

## 复配型分散剂及制备方法、混合电镀液及制备方法

### 技术领域

本发明涉及材料技术领域，具体涉及一种复配型分散剂，一种复配型分散剂制备方法，一种包括所述复配型分散剂的混合电镀液以及一种混合电镀液制备方法。

### 背景技术

石墨烯为一种二维晶体材料，具有优异的电学、热学以及机械性能，其中单层石墨烯热导率高达  $5150\text{W}(\text{m} \cdot \text{K})$ ，载流子迁移率达到  $15000\text{cm}^2(\text{V} \cdot \text{S})$ ；金属基石墨烯复合电接触材料，具有比其他增强相复合电接触材料更有优越的导电性、耐磨性、导热性，而且石墨烯稳定性好，在石墨烯与金属复合后也不存在电介质腐蚀的问题。

石墨烯的片层之间有较强的  $\pi-\pi$  作用力，使得在分散液中分散的单层的石墨烯很容易发生团聚，重新形成石墨，严重影响了其性能；由于石墨烯疏水疏油的特殊结构，必须将通过添加特殊的表面活性剂和渗透剂才可以将其稳定的分散在水或其他溶剂中，以将石墨烯电镀在金属表面，获得金属基石墨烯复合电接触材料。

### 发明内容

本发明的目的在于克服现有技术的缺陷，提供一种复配型分散剂，能阻断或减缓分散液中石墨烯的团聚；还提供一种复配型分散剂制备方法，操作简单；还提供一种包括所述复配型分散剂的混合电镀液，其石墨烯分散均匀稳定；还提供一种混合电镀液制备方法，制得的混合电镀液中石墨烯分布均匀稳定。

为实现上述目的，本发明采用了如下技术方案：

一种复配型分散剂，其由蒸馏水、非离子型表面活性剂、阴离子型表

面活性剂和润湿剂组成；所述非离子型表面活性剂为吐温类化合物，阴离子型表面活性剂为烷基磺酸盐类化合物，润湿剂为酰胺类化合物。

优选的，所述润湿剂包括聚乙烯吡咯烷酮、烷基酰胺、月桂酸二乙醇酰胺、吡咯烷酮羧酸钠、聚氧乙烯烷基酰胺和烷基醇酰胺中的一种或多种。

优选的，所述非离子型表面活性剂包括吐温-20、吐温-40、吐温-60 和吐温-80 中的一种或多种。

优选的，所述阴离子型表面活性剂包括丁二酸二己酯磺酸钠、月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠、十二烷基二苯醚二磺酸钠、月桂基磺化琥珀酸单酯二钠、脂肪醇聚氧乙烯醚（3）磺基琥珀酸单酯二钠、磺基丁二酸二辛基钠盐和二辛基磺化琥珀酸钠中的一种或多种。

优选的，所述复配型分散剂中，非离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%。

优选的，所述复配型分散剂中，润湿剂的质量分数为 1-10%。

优选的，所述复配型分散剂中，阴离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%。

一种复配型分散剂制备方法，其包括以下步骤：

步骤 1，向温度为  $T_0$  的蒸馏水中，加入阴离子型表面活性剂和非离子型表面活性剂，搅拌时间  $t_0$ ， $40^{\circ}\text{C} \leq T_0 \leq 60^{\circ}\text{C}$ ， $5 \leq t_0 \leq 15\text{min}$ ；

步骤 2，将润湿剂加入步骤 1 所得混合物中，补充蒸馏水，搅拌时间  $t_1$ ，得到复配型分散剂， $5\text{min} \leq t_1 \leq 15\text{min}$ ；所述复配型分散剂中，非离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%，阴离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%，润湿剂的质量分数为 1-10%，余量为蒸馏水。

优选的，所述润湿剂包括聚乙烯吡咯烷酮、烷基酰胺、月桂酸二乙醇酰胺、吡咯烷酮羧酸钠、聚氧乙烯烷基酰胺和烷基醇酰胺中的一种或多种。

优选的，所述非离子型表面活性剂包括吐温-20、吐温-40、吐温-60 和吐温-80 中的一种或多种。

优选的，所述阴离子型表面活性剂包括丁二酸二己酯磺酸钠、月桂醇

琥珀酸单酯磺酸钠、十二烷基二苯醚二磺酸钠、月桂基磺化琥珀酸单酯二钠、脂肪醇聚氧乙烯醚(3)磺基琥珀酸单酯二钠、磺基丁二酸二辛基钠盐和二辛基磺化琥珀酸钠中的一种或多种。

一种混合电镀液,包括所述的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯,银基础水溶液包括 KCN 和银离子。

优选的,所述银基础水溶液中,KCN 的质量体积浓度为 90.0-200.0g/L。

优选的,所述银基础水溶液中,银离子的质量体积浓度为 15.0-50.0g/L。

优选的,所述混合电镀液中,石墨烯的质量体积浓度为 1.0-20.0g/L。

优选的,所述混合电镀液的滚镀电流密度为 0.5-0.7A/dm<sup>3</sup>。

优选的,所述混合电镀液的挂镀电流密度为 0.7-1.0A/dm<sup>3</sup>。

优选的,所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为 15.0-45.0ml/L。

一种混合电镀液制备方法,其包括以下步骤:

步骤 1,制备银基础水溶液;所述银基础水溶液中,KCN 的质量体积浓度为 90.0-200.0g/L,银离子的质量体积浓度为 15.0-50.0g/L;

步骤 2,将所述的复配型分散剂和石墨烯依次加入银基础水溶液中,搅拌混合制得混合电镀液;所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为 15.0-45.0ml/L,石墨烯的质量体积浓度为 1.0-20.0g/L。

本发明的两种复配型分散剂,其各组分协同,分散剂中的亲油基团能吸附在石墨烯颗粒表面形成包围层,能有效阻断或减缓分散液中石墨烯的团聚,另外分散剂中的亲水基团与水中的 OH<sup>-</sup>离子结合,保证石墨烯均匀、稳定的分散在分散液中。

本发明复配型分散剂制备方法,其操作简单,制得的复配型分散剂可有效阻断或减缓分散液中石墨烯的团聚。

本发明混合电镀液,其复配型分散剂能有效阻断或减缓石墨烯的团聚,保证石墨烯稳定均匀的分散在混合电镀液中,有利于提高电镀产品的银-石墨烯电镀层中石墨烯的均匀程度,更好的发挥石墨烯的导电、耐磨性能。

本发明混合电镀液制备方法,制备的混合电镀液中,石墨烯分布均匀稳定。

### 具体实施方式

以下结合实施例，进一步说明本发明的复配型分散剂及制备方法，包括所述复配型分散剂的混合电镀液及制备方法的具体实施方式。本发明的复配型分散剂及制备方法，包括所述复配型分散剂的混合电镀液及制备方法不限于以下实施例的描述。

本发明公开一种复配型分散剂，用于阻断或减缓分散液中石墨烯的团聚，其由蒸馏水、非离子型表面活性剂、阴离子型表面活性剂和润湿剂组成；所述非离子型表面活性剂为吐温类化合物，阴离子型表面活性剂为烷基磺酸盐类化合物，润湿剂为酰胺类化合物。

本发明的两种复配型分散剂，其各组分协同，分散剂中的亲油基团能吸附在石墨烯颗粒表面形成包围层，能有效阻断或减缓分散液中石墨烯的团聚，另外分散剂中的亲水基团与水中的  $\text{OH}^-$  离子结合，保证石墨烯均匀、稳定的分散在分散液中。

本发明公开一种复配型分散剂制备方法，其包括以下步骤：

步骤 1，向温度为  $T_0$  的蒸馏水中，加入阴离子型表面活性剂和非离子型表面活性剂，搅拌时间  $t_0$ ， $5 \leq t_0 \leq 15\text{min}$ ， $40^\circ\text{C} \leq T_0 \leq 60^\circ\text{C}$ ；

步骤 2，将润湿剂加入步骤 1 中所得混合物中，补充蒸馏水，搅拌时间  $t_1$ ，制得复配型分散剂， $5\text{min} \leq t_1 \leq 15\text{min}$ ；所述复配型分散剂中，非离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%，阴离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%，润湿剂的质量分数为 1-10%，余量为蒸馏水。

本发明复配型分散剂制备方法，其操作简单，制得的复配型分散剂可有效阻断或减缓分散液中石墨烯的团聚。

本发明公开一种混合电镀液，其包括所述复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯，银基础水溶液包括 KCN 和银离子。

本发明混合电镀液，其复配型分散剂能有效阻断或减缓石墨烯的团聚，保证石墨烯稳定均匀的分散在混合电镀液中，有利于提高电镀产品的银-石墨烯电镀层中石墨烯的均匀程度，更好的发挥石墨烯的导电、耐磨性能。

本发明公开一种混合电镀液制备方法，其包括以下步骤：

步骤 1, 制备银基础水溶液; 所述银基础水溶液中, KCN 的质量体积浓度为 90.0-200.0g/L, 银离子的质量体积浓度为 15.0-50.0g/L;

步骤 2, 将所述的复配型分散剂和石墨烯依次加入银基础水溶液中, 搅拌混合制得混合电镀液; 所述混合电镀液中, 复配型分散剂的体积比浓度为 15.0-45.0ml/L, 石墨烯的质量体积浓度为 1.0-20.0g/L。

本发明混合电镀液制备方法, 制备的混合电镀液中, 石墨烯分布均匀稳定。

以下将结合具体实施例对本发明复配型分散剂以及复配型分散剂制备方法作进一步说明。

以下为本发明复配型分散剂的一种实施方式。

本发明复配型分散剂, 用于阻断或减缓分散液 (例如本发明混合电镀液) 中石墨烯的团聚, 其由蒸馏水、非离子型表面活性剂、阴离子型表面活性剂和润湿剂组成; 所述非离子型表面活性剂为吐温类化合物, 阴离子型表面活性剂为烷基磺酸盐类化合物, 润湿剂为酰胺类化合物。

所述阴离子型表面活性剂包括丁二酸二己酯磺酸钠、月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠、十二烷基二苯醚二磺酸钠、月桂基磺化琥珀酸单酯二钠、脂肪醇聚氧乙烯醚 (3) 磺基琥珀酸单酯二钠、磺基丁二酸二辛基钠盐和二辛基磺化琥珀酸钠中的一种或多种。

优选的, 所述复配型分散剂中, 阴离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%。所述复配型分散剂中, 阴离子型表面活性剂的质量分数为 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%或 10%。

优选的, 所述非离子型表面活性剂包括吐温-20、吐温-40、吐温-60 和吐温-80 中的一种或多种。

优选的, 所述复配型分散剂中, 非离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%。所述复配型分散剂中, 非离子型表面活性剂的质量分数为 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%或 10%。

优选的, 所述润湿剂包括聚乙烯吡咯烷酮、烷基酰胺、月桂酸二乙醇酰胺、吡咯烷酮基羧酸钠、聚氧乙烯烷基酰胺和烷基醇酰胺中的一种或多种。

优选的,所述复配型分散剂中,润湿剂的质量分数为 1-10%。进一步的,所述复配型分散剂中,润湿剂的质量分数为 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%或 10%。

以下为本发明复配型分散剂制备方法的一种实施方式。

本发明复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤:

步骤 1,向温度为  $T_0$  的蒸馏水中,加入阴离子型表面活性剂和非离子型表面活性剂,搅拌时间  $t_0$ ,  $40^{\circ}\text{C} \leq T_0 \leq 60^{\circ}\text{C}$ ,  $5 \leq t_0 \leq 15\text{min}$ 。

优选的,  $T_0$  为  $40^{\circ}\text{C}$ 、 $45^{\circ}\text{C}$ 、 $50^{\circ}\text{C}$ 、 $55^{\circ}\text{C}$  或  $60^{\circ}\text{C}$ 。

优选的,  $t_0$  为 5min、6min、7min、8min、9min、10min、11min、12min、13min、14min 或 15min。

步骤 2,将润湿剂加入步骤 1 中所得混合物中,补充蒸馏水,搅拌时间  $t_1$ ,得到复配型分散剂,  $5\text{min} \leq t_1 \leq 15\text{min}$ ; 所述复配型分散剂中,非离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%,阴离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%,润湿剂的质量分数为 1-10%,余量为蒸馏水。

优选的,  $t_1$  为 5min、6min、7min、8min、9min、10min、11min、12min、13min、14min 或 15min。

具体的,例如预配制质量为  $M\text{kg}$  的复配型分散剂,计算蒸馏水所需质量;步骤 1,取蒸馏水所需质量的 15-45%加热至  $T_0$ ,加入阴离子型表面活性剂和非离子型表面活性剂,搅拌时间  $t_0$ ;步骤 2,将润湿剂加入步骤 1 中所得混合物中,补充蒸馏水,搅拌时间  $t_1$ ,制得复配型分散剂  $M\text{kg}$ 。

实施例一:

所述复配型分散剂由丁二酸二己酯磺酸钠、吐温-20、聚乙烯吡咯烷酮和蒸馏水组成;所述复配型分散剂中,丁二酸二己酯磺酸钠的质量分数为 5%,吐温-20 的质量分数为 5%,聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 5%,余量为蒸馏水,当然由于原材料和工艺的原因,还可能含有其他杂质。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤:

步骤 1,向温度为  $50^{\circ}\text{C}$  的蒸馏水中,依次加入丁二酸二己酯磺酸钠、吐温-20,搅拌 10min;

步骤 2,将聚乙烯吡咯烷酮加入步骤 1 得到的混合物中,补充蒸馏水,

搅拌 10min 后制得复配型分散剂；所述复配型分散剂中，丁二酸二己酯磺酸钠的质量分数为 5%，吐温-20 的质量分数为 5%，聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 5%，余量为蒸馏水。

#### 实施例二：

所述复配型分散剂由月桂基磺化琥珀酸单酯二钠、吐温-20、聚氧乙烯烷基酰胺和蒸馏水组成；所述复配型分散剂中，月桂基磺化琥珀酸单酯二钠的质量分数为 5%，吐温-20 的质量分数为 5%，聚氧乙烯烷基酰胺的质量分数为 5%，余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤：

步骤 1，向温度为 50℃ 的蒸馏水中，依次加入月桂基磺化琥珀酸单酯二钠、吐温-20，搅拌 10min；

步骤 2，将聚氧乙烯烷基酰胺加入步骤 1 得到的混合物中，补充蒸馏水，搅拌 10min 后制得复配型分散剂；所述复配型分散剂中，月桂基磺化琥珀酸单酯二钠的质量分数为 5%，吐温-20 的质量分数为 5%，聚氧乙烯烷基酰胺的质量分数为 5%，余量为蒸馏水。

#### 实施例三：

所述复配型分散剂由月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠、吐温-80、烷基酰胺和蒸馏水组成；所述复配型分散剂中，月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠的质量分数为 7%，吐温-80 的质量分数为 5%，烷基酰胺的质量分数为 4%，余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤：

步骤 1，向温度为 50℃ 的蒸馏水中，依次加入月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠、吐温-80，搅拌 10min；

步骤 2，将烷基酰胺加入步骤 1 得到的混合物中，搅拌 10min 后制得复配型分散剂；所述复配型分散剂中，月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠的质量分数为 7%，吐温-80 的质量分数为 5%，烷基酰胺的质量分数为 4%，余量为蒸馏水。

#### 实施例四：

所述复配型分散剂由丁二酸二己酯磺酸钠、吐温-60、吡咯烷酮基羧酸

钠和蒸馏水组成；所述复配型分散剂中，丁二酸二己酯磺酸钠的质量分数 6%，吐温-60 的质量分数为 5%，吡咯烷酮基羧酸钠的质量分数为 4%，余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤：

步骤 1，向温度为 50℃ 的蒸馏水中，依次加入丁二酸二己酯磺酸钠、吐温-60，搅拌 10min；

步骤 2，将吡咯烷酮基羧酸钠加入步骤 1 得到的混合物中，补充蒸馏水，搅拌 10min 后制得复配型分散剂；所述复配型分散剂中，丁二酸二己酯磺酸钠的质量分数 6%，吐温-60 的质量分数为 5%，吡咯烷酮基羧酸钠的质量分数为 4%，余量为蒸馏水。

实施例五：

所述复配型分散剂由十二烷基二甲醚二磺酸钠、吐温-40、烷基醇酰胺和蒸馏水组成；所述复配型分散剂中，十二烷基二甲醚二磺酸钠的质量分数为 1%，吐温-40 的质量分数为 1%，烷基醇酰胺的质量分数为 1%，余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤：

步骤 1，向温度为 40℃ 的蒸馏水中，依次加入十二烷基二甲醚二磺酸钠、吐温-40，搅拌 5min；

步骤 2，将烷基醇酰胺加入步骤 1 得到的混合物中，补充蒸馏水，搅拌 5min 后制得复配型分散剂；所述复配型分散剂中，十二烷基二甲醚二磺酸钠的质量分数为 1%，吐温-40 的质量分数为 1%，烷基醇酰胺的质量分数为 1%，余量为蒸馏水。

实施例六：

所述复配型分散剂由脂肪醇聚氧乙烯醚（3）磺基琥珀酸单酯二钠、吐温-20、与硅酸二乙醇酰胺和蒸馏水组成；所述复配型分散剂中，脂肪醇聚氧乙烯醚（3）磺基琥珀酸单酯二钠的质量分数为 10%，吐温-20 的质量分数为 10%，硅酸二乙醇酰胺的质量分数为 10%，余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤：

步骤 1，向温度为 60℃ 的蒸馏水中，依次加入脂肪醇聚氧乙烯醚（3）

磺基琥珀酸单酯二钠、吐温-20，搅拌 15min；

步骤 2，将硅酸二乙醇酰胺加入步骤 1 得到的混合物中，搅拌 15min 后制得复配型分散剂；所述复配型分散剂中，脂肪醇聚氧乙烯醚（3）磺基琥珀酸单酯二钠的质量分数为 10%，吐温-20 的质量分数为 10%，硅酸二乙醇酰胺的质量分数为 10%，余量为蒸馏水。

#### 实施例七：

所述复配型分散剂由丁二酸二己酯磺酸钠、十二烷基二甲醚二磺酸钠、吐温-20、吐温-60、聚乙烯吡咯烷酮、吡咯烷酮基羧酸钠和蒸馏水组成；所述复配型分散剂中，丁二酸二己酯磺酸钠的质量分数为 4%，十二烷基二甲醚二磺酸钠的质量分数为 3%，吐温-20 的质量分数为 3%，吐温-60 的质量分数为 3%，聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 2%，吡咯烷酮基羧酸钠的质量分数为 2%，余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤：

步骤 1，向温度为 45℃ 的蒸馏水中，依次加入阴离子型表面活性剂（丁二酸二己酯磺酸钠和十二烷基二甲醚二磺酸钠）、非离子型表面活性剂（吐温-20 和吐温-60），搅拌 10min；

步骤 2，将润湿剂（聚乙烯吡咯烷酮和吡咯烷酮基羧酸钠）加入步骤 1 得到的混合物中，补充蒸馏水，搅拌 10min 后制得复配型分散剂；所述复配型分散剂中，丁二酸二己酯磺酸钠的质量分数为 4%，十二烷基二甲醚二磺酸钠的质量分数为 3%，吐温-20 的质量分数为 3%，吐温-60 的质量分数为 3%，聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 2%，吡咯烷酮基羧酸钠的质量分数为 2%，余量为蒸馏水。

#### 实施例八：

所述复配型分散剂由丁二酸二己酯磺酸钠、月桂基磺化琥珀酸单酯二钠、月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠、吐温-20、吐温-80、吐温-60、聚乙烯吡咯烷酮、聚氧乙烯烷基酰胺、烷基酰胺和蒸馏水组成；所述复配型分散剂中，丁二酸二己酯磺酸钠的质量分数为 2%，月桂基磺化琥珀酸单酯二钠的质量分数为 1%，月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠的质量分数为 2%，吐温-20 的质量分数为 2%，吐温-80 的质量分数为 2%，吐温-60 的质量分数为 1%，聚乙烯吡

咯烷酮的质量分数为 2%，聚氧乙烯烷基酰胺的质量分数为 2%，烷基酰胺的质量分数为 2%，余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤：

步骤 1，向温度为 55℃ 的蒸馏水中，依次加入阴离子型表面活性剂（丁二酸二己酯磺酸钠、月桂基磺化琥珀酸单酯二钠和月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠）、非离子型表面活性剂（吐温-20、吐温-80 和吐温-60），搅拌 15min；

步骤 2，将润湿剂（聚乙烯吡咯烷酮、聚氧乙烯烷基酰胺和烷基酰胺）加入步骤 1 得到的混合物中，补充蒸馏水，搅拌 15min，后制得复配型分散剂；所述复配型分散剂中，丁二酸二己酯磺酸钠的质量分数为 2%，月桂基磺化琥珀酸单酯二钠的质量分数为 1%，月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠的质量分数为 2%，吐温-20 的质量分数为 2%，吐温-80 的质量分数为 2%，吐温-60 的质量分数为 1%，聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 2%，聚氧乙烯烷基酰胺的质量分数为 2%，烷基酰胺的质量分数为 2%，余量为蒸馏水。

以下为本发明混合电镀液的一种实施方式。

本发明混合电镀液，其包括所述复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯，银基础水溶液包括 KCN 和银离子。

优选的，所述银基础水溶液中，KCN 的质量体积浓度为 90.0-200.0g/L。进一步的，所述银基础水溶液中，KCN 的质量体积浓度为 90.0g/L、100.0g/L、110.0g/L、120.0g/L、130.0g/L、140.0g/L、150.0g/L、160.0g/L、170.0g/L、180.0g/L、190.0g/L 或 200.0g/L。

优选的，所述银基础水溶液中，银离子的质量体积浓度为 15.0-50.0g/L。进一步的，所述银基础水溶液中，银离子的质量体积浓度为 15.0g/L、20.0g/L、25.0g/L、30.0g/L、35.0g/L、40.0g/L、45.0g/L 或 50.0g/L。

优选的，所述银离子由银板电解制得的水溶液提供。

优选的，所述混合电镀液中，石墨烯的质量体积浓度为 1.0-20.0g/L。进一步的，所述混合电镀液中，石墨烯的质量体积浓度为 1.0g/L、1.5g/L、2.0g/L、2.5g/L、3.0g/L、4.0g/L、5.0g/L、6.0g/L、7.0g/L、8.0g/L、9.0g/L、10.0g/L、11.0g/L、12.0g/L、13.0g/L、14.0g/L、15.0g/L、16.0g/L、17.0g/L、18.0g/L、19.0g/L 或 20.0g/L。

优选的,所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为 15-45ml/L。进一步的,所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为 15ml/L、20ml/L、25ml/L、30ml/L、35ml/L、40ml/L 或 45ml/L。

优选的,所述混合电镀液的滚镀电流密度为 0.5-0.7A/dm<sup>2</sup>。进一步的,所述混合电镀液的滚镀电流密度为 0.5A/dm<sup>2</sup>、0.6A/dm<sup>2</sup> 或 0.7A/dm<sup>2</sup>。

优选的,所述混合电镀液的挂镀电流密度为 0.7-1.0A/dm<sup>2</sup>。进一步的,所述混合电镀液的挂镀电流密度为 0.7A/dm<sup>2</sup>、0.8A/dm<sup>2</sup>、0.9A/dm<sup>2</sup> 或 1.0A/dm<sup>2</sup>。

以下为本发明混合电镀液制备方法的一种实施方式。

步骤 1,制备银基础水溶液;所述银基础水溶液中,KCN 的质量体积浓度为 90-200g/L,银离子的质量体积浓度为 15-50g/L。

步骤 2,将所述的复配型分散剂和石墨烯依次加入银基础水溶液中,搅拌混合制得混合电镀液;所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为 15-45ml/L,石墨烯的质量体积浓度为 1.0-20g/L。

实施例九:

所述混合电镀液包括实施例一的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯,银基础水溶液包括 KCN 和银离子;所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为 30.0ml/L,石墨烯的质量体积浓度为 2.0g/L;所述银基础水溶液中,KCN 的质量体积浓度为 150.0g/L,银离子的质量体积浓度为 30.0g/L。

优选的,所述混合电镀液的滚镀电流密度为 0.6A/dm<sup>2</sup>。

优选的,所述混合电镀液的挂镀电流密度为 0.8A/dm<sup>2</sup>。

实施例十:

所述混合电镀液包括实施例二的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯,银基础水溶液包括 KCN 和银离子;所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为 30.0ml/L,石墨烯的质量体积浓度为 2.0g/L;所述银基础水溶液中,KCN 的质量体积浓度为 150.0g/L,银离子的质量体积浓度为 30.0g/L。

优选的,所述混合电镀液的滚镀电流密度为 0.6A/dm<sup>2</sup>。

优选的,所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $0.8\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例十一:

所述混合电镀液包括实施例三的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯,银基础水溶液包括 KCN 和银离子;所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为  $30.0\text{ml}/\text{L}$ ,石墨烯的质量体积浓度为  $2.0\text{g}/\text{L}$ ;所述银基础水溶液中,KCN 的质量体积浓度为  $150.0\text{g}/\text{L}$ ,银离子的质量体积浓度为  $30.0\text{g}/\text{L}$ 。

优选的,所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.6\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的,所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $0.8\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例十二:

所述混合电镀液包括实施例四的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯,银基础水溶液包括 KCN 和银离子;所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为  $30.0\text{ml}/\text{L}$ ,石墨烯的质量体积浓度为  $3.0\text{g}/\text{L}$ ;所述银基础水溶液中,KCN 的质量体积浓度为  $150.0\text{g}/\text{L}$ ,银离子的质量体积浓度为  $30.0\text{g}/\text{L}$ 。

优选的,所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.6\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的,所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $0.8\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例十三:

所述混合电镀液包括实施例五的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯,银基础水溶液包括 KCN 和银离子;所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为  $15.0\text{ml}/\text{L}$ ,石墨烯的质量体积浓度为  $1.0\text{g}/\text{L}$ ;所述银基础水溶液中,KCN 的质量体积浓度为  $90.0\text{g}/\text{L}$ ,银离子的质量体积浓度为  $15.0\text{g}/\text{L}$ 。

优选的,所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.7\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的,所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $1.0\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例十四:

所述混合电镀液包括实施例六的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯,银基础水溶液包括 KCN 和银离子;所述混合电镀液中,复配型分散剂的体积比浓度为  $45.0\text{ml}/\text{L}$ ,石墨烯的质量体积浓度为  $20.0\text{g}/\text{L}$ ;所述银

基础水溶液中，KCN 的质量体积浓度为 200.0g/L，银离子的质量体积浓度为 50.0g/L。

优选的，所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.5\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的，所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $0.7\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例十五：

所述混合电镀液包括实施例七的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯，银基础水溶液包括 KCN 和银离子；所述混合电镀液中，复配型分散剂的体积比浓度为 35.0ml/L，石墨烯的质量体积浓度为 10.0g/L；所述银基础水溶液中，KCN 的质量体积浓度为 180.0g/L，银离子的质量体积浓度为 40g/L。

优选的，所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.6\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的，所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $0.9\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例十六：

所述混合电镀液包括实施例八的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯，银基础水溶液包括 KCN 和银离子；所述混合电镀液中，复配型分散剂的体积比浓度为 25.0ml/L，石墨烯的质量体积浓度为 5.0g/L；所述银基础水溶液中，KCN 的质量体积浓度为 130.0g/L，银离子的质量体积浓度为 25.0g/L。

优选的，所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.7\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的，所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $0.8\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例十七：

所述复配型分散剂由磺基丁二酸二辛基钠盐、吐温-40、吐温-60、聚乙烯吡咯烷酮和蒸馏水组成；所述复配型分散剂中，磺基丁二酸二辛基钠盐的质量分数为 8%，吐温-40 的质量分数为 3%，吐温-60 的质量分数为 4%，聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 5%，余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤：

步骤 1，向温度为  $50^{\circ}\text{C}$  的蒸馏水中，依次加入阴离子型表面活性剂（磺基丁二酸二辛基钠盐）、非离子型表面活性剂（吐温-40 和吐温-60），搅拌 13min；

步骤 2, 将润湿剂 (聚乙烯吡咯烷酮) 加入步骤 1 得到的混合物中, 补充蒸馏水, 搅拌 10min, 后制得复配型分散剂; 所述复配型分散剂中, 磺基丁二酸二辛基钠盐的质量分数为 8%, 吐温-40 的质量分数为 3%, 吐温-60 的质量分数为 4%, 聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 5%, 余量为蒸馏水。

#### 实施例十八:

所述复配型分散剂由磺基丁二酸二辛基钠盐、丁二酸二己酯磺酸钠, 吐温-20、聚乙烯吡咯烷酮、月桂酸二乙醇酰胺和蒸馏水组成; 所述复配型分散剂中, 磺基丁二酸二辛基钠盐的质量分数为 2%, 丁二酸二己酯磺酸钠 1%, 吐温-20 的质量分数为 3%, 聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 1%, 月桂酸二乙醇酰胺 1%, 余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤:

步骤 1, 向温度为 60℃ 的蒸馏水中, 依次加入阴离子型表面活性剂 (磺基丁二酸二辛基钠盐和丁二酸二己酯磺酸钠)、非离子型表面活性剂 (吐温-20), 搅拌 15min;

步骤 2, 将润湿剂 (聚乙烯吡咯烷酮和月桂酸二乙醇酰胺) 加入步骤 1 得到的混合物中, 补充蒸馏水, 搅拌 12min, 后制得复配型分散剂; 所述复配型分散剂中, 磺基丁二酸二辛基钠盐的质量分数为 2%, 丁二酸二己酯磺酸钠 1%, 吐温-20 的质量分数为 3%, 聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 1%, 月桂酸二乙醇酰胺 1%, 余量为蒸馏水。

#### 实施例十九:

所述复配型分散剂由磺基丁二酸二辛基钠盐、月桂基磺化琥珀酸单酯二钠、十二烷基二甲醚二磺酸钠和二辛基磺化琥珀酸钠, 吐温-20、吐温-60、吐温-80, 聚乙烯吡咯烷酮、月桂酸二乙醇酰胺吡咯烷酮基羧酸钠, 和蒸馏水组成; 所述复配型分散剂中, 磺基丁二酸二辛基钠盐的质量分数为 2%, 月桂基磺化琥珀酸单酯二钠的质量分数为 2%, 十二烷基二甲醚二磺酸钠的质量分数为 3%, 二辛基磺化琥珀酸钠的质量分数为 2%, 吐温-20 的质量分数为 2%, 吐温-60 的质量分数为 5%, 吐温-80 的质量分数为 2%, 聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 2%, 月桂酸二乙醇酰胺的质量分数为 3%, 吡咯烷酮基羧酸钠的质量分数为 2%, 余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤:

步骤 1, 向温度为 55℃ 的蒸馏水中, 依次加入阴离子型表面活性剂(磺基丁二酸二辛基钠盐、月桂基磺化琥珀酸单酯二钠、十二烷基二甲醚二磺酸钠和二辛基磺化琥珀酸钠)、非离子型表面活性剂(吐温-20、吐温-60 和吐温-80), 搅拌 15min;

步骤 2, 将润湿剂(聚乙烯吡咯烷酮、月桂酸二乙醇酰胺和吡咯烷酮羧酸钠)加入步骤 1 得到的混合物中, 补充蒸馏水, 搅拌 15min, 后制得复配型分散剂; 所述复配型分散剂中, 磺基丁二酸二辛基钠盐的质量分数为 2%, 月桂基磺化琥珀酸单酯二钠的质量分数为 2%, 十二烷基二甲醚二磺酸钠的质量分数为 3%, 二辛基磺化琥珀酸钠的质量分数为 2%, 吐温-20 的质量分数为 2%, 吐温-60 的质量分数为 5%, 吐温-80 的质量分数为 2%, 聚乙烯吡咯烷酮的质量分数为 2%, 月桂酸二乙醇酰胺 3%, 吡咯烷酮羧酸钠 2%, 余量为蒸馏水。

实施例二十:

所述复配型分散剂由二辛基磺化琥珀酸钠, 吐温-40、吐温-60, 烷基醇酰胺, 以及蒸馏水组成; 所述复配型分散剂中, 二辛基磺化琥珀酸钠的质量分数为 5%, 吐温-40 的质量分数为 2%, 吐温-60 的质量分数为 3%, 烷基醇酰胺的质量分数为 5%, 余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤:

步骤 1, 向温度为 50℃ 的蒸馏水中, 依次加入阴离子型表面活性剂(二辛基磺化琥珀酸钠)、非离子型表面活性剂(吐温-40 和吐温-60), 搅拌 12min;

步骤 2, 将润湿剂(烷基醇酰胺)加入步骤 1 得到的混合物中, 补充蒸馏水, 搅拌 12min, 后制得复配型分散剂; 所述复配型分散剂中, 二辛基磺化琥珀酸钠的质量分数为 5%, 吐温-40 的质量分数为 2%, 吐温-60 的质量分数为 3%, 烷基醇酰胺的质量分数为 2%, 余量为蒸馏水。

实施例二十一:

所述复配型分散剂由二辛基磺化琥珀酸钠和磺基丁二酸二辛基钠盐, 吐温-20 和吐温-40, 聚氧乙烯烷基酰胺和月桂酸二乙醇酰胺, 以及蒸馏水组成; 所述复配型分散剂中, 二辛基磺化琥珀酸钠的质量分数为 5%, 磺基

丁二酸二辛基钠盐的质量分数为 5%，吐温-20 的质量分数为 5%，吐温-40 的质量分数为 5%，聚氧乙烯烷基酰胺的质量分数为 6%，月桂酸二乙醇酰胺的质量分数为 4%，余量为蒸馏水。

所述复配型分散剂制备方法包括以下操作步骤：

步骤 1，向温度为 60℃ 的蒸馏水中，依次加入阴离子型表面活性剂（二辛基磺化琥珀酸钠）、非离子型表面活性剂（吐温-40 和吐温-60），搅拌 12min；

步骤 2，将润湿剂（烷基醇酰胺）加入步骤 1 得到的混合物中，补充蒸馏水，搅拌 12min，后制得复配型分散剂；所述复配型分散剂中，二辛基磺化琥珀酸钠的质量分数为 5%，吐温-40 的质量分数为 2%，吐温-60 的质量分数为 3%，烷基醇酰胺的质量分数为 2%，余量为蒸馏水。

实施例二十二：

所述混合电镀液包括实施例十七的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯，银基础水溶液包括 KCN 和银离子；所述混合电镀液中，复配型分散剂的体积比浓度为 30.0ml/L，石墨烯的质量体积浓度为 6.0g/L；所述银基础水溶液中，KCN 的质量体积浓度为 140.0g/L，银离子的质量体积浓度为 35.0g/L。

优选的，所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.7\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的，所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $0.8\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例二十三：

所述混合电镀液包括实施例十八的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯，银基础水溶液包括 KCN 和银离子；所述混合电镀液中，复配型分散剂的体积比浓度为 40.0ml/L，石墨烯的质量体积浓度为 4.0g/L；所述银基础水溶液中，KCN 的质量体积浓度为 100.0g/L，银离子的质量体积浓度为 20.0g/L。

优选的，所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.7\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的，所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $1.0\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例二十四：

所述混合电镀液包括实施例十九的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯，银基础水溶液包括 KCN 和银离子；所述混合电镀液中，复配型分散

剂的体积比浓度为 25.0ml/L, 石墨烯的质量体积浓度为 9.0g/L; 所述银基础水溶液中, KCN 的质量体积浓度为 160.0g/L, 银离子的质量体积浓度为 45.0g/L。

优选的, 所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.6\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的, 所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $0.7\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例二十五:

所述混合电镀液包括实施例二十的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯, 银基础水溶液包括 KCN 和银离子; 所述混合电镀液中, 复配型分散剂的体积比浓度为 33.0ml/L, 石墨烯的质量体积浓度为 7.0g/L; 所述银基础水溶液中, KCN 的质量体积浓度为 140.0g/L, 银离子的质量体积浓度为 40.0g/L。

优选的, 所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.6\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的, 所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $0.8\text{A}/\text{dm}^2$ 。

实施例二十六:

所述混合电镀液包括实施例十九的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯, 银基础水溶液包括 KCN 和银离子; 所述混合电镀液中, 复配型分散剂的体积比浓度为 17.0ml/L, 石墨烯的质量体积浓度为 10.0g/L; 所述银基础水溶液中, KCN 的质量体积浓度为 190.0g/L, 银离子的质量体积浓度为 47.0g/L。

优选的, 所述混合电镀液的滚镀电流密度为  $0.5\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的, 所述混合电镀液的挂镀电流密度为  $0.7\text{A}/\text{dm}^2$ 。

空白电镀液:

所述空白电镀液包括银基础水溶液和石墨烯, 银基础水溶液包括 KCN 和银离子; 所述混合电镀液中, 石墨烯的质量体积浓度为 2.0g/L; 所述银基础水溶液中, KCN 的质量体积浓度为 150.0g/L, 银离子的质量体积浓度为 30.0g/L。

优选的, 所述空白电镀液的滚镀电流密度为  $0.6\text{A}/\text{dm}^2$ 。

优选的, 所述空白电镀液的挂镀电流密度为  $0.8\text{A}/\text{dm}^2$ 。

本发明混合电镀液, 为一种石墨烯-银混合电镀液, 通过以下操作对待

电镀产品进行电镀，以在待电镀产品上形成石墨烯-银混合镀层，具体的：对待电镀产品进行清洗，将清洗后的待电镀产品放入氰化钾溶液进行氰活化，对活化后的待电镀产品进行预镀银，将预镀银后的待电镀产品放入混合电镀液中进行电镀，电镀完成后，对电镀产品进行多次水洗。

表一以下为各实施例的混合电镀液、空白电镀液（未添加本发明复配型分散剂）的物理参数以及二者的电镀产品的实验数据（zeta 电位数值的绝对值越大说明混合电镀液中石墨烯颗粒分散性越好、粒度检测片径数值越小说明混合电镀液中石墨烯分散性越好、耐磨性能数值越大说明电镀产品的耐磨性越好）：

表一：

| 序号     | zeta 电位, /mV | 粒度检测片径, /d. nm | 耐磨性能   |
|--------|--------------|----------------|--------|
| 空白电镀液  | -34.9        | 704.9          | 32.3   |
| 实施例九   | -43.8        | 599.4          | 499.8  |
| 实施例十   | -45.6        | 584.3          | 513.6  |
| 实施例十一  | -49.3        | 524.9          | 659.1  |
| 实施例十二  | -44.2        | 600.8          | 501.3  |
| 实施例十三  | -42.5        | 610.3          | 423.6  |
| 实施例十四  | -48.9        | 554.9          | 643.2  |
| 实施例十五  | -47.5        | 569.4          | 589.7  |
| 实施例十六  | -49.8        | 609.7          | 623.01 |
| 实施例二十二 | -48.8        | 602.5          | 600.9  |
| 实施例二十三 | -43.0        | 597.7          | 561.8  |
| 实施例二十四 | -44.8        | 586.3          | 579.6  |
| 实施例二十五 | -46.3        | 610.1          | 555.6  |
| 实施例二十六 | -47.0        | 594.6          | 613.8  |

注：耐磨性能为平均每微米可承受次数，单位为/次。

通过以上实验数据表明，本发明混合电镀液，保证了石墨烯在混合电镀液中稳定均匀分布，能显著提高银-石墨烯镀层中石墨烯分布的均匀程度，从而显著提高电镀产品的产品性能（包括导电性、导热性、耐磨性等）。

以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干简

单推演或替换，都应当视为属于本发明的保护范围。

## 权利要求书

1. 一种复配型分散剂，其特征在于，其由蒸馏水、非离子型表面活性剂、阴离子型表面活性剂和润湿剂组成；所述非离子型表面活性剂为吐温类化合物，阴离子型表面活性剂为烷基磺酸盐类化合物，润湿剂为酰胺类化合物。

2. 根据权利要求 1 所述的复配型分散剂，其特征在于：所述润湿剂包括聚乙烯吡咯烷酮、烷基酰胺、月桂酸二乙醇酰胺、吡咯烷酮羧酸钠、聚氧乙烯烷基酰胺和烷基醇酰胺中的一种或多种。

3. 根据权利要求 1 所述的复配型分散剂，其特征在于：所述非离子型表面活性剂包括吐温-20、吐温-40、吐温-60 和吐温-80 中的一种或多种。

4. 根据权利要求 1 所述的复配型分散剂，其特征在于：所述阴离子型表面活性剂包括丁二酸二己酯磺酸钠、月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠、十二烷基二苯醚二磺酸钠、月桂基磺化琥珀酸单酯二钠、脂肪醇聚氧乙烯醚（3）磺基琥珀酸单酯二钠、磺基丁二酸二辛基钠盐和二辛基磺化琥珀酸钠中的一种或多种。

5. 根据权利要求 1 所述的复配型分散剂，其特征在于：所述复配型分散剂中，非离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%；

所述复配型分散剂中，润湿剂的质量分数为 1-10%；

所述复配型分散剂中，阴离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%。

6. 一种复配型分散剂制备方法，其特征在于，其包括以下步骤：

步骤 1，向温度为  $T_0$  的蒸馏水中，加入阴离子型表面活性剂和非离子型表面活性剂，搅拌时间  $t_0$ ， $40^{\circ}\text{C} \leq T_0 \leq 60^{\circ}\text{C}$ ， $5 \leq t_0 \leq 15\text{min}$ ；

步骤 2，将润湿剂加入步骤 1 所得混合物中，补充蒸馏水，搅拌时间  $t_1$ ，得到复配型分散剂， $5\text{min} \leq t_1 \leq 15\text{min}$ ；所述复配型分散剂中，非离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%，阴离子型表面活性剂的质量分数为 1-10%，润湿剂的质量分数为 1-10%，余量为蒸馏水。

7. 根据权利要求 6 所述的复配型分散剂制备方法，其特征在于：所述润湿剂包括聚乙烯吡咯烷酮、烷基酰胺、月桂酸二乙醇酰胺、吡咯烷酮羧酸钠、聚氧乙烯烷基酰胺和烷基醇酰胺中的一种或多种。

8. 根据权利要求 6 所述的复配型分散剂制备方法，其特征在于：所述

非离子型表面活性剂包括吐温-20、吐温-40、吐温-60 和吐温-80 中的一种或多种。

9. 根据权利要求 6 所述的复配型分散剂制备方法, 其特征在于: 所述阴离子型表面活性剂包括丁二酸二己酯磺酸钠、月桂醇琥珀酸单酯磺酸钠、十二烷基二苯醚二磺酸钠、月桂基磺化琥珀酸单酯二钠、脂肪醇聚氧乙烯醚(3)磺基琥珀酸单酯二钠、磺基丁二酸二辛基钠盐和二辛基磺化琥珀酸钠中的一种或多种。

10. 一种混合电镀液, 其特征在于, 包括权利要求 1-5 任意一项所述的复配型分散剂、银基础水溶液和石墨烯, 银基础水溶液包括 KCN 和银离子。

11. 根据权利要求 10 所述的混合电镀液, 其特征在于:

所述混合电镀液中, 复配型分散剂的体积比浓度为 15.0-45.0ml/L;

所述银基础水溶液中, KCN 的质量体积浓度为 90.0-200.0g/L;

所述银基础水溶液中, 银离子的质量体积浓度为 15.0-50.0g/L;

所述混合电镀液中, 石墨烯的质量体积浓度为 1.0-20.0g/L。

12. 根据权利要求 10 所述的混合电镀液, 其特征在于: 所述混合电镀液的滚镀电流密度为 0.5-0.7A/dm<sup>3</sup>;

所述混合电镀液的挂镀电流密度为 0.7-1.0A/dm<sup>3</sup>。

13. 一种混合电镀液制备方法, 其特征在于, 其包括以下步骤:

步骤 1, 制备银基础水溶液; 所述银基础水溶液中, KCN 的质量体积浓度为 90.0-200.0g/L, 银离子的质量体积浓度为 15.0-50.0g/L;

步骤 2, 将权利要求 1-5 任意一项所述的复配型分散剂和石墨烯依次加入银基础水溶液中, 搅拌混合制得混合电镀液; 所述混合电镀液中, 复配型分散剂的体积比浓度为 15.0-45.0ml/L, 石墨烯的质量体积浓度为 1.0-20.0g/L。