



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101346441 B

(45) 授权公告日 2012. 04. 18

(21) 申请号 200680049004. 2

(22) 申请日 2006. 12. 18

(30) 优先权数据

2005/10436 2005. 12. 22 ZA

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 06. 23

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2006/003666 2006. 12. 18

(87) PCT申请的公布数据

W02007/072162 EN 2007. 06. 28

(73) 专利权人 开普敦大学

地址 南非开普敦

(72) 发明人 大卫·托马斯·布里顿

埃昆达尔·阿约德勒·奥多

马尔吉特·黑廷

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 陈平

(51) Int. Cl.

C09D 5/24 (2006. 01)

C09D 11/00 (2006. 01)

C09D 191/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2004-244525 A, 2004. 09. 02, 说明书第 [0006] - [0053] 段.

CN 1665872 A, 2005. 09. 07, 说明书第 1 行第 10 行至第 4 页第 2 行.

CN 1449576 A, 2003. 10. 15, 说明书第 3 页第 7 行至第 11 页倒数第 2 行.

EP 1104791 A1, 2001. 06. 06, 说明书第 [0001] - [0057] 段.

US 3947278 A, 1976. 03. 30, 说明书第 1 栏第 3 行至第 10 栏第 45 行.

审查员 周为

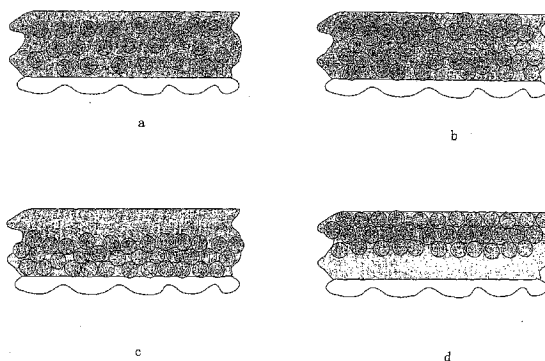
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

(54) 发明名称

厚膜半导体油墨

(57) 摘要

一种制备可印刷组合物的方法包括:将一定量的粒子半导体材料与一定量的粘合剂混合。半导体材料典型是粒子尺寸在 5 纳米至 10 微米的范围内的纳米粒子硅。粘合剂是包括天然油或它的衍生物或合成的类似物的自聚合材料。优选地,粘合剂包括通过由天然油或它的衍生物组成的前体的自聚合所形成的天然聚合物,所述衍生物包括纯的不饱和脂肪酸、单-和双-甘油酯,或相应的脂肪酸的甲酯和乙酯。该方法可以包括:将可印刷组合物以单或多层的形式涂敷到基底上,并且使该可印刷组合物固化,以在基底上限定部件或导体。



1. 一种制备可印刷半导体油墨的方法,该方法包括:将一定量的粒子半导体材料的粒子与一定量的粘合剂混合,以制备具有半导体性质的油墨,其特征在于所述粒子具有在 5 纳米至 10 微米的范围内的粒子尺寸并且具有半导体功能性,并且在于,所述粘合剂是包括植物油或它的衍生物或合成的类似物的自聚合材料,其中它的衍生物包括纯的不饱和脂肪酸,相应的脂肪酸的单-或双-甘油酯,或甲酯或乙酯,并且其中它的合成的类似物包括不饱和脂肪酸的单-和双-甘油酯和甲酯和乙酯。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于所述粘合剂包括通过由植物油或它的衍生物组成的前体的自聚合所形成的天然聚合物,所述衍生物包括纯的不饱和脂肪酸,相应的脂肪酸的单-或双-甘油酯,或甲酯或乙酯。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于所述粘合剂包括干性或半干性油,或干性和半干性油的混合物。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于所述油是含有一种以上的十八酸、十八碳二烯酸和/或十八碳三烯酸的干性油。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于所述干性油是亚麻子或桐油。

6. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于所述油是包括大豆、棉子或蓖麻油的半干性油。

7. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于所述粘合剂是十八碳二烯酸或十八碳三烯酸,或它们的混合物。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于所述粘合剂是亚麻酸。

9. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的方法,该方法包括将所述粘合剂与溶剂混合。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,其特征在于所述溶剂包括乙醇、丙酮或挥发性漆稀释剂。

11. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的方法,其特征在于所述粒子半导体材料与所述粘合剂的体积比大于 50%。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,其特征在于所述粒子半导体材料与所述粘合剂的体积比大于 80%。

13. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的方法,其特征在于所述粒子半导体材料的粒子尺寸在 50 纳米至 500 纳米的范围内。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,其特征在于所述粒子半导体材料的粒子尺寸在 100 纳米至 300 纳米的范围内。

15. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的方法,其特征在于所述粒子半导体材料包括硅。

16. 一种制备电子部件或导体的方法,该方法包括:根据权利要求 1 至 15 中任一项的方法制备半导体油墨;将所述半导体油墨涂敷到基底上;以及使所述半导体油墨固化,以在所述基底上限定所述部件或导体。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,其特征在于该方法包括将所述半导体油墨作为包含所述粘合剂和所述粒子半导体材料的挥发性漆涂敷到所述基底上。

18. 根据权利要求 16 所述的方法,其特征在于该方法包括将所述半导体油墨作为包含所述粘合剂、所述粒子半导体材料和溶剂的清漆涂敷到所述基底上。

19. 根据权利要求 16 至 18 中任一项所述的方法,其特征在于该方法包括以单次涂敷的形式涂敷所述半导体油墨。

20. 根据权利要求 16 至 18 中任一项所述的方法,其特征在于该方法包括以多层的形式涂敷所述半导体油墨,以限定具有需要特性的电子部件。

21. 根据权利要求 16 至 18 中任一项所述的方法,其特征在于该方法包括使所述半导体油墨在环境条件下固化。

22. 根据权利要求 16 至 18 中任一项所述的方法,其特征在于所述基底是刚性的,并且包括金属、玻璃或塑料或纸。

23. 根据权利要求 16 至 18 中任一项所述的方法,其特征在于所述基底是挠性的,并且包括金属、塑料或纸。

24. 根据权利要求 16 至 18 中任一项所述的方法,其特征在于该方法包括将所述半导体油墨以厚度在 0.1 至 500 微米的范围内的层的形式涂敷到所述基底上。

25. 根据权利要求 24 所述的方法,其特征在于将所述半导体油墨以厚度为 100 微米的层的形式涂敷到所述基底上。

26. 一种通过权利要求 1 至 15 中任一项的方法制备的半导体油墨。

27. 一种通过权利要求 16 至 25 中任一项的方法制备的电子部件或导体。

厚膜半导体油墨

[0001] 发明背景

[0002] 本发明涉及通常用于电子和电应用并且具体用于需要半导体性质的那些应用的可印刷组合物。

[0003] 具有几纳米直至几百纳米的特征尺寸的半导体纳米粒子是一种广泛研究的材料类型,在所述半导体纳米粒子中,尺寸效应支配块体材料 (bulk material) 的性质。通常,取决于具体材料及它的应用,3 种不同的与尺寸相关的现象可以改变这种纳米粒子的电子性质、光学性质、热性质以及机械性质:

[0004] 1. 与已知的体相相比,不同结构和组成;

[0005] 2. 与体相相比,粒子的更高的表面对体积的比率,这引起表面状态和工艺起支配作用;和

[0006] 3. 当目标的尺寸类似于或小于基本激发(电子态、光波长或声子激发)的波长和相干长度时,量子局限效应。

[0007] 已经公开了各种使用这种粒子的半导体油墨。例如,已知的是含有无规分散在基体或粘合剂中的半导体粒子的有机半导体油墨,以及其中半导体粒子形成互连结构的无机半导体油墨。

[0008] 在这样的应用中,粘合剂或基体材料通常是可溶于易于获得性的溶剂例如丙酮、氯仿或甲苯中的聚合物。普通实例是作为绝缘体的聚苯乙烯和乙酸丁酸纤维 (CAB),以及作为共轭空穴导体 (hole conductor) 从而使电荷在隔离的粒子之间输送的聚噻吩。

[0009] 本发明的一个目的是提供备选的含有半导体粒子的可印刷组合物。

[0010] 发明概述

[0011] 根据本发明,提供了一种制备可印刷组合物的方法,该方法包括将一定量的粒子半导体材料与一定量的粘合剂混合,其中,该粘合剂是包含天然油或其衍生物或类似物的自聚合材料。

[0012] 粘合剂可以包括通过由天然油或它的衍生物组成的前体的自聚合所形成的天然聚合物,所述衍生物包括纯的不饱和脂肪酸、单-和双-甘油酯,或相应的脂肪酸的甲酯和乙酯。

[0013] 粘合剂可以包括干性或半干性油,或它们的混合物。

[0014] 干性油可以含有一种以上的十八酸、十八碳二烯酸和/或十八碳三烯酸。

[0015] 优选地,干性油是亚麻子或桐油。

[0016] 在半干性油的情况下,油可以例如是大豆、棉子或蓖麻油。

[0017] 粘合剂可以是十八碳二烯酸或十八碳三烯酸,或它们的混合物。

[0018] 例如,粘合剂可以是亚麻酸或亚油酸。

[0019] 方法可以包括将粘合剂与溶剂例如乙醇、丙酮或挥发性漆稀释剂混合。

[0020] 可以将组合物作为包含粘合剂和粒子的挥发性漆涂敷到基底上,或可以作为包含粘合剂、粒子和溶剂的清漆涂敷。

[0021] 优选地,粒子半导体材料与粘合剂的体积比大于 50%,并且更优选大于 80%。

[0022] 粒子半导体材料的粒子尺寸在 5 纳米至 10 微米的范围内,并且优选在 50 至 500 纳米的范围内。

[0023] 在一个典型的实例中,尺寸范围可以是 100 至 300 纳米。

[0024] 在本发明的一个优选实施方案中,粒子半导体材料包括硅。

[0025] 另外,根据本发明,提供了一种制备电子部件或导体的方法,该方法包括:如上限定地制备可印刷组合物;将该可印刷组合物涂敷到基底上;以及使可印刷组合物固化,以在基底上限定部件或导体。

[0026] 可印刷组合物可以以单次涂敷或多层的形式涂敷,以限定具有所需特性的电子部件。

[0027] 优选地,使可印刷组合物在环境条件下固化。

[0028] 基底可以刚性或挠性的,并且可以例如包括金属、玻璃、塑料和纸。

[0029] 可以将可印刷组合物以厚度在 0.1 至 500 微米的范围内的层的形式涂敷。

[0030] 典型地,层的厚度在 100 微米的区域内。

[0031] 本发明扩展至通过各个方法可印刷组合物和电子部件或导体。

[0032] 附图简述

[0033] 图 1(a) 是根据本发明的第一实施方案,示例沉积在基底上的粘合剂层中所分散的半导体粒子的示意性截面图;

[0034] 图 1(b) 是根据本发明的第二实施方案,示例沉积在基底上的粘合剂层中的半导体粒子的互连网络的示意性截面图,所述示意性截面图与图 1(a) 的示意性截面图相类似;

[0035] 图 1(c) 是根据本发明的第三实施方案,示例沉积在基底上的粘合剂层的下部中富集的半导体粒子的示意性截面图,所述示意性截面图与图 1(a) 和 1(b) 的示意性截面图相类似;

[0036] 图 1(d) 是根据本发明的第四实施方案,示例沉积在基底上的粘合剂层的上部中富集的半导体粒子的示意性截面图,所述示意性截面图与图 1(a) 至 (c) 的示意性截面图相类似;

[0037] 图 2 是适用于本发明的方法的天然油的示意图;

[0038] 图 3 是使用不同的粘合剂材料,根据本发明的方法制备的肖特基二极管的特征曲线的图;和

[0039] 图 4 是示例半导体层的电导率作为晶体管测试结构中所施加的栅极电势的函数的图,所述半导体层由使用亚油酸和亚麻酸作为粘合剂的硅油墨制备。

[0040] 实施方案的描述

[0041] 本发明涉及通常用于电子和电应用并且具体用于需要半导体性质的那些应用的可印刷组合物。可以用于电子电路、部件的制备并且可以作为用于制备半导体材料和层的复合材料的这些组合物,包含具有半导体功能性的粒子以及自聚合粘合剂,该自聚合粘合剂优选是天然来源,其通过氧化或氢氧化 (hydroxylation) 诱导的自聚合固化。

[0042] 为了此文件的目的,将通常称为油墨、挥发性漆、油漆、清漆、悬浮物等的任何这种可印刷组合物称为“油墨”。将涂敷油墨的方法,包括喷射、流延和上漆,以及常规的凹版印刷、平面或浮凸印刷技术,通常称为“印刷”。如果粘合剂的熔点和粘度使它在标准情况下是固体,则可以包括干燥转印法,例如静电干印复制法和热印刷。以上类型的可印刷组合物

及涂敷它们的方法通过举例的方式给出,并且本领域的技术人员可以想得到其它实例。

[0043] 如上所述,已知这样的半导体油墨,其中粘合剂或基体材料是可溶于易于获得性的溶剂例如丙酮、氯仿或甲苯的聚合物,例如聚苯乙烯或乙酸丁酸纤维(CAB)。

[0044] 另一方面,作为油墨、挥发性漆和清漆,粘合剂-粒子混合物在传统工艺中是众所周知的,其中,无机粒子起颜料的作用。传统地,在油漆或挥发性漆中,将颜料与通过自-氧化聚合的天然干性油混合,尽管最近已经应用了也可以通过氢氧化聚合的合成单体。在清漆或油墨中,用合适的有机溶剂例如乙醇或甲醇,或溶剂的混合物例如商业挥发性漆稀释剂,将粘合剂稀释。稀释剂的加入用于调节液体的流变性并且防止早期硬化的双重目的,因而延长贮存时间。这些粘合剂材料的天热来源和有限加工使其被认为是生态友好的可更新资源。

[0045] 先前既没有将传统干性油,也没有将它们的衍生物认作是功能性油墨中的粘合剂,所述功能性油墨例如为用于无源或有源厚膜电子部件、电路或层的那些功能性油墨。然而,具有类似的自聚合性质的合成酯在商业上被用于无源电子器件和涂层应用。这些中的大多数是有专利权的,但是它们通常由具有芳族侧链的甲酯或环酯组成。

[0046] 对于根据本发明的具有光电(photoelectronic)和光电子(optoelectronic)性质的油墨的制备,如图1(a)中所示意性显示的,半导体粒子需要均匀地分散在粘合剂材料中。为了实现此需要,需要两种材料之间的界面张力低,以使粒子完全润湿。在沉积和固化期间,应当保持油墨的粘度高,以防止粒子的沉降或絮凝。

[0047] 对于半导体层或部件的印刷,如图1(b)中所示意性显示的,油墨应当包含相对于粘合剂材料,高体积分数的半导体粒子,从而使最终的材料包含粒子的互连网络,这可以具有规则或不规则碎片形(fractal)的几何形状。然而,为了应用和贮存,可以用任意量的包括水或非-反应性有机液体的溶剂或稀释剂稀释油墨。因此,粒子和粘合剂之间的界面张力不显著,尽管更高的值可以帮助防止粒子之间的间隙的完全润湿,因而促进了相邻粒子之间更好的导电路径。在许多情况下,如在图1(c)和1(d)中所分别示意性显示的,通过沉降或絮凝的分离都有益于制备由半导体和绝缘体层组成的双层系统和部件,例如MIS-FET和电容器。印刷的层或部件的厚度典型在0.1至500微米的范围内。

[0048] 粘合剂材料应当是通过由天然油或它的衍生物组成的前体的自聚合形成的天然聚合物,所述衍生物包括纯的不饱和脂肪酸、单-和双-甘油酯,或相应的脂肪酸的甲酯和乙酯。如图2中所示,天然油通常是甘油三酯的复杂混合物,所述的甘油三酯具有连接到甘油(丙-1-2-3-三醇)骨架上的3种随机选择的脂肪酸。因此,它们的组成大大取决于植物种类以及其培育,但是通过共混,通常得到相对于固化性质和脂肪酸部分的一致性质。

[0049] 通常,粒子半导体材料与粘合剂的体积比应当大于50%,并且更优选大于80%。在以下实例中的两个中,使用约90%的体积比。粒子半导体材料可以具有在5纳米至10微米范围内的粒子尺寸,并且优选是尺寸在50至500纳米范围内的纳米粒子。

[0050] 负责聚合的干性油的主要组分是特征在于一个双键的十八酸、具有两个双键的十八碳二烯酸以及十八碳三烯酸(三个双键)。在非-聚合饱和脂肪酸作为增塑剂的情况下,其它的不饱和脂肪酸也有助于聚合。

[0051] 最普通的十八碳三烯酸是通过交替双键和单键而全部共轭的反式-脂肪酸,并且最有效地聚合。例外的是亚麻酸(9顺式-12顺式-15顺式-十八碳三烯酸),其是非-共

甾的顺式-脂肪酸,并且是亚麻子油的主要组分。除亚麻子油以外,用于涂料的主要的干性油是也称为桐油(china wood oil)的桐油(tung oil),其主要聚合组分是桐酸(9顺式-11反式-13反式-十八碳三烯酸)。与合成粘合剂和其它的天然油相比,这两种油具有廉价并且容易获得的优点。

[0052] 适于作为粘合剂前体的富含十八碳三烯酸的油的其它来源的实例列于以下表 1 中。

[0053] 表 1:具有明显浓度的十八碳三烯酸的植物油的实例,所述十八碳三烯酸适于作为用于半导体复合材料的自聚合粘合剂。

[0054]

油	主要脂肪酸组分
亚麻子	亚麻酸(9顺式-12顺式-15顺式-十八碳三烯酸)
桐	桐酸(9顺式-11反式-13反式-十八碳三烯酸)
金盏花(calendula)(真金盏花(true marigold)或金盏花(pot marigold))	金盏花酸(8反式-10反式-12顺式-十八碳三烯酸)
蓝花楹(Jacaranda)	蓝花楹酸(jacaric)(8顺式-10反式-12顺式-十八碳三烯酸)
石榴(pomegranate),葫芦(gourd)	石榴酸(9顺式-11反式-13顺式-十八碳三烯酸)
梓	梓树酸(9反式-11反式-13顺式-十八碳三烯酸)

[0055] 对于一些应用,例如需要渐变界面的情况,可以使用半干性油例如大豆、棉子或蓖麻油,以补充乃至代替干性油。这些油的主要活性组分是亚油(9-顺式-12顺式-十八碳三烯)酸和蓖麻油(ricolenic)(12-羟基-9-十八)酸。

[0056] 油基-半导体油墨由于它们的内在疏水性,特别适于胶版平版印刷以及其它的平面印刷工艺。在传统油-基油漆和油墨的使用和操作中,已经存在大量的公知常识,并且可以将它们容易地应用到浮凸、凹版印刷或镂花工艺。另外,油在多数易于获得性的非-腐蚀性溶剂例如乙醇或丙酮中是可溶的,从而允许对它们的粘度简单而安全更改,以及清洁。

[0057] 为了增加的粘度以及更短的固化时间,可以应用已经应用到传统介质的方法,例如用于在混合油墨之前部分聚合油的加热处理。此方法的一个简单实例将是在油墨配方中,使用沸腾过的亚麻子油,以代替原始亚麻子油。然而,如果使用催干剂或促进剂,则必须考虑它们对所得材料的电子性质的影响。大多数的干燥剂是有机酸的金属盐,并且包含离子性基团,所述离子性基团可能影响半导体粒子的掺杂水平,并且还可以导致在另外的绝缘层中的导电性。

[0058] 纯的脂肪酸,特别是十八碳三烯酸,是水溶性的极性分子,这使得它们适于用于浮凸和凹版印刷工艺的水-基组合物。在没有在油中发现其它组分的情况下,它们将形成更稠密、较小挠性的聚合物,并且将迅速得多地固化。除表 1 中列出的酸以外,在几乎全部的植物中所发现的最普通的不饱和脂肪酸的二烯酸,例如亚油(9顺式-12顺式-十八碳二烯)酸,将聚合以形成合适的粘合剂。如同油一样,所述的纯酸是非腐蚀性的,并且可溶于不侵蚀用于印刷工艺的普通材料(例如,合成和天然橡胶、塑料)的温和溶剂,例如醇和醚。

[0059] 还可以用作半导体油墨用自聚合粘合剂的油的类似物包括,不饱和脂肪酸的单-和双-甘油酯和甲酯和乙酯。这些是有效的中间体形式,其中,在保持分子非-极性的同时,系统地移除饱和酸,允许与纯酸相关的迅速聚合,以及油的疏水性质。

[0060] 根据需要,其上可以沉积可印刷组合物的基底可以是刚性或挠性的。可能的刚性基底包括玻璃、金属,以及硬性或刚性塑料。挠性基底例如可以是挠性塑料、薄金属层或纸。

[0061] 实施例 1

[0062] 第一实施例涉及由纳米粒子硅与作为自聚合粘合剂的原始亚麻子油组成的半导

体油墨的制备。硅纳米粒子是通过在轨道粉磨机中,对块体硅进行机械研磨 3 小时制备的。使用两种单晶晶片:硼掺杂的 P 型和铟-掺杂的 N 型,以及冶金级硅。典型粒子尺寸在 100 和 300nm 之间。油墨是通过下列方法制备的:首先,用作为载体溶剂的乙醇稀释油,然后以相对于油超过 90%的高体积比分散纳米粉末。然后,将典型 100 微米厚的层印刷到纸基底上。然后,使用可印刷的银导体丝网印刷油墨(杜邦 5000 (Du Pont 5000)),涂覆用于霍尔效应测量的电连接。由霍尔效应决定的主要载流子迁移率和浓度在以下表 2 中给出。

[0063] 表 2:使用原始亚麻子油作为自聚合粘合剂以及乙醇作为溶剂,从各种硅纳米粒子制备的油墨的半导体特性。

[0064]

纳米粉末	粒子体积 分数	电阻率 $M\Omega\text{ cm}$	迁移率 $\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$	载流子浓度 $\times 10^{12}\text{ cm}^{-3}$
n-型 Si	88%	0.26	1.6	14.9
n-型 Si	90%	0.29	1.9	11.1
n-型 Si	92%	0.32	1.2	17
p-型 Si	88%	13	0.12	0.86
p-型 Si	90%	15.5	0.15	0.28
p-型 Si	92%	16.2	0.45	0.41
纳米冶金 Si	91%	2.22	0.65	4.3

[0065] 实施例 2

[0066] 第二实施例涉及采用作为自聚合粘合剂的不同天然油和冶金级硅纳米粒子制成的半导体油墨的制备。硅纳米粒子是通过在轨道粉磨机中,对块体材料进行机械研磨 180 分钟制备的。油墨是通过下列方法制备的:将 20 微升的油与 0.5 升硅粉末混合,并且用 50 微升的商业挥发性漆稀释剂稀释,以实现完全润湿。然后,将混合物在超声浴中搅拌 40 分

钟,以达到硅粉末的均匀分散。对下列油进行比较:亚麻子油;蓖麻油;大豆油;金盏花油;以及金盏花与非-干性油的共混物。

[0067] 为了研究油墨的电特性,向玻璃基底上浇铸 10mm×1mm 的银带 (silverstrip)。在干燥过夜以后,垂直于长度刻划宽度为 0.5mm 的沟槽,从而形成两个电接触 (electrical contact)。将油墨滴注流延到沟槽中,以形成对称的肖特基二极管结构。不进行控制油墨滴的尺寸或扩展的尝试。尽管几种组合物几乎立即固化,但是将全部的二极管在环境条件下放置以固化 3 天。对于使用不同油的示例性结构,在图 3 中示出了肖特基二极管曲线的正半部分。

[0068] 除由不同的反向饱和电流所导致的标度因子以外,图 3 中所示的曲线在定性上相同。如实曲线所示的,使用相同的接触电势差和理想因子,可以模拟它们。这表明,仅半导体硅粒子,而非粘合剂材料,直接有助于油墨的半导体性质。

[0069] 实施例 3

[0070] 第三实施例涉及脂肪酸,亚麻 (9 顺式-12 顺式-15 顺式-十八碳三烯) 酸和亚油 (9 顺式-12 顺式-十八碳二烯) 酸,在半导体油墨中的使用。为了易于比较粘合剂性质,使用标准化的测试结构以及油墨组成。

[0071] 为了构造测试结构,首先,通过软布印刷 (tampon printing),使用杜邦 5000 银导体丝网印刷油墨,向 350gsm Euro Art 光面纸基底上印刷银栅极接触。此电极的尺寸为 1mm×3mm。在此电极上,使用杜邦 8153 绝缘剂软布印刷绝缘层。最后,使用相同的方法在其上罩印也是杜邦 5000 银导体的源极和漏极电极。最终结构中的栅极长度和宽度分别为 120 μm 和 1mm。

[0072] 根据制造商对于厚膜油墨的推荐,在印刷绝缘体以后,并且在印刷最终的银接触以后,将该结构在炉中于 120°C 干燥 30 分钟。还测定没有涂敷半导体层的器件结构的电特性。

[0073] 将两种不同的硅粉末用于油墨的配方:来自南非波洛克瓦尼 (Polokwane) 的 Silicon Smelters(Pty) 公司 (Silicon Smelters(Pty)Ltd) 的 2503 冶金级硅,其在轨道粉磨机中被研磨 3 小时;和来自 MTI 晶体公司 (MTICrystal Corp) 的本征硅纳米粉末,其具有小于 50nm 的规定粒子尺寸。为了充分表征粘合剂的影响,用处于 50% 的下限的硅的体积分数制备油墨,包括:0.4g 硅粉末,所述的硅粉末被加入到 200 微升的各个粘合剂在适当体积的商业挥发性漆稀释剂中的溶液中。为了实现粉末的完全润湿以及相似的油墨的粘度,对于粉末的每一种类型,保持溶剂的量相同,即,对于冶金级硅,为 1.2ml,而对于更小的本征纳米粒子,为 4.8ml。在加入粉末以后,将混合物在超声浴中超声处理 2 小时。将约 5 微升的每一种油墨或者手工印刷 (hand print),或者滴注流延到不同的预先制备的结构的栅极上,并且使其干燥过夜。印刷的层显示了高的完整性,形成连续的油墨而没有呈粉状,而滴注流延的层在干燥过程中出现表面裂纹。全部的层显示出对基底的良好粘合。

[0074] 对于高达 20V 的漏极-源极电势以及 0、±5V、±10V 和 ±15V 的栅极电势,使用 Keithley 4200 半导体表征系统测定每一种结构的特征曲线。测试结构的几何形状和尺寸使得不能达到漏极-源极电流的饱和,并且仅观察到弱的场效应。因此,全部的器件显示了线性的响应,其在对于显示有限的栅极-漏极电阻施加的栅极电势具有偏移量。

[0075] 在校正栅极-漏极电流以后,将每一种器件的源极-漏极电导率作为施加的栅极

电势的函数显示于图 4 中。可以看出,与裸露的器件结构相比,印刷的层的电导率更高,这表明,即使在使用高粘合剂分数的情况下,在粒子之间也存在电连通性。而且,电导率取决于施加的栅极电压,这证实,印刷的层确实具有半导体特性。对于所示的滴注流延层,这些效果不显著得多,这表明,粒子之间或粒子和电接触之间的连接由粒子的分散或相分离所抑制。

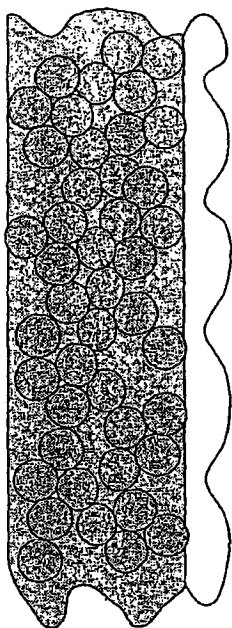


图 1a

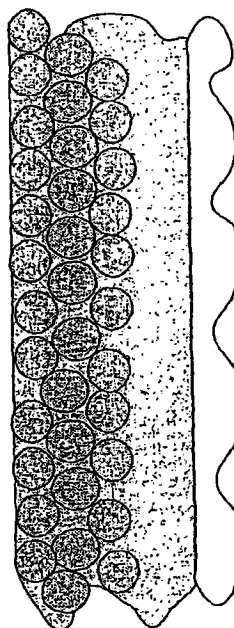


图 1b

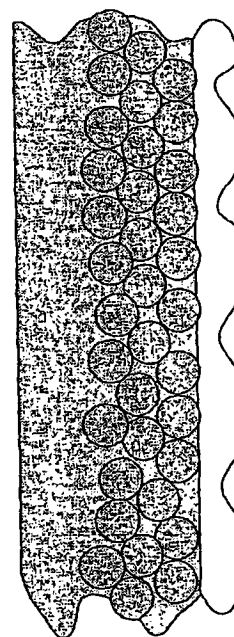


图 1c

图 1d

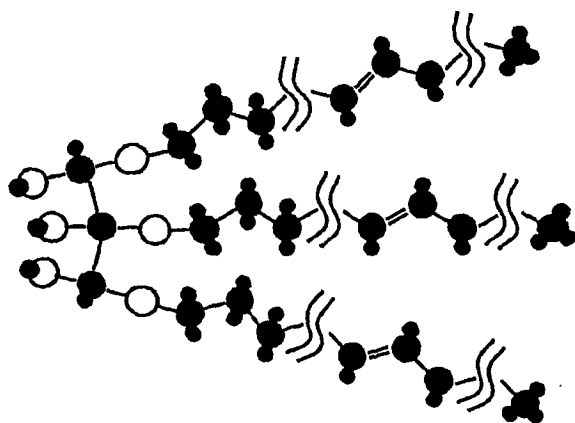


图 2

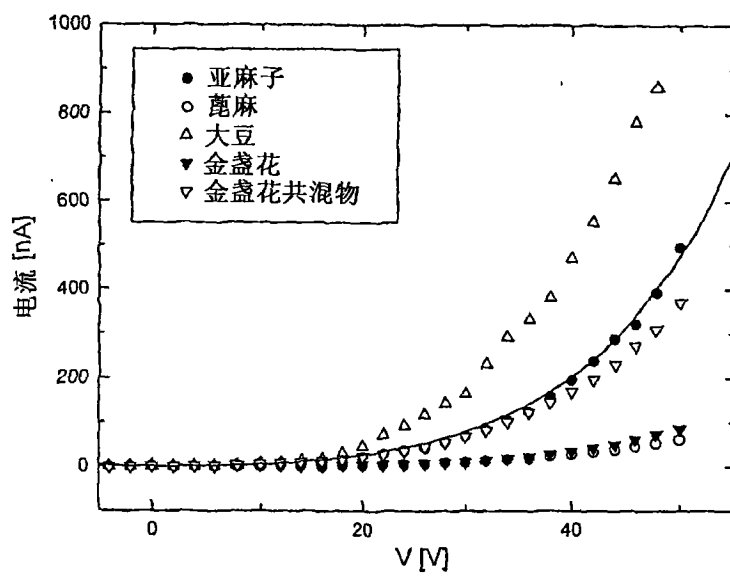


图 3

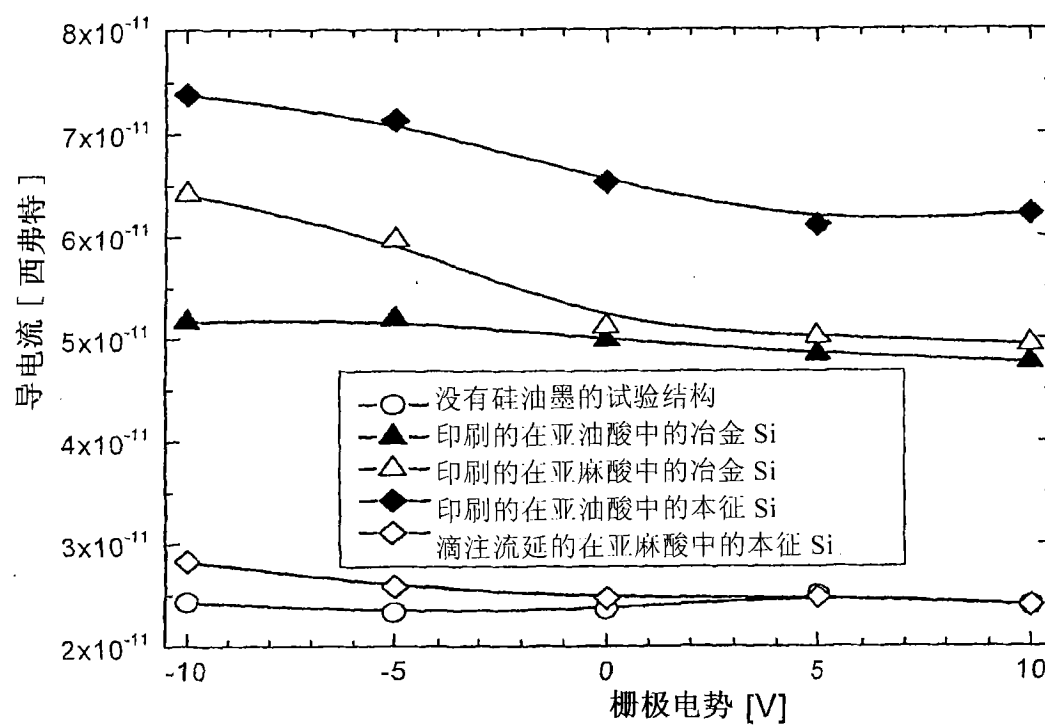


图 4