[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
C08L 35/00
H05K 1/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99119203.6

[45] 授权公告日 2004 年 6 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1154695C

[22] 申请日 1999.6.30 [21] 申请号 99119203.6

[30] 优先权

[32] 1998. 7. 2 [33] US [31] 60/091490

[32] 1999. 6.18 [33] US [31] 09/336324

[71] 专利权人 国家淀粉及化学投资控股公司

地址 美国特拉华州

[72] 发明人 Q·K·童 B·马 肖朝东

审查员 裴少平

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 马崇德 钟守期

权利要求书 2 页 说明书 44 页

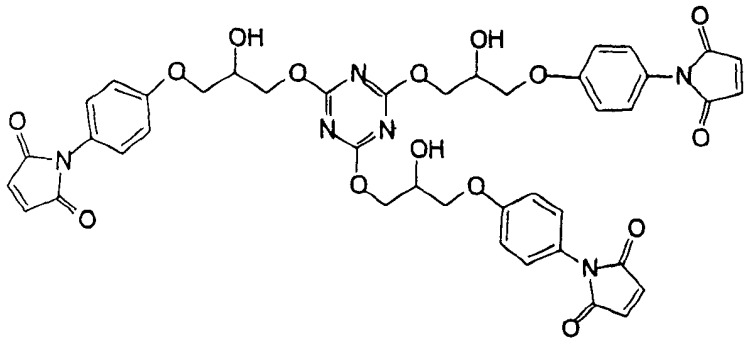
[54] 发明名称 用于制造电路元件和印刷电路板的组合物

[57] 摘要

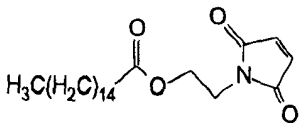
一种用于制造和装配电子元件和印刷电路板的可固化组合物，包括一种或多种单或多官能马来酰亚胺化合物，或除了马来酰亚胺化合物之外的一种或多种单或多官能乙烯基化合物，或马来酰亚胺和乙烯基化合物的组合物，与一种自由基引发剂或光引发剂，和可选的一种或多种填料。 通过将可固化组合物涂布到印刷电路板上并在电路板上原处固化组合物形成电路元件。

ISSN1008-4274

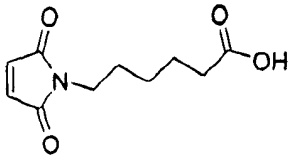
1.一种用于制造印刷电路板上的电路元件的可固化组合物，该组合物包括一种马来酰亚胺化合物和一种选自自由基引发剂、光引发剂和二者的组合物的固化引发剂，其中该马来酰亚胺化合物具有下列结构：



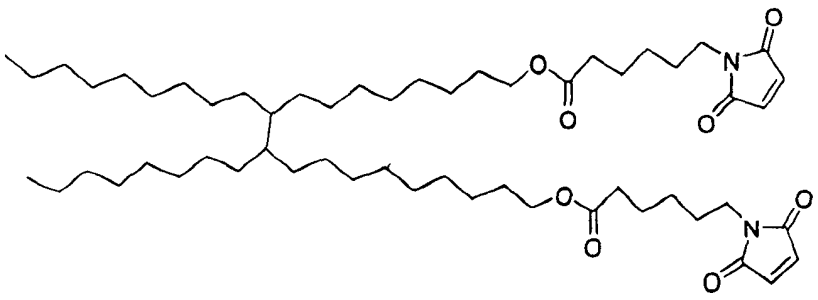
或



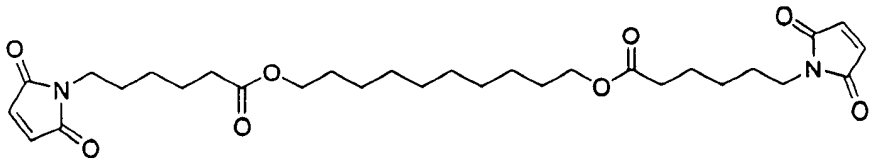
或



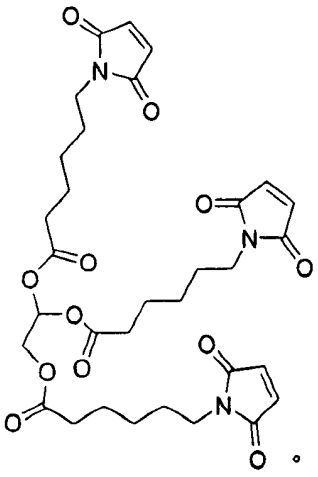
或



或



或



。

用于制造电路元件和印刷电路板的组合物

根据35USC 119(e)要求的美国临时申请60/091490是本申请的优先权申请。

技术领域

本发明涉及用于制造和装配电子线路元件和印刷电路板的有机材料。

背景技术

激活微电子传导电路的辅助元件是已知的无源元件：电阻器、电容器和电感器。这些元件（无论是有源元件还是无源元件）在微电子器件中都是在印刷电路板(PWB)上得到支撑并互连的。

尽管使用硅集成电路的有源电路功能集成化已获很大的成功，无源元件的集成化还处于发展阶段。许多无源部件仍然是分散的、单独的元件，并经常在数量级上超过在印刷电路板上的有源集成电路的数目。这增加了印刷电路板的复杂性，减少了其它装置的可用面积。过去唯一可选的是增加印刷电路板的尺寸。

最近在电路板设计方面取得的进步为在印刷电路板层上形成平面元件或埋入板内凹槽中的元件创造了条件，导致更高的组装效率。无源元件的集成化减少了有源元件与无源元件之间电子接触或转移的数目，因此改善了这些转移位点处电子的性能并降低了机械应力。

使用集成的无源元件在薄膜组件中特别有益，工业界作了很多努力发展能够在微电子器件中可靠地起到无源元件作用的有机材料，特别是用于薄膜包装。而且，由于丢弃印刷电路板是很昂贵的，因此对于制造业来说，拥有能再加工的有机材料是有益的。

为了获得要求的机械性能和需要的可再加工性，相对高分子量的热塑性塑料是优选的组合物。然而这些材料具有高粘度或甚至是以固体膜的形式存在，都对制造工艺造成障碍。

现在，半导体工业中主要进步之一是发展了适用于无源元件的材料，特别是可再加工的材料。

发明内容

本发明是一种用于制造电子线路元件的可固化组合物， 此处的电子线路元

件指有源和无源元件，如导体、电阻器、电容器和电感器。该组合物包括一种或多种含有一个或多个马来酰亚胺官能度的化合物、或一种或多种含有一个或多个乙烯基官能度的化合物、或含有马来酰亚胺或乙烯基官能度化合物的组合物，一种自由基引发剂和/或光引发剂，和可选的一种或多种填料。

在下文中，含有一个马来酰亚胺官能度的化合物是指单官能马来酰亚胺化合物。含有超过一个马来酰亚胺官能度的化合物是指多官能马来酰亚胺化合物。含有一个乙烯基官能度的化合物是指单官能乙烯基化合物。含有超过一个乙烯基官能度的化合物是指多官能度乙烯基化合物。此处的官能度意指碳碳双键。

通过选择大量单官能化合物用于组合物使组合物成为可再加工的。

在另一个实施方案中，本发明是一种在固化了上述可固化组合物之后得到的固化组合物。

在另一个实施方案中，本发明是一种由组合物制备的位于印刷电路板内或上的电路元件，该组合物包括一种或多种单或多官能马来酰亚胺化合物、或除了马来酰亚胺化合物之外的一种或多种单或多官能乙烯基官能度化合物、或马来酰亚胺和乙烯基化合物的组合物，一种自由基引发剂和/或光引发剂，和可选的一种或多种填料。在本文中，在印刷电路板方面使用“内”或“上”的词时应当互相包括。

在另一个实施方案中，本发明是一种用可再加工可固化的组合物制造印刷电路板上的电子线路元件的方法，其包括以下步骤：

(a)提供一种可固化的组合物，包括：

(i)能有效提供热塑性的大量的一种或多种单官能马来酰亚胺化合物，或除了马来酰亚胺化合物之外的一种或多种单官能乙烯基化合物，或马来酰亚胺和乙烯基化合物的组合物，和

(ii)可选的，不能有效削弱固化组合物热塑性的少量的一种或多种多官能马来酰亚胺化合物，或除了马来酰亚胺化合物之外的一种或多种多官能乙烯基化合物，或多官能的马来酰亚胺和乙烯基化合物的组合物，

(iii)一种选自自由基引发剂，光引发剂和二者组合物的固化引发剂；

(iv)可选的，一种或多种填料；和

(v)可选的，一种或多种助粘剂；

(b)将可固化组合物涂布到印刷电路板上；和

(c)在原位固化组合物。

具体实施方式

通过使用相对低分子量的活性低聚物或预聚物并将其在印刷电路板基体上原位固化来获得加工热塑性组合物形成电子线路元件的能力。相对低分子量意味着低粘度和易于涂布到基体上。

用于制造电路元件的组合物中使用的马来酰亚胺和乙烯基化合物是可固化化合物，意指它们能有或无交联的聚合。在本说明书中使用的固化意指有或无交联的聚合。如本领域所知，交联是两个聚合物链通过元素桥、分子基团桥、或化合物桥的连接，通常发生在加热时。当交联度增加，物质就由热塑性变为热固性，结果增加了聚合强度、耐热性和电阻以及对溶剂和其它化合物的稳定性。

通过明智的选择单或多官能化合物和其用量，制备大范围交联度的聚合物，从有些粘的、弹性体到硬玻璃质的聚合物，是可能的。参加反应的多官能化合物所占比例越大，交联度越大。因此，为了获得热塑性，本发明的组合物可以由单官能化合物制备以限制交联度。然而，可以加入少量多官能化合物为组合物提供一些交联和强度，条件是多官能化合物的用量要限制到不会降低需要的热塑性。在这些参数内，可以使各个电路元件组合物的强度和弹性满足于特殊最终应用的要求。

也可以控制交联度使固化的电路元件组合物有宽范围的玻璃态转化温度以经得起随后的处理和操作温度。对一些电路元件组合物，可以选择Tg，以便组合物在固化后可以再流动，因而提供了在基体上再加工电路元件的能力。

在本发明组合物中，马来酰亚胺化合物和乙烯基化合物可以单独使用，或结合使用。马来酰亚胺或乙烯基化合物，或二者，在可固化电路元件组合物中的含量是基于有机组分（不包括任何填料）重量含量的2-98%。

组合物可以进一步包括至少一种自由基引发剂，其定义为一种能分解成具有一个或多个未成对电子的分子片段、高反应活性并且通常是存在时间短的化合物，能够通过成链机理引发化学反应。自由基引发剂的含量是马来酰亚胺或乙烯基化合物，或马来酰亚胺和乙烯基化合物的组合物（不包括任何填料）重量的0.1-10%，优选0.1-3.0%。自由基固化机制引起快速固化并提供组合物固

化前的长储存期。优选的自由基引发剂包括过氧化物，如过辛酸丁基酯和二枯基过氧化物，和偶氮化合物，如2,2'-偶氮双(2-甲基-丙腈)和2,2'-偶氮双(2-甲基-丁腈)。

可选择，电路元件组合物可以含有光引发剂，如Ciba Specialty Chemicals出售的，商标为Irgacure，来代替自由基引发剂，然后用UV辐射启动固化工序。光固化剂的含量是马来酰亚胺或乙烯基化合物、或马来酰亚胺和乙烯基化合物的组合物（不包括任何填料）重量的0.1-10%，优选0.1-3.0%。在一些情况下，光引发和自由基引发可能都是需要的。例如，固化工序可以由UV辐射启动，在后续处理步骤中，可以使用加热完成固化以实现自由基固化。

通常，这些组合物可以在80℃-180℃的温度内固化，并且在大约5分钟到4小时的时间内可以达到固化。应理解到每种组合物的固化时间和温度固化曲线会变化，可以设计能提供适合于特殊工业制造工艺的固化曲线的不同的组合物。

即使当电路元件需要热塑性，通过使用相对低分子量的反应活性低聚物或预聚物并将其涂布到形成电路元件的基体上后在原位置固化，可以很容易地使用。以未固化态使用材料使其具有高可加工性，得到的固化组合物能提供高机械性能。

电路元件可以包括电阻器、导体、电感器、电介质、电容器和它们的结合。可以理解所有的电阻器必定显示出部分导电性，所有的导体会显示出部分电阻性，并且依据各个元件的特殊性能，电阻和导体形成电阻性和导电性的连续统一体。这种统一体也是电介质和电容器的状态。电介质可以起到真正的电介质或绝缘元件的作用，或起到电容器的作用，这取决于组件的具体介电常数。正确选择填料，可以将这些组合物制成具有特殊电路元件需要的宽范围的电阻率、电导率、电容或绝缘性能。

提供精确的填料种类和用量，以得到特殊应用所要求的电子性能，是在本领域技术人员的专业知识范围内的。导电填料例如银、铜、金、铂、钯。电阻性填料例如碳黑、碳纤维和石墨。电容性填料例如陶瓷、钛酸钡和二氧化钛。通常填料的含量是全部电路元件组合物重量的20-90%。

例如，按ASTM-D-257测定，可市售的导体材料的电阻率范围是每平方0.200欧姆或更少，电阻材料的电阻率范围是每平方0.005欧姆至10M欧姆。

由本发明材料制成的印刷电路板上的元件可使用本领域技术人员已知的制造电路元件和印刷电路板的技术来制造。可以理解，这些元件可以是本领域用来作为平面或埋入元件，并通过将相对低分子量的反应活性低聚物或预聚物涂布到形成电路元件的基体上之后在原位置固化来形成。

通常，电路元件是与通路孔一起形成的，通路孔是Z轴方向的，位于印刷电路板上，用于将表面器件或元件与在印刷电路板上或内的导电层相互连接。电路元件形成几何构型，有助于与印刷电路板内的导电层互连。可固化的电路元件组合物以这种几何构型按照常规方法沉积，并在原位置固化。

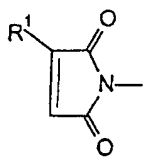
在贯穿本说明书的使用中：符号C(O)指的是羰基基团；当小写“n”是整数1，化合物是单官能化合物；当小数“n”是整数2—6，化合物是多官能化合物。

马来酰亚胺化合物

适用于本发明电路元件组合物中的马来酰亚胺化合物具有如通式$[M-X_m]_n-Q$或$[M-Z_m]_n-K$代表的结构。对这些特殊通式，当小写“n”是整数1，化合物是单官能化合物；当小写“n”是整数2—6，化合物是多官能化合物。

式$[M-X_m]_n-Q$代表这样的化合物，其中：

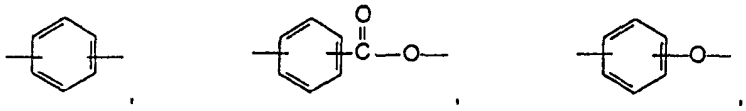
M是具有结构



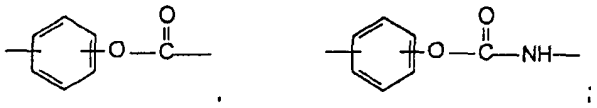
的马来酰亚胺部分，其中R^1是H或C_1-C_5烷基；

每个X独立地是选自具有结构(I)至(V)的芳香族基团：

(I) (II) (III)



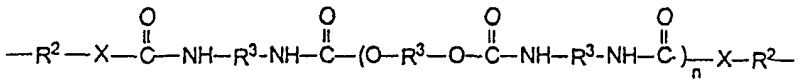
(IV) (V)



和

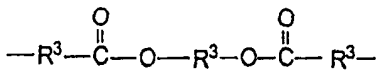
Q是链内至多具有大约100个原子的线性或分支的链烷基、烷氧基、烷基氨基，烷基硫化物、烯基、烯氧基、烯基氨基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，其可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到X上；

或Q是具有结构



的尿烷，其中每个R^2独立地是具有1—18个碳原子的烷基、芳基、或芳烷基基团；R^3是链中具有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基；X是O、S、N或P；和n是0—50；

或Q是具有结构：



的酯，其中R^3是链中具有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基；

或Q是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$的硅氧烷，其中每个位

置上的R^1取代基独立地是氢或具有1—5个碳原子的烷基基团，每个位置上的R^4取代基独立地是具有1—5个碳原子的烷基基团或芳基基团，e和g独立地是1—10和f是1—50；和

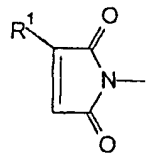
m是0或1和n是1—6。

X优选是结构(II)(III)(IV)或(V)，更优选的是结构(II)。

Q优选是链中具有最多至大约100个原子的线性或有分支链烷基、烷氧基、烯基或烯氧基，具有如上述的饱和或不饱和环状或杂环取代基侧链，或如上述的硅氧烷，更优选是如上述的线性或分支链烷基或硅氧烷。

式$[M-Z_m]_n-K$代表这样的化合物，其中

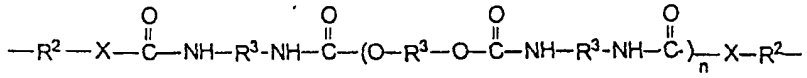
M是具有结构



的马来酰亚胺部分，其中R^1是氢或C_1-C_6烷基；

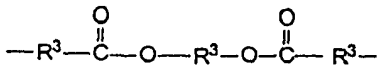
Z是链内至多具有大约100个原子的线性或分支的链烷基、烷氧基、烷基氨基，烷基硫化物、烯基、烯氧基、烯基氨基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，其可含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到K上；

或Z是具有结构



的尿烷，其中每个R^2独立地是具有1—18个碳原子的烷基、芳基、或芳烷基基团；R^3是链中至多具有100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基；X是O、S、N或P和n是0—50；

或Z是具有结构：

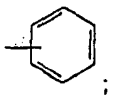


的酯，其中 R^3 是链中至多具有 100 个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基；

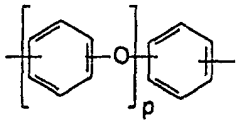
或 Z 是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$ 的硅氧烷，其中每个位置上的 R^1 取代基独立地是 H 或具有 1—5 个碳原子的烷基基团，每个位置上的 R^1 取代基独立地是具有 1—5 个碳原子的烷基基团或芳基基团和 e 和 g 独立地是 1—10，f 是 1—50；

K 是选自具有结构(VI)至(XIII)的芳香族基团（尽管只画出一条键代表结合到芳香族基团 K，它可以认为代表如 n 所述和定义的任何数目的附加键）：

(VI)

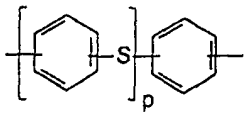


(VII)



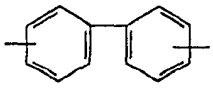
其中 p 是 1—100；

(VIII)

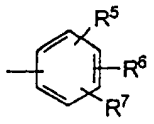


其中 p 是 1—100；

(IX)

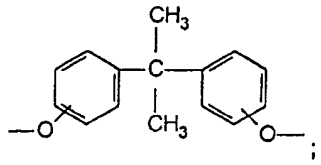


(X)

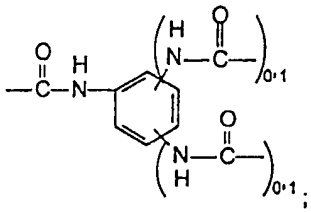


其中 R^5，R^6 和 R^7 是链内至多具有大约 100 个原子的线性或有分支的链烷基、烷氧基、烷基氨基，烷基硫化物、烯基、烯氧基、烯基氨基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，其可含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到芳香环上；或 R^5，R^6 和 R^7 是具有结构 $-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CH_3)_g-$ 的硅氧烷，其中 R^1 取代基独立地是 H 或具有 1—5 个碳原子的烷基基团，每个位置上的 R^1 取代基独立地是具有 1—5 个碳原子的烷基基团或芳基基团，e 是 1—10 和 f 是 0—50；

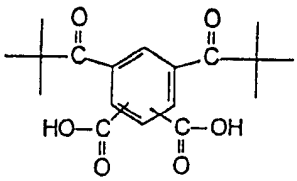
(XI)



(XII)



和 (XIII)



;

和m是0或1和n是1—6。

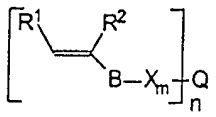
Z优选是链中至多具有大约100个原子的线性或分支链烷基、烷氧基、烯基或烯氧基，具有如上述的饱和或不饱和环状或杂环取代基侧链，或如上述的硅氧烷，更优选是如上述的线性或分支链烷基或硅氧烷。

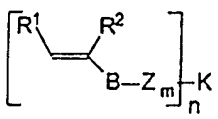
K优选是结构(VIII)、(X)或(XI)，更优选的是结构(X)或(XI)，最优选的是结构(X)。

更优选的马来酰亚胺化合物，特别是用作可再加工材料的是N-丁基苯基马来酰亚胺和N-乙基苯基马来酰亚胺。

乙烯基化合物

此处的乙烯基基化合物（不包括马来酰亚胺）具有结构：





或

对这些具体结构，当小写“n”是整数1，化合物是单官能化合物；当小写“n”是整数2—6，化合物是多官能化合物。

在上述结构中，R^1和R^2是氢或具有1—5个碳原子的烷基，或与形成乙烯基的碳原子一起形成5—9元环；B是C、S、N、O、C(O)、O-C(O)、C(O)-O、C(O)NH或C(O)N(R^8)，其中R^8是C_1-C_5烷基；m是0或1；n是1-6；X、Q、Z和K均如上所述。

B优选为O、C(O)、O-C(O)、C(O)-O、C(O)NH或C(O)N(R^8)；更优选为O、C(O)、O-C(O)、C(O)-O或C(O)N(R^8)。

其它组成成分

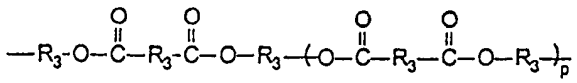
根据电路元件组合物键合到的基体的性质，密封剂可能还含有偶联剂。此处使用的偶联剂是一种含有与马来酰亚胺或其它乙烯基化合物反应的可聚合的官能团，和能与位于基体表面的金属氢氧化物缩合的官能团的化合物。用于特殊基体的上述偶联剂和其在组合物中优选的用量是本领域已知的。合适的偶联剂是硅烷、硅酸酯、丙烯酸金属盐或甲基丙烯酸金属盐、钛酸盐、和含有螯合配位体的化合物，如膦、硫醇和乙酰乙酸酯。当含有偶联剂时，偶联剂的含量通常是占马来酰亚胺和其它单官能乙烯基化合物重量的最多至10%，优选0.1-3.0%。

此外，组合物可含有能为合成的固化密封剂提供额外的柔性和韧性的化合物。这样的化合物可能是任何Tg为50℃或更低的热凝物或热塑性材料，通常是一种以绕化学键自由旋转为特征的聚合物，例如可通过接近碳一碳单键的碳一碳双键的存在，酯和醚基团的存在，和环结构的不存在来得到。合适的这种调节剂包括聚丙烯酸酯、聚丁二烯、聚四氢呋喃、CTBN（羧基封端的丁腈）橡胶和聚丙二醇。当含有韧化化合物，其含量可能是占马来酰亚胺和其它单官能乙烯基化合物重量的至多大约15%。

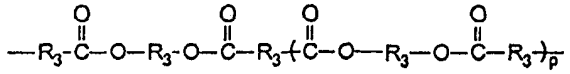
如果硅氧烷部分不是马来酰亚胺或乙烯基化合物结构的一部分，可将硅氧烷加入电路元件组成中以给予弹性。合适的硅氧烷是甲基丙烯酰基氧丙基封端的聚二甲基硅氧烷，和氨基丙基封端的聚二甲基硅氧烷，可从United Chemical Technologies 处获得。

为特殊目的，也可使用其它在本领域已知和使用的添加剂，如助粘剂。合适的种类和用量的选择是在本领域技术人员的专业知识的范围内。

本发明的另一个实施方案包括具有如此处所述的式$[M-X_m]_n-Q$和$[M-Z_m]_n-K$的马来酰亚胺，其中Q和Z可以是具有下述结构的酯



或结构



其中 p 是 1-100，

每个 R^3 可独立地是链中至多具有 100 个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基，

或具有结构 $-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$ 的硅氧烷，其中每个位置上的 R^1 取代基独立地是 H 或具有 1—5 个碳原子的烷基基团，每个位置上的 R^4 取代基独立地是具有 1—5 个碳原子的烷基基团或芳基基团，e 和 g 独立地是 1—10 和 f 是 1—50；

本发明的另一个实施方案包括具有如此处所述结构的乙烯基化合物：



和

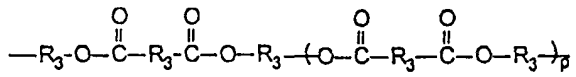
其中 B 是 C、S、N、O、C(O)、C(O)NH 或 C(O)N(R^8)，其中 R^8 是 C_1-C_5 烷基。

本发明的另一个实施方案包括具有如此处所述结构的乙烯基化合物：

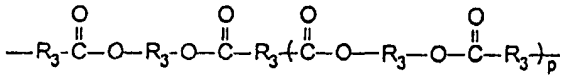


和

其中 Q 和 Z 可以是具有如下结构的酯



或结构



其中p是1—100，

每个R^3可独立地是链中至多具有100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基，

或具有结构$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$的硅氧烷，其中每个位置上的$R^1$取代基独立地是H或具有1—5个碳原子的烷基基团，每个位置上的R^4取代基独立地是具有1—5个碳原子的烷基基团或芳基基团，e和g独立地是1—10和f是1—50；

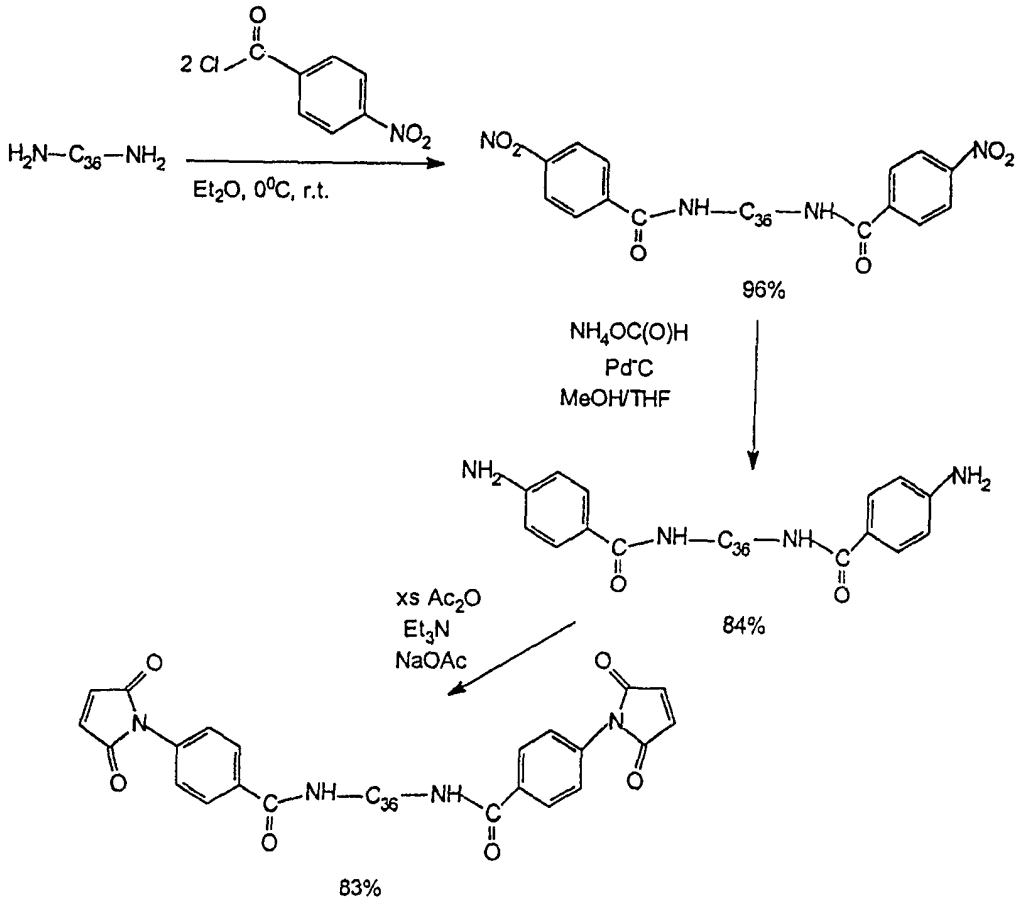
本发明的另一个实施方案包括如本文所述含有阴离子或阳离子固化引发剂的可固化粘性组合物。这样的引发剂的种类和用量是本领域已知的。

实施例

制备各种马来酰亚胺和乙烯基化合物，配制成电路元件组合物。研究组合物的粘度，未固化组合物的触变指数，固化组合物的固化曲线、玻璃态转化温度、热膨胀系数、热机械分析和可再加工性。

实施例1

制备苯甲酰胺基封端的二胺二马来酰亚胺二聚体



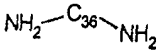
在配备了滴液漏斗、磁力搅拌、内部温度探测器和氮气进口/出口的500ml三颈瓶中，将二胺二聚体（Henkel出售的Versamine552，20.0g，37mmol）溶于乙醚（Et_2O）（200ml）。剧烈搅拌下加入$NaOH_{aq}$（11.7ml 6.25M的溶液用100ml H_2O稀释，73mmol）。溶液置于稳定的氮气流中，并于冰浴中搅拌冷却至3℃。滴液漏斗中装溶有对-硝基苯甲酰基氯（13.6g，73mmol）的乙醚（50ml）溶液，并将该溶液在60分钟的过程中加至反应容器中，保持内部温度小于10℃。加料完成后，反应物在3℃再搅拌60分钟，然后升温至室温，再搅拌4小时。将溶液转移至分液漏斗，分离出的有机层用蒸馏水（300ml）、5%HCl_{aq}（300ml）、$NaCl_{aq}$（250ml）和蒸馏水（2×250ml）洗。分离出有机材料，过无水硫酸镁干燥，过滤，在真空中去掉溶剂，形成呈粘的黄色油状的二硝基化合物，显示出合格的^1H核磁共振和红外光谱（30.0g，96%）。

在配备了磁力搅拌、回流冷凝器和氮气进口/出口的250ml三颈瓶中，将上述的二硝基化合物(5.0g，5.9mmol)溶于甲醇(MeOH)(25ml)和四氢呋喃(THF)(5ml)。溶液置于氮气氛下，搅拌下加入5%PdC(0.96g)。加入甲酸铵(3.4g，55mmol)，反应物在室温下搅拌2小时。立即观察到二氧化碳的产生。将反应溶液过滤，通过旋转蒸发去掉大部分的滤出溶剂。得到的粘油溶于乙醚(150ml)，用蒸馏水(150ml)洗净，过无水硫酸镁充分干燥和分离。在真空中去掉溶剂，生成粘的棕褐色油状的二胺，显示出合格的^1H核磁共振和红外光谱(3.9g，84%)。

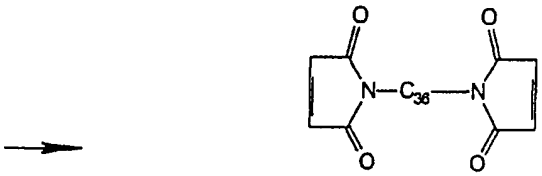
在配备了磁力搅拌、滴液漏斗和氮气进口/出口的250ml三颈瓶中，将马来酰亚胺(0.5g，5.1mmol)溶于丙酮(10ml)。溶液置于氮气氛下并在冰浴中冷却。滴液漏斗中装含上述的二胺(2.0g，2.60mmol)的丙酮溶液(10ml)，在30分钟内逐滴加入。反应物在冰浴中继续搅拌30分钟，然后升温至室温，再搅拌4小时。在得到的稀浆中加入乙酸酐(Ac_2O)(1.54ml，160mmol)、三乙胺(Et_3N)(0.23ml，1.63mmol)和乙酸钠(NaOAc)(0.16g，1.9mmol)。加热得到的稀浆，缓慢回流5小时。将反应物冷却至室温，通过旋转蒸发去掉溶剂，生成褐色油。将这种物质溶于CH_2Cl_2(250ml)并用蒸馏水(200ml)洗。必要时，加入氯化钠破坏乳状液。分离有机层，过无水硫酸镁充分干燥，在真空中去掉溶剂生成二马来酰亚胺，一种棕色固体(2.0g，83%)。这种树脂显示出令人满意的^1H核磁共振、^{13}C核磁共振和红外光谱，带有少量乙酸杂质。

实施例2

制备20-二马来酰亚胺-10,11-二辛基-eicosame(和异构体)



1. 马来酸酐
2. DCC，HOBT，CH_2Cl_2
3. 去溶剂过程中氧气净化



在配备了干燥管、温度计、慢滴液漏斗、机械搅拌器和氮气净化的5L的多颈瓶中，将马来酸酐（98.06g，1.02当量-NH_2）溶于500ml四氢呋喃（THF）。开始搅拌并用干冰/水浴冷却溶液。开始缓慢加入溶有二胺二聚体（Versamine 552，Henkel，245.03g，0.4477mol）的250ml四氢呋喃。加料持续1小时。加料完成后，移走冰浴并用375ml四氢呋喃冲洗慢滴液漏斗以合并凝固的二胺。1小时后，重新将多颈瓶放于冰浴中。加入1-羟基苯并三唑（96.76g，0.80当量-NH_2），和50ml四氢呋喃一起冲洗多颈瓶。当温度升至5℃，开始缓慢加入溶有二环己基碳化二亚胺（DCC）（188.43g，1.02当量-NH_2）的200ml四氢呋喃溶液。加料过程中温度保持在10℃以下。DCC加料完成后，用80ml四氢呋喃冲洗慢滴液漏斗。移走冰浴。用红外光谱监控反应。当红外光谱表明异酰亚胺已经转变成马来酰亚胺（DCC加料完成后，差不多4小时），过滤混合物，用四氢呋喃冲洗固体。将有机溶液置于冰箱中过夜。

从冰箱中去除溶液，并升温至室温。向溶液中加入对苯二酚（0.0513g）。温度保持在28℃以下，用旋转蒸发仪部分除去四氢呋喃。溶液浓缩至接近800ml。可以看见许多颗粒物质。溶液置于冰箱中，过夜。

从冰箱中取出混合物并令其升温。过滤固体，用四氢呋喃冲洗。滤出液转移至配备了机械搅拌器、与收集器连接的真空管道和通过管子与干燥管连接的玻璃管的2L多颈瓶中。搅拌时，对物质施加真空和空气泡，除去剩余的四氢呋喃。生成的厚奶油状棕褐色半固体放于冰箱中过夜。

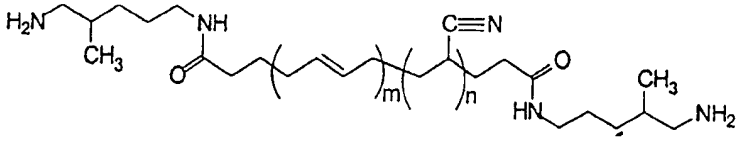
从冰箱中取出半固体，令其升温。将半固体溶于450ml甲醇和己烷中并用50％甲醇/水（4×250ml）洗以除去1-羟基苯并三唑（HOBT）。试图用己烷抽提产品。加入300ml己烷后未观察到分层。另外加水（3×250ml）冲洗混合物。将有机相置于冰箱中过夜。

从冰箱中取出产物。明显分成两层。上层是清澈的黄色。底层是混浊的桔色。

将产物倒入分液漏斗。顶层是己烷和需要的产品。底层用己烷（6×200ml）抽提，很容易出现分层。结合的提出物过无水硫酸镁干燥和过滤，用己烷冲洗固体。在温度不超过24℃时，用旋转蒸发仪除去溶剂至体积接近750ml。剩余的溶剂在室温下用真空/鼓入空气泡除去，得到产品的产率为67%。

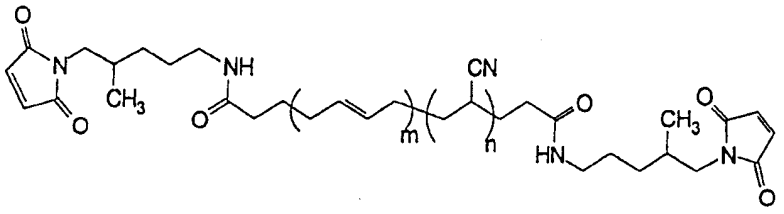
实施例3

制备丁二烯-丙烯腈二马来酰亚胺



1. 马来酸酐，丙酮

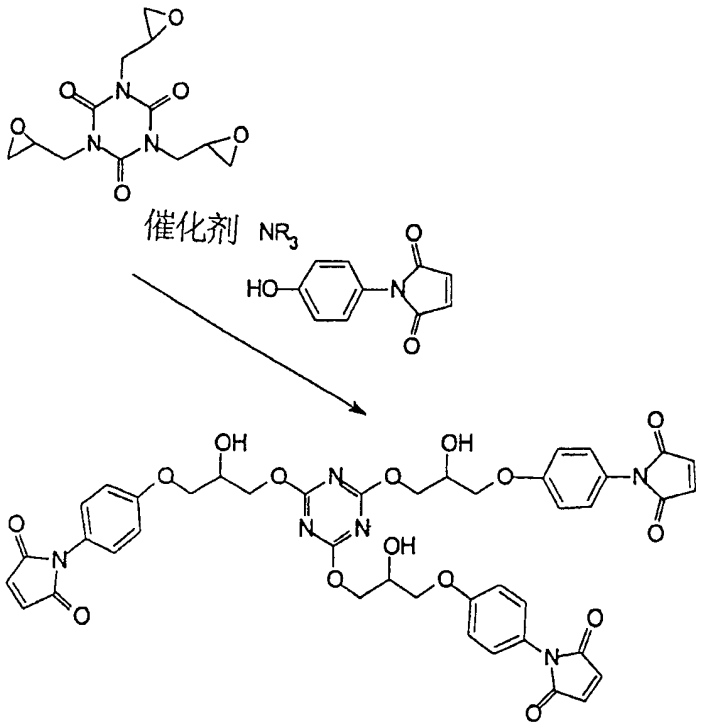
2. Ac_2O，NaOAc，Et_3N



在配备了滴液漏斗、机械搅拌器、内部温度探测器和氮气进口/出口的3L四颈瓶中，将氨基封端的丁二烯-丙烯腈（由BF Goodrich出售的Hycar树脂1300×42ATBN，其中结构中的m和n是提供平均分子量为3600的整数）（450g，基于胺当量AEW＝450g的500mmol）溶于$CHCl_3$（1000ml）。溶液在搅拌下置于氮气中并在冰浴上冷却。滴液漏斗中装溶有马来酸酐（98.1g，1mol）的$CHCl_3$（50ml），在30分钟内将该溶液加至反应物中，同时保持内部反应温度低于10℃。混合物在冰上搅拌30分钟，然后升温至室温并继续搅拌4小时。向生成的稀浆中加乙酸酐（Ac_2O）（653.4g，6mol）、三乙胺（Et_3N）（64.8g，0.64mol）和NaOAc（62.3g，0.76mol）。加热反应物，缓慢回流5小时，令其冷却至室温，随后用水（1L）、饱和碳酸氢钠（1L）和水（2×1L）抽提。在真空中去掉溶剂，生成马来酰亚胺封端的丁二烯丙烯腈。

实施例 4

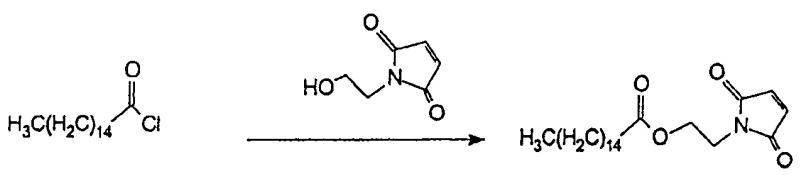
从三（环氧丙基）异氰脲酸酯制备三（马来酰亚胺）



在配备了机械搅拌器、内部温度探测器和氮气进口/出口的 2L 三颈瓶中，将三（环氧丙基）异氰脲酸酯（99.0g，0.33mol）溶于四氢呋喃（500ml）。向该溶液中加入羟基苯基马来酰亚胺（189.2g，1mol）和苯甲基二甲基胺（1.4g，0.05%wt）。将溶液加热至 80℃，保持 7 小时。将反应物冷却至室温，过滤，滤出液用 5%HCl_{aq}（500ml）和蒸馏水（1L）洗净。生成的固体三嗪三（马来酰亚胺）在室温下真空干燥。

实施例 5

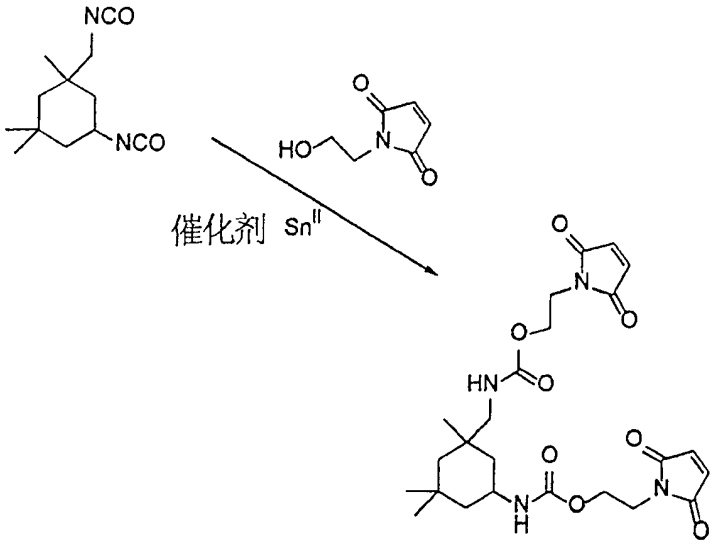
制备马来酰亚胺乙基棕榈酸酯



在配备了机械搅拌器、内部温度探测器、滴液漏斗和氮气进口/出口的2L三颈瓶中，将棕榈酰氯（274.9g，1mol）溶于乙醚（500ml）中。剧烈搅拌下，加入溶有碳酸氢钠（84.0g，1mol）的蒸馏水（500ml），并在氮气下于冰浴中将溶液冷却。滴液漏斗装溶有羟基乙基马来酰亚胺(141g，1mol)的乙醚(100ml)并将该溶液在30分钟内加至反应物中，内部温度在加料过程中保持低于10℃。反应物在冰上再搅拌30分钟，然后令其升温至室温并搅拌4小时。将反应物转移至分液漏斗，分离出的有机层用蒸馏水（500ml）、5%HCl_{aq}（500ml）和蒸馏水（2×500ml）洗净。分离有机物，过无水硫酸镁充分干燥，过滤并在真空中去掉溶剂，生成脂族马来酰亚胺。

实施例6

从5-异氰酸根合-1-(异氰酸根合甲基)-1,3,3-三甲基环己烷制备二马来酰亚胺

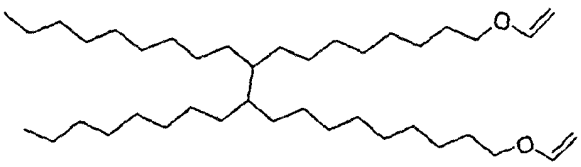


在配备了机械搅拌器、滴液漏斗和氮气进口/出口的1L三颈瓶中，将5-异氰酸根合-1-(异氰酸根合甲基)-1,3,3-三甲基环己烷（111.15g，0.5mol）溶于四氢呋喃（500ml）。反应在氮气下进行，搅拌下加入二月桂酸二丁锡（催化剂锡^{II}）（6.31g，10mmol）和羟乙基马来酰亚胺（141g，1mol），得到的混合物在70℃加热4小时。滴液漏斗装入溶有羟乙基马来酰亚胺（141g，1mol）的四氢呋喃（100ml）。在30分钟内将该溶液加至异氰酸盐溶液中，得到的混合物在

70℃再加热4小时。将反应物冷却至室温，在真空中去掉溶剂。剩余的油溶于CH_2Cl_2（1L）并用10%HCl_{aq}（1L）和蒸馏水（2×1L）洗净。分离出的有机物过无水硫酸镁充分干燥，过滤，在真空中去掉溶剂，生成马来酰亚胺。

实施例7

从二醇二聚体（Pripol 2033）制备二乙烯基醚二聚体

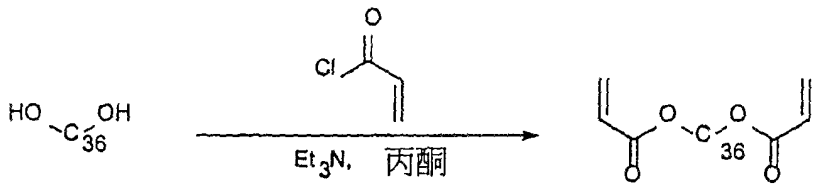


"二乙烯基醚二聚体"（和环状异构体）

在配备了的机械搅拌器的充氮的2L三颈瓶中，将双（1,10-菲咯啉）乙酸钯（0.21g，0.54mmol）溶于丁基乙烯基醚（8.18g，81.7mmol）、庚烷（100ml）和"二醇二聚体"（Unichema出售的Pripol 2033，15.4g，27.2mmol）的混合物。加热溶液，缓慢回流6小时。将溶液冷却至室温，随后倒在活性炭（20g）上并搅拌1小时。过滤得到的稀浆，在真空中除去过量的丁基乙烯基醚和庚烷，生成黄色油状的二乙烯基醚。产品表现出合格的^1H核磁共振和^{13}C核磁共振谱特性。通常粘度大约100cPs。

实施例8

从二醇二聚体(pripol 2033)制备二丙烯酸酯二聚体



在配备了机械搅拌器、滴液漏斗和内部温度探测器的充氮的1L三颈瓶中，将二醇二聚体（Unichema出售的Pripol 2033，284.4g，500mmol）溶于无水丙酮（500ml）。向溶液中加入三乙胺（101.2g，1mol）并将溶液在冰浴上冷却至4℃。在滴液漏斗中装入溶有丙烯酰氯（90.5g，1mol）的无水丙酮（100ml）并

在60分钟内加至搅拌的反应溶液中，同时保持内部温度低于10℃。将溶液在冰上继续搅拌2小时，然后令其升温至室温并搅拌4小时。经过旋转蒸发仪除去大部分溶剂，并将残余物溶于CH_2Cl_2（1L）。该溶液用5%HCl_{aq}（800ml）和水（2×800ml）洗。分离出的有机材料过无水硫酸镁充分干燥和过滤并在真空中除去溶剂，生成油状二丙烯酸酯。

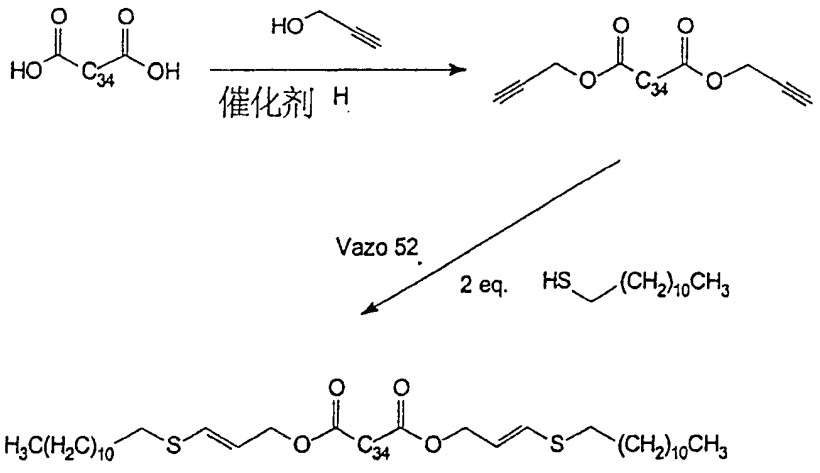
实施例9

制备N-乙基苯基马来酰亚胺

将4-乙基苯胺（12.12g）溶于50ml无水乙醚中并慢慢加入在冰浴中冷却的100ml搅拌过的含9.81g马来酸酐的无水乙醚中。加料完毕后，将反应混合物搅拌30分钟。过滤并干燥淡黄色结晶。用乙酸酐（200ml）溶解马来酰胺酸和20g乙酸钠。将反应混合物放在160℃的油浴中加热。经过3小时的回流后，将溶液冷却至室温，放在1L的烧杯中置于冰水中并剧烈搅拌1小时。产品经吸滤，在己烷中重结晶。收集到的结晶物质在真空中50℃下干燥过夜。FTIR和核磁共振分析表明具有乙基马来酰亚胺的特征。

实施例10

制备双（烯基硫化物）



在配备了机械搅拌器和迪安斯达克（Dean-Stark）蒸馏装置的3L三颈瓶中，将二聚酸（由Unichema出售，商标为Empol 1024）（574.6g，1mol）和烯丙醇（112.1g，2mol）溶于甲苯（1L）。加入浓硫酸（6ml），溶液回流6小时直

至36ml的水被共沸蒸馏掉。令溶液冷却至室温，用水（2×1L）洗净，过无水硫酸镁充分干燥并在真空中除去溶剂，生成油状的烯丙基酯中间体。

在配备了回流冷凝器、机械搅拌器和内部温度探测器的充氮的1L三颈瓶中，将这种酯中间体（650.7g，1mol）溶于四氢呋喃（200ml）。加入月桂基硫醇（404.8g，2mol）和2,2'-偶氮双(2,4-二甲基戊腈)（DuPont出售，商标为Vazo 52，11g），得到的混合物在油浴中加热到70℃搅拌7小时。令反应物冷却至室温并在真空中除去溶剂，生成油状烯基硫化物。

实施例11

UV可固化组合物

组合物11—A

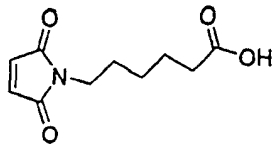
一种通过剧烈地手动混合下列成分直至得到均质的糊来制备的组合物：

双马来酰亚胺 （从聚四氢呋喃-二-ρ-氨基苯甲酸酯制备的， 由Henkel 出售的Versalink P-650）	1.01g
环己烷二甲醇二乙烯基醚 （International Specialty Product）：	0.19g
α,α-二甲氧基-α-苯基乙酰苯基酮 （Ciba Specialty Chemicals出售的Irgacure 651）	0.06g
亲水的融合二氧化硅 （Denka出售，大约5微米）	3.78g

通过将组合物结合到FR-4层压制件上的250mil×250mil的硅片上来测验该组合物的UV固化。使用脉冲氙UV源（RC-500B脉冲UV固化系统，Xenon Corporation）辐照组合物30秒钟。固化了的组合物具有硬的完全固化的表面，当加力时牢牢地抓住层压制件材料。随后将样本部件放在175℃的烘箱中20分钟。令硅片冷却至室温，然后用力将其从层压制件上移开。在硅片边缘周围，层压制件/粘合界面或粘合/空气界面都没有发现存在未固化组合物的区域。

实施例A

制备6-马来酰亚胺已酸



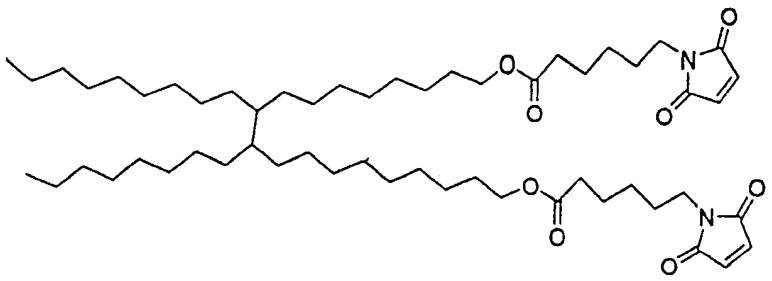
6-马来酰亚胺己酸

酸性官能的马来酰亚胺，6-马来酰亚胺己酸是用已知的方法合成的。在配备了机械搅拌器、内部温度探测器和滴液漏斗的500ml四颈瓶中，将氨基己酸（100g，7.6×10^{-1}mol）溶于冰乙酸（50ml）。滴液漏斗中装溶有马来酸酐（74.8g，7.6×10^{-1}mol）的乙腈（75ml）溶液。在室温下将该溶液在1小时内逐滴加至氨基己酸中，同时保持内部反应温度低于35℃。加料完毕后，将反应物搅拌3小时。将反应稀浆过滤，分离出的滤出液在真空烘箱（P~25T）70℃干燥过夜，生成166g米色固体（95%）。产品酰胺酸显示出与文献数据一致的FT-IR和^{1}H核磁共振谱特征。

在配备了机械搅拌器和Dean-Stark收集器的充氮的1L三颈瓶中，将上述的酰胺酸（166g，7.2×10^{-1}mol）溶于甲苯（200ml）、苯（200ml）和三乙胺（211ml，1.51mol）的混合溶液中。将该溶液加热回流4小时并将生成的水收集在Dean-Stark收集器中。向反应瓶中加蒸馏水（400ml）以溶解反应过程中从大部分溶液中大量分离出的产品的三乙基铵盐。分离水层，用50%的盐酸酸化成pH接近1，用乙酸乙酯（600ml）抽提。得到的有机层用蒸馏水（400ml）洗净。分离出的有机层过无水硫酸镁充分干燥，接着在真空中除去溶剂，生成米色固体（76.2g，50%）。产品6-马来酰亚胺己酸具有与文献材料色谱一致的FT-IR和1H核磁共振。

实施例B

制备“二马来酰亚胺二酯二聚体”

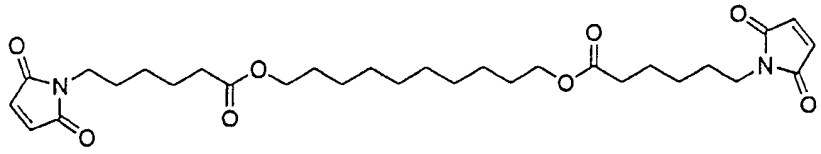


“二马来酰亚胺二酯二聚体”（和环状异构体）

在配备了机械搅拌器、Dean-Stark 收集器和内部温度探测器的充氮的 1L 四颈瓶中，将 Pripol2033（“二醇二聚体”，Uniqema，92.4g，1.69×10^{-1}mol），6-马来酰亚胺己酸（75.0g，3.55×10^{-1}mol）和硫酸（0.5ml，大约 8.5×10^{-3}mol）溶于甲苯(300ml)。将反应物加热，缓慢回流 2 小时，析出的水收集在 Dean-Stark 收集器中。将收集器排干，蒸馏掉大约 50ml 甲苯溶液以除去微量水汽并促进酯化平衡的完成。令反应物冷却至室温，另外加入甲苯（100ml）（在实验室规模下，此处用乙醚代替甲苯），并用饱和 $NaHCO_3$ 水溶液（300ml）和蒸馏水（300ml）洗该溶液。分离有机层并过无水硫酸镁充分干燥，在真空中除去溶剂，生成桔色油（107.2g，68%）。还可以用甲苯溶液通过二氧化硅或氧化铝短柱洗提树脂来进一步净化。这种液态双马来酰亚胺树脂具有合格的 FT-IR，^1H 核磁共振和 ^{13}C 核磁共振数据。通常η接近 2500cPs。

实施例 C

制备“癸烷二醇二酯二马来酰亚胺”

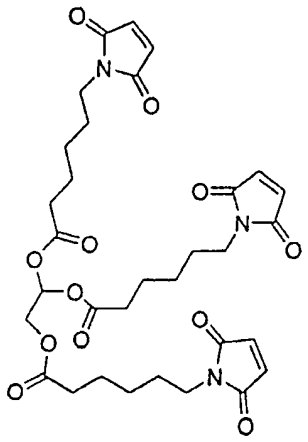


“癸烷二醇二酯二马来酰亚胺”

按照如实施例 B 所述的一般程序进行，用癸烷二醇（29.5g，1.69×10^{-1}mol）代替 Pripol 2033。这项工艺生产出固态，有中等溶解度的双马来酰亚胺（54.9g，58%）。该产品具有令人满意的 FT-IR 和 ^1H 核磁共振数据。

实施例D

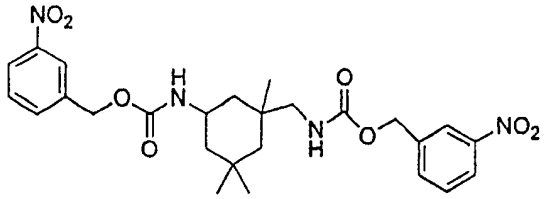
制备“甘油三酯三(马来酰亚胺)”



使用实施例B中概述的方案，用甘油（10.4g，1.13×10^{-1}mol）代替Pripol 2033。产品是粘的液体，具有合格的FT-IR和^{1}H核磁共振数据。

实施例E

制备“IPDI的双（间-硝基苯甲基氨基甲酸酯）”



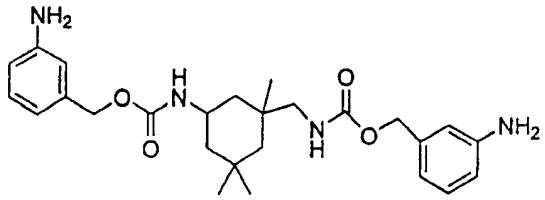
“IPDI的双（间-硝基苯甲基氨基甲酸酯）”

在配备了机械搅拌器、回流冷凝器和内部温度探测器的充氮的2L三颈瓶中，将3,5,5-三甲基-2-环己烯-1-酮二异氰酸酯（“IPDI”，100.0g，4.5×10^{-1}mol）、间-硝基苯甲基醇（137.8g，9.0×10^{-1}mol）和二月桂酸二丁锡（2.8g，4.5×10^{-3}mol）溶于无水甲苯（1500ml）。得到的溶液加热到90℃，保持4小时。在样品的固体部分的红外光谱中未观察到异氰酸酯带。令溶液冷却至室温，用蒸馏水（100ml）洗净。分离有机层并在真空中除去溶剂，生成具有合格的

FT-IR 和 ^1H 核磁共振特征的黄色液体。

实施例 F

制备“IPDI 的双(间-氨基苯甲基氨基甲酸酯)”

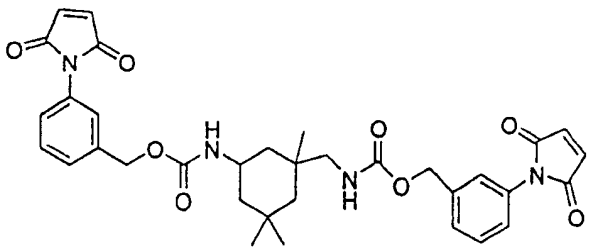


“IPDI 的双(间-氨基苯甲基氨基甲酸酯)”

在配备了磁力搅拌器的充氮的 500ml 三颈瓶中，将从实施例 E 中得到的二硝基化合物（8.28g，1.57×10^{-2}mol）溶于乙醇（100ml）。加入环己烯（28.6ml，2.82×10^{-1}mol），随后加入 5%Pd/C（4.14g）。得到的稀浆缓慢回流 6.5 小时。该溶液过滤后的部分的 FT-IR 在 1529cm^{-1}和 1352cm^{-1}没有硝基伸展带。令溶液冷却至室温并过滤。在真空中除去溶剂，生成黄色半固体（6.6g，90%），具有合格的 FT-IR 和 ^1H 核磁共振色谱特征。

实施例 G

制备“IPDI 的双（间-马来酰亚胺苯甲基氨基甲酸酯）”



“IPDI 的双（间-马来酰亚胺苯甲基氨基甲酸酯）”

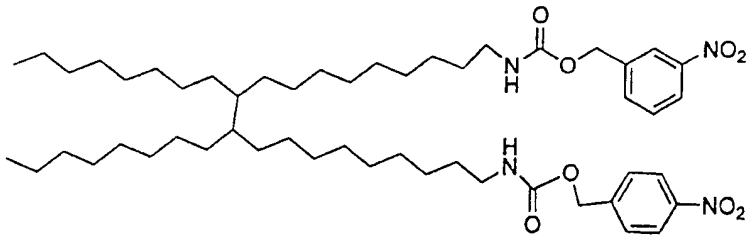
在配备了磁力搅拌器和滴液漏斗的充氮的 250ml 四颈瓶中，将从实施例 F 中得到的二胺溶于丙酮（60ml）并冷却至 4℃。在 30 分钟内加入溶有马来酸酐（2.76g，2.2×10^{-2}mol）的丙酮（20ml）。得到的溶液在 4℃搅拌 1 小时，随后令其升温至室温并整夜搅拌。FT-IR 分析表明，根据在接近 1810cm^{-1}处无酸酐

带判断没有马来酸酐的残余。

向上述酰胺酸溶液中加乙酸酐（8.5ml，9.0×10^{-2}mol），三乙基胺（1.26ml，9.0×10^{-3}mol）和乙酸钠（0.88g，1.1×10^{-2}mol）。得到的溶液在氮气中缓慢回流4小时。令反应物冷却至室温并在真空中除去大部分溶剂。得到的粘液体再溶于二氯甲烷（200ml）并用蒸馏水（3×200ml）抽提。然后将有机产物过无水硫酸镁充分干燥，过滤并在真空中除去溶剂，生成浅棕色固体（6.75g，76%）。这种物质表现出合格的FT-IR和^{1}H核磁共振色谱特征。

实施例H

制备“DDI 1410的双（间-硝基苯甲基氨基甲酸酯）”

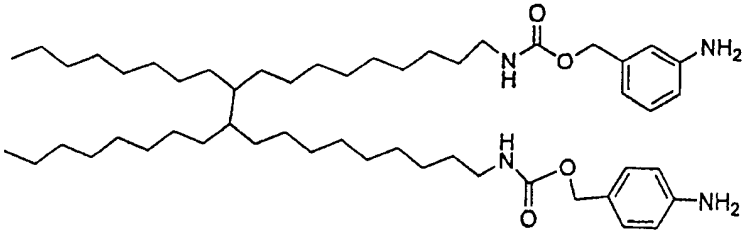


“DDI 1410的双（间-硝基苯甲基氨基甲酸酯）”（和环状异构体）

在配备了机械搅拌器、回流冷凝器和内部温度探测器的充氮的1L四颈瓶中，将DDI 1410（Henkel，“二异氰酸酯二聚体”，99.77g，基于13.96%NCO的1.65×10^{-1}mol）、间-硝基苯甲基醇（50.8g，3.32×10^{-1}mol）和二月桂酸二丁锡（0.5ml，8.3×10^{-4}mol）溶于甲苯（150ml）。反应物加热到85℃，保持2.5小时。部分反应物的FT-IR分析表明，根据在2272cm^{-1}处无带判断异氰酸酯官能基已完全消耗掉了。在真空中将溶剂从反应物中除去，生成黄色油，其在室温下固化（152.4g，102%(微量甲苯)）。该固体显示出令人满意的FT-IR和^{1}H核磁共振色谱特征。

实施例I

制备“DDI 1410的双（间-氨基苯甲基氨基甲酸酯）”

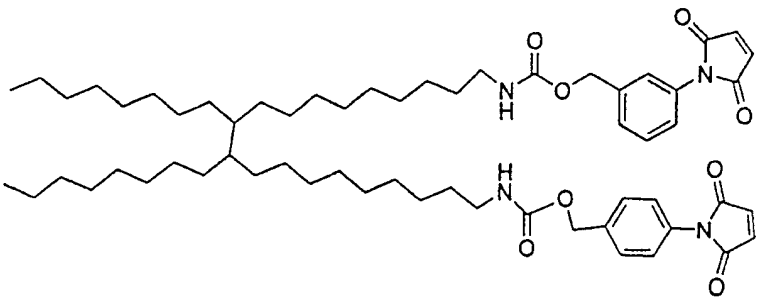


“DDI 1410 的双（间-氨基苯甲基氨基甲酸酯）”和环状异构体

在配备了机械搅拌器和回流冷凝器的充氮的 1L 三颈瓶中，将从实施例 H 中得到的二胺产品（39.6g，4.32×10^{-2}mol）和二水合氯化锡（97.55g，4.32×10^{-1}mol）溶于乙酸乙酯（300ml）。加热反应物，缓慢回流并剧烈搅拌 3 小时。令溶液冷却至室温并用饱和碳酸氢钠溶液调节 pH 至 7—8。将混合物加压通过 25 微米过滤器，生成分成混浊的水层和相对清澈的有机层的混合物。分离水层并用乙酸乙酯（100ml）洗净。合并有机层，用蒸馏水（300ml）洗净，并过无水硫酸镁充分干燥。将稀浆过滤，在真空中除去滤出液中的溶剂，生成黄色粘性固体（33.8g，92%）。

实施例 J

制备“DDI 1410 的双（间-马来酰亚胺苯甲基氨基甲酸酯）”



“DDI 1410 的双（间-马来酰亚胺苯甲基氨基甲酸酯）”（和环状异构体）

在配备了机械搅拌器、内部温度探测器和滴液漏斗的充氮的 2L 四颈瓶中，将马来酸酐（15.4g，1.57×10^{-2}mol）溶于丙酮（300ml）。将溶液于冰浴上令其冷却至接近 4℃。将溶有在实施例 I 中制得的二胺（63.4g，7.48×10^{-2}mol）的丙酮（70ml）溶液装入滴液漏斗并在 30 分钟内加至马来酸酐溶液中，同时保

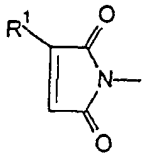
持内部温度低于10℃。得到的溶液搅拌1小时，随后令其升温至室温再搅拌2小时。

向此酰胺酸溶液中加入乙酸酐（24.7ml，2.62×10^{-1}mol），三乙胺（6.25ml，4.48×10^{-2}mol）和四水合乙酸镁（0.37g，1.50×10^{-3}mol）。加热溶液，缓慢回流6.5小时，然后冷却至室温。在真空中除去大部分溶剂并将得到的黑色液体再溶于乙醚（500ml）。用蒸馏水（500ml）洗该溶液。然后用饱和$NaHCO_3$水溶液（500ml），再用蒸馏水（500ml）洗分离出的有机层。分离有机物，过无水硫酸镁充分干燥，在真空中除去溶剂，生成桔色油。这种物质表现出预期的双马来酰亚胺产品一致的FT-IR、^1H核磁共振和^{13}C核磁共振色谱特征。

本发明的其它实施例包括在下列有编号的段落中：

1.一种制造印刷电路板上的电路元件的组合物，该组合物包括马来酰亚胺化合物和选自自由基引发剂、光引发剂和二者的结合物的固化引发剂，马来酰亚胺化合物具有通式$[M-X_m]_n-Q$，其中m是0或1，n是1—6，和

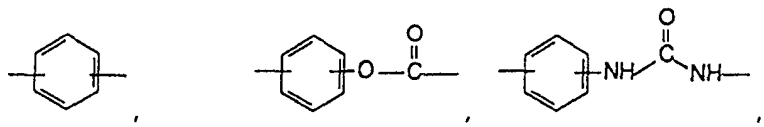
（a）M是具有结构



的马来酰亚胺部分，其中R^1是氢或有1—5个碳原子的烷基；

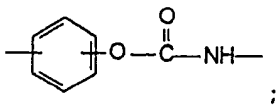
（b）X是选自具有下列结构的芳香族基团：

(I) (II) (III)



和

(IV)



;

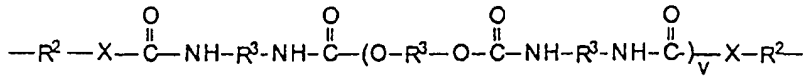
和

(c)Q是线性或有支链的链烷基、烷氧基、烷基氨基，烷基硫化物、烯基、烯氧基、烯基氨基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，其可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到X上；

2.根据第1段所述的组合物，其中Q是线性或有支链的链烷基、烷氧基、烯基或烯氧基，其可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基。

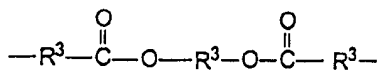
3.根据第2段所述的组合物，其中Q是线性或有支链的链烷基，其可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基。

4.根据第1段所述的组合物，其中Q是具有结构



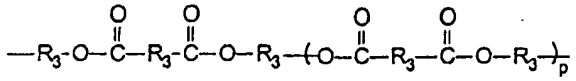
的尿烷，其中每个R^2独立地是具有1－18个碳原子的烷基、芳基、或芳烷基基团；R^3是链中具有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基；X是O、S、N或P；v是0－50；

5.根据第1段所述的组合物，其中Q是具有结构：



的酯，其中R^3是链中具有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基；

6. 根据第 1 段所述的组合物，其中 Q 是具有下述结构的酯：



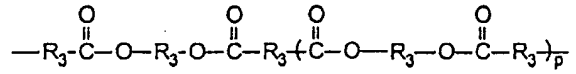
其中 p 是 1—100，和

每个 R^3 独立地是链中具有最多至 100 个原子的烷基或烷氧基链，可能含有芳基取代基；

或

每个 R^3 独立的是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$ 的硅氧烷，其中每个位置上的 R^1 取代基独立地是 H 或具有 1—5 个碳原子的烷基基团，每个位置上的 R^4 取代基独立地是具有 1—5 个碳原子的烷基基团或芳基基团，e 和 g 独立地是 1—10，f 是 1—50。

7. 根据第 1 段所述的组合物，其中 Q 是具有下述结构的酯：



其中 p 是 1—100，和

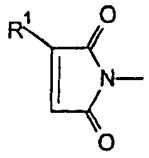
每个 R^3 独立地是链中具有最多至 100 个原子的烷基或烷氧基链，可能含有芳基取代基；

或

每个 R^3 独立的是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$ 的硅氧烷，其中每个位置上的 R^1 取代基独立地是 H 或具有 1—5 个碳原子的烷基基团，每个位置上的 R^4 取代基独立地是具有 1—5 个碳原子的烷基基团或芳基基团，e 和 g 独立地是 1—10，f 是 1—50。

8. 一种组合物，包括马来酰亚胺化合物和一种选自自由基引发剂、光引发剂和二者的结合物的固化引发剂，该马来酰亚胺化合物具有通式 $[M-Z_m]_n-K$，其中 m 是 0 或 1，n 是 1—6，和

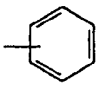
(a) M 是具有结构



的马来酰亚胺部分，其中R'是氢或有1—5个碳原子的烷基；

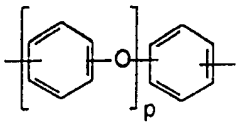
（b）K是选自具有下列结构的芳香族基团：

(V)



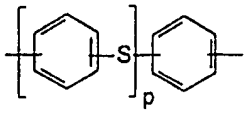
；

(VI)



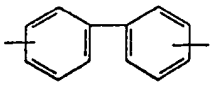
其中p是1—100；

(VII)



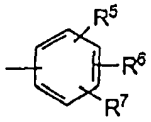
其中p是1—100；

(VIII)



；

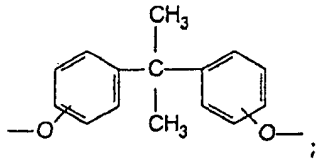
(IX)



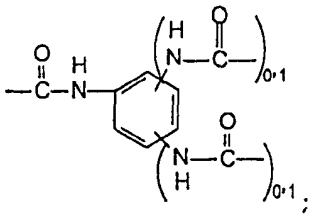
其中 R^5，R^6 和 R^7 是线性或有支链的链烷基、烷氧基、烷基胺基，烷基硫化物、链烯基、烯氧基、烯基胺基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，链中可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到芳香环上；

或 R^5，R^6，R^7 是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^1_2-O]_f-SiR^4_2-(CH_3)_g-$ 的硅氧烷，其中 R^1 取代基是 H 或具有 1—5 个碳原子的烷基基团，每个位置上的 R^1 取代基独立地是具有 1—5 个碳原子的烷基基团或芳基基团，e 是 1—10 和 f 是 1—50；

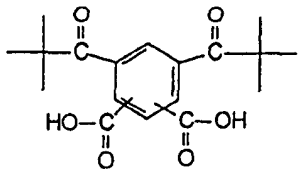
(X)



(XI)



(XII)



;

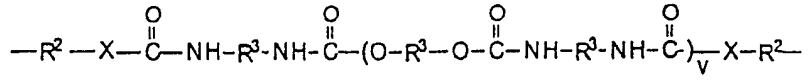
和

(c)Z是线性或有支链的链烷基、烷氧基、烷基胺基，烷基硫化物、烯基、烯氧基、烯基胺基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到K上；

9.根据第8段所述的组合物，其中Z是线性或有支链的烷基、烷氧基、烯基或烯氧基，可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基。

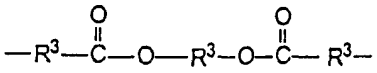
10.根据第8段所述的组合物，其中Z是线性或有支链的烷基，可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基。

11.根据第8段所述的组合物，其中Z是具有下述结构的尿烷：



其中每个R^2独立地是具有1—18个碳原子的烷基、芳基、或芳烷基基团；R^3是链中具有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基；X是O、S、N或P和v是0—50；

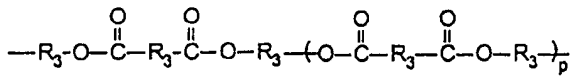
12.根据第8段所述的组合物，其中Z是具有下述结构的酯：



其中R^3是链中具有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取

代基；

13. 根据第 8 段所述的组合物，其中 Z 是具有下述结构的酯：



其中

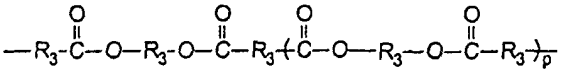
p 是 1—100，和

每个 R^3 独立地是链中含有最多至 100 个原子的烷基或烷氧基链，可能含有芳基取代基；

或

每个 R^3 独立地是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$ 的硅氧烷，其中每个位置上的 R^1 取代基独立地是氢或具有 1—5 个碳原子的烷基基团，每个位置上的 R^4 取代基独立地是具有 1—5 个碳原子的烷基基团或芳基基团，e 和 g 独立地是 1—10，f 是 1—50。

14. 根据第 8 段所述的组合物，其中 Z 是具有下述结构的酯：



其中

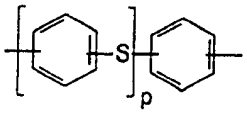
p 是 1—100，和

每个 R^3 独立地是链中含有最多至 100 个原子的烷基或烷氧基链，可能含有芳基取代基；

或

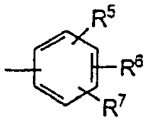
每个 R^3 独立地是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$ 的硅氧烷，其中每个位置上的 R^1 取代基独立地是 H 或具有 1—5 个碳原子的烷基基团，每个位置上的 R^4 取代基独立地是具有 1—5 个碳原子的烷基基团或芳基基团，e 和 g 独立地是 1—10 和 f 是 1—50。

15. 根据第 8—14 段中任一段所述的组合物，其中 K 是



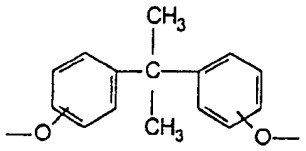
其中p是1—100。

16.根据第8—14段中任一段所述的组合物，其中K是



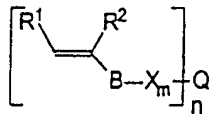
其中R^5，R^6，R^7是线性或有支链的链烷基、烷氧基、烷基胺基，烷基硫化物、烯基、烯氧基、烯基胺基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，链中可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到芳香环上。

17.根据第8—14段中任一段所述的组合物，其中K是



。

18.一种组合物，包括一种乙烯基化合物和一种选自自由基引发剂、光引发剂和二者的结合物的固化引发剂，该乙烯基化合物具有通式



其中m是0或1和n是1—6；和

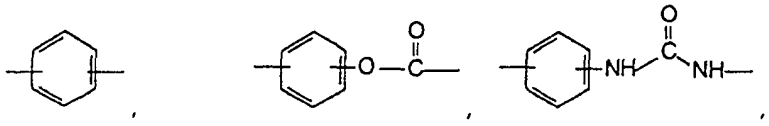
(a)R^1和R^2是H或具有1—5个碳原子的烷基，或与形成乙烯基的碳原子一

起形成5—9元环；

(b)B是C、S、N、O、C(O)、C(O)NH或C(O)N(R^8)，其中R^8是C_1-C_5烷基；

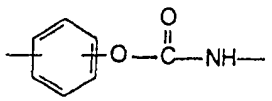
(c)X选自具有下列结构的芳香基团：

(I) (II) (III)



和

(IV)



；

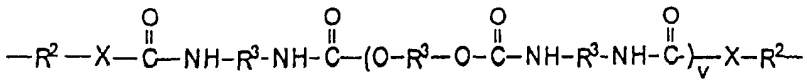
和

(d)Q是线性或有支链的链烷基、烷氧基、烷基胺基，烷基硫化物、烯基、烯氧基、烯基胺基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到X上。

19.根据第18段所述的组合物，其中Q是线性或有支链的烷基、烷氧基、烯基或烯氧基，可能含有作为侧链或主链一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基。

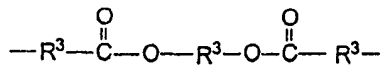
20.根据第19段所述的组合物，其中Q是线性或有支链的烷基，可能含有作为侧链或主链一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基。

21.根据第18段所述的组合物，其中Q是具有下述结构的尿烷：



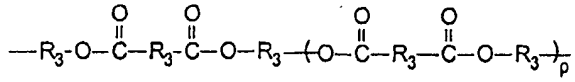
其中每个R^2独立地是具有1—18个碳原子的烷基、芳基、或芳烷基基团；R^3是链中具有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基；X是O、S、N或P；v是0—50。

22. 根据第18段所述的组合物，其中Q是具有下述结构的酯：



其中R^3是链中具有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基；

23. 根据第18段所述的组合物，其中Q是具有下述结构的酯：



其中

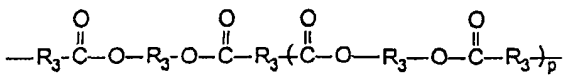
p是1—100，和

每个R^3独立地是链中含有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，其可能含有芳基取代基；

或

每个R^3独立地是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$的硅氧烷，其中每个位置上的$R^1$取代基独立地是H或具有1—5个碳原子的烷基基团，每个位置上的R^4取代基独立地是具有1—5个碳原子的烷基基团或芳基基团，e和g独立地是1—10和f是1—50。

24. 根据第18段所述的组合物，其中Q是具有下述结构的酯：



其中

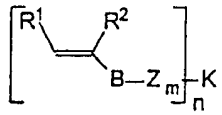
p是1—100，和

每个R^3独立地是链中含有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，可能含有芳基取代基；

或

每个R^3独立地是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$的硅氧烷，其中每个位置上的$R^1$取代基独立地是H或具有1—5个碳原子的烷基基团，每个位置上的R^4取代基独立地是具有1—5个碳原子的烷基基团或芳基基团，e和g独立地是1—10和f是1—50。

25. 一种组合物，包括一种乙烯基化合物和一种选自自由基引发剂、光引发剂和二者的结合物的固化引发剂，该乙烯基化合物具有通式



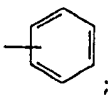
其中m是0或1，n是1—6；和

(a)R^1和R^2是H或具有1—5个碳原子的烷基，或与形成乙烯基的碳原子一起形成5—9元环；

(b)B是C、S、N、O、C(O)、C(O)NH或C(O)N(R^8)，其中R^8是C_1-C_5烷基；

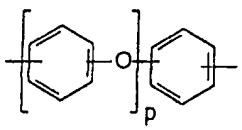
(c)K选自具有下列结构的芳香基团：

(V)



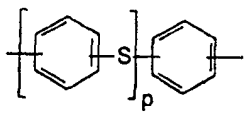
；

(VI)



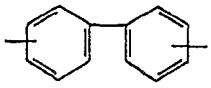
其中p是1—100；

(VII)



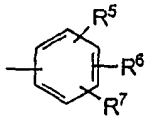
其中 p 是 1—100;

(VIII)



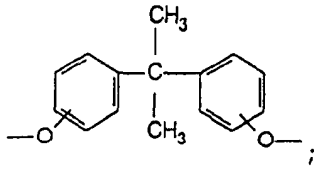
;

(IX)



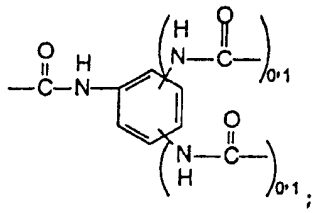
其中 R^5，R^6，R^7 是线性或有支链的链烷基、烷氧基、烷基胺基，烷基硫化物、烯基、烯氧基、烯基胺基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，链中可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到芳香环上；或 R^5，R^6，R^7 是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CH_3)_g-$ 的硅氧烷，其中 R^1 取代基是 H 或具有 1—5 个碳原子的烷基基团，每个位置上的 R^4 取代基独立地是具有 1—5 个碳原子的烷基基团或芳基基团，e 是 1—10，f 是 1—50;

(X)



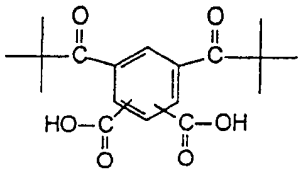
;

(XI)



和

(XII)



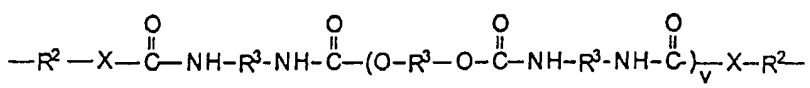
和

(d)Z 是线性或有支链的链烷基、烷氧基、烷基胺基，烷基硫化物、烯基、烯氧基、烯基胺基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到 X 上。

26. 根据第 25 段所述的组合物，其中 Z 是线性或有支链的烷基、烷氧基、烯基或烯氧基，可能含有作为侧链或主链一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基。

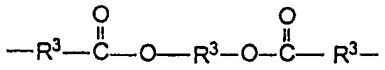
27. 根据第 25 段所述的组合物，其中 Z 是线性或有支链的烷基，可能含有作为侧链或主链一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基。

28. 根据第 25 段所述的组合物，其中 Z 是具有下述结构的尿烷：



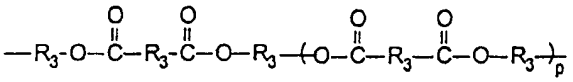
其中每个R^2独立地是具有1—18个碳原子的烷基、芳基、或芳烷基基团；R^3是链中具有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基；X是O、S、N或P；v是0—50。

29.根据第25段所述的组合物，其中Q是具有下述结构的酯：



其中R^3是链中具有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，链中可能含有芳基取代基。

30.根据第25段所述的组合物，其中Z是具有下述结构的酯：



其中

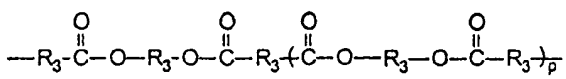
p是1—100，和

每个R^3独立地是链中含有最多至100个原子的烷基或烷氧基链，可能含有芳基取代基；

或

每个R^3独立地是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$的硅氧烷，其中每个位置上的$R^1$取代基独立地是H或具有1—5个碳原子的烷基基团，每个位置上的R^4取代基独立地是具有1—5个碳原子的烷基基团或芳基基团，e和g独立地是1—10和f是1—50。

31.根据第25段所述的组合物，其中Z是具有下述结构的酯：



其中

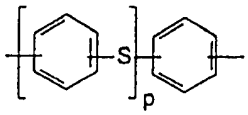
p是1—100，和

每个 R^3 独立地是链中含有最多至 100 个原子的烷基或烷氧基链，可能含有芳基取代基；

或

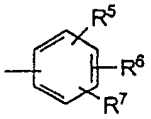
每个 R^3 独立地是具有结构：$-(CR^1_2)_e-[SiR^4_2-O]_f-SiR^4_2-(CR^1_2)_g-$ 的硅氧烷，其中每个位置上的 R^1 取代基独立地是 H 或具有 1—5 个碳原子的烷基基团，每个位置上的 R^4 取代基独立地是具有 1—5 个碳原子的烷基基团或芳基基团，e 和 g 独立地是 1—10，f 是 1—50。

32. 根据第 25—31 段中任一段所述的组合物，其中，K 是



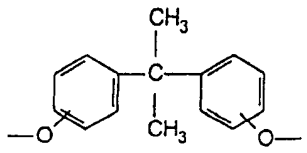
p 是 1—100。

33. 根据第 25—31 段中任一段所述的组合物，其中 K 是



其中 R^5，R^6 和 R^7 是线性或有支链的链烷基、烷氧基、烷基胺基，烷基硫化物、烯基、烯氧基、烯基胺基、烯基硫化物、芳基、芳氧基或芳基硫化物，链中可能含有作为侧链或主链的一部分的饱和或不饱和环状或杂环取代基，其中存在的任何杂原子可能或可能不直接结合到芳香环上。

34. 根据第 25—31 段中任一段所述的组合物，其中 K 是



35. 一种组合物，包括一种如第 1—17 段中任一段所述的马来酰亚胺化合物和一种如第 18—34 段中任一段所述的乙烯基化合物，和一种固化引发剂。

36. 一种组合物，包括一种如第1—17段中任一段所述的马来酰亚胺化合物，或一种如第18—34段中任一段所述的乙烯基化合物，或如第1—17段中任一段所述的马来酰亚胺化合物和如第18—34段中任一段所述的乙烯基化合物的组合物，和一种阴离子或阳离子引发剂。

37. 一种印刷电路板，含有根据上述段落中所述的组合物制备的电路元件。

38. 一种制备印刷电路板上的电路元件的方法，该方法包括下列步骤：

(a)提供根据第1—36段中任一段所述的固化组合物；

(b)将该组合物涂布到印刷电路板上；和

(c)在原处固化组合物，形成电路元件。