



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110382638 A

(43)申请公布日 2019.10.25

(21)申请号 201880016223.3

巴瓦纳·代奥雷

(22)申请日 2018.02.08

(74)专利代理机构 成都超凡明远知识产权代理有限公司 51258

(30)优先权数据

62/456,322 2017.02.08 US

代理人 王晖 刘明

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.09.05

(51)Int.Cl.

C09D 11/03(2006.01)

H05K 1/03(2006.01)

H05K 3/12(2006.01)

C09D 11/52(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2018/050791 2018.02.08

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/146619 EN 2018.08.16

(71)申请人 加拿大国家研究委员会

地址 加拿大安大略

(72)发明人 刘向阳 尚塔尔·帕凯

阿诺德·J·凯尔

帕特里克·罗兰·卢西恩·马朗方

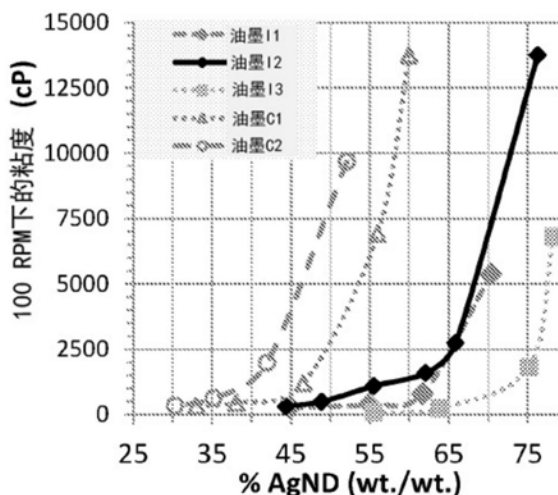
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

具有低粘度和低加工温度的银分子油墨

(57)摘要

一种分子油墨,包含:羧酸银;以及聚合物粘结剂,该聚合物粘结剂包括聚酯、聚酰亚胺、聚醚酰亚胺或其任何混合物,具有使得聚合物粘结剂与有机胺相容的官能团。这种油墨可以具有比现有银油墨更高的银负载量、更低的粘度以及更低的加工温度。



1. 一种分子油墨,包括:羧酸银;有机胺;以及聚合物粘结剂,所述聚合物粘结剂包括聚酯、聚酰亚胺、聚醚酰亚胺或其任何混合物,具有使得所述聚合物粘结剂与所述有机胺相容的官能团。

2. 根据权利要求1所述的油墨,其中,所述羧酸银包括新癸酸银。

3. 根据权利要求2所述的油墨,其中,所述新癸酸银以基于所述油墨总重量的约23wt%或更多的量存在。

4. 根据权利要求2所述的油墨,其中,所述新癸酸银以基于所述油墨总重量的约70wt%或更多的量存在。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的油墨,其中,所述有机胺包括烷基胺、羟基烷基胺或环胺。

6. 根据权利要求1至4中任一项所述的油墨,其中,所述有机胺包括吡啶、嘧啶、吡咯、吡咯烷、噁唑啉、哌啶、异噁唑或吗啉。

7. 根据权利要求1至4中任一项所述的油墨,其中,所述有机胺包括氨基-2-丙醇、2-乙基-1-己胺或2-乙基-2-噁唑啉。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的油墨,其中,所述有机胺以基于所述油墨总重量的约5wt%至约50wt%的量存在。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的油墨,其中,所述聚合物粘结剂可分散于所述有机胺中。

10. 根据权利要求1至9中任一项所述的油墨,其中,所述聚合物粘结剂包括羟基和/或羧基封端的聚酯。

11. 根据权利要求1至10中任一项所述的油墨,其中,所述聚合物粘结剂以基于所述油墨总重量的约0.5wt%至约10wt%的量存在。

12. 根据权利要求1至11中任一项所述的油墨,还包括溶剂。

13. 根据权利要求12所述的油墨,其中,所述溶剂包括辛醇。

14. 根据权利要求12或13所述的油墨,其中,所述溶剂以范围为基于所述油墨总重量的约5wt%至约40wt%的量存在。

15. 根据权利要求1至14中任一项所述的油墨,具有约1cP至约15,000cP的粘度。

16. 一种在基体上产生导电银迹线的方法,所述方法包括将根据权利要求1至14中任一项所限定的油墨沉积在基体上以形成所述基体上的油墨的非导电迹线,并烧结所述基体上的油墨的非导电迹线以形成导电银迹线。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述烧结在范围为约150°C至约185°C的温度下进行。

18. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述烧结在范围为约150°C至约175°C的温度下进行。

19. 根据权利要求16至18中任一项所述的方法,其中,所述烧结进行范围为约1分钟至120分钟的时间。

20. 根据权利要求16至19中任一项所述的方法,其中,所述基体包括聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚烯烃、聚二甲基硅氧烷、聚苯乙烯、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚碳酸酯、聚酰亚胺、热塑性聚氨酯、有机硅膜、羊毛、丝绸、棉、亚麻、黄麻、莫代尔、竹子、尼龙、聚酯、丙烯酸类、芳

纶、氨纶、聚丙交酯、纸、玻璃、镀膜玻璃、金属或介电涂层。

21. 根据权利要求16至20中任一项所述的方法, 其中, 所述沉积包括印刷。

22. 一种基体, 包括由根据权利要求1至15中任一项所限定的油墨产生的导电银迹线。

23. 一种电子器件, 包括根据权利要求22所限定的基体。

具有低粘度和低加工温度的银分子油墨

技术领域

[0001] 本申请涉及油墨,具体涉及低粘度可印刷分子油墨,其具有高银负载量且可以在较低温度下烧结。

背景技术

[0002] 已经配制了基于新癸酸银的分子油墨用于丝网印刷。尽管这些油墨已显示出优异的机械和电气性能,同时还具有良好的印刷质量,但它们具有至少两个局限性。

[0003] 首先,由于它们在溶剂或载体中的低溶解度,必须显著稀释银盐以形成均匀的油墨。一旦印刷,低浓度的银盐产生薄的银沉积物。所得油墨还具有较高的粘度,大于许多印刷技术(气溶胶喷印、喷墨印刷、柔版凹版印刷)所需的粘度。为了印刷新癸酸银油墨的厚迹线,印刷多层(喷墨印刷或气溶胶喷印)。如果印刷技术需要低粘度油墨,则必须稀释新癸酸银油墨,降低油墨的相对银含量,这反而产生非常薄的沉积物。此外,印刷多层是耗时的并且可能导致差的印刷质量。

[0004] 其次,这些油墨需要约220-240℃的加工温度,因此当寻求最高电导率时,热烧结通常仅适于诸如Kapton™的高成本基材。然而,只有在使用更长的加工时间时,新癸酸银油墨的迹线才可以在较低温度下烧结。

[0005] 因此,需要一种银盐油墨配方,特别是新癸酸银配方,其允许更高的银盐负载量和/或允许银在较低温度下烧结。

发明内容

[0006] 配制了分子银油墨,其增加了银盐在油墨中的分散性(例如,溶解度),从而增加了油墨中的银负载量。配制的油墨可具有比现有银油墨更低的粘度,而不会损害银含量。银油墨可还比现有的银油墨需要更低的加工温度。

[0007] 在一方面,提供了包括以下的分子油墨:羧酸银;有机胺;以及聚合物粘结剂,包括聚酯、聚酰亚胺、聚醚酰亚胺或其任何混合物,其具有使得聚合物粘结剂与有机胺相容的官能团。

[0008] 在另一方面,提供了在基体上产生导电银迹线的方法,该方法包括将分子油墨沉积在基体上以形成基体上油墨的非导电迹线,并烧结该基体上油墨的非导电迹线以形成导电银迹线。

[0009] 在另一方面,提供了包括通过上述方法产生的导电银迹线的基体。

[0010] 在另一方面,提供了包括具有通过上述方法产生的导电银迹线的基体的电子器件。

[0011] 其它特征将在以下具体实施方式中描述或变得显而易见。应该理解,本文所述的每个特征可以与任何一种或多种其它所述特征任意组合使用,并且每个特征不一定依赖于其它特征的存在,除对本领域技术人员显而易见的情况之外。

附图说明

[0012] 为了更清楚的理解,现在结合附图,通过举例的方式详述优选实施方式,其中:

[0013] 图1A和图1B描绘了在线性标尺(图1A)和半对数标尺(图1B)上绘制的各种油墨的粘度(cP)随新癸酸银(AgND)重量分数(wt/wt)变化的图表。图1B中500cP粘度处的黑色水平虚线表明油墨I1、油墨I2和油墨I3在500cP处比油墨C1和油墨C2具有更大的AgND负载量。

[0014] 图2描绘了标称20mil线的薄层电阻率($m\Omega/\square/mil$)随本发明的新癸酸银(AgND)油墨(油墨I1、油墨I2和油墨I3)相比于具有不同配方的其它AgND油墨(油墨C1和油墨C2)的烧结温度($^{\circ}C$)变化的图表,油墨被烧结45分钟。

[0015] 图3描绘了在将各种油墨(油墨I1、油墨I2、油墨I3、油墨C1和油墨C2)的迹线加热至 $200^{\circ}C$ 45分钟后,标称20mil线的截面积(mm^2)随AgND重量分数(wt/wt)变化的图表。

具体实施方式

[0016] 羧酸银包含银离子和含有羧酸部分的有机基团。羧酸盐优选包括1至20个碳原子,更优选6至15个碳原子,甚至更优选8至12个碳原子,例如10个碳原子。羧酸盐优选为链烷酸盐。羧酸银优选是链烷酸的银盐。优选的羧酸银的一些非限制性实例为乙基己酸银、新癸酸银、苯甲酸银、苯基乙酸银、异丁酰乙酸银、苯甲酰乙酸银、草酸银、新戊酸银及其任何混合物。尤其优选新癸酸银。油墨中可以有一种或多于一种的羧酸银。羧酸银优选分散在油墨中。优选地,油墨不含有金属银材料的薄片或其它颗粒。

[0017] 羧酸银优选以一定量存在于油墨中以在油墨中提供基于油墨总重量的约23wt%或更高的银负载量。更优选地,羧酸银提供的银负载量为约23.5wt%或更高,或者约25wt%或更高,或者约26.5wt%或更高,或者约27wt%或更高。当羧酸银是新癸酸银时,新癸酸银可以优选以基于油墨总重量的约61wt%或更高,或者约65wt%或更高,或者约68wt%或更高,或者约70wt%或更高的量存在于油墨中。

[0018] 有机胺优选为烷基胺、羟基烷基胺或环胺。有机胺优选包括2至12个碳原子,更优选2至8个碳原子。烷基胺的一些非限制性实例为2-乙基-1-己胺、1-辛胺、1-己胺等。羟基烷基胺的一些非限制性实例为1,2-乙醇胺、1-氨基异丙醇(氨基-2-丙醇)、1,3-丙醇胺、1,4-丁醇胺等。环胺的一些非限制性实例为吡啶、嘧啶、吡咯、吡咯烷、噁唑啉、哌啶、异噁唑、吗啉等。油墨中可以有一种或多于一种的有机胺。

[0019] 有机胺可以以任何合适的量存在于油墨中,优选以约5wt%或更多,更优选约8wt%或更多的量,且优选以约50wt%或更少,更优选约25wt%或更少,甚至更优选约20wt%或更少的量,所有重量均基于油墨总重量。示例性优选范围为约5wt%至约50wt%,或者约10wt%至约50wt%,或者约5wt%至约25wt%。

[0020] 聚合物粘结剂可以包括聚酯、聚酰亚胺、聚醚酰亚胺或其任何混合物,其具有使得聚合物粘结剂与有机胺相容的官能团。因此,聚合物粘结剂中的有机胺混合物不会产生明显的相分离。聚合物粘结剂可以可分散于有机胺中,例如可溶解于有机胺中。使得聚合物粘结剂与有机胺相容的官能团优选为能够形成氢键的极性基团,例如羟基、羧基、氨基以及磺酰基基团中的一种或多种。优选地,聚合物粘结剂包括末端羟基和/或羧基基团。聚合物粘结剂优选包括聚酯,其具有使得聚酯与有机胺相容的官能团。更优选地,聚合物粘结剂包括羟基和/或羧基封端的聚酯。

[0021] 可以使用其它类的聚合物粘结剂。这些其它类的聚合物粘结剂可以是均聚物或共聚物。这些其它类的聚合物粘结剂可以是热塑性塑料或弹性体。其它聚合物粘结剂的一些实例包括例如热塑性聚氨酯和有机硅弹性体。

[0022] 聚合物粘结剂可以以任何合适的量存在于油墨中,优选范围为基于油墨的总重量的约0.1wt%至约10wt%。更优选地,量的范围为约0.5wt%至约10wt%,或者约0.1wt%至约5wt%,或者约0.5wt%至约3wt%,或者约1wt%至约2wt%。

[0023] 在特别优选的实施方式中,分子油墨包括:约61wt%或更多的新癸酸银;约5wt%至约50wt%的氨基-2-丙醇、2-乙基-1-己胺或2-乙基-2-噁唑啉;以及约0.5wt%至约3wt%的羟基和/或羧基封端的聚酯,所有重量均基于油墨的总重量。

[0024] 分子油墨可以任选地包括溶剂。溶剂优选与有机胺或聚合物粘结剂之一或二者相容。溶剂优选与有机胺和聚合物粘结剂二者都相容。有机胺和/或聚合物粘结剂优选可分散于溶剂中,例如可溶解于溶剂中。溶剂优选为有机溶剂,更优选为非芳香族有机溶剂。非芳香族有机溶剂包括,例如二醇醚(例如二丙二醇甲醚)、醇(例如甲基环己醇、辛醇、庚醇)、卡必醇(例如2-(2-乙氧基乙氧基)乙醇)或其任何混合物。优选醇,优选C₁-C₁₀烷醇,更优选C₆-C₈烷醇,例如辛醇。当使用时,溶剂可以以任何合适的量存在于油墨中,优选范围为基于油墨总重量的约1wt%至约50wt%。更优选地,量的范围为约2wt%至约50wt%,或者约5wt%至约50wt%,或者约5wt%至约40wt%或者约5wt%至约20wt%。当存在时,溶剂通常补足油墨的余量。

[0025] 油墨可具有的粘度范围为约1cP至约50,000cP。例如,油墨的粘度范围可以为约1cP至约15,000cP。

[0026] 油墨的每个组分的相对量在调节羧酸银在油墨中的分散性(例如,溶解度),同时提供比现有新癸酸银油墨更低的粘度以及更低的加工温度方面可以起到重要作用。油墨中每个组分的量的优选实施方式使得油墨以较低的粘度和较高的银负载量具有特别改善的加工温度。

[0027] 油墨可以以任何合适的方法沉积在基体上以形成基体上油墨的非导电迹线。油墨特别适合于印刷,例如丝网印刷、喷墨印刷、柔版印刷(例如,凸版(stamps))、凹版印刷、胶版印刷、喷刷(airbrushing)、气溶胶印刷、排版、绘印或任何其他方法。油墨可以独特地优化用于各种不同的印刷技术。

[0028] 在基体上沉积之后,干燥并分解非导电迹线中的羧酸银形成导电迹线。干燥和分解可以通过任何合适的技术完成,其中技术和条件依据在其上沉积迹线的基体的类型和油墨中羧酸银的类型。例如,干燥油墨和分解羧酸银可以通过加热和/或光子烧结来完成。

[0029] 在一种技术中,加热基体干燥并烧结迹线以形成导电迹线。烧结分解羧酸银以形成银的导电颗粒(例如纳米颗粒)。有利的是,加热可以在低于约185℃,特别是约150-185℃,或约150-175℃的较低温度范围下进行,同时产生相对高导电的银迹线。虽然能够在较低温度下烧结是油墨的优点,但如果需要,可以在较高温度下进行加热,例如在约185℃或更高的温度或最高约250℃的温度下进行加热。

[0030] 加热优选进行约3小时或更短的时间,更优选约2小时或更短,例如范围为约1-180分钟或约2-120分钟的时间。以温度和时间之间充分平衡进行加热,以在基体上烧结迹线以形成导电迹线。加热装置的类型也会影响烧结所需的温度和时间。可以在氧化气氛(例如空

气)或惰性气氛(例如氮气和/或氩气)下对基体进行烧结。

[0031] 在另一种技术中,光子烧结系统的特点可以为递送宽带光谱的高强度灯(例如脉冲氙灯)。该灯可以向迹线递送约5-20J/cm²的能量。脉冲宽度优选在约0.58-1.5ms的范围内。驱动电压优选在约1.6-2.8kV的范围内。光子烧结可以在环境条件下(例如在空气中)进行。光子烧结特别适用于聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚酰亚胺基体。低能量(例如低于10J/cm²)的使用增加了油墨在低温基体(诸如聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚萘二甲酸乙二醇酯)上的相容性,其中,用含有如本文所述的胺的基于新癸酸银的油墨显著减少了基体损坏(例如熔化和/或翘曲)的发生。

[0032] 通过干燥和烧结基体上的油墨形成的导电迹线可以具有任何所需的厚度和宽度。有利的是,可以干燥和烧结油墨以形成相对薄和/或窄的导电迹线,同时保持相对高的电导率(即相对低的电阻率)。此外,由油墨形成的烧结迹线可以是柔性的,能够通过ASTM F1683-02弯曲&折皱测试而没有任何开路断路(即没有开路失效)。在制造应用中,电阻的最低可能变化是必要的。开路断路被定义为电导率的完全丧失(即无限电阻率)。

[0033] 基体(承印物)可以是任何合适的表面,尤其是可印刷表面。可印刷表面可包括例如聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)(例如Melinex™)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚烯烃(例如二氧化硅填充的聚烯烃(Teslin™))、聚二甲基硅氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚碳酸酯、聚酰亚胺(例如Kapton™)、热塑性聚氨酯(TPU)、有机硅膜、羊毛、丝绸、棉、亚麻、黄麻、莫代尔、竹子、尼龙、聚酯、丙烯酸类、芳纶、氨纶、聚丙烯酯、纸、玻璃、镀膜玻璃(例如ITO镀膜的玻璃)、金属、介电涂层等。

[0034] 基体上沉积的导电迹线可以并入电子器件中,例如电路、导电母线(例如用于光伏电池)、传感器(例如触摸式传感器、穿戴式传感器)、天线(例如RFID天线)、薄膜晶体管、二极管、智能包装(例如智能药品包装)、设备和/或车辆中的适形插件,以及多层电路和MIM器件,包括低通滤波器、频率选择表面、晶体管和可承受高温的适形表面上的天线。油墨使这种电子设备能够小型化。

[0035] 实施例:

[0036] 实施例1:新癸酸银油墨

[0037] 如表1所述配制一系列新癸酸银(AgND)基油墨。油墨I1、I2和I3根据本发明配制,且油墨C1和C2是AgND基油墨其它配方的对比样品。油墨具有各种类型的载体,这些载体会影响油墨的分解温度。每种油墨具有构成载体最大重量分数的不同组分,即辛醇(油墨I1和油墨C2)、烷基胺(油墨I2)、噁唑啉(油墨I3)和萘烯醇(油墨C1)。

[0038] 表1

[0039]

油墨组分	油墨 I1	油墨 I2	油墨 I3	油墨 I4	油墨 I5	油墨 C1	油墨 C2
新癸酸银(wt%)	70.4	76.3	74.9	78.3	79.7	60	50
氨基-2-丙醇 (wt%)	10.0	/	/	/	/	/	/
2-乙基-1-己胺 (wt%)	/	14.9	/	/	/	/	/
2-乙基-2-噁唑啉	/	/	14.7	12.8	10.7	/	/
Rokrapol™ 7075 (wt%)	1.5	1.6	1.6	1.2	1.6	1.6	/
乙基纤维素 46cp (wt%)	/	/	/	/	/	/	4.0
辛醇(wt%)	18.1	7.2	8.8	7.7	8.0	/	34.5
萘品醇(wt%)	/	/	/	/	/	38.4	/
二乙基苯 (wt%)	/	/	/	/	/	/	11.5

[0040] 含有1-氨基-2-丙醇(羟胺)、2-乙基-1-己胺(烷基胺)和2-乙基-2-噁唑啉(噁唑啉)的油墨的制备通过首先制备新癸酸银盐在辛醇中的浓缩悬浮液。然后使用研钵和研杵将1-氨基-2-丙醇、2-乙基-1-己胺或2-乙基-2-噁唑啉缓慢并入悬浮液中并混合直至形成澄清的均匀粘稠溶液。其他油墨的制备通过将所有组分合并并在全体混合器中混合直至溶液均匀。在油墨中加入两种聚合物粘结剂中的一种：Rokrapol™ 7075(聚酯)或乙基纤维素46cP。

[0041] 确定油墨的粘度随AgND负载量而变化。对于这些试验，将油墨的新癸酸银组分用相应的载体和胺以与表1中配方相同的比例稀释。使用Brookfield RV-DV-III超流变仪和UL适配器在20.5℃下测量这些油墨的粘度。

[0042] 使用网目数为400的丝网(具有19μm丝径和45μm网孔的不锈钢丝网)将四种油墨丝网印刷到Kapton™ HPP-ST的8.5×11”片材上。丝网包括10cm长且2-20mil宽的线。使用表2中所述的加热程序，在从151℃至229℃的不同回流温度(T)下在空气中热烧结印刷的迹线(表2中的温度对应于烘箱的目标温度)。用于获得表3和图2中的电阻率数据的温度是通过连接到Kapton™基体的热电偶测量的温度。

[0043] 表2

[0044]

区	前	后	时间,秒
预热1	100℃	100℃	300
预热2	150℃	150℃	300
浸泡	160℃	160℃	300
回流	160-260℃	160-260℃	2700
冷却	60℃	60℃	300

[0045] 通过用欧姆表测量横跨10cm长迹线的电阻来表征迹线的电性质。使用光学表面光度仪(Cyber Technologies 3D Surface Profiler)测量烧结迹线的宽度和厚度。迹线宽度可用于确定每条10cm长迹线的方块数,并随后用于计算薄层电阻。通过将测量的迹线的宽度和厚度相乘来计算迹线的截面积。使用厚度测量值,计算迹线的薄层电阻值。烧结迹线的

电性质在图2中提供。

[0046] 从表1中显而易见的是,本发明的油墨I1、I2、I3、I4和I5的新癸酸银负载量可以显著大于其它AgND基油墨中的新癸酸银负载量。较高的新癸酸银负载量导致较高的银沉积,如表3中迹线的截面积所示。表3提供了在加热至200℃持续45分钟之后由油墨I1、油墨I2、油墨I3、油墨C1和油墨C2制成的长度为10cm的银迹线的电阻、线宽、线厚度、截面积和薄层电阻的比较。图3显示了在200℃下烧结45分钟之后,油墨中新癸酸银负载量与银迹线的截面积之间的关系。

[0047] 基于图2还显而易见的是,可以通过添加额外的胺和辛醇来配制油墨以产生具有低粘度(适用于柔版印刷和基于绘图仪的印刷)并且保持高的新癸酸银负载量(约48%至约67%,取决于胺)的油墨。从图2中还可以看出,油墨I1、I2和I3可以在比油墨C1和C2低得多的温度下烧结,同时提供具有良好电导率的银迹线。另外,印刷在低温基体上的这些油墨的光子固化可以用较低的能量进行,这导致显著减少了对下面基体的损害。

[0048] 表3

[0049]

标称线宽 - μm (mil)	油墨	Ω	线宽 (μm)	线厚 (μm)	截面积 (μm^2)	$\text{m}\Omega/\square/\text{mil}$
508 (20 mil)	油墨 I1	43	651	1.1	742	12.2
	油墨 I2	13	661	1.1	728	3.7
	油墨 I3	6	556	1.8	984	2.4
	油墨 C1	30	572	0.6	347	4.1
	油墨 C2	32	575	1.0	602	10.6
381 (15 mil)	油墨 I1	52	549	1.1	582	11.5
	油墨 I2	17	631	0.79	499	3.4
	油墨 I3	8	447	1.61	720	2.4
	油墨 C1	42	444	0.67	296	4.8
	油墨 C2	39	473	1.1	498	10.8
254 (10 mil)	油墨 I1	97	461	0.91	420	15.4
	油墨 I2	29	474	0.69	327	3.7
	油墨 I3	13	343	1.33	456	2.3
	油墨 C1	67	326	0.66	214	5.6
	油墨 C2	64	347	0.94	325	11.6
127 (5 mil)	油墨 I1	175	334	0.59	197	13.1
	油墨 I2	78	279	0.33	92	2.8
	油墨 I3	34	201	0.76	152	2.0
	油墨 C1	133	219	0.41	91	4.8
	油墨 C2	228	213	0.68	144	18.7

[0050] 用油墨I3,改变烧结条件和基体进行了三项其它实验。

[0051] 在第一项实验中,将油墨I3丝网印刷在Kapton® HPP-ST上,并且除了烧结在200℃的温度下进行30分钟而非45分钟之外,使用上文所述方法烧结。结果显示在表4A和表4B中。

[0052] 表4A

[0053]

标称线宽 (mil)	线宽 (mil)	下降 (mil)	线宽 (μm)	线厚 (μm)
1	1.88	0.44	46	0.09
2	3.14	0.57	77	0.17
3	4.94	1.50	121	0.36
5	6.82	0.91	167	0.54
10	12.24	1.12	300	1.09
15	16.65	0.83	408	1.24
20	21.39	0.69	524	1.51

[0054] 表4B

[0055]

标称线宽 (mil)	Ω	$\text{m}\Omega/\square$	薄层电阻率 $\text{m}\Omega/\square/\text{mil}$	体积电阻率 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)
1	1365	628	2.22	5.7
2	384	295.7	1.98	5.0
3	215	260	3.68	9.4
5	91.8	153	3.26	8.3
10	24.1	72	3.10	7.9
15	12.1	49	2.41	6.1
20	8.1	42	2.52	6.4

[0056] 在第二项实验中,将油墨I3丝网印刷在Kapton®上,并且除了烧结在180℃而非200℃的温度下进行30分钟而非45分钟之外,使用上文所述方法烧结。结果显示在表5A和表5B中。表5A和表5B提供了机械性质(按照ASTM F1683-02弯曲&折皱测试的弹性)。

[0057] 表5A

		标称线宽		
		1 mil	2 mil	3 mil
[0058]	拉伸弯曲	R 变化%	1.28±0.06	1.30±0.03
		开路失效	0/5	0/5
	压缩弯曲	R 变化%	0.13±0.05	0.31±0.02
		开路失效	0/5	0/5
	拉伸折皱	R 变化%	0.52±0.28	0.59±0.05
[0059]		开路失效	0/5	0/5
	压缩弯曲	R 变化%	0.55±0.05	0.76±0.08
		开路失效	0/5	0/5

[0060] 表5B

[0061]

		标称线宽			
		5 mil	10 mil	15 mil	20 mil
拉伸弯曲	R 变化%	1.85±0.10	2.44±0.16	2.26±0.17	2.01±0.50
	开路失效	0/5	0/5	0/5	0/5
压缩弯曲	R 变化%	0.8±0.14	0.57±0.18	0.96±0.1	0.56±0.19
	开路失效	0/5	0/5	0/5	0/5
拉伸折皱	R 变化%	0.75±0.08	0.77±0.26	0.7±0.32	1.26±0.55
	开路失效	0/5	0/5	0/5	0/5
压缩弯曲	R 变化%	1.34±0.24	1.80±0.18	1.99±0.43	1.68±0.55
	开路失效	0/5	0/5	0/5	0/5

[0062] 在第三项实验中,通过具有网目数为360支/英寸(SS360)的不锈钢丝网将油墨I3丝网印刷在Melinex®上,使用强脉冲光(IPL)烧结(340V/1500μsec)进行光子烧结,然后在160℃的温度下热烧结30分钟。结果显示在表6A和表6B中。

[0063] 表6A

[0064]

标称线宽 (mil)	线宽 (mil)	下降 (mil)	线宽 (μm)	线厚 (μm)
2	5.6	1.80	137	0.15
3	7.8	1.50	192	0.36
5	10.2	2.62	251	0.94
10	19.0	4.49	465	1.44
15	21.3	3.13	521	1.4
20	27.1	3.53	663	1.81

[0065] 表6B

[0066]

标称线宽(mil)	Ω	mΩ/□	薄层电阻率 mΩ/□/mil	体积电阻率 (μΩ•cm)
2	399	547	3.23	8.2
3	354	680	9.63	24.5
5	54	136	5.02	12.7
10	17	79	4.48	11.4
15	11	57	3.16	8.0
20	9	60	4.25	10.8

[0067] 与油墨I3相关的表中数据表明,1-辛醇和2-乙基-噁唑啉的组合能够产生高导电迹线(对于大多数线宽,体积电阻率值为~10μΩ•cm)。该性能可能是由于能够使用比例如墨水C1更少的能量将迹线转换为导电银。源自油墨I3的迹线的机械性质也是优异的,其中在弯曲和折皱测试(ASTM 1683-02)之后的电阻增加不增加超过3%(表5A和5B)。

[0068] 使用具有网目数为360支/英寸(SS360)的不锈钢丝网和约7-10 μm 的乳胶厚度将油墨I4丝网印刷到具有的RMS粗糙度为0.06 μm 的玻璃基体上,并在200 $^{\circ}\text{C}$ 下烧结30分钟。丝网印刷图案的网格测试(cross-hatch)为4B。结果如表7所示。

[0069] 表7

[0070]	标称宽度 (μm)	测量宽度 (μm)	下降 (μm)	电阻率 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	总线	失败率 (%)
	508	523	7.5	10.8	10	0
	381	406	12.5	10.1	10	0
	254	280	13	8.9	10	0
	127	189	31	6.8	10	0
	76	127	25.4	1.8	10	0
	51	91	20.1	1.8	10	0
	25	63	18.8	4.2	10	80

[0071] 数据表明聚合物粘结剂和油墨组分的组合使得银迹线很好地粘附到玻璃基体上(4B),同时保持非常光滑(RMS表面粗糙度 $\sim 0.06\mu\text{m}$)。

[0072] 通过高分辨率丝网将油墨I5丝网印刷到Melinex[®]上,该高分辨率丝网包括丝径为13 μm 的编织钨丝,丝网具有的网目数为430支/英寸。将丝网印刷的油墨干燥5分钟,然后在165 $^{\circ}\text{C}$ 下热烧结30分钟。结果如表8所示。从表8中可以看出,可以容易地产生具有50 μm 以下的测量线宽,体积电阻率值在10-20 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 之间的迹线。这表明油墨可用于透明导电电极(TCE)应用。

[0073] 表8

[0074]

标称线宽(mil)	测量线宽平均值 (μm)	测量线厚平均值 (μm)	电阻率平均值 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)
1	49	49	20
0.8	41	41	9

[0075] 在阅读说明书后,新颖性特征对于本领域技术人员而言将变得显而易见。然而,应该理解,权利要求的范围不应受实施方式的限制,而应给予与权利要求的措辞和整个说明书一致的最广泛的解释。

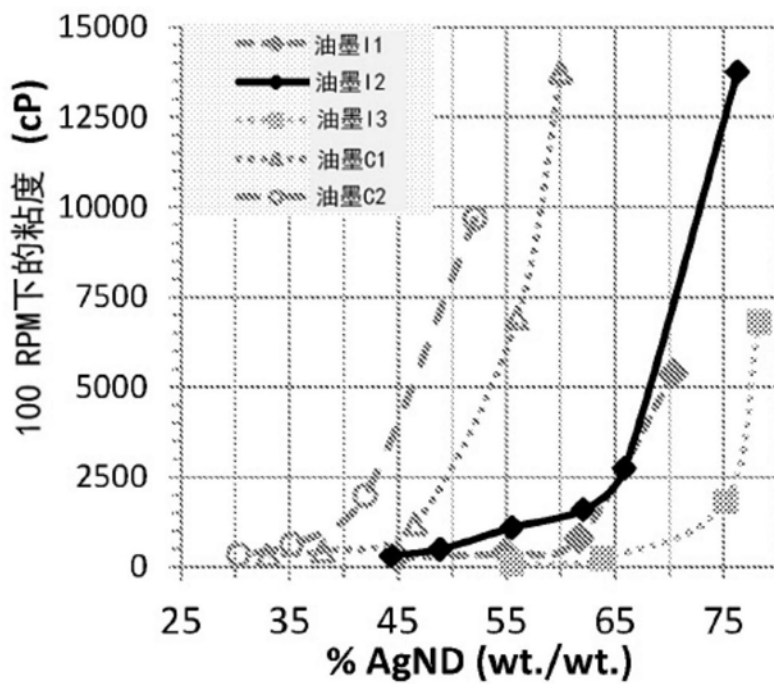


图1A

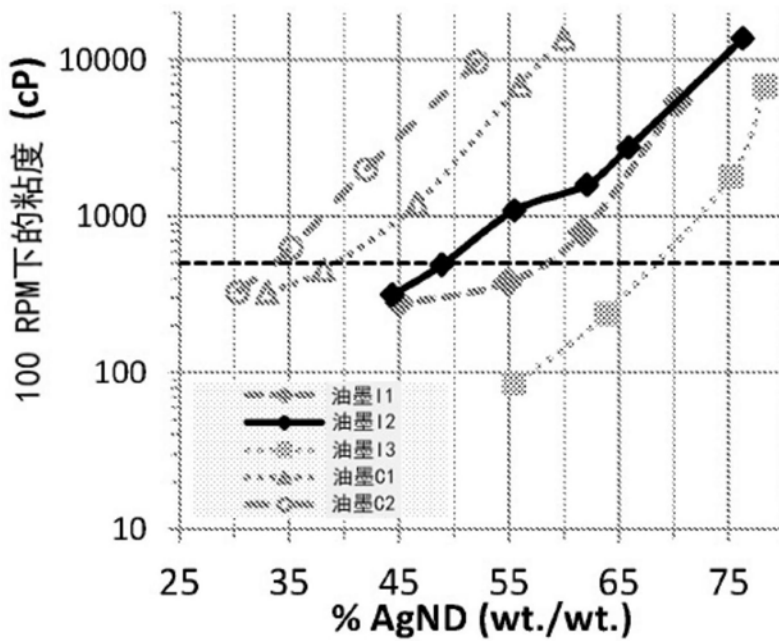


图1B

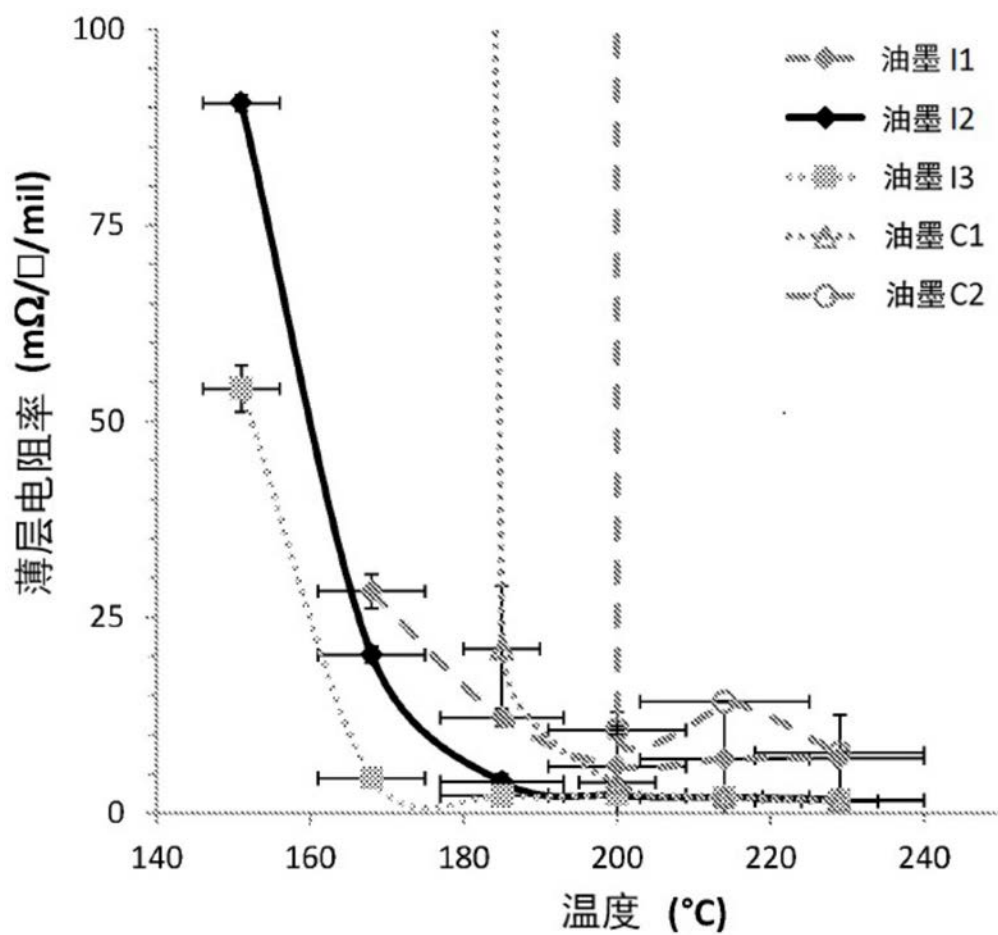


图2

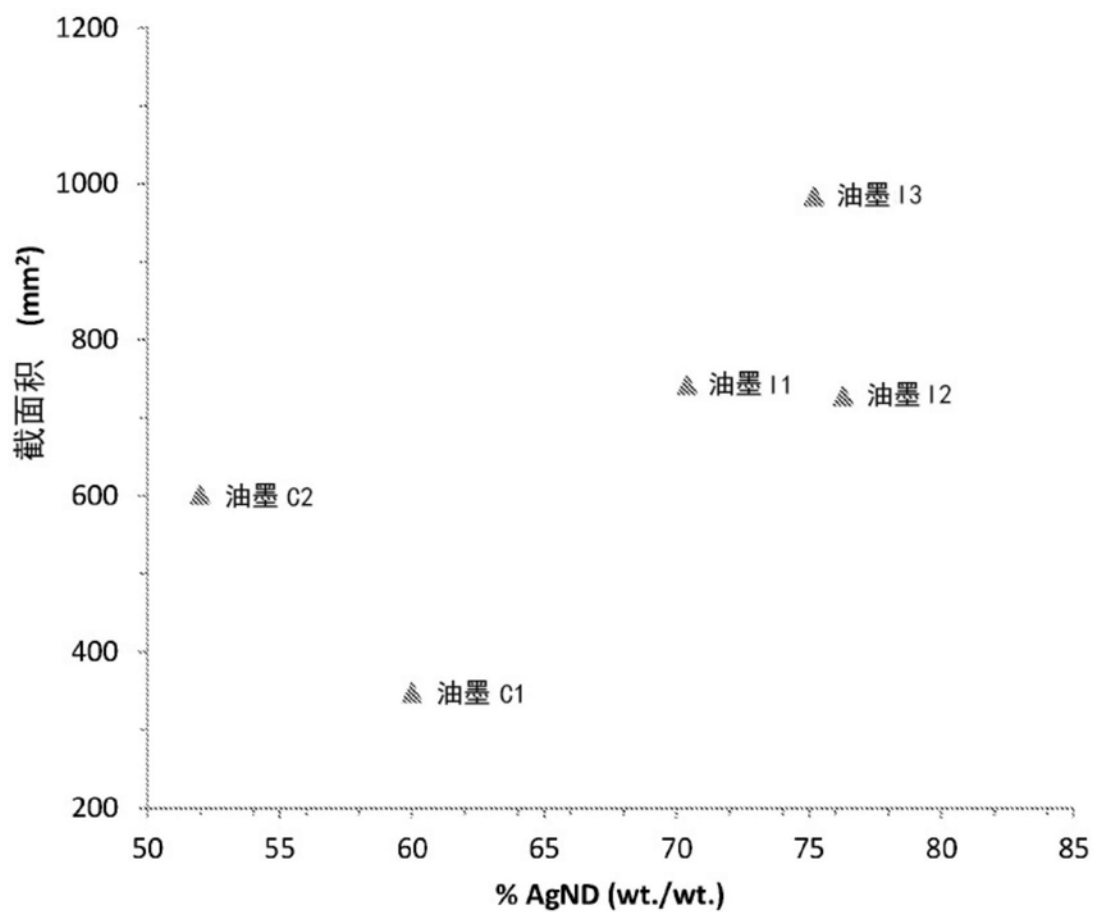


图3