

RFID复合导电浆料及其制备方法、RFID电子标签

技术领域

本发明属于电子材料及电子设备技术领域，特别涉及制备电子元器件的新材料、新工艺以及制成的电子元器件，具体提供一种 RFID 复合导电浆料及其制备方法以及一种 RFID 电子标签。

背景技术

RFID 技术又称无线射频识别技术，最开始由雷达技术衍生，是自动识别技术的一种，他的工作原理为利用无线射频进行非接触的双向通信，利用电子标签或射频卡来进行读写。其优势在与可在无接触的条件下进行高速准确的识别，作为物联网的技术基础，相关产业和技术正在飞速发展。

传统的 RFID 电子标签的制备材料为金属薄膜(如铝箔或铜箔)，通过金属蚀刻工艺进行制备，其制作流程包括制备基材—涂布感光材料—连续曝光—显像—蚀刻—退膜—水洗—干燥。上述制备方法的工艺步骤复杂繁琐，工艺成本高，材料利用率低，并且会产生大量含重金属废水，对环境造成一定的污染。

近年来，随着 RFID 元器件制造技术的不断进步，市场上已经出现基于印刷工艺的 RFID 电子标签制造方法，该方法使用凹版印刷等方式，将液体状具有导电性的浆料按照预设的图案印刷到基材上，通过加热、光固化等方式对其进行干燥、固化，从而得到具有导电性的 RFID 电子标签。例如，发明 201810111964.1 公开了一种可用于 RFID 电子标签的石墨烯导电油墨的制备方法，发明 201910216604.2 公开了一种石墨烯基 RFID 天线及其印刷方法。

然而，上述现有技术所公开的用于印刷 RFID 电子标签的导电油墨均基于水性树脂制备，在使用过程中存在导电性能略差，由于金属导电粉末和石墨烯本身的特性，浆料体系分散度及均匀性差，性能稳定性差等问题，且水性导电浆料由于烘干速度慢，难以和凹版印刷机工艺相匹配，导致产能不高。

发明内容

为解决上述现有技术中存在的问题，本发明的目的在于提供一种导电成分含量高且具有理想的分散度、均匀性、附着力及稳定性的碳基复合导电浆料及其制备方法，使用该导电浆料印刷获得的 RFID 电子标签导电性能优异且产品性能参数一致性高。

本发明提供一种 RFID 复合导电浆料，以重量计份，包括以下组分：油性特殊交联树脂 10-25 份，金属导电剂 30-50 份，二维碳基材料 5-10 份，有机溶剂 20-50 份，快干剂 10-20 份，流平剂 2-5 份。

优选地，所述油性特殊交联树脂为经过聚氨酯改性处理的环氧树脂，所述经过聚氨酯改性处理的环氧树脂在油性体系中的载体饱和固含量 $\geq 55\%$ 。

优选地，所述油性特殊交联树脂中还加入高内聚力氯醋树脂，所述高内聚力氯醋树脂的干膜密度 $\geq 1.4\text{g}/\text{m}^3$ 。

优选地，所述二维碳基材料为物理法油性石墨烯浆料，其中包含的石墨烯层数为 9 层至 11 层。

进一步地,所述物理法油性石墨烯浆料通过以下步骤进行制备:第一步:将高阶插层石墨与二价酸酯及油性特殊交联树脂混合,得到初始石墨烯浆料,其中所述高阶插层石墨的倍率为150-350倍且纯度 $\geq 99\%$;

第二步:将上述初始石墨烯浆料在高压下进行液相剥离,得到石墨烯层数为9层至11层的物理法油性石墨烯浆料。

优选地,所述金属导电剂为银包铜粉、银包镍粉、镍包铜粉、改性导电铜粉中的一种或多种混合使用。

优选地,所述快干剂为乙酸乙酯、乙酸丁酯、丙酮、环己酮中的一种或多种混合使用。

本发明还提供一种RFID复合导电浆料的制备方法,用于制备上述RFID复合导电浆料,包括以下步骤:

S1:将油性特殊交联树脂和有机溶剂放置于容器内,加热到 50°C 并进行分散,分散频率为每分钟1800-2200转,分散时间为50分钟-70分钟,得到导电浆料载体;

S2:将二维碳基材料和金属导电剂加入所述导电浆料载体并搅拌,搅拌时间为25-35分钟,得到碳基复合导电浆料;

S3:将快干剂和流平剂加入所述碳基复合导电浆料并进行分散,分散频率为每分钟800-1200转,分散时间为25分钟-35分钟,得到RFID复合导电浆料;

S4:使用研磨机对RFID复合导电浆料进行研磨。

优选地,所述研磨机为三辊研磨机,对辊间距为0.4-0.6毫米,研磨次数为1次。

本发明还提供一种RFID电子标签,包括绝缘基板和固定于所述绝缘基板表面的RFID射频电路以及控制芯片,所述控制芯片与所述RFID射频电路电连接,所述RFID射频电路使用上述RFID复合导电浆料通过凹版印刷方式制成。

本发明至少具有以下有益效果:

(1) 本发明提供的RFID复合导电浆料具有高固含量的导电组分

通过对树脂载体、石墨烯浆料进行了改性及优化处理,使其相对于常规材料能够形成更好的协同效应,有效地提高了载体固含量,使得导电浆料具有良好的容纳固态导电组分的能力,保证了干燥固化后形成的RFID电路图案中含有充足的导电成分;

(2) 本发明提供的RFID复合导电浆料具有理想的分散度与均匀性

本发明使用的导电浆料载体为油性特殊交联树脂,并通过低倍率高阶插层石墨原料制备得到的油性石墨烯浆料充当金属导电剂的填缝剂以形成复合导电结构,上述经过改性和优化的油性树脂和油性石墨烯材料保证了制备得到的RFID复合导电浆料中的导电组分具有良好的分散度与均匀性,从而进一步提升了RFID电路及最终制成的RFID电子标签的性能指标;

(3) 本发明提供的RFID复合导电浆料性能均衡、稳定

本发明提供的RFID复合导电浆料,其各组分的配比以及制备工艺参数均通过大量实验确定,保证了在流动性与附着性,速干性与粘结性等性能处于均衡状态,且导电浆料性质稳定。

附图说明

图 1 为 RFID 电子标签样品的示意图；

图 2 为常规石墨烯材料的微观结构；

图 3 为据本发明实施例提供的物理法油性石墨烯浆料的微观结构；

图 4 为图 3 的局部放大图；

图 5 为根据本发明实施例提供的 RFID 电子标签的正视图；

图 6 为根据本发明实施例提供的 RFID 电子标签的侧视图。

具体实施方式

以下，基于优选的实施方式并参照附图对本发明进行进一步说明。

此外，为了方便理解，放大或者缩小了图纸上的各种构件，但这种做法不是为了限制本发明的保护范围。

单数形式的词汇也包括复数含义，反之亦然。

在本发明实施例中的描述中，需要说明的是，若出现术语“上”、“下”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，或者是本发明实施例的产品使用时惯常摆放的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。此外，本发明的描述中，为了区分不同的单元，本说明书上用了第一、第二等词汇，但这些不会受到制造的顺序限制，也不能理解为指示或暗示相对重要性，其在本发明的详细说明与权利要求书上，其名称可能会不同。

本说明书中词汇是为了说明本发明的实施例而使用的，但不是试图要限制本发明。还需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，若出现术语“设置”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接连接，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的技术人员而言，可以具体理解上述术语在本发明中的具体含义。

为更好地对本发明的技术方案进行说明，首先对使用印刷手段制造 RFID 电子标签的工艺流程进行介绍，并分析现有技术的导电油墨存在的问题及原因。

图 1 为一个具体的 RFID 电子标签样品的示意图，如图 1 所示，在绝缘的基板上附着有特定图案的 RFID 射频电路，使用印刷手段进行上述 RFID 电子标签制造的工艺流程一般包括以下步骤：

将液体状导电油墨灌注或涂布于具有相应的射频电路镜像图案的凹槽内；通过刮刀等装置刮平凹槽内的导电油墨并去除凹槽范围以外的导电油墨；采用辊压等方式将上述导电油墨转移到绝缘基板上形成正向电路图案；对导电油墨进行干燥、固化等操作，最终得到 RFID 电子标签。

为了获得导电性能优异且产品参数一致性较高 RFID 电子标签，上述 RFID 电子标签的印刷制造工艺对于所使用的导电浆料的性能要求较为严苛，较为理想的导电浆料应具有以下特性：

(1) 具有导电成分的高固含量

由于使用导电浆料印刷得到的 RFID 射频电路需要具有良好的导电性以及対超高频电波的反射特性，因此浆料应具备理想的容纳固态导电组分的能力，以保证干燥固化后形成的电路图案中含有充足的导电成分；

(2) 导电组分具有理想的分散度与均匀性

在浆料能够充分容纳导电组分的情况下,上述导电组分在浆料中的分布情况将影响最终制造的 RFID 电路的导电性能及产品性能参数的一致性,其中,导电组分既需要在浆料中充分地分散以保证各个部位都具有导电成分,又需要具有良好的均匀性,以避免由于导电组分分布不均、团聚等造成不同位置导电性及信号反射性能不稳定、良率下降等问题;

(3) 流动性与附着性,速干性与粘结性之间的关系较为均衡

上述导电浆料在向印刷凹版灌注过程中既要具有良好的流动性以保证电路图案的完整,又需要具有良好的附着性以使电路能够牢固地附着在绝缘基板上,既需要具有速干的特性以满足大规模批量生产的需要,又需要保证浆料中导电组分之间紧密结合,以防止快速烘干过程中出现图案断裂等问题,因此需要通过对各个组分进行改性、优化并调整配比和制备工艺以达到整体上的最优效果;

(4) 导电浆料材料性质稳定

导电浆料中由于存在各类性质不同的固态、液态成分,同样需要对各个组分进行改性、优化以提高各组分之间的亲和力,从而避免浆料出现分层、沉淀等现象,影响产品稳定性。

然而,已被现有技术所公开的各种导电油墨或导电浆料均在不同程度上存在各种缺陷,主要包括:

(1) 现有技术所采用的导电浆料多为通过水性树脂与普通石墨烯材料和金属导电剂(金属粉末)经过简单的物理混合制备得到,其导电性能略差;

(2) 由于金属导电粉末和石墨烯本身的特性,其比表面积大和水性体系表面张力均较大,水性树脂难以充分润湿其表面,使得整个浆料体系难以分散均匀,容易出现团聚现象,从而影响印刷得到的 RFID 电路的导电性以及参数一致性,并且在长时间放置状态下容易出现分层及沉淀,导致浆料稳定性下降;

(3) 水性导电浆料由于烘干速度慢,难以和凹版印刷工艺相匹配,导致产品生产速度慢,难以实现大规模量产。

为解决上述现有技术的导电浆料存在的各种缺陷,本发明实施例的一方面提供一种 RFID 复合导电浆料,以重量计份,包括以下组分:油性特殊交联树脂 10-25 份,金属导电剂 30-50 份,二维碳基材料 5-10 份,有机溶剂 20-50 份,快干剂 10-20 份,流平剂 2-5 份。

具体地,上述油性特殊交联树脂用于作为基体承载由金属导电剂和二维碳基材料组成的导电组分以形成油性导电浆料体系,二维碳基材料用于充当金属导电剂的填缝剂以形成复合导电结构,有机溶剂用于稀释并调节导电浆料的浓度与粘度,流平剂用于增加导电浆料的流动性,快干剂用于加快导电浆料的烘干速度。

在本发明的一些优选的实施例中,油性特殊交联树脂为经过聚氨酯改性处理的环氧树脂,上述经过聚氨酯改性处理的环氧树脂相较于常规的环氧树脂具有更高的载体饱和固含量及更高的干膜密度,其在油性体系中的载体饱和固含量 $\geq 55\%$,干膜密度 $\geq 1.2\text{g/m}^3$ 。

下表 1 列出了聚氨酯改性环氧树脂与常规环氧树脂在载体饱和固含量性能上的对比。

表 1 聚氨酯改性环氧树脂与常规环氧树脂的载体饱和固含量对比

对比项	载体饱和固含量
常规环氧树脂	≈40%
聚氨酯改性环氧树脂	≥55%

在本发明的一些实施例中，油性特殊交联树脂可以通过对环氧树脂进行聚氨酯改性处理得到，对环氧树脂进行改性处理为本领域技术人员所知晓的技术，实施过程中的操作、反应物配比及反应条件等均可根据欲实现的性能进行设置。

在本发明的一些实施例中，油性特殊交联树脂也可以直接通过采购成品的方式获得，例如，可以使用美国亨斯迈公司生产的改性环氧树脂和/或改性聚氨酯树脂作为油性特殊交联树脂，该公司生产的上述热塑性树脂具有极佳的分散性，可在不影响导电浆料分散性的前提下大幅度减少树脂的用量，进而在整体配方上使导电剂所占的组分大大增加，从而提高了整体浆料的导电性，使印刷出的电子标签性能大幅度提高。

在本发明的一些优选的实施例中，在油性特殊交联树脂中还加入高内聚力氯醋树脂，其中高内聚力氯醋树脂的干膜密度≥1.4g/m³。

下表 2 列出了聚氨酯改性环氧树脂、高内聚力氯醋树脂与常规环氧树脂在干膜密度性能上的对比。

表 2 聚氨酯改性环氧树脂、高内聚力氯醋树脂、常规环氧树脂干膜密度对比

对比项	干膜密度
常规环氧树脂	0.8g/cm ³
聚氨酯改性环氧树脂	1.2g/cm ³
高内聚力氯醋树脂	1.4g/cm ³

常规环氧树脂粘度高，难以配制成高固含量的导电浆料载体，且存在流动性差，固化后膜层厚，密度低且脆性大等问题。由于凹版印刷所使用的凹槽深度较浅(微米级别)，且图案宽度在毫米量级，因此基于常规环氧树脂制备的导电浆料应用于凹版印刷 RFID 电路时容易出现电路导电性及超高频电波反射特性不佳以及电路图案残缺、易断等问题。

本发明采用经过聚氨酯改性后的环氧树脂作为油性特殊交联树脂，并在其中优选地加入高内聚力氯醋树脂，上述油性特殊交联树脂作为导电浆料载体，其包含的经过聚氨酯改性处理的环氧树脂，相较于常规环氧树脂具有更高的饱和固含量，单位体积能够承载更多的导电组分，从而有效地提升了印刷电路的导电性能及反射特性；高内聚力氯醋树脂的加入既能够降低浆料粘度，又能够通过提高浆料的内聚力实现对粉末状导电组分良好的分散作用，从而有效地增加成膜后密度，降低干膜层厚，增强干膜柔韧性及其与基板的附着力。

在本发明的一些实施例中，油性特殊交联树脂中还加入苯氧树脂和/或聚酯树脂，苯氧树脂和聚酯树脂的优势在于有助于导电浆料的分散，使导电浆料外观更加细腻，提升了导电浆料本身的印刷性能，通过凹版印刷出来的电子标签表面光滑平整，性能一致性大幅度提高。

在本发明的一些优选的实施例中，金属导电剂为银包铜粉、银包镍粉、镍包铜粉、改性导电铜粉中的一种或多种混合使用。

在本发明的一些优选的实施例中，二维碳基材料为物理法油性石墨烯浆料，其中包含的石墨烯层数为 9 层至 11 层，上述物理法油性石墨烯浆料通过以下步骤制备得到：

第一步：将高阶插层石墨与二价酸酯(DBE 溶剂)和油性特殊交联树脂混合，得到初始石墨烯浆料，其中所述高阶插层石墨的倍率为 150-350 倍且纯度≥99%；

第二步：将上述初始石墨烯浆料在高压下进行液相剥离，得到石墨烯层数≥9 层且≤11 层的物理法油性石墨烯浆料。

在用于印刷 RFID 电子标签的导电浆料中混合石墨烯材料，能够作为金属导电剂的金属粉末的填充剂，使得分散于树脂载体的金属粉末能够有效地连接起来，通过协同效应进一步增强印刷电路的导电及反射特性。

然而现有技术中所使用的石墨烯均为常规石墨烯材料，图 2 示出了常规石墨烯材料的微观结构，从图中可见明显的厚度不均匀且存在团聚现象，同时，常规的石墨烯材料层数范围大且不规律，其中层数较低的部分虽然能够提高导电性能，但是其粒度小，难以起到填充作用；层数较高的部分导电性则出现明显下降。上述未进行优化处理的常规石墨烯材料加入导电浆料后，由于其微观结构的杂乱不一，导致无法与导电金属粉末产生良好的协同效应，甚至可能起到不良作用。

本发明在导电浆料中加入的石墨烯材料为经过优化处理的物理法油性石墨烯浆料，其中初始石墨烯浆料通过低倍率高纯度的高阶插层石墨原料与二价酸酯混合得到，其倍率较低，纯度高，容易分散，插层效果好；对上述初始石墨烯浆料在高压下进行液相剥离，能够制得石墨烯层数在 10 层左右的物理法油性石墨烯浆料。

图 3 示出了根据本发明实施例提供的物理法油性石墨烯浆料的微观结构，图 4 为图 3 的局部放大结构。从图 3、图 4 可以看出，本发明实施例中使用的物理法油性石墨烯浆料相对于常规石墨烯材料其厚度更加均匀，同时在微观组织结构上进行了优化，层数较为一致，使其能够同时具有优异的导电性及填充效果，从而与金属导电剂形成良好的协同效果，进一步提升 RFID 电路的性能指标。

下表 3 列出了本发明的一个具体实施例提供的物理法油性石墨烯浆料与常规石墨烯材料的性能参数对比(其中石墨烯成分的占比、其他组分类型及占比以及制备流程均相同)。通过图 2、图 3 及表 3 能够表明本发明实施例提供的油性石墨烯浆料相比于现有技术中使用的常规石墨烯材料在微观组织结构及填充性能、导电性能方面的改进。

表 3 物理法油性石墨烯浆料与常规石墨烯材料的性能对比

对比项	原始固含量	电阻率	RFID 导电浆料方阻 (添加 5 份石墨烯)
常规石墨烯材料	3%	$5.2 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}^{-1}$	210mΩ/□
油性石墨烯浆料	5%	$2.0 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}^{-1}$	120mΩ/□

在本发明的一些优选的实施例中，快干剂为乙酸乙酯、乙酸丁酯、丙酮、环己酮中的一种或多

种混合使用。在导电浆料中加入快干剂，能够加快印刷 RFID 电路的干燥与固化，提升了 RFID 电子标签的生产速度。

在本发明的一些优选的实施例中，快干剂还可以为异氟尔酮，或者由异氟尔酮与上述乙酸乙酯、乙酸丁酯、丙酮、环己酮中的一种或多种混合使用，异氟尔酮不仅具有快干作用，也会对石墨烯和金属导电剂进行过辅助分散和降粘，有利于整个浆料体系的流动性，提高印刷性能。

在本发明的一些优选的实施例中，通过加入流平剂，并通过调整流平剂的配比，既能够使导电浆料充分填充凹槽并流平，又能够保证转印到基板上的 RFID 电路图形不至于四处流淌并对图形的精确度产生影响，可以使印刷得到的 RFID 电子图标处处厚度均匀，导电性能稳定，一致性高。

在本发明的一些优选的实施例中，有机溶剂为二价酸酯(DBE 溶剂)。

经过大量实验证明，导电浆料中树脂含量过高会使导电性恶化，而金属导电剂过高，则使浆料粘度过高制备困难，且不利于控制成本，此外，作为填缝剂的石墨烯和金属导电剂也有严格的比例关系，石墨烯含量过低，难以有效填补金属导电剂之间的空隙，使导电性能降低，而含量过高，则会阻碍金属导电剂之间的连接架桥，使导电性能降低。

上述多种性能要求使得导电浆料的性能并不能由其包含的多种组分各自的常规功效进行简单叠加获得，尤其是当不同组分的性能、功效互相影响时，需要通过调整配比及改性优化以消除不良功效，放大有益功效。本发明提供的 RFID 复合导电浆料，其各组分的配比具有严格的比例关系，并且对树脂载体、石墨烯浆料进行了改性及优化处理，使其相对于常规材料能够形成更好的协同效应。

本发明实施例的另一方面提供一种 RFID 复合导电浆料的制备方法，用于制备上述 RFID 复合导电浆料，其特征在于，包括以下步骤：

S1：将油性特殊交联树脂和有机溶剂放置于容器内，加热到 50℃ 并进行分散，分散频率为每分钟 1800-2200 转，分散时间为 50 分钟-70 分钟，得到导电浆料载体；

S2：将二维碳基材料和金属导电剂加入所述导电浆料载体并搅拌，搅拌时间为 25-35 分钟，得到碳基复合导电浆料；

S3：将快干剂和流平剂加入所述碳基复合导电浆料并进行分散，分散频率为每分钟 800-1200 转，分散时间为 25 分钟-35 分钟，得到 RFID 复合导电浆料；

S4：使用研磨机对 RFID 复合导电浆料进行研磨。

使用三辊研磨机对 RFID 复合导电浆料进行研磨，能够进一步促进导电组分的均匀分布，使其不易在印刷过程中出现分层或沉淀等现象，从而保证了浆料导电性能的稳定性和产品的一致性。

然而使用三辊研磨机进行研磨时，研磨次数并非越多越好，研磨精细程度也并非越高越好，其原因在于：不合适的研磨次数及对辊间距甚至可能对导电浆料性能造成负作用，其中，对辊间距的选择需要由金属导电剂的目数所决定，在本发明的一些具体实施例中，金属导电剂的目数为 400-600 目，其中优选目数为 500 目，对辊间距如果设置过大，则无法对金属导电剂有效研磨分散，间距设置过小，则会破坏金属粉末和石墨烯的导电结构；此外，未经研磨的导电浆料会出现分层现象，使产品导电性不稳定，相反多次研磨会导致导电结构的破坏，由于石墨烯本身特性的影响，多次研磨也会出现反粗和团聚现象，影响导电性。

下表 4 列出了在其他制备流程及参数相同的情况下,不同研磨次数对导电浆料性能影响的对比。通过表 4 所列出的性能对比可以发现,未经三辊研磨的导电浆料以及经过多次研磨的导电浆料其性能均不及研磨一次的导电浆料,其原因在于:未经三辊研磨的导电浆料在薄膜印刷下会出现明显的分层,可观察到浆料中导电组分的团聚,干膜表面不平整且导电性和一致性恶化;经过多次对辊后导电性数据明显恶化,主要原因为银包铜粉和镍包铜粉中的银、镍镀层被破坏,导致了导电性能的降低,同时抗氧化性能恶化,在长时间放置后明显出现性能降低的现象。

表 4 不同研磨次数对导电浆料性能影响的对比

对比项	不研磨	研磨一次	研磨两次	研磨三次
导电浆料 涂布方阻	150mΩ/□	120mΩ/□	170mΩ/□	240mΩ/□

在本发明的一些优选的实施例中,所述研磨机为三辊研磨机,对辊间距为 0.4-0.6 毫米,研磨次数为 1 次,上述研磨流程中的优选的工艺参数是对大量实验数据进行分析后确定的,通过将辊间距设置为 0.4-0.6 毫米以使得导电浆料中经过旋转分散及搅拌后仍存在的处于团聚状态的导电组分进一步均匀分布,并消除其分层,再通过限制研磨次数避免对金属导电剂微观组织结构造成的破坏,以保证对导电浆料性能的正向促进作用。

实施例 1

使用以下步骤制备 RFID 复合导电浆料:

步骤 1: 以重量计份,在搅拌罐中加入 40 份 DBE 溶剂和 10 份聚氨酯改性环氧树脂与高内聚力氯醋树脂混合得到的油性特殊交联树脂,加热到 50℃,用分散盘以每分钟 2000 转的频率分散搅拌一小时,制得导电浆料载体。

步骤 2: 以重量计份,在上述导电浆料载体中加入 31 份片状纳米银包铜粉(银含量为 10%)和 5 份石墨烯导电浆料,继续搅拌 30 分钟得到碳基复合导电浆料。

步骤 3: 以重量计份,在上述碳基复合导电浆料中加入 10 份乙酸丁酯和 2 份流平剂,继续搅拌 30 分钟得到 RFID 复合导电浆料。

步骤 4: 利用三辊研磨机对上述 RFID 复合导电浆料对辊研磨一次,其中对辊间距为 0.6 毫米。

实施例 2

使用以下步骤制备 RFID 复合导电浆料:

步骤 1: 以重量计份,在搅拌罐中加入 31 份 DBE 溶剂和 10 份聚氨酯改性环氧树脂与高内聚力氯醋树脂混合得到的油性特殊交联树脂,加热到 50℃,用分散盘以每分钟 2000 转的频率分散搅拌一小时,制得导电浆料载体。

步骤 2: 以重量计份,在上述导电浆料载体中加入 38 份片状纳米银包铜粉(银含量为 5%),和 6 份石墨烯导电浆料,继续搅拌 30 分钟得到碳基复合导电浆料。

步骤 3: 以重量计份,在上述碳基复合导电浆料中加入 12 份乙酸丁酯和 3 份流平剂,继续搅拌 30 分钟得到 RFID 复合导电浆料。

步骤 4: 利用三辊研磨机对上述 RFID 复合导电浆料对辊研磨一次,其中对辊间距为 0.5 毫米。

实施例 3

使用以下步骤制备 RFID 复合导电浆料：

步骤 1：以重量计份，在搅拌罐中加入 20 份 DBE 溶剂和 11 份聚氨酯改性环氧树脂，加热到 50℃，用分散盘以每分钟 2000 转的频率分散搅拌一小时，制得导电浆料载体。

步骤 2：以重量计份，在上述导电浆料载体中加入 38 份片状纳米银包铜粉(银含量为 3%)，和 8 份石墨烯导电浆料，继续搅拌 30 分钟得到碳基复合导电浆料。

步骤 3：以重量计份，在上述碳基复合导电浆料中加入 14 份乙酸丁酯和 4 份流平剂，继续搅拌 30 分钟得到 RFID 复合导电浆料。

步骤 4：利用三辊研磨机对上述 RFID 复合导电浆料对辊研磨一次，其中对辊间距为 0.4 毫米。

实施例 4

使用以下步骤制备 RFID 复合导电浆料：

步骤 1：以重量计份，在搅拌罐中加入 31 份 DBE 溶剂和 10 份聚氨酯改性环氧树脂，加热到 50℃，用分散盘以每分钟 2000 转的频率分散搅拌一小时，制得导电浆料载体。

步骤 2：以重量计份，在上述导电浆料载体中加入 41 份片状纳米镍包铜粉(镍含量为 5%)，和 3 份高填充导电炭黑，继续搅拌 30 分钟得到碳基复合导电浆料。

步骤 3：以重量计份，在上述碳基复合导电浆料中加入 12 份乙酸丁酯和 3 份流平剂，继续搅拌 30 分钟得到 RFID 复合导电浆料。

步骤 4：利用三辊研磨机对上述 RFID 复合导电浆料对辊研磨一次，其中对辊间距为 0.5 毫米。

实施例 5

使用以下步骤制备 RFID 复合导电浆料：

步骤 1：以重量计份，在搅拌罐中加入 24 份 DBE 溶剂和 11 份聚氨酯改性环氧树脂，加热到 50℃，用分散盘以每分钟 2000 转的频率分散搅拌一小时，制得导电浆料载体。

步骤 2：以重量计份，在上述导电浆料载体中加入 43 份片改性片状纳米铜粉，和 4 份高填充导电炭黑，继续搅拌 30 分钟得到碳基复合导电浆料。

步骤 3：以重量计份，在上述碳基复合导电浆料中加入 14 份乙酸乙酯和 4 份流平剂，继续搅拌 30 分钟得到 RFID 复合导电浆料。

步骤 4：利用三辊研磨机对上述 RFID 复合导电浆料对辊研磨两次，其中对辊间距为 0.4 毫米。

实施例 6

使用以下步骤制备 RFID 复合导电浆料：

步骤 1：以重量计份，在搅拌罐中加入 24 份 DBE 溶剂和 11 份聚氨酯改性环氧树脂与高内聚力氯醋树脂混合得到的油性特殊交联树脂，加热到 50℃，用分散盘以每分钟 2000 转的频率分散搅拌一小时，制得导电浆料载体。

步骤 2：以重量计份，在上述导电浆料载体中加入 43 份片状纳米银包铜粉(银含量为 3%)，和 4 份高填充导电炭黑，继续搅拌 30 分钟得到碳基复合导电浆料。

步骤 3：以重量计份，在上述碳基复合导电浆料中加入 14 份乙酸丁酯和 4 份流平剂，继续搅拌 30 分钟得到 RFID 复合导电浆料。

步骤 4: 利用三辊研磨机对上述 RFID 复合导电浆料对辊研磨一次, 其中对辊间距为 0.4 毫米。

实施例 7

使用以下步骤制备 RFID 复合导电浆料:

步骤 1: 以重量计份, 在搅拌罐中加入 20 份 DBE 溶剂和 10 份改性聚氨酯树脂, 加热到 50℃, 用分散盘以每分钟 2000 转的频率分散搅拌一小时, 制得导电浆料载体。

步骤 2: 以重量计份, 在上述导电浆料载体中加入 53 份片状纳米银包铜粉(银含量为 10%), 和 5 份石墨烯导电浆料, 继续搅拌 30 分钟得到碳基复合导电浆料。

步骤 3: 以重量计份, 在上述碳基复合导电浆料中加入 5 份乙酸丁酯、5 份异氟尔酮和 2 份流平剂, 继续搅拌 30 分钟得到 RFID 复合导电浆料。

步骤 4: 利用三辊研磨机对上述 RFID 复合导电浆料对辊研磨一次, 其中对辊间距为 0.4 毫米。

实施例 8

使用以下步骤制备 RFID 复合导电浆料:

步骤 1: 以重量计份, 在搅拌罐中加入 20 份 DBE 溶剂和 10 份饱和聚酯树脂, 加热到 50℃, 用分散盘以每分钟 2000 转的频率分散搅拌一小时, 制得导电浆料载体。

步骤 2: 以重量计份, 在上述导电浆料载体中加入 53 份片状纳米银包铜粉(银含量为 10%), 和 5 份高填充导电炭黑, 继续搅拌 30 分钟得到碳基复合导电浆料。

步骤 3: 以重量计份, 在上述碳基复合导电浆料中加入 5 份乙酸丁酯、5 份异氟尔酮和 2 份流平剂, 继续搅拌 30 分钟得到 RFID 复合导电浆料。

步骤 4: 利用三辊研磨机对上述 RFID 复合导电浆料对辊研磨一次, 其中对辊间距为 0.5 毫米。

实施例 9

使用以下步骤制备 RFID 复合导电浆料:

步骤 1: 以重量计份, 在搅拌罐中加入 20 份 DBE 溶剂、2 份苯氧树脂和 8 份改性聚氨酯树脂, 加热到 50℃, 用分散盘以每分钟 2000 转的频率分散搅拌一小时, 制得导电浆料载体。

步骤 2: 以重量计份, 在上述导电浆料载体中加入 53 份片状纳米银包铜粉(银含量为 10%)、2 份石墨烯导电浆料和 3 份高填充导电炭黑, 继续搅拌 30 分钟得到碳基复合导电浆料。

步骤 3: 以重量计份, 在上述碳基复合导电浆料中加入 6 份乙酸丁酯、4 份异氟尔酮和 2 份流平剂, 继续搅拌 30 分钟得到 RFID 复合导电浆料。

步骤 4: 利用三辊研磨机对上述 RFID 复合导电浆料对辊研磨一次, 其中对辊间距为 0.4 毫米。

实施例 10

使用以下步骤制备 RFID 复合导电浆料:

步骤 1: 以重量计份, 在搅拌罐中加入 20 份 DBE 溶剂、4 份饱和聚酯树脂和 6 份改性聚氨酯树脂, 加热到 50℃, 用分散盘以每分钟 2000 转的频率分散搅拌一小时, 制得导电浆料载体。

步骤 2: 以重量计份, 在上述导电浆料载体中加入 53 份片状纳米银包铜粉(银含量为 10%)、3 份石墨烯导电浆料和 2 份高填充导电炭黑, 继续搅拌 30 分钟得到碳基复合导电浆料。

步骤 3: 以重量计份, 在上述碳基复合导电浆料中加入 15 份异氟尔酮和 2 份流平剂, 继续搅拌 30 分钟得到 RFID 复合导电浆料。

步骤 4: 利用三辊研磨机对上述 RFID 复合导电浆料对辊研磨一次, 其中对辊间距为 0.5 毫米。

下表 5 列出了根据优选的实施例 2、实施例 3、实施例 7 及实施例 8 制备的 RFID 印刷用导电浆料和常规技术制备的导电浆料的性能对比。

表 5 本发明优选实施例和常规技术制备的导电浆料的性能对比

对比项	成膜密度	涂布方阻	狭缝两侧电阻 (涂布)	凹版印刷方阻	狭缝两侧电阻 (凹版印刷)
实施例 3	1.2g/cm ³	170mΩ/□	2.0Ω	380mΩ/□	4.5Ω
实施例 2	1.4g/cm ³	120mΩ/□	1.4Ω	270mΩ/□	3.3Ω
实施例 7	1.6g/cm ³	1000mΩ/□	0.7Ω	130mΩ/□	1.6Ω
实施例 8	1.5g/cm ³	1000mΩ/□	1.0Ω	170mΩ/□	2.2Ω
常规技术	0.9g/cm ³	1000mΩ/□	5.0	—	—

本发明实施例的再一方面还提供一种 RFID 电子标签, 图 5、图 6 分别示出了根据本申请实施例的 RFID 电子标签的俯视图和侧视图, 如图 5、图 6 所示, 本发明提供的 RFID 电子标签包括绝缘基板 10 和固定于绝缘基板表面的 RFID 射频电路 11 以及控制芯片 12, 控制芯片 12 与 RFID 射频电路 11 电连接, RFID 射频电路 11 使用上述 RFID 复合导电浆料通过凹版印刷方式制成。

具体地, 可以首先将上述 RFID 复合导电浆料灌注于凹版印辊的凹槽内并刮平(其中凹槽图案为欲制作的 RFID 射频电路 11 的镜像图案), 再通过凹版印辊和压印辊之间的滚压, 将凹槽内的 RFID 复合导电浆料转印到绝缘基板 10 上形成 RFID 射频电路 11, 最后将控制芯片 12 通过粘结等方式固定于绝缘基板 10 上, 并通过焊接等方式使其与 RFID 射频电路电连接(图 5、图 6 中接头 121 为控制芯片 12 与 RFID 射频电路 11 的连接部位)。上述通过凹版印刷方式制作 RFID 电子标签的方法已为本领域技术人员所知晓, 在此不再赘述。

图 5 示出了一种具体的 RFID 射频电路 11 的图案, 容易知晓, 本领域技术人员在实际制作 RFID 电子标签的过程中, 可以根据实际需要选择或改变 RFID 射频电路的具体图案以及控制芯片的规格型号, 上述选择及改变并未脱离本发明权利要求的保护范围。

以上对本发明的具体实施方式作了详细介绍, 对于本技术领域的技术人员来说, 在不脱离本发明原理的前提下, 还可以对本发明进行若干改进和修饰, 这些改进和修饰也属于本发明权利要求的保护范围。

- 1、一种 RFID 复合导电浆料，其特征在于，以重量计份，包括以下组分：
油性特殊交联树脂 10-25 份，金属导电剂 30-50 份，二维碳基材料 5-10 份，有机溶剂 20-50 份，快干剂 10-20 份，流平剂 2-5 份。
- 2、根据权利要求 1 所述的一种 RFID 复合导电浆料，其特征在于：
所述油性特殊交联树脂为经过聚氨酯改性处理的环氧树脂，所述经过聚氨酯改性处理的环氧树脂在油性体系中的载体饱和固含量 $\geq 55\%$ 。
- 3、根据权利要求 2 所述的一种 RFID 复合导电浆料，其特征在于：
所述油性特殊交联树脂中还加入高内聚力氯醋树脂，所述高内聚力氯醋树脂的干膜密度 $\geq 1.4\text{g/m}^3$ 。
- 4、根据权利要求 1 所述的一种 RFID 复合导电浆料，其特征在于：
所述二维碳基材料为物理法油性石墨烯浆料，其中包含的石墨烯层数为 9 层至 11 层。
- 5、根据权利要求 4 所述的一种 RFID 复合导电浆料，其特征在于，所述物理法油性石墨烯浆料通过以下步骤进行制备：
第一步：将高阶插层石墨与二价酸酯及油性特殊交联树脂混合，得到初始石墨烯浆料，其中所述高阶插层石墨的倍率为 150-350 倍且纯度 $\geq 99\%$ ；
第二步：将上述初始石墨烯浆料在高压下进行液相剥离，得到石墨烯层数为 9 层至 11 层的物理法油性石墨烯浆料。
- 6、根据权利要求 1 所述的一种 RFID 复合导电浆料，其特征在于：
所述金属导电剂为银包铜粉、银包镍粉、镍包铜粉、改性导电铜粉中的一种或多种混合使用。
- 7、根据权利要求 1 所述的一种 RFID 复合导电浆料，其特征在于：
所述快干剂为乙酸乙酯、乙酸丁酯、丙酮、环己酮中的一种或多种混合使用。
- 8、一种 RFID 复合导电浆料的制备方法，用于制备如权利要求 1 至 7 中任一项所述的 RFID 复合导电浆料，其特征在于，包括以下步骤：
S1：将油性特殊交联树脂和有机溶剂放置于容器内，加热到 50°C 并进行分散，分散频率为每分钟 1800-2200 转，分散时间为 50 分钟-70 分钟，得到导电浆料载体；
S2：将二维碳基材料和金属导电剂加入所述导电浆料载体并搅拌，搅拌时间为 25-35 分钟，得到碳基复合导电浆料；
S3：将快干剂和流平剂加入所述碳基复合导电浆料并进行分散，分散频率为每分钟 800-1200 转，分散时间为 25 分钟-35 分钟，得到 RFID 复合导电浆料；
S4：使用研磨机对 RFID 复合导电浆料进行研磨。
- 9、根据权利要求 7 所述的一种 RFID 复合导电浆料的制备方法，其特征在于：
所述研磨机为三辊研磨机，对辊间距为 0.4-0.6 毫米，研磨次数为 1 次。
- 10、一种 RFID 电子标签，包括绝缘基板和固定于所述绝缘基板表面的 RFID 射频电路以及控制芯片，所述控制芯片与所述 RFID 射频电路电连接，其特征在于：
所述 RFID 射频电路使用如权利要求 1 所述的 RFID 复合导电浆料通过凹版印刷方式制成。