

# 含氟芳杂环高分子及其在微电子工业中的研究进展

刘金刚<sup>1</sup>, 杨海霞<sup>2</sup>, 王丽芳<sup>2</sup>, 李彦峰<sup>2</sup>, 范琳<sup>1</sup>, 杨士勇<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院化学研究所, 工程塑料国家重点实验室, 分子科学中心, 北京 100080;

2. 兰州大学, 兰州大学化学化工学院, 兰州 730000)

**摘要:**综述了近年来国内外在含氟芳杂环高分子方面的研究及应用进展情况。主要介绍了含氟聚苯并咪唑(PBI)、聚苯并噻唑(PBO)、聚芳醚(PAE)及其衍生物等材料。从含氟单体的合成、聚合物的合成及其应用等几个方面进行了阐述。

**关键词:**芳杂环高分子; 三氟甲基; 单体; 微电子

有机芳杂环高分子是随着20世纪50年代末、60年代初航空、航天、机械、电子等工业对于耐热高分子材料的迫切需要而逐步发展起来的。这类高分子在其分子链中含有杂环与芳环,并且至少同时含有两个或两个以上的共轭环结构,因此分子链具有很大的刚性,使其自由转动受到很大限制。另一方面,这类材料的刚性链排列较为规整,这两方面的原因使其具有很高的玻璃化转变温度和热分解温度<sup>[1]</sup>。

虽然人们对于芳杂环聚合物的研究已经有了几十年的历史,但其中很少实现了商业化。这一方面是由于起始原料或单体的限制,另一方面则主要是由于加工这些材料所需要的苛刻条件,例如PBI、聚苯并噻唑(PBT)以及由高度刚性的多环结构组成的“梯形”聚合物等材料的加工条件十分苛刻。文献中通常将这类材料称为“brick dust”材料,意思是它们只能以不熔不溶的橙色、红色甚至是黑色的粉末状形式得到。因此近些年来,研究芳杂环高分子的重点几乎已不再是合成新的耐热性更高的高分子,而是致力于围绕可加工性的结构改性以及合成方法和操作工艺的改进、降低成本以及发现新性能等方面的研究<sup>[2]</sup>。

目前在芳杂环高分子的诸多改性研究中,可溶性芳杂环高分子的研究可以说是最为引人注目的热点之一。改善这类材料溶解性的措施主要包括,在其分子链中引入柔性基团;引入大的侧基,如苯环、六氟异丙基等;采用共聚的方法破坏分子链的规整性以及采用非共平面的聚合单体等<sup>[3]</sup>。其中含氟基团的引入无疑是目前最为有效的措施之一。

氟原子特殊的物理化学性质,如较大的电负性、较低的摩尔极化率以及含氟取代基,如三氟甲基的庞大自由体积等,都使得制品可在保持优良耐热性能的同时具有优良的溶解性能、机械性能以及较低的介电常数等。所有这些性能在很大程度上都可满足现代微电子工业的要求,因此芳杂环高分子的应用领域自20世纪80年代后开始由传统的航空、航天等逐步转向微电子,目前在电子封装、液晶显示、发光器件、燃料电池、光纤通讯等高科技领域都得到了广泛的应用<sup>[4]</sup>。

**基金项目:**杰出青年基金(59925310); 工程塑料国家重点实验室研究基金(SKLEP0061);

**作者简介:**刘金刚(1973-),男,1999年于河北工业大学材料学院获工学硕士学位,2002年于中国科学院化学研究所获理学博士学位。主要从事含氟聚酰亚胺功能材料的研究与开发。

\* 通讯联系人; Tel: 62564819; Fax: 62559373; E-mail: public305@iccas.ac.cn

含氟聚酰亚胺是目前含氟芳杂环高分子中研究得最多的品种之一,作者对于这方面的研究及应用进展情况已进行过详细的综述<sup>[5]</sup>,在此就不再赘述。本文将主要介绍除聚酰亚胺以外的其它类别的芳杂环高分子材料,重点从单体的合成、聚合物的合成以及含氟高分子在微电子领域中的应用等几个方面进行详细的综述。

## 1 含氟单体的合成

聚合物的性质主要是通过单体的结构特征来实现的,因此对于功能高分子的研究在很大程度上是对新型单体的研究。单体在合成、提纯以及成本上的问题在很大程度上会限制高分子的发展。目前用于芳杂环高分子合成的单体种类主要包括:二元酸酐、二元胺、二元酸、四元胺等。这些单体经不同类型的聚合反应可制备出各种各样的芳杂环高分子材料。对于含氟二酐与含氟二胺的合成进展情况,作者在前文中已有所阐述<sup>[5]</sup>。本文中主要介绍含氟四胺及二酸的合成进展。

### 1.1 芳香族含氟四胺

由于合成上的困难,目前工业化的四胺单体种类较少,只有 1,2,4,5-四氨基苯(TAB)<sup>[6]</sup>和 3,3',4,4'-四氨基联苯(TABP)以及 3,3',4,4'-四氨基联苯醚(TADEP)等少数几种,其结构如图 1 所示。由于这些四胺具有较为刚性的骨架结构,因此由其聚合得到的高分子很难溶解于有机溶剂中。

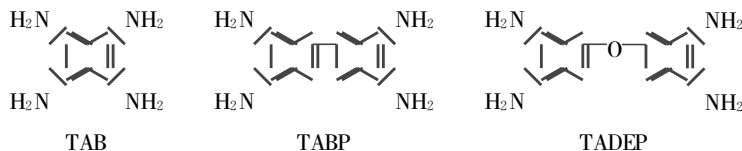


图 1 商业化四胺化合物的结构

目前文献中报道的四胺单体有几十种,其合成方法主要包括如下几类。

(1)二胺化合物首先经氨基保护反应得到二乙酰氨基化合物,将该化合物用硫酸/硝酸混合体系进行硝化得到二乙酰氨基二硝基化合物,该化合物经脱保护、还原反应最后得到四胺化合物。例如 Foster 等人以 4,4'-二氨基二苯醚(ODA)为起始原料,通过氨基保护、硝化、脱保护、还原四步反应制备了 3,3',4,4'-四氨基联苯醚,总产率 50.8%<sup>[7]</sup>。再如 TABP 也可通过此路线制备等<sup>[8]</sup>。

(2)由邻二氨基化合物或其衍生物经某些反应制备四胺。例如 Kumar 采用 2-硝基-1,4-对苯二胺与对苯二甲酰氯反应,再经还原制备了分子结构中含有酰胺基的四胺化合物,其合成路线如图 2 所示<sup>[9]</sup>。

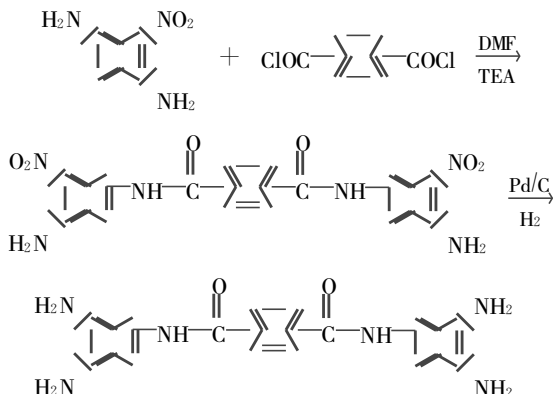


图 2 主链含有酰胺键的四胺化合物的制备

(3)含有卤素或羟基的二硝基化合物经氨解反应制备四胺化合物。例如 Vogel 等人以间二氯苯为原料,经硝化、氨解、还原反应制备了 1,2,4,5-四氨基苯盐酸盐,再经氢氧化钠水溶液中和,制备了四胺基化合物<sup>[10]</sup>。

含氟四胺化合物的制备一般也采用上述路线。例如 Koros 等人以六氟双酚 A 为起始原料,经硝化、高压或低温氨化、还原等三步反应制备了 3,3',4,4'-四氨基六氟异丙基二苯(6FTA),总产率为 60%左右,合成路线如图 3(a)所示<sup>[11]</sup>。Vora 等人采用另外一条路线,以 2,2'-双(4-氨基苯基)六氟丙烷为起始原料通过氨基保护、硝化、脱保护、还原等四步反应制备了 6FTA,合成路线如图 3(b)所示<sup>[12]</sup>。

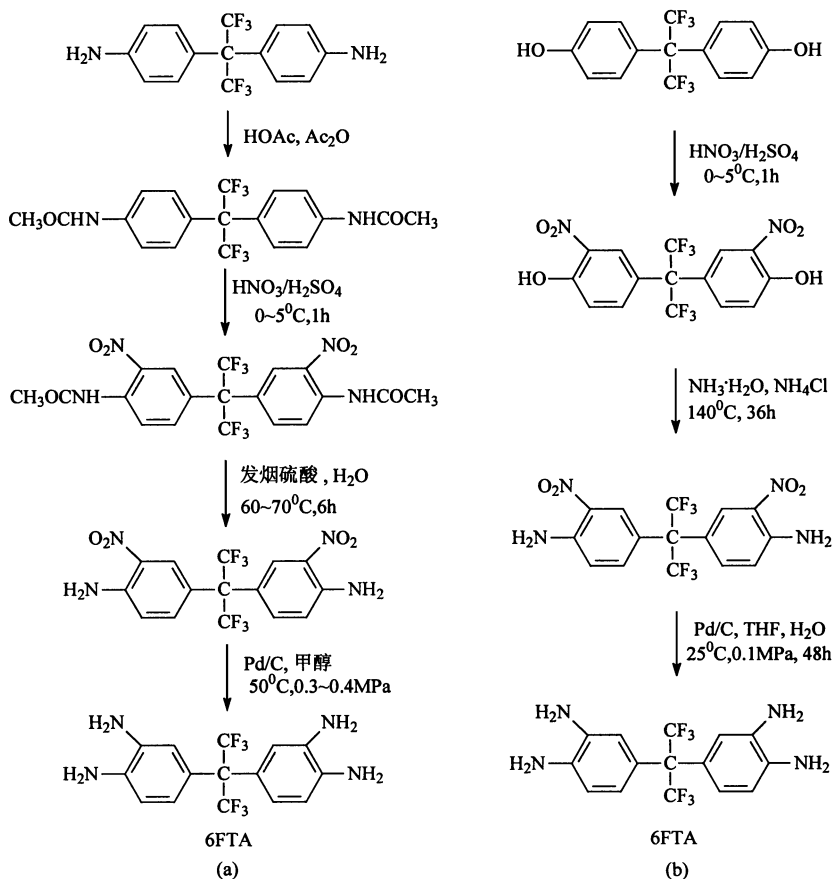


图 3 通过路线(3)制备 6FTA

作者所在课题组采用 3-硝基-4-乙酰氨基苯乙酮与含氟醛类化合物经 Chichibabin 反应、水解以及还原等三步反应制备了一系列含有吡啶结构的新型含氟芳香族四胺单体,其分子结构中的吡啶结构可保持其制品的耐热性能,而侧链的三氟甲基取代基则可赋予其优良的溶解性能,因此是一类很有应用前景的单体,典型的 6FPA 的合成路线如图 4 所示<sup>[13]</sup>。

## 1.2 芳香族二酸

与芳香族四胺化合物相比,芳香族二酸的种类要多得多。其合成方法归纳起来主要可分为三类。

(1)由二甲基化合物氧化制备。例如, Kovacs 等人在研究含硅耐热高分子材料时,将双(对二甲

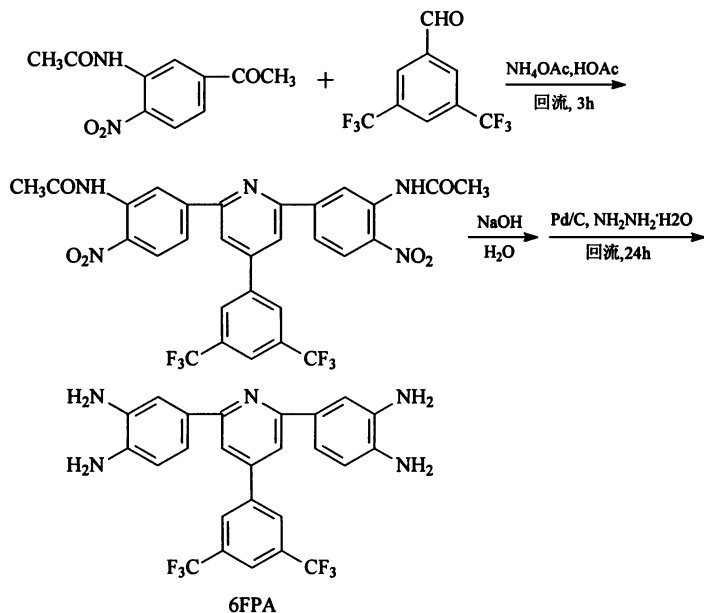


图 4 含有吡啶结构的含氟四胺单体的合成

苯基)二苯基硅烷用铬酸氧化制备了二酸化合物,双(对羧基苯基)二苯基硅烷,产率高达 96%,其合成路线如图 5(a)所示<sup>[14]</sup>。再如,Spiliopoulos 等人在研究可溶性聚酰胺及聚酰亚胺时,将 4,4'-二甲基-5'-苯基间三联苯用高锰酸钾/吡啶体系氧化制备了含有刚性棒状结构的二酸化合物 4,4'-二羧基-5'-苯基间三联苯,其合成路线如图 5(b)所示<sup>[15]</sup>。

(2)由对卤苯甲腈与二酚化合物反应制备。例如,Maglio 等人在研究热稳定性芳香族聚(1,3,4-二唑)的过程中,采用对氟苯甲腈与各种二酚化合物反应制备了一系列含有多环结构的二酸化合物,其结构如图 5(c)所示<sup>[16]</sup>。

(3)在合成聚酰胺酰亚胺(PAI)时,通常要使用分子结构中含有酰亚胺基团的二酸化合物,其主要是通过二酐与对氨基苯甲酸<sup>[17]</sup>或二胺与偏苯三酸酐(TMA)<sup>[18]</sup>的反应制备的,如图 5(d)与 5(e)所示。

含氟二酸可通过上述方法中的任何一种来制备,如图 5(c)、(d)与(e)所示的含氟二酸。再如,William 等人采用甲苯与六氟丙酮反应制备了含有六氟异丙基的二甲基化合物,将该二甲基化合物用铬酸进行氧化制备了分子结构中含有六氟异丙基的二酸化合物等<sup>[19]</sup>。

作者所在课题组采用对甲基苯乙酮与含氟醛类化合物经 Chichibabin 反应、以及氧化反应制备了一系列含有吡啶结构的新型含氟芳香族二酸单体及其衍生物,如二酰氯等。这类结构的单体在制备高耐热性可溶芳杂环高分子中具有很大的应用前景,典型的 6FPC 的合成路线如图 6 所示。

以上简要介绍了芳香族四胺与二酸化合物的合成进展情况。应该说单体的合成在芳杂环高分子的合成研究中占有很大的份量,功能性芳杂环高分子的开发更是要借助特殊结构的单体来实现,目前这方面的研究已取得了很大的进展。

## 2 含氟芳杂环高分子的合成

在芳杂环高分子的研究过程中,人们主要通过两种方式合成所需要的材料。一是首先合成

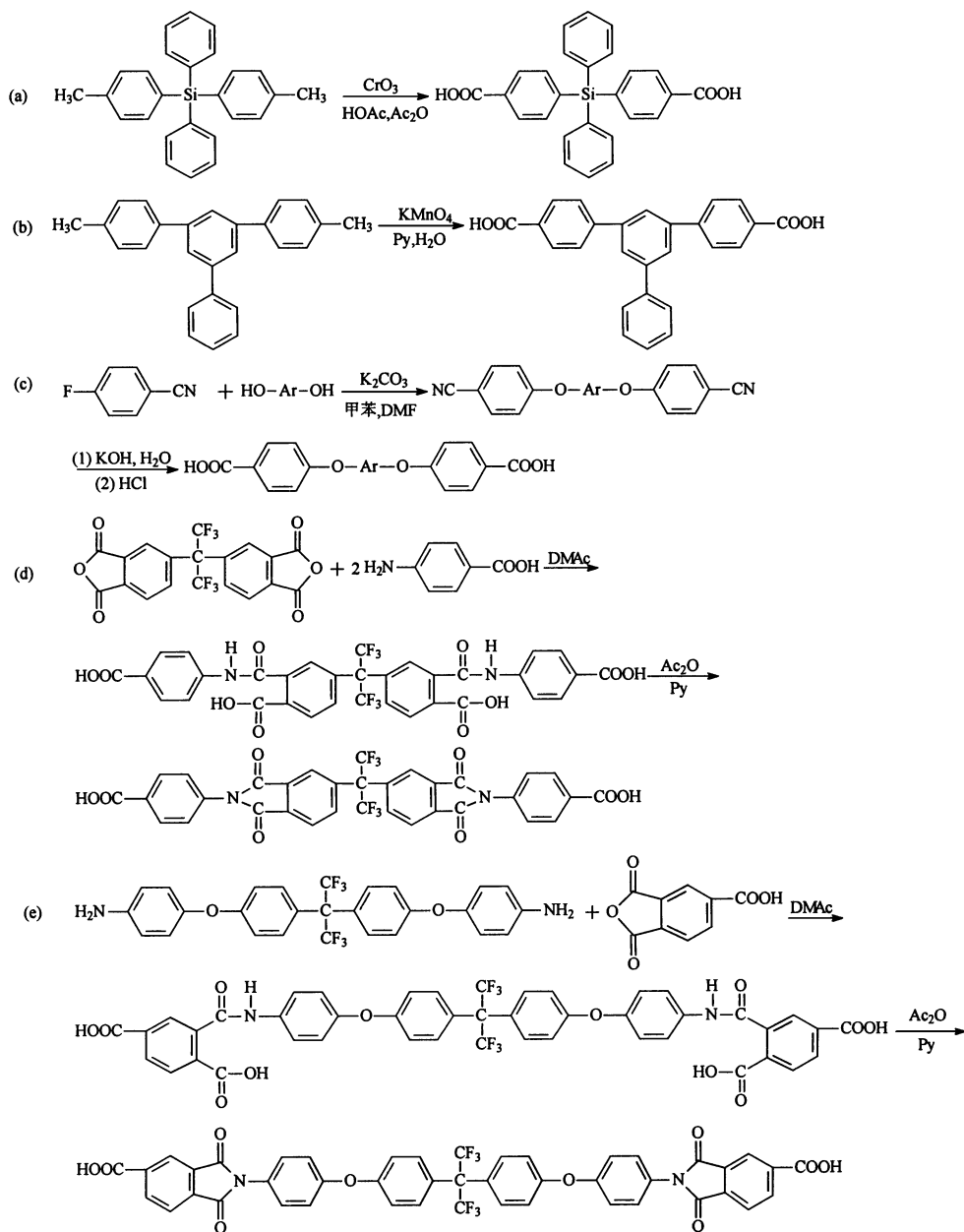


图5 芳香族二酸化合物的合成化学反应方程式

带有特定芳环或杂环结构的单体, 然后进行聚合, 由此制备的材料在分子结构中通常含有多种杂环结构, 因此材料通常具有多重性能。另一种方式则是直接通过化学反应合成所需要的杂环结构。相比之下, 第一种方式可以通过分子剪裁来设计合成所需要的结构, 因而具有更大的灵活性。而由第二种方式制备的材料性能通常较为单一。

## 2.1 通过含有杂环结构的单体进行聚合制备芳杂环高分子

Maier 及其合作者研究开发了一系列耐高温、低介电常数聚芳醚材料, 三氟甲基的引入使得这些有着刚性骨架结构的材料可溶于 NMP、四氢呋喃等溶剂中。同时, 三氟甲基的引入大大降低了

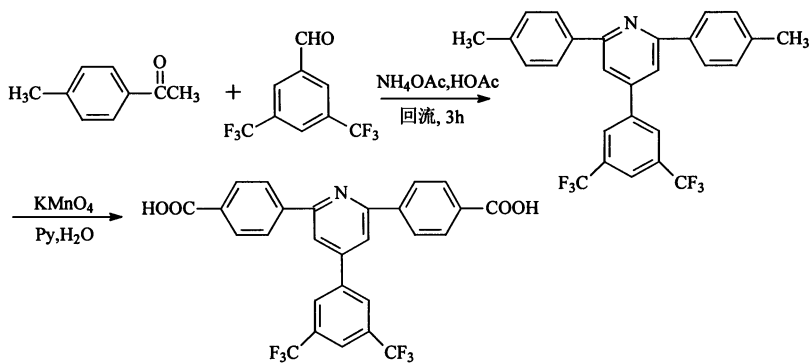


图 6 主链含吡啶结构的含氟二羧化合物的合成

其介电常数。因此使得这些材料成为理想的集成电路层间及金属间绝缘材料,图 7 给出了这些材料的合成示意图<sup>[20,21]</sup>。

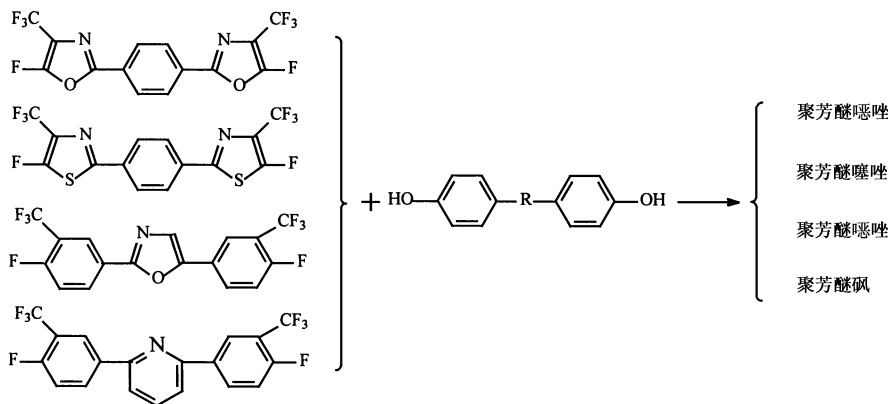


图 7 耐高温低介电常数含氟聚芳醚系列材料的合成

Mercer 等人在开发可满足微电子工业需求的高性能、耐高温聚合物时,通过采用分子结构中含有苯并噁唑及醚键的二胺单体与二酐进行聚合制备了含氟聚(醚酰亚胺-噁唑)高分子,其合成路线如图 8 所示<sup>[22]</sup>。

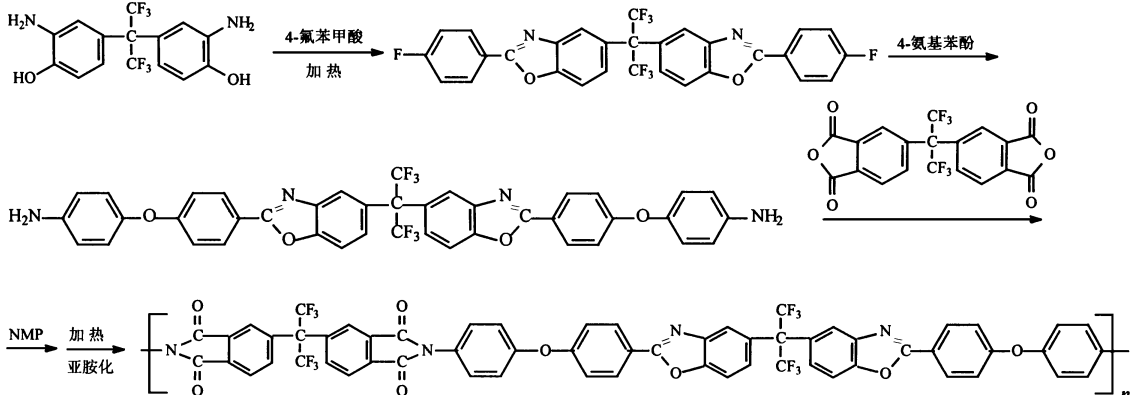


图 8 含氟聚(醚酰亚胺-噁唑)的合成

## 2.2 通过化学反应直接合成芳杂环高分子

由于绝大多数芳杂环高分子都具有刚性的骨架结构,因此很难溶于通常的有机溶剂中。而这些高分子的前体通常是可溶的,因此这类材料的合成往往是先通过聚合制备其前体溶液,然后在热或化学作用下脱除小分子或发生重排而得到最终需要的结构。例如聚酰亚胺的可溶性前体溶液聚酰胺酸(PAA)经过热亚胺化脱除水分子后即可得到不溶不熔的聚酰亚胺。通过化学反应直接合成芳杂环高分子往往也是通过此途径。

Mueller 等人采用 2,5-双(3-氨基-4-羟基苯基)六氟丙烷与二酰氯反应,制备了含氟聚苯并咪唑(PBO),其结构如图 9(a)所示<sup>[23]</sup>。该材料具有优良的耐热性能,起始分解温度超过 500℃。由其制备的薄膜具有优良的耐水解性能、力学性能以及耐辐射性能。Kane 等人采用 1,2,4,5-四胺基苯与六氟异丙基双苯甲酸在多聚磷酸中反应制备了含氟聚苯并咪唑(PBI),其结构如图 9(b)所示<sup>[24]</sup>。这类材料只溶解于强酸中,其起始分解温度超过 500℃。Vora 等人采用含氟二酐 6FDA 与芳香族四酸反应制备了可溶性 PBI,其薄膜具有低吸水率和高热稳定性,其热分解温度超过 550℃<sup>[25]</sup>。Hutzler 等人采用双邻氨基硫酚与含氟二酸在多聚磷酸作用下制备了含氟聚苯并噻唑(PBT),其结构如图 9(c)所示<sup>[26]</sup>。这类材料可溶解于间甲酚、邻氯苯酚等溶剂中,热分解温度超过 500℃。Garapon 等人采用含氟四胺与双(α-二酮)反应制备了含氟聚苯并噻唑(PBT),其结构如图 9(d)所示<sup>[28]</sup>。这类材料具有优良的溶解性能、高的耐热性能以及较低的介电常数(2.8)。吉林大学的王贵宾等人对侧链带有三氟甲基取代苯侧基的聚芳醚及其衍生物进行了研究,结果表明三氟甲基苯侧基的引入可大大提高聚芳醚酮的溶解性能,未经取代的聚芳醚酮几乎不溶于任何有机溶剂,而引入三氟甲基后,制品不但可溶解于极性溶剂 *N*-甲基吡咯烷酮(NMP)、*N,N*-二甲基甲酰胺(DMF)中,而且可溶于四氢呋喃、二氯甲烷、氯仿等溶剂中,所合成含氟聚芳醚酮的结构如图 9(e)所示<sup>[28]</sup>。

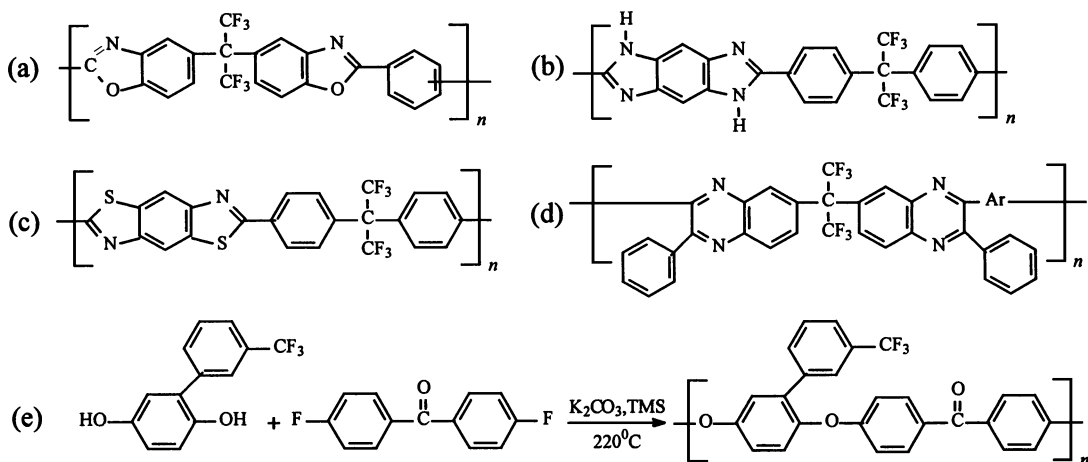


图9 含氟芳杂环高分子的合成

## 3 含氟芳杂环高分子在微电子工业中的应用

目前在微电子工业中应用最为广泛的含氟芳杂环高分子莫过于聚酰亚胺了,这方面的研究进展情况作者已有所阐述<sup>[6]</sup>。虽然含氟聚酰亚胺在微电子工业中已得到了广泛的应用,但聚酰亚胺特定的分子结构,如极性的酰亚胺基团等使其在某些领域,如超低介电常数材料、耐高湿热材料以及光波导通讯材料等中的应用受到较大限制。本节将主要介绍其他类型的一些含氟芳杂环高分子

材料在微电子工业中的应用进展情况。

### 3.1 低介电常数材料

集成电路工业中,为了实现更快的信号传输速度以及更为清晰的信号品质,要求所使用的芯片钝化封装材料以及多层布线的层间绝缘材料应具有更低的介电常数<sup>[29]</sup>。在聚合物分子结构中引入氟或含氟取代基是降低其介电常数最为有效的措施之一。

Maeda 等人研究了含氟聚苯并咪唑低介电常数材料,其结构如图 10 所示<sup>[30]</sup>。2,2-双(3-氨基-4-羟基苯基)六氟丙烷与 2,2-双(三氟甲基)-4,4'-联苯二羧酸首先反应生成聚苯并咪唑前体聚羟基酰胺,将该聚合物溶于 *N,N*-二甲基乙酰胺中进行涂膜,然后经高温固化得到了最终的含氟 PBO 薄膜,经测定其在 1MHz 下的介电常数为 2.4,50~300℃ 范围内的热膨胀系数为  $2.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 。

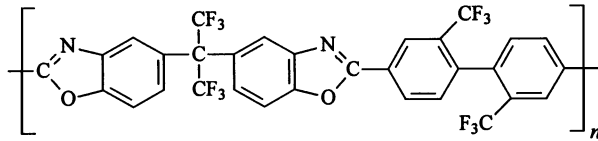


图 10 低介电常数 PBO 的化学结构

Maier 及其合作者对可满足微电子工业需求的耐热、低介电常数聚芳醚(PAE)材料进行了深入的研究<sup>[20]</sup>,通过在二卤化物中引入杂环单元及三氟甲基,使得聚合后得到的材料在保持了固有耐热性能的同时,具有较低的介电常数。其中,图 11(c)所示的聚芳醚的介电常数为 2.8。

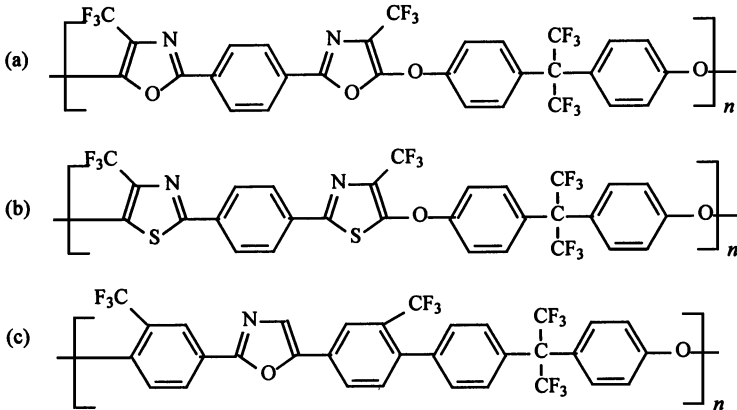


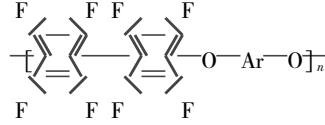
图 11 低介电常数 PAE 的合成

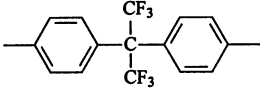
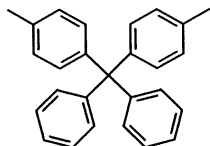
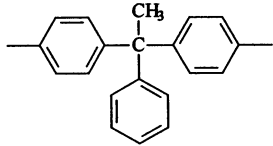
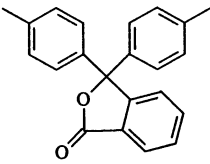
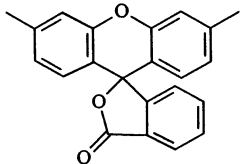
Clair 等人研究了基于十氟联苯的含氟聚芳醚的性质,研究发现这类材料的介电常数在 2.5~2.8 之间,可满足集成电路对层间绝缘材料的要求,其典型性质如表 1 所示<sup>[31]</sup>。

### 3.2 光致抗蚀剂材料

在集成电路的装配过程中广泛地应用到光刻工艺。光刻工艺就是利用光致抗蚀剂材料(又称光刻胶)的光化学反应,结合刻蚀方法在各种薄膜上制备出合乎要求的图形,以实现选择掺杂、形成金属电极和布线或表面钝化的目的。由于用平面工艺生产器件的过程中要反复使用光刻工艺,因此目前光刻工艺能刻蚀出线条的精细程度已经成为影响超大规模集成电路集成度的关键工艺之一,而线条的精细程度在很大程度上取决于使用的光致抗蚀剂材料。

表 1 基于十氟联苯的聚芳醚的合成

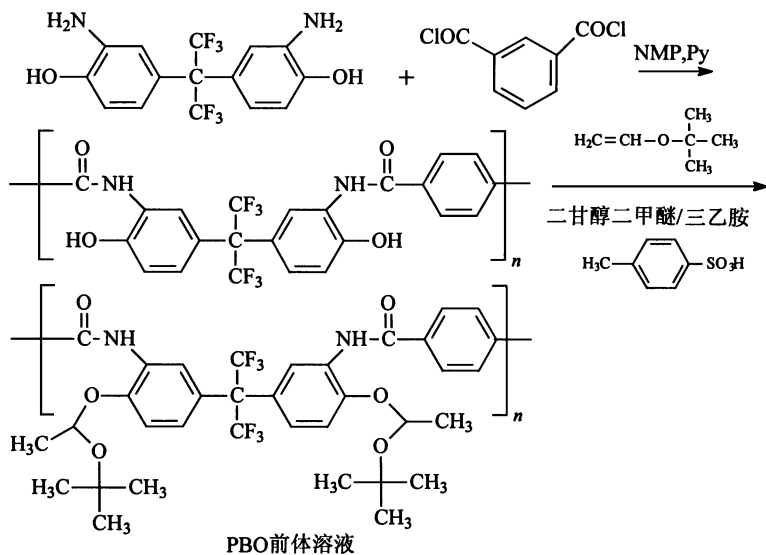


Ar	$T_g/^\circ\text{C}$	热膨胀系数 $\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$	介电常数	吸水率/%(wt)
	189	76	2.5	1
	260	65	2.6	1.5
	208	—	2.6	1
	243	—	2.75	4.5
	285	—	2.8	5

Hsu 等人开发了一种基于含氟聚苯并噻唑的正型光致抗蚀剂,其主要由聚苯并噻唑前体溶液、光致产酸剂、光敏剂以及溶剂等几部分组成。典型的制造工艺如图 12 所示<sup>[32]</sup>。首先 2,2-双(3-氨基-4-羟基苯基)六氟丙烷与间苯二甲酰氯聚合得到 PBO 前体聚合物;然后将该聚合物用乙烯基叔丁基醚进行保护,制得保护的 PBO 前体聚合物;最后将该聚合物与光致产酸剂、表面活性剂等组分溶于  $\gamma$ -丁内酯中即配得了所需的正性光致抗蚀剂。将其经过旋转涂覆、预烘、曝光、后烘、显影以及固化等工序,最后可得到分辨率为 2~4 $\mu\text{m}$  的光刻图形。

### 3.3 绝缘材料

Enoki 等人开发了一类基于含氟聚苯并噻唑(PBO)的有机绝缘膜,该类材料可用于微电子器件的层间绝缘膜和保护膜,多层电路的层间绝缘材料以及液晶取向膜等方面<sup>[33]</sup>。这类材料主要由结构如图 10 所示的含氟 PBO 前体溶液或 PBO 树脂与一种低聚物组成,该低聚物主要含有环氧丙烷、环氧乙烷、甲基丙烯酸甲酯或聚氨酯等骨架结构,分子量在 500~10000 之间。将该薄膜在氮气中



PBO 前体溶液 + 光致产酸剂 + 表面活性剂  $\xrightarrow{\gamma\text{-丁内酯}}$  正型光致抗蚀剂  
 旋转涂覆  $\xrightarrow{800\text{rpm}}$  预烘  $\xrightarrow{100^\circ\text{C}}$  曝光  $\xrightarrow{1000\text{mJ/cm}^2}$  后烘  $\xrightarrow{85^\circ\text{C}}$  显影  $\xrightarrow{\text{TMAH}}$  固化  $\xrightarrow{350^\circ\text{C}}$  光刻图形

图 12 正性含氟 PBO 光致抗蚀剂的合成与光刻工艺

加热,低聚物会发生热分解和汽化,从而得到含有平均直径在 5nm 左右细微孔隙的 PBO 薄膜。该薄膜在 1MHz 下的介电常数为 2.2,氮气下 5%热失重温度为 513°C。

## 5 结束语

含氟芳杂环高分子在保持了传统芳杂环高分子材料优良耐热性能、机械性能的同时,具有许多独特的性能,如较好的溶解性、较低的介电常数等等,因此在微电子工业中得到了广泛的应用。目前在这方面的研究主要集中在新型含氟单体的合成、在传统领域中应用的不断完善以及在新兴应用领域中的探索等方面。随着世界微电子工业的不断发展,相信这类材料会得到越来越广泛的重视。

## 参考文献:

[ 1 ] 卢凤才. 高分子通报, 1996, 1: 1-7.  
 [ 2 ] Rabilloud G. High-Performance Polymers, 2, Polyquinoxalines and Polyimides, Chemistry and Applications, Editions Technip, Paris, 1999.  
 [ 3 ] Abadie M J M, Sillion B. Polyimides and other high-temperature polymers, Elsevier, New York, 1991.  
 [ 4 ] Sillion B. High Perform Polym. 1999, 11, 417-436.  
 [ 5 ] 刘金刚. 新型含氟聚酰亚胺的合成、性能研究及其在微电子工业中的应用. 北京: 中国科学院化学研究所, 2002. 5.  
 [ 6 ] Philips M A. J Chem Soc, 1930, 1409-1415.  
 [ 7 ] Foster R T, Marvel C S. J Polym Sci; Part A: Polym Chem, 1965, 3, 417-421.  
 [ 8 ] 张帆, 樊祺泉, 安镜如. 无机分析用新有机试剂的合成. 北京: 海洋出版社, 1985, 445-447.  
 [ 9 ] Kumar S. J Med Chem, 1934, 27, 1083.  
 [ 10 ] Vogel H, Marvel C S. J Polym Sci, 1961, 511-539.

- [11] Koros W J, Walker D R B. US Patent 5262056, 1991.
- [12] Vora R H, Menczel J D. US Patent 5075419, 1991.
- [13] 王丽芳. 新型含氟聚吡咯的合成与性能研究. 兰州: 兰州大学, 2002. 8.
- [14] Kovacs H N, Delman A D, Simms B B. J Polym Sci. Part A-1, 1968, 6; 2103—2115.
- [15] Spiliopoulos I K, Mikroyannidis J A. Macromolecules, 1998, 31; 1236—1245.
- [16] Maglio G, Palumbo R, Tortora M, et al. Polymer, 1998, 39(25); 6407—6413.
- [17] Liaw D J, Liaw B Y, Tseng J M. J Polym Sci. Part A: Polym Chem, 1999, 37; 2629—2635.
- [18] Liaw D J, Hsu P N, Chen W H, et al. J Polym Sci. Part A: Polym Chem, 2001, 39; 3498—3504.
- [19] William B. US Patent 4758380, 1988.
- [20] Maier G, Hausmann J, Dietlmeier M, et al. Macromol Symp, 1999, 142; 85—99.
- [21] Maier G, Hecht R, Nuyken O, et al. Macromolecules, 1993, 26; 2583—2591.
- [22] Mercer F W, Mckenzie M T. Polym Prepr, 1993, 34(1); 395—396.
- [23] Mueller W H, Khanna D N. EP 317942, 1989.
- [24] Kane J J, Tomlinson R C, Reinhardt B A. Polym Prepr, 1994, 35; 830.
- [25] Vora R H, Chen P N, Menczel J D. US Patent 5077383, 1991.
- [26] Hutzler R F, Meurer D L, Kimura K, et al. High Perform Polym, 1992, 4; 161.
- [27] Garapon J, Bardou G, Sillion B. Fr Patent 2661679, 1991.
- [28] 王贵宾, 陈春海, 周宏伟, 等. 高等学校化学学报, 2000, 21(8); 1325—1327.
- [29] Maier G, Banerjee S, Hausmann J, et al. High Perform Polym, 2001, 13; S107—S115.
- [30] Maeda K, Moroi Y, Ishida M, Tsutsumi K. US Patent, 6291635, 2001.
- [31] Irvin J A, Neff C J, Kane K M, et al. J Polym Sci, Part A: Polym Chem, 1992, 30; 1675.
- [32] Hsu S L C, Waterson P J, Naiini A, et al. US Patent, 6143467, 2000.
- [33] Enoki T, Yamaji T, Murayama M, Hase Y. US Patent, 6380271, 2002.

## Fluorinated Heteroaromatic Polymers and the Applications in Microelectronics Industry

LIU Jin-gang<sup>1</sup>, YANG Hai-xia<sup>2</sup>, WANG Li-feng<sup>2</sup>, LI Yan-feng<sup>2</sup>, FAN Lin<sup>1</sup>, YANG Shi-yong<sup>1</sup>

(1. Institute of Chemistry, State Key Laboratory of Engineering Plastics, Center for Molecular Science, Beijing 100080, China;

2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Research and development of fluorinated heteroaromatic polymers, such as polybenzimidazoles, polybenzoxazole and poly(arylene ether) and so on, have been summarized. The synthesis of fluorinated monomers, aromatic tetraamines and diacids and the fluorinated heteroaromatic polymers were discussed in detail, respectively. The applications of fluorinated heteroaromatic polymers in microelectronics fields were introduced at the same time.

**Key words:** Heteroaromatic polymers; Trifluoromethyl; Microelectronic applications