄立达,朱敏蔚,等.银粉及银导电浆料制备技术的研究进展[J].电子元件与材料,2018,37(10):1-7.
- [13] 赵军.不同形貌 Cu@Ag 粉体的制备及其导电胶的研究[D].武汉:武汉理工大学,2012.
- [14] 闫方存,滕媛,严继康,等.片状银粉对太阳能电池银浆料电性能影响研究[J].功能材料与器件学报,2015,21(4):31-35.
- [15] DURAIRAJ R, LEONG K C. Effect of silver flakes and particle shape on the steady shear viscosity of isotropic conductive adhesives [J]. J Test Eval, 2015, 43 (6): 1288-1295.
- [16] 魏艳彪,曹秀华.片状银粉对烧结型银浆性能的影响[J].电子工艺技术,2013,34(3):142-173.
- [17] 王林.微电子工业用银浆导电填料的制备研究[D].成都:电子科技大学,2015.
- [18] 潘中海,司荣美,刘彩凤.一种纳米银浆的制备方法:CN106531348A[P].2017-03-22.
- [19] 樊钊锋,刘君秀.低温 PTC 热敏电子元器件用无铅银电极浆料的制备方法:CN107068237A[P].2017-08-18.
- [20] 包卫锋,王斐.一种无铅环保银浆料及硅太阳能电池背面电极的形成方法:CN102222705A[P].2011-10-19.
- [21] 程耿,祝志勇,王强.低温固化银浆的制备[J].船电技术,2015,35(3):52-55.
- [22] 罗世永,庞远燕,郝燕萍,等.电子浆料用有机载体的挥发性能[J].电子元件与材料,2006,25(8):49-51.
- [23] 赵敏敏,雷跃文.银浆料用有机载体的分散剂研究[J].材料导报,2013,27(S1):215-240.
- [24] 韩向超,张愿成,刘玉杰,等.有机载体对正面银浆印刷性能及电极形貌影响[J].电工材料,2017(3):11-14.
- [25] 熊胜虎,杨荣春,吴丹菁,等.银粉形貌与尺寸对导电胶电性能的影响[J].电子元件与材料,2005,024(8):14-16.
- [26] 谭富彬,谭浩巍.电子元器件的发展及其对电子浆料的需求[J].贵金属,2006,27(1):64-74.
- [27] 马喜宏,杨长印.厚膜导体浆料发展现状[J].中国电子商情:元器件市场,2001(9):25-26.
- [28] 周静,孙海滨,郑昕,等.粒子填充型导电复合材料的导电机理[J].陶瓷学报,2009(3):281-285.
- [29] 姜振华,林立民,赵东辉,等.抗氧化性金属粉末填充的导电涂料[J].涂料工业,1993(5):4-6.
- [30] 王德中.环氧树脂生产与应用[M].化学工业出版社,2001.16-21.
- [31] 孙曼灵.环氧树脂应用原理与技术[M].机械工业出版社,2002.34-41.
- [32] 刘远瑞,许佩新.填充型丙烯酸树脂导电银浆电性能的研究[J].涂料工业,2005(1):1-3.
- [33] Anuar S K, Mariatti M, Azizan A, et al. Effect of different types of silver and epoxy systems on the properties of silver/epoxy conductive adhesives [J]. Journal of Materials ence Materials in Electronics, 2011, 22(7): 757-764.
- [34] Ezquerro T A, Kuleszcza M, Cruz C S, et al. Charge transport in polyethylene graphite composite materials[J]. Advanced Materials, 2010, 2(12):597-600.
- [35] Ruschau G R, Yoshikawa S, Newnham R E. Resistivities of conductive composites [J]. Journal of Applied Physics, 1992, 72(3):953-959.
- [36] Beek L K H V, Pul B I C F V. Internal field emission in carbon black-loaded natural rubber vulcanizates [J]. 1962, 6(24):651-655.
- [37] Landauer R. Electrical conductivity in inhomogeneous media[C].Aip Conference. American Institute of Physics, 2008.

压敏胶带行业概况及市场分析

胡树^{1,2*}

1. 聚纶材料科技(深圳)有限公司 研究开发部, 深圳 518052

2. 深圳市新纶科技股份有限公司新材料研究院, 深圳 518054

【摘要】概述了压敏胶带的种类和基本特性。对胶带行业竞争现状和应用前景进行了分析,还介绍了压敏胶带面临的挑战与机遇。最后,对压敏胶带市场的未来发展趋势进行了展望。

【关键词】压敏胶;环保型;应用;发展

Industry survey and market analysis of the pressure sensitivetape

HuShu

(1.Research and Development Department,Polytren material science and technology co.,Ltd.,Shenzhen 518052,China; 2.Institute of new materials,Shenzhen Selen Science&Technology Co.,Ltd.,Shenzhen, 518054,China)

【Abstract】 The types and basic characteristics of pressure sensitive adhesive tape. The competition status and application prospect of tape industry were analyzed, and the challenges and opportunities of pressure sensitive adhesive tapes were also introduced. At last, the future development trend of pressure sensitive tapes was discussed.

【Keywords】 Pressure sensitive adhesive Eco-friendly Application Development

一、压敏胶带基础知识

1.1 压敏胶粘剂简介

压敏胶粘剂(PSA)是一种柔软的高分子材料,在室温下具有持久的粘着性,只需施加轻度压力下通过非共价键附着于被粘接物表面上并且被剥离后没有残留物^[1-2]。由于它具有易于粘附,持久粘力,剥而不损和无污染的情况下可反复使用等特点,使其广泛应用于电子绝缘、电子元件加工、彩色扩印、军用侦毒制品、汽车内饰及医疗等诸多领域^[3]。

1.2 压敏胶带特性及种类

压敏胶带是以纸、布、薄膜等为基材,通过将压敏胶均匀涂布各类基材上加工呈带状制成卷盘供应的产品^[4]。1928年,一位叫理查·德鲁的英国人在美国发明了第一款透明胶带,被用于粘贴衣物等日常用品。胶带表面上涂有一层粘合剂,粘合剂可以粘住东西,是由于本身的分子和欲连接物品的分子

间形成键结,这种键结可以把分子牢牢地粘合在一起。最早的粘合剂来自动物和植物,在十九世纪,橡胶是粘合剂的主要成份,而现代则广泛使用各种聚合物^[5]。后来人们制作出了高温胶带、双面胶带、绝缘胶带、特种胶带、压敏胶带、模切胶带等适合不同行业需求的多功效胶带。经过多年的迅速发展,压敏胶工业在我国已经逐渐走向成熟。无论是从产量、产品种类、商品竞争力都在不断提高。我国主要的功能性压敏胶品种主要有医用压敏胶、阻燃压敏胶、导电压敏胶、防腐压敏胶和表面保护胶粘带等^[6-7]。

1.2.1 压敏胶带的特点和作用^[8-11]

压力敏感型胶粘剂(PSA),俗称不干胶,对基材的粘结作用主要通过压敏胶与基材间的范德华力来实现的。范德华力是一种短程力,其作用力随距离的6次方快速衰减。要获得高强度的胶接界

面,在界面处要能建立分子级的紧密接触,分子间距一般应小于 0.5 nm。固体表面通常无法达到 1 nm 级别的平整,在胶粘过程中,几乎所有基材都应视为粗糙表面,而压敏胶的润湿和铺展,起填平峰谷的作用,使两个被粘物表面通过胶粘剂而增大接触面积,并达到产生分子作用力的 0.5 nm 以下的近程距离。

1.2.1.1 压敏胶的破坏

压敏胶的破坏主要有界面破坏和内聚破坏两种形式,其中界面破坏是由基材的“可粘性”差造成的,主要取决于胶粘剂与基材之间的粘附强度,而内聚破坏主要是由胶粘剂自身的内聚强度低所造成的。

1.2.1.2 压敏胶的使用性能

压敏胶的作用原理是先浸润,再粘接。压敏胶具有流动性,压敏胶接触被粘面后,通过自身的运动产生流动性,逐步浸润被粘表面,胶分子与被粘面分子之间产生相互作用力,最终实现离子键力,以实现长久粘接。胶与被粘面之间的有效接触面积越大,粘接强度越高。胶与表面刚接触时的粘接力成为初粘力,完全浸润后能与背材紧密接合,产生的粘力转变为终粘力。

压敏胶的使用性能包括粘接性和脱粘性,通常采用初粘性、持粘性和剥离强度三个指标加以评价。初粘性是指在较小压力下快速润湿基材表面所产生的粘接力,主要由链段的活动性所决定,只有当链段的活动性很强,能够与粗糙的基材表面形成良好润湿,并与基材分子达到分子级的接触,才能由分子间的相互作用力产生足够的胶结强度。持粘性是指粘接后,胶层受一定外力持续剪切作用下而被破坏的时间。由于持粘性测试中压敏胶发生的是内聚破坏(会留下残胶),因此持粘性主要反映了胶层的内聚强度。剥离强度是指将胶层从一个标准基材上以恒定的速率和角度剥离下来所需要的力,主要反映压敏胶与被粘物表面粘合力的大小。由于初粘性主要受链段活动性影响,而持粘性主要受内聚强度影响,因此,一般认为,配方中软单体,低分子

量部分,以及宽的分子量分布的存在会提高胶粘剂的初粘性能,而硬单体,交联化等因素则会改善胶粘剂的持粘性能,而在剥离实验时,存在压敏胶剥离失效模式的转变(界面破坏或内聚破坏),因此,需综合考虑这些因素对胶粘力和内聚强度的影响。

1.2.2 胶带的结构与成份^[12]

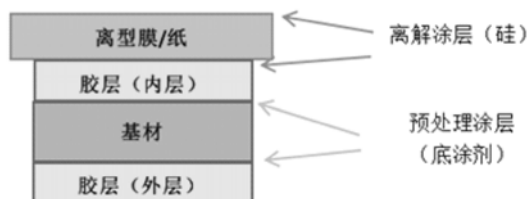


图 1 胶带的结构与成份

1.2.2.1 胶的类别

胶主要分为丙烯酸胶、硅胶、天然橡胶、合成橡胶和聚氨酯几类。

1.2.2.2 基材的类别

基材主要分为聚合物薄膜、无纺布、泡棉、织物、Transfer (无基材)和金属薄膜几类。

1.2.2.3 离型纸类别

离型纸有硅油纸、涂层纸、聚合物薄膜等。

1.2.3 胶带分类

1.2.3.1 胶粘剂种类及特点

表 1 胶粘剂种类及特点

种类	优点	缺点
丙烯酸胶	抗老化;耐候性;在高温下具有更高的抗剪切力;对极性表面具有良好的粘接力	起始剥离强度低;高成本;对非极性表面的粘接力较低
天然橡胶	在高温下具有更高的抗剪切力;与各种表面均可粘贴;良好的初粘力	较高成本;抗老化性差;抗溶剂性差
合成橡胶	低成本;对各种材料均具有良好的粘接力	耐温性差;耐老化性差;耐候性差
有机硅胶	优越的抗高低温性、低应力、优越的耐候性、低表面张力、耐候性好,能用于户外	耐酸碱性差、耐油酸耐溶剂性差、机械性能差、成本高

1.2.3.2 胶带的分类

1) 按基材分:纸基胶带,薄膜胶带,布基胶带,金属薄膜胶带,复合材料胶带,无基材胶带等;

2) 按功能分:绝缘胶带,遮蔽胶带,粘结胶带(结构胶带),导电屏蔽胶带,导热胶带,防水泡棉

胶带等；

3) 按胶系分：丙烯酸系胶带，硅胶系胶带，聚氨酯系胶带，橡胶系胶带；

4) 按结构分：可以分为三个基本类别：单面胶带、双面胶带和无基材胶带。单面胶带(Single-sided Tape)，即仅一面均涂有胶层的胶带，其结构见下图 1。双面胶带(Double-sided Tape)，即两面均涂有胶层的胶带，其结构见下图 2。无基材胶带(Transfer Tape)，即没有基材的胶带，仅由离型纸直接涂上胶粘剂构成，(其结构见下图 3。

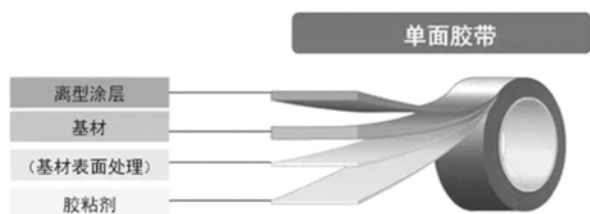


图 2 单面胶带

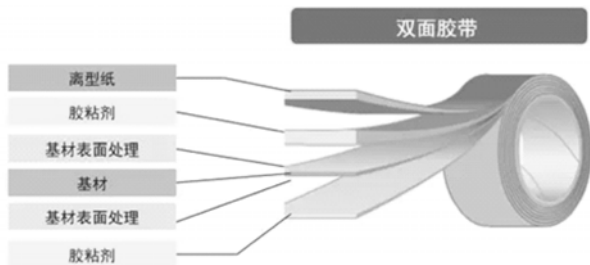


图 3 双面胶带

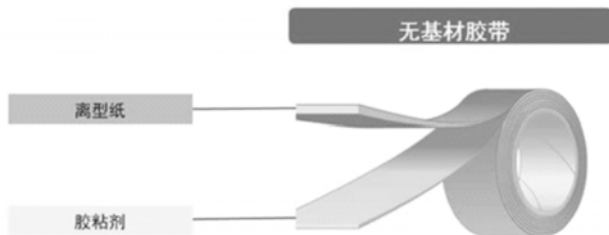


图 4 无基材胶带

1.3 胶带的特性^[13-14]

胶带的三大特性：初粘力、粘接力(粘着力)、保持力(内聚力)。

初粘力：无压力下的胶与被粘物之间的接触力。测试方法分为滚球初粘测试、环形初粘测试和探针初粘测试。测试条件：温度为 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ；相对

湿度 $50 \pm 5\%$ 。

粘接力：分为 180° 粘着力和 90° 粘着力，见图 5。测试环境条件：温度为 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $65 \pm 5\%$ 。测试条件：剥离速度： $300\text{mm}/\text{min}$ ；剥离角度： $\angle 180^\circ$ 或 $\angle 90^\circ$ ；胶带宽幅： 20mm 或 25mm ；贴合时间： 20min 。

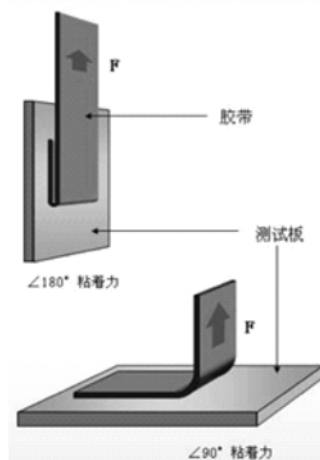


图 5 180° 和 90° 粘着力测试示意图

保持力：粘着力是测试两种表面之间的力。通常胶带，胶粘剂与基材的力大于与被粘体的力。保持力是测试胶粘剂材料自身的内聚力量。其测试环境为 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ ，胶带面积： $20 \times 20\text{mm}^2$ ，荷重： 1Kg ，贴合时间： 20min ，荷重时间： 1h ，见下图 6。

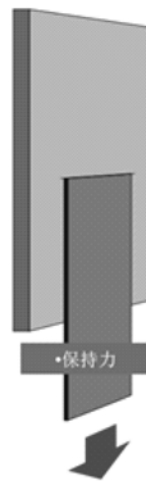


图 6 保持力测试示意图

胶带厚度与剥离强度的关系：通常情况下，基层厚度(涂胶重量)与剥离强度，在一定范围内呈现一定正向关系。

被贴材料的表面能(可浸润性):高表面能表面容易润湿(接触角 $\theta < 90^\circ$, 见图 7 左),如金属、打磨石材、纸、硬纸板、木材、丙烯酸涂料、有机玻璃、硬质 PVC、聚苯乙烯。低表面能表面能以润湿(接触角 $\theta > 90^\circ$, 见图 7 右),如聚乙烯、聚丙烯、聚酰胺(尼龙)、涂层处理额纸张、氟塑料、硅橡胶。

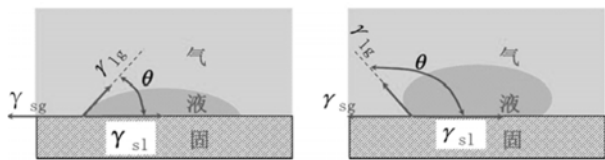


图 7 被贴材料的表面能(可浸润性)示意图

1.4 胶带存在以下的认识误区

- 1) 粘着力高等于胶带性能好;
- 2) 手感胶带粘等于胶带粘着力高;
- 3) 胶带粘着力高等于胶带耐反翘性好;
- 4) 粘着性能好的胶带等于可以粘任何材料。

以上均为常见的认识误区。

1.5 胶带的破坏状态^[15]

内聚破坏 Cohesion Failure (CF)、界面破坏 Adhesion Failure (AF) 和基材破坏或胶移 Substrate Failure(SF)见图 8。

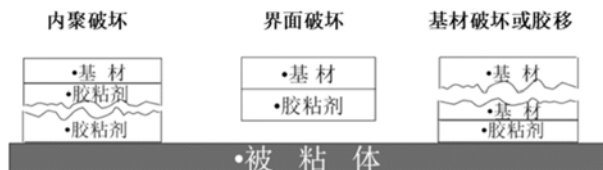


图 8 胶带破坏状态示意图

相同粘着力 的情况下,不同的破坏状态,实际反映了两种完全不同的状态和性能。因而,在胶带的耐高温、耐候性能等诸多方面会出现明显的差距。如果出现胶移(胶从基材表面脱开),说明胶与基材之间附着力不足。

1.6 影响胶带性能的主要因素^[16-25]

1.6.1 表面粗糙度和表面形态

被粘物表面的粗糙程度是产生机械粘接力的源泉,机械粘接力是通过加强润湿及吸附作用而得到的。当胶粘剂良好地浸润被粘材料表面时(接触

角 $\theta < 90^\circ$),糙化增大了实际面积,有利于胶接强度的提高,这是由于粗糙表面能增大有效胶接面积,同时粗糙表面更有利机械结合作用和阻止胶层微小裂缝的扩展。但是过于粗糙的表面由于表面至高点的接触,使胶层断裂,以及由于粗糙表面的凹陷处易残存气泡而影响胶粘剂的浸润,反而会降低胶接强度。不同类型的胶体系对最佳胶接表面粗糙度有不同的要求。有机胶要求的表面粗糙度 R_a 为 $2.5 \mu m - 20 \mu m$,无机胶 R_a 为 $10 \mu m - 80 \mu m$ 。

1.6.2 弱界面层

设胶粘剂层本身的内聚力为 a_{11} ,被粘物本身的内聚力为 a_{22} ,则界面区两种分子的作用力为 $a_{12} = (a_{11} \cdot a_{22})^{1/2}$ 。胶粘剂与被粘物在润湿状态下,粘合力 a_{12} 必然介于 a_{11} 及 a_{22} 之间,基于这一分析可知:在润湿状态的前提下,胶接接头的破坏不可能得到纯粹的界面破坏,即从界面脱开的破坏,但实际上胶接接头往往存在界面破坏。对此认为是粘接体系存在弱界面层的缘故。弱界面层的产生是由于被粘物、胶粘剂、环境或它们共同作用的结果。当被粘物、胶粘剂及环境中的低分子物或杂质,通过渗析、吸附及聚集过程,在部分或全部界面内产生了这些低分子物的富集区,这就是弱界面层。胶接接头在外力作用下的破坏过程必然发生于弱界面层,这就是出现粘接界面破坏并且使粘接力严重下降的原因。

1.6.3 内应力

单位截面上附加的力为应力,接头在未受到外力作用时内部所具有的应力为内应力。在胶层固化时因体积收缩而产生的内应力为收缩应力;胶层与被粘物之间由于膨胀系数不同,在温度变化时产生的热应力。这是胶层内应力的两个主要来源,前者具有永久性,后者为暂时性的,即在温度回原后热应力也随之消失。

1.6.4 胶层厚度

厚的胶层往往存在较多的缺陷,因此,一般来说胶层厚度减少,粘接强度升高。当然,胶层过薄也

会引起缺陷而降低粘接强度。不同的胶粘剂或同种胶粘剂使用目的不同,要求胶层厚度也不同,大多数合成胶粘剂以 0.05mm—0.1 mm 厚为宜,无机胶粘剂以 0.1mm—0.2mm 为宜。

1.6.5 接触时间

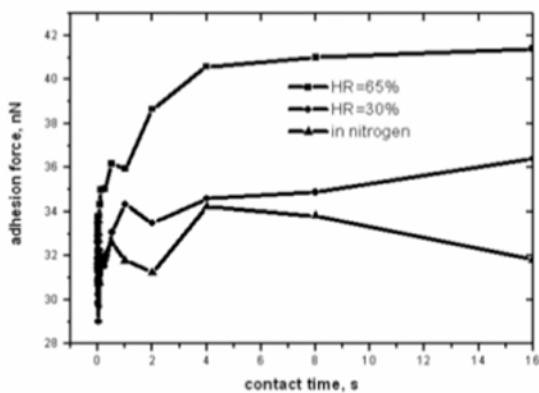


图9 三种不同湿度环境下,粘着力与接触时间之间的关系

图9是相对湿度为65%、30%和纯氮气环境下测试接触时间与粘着力的关系。可以看出粘着力受贴合时间影响比较大。ASTM标准测试时间为15~20min, JIS标准测试时间为20min。粘着力随时间的增长而增加,贴合72h左右基本达到稳定值。

1.6.6 使用时间

随着使用时间增长,经常会因为基料的老化而降低粘接强度。胶层的老化与胶粘剂的物理化学变化,使用时的受力情况及使用环境有关。冬夏交替或频繁的热冷变更将引起接头中内应力不断地循环交变,使粘接强度迅速下降。环境温度对粘接强度的影响也很大,有可水解性基团的基料构成的胶粘剂可因基料的水解而破坏胶层;多极性基团基料组成的胶粘剂在使用过程中会产生干湿交替而脱胶。另外,光、热、氧等也能造成胶层老化。因此,在制备胶粘剂时应选用耐老化的基料或加入抑制老化的助剂。

1.6.7 环境因素

胶粘剂通常为有机高分子聚合物,在工业应用中温度变化范围较大,对温度的耐受能力极其有限。自20世纪40年代以来,胶粘剂的最高使用温

度一直在稳步上升,从最初的80℃的乙烯基酚醛胶粘剂发展到最近发现的500℃的聚苯并噻唑。关于胶粘剂的温度上限,关键在于粘合剂的玻璃化转变温度(Tg),当温度高于Tg时粘接层的机械性能将发生巨大的变化。Harris的研究表明,高于Tg时粘接层的抗疲劳性能急剧下降,并由此提出在实际应用时应该避免此种情况的发生。

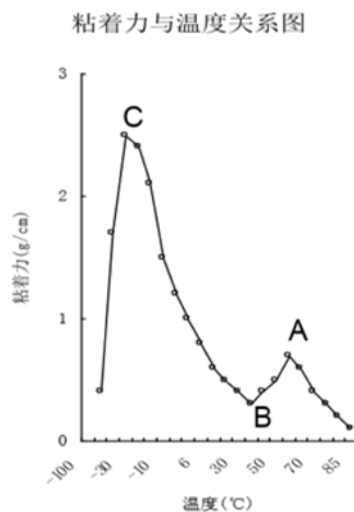


图10 粘着力与温度的关系

如图10所示,胶带性能受环境温度影响比较大。A范围为胶粘剂内聚破坏,C范围为胶粘剂与被粘体表面发生界面破坏,B范围为介于胶粘剂内聚破坏与界面破坏之间。

湿度通常以以下几种方式影响胶粘剂的粘接性能。水汽穿透粘接层,导致胶粘剂层塑化以及接触界面或者相间化学键的分解。与此同时,粘接材料本身也会吸收一部分水分,并导致其力学性能发生变化。因此,正确应用表面处理技术对于提高粘接性能具有积极的效果。受胶粘剂固有性质的影响,粘合剂本身的渗水性是最大的关注点之一,水汽可以在粘接层中进行迁移,干扰其化学组成。费克定律可以很好的用来表述胶粘剂的吸水性质,胶粘剂的质量随暴露时间的延长而增加,直到达到饱和状态,从而测量出特定粘合剂的水扩散系数和渗透速度。胶粘剂的吸水性质也受温度的影响,随着温度的增高扩散系数值也相应的增大。(未完待续)

防静电耐磨地面的接地锚固技术

于会春 黄利生

北京安信三通防静电工程技术有限公司, 北京 100000

近年来,水泥基耐磨地面以其耐磨、美观、环保、施工方便等特点在地坪领域应用越来越多,同样在有防静电要求的易燃易爆、静电敏感的生产和仓储等场所,防静电耐磨地面也备受青睐。防静电耐磨地面面层设计厚度通常在 3mm 左右,下方找平层普遍采用厚度在 50mm 左右的细石混凝土或者 100mm 以上的普通混凝土。为了让整个地面实现防(导)静电的功能,防静电耐磨地面面层、找平层、静电接地网以及建筑物的接地装置必须有机地连接在一起,形成导静电通路,才能把产生的静电泄漏出去,保证人身和财产安全。

防静电耐磨地面在施工中普遍存在两个问题:一是为实现防静电耐磨面层和静电接地网的有效连接,传统的做法是在找平层混凝土中添加大量导电材料,加工成导静电混凝土,此种工艺需要安排专人到混凝土搅拌站投放导电材料,显著地增加了材料和人工成本。根据电学原理,要联通两个导体,只要建立一条导电通路即可,考虑到防静电可靠性的要求,在找平层混凝土中应建立至少两条导电通路,以保证防静电耐磨地面面层都能联通到下面的静电接地网,就能形成完整的防静电系统了,而不需要整个找平层混凝土都导电。

二是由于大部分的混凝土搅拌站不能严格按照国家相关标准选材配料,而且混凝土地面施工主要由人工完成,规范性难以保证,再加上混凝土基层和现场环境等不确定因素,找平层很容易空鼓开裂,尤其是对于较薄的细石混凝土找平层,这种问题更为严重,虽然地面空鼓开裂不影响防静电功能,但美观度大大降低、影响地面使用寿命。这个问题初看很复

杂,造成找平层空鼓开裂的不确定因素很多,而且很难逐个排除。但是换个角度看,找平层空鼓开裂就是局部板块的移动造成的,只要能够把这个找平层板块牢牢锚固在基层地面上,限制这个找平层板块的横向和纵向的移动就可以了。在矿井巷道、山洞隧道和路基边坡支护中,锚固技术非常成熟,具体做法是用锚固剂将锚杆锚固在岩体内,外面再用混凝土固定。在铁路上也是基于类似的原理采用道钉将钢轨固定在轨枕上。

通过以上的分析,两个看似不相干的问题,完全可以通过接地锚固技术来解决。水泥基耐磨地面的施工工艺已非常普及,具体做法可以参照《水泥基耐磨地面应用技术规程》DBJ/T 13-137-2011,本文重点介绍接地锚固的做法。

1 制作锚栓

锚栓的作用有两个,一是作为导电通路,连接防静电耐磨面层与静电接地网,二是起固定作用,将找平层锚固在基层的地面上。要达到锚固效果,建议选用直径为 10mm,抗拉强度 400MPa 以上的锚栓,这样的锚栓纵向能承载 1000kg 以上的重物,而 1 平米 50mm 厚的混凝土重量约 100kg,用十倍以上的承载力完全能够抵消这部分混凝土形变时的应力,防止找平层空鼓开裂。为保证基层混凝土对锚栓有足够的握裹力,固定在基层地面下的锚栓部分长度不低于 60mm,露出基层地面的锚栓部分长度为找平层高度的 2/3。锚栓既可以选用标准的 T 型马车螺栓,也可以就地取材,在工程现场用螺纹钢筋弯成 L 型替代。



2 锚点布局

根据锚栓的承载能力及混凝土应力分布的特点,建议每平方米设置一个锚固点,做好标记,同时要充分考虑分隔缝的位置,锚固点距离分隔缝应大于10cm。通常地面分隔缝的间距不大于6m,为减少应力聚集造成的空鼓开裂,建议实际分隔缝的间距为3—4m。

3 固定锚栓

在做好标记的锚固点位置上,用直径14mm的钻头在基层地面上打出深度为70mm的孔洞,再用吹风机清理出孔洞的灰土,为提高效率,打孔清理的工作应集中完成。选用的锚固胶应满足《混凝土结构工程用锚固胶》JG/T 340-2011的技术标准,由于混凝土施工现场经常有水,有机类锚固胶无法正常使用,所以采用水泥锚固剂(无机类锚固胶)比较适合。将搅拌好的水泥锚固剂倒入孔洞中,插入锚栓,锚栓露出地面部分的高度应为找平层厚度的2/3,大约30分钟左右水泥锚固剂就能凝固并具有一定强度,由于水泥锚固剂凝固较快,一次不宜搅拌过多。

根据《导(防)静电地面设计规范》GB 50515-2010和《防静电工程施工与质量验收规范》GB 50944-2013的规定,防静电水泥基地面需要预先用 $\Phi 3.2\text{mm} \sim \Phi 5.0\text{mm}$ 的冷拔钢筋或10号镀锌钢丝铺设纵横间距不大于 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 方格的导电接地网,每块地面的接地网与接地干线的连接不应少于2处。为保证静电接地的可靠性,需要将作为接地支线用的锚栓焊接到预先铺设好的静电接地

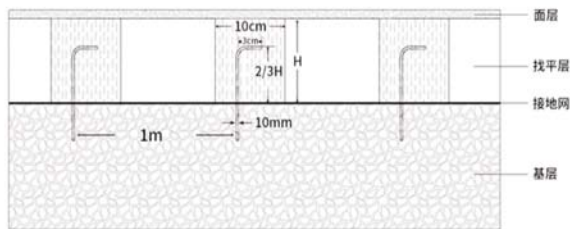
网上,每个分隔缝形成的地面板块内应至少有两个锚栓焊接到静电接地网上。如果在施工方案中找平层设计有提高强度的钢筋网片,也可以直接将钢筋网片焊接起来作为静电接地网使用。

4 接地套筒

选用管径较粗的PVC管(直径最好不小于10cm),裁截成一段段略高于找平层厚度的套管,也可选用上宽下窄的变径PVC管。



先将PVC套管套在那些焊接在静电接地网上的接地锚栓上,在浇筑找平层混凝土时,单独搅拌一组添加导电材料的混凝土,然后倒入到PVC套管内压实,这样PVC套管内的导电混凝土、接地锚栓和静电接地网就形成一个导电通路,防静电耐磨面层产生的静电可以通过这个导电通路泄漏出去。需要注意的是,在浇筑的找平层混凝土初凝前需及时将PVC套筒取出,再用镬刀将混凝土表面收平。



5 地面养护

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2015中提到“养护条件对于混凝土强度的增长有重要影响。在施工过程中,应根据原材料、配合比、浇筑部位和季节等具体情况,制订合理的养护技术方案,采取有效的养护措施,保证(下转第54页)

会员单位介绍

浙江一远静电科技有限公司

浙江一远公司是一家集电子材料研发设计、制造加工服务的高新技术企业。属下有防静电及净化(ESD&CLEANROOM)系列产品、无铅焊料(LEAD—FREE SOLDERS),各种芯片程序(ICPROGRAMMING)烧录加工三个事业群。公司自1995年创办以来,以科技为依托,市场为导向,与国内外多家大专院校及知名企业合作,共建科技创新载体,多次承担完成国家重大科研攻关项目,获得多项发明成果,是国家高新技术成果产业化及“863”成果产业化企业基地。

一远静电科技有限公司专业从事研发、生产、销售防静电橡胶板(台垫、地垫)、防静电服装、防静电鞋、无尘抹布、防静电椅等防静电及净化系列产品。目前拥有7套国内最先进的防静电橡胶板(台垫、地垫)生产流水线,年产防静电橡胶板(台垫、地垫)90万平方米、拥有年产防静电服、净化服和防静电鞋70万套、无尘抹布300万包、防静电椅16万把的高标准洁净车间。产品已遍及全国各地,大量出口新加坡、美国、英国、德国、日本等国。下属防静电技术研究所,专业从事防静电产品的研究开发及产品质量的跟踪、检测。在国内最早实现了产业化,为航天、国防、石油、医药、食品、电子、化工、煤矿等行业提供了技术和产品,大量代替了国外进口,成为了伟创力、捷普、华为、夏普、中兴等全球领先电子制造的指定使用品牌。在业内具有良好的信誉,被国家科学技术委员会专家鉴定为“技术处于国内领先,质量达到国外同类产品先进水平”。秉承了“客户至上、追求卓越”。

一远静电将不断为客户提供更多、更出色的防静电及净化系列产品。有您的需求才有我们的发展,

有您的要求才有我们的提高,让一远静电的产品给您带来品质的保障。

地址:浙江省 仙居县 横溪高新技术开发区

邮编:317312

电话:0576 -87071588

传真:0576 -87071613

公司网址:www.yiyuanesd.lm263.com

常州市远川机房设备有限公司

常州市远川机房设备有限公司创建于1997年7月,是专注于研发、生产、销售“远川”牌系列架空地板的生产企业,注册资金5000万元,员工118人,占地面积2.5万m²,厂房面积为2.2万m²,拥有国内行业的多条自动化机械手流水生产线,年生产能力200万m²。

公司坚持以质量求发展、诚信至上、开拓市场服务为宗旨。面对竞争激烈的环境,为满足客户不断提升的需求,“远川”公司在保持生产系列传统产品的同时,不断设计、创新、研发、开拓新型产品,并在国内外获得了10多项专利证书(详见公司荣誉资质),成为国内同行中开拓技术产品的佼佼者。生产车间管理严格按照5S管理标准执行,生产加工技术按照严格按照生产流程图有序生产。

公司严格按照ISO9001质量管理保证体系模式组织生产,相继通过了ISO9001:2015质量体系认证、ISO14001:2015环境体系认证、OHSAS18001:2007职工健康管理体系认证。近年来,获得了《AAA级企业资信等级证书》、《中国防静电装备企业生产资格认定证书》、《中国防静电装备企业销售资格认定证书》、《中国防静电装备企业施工资格认定证书》等荣誉证书。

远川公司坚持“选材精良、设备升级、工艺精湛、高效管理、精诚服务”的经营理念,携手新老客户互利互惠、合作共赢,力创“远川”精品。

地址:常州经开区崔北工业区环蓉西路1号

邮 编:213103
电 话:0519-88501155、88508626
传 真:0519-88508739
手 机:13915890519 / 13915840666
邮 箱:13915840666@139.com
网 址:www.czyuanchuan.com

天津市馨山伟业洁净技术有限公司

天津市馨山伟业洁净技术有限公司成立于1996年,发展至今已拥有了自己的厂房、先进的制衣设备和防静电专业检测实验室等。随着制药企业“GMP”管理不断完善,公司专为制药企业设计的各种级别和款式的防静电、防尘、洁净无菌服是高品质的产品。

本公司生产防静电、防尘、洁净无菌服所使用的面料是经劳动保护用品质量监督检验中心检验合格的进口碳纤维长丝和涤纶长丝0.5CM导电绸。产品具有不产生、不吸尘、不透尘、防静电功能,符合“GMP”、A、B级要求。灭菌过程中不变形,不缩尺寸,各项数据达到标准才能出厂。我们采用特殊的检验工艺,彻底消除了洁净无菌服的线毛头及服装接缝处的毛碴,更能有效的防止人体尘粒外泄及服装的自产线毛。对产品及其工作场所不会造成污染,有效控制了洁净厂房内的空气尘粒,产品可在121摄氏度—140摄氏度高温下消毒灭菌。

馨山伟业获得了中华人民共和国质量监督检验检疫总局颁发的《全国工业产品生产许可证》、特种劳动防护用品安全标志管理中心颁发的《特种劳动防护用品安全标志证书》,并于2009年取得ISO9000、14000的认证。作为中国电子仪器行业协会防静电装备分会会员单位,馨山伟业洁净服装是经劳动保护用品质量监督检验中心依照GB12014—2009检验的产品,是国内“GMP”、美国FDA、欧盟认证的服装。

目前,馨山伟业的工作服已经在全国900多家

制药、产品、兽药、电子行业、医院、研究院等企业内广泛使用,并成为其长期合作伙伴。公司还可以根据客户需求设计制作或来样生产。我们将胜不骄败不馁,继续秉承“用户即是上帝”的宗旨,以“让您满意”为目标,发扬馨山人“诚信、务实、创新”的精神,在全国乃至全世界同类行业,创造一个又一个伟大的奇迹。

欢迎广大用户来公司参观指导,洽谈业务。让我们的专业技术和生产团队为您的企业服务每一天。

地址:天津南开区西湖道95号南开工业园鑫茂科技

邮编:300190
联系人:范小姐
联系电话:022-27611139

河北科华防静电地板制造有限公司

河北科华防静电地板制造有限公司位于河北省保定市徐水区工业园,成立于八十年代初,是一家专业从事防静电地板(架空地板)研发、生产和加工的大型企业。从八十年代初至今的二十多年来,坚持以诚信服务、质量保证求生存,以市场需求、客户信誉为求发展。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。

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(架空防静电地板产品),OA网络地板产品(OA智能网络地板、全钢OA智能网络地板),是专为方便智能化楼宇综合布线而设计的活动架空地板。成品具有高承载力、经久耐用、安装方便,外表美观、安装维护布线方便等特点(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的选择和应用。HDM---600---ZD(600mm×600×mm×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。

我公司的主要产品还包括硫酸钙地板、硅酸钙地板、复合地板等。

公司地址:河北省保定市徐水区北孤庄营村西
邮编:072550

联系电话:0312-8613555/13910120957

传真:0312-8678751

电子邮件:khdb@khfjddb.com

网址:www.khfjddb.com

深圳市创时代电子科技有限公司

深圳市创时代电子科技有限公司成立于 2010 年,是一家集研发、生产、销售为一体的高新技术企业,公司主要产品有智能高频焊台、恒温焊台、热风返修拆焊台、焊锡机专用智能焊台、智能高频离子风机、离子风棒、离子风蛇等电子工具及其配件。

公司自成立以来,凭借雄厚的技术实力、高效的经营管理、完善的销售服务体系,通过自主研发和引进国内外先进技术,在无铅焊锡、静电消除方面赢得了广大客户的认同和信赖。我们有专业的售前售后服务人员,为客户提供焊锡和静电防控方面的技术咨询、解决方案以及售后服务,用我们的专业技术和产品解决客户的问题。

目前,公司研发出的智能无铅焊台和智能离子风机能够实现物联网智能管控,通过与 pc 端联网通讯实时工作状态,超出现场工艺的要求及时报警、提醒管理人员解决并记录报表。公司最新研发的焊锡机器人专用智能焊台,可实现与机器人的相互通讯,改变了焊锡机器人的工作方式,使其能真正的智能化作业。目前已经为格力电器、创维、航嘉电源、拓邦股份、天合光能等众多知名公司提供了产品服务。

在社会经济高速发展的今天,科技就是生产力。公司始终坚持“科技创新、合作共赢、诚信高效、服务

至上”的经营理念,不断进取完善,为满足广大客户的需求,公司已在郑州、苏州设立分公司和办事处,以求建立完善稳定的销售服务网络,为广大客户提供优质、高效、便捷、完善的服务。“解决客户的需求就是我们的责任”,我们以客户为中心,以市场为导向,不断完善产品的体系和结构,以满足客户的需求,提升客户的满意度。同时,不断追求创新,完善我们的服务,我们始终坚信“口碑才是最好的广告”所以我们脚踏实地、做好每一个工序,以“精益求精”的标准交给客人一个完美的产品。

创时代的经营宗旨是:合作共赢,为客户提供更好的产品和服务,为员工提供更广阔的发展平台,为供应商提供更多的合作机会。

创时代的管理理念是:管理规范标准化,管理制度明确化,管理过程精细化。

创时代的愿景目标是:做行业的领跑者,做出世界一流的品质,让世界爱上中国造!

公司地址:深圳市宝安区松岗街道田洋二路 1 号南边头科技园 A 栋 7 楼

电话:0755-29896700

传真:0755-29875300

邮件:sales@chuera.com

服务热线:400-878-9205

深圳市中明科技股份有限公司

深圳市中明科技股份有限公司成立于 2001 年。多年来,我们荟萃行业英才,潜心致力于防静电产品、无尘室净化用品及各类静电检测设备研发和生产,并成功获得了产品的国家商标专利、产品实用新型、产品外观设计专利等十多项证书。制定和规范了静电设备行业的研发制造标准,为无数不同种类的工业及电子行业客户解决静电问题。

公司自主研发制造的 BFN、ECO 离子消除器系列、BFN-SALM 手腕带在线监控器系列、BFN 静电检测仪 / 静电放电仪等三大系列三十多种产品,广

泛应用于国内和国际知名客户:如 IBM、联想、富士康、三星、伟创力、宏基、住友、索尼等。产品出口到美国、俄罗斯、泰国、马来西亚、菲律宾等二十多个国家和地区。

公司不断引进和开发先进的设计和生产技术设备,完善管理系统,力求提供最优质的产品和服务,树立国际领先的 BFN 品牌。

公司地址:深圳市宝安区福永街道新田大道

71-2 号立新湖福宁高新产业园 B 栋

邮政编码:518102

公司总机:0086-755-2946 1997

传真:0086-755-2946 1424, 2946 1361

邮箱:jack0026@horb.com.cn

服务热线:400-660-8882

(上接第 50 页)

混凝土强度正常增长”,同时在《混凝土结构工程施工规范》GB50666-2011 中也对混凝土的养护时间做了明确规定,“强度等级 C60 及以上的混凝土,不应少于 14d”,防静电耐磨地面的强度等级不低于 80MPa,远大于 C60 的强度等级,因此养护时间也不应少于 14 天,建议用土工布覆盖浇水养护。这个施工环节简单有效,但在项目现场常常得不到足够重视,容易在混凝土表面形成龟裂纹,更有甚者,造成地面空鼓开裂。

通过在实际工程中的应用,接地锚固技术作为一种新型的施工工艺,减少了找平层导电材料的用量,降低了工程成本,提高了对混凝土材料和现场环境的适应能力,有效地解决了防静电耐磨地面的质量问题。同时这种地面锚固技术也可广泛应用在地

坪行业,大大降低地面空鼓开裂的风险,交付让业主满意的合格工程。

【参考标准】

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2015

《混凝土结构工程施工规范》GB50666-2011

《导(防)静电地面设计规范》GB 50515-2010

《防静电工程施工与质量验收规范》GB 50944-2013

《混凝土结构工程用锚固胶》JG/T 340-2011

《水泥基耐磨地面应用技术规程》DBJ/T 13-137-2011

《混凝土结构后锚固技术规程》JG/J 145-2013

中国防静电 2020 年总目次

协会动态

- 新书介绍:《电子工业静电与电路 EOS/EMI 防护技术》内容简介 01-06
- 《静电学第 4-9 部分:特定应用中的标准试验方法 服装》标准(国标)编制启动会议在北京召开 01-06
- 新纶科技捐赠暖心口罩——抗击新型肺炎,让我们行动起来! 01-07
- 众志成城,春节不休息,口罩企业满负荷生产 01-08
- 抗疫路上,我们并肩同行 01-10
- 中国电子仪器行业协会防静电装备分会大事记 01-10
- 中国电子仪器行业协会 防静电装备分会 2019 年度工作总结 2020 年度工作计划 02-05
- 《防静电贴面板通用技术规范》行业标准颁布实施 02-08
- 有关《防静电活动地板通用规范》标准执行的通知 02-09
- ESD 工程师培训恢复授课 02-09
- 中国电子仪器行业协会防静电装备分会大事记 02-10
- 《电子产品制造与应用系统防静电测试方法》标准审查会在京召开 03-05
- 团体标准《电子工业防静电系统通用要求》完成公示即将颁布实施 03-05
- 防静电装备分会华南培训基地走入世界 500 强企业进行 ESD 专业培训 03-06
- 《防静电工作台、座椅通用技术规范》行业标准审查会在京召开 04-06
- 《防静电贴面板通用技术规范》标准宣贯会议在江苏常州召开 04-06

协会动态

- 华东地区第二期 ESD 工程师、防静电质量体系内审员培训班圆满结束 04-07
- 中国电子仪器行业协会防静电装备分会华南培训基地第二期 ESD 工程师及内审员培训圆满结束 04-08

学术探讨

- HBM ESD 脉冲电压下的 IC 介质击穿实验研究 蔡利花 孙可平 /01-13
- 空气过滤材料用聚烯烃原纤化纤维的研究 胡 树 /01-16
- GMR 磁头生产中 ESD 容性耦合引起的场辐射噪声实验研究 董 坤 冯康军 孙可平 /02-12
- ISO16890 中多级过滤总效率估算方法的误差分析 钟 珂 亢燕铭 贾洪伟等 /02-15
- 低成本抗静电剂的性能测试及应用探讨 胡 树 /02-17
- 偏压平板监测仪(BPM)及其实验研究 朱跃耀 孙可平 /03-07
- 浅谈驻极体空气过滤材料 胡 树 /03-12
- 传输线脉冲(TLP)对 GMR 记录磁头的 ESD 失效试验研究 蔡利花 孙可平 /04-09
- 静电防护区内人员静电防护手段研究 王荣刚 陈静中 /04-13

技术应用

- 机器人的洁净度适用性检测研究 厉 龙 范国锋 朱 兰 /01-22
- 公建空调通风系统应对雾霾天气的过滤器选型方案 涂光备 涂 有 /01-26

技术应用

- 静电放电 (ESD) 控制计划的变化和改进
王荣刚 /02-22
- 浅谈摩托车和电动自行车骑乘人员用安全头盔
胡 树 /02-25
- 公建空调通风系统应对雾霾天气的过滤器
选型方案 涂光备 涂 有 孙 扬等 /02-31
- 洁净室与其他受控环境空气分子污染控制技术
李启东 /02-33
- 透明防静电树脂板在电子工程中的应用研究
张景春 司家林 /03-19
- 高效低阻玻纤滤材在洁净室应用中的最新进展
肖轶群 /03-26
- 无刷直流电机在 FFU 领域的应用及前景展望
张 敏 李 华 丁 迎 /03-30
- 半导体厂超级洁净室的化学气态分子污染
及化学空气过滤器介绍 黄宝川 /04-17

技术讲座

- EPA 接地系统与接地电阻测量 孙延林 /01-32
- 各类型防护口罩标准要求差异浅析
王荣刚 王 珣 陈雪荣 /01-42
- 离子化静电消除器及其使用 孙延林 /02-41
- 离子化静电消除器及其使用 孙延林 /03-35
- 离子化静电消除器及其使用 孙延林 /04-23

施工解析

- A 级防火防静电地面涂料施工解析
黄 晨 王晓东 /01-49

新材料介绍

- A 级防火防静电涂料性能概述
赵同嘉 王晓东 石 强 /02-48

新材料介绍

- 防静电 PVC 卷材在规模尖端地坪应用中优势
长足 马 涛 /02-50

产品介绍

- 一种新型长效性防静电透明涂料的研发与应用
沈 浩 王晓东 王闻天 /03-46
- 浅析导电银浆 胡 树 /04-33

静电问答

- 静电专业常识解答 01-52

产品解析

- 关于“防静电不发火地坪”相关标准与内涵的
简析 刘志刚 黄利生 于会春 /02-51

材料市场分析

- 压敏胶带行业概况及市场分析
胡 树 /04-44

企业管理

- 浅谈易制毒化学品管理 胡 树 /03-49

工程施工

- 防静电耐磨地面的接地锚固技术
于会春 黄利生 /04-49

会员之家

- 新会员单位介绍 01-53
- 会员单位介绍 01-55
- 会员单位介绍 02-53
- 会员单位介绍 03-55
- 会员单位介绍 04-51

中国防静电装备品牌企业展示



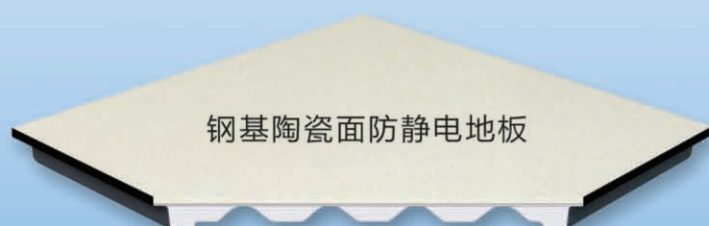
莱州市华福机房材料有限公司 JINDAO FLOORS, INC. HUAFU FACTORY

地址: 山东莱州经济开发区临港产业园(原三山岛街道西由)

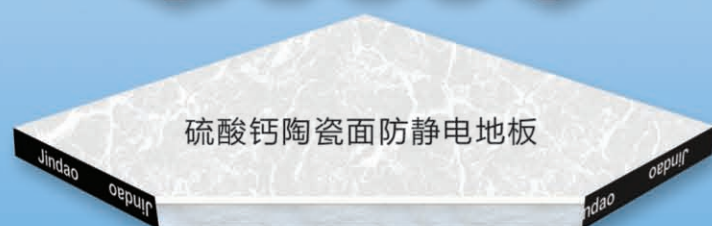
电话: 0535-2742126 2742188

<http://www.jindaofloors.cn>

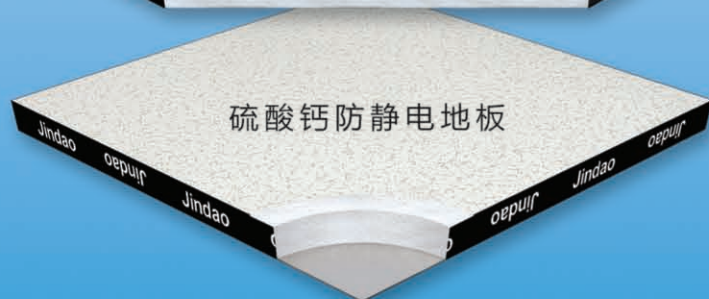
莱州市华福机房材料有限公司是以高架活动地板的设计、制造、施工、销售、安装为主的专业公司,是全国本行业率先通过 ISO9001 质量体系认证的企业,也是中国电子仪器行业协会防静电装备分会的理事单位。本公司占地面积 6 万平方米,固定资产 5000 余万元,拥有智能网络地板、钢基防静电地板、硫酸钙地板、木基地板和地板支架五条生产线,经过坚持不懈的努力,“金岛”品牌在国内外市场享有很高的声誉,国内市场遍布祖国各地,海外市场出口到东西欧、南北美、中东、东南亚、南亚、非洲等世界各地。



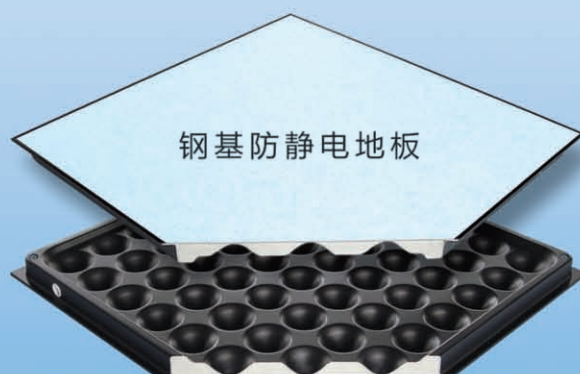
钢基陶瓷面防静电地板



硫酸钙陶瓷面防静电地板



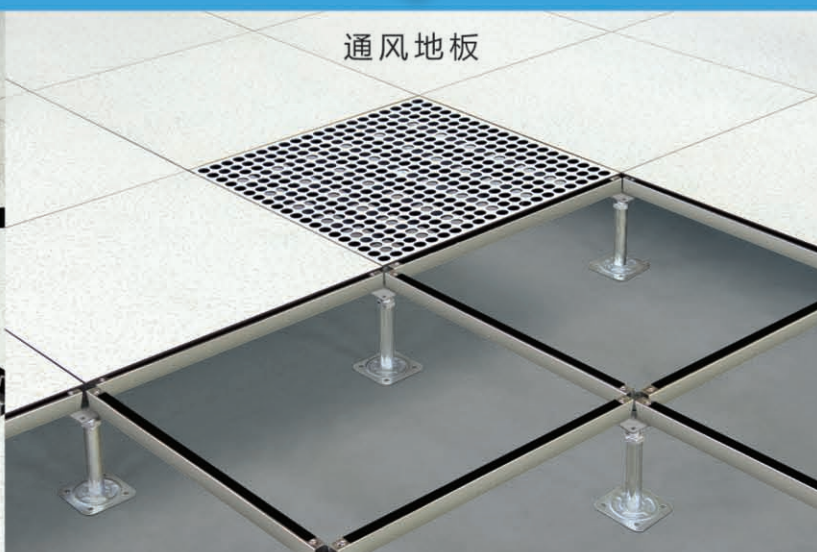
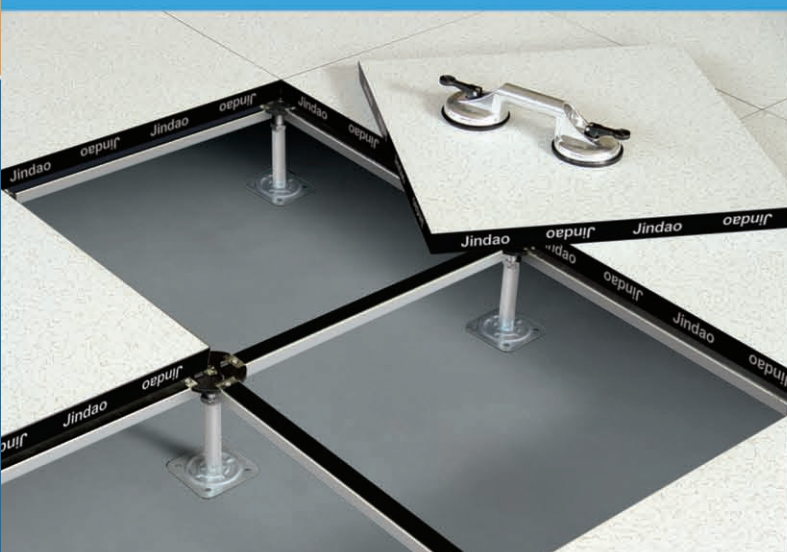
硫酸钙防静电地板



钢基防静电地板



通风地板



可以按照中国 GB/T36340、欧盟 EN12825、美国 CISCA、英国 MOB 标准组织生产,年供货能力 100 万平方米,是目前国内规模最大的活动地板生产商之一。



中国防静电装备品牌企业展示

HUMANS ARE MOVING FROM THE IT AGE TO THE DT ERA

江苏双奇地板有限公司

JIANGSU SHUANGQI FLOORING CO., LTD.

江苏双奇地板有限公司是一家集高新技术产品研发、生产、销售、施工为一体的专业性地板企业。公司始创于1985年，位于中国最具活力的长江三角洲的腹地、全球知名的中国地板之都—江苏常州。

三十多年生产、销售、研发：全钢架空活动地板系列、硫酸钙架空地板系列、实木、多层实木、复合实木、复合地板系列。给客户致力优质服务。

专业化的生产、高品质的经营，给双奇公司赢得了众多荣誉，公司率先通过建筑装饰装修工程专业承包贰级、建筑施工安全生产许可证、ISO9001国际质量管理体系、ISO14001环境管理体系、欧洲CE产品认证、LEED认证、优等产品等证书及多项荣誉证书。

地板专家、专家服务、产品极致、与众不同、温馨服务、一丝不苟。

◎ Certifications 资质证书



◎ Production Line 生产流水线



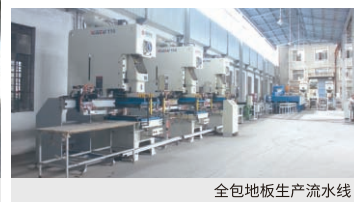
钢质地板生产流水线



硫酸钙GRC基板生产流水线



贴面加工生产设备

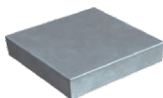


全包地板生产流水线

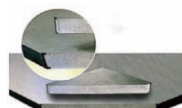
◎ Product Image 产品图片



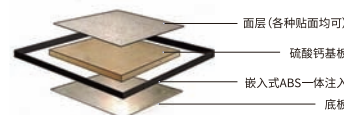
钢质网络地板



硫酸钙全包地板



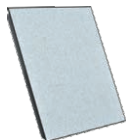
周边采用ABS一体注塑成型



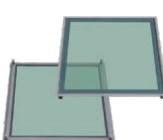
地板结构图



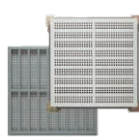
陶瓷面地板



钢质防静电地板



玻璃地板



通风地板



木质面地板



GRC地板