



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101815772 A

(43) 申请公布日 2010.08.25

(21) 申请号 200780100910.5

(22) 申请日 2007.09.14

(85) PCT申请进入国家阶段日
2010.04.01

(86) PCT申请的申请数据
PCT/US2007/020018 2007.09.14

(87) PCT申请的公布数据
W02009/035439 EN 2009.03.19

(71) 申请人 汉高股份两合公司
地址 德国杜塞尔多夫市

(72) 发明人 张一民 A·Y·肖

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
代理人 赵蓉民 陆惠中

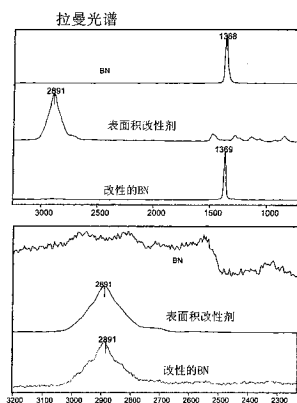
(51) Int. Cl.
C09K 5/00 (2006.01)

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称
导热组合物

(57) 摘要

提供用作生热电子装置中导热组合物的组合物。该组合物包含用表面积改性剂改性的物理处理填料和一种或更多种树脂。



1. 导热组合物,其包含填料和树脂粘合剂,其中所述填料用表面积改性剂物理处理。
2. 权利要求 1 所述的导热组合物,其中所述填料的特征是具有用所述表面积改性剂处理的外表面和 / 或内孔。
3. 权利要求 1 所述的导热组合物,其中所述表面积改性剂具有约 25°C 至约 150°C 的熔点。
4. 权利要求 3 所述的导热组合物,其中所述表面积改性剂选自聚氧化烯烃、天然蜡、合成蜡或其混合物。
5. 权利要求 4 所述的导热组合物,其中所述表面积改性剂选自具有 -OH 官能团的环氧乙烷-环氧丙烷共聚物、具有 -OH 官能团的环氧乙烷-环氧丙烷-环氧乙烷共聚物、具有 -OH 官能团的环氧丙烷-环氧乙烷-环氧丙烷共聚物、聚乙二醇、聚环氧乙烷、聚环氧丙烷、蜡及其混合物。
6. 权利要求 1 所述的导热组合物,其中所述填料选自氮化硼、氮化铝、铜、银、铝、镁、黄铜、金、镍、氧化铝、氧化锌、氧化镁、氧化铁、氧化银、氧化铜、涂敷金属的有机颗粒、镀银的镍、镀银的铜、镀银的铝、镀银的玻璃、银薄片、银粉、碳黑、石墨、金刚石、碳纳米管、二氧化硅及其混合物。
7. 权利要求 6 所述的导热组合物,其中所述填料是氮化硼。
8. 权利要求 7 所述的导热组合物,其中所述氮化硼是聚结的或多孔的。
9. 权利要求 8 所述的导热组合物,其中所述填料具有约 0.01 至约 1,000 微米的大小范围。
10. 权利要求 1 所述的导热组合物,其中所述树脂粘合剂选自环氧树脂、硅氧烷、环氧化物封端硅氧烷、马来酰亚胺、双马来酰亚胺、乙烯醚、乙烯酯、衣康酸酯、延胡索酸酯、聚酰亚胺、氰酸酯、氟硅氧烷、聚氨酯、丙烯酸酯单体和聚合物、脂肪酯、马来酸酯、异氰酸酯、聚烯烃、降冰片烯、环硫化物、苯并噁嗪 (benzoxazines)、苯乙烯、噁唑啉、胺、酚醛塑料、烯丙基化合物聚酯及其混合物。
11. 权利要求 10 所述的导热组合物,其中所述树脂粘合剂选自环氧树脂、硅氧烷、环氧化物封端硅氧烷和双马来酰亚胺。
12. 权利要求 1 所述的导热组合物,其中所述组合物进一步包含固化剂、固化促进剂、催化剂、助粘剂、反应性稀释剂、非反应性稀释剂、表面活性剂、湿润剂、抗氧化剂、触变剂、加强组合物、硅烷、钛酸酯、蜡、苯酚甲醛、硅烷官能的全氟醚、磷酸官能的全氟醚、脱泡剂、流动助剂、助粘剂、流变改性剂、消泡剂、间隔珠或其混合物。
13. 权利要求 1 所述的导热组合物,其中所述组合物被固化 / 干燥成垫板、润滑脂、相变组合物、薄膜、糊或粘合剂。
14. 导热组合物,其包含用环氧乙烷 / 环氧丙烷嵌段共聚物物理处理的多孔氮化硼、环氧树脂和咪唑交联剂。
15. 用权利要求 1 所述的导热组合物制造或形成电子装置的方法,包括:将所述导热组合物通过分配、模版印刷、丝网印刷、轮转凹版印刷或柔版印刷施用在基材上以及固化和 / 或干燥所述组合物。
16. 电子装置,其包含权利要求 1 所述的导热组合物。
17. 电子装置,其包含生热元件、冷散热器和权利要求 1 所述的导热组合物。

18. 制备物理处理的填料的方法,包括:将未处理填料分散在溶剂和表面积改性剂中;蒸发所述溶剂;以及干燥以形成所述物理处理的填料。

导热组合物

发明领域

[0001] 本发明涉及导热组合物,其用于将生热电子装置的热转移到冷散热器 (cold sink),所述冷散热器吸收和驱散传递的热。

[0002] 发明背景

[0003] 诸如含有半导体的那些电子装置通常在运行期间产生大量的热。为冷却半导体,使用导热组合物来提供半导体和冷散热器之间的紧密接触,以促进热转移出半导体并到达冷散热器。导热组合物用于改善热装置/基材和冷散热器/散布器 (spreader) 之间的热通量。导热组合物可以由导热填料和树脂粘合剂组成。随着导热填料浓度的增加,系统的热导率得到改善。然而,渐增的填料填充量可能牺牲性能特征 (例如粘合性、挠性) 或应用要求 (例如胶浆粘度 (paste viscosity)、薄膜组合物的操作特性)。

[0004] 具有低粘度和良好流动性的导热组合物被期望用于目前正在设计的更强大和密集的半导体芯片。低粘度导热组合物期望用于易碎芯片和用于焊料连接,所述焊料连接将芯片粘附至基材,这是由于将组合物施用到半导体芯片需要最小的力量以及所产生的损害芯片完整性的风险降低。

[0005] 在本领域中对具有良好热导率和良好流动性的导热组合物一直存在需求。本发明满足了该需求。

[0006] 发明概述

[0007] 现在已经发现,通过涂敷填料外层和填充填料内孔用表面积改性剂来物理处理填料,与含有未用表面积改性剂如此处理的填料的组合物相比,改善含有这些处理填料的组合物的热导率。用物理处理填料制备的组合物特别可用于包装产品,如电子装置和电子元件。适用于本发明的填料可以是填料的混合物和/或复合填料,能够提供下列期望的性质:热导率、电导率、热绝缘、电绝缘、隔声、吸光、光反射率或这些性质的组合。

[0008] 本发明涉及包含填料和树脂粘合剂的组合物,所述填料用表面积改性剂物理处理。

[0009] 在另一个实施方式中,表面积改性剂具有约 25°C 至约 150°C 之间的熔点。

[0010] 在进一步的实施方式中,表面积改性剂具有约 30°C 至约 80°C 之间的熔点。

[0011] 在又一实施方式中,表面积改性剂是聚氧化烯烃、天然蜡、合成蜡或它们的混合物。

[0012] 在又一个实施方式中,填料的物理处理通过用表面积改性剂涂敷填料外层和/或填充填料内孔来进行。示例性表面积改性剂是用 -OH 官能团封端的环氧乙烷-环氧丙烷 (EO-PO) 共聚物、用 -OH 官能团封端的环氧乙烷-环氧丙烷-环氧乙烷 (EO-PO-EO) 共聚物、用 -OH 官能团封端的环氧丙烷-环氧乙烷-环氧丙烷 (PO-EO-PO) 共聚物、聚乙二醇、聚环氧乙烷、聚环氧丙烷、蜡以及共聚物和掺合物。

[0013] 组合物的另一个实施方式涉及物理处理的氮化硼聚结物 (agglomerate of boron nitride)。

[0014] 在组合物的进一步实施方式中,氮化硼聚结物用聚环氧乙烷均聚物或共聚物物理

处理。

[0015] 在另一个实施方式中,组合物进一步任选包含下列中的一种或更多种:固化剂、固化促进剂、催化剂、助粘剂、反应性稀释剂、非反应性稀释剂、表面活性剂、湿润剂、抗氧化剂、触变剂、加强组合物、硅烷、钛酸酯、蜡、苯酚甲醛、硅烷官能的全氟醚、磷酸官能的全氟醚、脱泡剂(空气释放剂)、流动助剂、助粘剂、流变改性剂、消泡剂和间隔珠。

[0016] 在另一个实施方式中,本发明是物理处理填料的方法,包括将表面积改性剂溶于溶剂中,将未处理的填料分散在溶剂-表面积改性剂溶液中,蒸发溶剂以及干燥现在已经用表面积改性剂物理处理的填料。

[0017] 在进一步的实施方式中,物理处理填料的方法包括将表面积改性剂溶于水中,将未处理的填料和水-表面积改性剂溶液置于流化床涂布机中以用表面积改性剂物理处理填料。

[0018] 又一个实施方式提供使用本发明导热组合物制造的物品。

[0019] 本发明的另一个方面提供含有生热元件、冷散热器和导热组合物的电子装置。

[0020] 又一个方面涉及密封和/或制造或形成半导体和冷散热器之间紧密接触的方法。这些方法包括将本发明导热组合物施用在基材上以及固化/干燥导热组合物,以形成垫板、润滑脂、相变组合物、薄膜、糊、粘合剂等。施用可以例如通过分配、模版印刷、丝网印刷、轮转凹版印刷或柔版印刷来进行。

[0021] 附图简述

[0022] 图1是氮化硼、表面积改性剂(Pluronic F38)和表面积改性的氮化硼的拉曼光谱。

[0023] 图2是物理处理前和处理后BN大小和聚结的扫描电子显微技术图。

[0024] 图3显示粘度与BN和表面积改性的BN的填料填充量的关系。

[0025] 优选实施方式的详细描述

[0026] 已经发现,控制填料的形态、填料的内空隙/孔以及填料表面和树脂的相容性,可以控制组合物的粘度和总热导率。

[0027] 本发明的填料包含具有粗糙表面的多孔填料。填料的物理处理将表面积改性剂导入填料孔中和填料表面上,从而减少填料的总表面积。包含所获得的物理处理填料的组合物显示出低于包含相同填充量的非物理处理填料的组合物的粘度。另外,包含物理处理填料的组合物,与包含未如此物理处理的填料的组合物相比,具有改善的热导率。

[0028] 本领域中可以理解的是,物理处理不同于化学处理。不像化学处理,物理处理不产生或破坏新化学键。

[0029] 本发明的导热组合物包含物理处理的导热填料。这些填料可以是导电的或非导电的。优选用于物理处理的填料通常是具有粗糙表面和/或多孔结构的那些填料。未处理的填料可以包含任何适合的导热材料,包括氮化硼、氮化铝、铜、银、铝、镁、黄铜、金、镍、氧化铝、氧化锌、氧化镁、氧化铁、氧化银、氧化铜、金属涂敷的有机颗粒、镀银的镍、镀银的铜、镀银的铝、镀银的玻璃、银薄片、银粉、碳黑、石墨、金刚石、碳纳米管、二氧化硅及其混合物。优选地,未处理的填料是氮化硼。更优选地,未处理的填料是聚结的氮化硼,可以以商品名PTX60从Momentive Performance Inc., Ohio或以PCTL7MHF从Saint Gobain Ceramics, New York获得。

[0030] 表面积改性剂用于控制填料形状的形态和 / 或填充填料的内空隙 / 孔。导入表面积改性剂减少填料的总表面积。

[0031] 表面积改性剂室温下是固体并且具有低于树脂固化温度的熔化温度。表面积改性剂的熔点为约 25℃ 至约 150℃。在另一个实施方式中, 表面积改性剂的熔点为约 30℃ 至 80℃。低熔点使得能够在升高的温度下进行填料 - 填料接触以获得改善的热导率。在表面积改性剂熔化温度下固相至液相改变可以吸收从装置产生的热, 同时瞬时保持低界面温度。

[0032] 用于填料的表面积改性剂可以包括聚氧化烯烃、天然蜡、合成蜡或其混合物。聚氧化烯烃的非限制性实例包括聚环氧乙烷均聚物和共聚物。天然蜡的非限制性实例包括植物蜡如小烛树蜡、巴西棕榈蜡、米蜡、木蜡 (haze wax) 和霍霍巴油; 动物蜡如蜂蜡、羊毛脂和鲸蜡; 矿物蜡如褐煤蜡、地蜡和纯地蜡; 以及石油蜡如石蜡、微晶蜡和矿脂 (petrolactam)。合成蜡的非限制性实例包括合成烃如 Fischer-Tropsch 蜡、聚乙烯蜡; 变性蜡如褐煤蜡衍生物、石蜡衍生物和微晶蜡衍生物; 氢化蜡如氢化蓖麻油和氢化蓖麻油衍生物; 脂肪酸、酰胺、酯、酮以及其它蜡如 12- 羟基硬脂酸、硬脂酸酰胺、无水邻苯二甲酰亚胺和氯化烃。

[0033] 优选的表面积改性剂是具有 -OH 官能团的环氧乙烷 - 环氧丙烷 (EO-PO) 共聚物、具有 -OH 官能团的 EO-PO-EO 共聚物、具有 -OH 官能团的 PO-EO-PO 共聚物、聚乙二醇、聚环氧乙烷、聚环氧丙烷、蜡及其混合物。

[0034] 表面积改性剂以按填料总重量计约 0.1% 至约 30% 的量包含在组合物中。更优选地, 表面积改性剂在按填料总重量计约 0.5% 至约 20% 范围内。

[0035] 在进一步的实施方式中, 表面积改性剂可溶于溶剂中。示例性溶剂是水混溶性的和挥发性的。非限制性溶剂包括水、低分子量醇, 如乙醇、甲醇、正丙醇、异丙醇; 以及低分子量酮, 如丙酮和 MEK。然而, 表面积改性剂不溶于树脂粘合剂中。

[0036] 有几种物理处理填料的方法。一个非限制性实例是, 将表面积改性剂溶于溶剂中, 将填料分散在表面积改性剂 - 溶剂的溶液中, 蒸发溶剂以及干燥物理处理的填料。在另一个非限制性实例中, 填料的物理处理可以这样来实施: 将表面积改性剂溶于水中, 接着将填料和表面积改性剂 - 溶剂的溶液置于流化床涂布机中。应该理解的是, 常规方法可以用于物理处理填料。

[0037] 物理处理的填料平均大小是约 0.01 微米至约 1000 微米。在另一个实施方式中, 物理处理的填料平均大小是约 1 至约 300 微米。在进一步的实施方式中, 物理处理的填料平均大小是约 10 至约 200 微米。

[0038] 填料大小可以是离散的、多模态的或具有宽的大小分布。

[0039] 物理处理的填料按体积计占总组合物的约 10% 至约 40% 范围, 优选地, 按体积计占约 15 至约 35%。

[0040] 导热组合物的树脂粘合剂可以选自整个工业中目前使用的任何树脂。一般地, 树脂粘合剂选自环氧树脂、硅氧烷、环氧化物封端硅氧烷、马来酰亚胺、双马来酰亚胺、乙烯醚、乙烯酯、衣康酸酯、延胡索酸酯、聚酰亚胺、氰酸酯、氟硅氧烷、聚氨酯、丙烯酸酯单体和聚合物、脂肪酯、马来酸酯、异氰酸酯、聚烯烃、降冰片烯、环硫化物、苯并噁嗪 (benzoxazines)、苯乙烯 (styrenic)、噁唑啉、胺、酚醛塑料、烯丙基化合物聚酯及其混合物。

[0041] 在一个实施方式中,树脂选自柔性环氧树脂、硅氧烷、环氧化物封端硅氧烷和双马来酰亚胺。柔性环氧树脂可以根据美国专利 5,717,054 来合成。硅氧烷可以以商品名 PLY7500 从 Nusi1 商业获得。环氧化物封端硅氧烷可以以商品名 Albiflex 从 Hans Chemie 商业获得。双马来酰亚胺可以根据美国专利 6,300,456、6,307,001 或 6,441,121 来合成。

[0042] 树脂可以用任何已知的固化剂进行固化,固化剂包括,例如,咪唑、过氧化物和胺、自由基引发剂和金属催化剂。固化剂的非限制性实例包括嵌段咪唑、2-乙基-4-甲基咪唑、2-甲基咪唑、2-苯基咪唑、2-苯基-4-甲基咪唑、2-十一烷基咪唑、1-苄基-2-甲基咪唑、1-氰基乙基-2-甲基咪唑、1-氰基乙基-2-乙基-4-甲基咪唑、双氰胺(dicyanedi-amine)或其混合物。

[0043] 应该理解的是,许多固化条件是可能的,即,时间、温度和固化期间施加的压力,并且对于选择的树脂,这些可以由实施者来确定,而不需过多的实验。

[0044] 可以包含的各种添加剂是稀释剂(反应性和非反应性)、抗氧化剂、增塑剂、稳定剂、分散剂、着色剂、增粘剂、粘合剂、腐蚀阻抑剂、催化剂、助粘剂、表面活性试剂、湿润剂、触变剂、加强组合物、硅烷、钛酸酯、蜡、苯酚甲醛、硅烷官能的全氟醚、磷酸官能的全氟醚、脱泡剂、流动助剂、助粘剂、流变改性剂、消泡剂、间隔珠及其混合物。

[0045] 物理处理的填料的使用增加组合物的总热导率。当与类似粘度下含有非物理处理填料的组合物相比时,物理处理的填料的使用可以增加组合物的热导率至少约 5%,可达 50%以上。

[0046] 本发明的导热组合物可以与期望驱散热的几乎任何生热元件一起使用。具体地,导热组合物用于在半导体装置中帮助驱散生热元件的热。在这些装置中,导热组合物在生热元件和冷散热器之间形成层并且将待驱散的热转移到冷散热器。导热组合物也可以用于含有散布器的装置中。在这种装置中,导热组合物层可以置于生热元件和散布器之间,以及第二层——其通常比第一层厚——可以置于散布器和冷散热器之间。

[0047] 导热组合物可以形成为垫板、润滑脂、相变组合物、薄膜、糊、粘合剂等。导热组合物可以与具有生热装置和散热装置的任何消费品中。应用包括微处理器包装、轴承箱(bearing housing)、热交换器应用如用于微处理器的热散热片(散热片,heat sink)和集成电路芯片、塑料球栅阵列封装、方形扁平封装和其它常见的表面安装集成电路封装等,特别是要求高热导率的应用。包括计算机和计算机设备,例如打印机、传真机、扫描仪等,以及家用电器和个人电子装置,如照相机、CD 播放器、DVD 播放器、盒式磁带录音机等。这些物品通常包含已经被此导电组合物粘附的电子元件。

[0048] 通过下列非限制性实施例对本发明进行进一步说明:

实施例

[0049] 实施例 1:用表面积改性剂物理处理填料

[0050] 描述了用表面积改性剂物理处理填料的两种不同的方法。

[0051] 实施例 1A:溶液方法

[0052] 将 9 克 Pluronic F38(具有 -OH 末端的 E0-P0 嵌段共聚物, $M_w = 4700\text{g/mol}$,可从 BASF 获得)溶于 200mL 水中。向 Pluronic F38-水溶液中分散 91g 氮化硼填料(PTX60,可从 Momentive Performance Inc., OH 获得)。然后在持续搅拌和真空下将水蒸发过夜。所

得到的干燥粉末重量为 100g。

[0053] 实施例 1B :流化方法

[0054] 将 9 克 Pluronic F38 (具有 -OH 末端的 E0-PO 嵌段共聚物, $M_w = 4700\text{g/mol}$, 可从 BASF 获得) 溶于 45mL 水中。将 Pluronic F38- 水溶液和 91g 氮化硼填料 (PTX60) 置于流化床涂布机 (Vector Corporation, IA 的 Model MFL. 01) 中, 以物理处理填料。所得到的干燥粉末重量为 100g。

[0055] 实施例 2 :除去表面积改性剂

[0056] 将 5 克使用实施例 1A 方法物理处理的 BN 分散在 100g 水中, 搅拌过夜, 然后离心。上清液转移到空容器中并且风干。干燥的上清液收集为 0.79g。这表明, 90% 以上的表面改性剂可以通过一次洗涤回收。红外光谱 (Nicolet Magna-IR 560 光谱仪) 证实, 干燥的上清液为 Pluronic F38。过程的可逆性表明, BN 粉末和表面积改性剂之间没有发生化学反应。

[0057] 实施例 3 :拉曼光谱

[0058] 未处理的 BN、表面积改性剂 (Pluronic F38) 和用 Pluronic F38 物理处理的 BN 的拉曼光谱 (Nicolet Almega XR, Thermal Fisher Scientific, MA 制造) 显示在图 1 中。如图 1 中所示, BN 在 2891cm^{-1} 处的特征峰在用 Pluronic F38 物理处理填料后没有位移, 这表明 Pluronic F38 没有与 BN 发生化学反应。

[0059] 实施例 4 :表面积变化

[0060] 使用各种量的表面积改性剂处理 BN (PTX60), 以产生不同的表面积, 在表 1 中列出。用 Brunauer、Emmett 和 Teller (BET) 方法, 测量未改性和改性 BN 聚结物的表面积 (Micromeritics, GA 的 Micromeritics TriStar 3000 Automated Physisorption Analyzer)。如表 1 中所显示, 试剂量和所得到的表面积之间存在直接相关性。图 2 (JEOL USA, MA 的 Scanning Electronic Microscopy JSM-6380LV) 显示, 填料大小和聚结在改性前和改性后保持相同, 这表明表面积减少是由于填充了填料的孔和 / 或平整了填料的粗糙外部。

[0061] 表 1. 填料的表面积

[0062]

样品	表面积改性剂	%表面积改性剂	物理处理方法	SA (m^2/g)
A	无	0	无	3.95
B	Pluronic F38 ^a	6	流化	2.06
C	Pluronic F38 ^a	9	溶液	1.95
D	Pluronic F68 ^b	9	流化	1.73
E	Pluronic F38 ^a	9	溶液	1.79

样品	表面积改性剂	%表面积改性剂	物理处理方法	SA (m ² /g)
F	Pluronic F38 ^a	17	溶液	1.14
G	Pluronic F68 ^b	17	溶液	1.17
H	PEG ^c	17	溶液	1.49
I	PEO ^d	17	溶液	1.35

[0063] ^aEO-PO 共聚物, 4700g/mol, mp 48°C, 可从 BASF, NJ 获得。

[0064] ^bEO-PO 共聚物, 8400g/mol, mp 52°C, 可从 BASF, NJ 获得。

[0065] ^c 聚乙二醇, 4,600g/mol, mp 62°C, 可从 Sigma Aldrich 获得。

[0066] ^d 聚环氧乙烷, 50,000g/mol, mp 65°C, 可从 SigmaAldrich 获得。

[0067] 如表 1 中所显示, 氮化硼处理的填料的表面积在物理改性后减小。

[0068] 另一种 BN 聚结物, PCTL7MHF (可从 Saint Gobain 获得) 被物理处理来减小表面积。未处理的和 9% Pluronic F38 处理的 PCTL7MHF 的 BET 表面积值分别是 2.99 和 1.58m²/g。

[0069] 实施例 5: 粘度与填料重量百分比填充量

[0070] 图 3 显示粘度相对于填料重量百分比填充量的图。使用高速搅拌器 (FlackTek, 型号 DAC150FVZ-K), 将根据美国专利 5,717,054 合成的柔性环氧树脂和填料 (分别为 A、B、C 和 F) 组合。使用应变控制 ARES 流变仪 (TA Instrument, 型号 ARES-4X727802), 在 25°C、1.2/s 的切应变速率下测量粘度。

[0071] 如图 3 中所示, 当与相同填料填充量的较大表面积填料相比时, 随着填料表面积减小, 粘度增加。

[0072] 实施例 6: 热导率

[0073] 表 2 列出了在比粘度下各种配制物的组分和热导率。使用各种填料使配制物在 1.2/s 切应变速率下达到 100PaS、200PaS 和 300PaS 的粘度。然后将配制物交联 (于 150°C 在常规炉中 60 分钟), 并且用 Netzsch 的照片闪光设备 (photo flash instrument) (Burlington, MA) 测量热导率值。

[0074] 表 2. 给定粘度下的热导率

[0075]

配制物	1	2	3	4
树脂	环氧树脂 ^a	环氧树脂 ^a	环氧树脂 ^a	环氧树脂 ^a
固化剂	咪唑 ^b	咪唑 ^b	咪唑 ^b	咪唑 ^b

配制物	1	2	3	4
填料	A	C	D	F
在 100PaS 粘度下的热导率 (W/m ^o K)	1.3	1.6	1.7	1.7
在 200PaS 粘度下的热导率 (W/m ^o K)	1.4	2.1	2.0	2.4
在 300PaS 粘度下的热导率 (W/m ^o K)	1.7	2.8	2.8	2.8

[0076] ^a 根据美国专利 5,717,054 合成的柔性环氧树脂

[0077] ^b 2-乙基-4-甲基-咪唑, 可从 Aldrich 获得

[0078] 对于给定的粘度, 含有较小表面积填料的那些配制物的热导率较高。热导率值的标准偏差是 $\pm 0.1 \text{ W/m}^{\circ} \text{ K}$ 。

[0079] 对本领域技术人员而言明显的是, 可以对本发明进行许多修改和变化而不背离本发明的精神和范围。仅通过实施例来提供本文描述的具体实施方式, 本发明仅通过所附权利要求以及这些权利要求有资格获得的全部等同范围来限定。

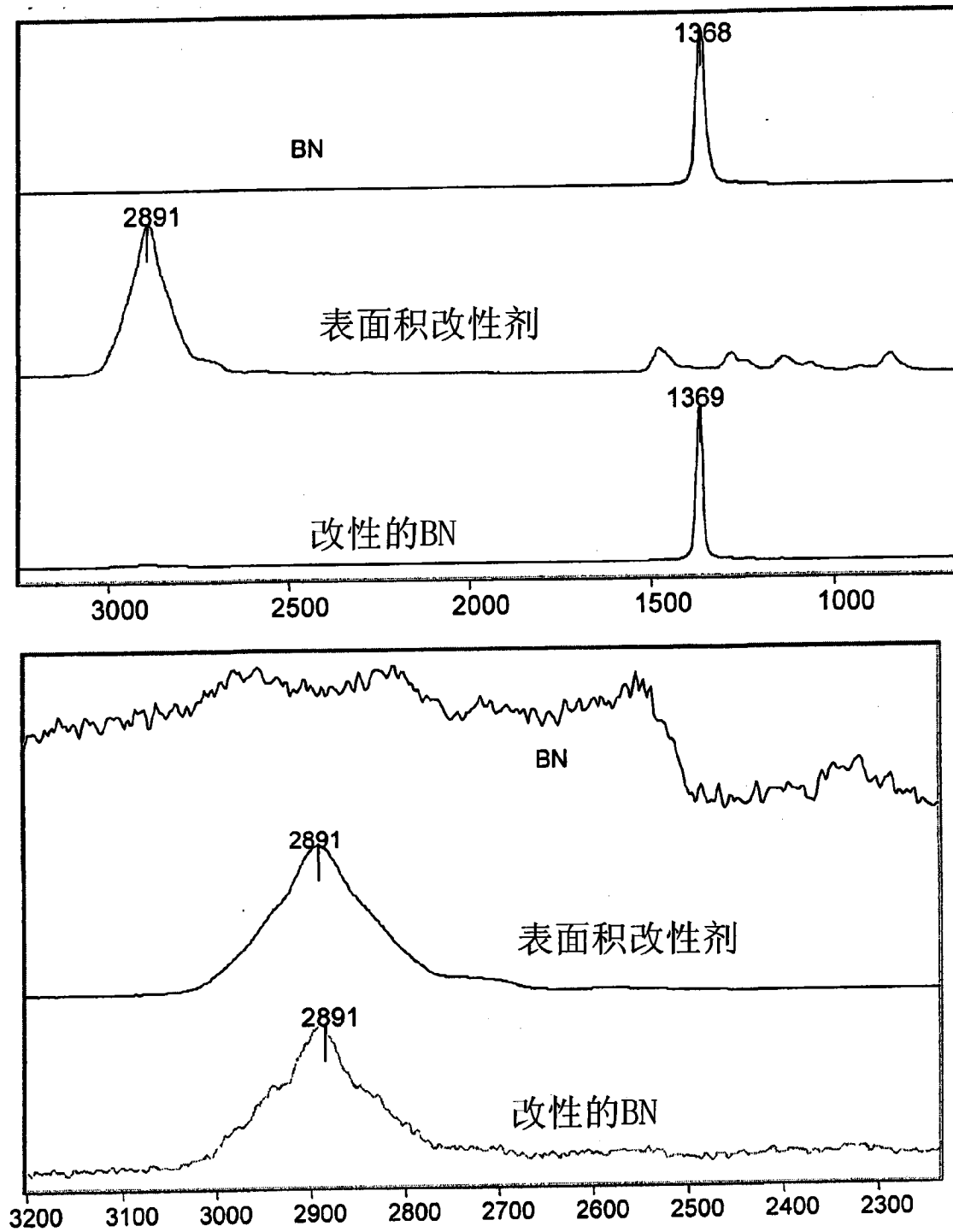
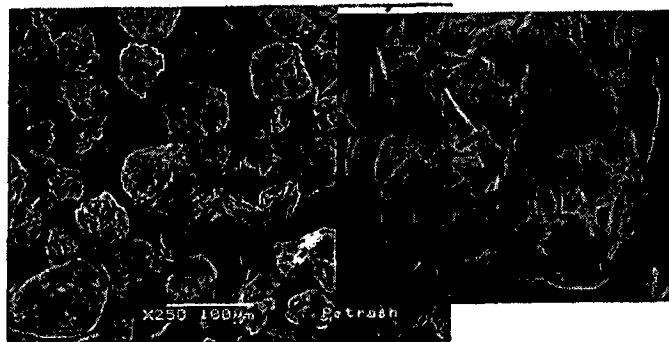
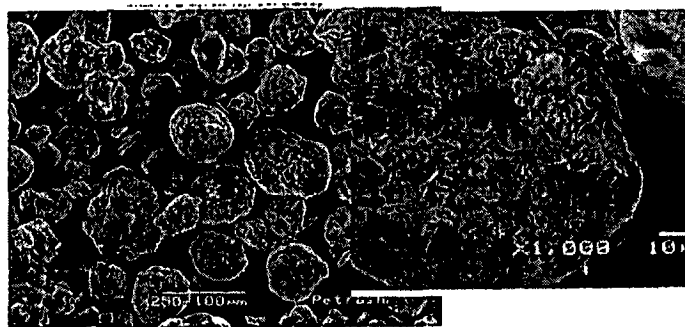


图 1. 拉曼光谱



样品填料 A - BET 3.95 m²/g



样品填料 E - BET 1.79 m²/g

图 2. 扫描电子显微镜

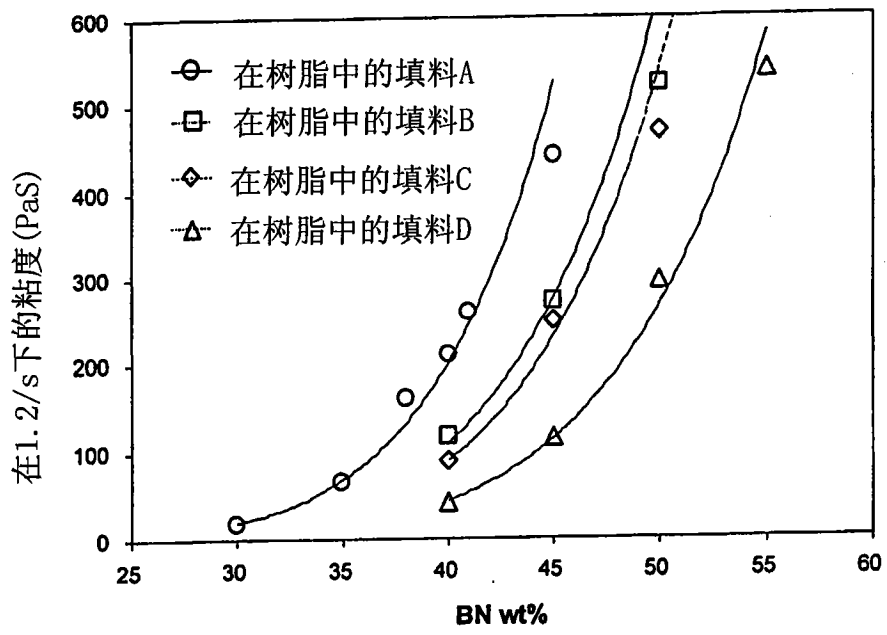


图 3. 粘度与填料填充量百分比