

研究进展

微电子产品防静电包装材料的研究进展

张晓玉, 袁玉珍

(山东理工大学, 淄博 255000)

摘要: 首先叙述了防静电包装与防静电包装材料的概念,对微电子产品的防静电包装设计进行了介绍,并分别讨论了不同种类的抗静电包装材料的特点,简述了微电子产品包装国内外的发展情况,最后指出了微电子产品防静电包装的发展趋势与良好的市场前景。

关键词: 微电子产品; 防静电设计; 包装材料; 抗静电剂

中图分类号: TB484 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)13-0117-06

Development Progress of Anti-static Packaging Material for Microelectronic Products

ZHANG Xiao-yu, YUAN Yu-zhen

(Shandong University of Technology, Zibo 255000, China)

Abstract: The concept of anti-static packaging and anti-static packaging material were first described. Anti-static packaging design for microelectronic products was introduced. The characteristics of different types of anti-static packaging material were discussed. Development status of anti-static packaging for microelectronic products at home and abroad was introduced. Development trend and market prospects of anti-static packaging for microelectronic products were put forward.

Key words: microelectronic products; anti-static design; packaging material; anti-static agent

防静电包装就是依据外部环境和不同包装要求,合理的选用包装材料和包装形式,以减少或消除产品在搬运和使用过程中产生的摩擦电荷,尽可能将产生的静电安全泄露、隔离、复合中和,使静电放电敏感件免受外界电场的影响,以达到包装防护的目的^[1-2]。

防静电材料是指在同种材料或其他类似材料相互摩擦或分离时,具有产生电荷量最小的材料。包装材料防静电性能的高低决定了其包装的防护能力,一般来说选用电阻越低的材料,其防静电性能越好。但是产品本身的静电敏感度才是决定选用哪种防静电材料的主要因素^[3]。

近年来,各种电子类产品越来越精细,微电子产品的静电敏感度随着其产品的小型化、集成化逐渐提高,其电磁敏感度也越来越高,很容易受到电磁或静电的干扰^[4],对各种抗静电包装的要求也越来越高,

这一趋势必定带动电子产品防静电包装行业的发展^[5-6]。因此,防静电包装材料已经引起人们的高度重视,开展对国内外防静电包装材料的研究和探讨,无疑在一定程度上具有现实意义。

1 微电子产品的防静电设计

微电子产品是指电子元器件,包括电子管、电阻器、电容器和电子连接器等其他电子元器件,是许多电子产品的基本部件,主要广泛应用于电信、仪器仪表、视听设备等工业部门。我国机械电子工业部早在1988年就发布了关于电子产品运输包装总技术条件的标准,将电子产品装在防静电材料包装容器中,保护电子产品。在进行防静电设计之前,要先明白中国对于电子元器件静电放电的要求。

收稿日期: 2013-04-30

基金项目: 山东理工大学重大横向课题(9002-109701)

作者简介: 张晓玉(1989-),女,山东临沂人,山东理工大学硕士生,主攻高分子光电功能材料。

微电子产品的静电防护可以从控制静电的产生和控制静电的消散 2 方面进行。一方面主要是通过完善生产过程和做好生产中材料的选择来控制静电产生,另一方面主要通过快速而安全地将静电中和来控制静电的消散,两者协同的结果很大程度上达到保护电子产品不被静电损坏的目的。

对于电子产品的包装,通过增强包装材料的导电性能和适当提高材料表层的湿度,可以达到分离静电的目的。包装材料本身就实现了产品抗静电保护的物质基础,材料的防静电性能主要与材料的自身摩擦起电特性、电阻率和衰减时间等特征参数有关^[7-8]。目前来说,大多数电子包装材料都是塑料的,大部分由共价键构成,不能电离也难以有自由移动的电子,

因此包装材料本身具有不良导体的性质。由于绝缘材料易存留电荷,为了使电荷从包装上消散,应选择具有适当电阻率的材料。

根据包装材料的防静电原理不同,对抗静电性材料进行分类。经过近几十年的不断发展,包装材料的分类也步入国际化规范的行列。为了充分利用包装材料的防静电性能,对不同电子产品所使用的防静电包装材料也需要进行适当的选择,以免造成材料成本的增加和材料的浪费。有的产品需要兼具抗静电性能和一定导电性能的包装材料,这就要求我们对防静电材料进行分类,以供选择抗静电包装材料时作为参考。国际电工委员会(IEC)规定的静电敏感产品(ESSD)包装用材料见表 1。

表 1 防静电、导电性包装材料的分类

Tab. 1 Classification of antistatic packaging materials

材料类别	内容说明
绝缘材料	表面电阻率在 $10^{12} \Omega$ 以上的材料,或体积电阻率为 $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上的材料
静电逸散材料	表面电阻率约在 $10^5 \sim 10^{12} \Omega$ 的材料,或体积电阻率为 $10^4 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 的材料
静电导电材料	表面电阻率约在 $10^3 \sim 10^6 \Omega$ 的材料,静电体积分导电性材料体积电阻保持在 $10^2 \sim 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$
静电屏蔽材料	具有衰减静电场能力的材料,表面电阻率小于 $10^4 \Omega$ 或体电阻率(平均每 1 mm 厚度)小于 $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 的材料

注:表中面电阻率的测定按 ISO 2878 或 IEC93 标准进行。

2 微电子产品防静电包装材料的研究及进展

不同的电子元器件静压敏感能力不同,在设计每一种电子元件的包装时,都必须准确地测定材料的抗静电性、导电性及对外静电场的屏蔽性能,合理选择包装材料和结构。按照获得防静电功能材料的工艺方法分类,大体可以分为以下几种:抗静电剂处理型、表面改性型、导电填料填充型、涂层型、纳米型、结构型导电高分子材料等^[9]。

2.1 抗静电剂处理型包装材料

首先这一工艺过程简便而且具有价格低廉的明显优势,因此受到广泛关注,是目前提高高分子材料抗静电性能最常用的方法^[10]。抗静电剂处理技术,主要是将抗静电剂(表面活性剂)通过添加(填充)技术或涂层技术,对树脂或基材进行电性能改性的方法。抗静电剂处理技术包括内部添加型和涂布法。内部添加抗静电剂的作用机理是抗静电剂的亲水基团增加了包装薄膜表面的吸湿性,吸附空气中的水分,形成微薄的水膜,起泄露电荷的作用,而且可以增加薄膜表面的光滑性,降低摩擦系数,防止摩擦起电。

涂层型抗静电剂的作用机理主要是增加薄膜表面的离子浓度,以阴离子中和正电荷或阳离子中和负电荷的方法终止电荷积累。

从抗静电剂发展来看,高分子型的永久抗静电剂是最有前景的产品,尤其是在精密的电子电气领域。目前国内多家科研机构在利用聚合物合金化技术开发高分子永久型抗静电剂方面,取得了明显进展^[11],但是高性能新品种抗静电剂的生产能力不足,而且品种较少,尚不能满足国内防静电包装材料领域的需求。随着美、日等国家相继制定了各种防静电规定,防静电技术得到迅速普及,极大的促进了抗静电剂的发展。美国、西欧等发达国家正致力于开发新型抗静电剂^[12],国内的化工研究院等也正致力于新型抗静电剂的开发研究。

由于添加或涂布的抗静电剂会引起材料化学成分的改变,因而该技术只适用于对塑料树脂的改性,具有很大的局限性。同时表面涂布小分子抗静电剂的材料在不同的使用环境下,其抗静电性会受到不同程度的影响,尤其是在表面活性剂受到长期来回摩擦或洗涤时,产品的抗静电性就会逐渐退失^[13]。

现有的抗静电剂普遍存在效果差、稳定性差、对

环境湿度依赖性强等缺点,在湿度较低的情况下,难以长期达到抗静电要求^[14]。添加抗静电剂制造抗静电材料,主要采用浸渍、涂层整理以及浸轧等方法,不利于环保节能^[15]。目前塑料工业界一直在加强对抗静电剂的研究,只有抗静电剂的性能日趋成熟,抗静电剂处理技术才能得到更为广泛的推广与使用。近年来在微电子产品防静电包装方面应用量比较大,占据主导地位。

2.2 导电填料填充型包装材料

在包装材料中添加能赋予材料导电性能的导电填料,是一种常用的抗静电方法,它可以降低聚合物材料的电阻系数,最主要的优点就是能在很宽的范围內加以调节,提高材料的静电耗散率,避免静电的积累。需要添加的导电性物质有如导电炭黑、导电纤维、金属粉末等,以一定比例与热塑性树脂如聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)掺杂,并添加助剂,经混炼、塑化、造粒过程制得复合型的导电树脂^[16]。其中导电性填料较为经济的就是导电炭黑。

综合机理来说,导电高分子材料能够导电,是由于最初孤立分散的填料粒子在体积分散达到某一临界含量以后,形成了连续的导电通路,而且只有填料微粒在材料中较好地分散并形成网状结构时,材料才具有良好的导电性。导电填料填充型高分子材料的发展主要集中在提高材料的综合性能与降低电阻率2个方面^[17]。因此,目前研究的主要课题是导电填料的改进及合成树脂的选择。根据填料不同又可分为:碳系填充、金属填充及金属氧化物填充等。

碳系填充型导电高分子材料因与其他材料相比具有价格较低和导电性持久稳定等优点而被广泛应用^[18-19]。山西晋东包装材料有限公司利用导电填料填充工艺,发明了一种新型防静电软塑包装材料^[20],利用的就是炭黑填料。但是作为导电填料的炭黑由于导电性能不稳定,因而使用寿命很短。我国已经研制出以碳粉为基料来制备抗静电包装材料,与此同时加以其它原料使之有机结合,并涂敷或熔合于包装基材上,从而在包装基材的表面形成了至少一层导电聚合物层,形成了包装基材的防静电功能。但是由于碳系颜色为黑色,只能用于对颜色没有太高要求的包装,这在很大程度上限制了其使用^[21]。因而,浅色的或透明的防静电材料受包装透明化的大势所趋,在包装行业有良好的发展势头。金属系填充型导电高分子材料是通过添加金属系填料导电,因为金属的

高导电性而被应用于屏蔽材料中,但是因为金属高密度、处理成本高、腐蚀敏感性等因素,受到很大限制。近年来,随着纳米技术的发展,将石墨纳米微粒与基体复合制得填料型导电材料正日益兴起,但是据最近研究报道,以碳为基础的纳米填料如碳纳米管和石墨烯具有极低的渗流阈值,又因为价格昂贵,很难批量生产,而且往往需要复杂的净化步骤^[22]。导电纳米高分子材料需要更深一步的研究才能有望成为该领域的重要应用。

2.3 结构型导电高分子包装材料

结构型导电高分子材料具有优异的物理化学性能,能够广泛应用于电子行业中的防静电材料、电子器件等,是一类极具应用前景的新兴材料^[23]。结构型导电高分子材料是指高聚物本身或经掺杂之后具有导电性的材料,除聚氮化硫类本身具有导电性外,大部分结构型导电高分子材料的导电性几乎均来自氧化还原、离子化或电化学等手段进行的掺杂,其代表性产物有聚乙炔、聚芳烃、聚吡咯、聚噻吩、聚苯硫醚等^[24]。掺杂的实质是在共轭结构高分子上发生电荷转移或氧化还原反应,目的是为了在 π 空轨道中加入电子,或从 π 占有轨道中拉出电子,从而改变现有 π 电子能带的能级,出现能量居中的半满能带,减小能带间的能量差,使电子或空穴迁移时的阻碍减小,提高导电率^[25]。高分子材料替代金属材料成为材料学科领域的必然发展趋势,随着防静电包装需求的日益增长,势必推动导电性高分子材料向高功能化、稳定性能好、经济环保的方向发展,具有良好的应用市场和发展前景。

中科院长春应化所早在1984年就开始对聚苯胺的结构、性能等展开研究。经过多年的探索,“20 t级可溶性导电聚苯胺中试合成”项目已于2001年初通过了专家的鉴定,目前其合作公司已经以吨级规模向美国杜邦公司出口聚苯胺原料^[23]。结构型导电高分子因为其导电能力在整个材料中均匀一致而被广泛研究,导电状态容易得到迅速控制,但是造价昂贵,加工过程复杂困难,与其他材料相比化学稳定性较差,因此目前应用领域受到一定限制。

2.4 表面改性型防静电包装材料

用高能离子束、电子束或射线等对高分子材料进行照射处理,可以获得优良的防静电功能。利用表面改性的方法可以使聚合物表面的性质发生改变,而不影响材料基体本身的结构和性能,而且处理过程没有

污染,没有腐蚀,可以对材料局部进行选择改性,预计今后用量将会持续增加。美国早在 20 世纪 90 年代,用电子束处理过的包装袋已上市销售。

目前应用比较多的就是离子注入改性技术和等离子体表面改性技术。优化材料的导电性能主要通过离子注入对高分子材料表面改性的方法,通过离子注入使材料的结晶、组分以及分子空间位置的变化来实现的,能迅速改变材料的组分和结构,导致目标材料的化学和物理性能的改变。其优点是注入元素的种类、能量和剂量均可选择,不受限制,并能精确控制。离子注入处理是在高真空条件下进行的,不受环境影响,基体外表没有残留物,能保持原有的外廓尺寸精度和表面光洁度,适合制备透明的防静电包装材料。离子注入时由于富碳层的形成,使注入膜的电阻率大幅度的降低,有效地改善高分子材料导电性或表面抗静电性。表面改性技术制备抗静电材料将会有广泛的应用前景,是研究人员的突破领域。

2.5 纳米型防静电包装材料

金属纳米微粒具有消除静电的特殊功能,在生产包装材料时只要加入少量金属纳米微粒,就可以摆脱静电现象,使得包装材料表面不再吸附灰尘,减少了因摩擦而导致的擦伤,同时也使印刷表面因无静电吸附问题,而能以更高的印刷速度获得更好的印刷效果^[26]。纳米掺锑二氧化锡(ATO),是一种 N 型半导体材料,与传统的抗静电材料相比,具有明显的优势,表现在良好的导电性、浅色透明性、良好的耐气候性和稳定性以及低的红外发射率等方面,是一种极具发展潜力的新型多功能导电材料^[27-28]。

从国内情况看,国家推进经济社会协调发展,实施扩大内需、加快信息化建设、西部大开发等老工业基地,以及优先发展信息产业等战略举措,我国信息产业保持良好的发展态势,电子产品源源不断的跨洋过海进入世界市场,这都离不开电子包装业的发展^[29]。国家把电子工业作为我国的支柱产业和先导产业,近年来电子工业是我国工业部门中发展速度最快,产业规模最大,外贸出口最多的行业,我国已经成为世界电子产品制造大国和出口大国^[30]。因为电子产品在运输过程中的易产生静电而造成经济损失,所以近年来我国特别注重电子产品抗静电包装的设计,无疑拉动了防静电包装材料的发展。

静电敏感产品多,抗静电性能要求高,尤其是对于电子和电器设备表面积聚的静电荷而造成的静电

损害必须要尽量避免^[31],相关部门必须引起高度重视,各科研机构更要深刻的认识到防静电材料研制的重要性,致力于使包装材料趋向功能化、绿色化。

从国外情况看,美国、日本、德国等国家在防静电包装领域的研制、生产和市场需求等均处于世界领先地位。由于环境要求以及国家立法甚至是客户的偏好,都在推动着微电子包装行业向着生态绿色功能化的方向发展^[32],这势必带来电子包装行业的新突破。近年来抗静电材料受到国内外的倍加关注,这也意味着微电子产品抗静电包装材料新时代的到来。

3 结语

防静电包装材料是防静电包装的基础,对于静电敏感的微电子产品进行防静电包装设计,必将贯穿于静电安全使用的全过程,因此开发新型多功能的防静电包装材料是电子包装行业的发展方向。在应用需求的驱动下,微电子产品包装成为一个多元化的主题,微电子产品防静电包装产业也将向着低碳化、功能化、绿色化的目标前进,与国际水平接轨。

参考文献:

- [1] LI Ke-di, ZHANG Chen, DU Zhong-jie, et al. Preparation of Humidity-responsive Antistatic Carbon Nanotube/PEI Nanocomposites[J]. Synthetic Metals, 2012, 162(23): 2010-2015.
- [2] 龙朝阳, 卢立新. 防静电包装设计方法[J]. 包装工程, 2009, 30(8): 81-82.
LONG Zhao-yang, LU Li-xin. Methods of Anti-static Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(8): 81-82.
- [3] 陈萌, 罗世永, 许文才, 等. 防静电包装研究进展[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 52-53.
CHEN Meng, LUO Shi-yong, XU Wen-cai, et al. Progress in the Development of Anti-electrostatic Packaging[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 52-53.
- [4] 张力, 杜仕国, 刘小强, 等. Al_2O_3 粒子填充电磁防护功能涂料研究[J]. 功能材料, 2007, 38: 3022.
ZHANG Li, DU Shi-guo, LIU Xiao-qiang, et al. The Research of Al_2O_3 Particle Filler with Electromagnetic Protection Function Coating[J]. Functional Materials, 2007, 38: 3022.
- [5] KUNG Huang-kuang, CHEN Hung-shyong, LU Ming-cheng. The Wire Sag Problem in Wire Bonding Technology for Semiconductor Packaging[J]. Microelectronics Reliability, 2012, 52(9-10): 2218-2228.
- [6] 康启来. 电子产品包装的设计和工艺技术控制[J]. 中国包装, 2011(6): 53-54.

- KANG Qi-lai. The Design and Technology Control of Electronic Products Packaging[J]. China Packaging, 2011(6): 53-54.
- [7] CALIBRATING. Printing and Proofing by the G7T M Method[M]. 2006.
- [8] 李宇明等. 包装材料的防静电设计[J]. 中国印刷与包装研究, 2011(19): 73-74.
- LI Yu-ming, et al. Antistatic Design of Packing Materials[J]. China Printing and Packaging Research, 2011(19): 73-74.
- [9] 柯贤文. 功能性包装材料[M]. 北京化学工业出版社, 2004.
- KE Xian-wen. Functional Packaging Materials[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [10] ZHENG An-na, et al. Antistatic Modification of Polypropylene by Incorporating Tween/Modified Tween[J]. Applied Surface Science, 2012, 258(22): 8861-8866.
- [11] 雍广州, 张占英. 浅谈高分子材料抗静电技术[J]. 中国化工贸易, 2012(4): 83.
- YONG Guang-zhou, ZHANG Zhan-ying. Talking of Polymer Materials Antistatic Technology[J]. China Chemical Trade, 2012(4): 83.
- [12] 田江波等. 国内外抗静电剂的市场分析[J]. 精细与专用化学品, 2005, 13(11): 24-25.
- TIAN Jiang-bo, et al. Antistatic Agent Market Analysis at Home and Abroad[J]. Fine and Specialty Chemicals, 2005, 13(11): 24-25.
- [13] Toshikazu Kobayashi, et al. Antistatic Performance and Morphological Observation of Ternary Blends of Poly(Ethylene Terephthalate), Poly(Ether Esteramide), and Na-neutralized Poly(Ethylene-co-methacrylic Acid) Copolymers[J]. Journal of Electrostatics, 2006(64): 377.
- [14] 周世一, 雷景新, 林金辉. 软质抗静电聚氯乙烯材料的抗静电性能及耐久性[J]. 高分子材料科学与工程, 2009, 25(11): 53.
- ZHOU Shi-yi, LEI Jing-xin, LIN Jin-hui. The Antistatic Performance and Durability Soft Antistatic PVC Material[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2009, 25(11): 53.
- [15] 金亚旭, 于晓璞, 田玉明, 杨雯. 钛酸钾晶须/聚丙烯导热抗静电复合材料的制备与性能[J]. 材料热处理学报, 2012, 33(2): 35-39.
- JIN Ya-xu, YU Xiao-pu, TIAN Yu-ming, et al. Preparation and Properties of Thermally Conductive and Antistatic Potassium Titanate Whiskers Filled Polypropylene Composites[J]. Transactions of Materials And Heat Treatment, 2012, 33(2): 35-39.
- [16] 杨林虎, 刘珍兰, 王万禄. 防静电高分子复合材料的制作工艺[J]. 中国包装工业, 2002(12): 27-28.
- YANG Lin-hu, LIU Lin-hu, WANG Wan-lu. Production Technology of Antistatic Polymer Composite Materials[J]. China's Packaging Industry, 2002(12): 27-28.
- [17] 鲁彦玲, 杜仕国, 施冬梅, 等. 填料填充型导电高分子研究进展[C]. 中国颗粒学会, 2006.
- LU Yan-ling, DU Shi-guo, SHI Dong-mei, et al. Progress in Research on Filllag Composite Conductive Polymer[C]. Chinese Society of Particuology, 2006.
- [18] LI Ji-hui, LI Mei, DA Hui-fang, et al. Preparation of Nylon-6/Flake Graphite Derivatives Composites with Antistatic Property and Thermal Stability[J]. Composites, 2012, 43(7): 1038-1043.
- [19] 周洪英. 碳系填充型导电高分子材料在鲁开发成功[J]. 功能材料信息, 2007, 4(4): 50.
- ZHOU Hong-ying. Carbon System Filling Type Conductive Polymer Materials was Developed Successfully in ShanDong[J]. Function Material Information, 2007, 4(4): 50.
- [20] 杨虎林, 李海庆, 李便花. 新型防静电软塑包装材料[J]. 广东包装, 2008(2): 55-57.
- YANG Hu-lin, LI Hai-qing, LI Bian-hua. New Anti-static Soft Plastic Packaging Materials[J]. Guangdong Packaging, 2008(2): 55-57.
- [21] 尤鹤翔, 文晓梅, 王晓东, 等. 高热稳定性聚酰亚胺抗静电复合薄膜的制备与表征[J]. 塑料工业, 2013, 41(1): 120-122.
- YOU He-xiang, WEN Xiao-mei, WANG Xiao-dong, et al. Preparation and Characterization of the Antistatic Polyimide Composite Films with High Thermal Stability[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(1): 120-122.
- [22] CHOUDHARY Veena, SAINI Parveen, VIJAYAN N, et al. Improved Electromagnetic Interference Shielding Response of Poly(Aniline)-Coated Fabrics Containing Dielectric and Magnetic Nanoparticles[J]. Physical Chemistry, 2012, (116): 13403-13404.
- [23] 杨洪昌, 李志刚. 结构型高分子材料现状及发展趋势[J]. 广东化工, 2010, 37(5): 41-42.
- YANG Hong-chang, LI Zhi-gang. Structural Conductive Polymer Status and Development Trend[J]. Guangdong Chemical Industry, 2010, 37(5): 41-42.
- [24] 陈东红, 徐永芬, 虞鑫海. 导电高分子材料的研究进展[J]. 化学与黏合, 2012, 34(6): 61-64.
- CHEN Dong-hong, XU Yong-fen, YU Xin-hai. Progress in Research on Electric Conductive Polymer Materials[J]. Chemistry and Adhesion, 2012, 34(6): 61-64.
- [25] 周国庆, 叶明泉, 韩爱军. 结构型导电高分子纳米粒子制备的研究进展[J]. 化工进展, 2007, 26(3): 350-354.
- ZHOU Guo-qing, YE Ming-quan, HAN Ai-jun. Research Progress of Synthesis of Structural Conductive Polymer Micro/Nano-particles[J]. Chemical Industry And Engineering Progress, 2007, 26(3): 350-354.

- [26] 钱俊,王武林,余喜,等.特种包装技术[M].北京:化学工业出版社,2004.
- QIAN Jun, WANG Wu-lin, YU Xi, et al. Special Packaging Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [27] 秦长勇,古宏晨,方图南.新型多功能ATO超细导电粉体材料[J].上海化工,2000(13):23-25.
- QIN Chang-yong, GU Hong-chen, FANG Tu-nan. The New Multifunction ATO Ultrafine Conductive Powder Materials [J]. Shanghai Chemical Industry, 2000(13):23-25.
- [28] 宋兴华,於定华,马新胜,等.红外低发射率ATO粉末的制备及特性研究[J].红外技术,2003,25(6):49-53.
- SONG Xing-hua, YU Ding-hua, MA Xin-sheng, et al. Preparation and Characterization of Infrared Low Emissivity ATO Powder[J]. Infrared Technology, 2003, 25(6):49-53.
- [29] 段成瑞.浅析电子产品包装未来发展[J].包装世界,

2012(4):18-19.

DUAN Cheng-rui. Analysis of the Future Development of Electronic Products Packaging [J]. Packaging World, 2012(4):18-19.

- [30] 叶柏彰.绿色包装为电子工业产品外贸出口保驾护[J].中国包装报,2012(2):1-3.
- YE Bo-zhang. Green Packaging Products for Escorting the Electronics Industry Export [J]. China Packaging News, 2012(2):1-3.
- [31] LI Ke-di, et al. Preparation of Humidity-Responsive Antistatic Carbon Nanotube/PEI Nanocomposites [J]. Synthetic Metals, 2012, 162(23):2010-2011.
- [32] ZHANG Liang, et al. Development of SnAg-based Lead Free Solders in Electronics Packaging [J]. Microelectronics Reliability, 2012, 52(3):559-578.

(上接第89页)

- HE Xiao-feng. The Quality of Bank Influence on High-Speed Packager Speed [C]//China Tobacco Society. 2010 Annual Meeting of China Tobacco Society. Beijing: China Tobacco Journal, 2010.
- [7] 白淑萍.试谈温度变化对卷烟材料的影响 [C]//黑龙江烟草学会.黑龙江烟草学会2009年学术年会论文集.哈尔滨:黑龙江烟草学会,2009.
- BAI Shu-ping. Analysis of the Influence of Temperature Change on the Cigarette Materials [C]//Heilongjiang Tobacco Society. 2009 Annual Meeting of Heilongjiang Tobacco Society. Harbin: Heilongjiang Tobacco Society, 2009.
- [8] 王向伟,迟车仁.GDX2香烟包装机盒包薄膜平整度影响因素的研究[J].包装工程,2008,29(7):56-58.
- WANG Xiang-wei, CHI Che-ren. Study of the Influences of the Thin Film Smoothness on Cigarette Package Box of GDX2 [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(7):56-58.
- [9] 张超,李海鹰,刘彦邦,等.点连式驼峰峰高设计中风阻力计算公式及车辆溜放速度的选择[J].北方交通大学

学报,1995(1)81-83.

ZHANG Chao, LI Hai-ying, LIU Yan-bang, et al. Selection of Wind Resistance Formula of Humping Speed Design and the Vehicle of Hump Height [J]. Journal of Northern Jiaotong University, 1995(1)81-83.

- [10] 刘程.GDH1000烟草包装机小包透明纸展开装置的设计与应用[J].装备制造技术,2012(6):192-193.
- LIU Cheng. Design and Application of GDH1000 Film Packer of Transparent Paper Device [J]. Equipment Manufacturing Technology, 2012(6):192-193.
- [11] 陶良华.GDX2硬盒包装机小盒商标纸吹风装置的设计 [C]//广西烟草学会.广西烟草学会2010年学术年会论文集.南宁:广西烟草学会,2010.
- TAO Liang-hua. Design of GDX2 Packer Box Bank Blowing Device [C]//Guangxi Tobacco Society. 2010 Annual Meeting of Guangxi Tobacco Society. Nanning: Guangxi Tobacco Society, 2010.

(上接第108页)

- LIU Hai-tao, ZHONG Han-rong. Research on Synthesis and Properties of Low Viscosity Polyurethane Acrylate [J]. Adhesion In China, 2011(5):42-46.
- [7] 黄蓓青,李智勇.丝印UV油墨光引发剂与颜料的匹配及用量研究[J].北京印刷学院学报,2001(3):11-19.
- HUANG Pei-qing, LI Zhi-yong. A Research into the Matching and Dosage of Photoinitiator and Pigment for Screen Printing UV Inks [J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2001(3):11-19.
- [8] NERAL B, SOSTAR-TURK S, VONCINA B. Properties of

UV-cured Pigment Prints on Textile Fabric [J]. Dyes and Pigments, 2006, 68:143-150.

- [9] ZHANG Hui-lei, J L MASSINGILL, J T K WOO. Low VOC, Low Viscosity UV Cationic Radiation-cured Ink-jet Ink System [J]. Journal of Coatings Technology, 2000, 72(6):45-52.
- [10] LIAO Feng, ZENG Xing-rong. Synthesis and Properties of UV Curable Polyurethane Acrylates Based on Two Different Hydroxyethyl Acrylates [J]. Journal of Central South University of Technology, 2012, 19(4):911-917.