

综 述

脂环族聚酰亚胺及其液晶取向膜材料

刘金刚, 何民辉, 王佛松, 杨士勇^{*}

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

摘要:综述了近年来在脂环族聚酰亚胺领域内的研究进展。从单体的合成方法和分类以及脂环族聚酰亚胺的合成方法和实际应用等几方面系统阐述了该领域的研究进展, 并着重讨论了其作为液晶显示器取向膜材料中的应用。

关键词:聚酰亚胺; 脂环族单体; 液晶显示器; 取向膜

自 Du Pont 公司于 20 世纪 50 年代末申请了世界上第一个有关聚酰亚胺(PI)的专利以来, 这类材料以其优异的耐热性能、绝缘和介电性能、力学机械性能、耐化学腐蚀性能等而得到了广泛的应用。特别是近年来, 随着高新技术领域的不断出现与快速发展, 聚酰亚胺材料的应用领域不断扩大、需求量不断提高。因此对于具有特定功能的聚酰亚胺材料的研究特别引人注目^[1]。在现代微电子技术和工业中, 聚酰亚胺材料广泛地应用于电子元器件的封装、芯片的表面钝化、 α -粒子阻挡层等方面^[2~4]; 在先进液晶显示技术(LCD)领域, 聚酰亚胺成为广泛使用的液晶分子排列的取向膜^[5~7]、负性补偿膜^[8~9]。随着聚酰亚胺材料在高新技术领域中应用范围的不断扩展, 其性能和功能也需要不断提高和扩展以满足技术进步对材料性能提出的更高要求。要求聚酰亚胺材料在保持其传统的优良性能的同时, 还要具备一些特殊的功能。如集成电路(IC)工业中所用的芯片钝化层材料要求聚酰亚胺材料首先应该具有优良的电绝缘性能, 同时还要求材料与基材具有良好的粘附性, 可以遮挡可能对层下元器件造成损伤的化学物理粒子。再如 IC 的封装过程中存在一个 400℃ 的金属熔结工艺, 要求所用薄膜绝缘材料必须可以经受这样的高温而不能引起电、化学及机械性能的劣化。(超)大规模集成电路为实现信号传递的高速化, 要求所使用的介电和绝缘材料应具有尽可能低的介电常数和介电损耗, 后续封装过程中所用的材料要求应具有尽量小的吸湿性、热膨胀系数(CTE)应与基材尽可能接近、尺寸稳定性能优异等^[10~11]。在 LCD 技术领域要求聚酰亚胺取向膜对液晶分子具有一定的预倾角。对于液晶分子扭曲成 90° 的扭曲向列液晶显示器(TN-LCD), 该角度需要 1~3°; 而对于液晶分子扭曲成 180~270° 的超扭曲向列液晶显示器(STN-LCD), 该角度则需要 5~30°^[12]。对于薄膜晶体管(TFT)驱动的有源矩阵液晶显示器(AM-LCD)不仅要求聚酰亚胺取向膜对液晶分子的预倾角要稳定, 同时为了防止过高的温度使微彩色滤光片发生劣化, 还要求聚酰亚胺取向膜的固化温度要低(<180℃), 具有良好的透明性等^[13]。传统的芳香族聚酰亚胺材料已经很难满足这些性能要求, 因此, 人们对其进行了大量的基础性研究工作, 从分子结构的设计开始, 通过分子剪裁、组合技术研制出具有许多特殊功能的聚酰亚胺材料, 极大地拓展了这类材料的

资助项目:杰出青年基金(项目编号:59925310);

作者简介:刘金刚(1973—), 1999 年硕士毕业于河北工业大学材料学院, 同年考入中国科学院化学研究所, 现为博士生, 主要研究方向为液晶显示器用聚酰亚胺取向膜材料的研究与开发;

^{*} 通讯联系人。

应用领域。其中,针对芳香族聚酰亚胺材料所存在的缺点而研制脂环族聚酰亚胺材料是近年来的研究热点之一。脂环族聚酰亚胺材料由于分子结构中不存在(或存在较少) π 电子,难以形成分子间及分子内的电荷转移络合物(CTC),因此具有颜色浅、介电常数低、溶解性好、折光指数低、光损耗小等优点,在液晶显示、光纤通讯等高新技术领域有着广泛的应用前景。

1 脂环族聚酰亚胺材料的研究状况

脂环族聚酰亚胺材料是指聚合物链中含有脂环族链节或链段的聚酰亚胺材料,一般由脂环族有机四酸二酐或脂环族有机二胺通过缩聚反应得到。目前,对于脂环族聚酰亚胺的研究主要集中在两方面,即全脂环族聚酰亚胺和部分脂环族聚酰亚胺。前者是指合成聚酰亚胺所用的有机二酐和有机二胺单体都含有脂环族结构,而后者则只是部分含有脂环族结构。由于脂环族单体化学和物理性质的特殊性,目前以后者的研究为多。

1.1 含脂环结构的有机四酸二酐和有机二胺单体

相对于芳香族二酐和有机二胺单体而言,脂环族有机二酐和有机二胺的种类要少的多。目前已商业化或文献报道的相关单体主要如表 1 所示。这些单体的主要合成路线包括由相应的芳香族单体进行氢化^[14]、通过相应的有机四酸进行脱水^[15]、通过 Diels-Alder 反应制备^[16]等。表 1 中的全脂环族二酐和二胺单体的制备较主链含脂环单元的部分脂环结构二酐和二胺单体的制备要复杂,而且所制得聚酰亚胺的耐热稳定性等性能也有差别。一般来讲,由全脂肪族单体制备的聚酰亚胺材料在耐热性能方面不如由部分脂环族单体合成的材料。文献中对于后者的研究报道也较多。

1.2 脂环族聚酰亚胺材料的合成化学^[17]

传统的芳香族聚酰亚胺材料由于其分子骨架的刚性结构,通常是不溶不熔的。在制备过程中往往采用“两步法”,即由芳香族二胺与二酐单体反应首先生成可溶性的聚酰胺酸(PAA),然后再经过热或化学亚胺化过程得到聚酰亚胺材料。

由于脂肪族二胺单体的碱性比相应的芳香族二胺单体要大,在与有机二酐的反应中理论上存在由于生成盐而阻碍高分子量 PAA 生成的可能^[12]。该过程如图 1 所示。

由于盐的生成会在一定程度上改变初始的各种单体的克分子配比,从而影响聚合物链的生长过程。但是只要低分子量的季胺化的活性中间体在体系中能够充分溶解,则在季胺化的活性中间体与中性活性中间体之间的平衡最终(如图 1 中的反应 3 所示)会促使聚合物链生长反应的继续进行,但往往需要较长的反应时间。

由非芳香族单体或脂肪族单体制备聚酰胺酸可分为两种情况,一种情况是脂环族二酐与芳香族二胺反应,由于脂环族二酐的酸性与芳香族二酐大致相等,因而聚合过程中盐的生成对反应的影响不是很大。这与全芳香族聚酰胺酸的制备反应情况类似。第二种情况是由芳香族或脂

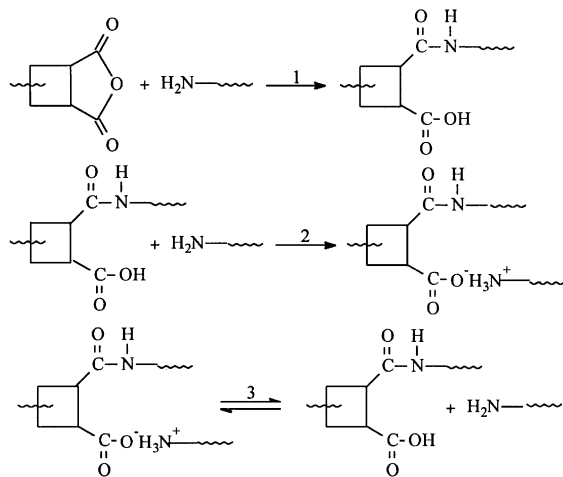
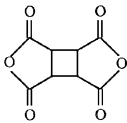
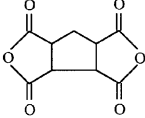
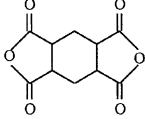
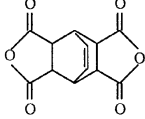
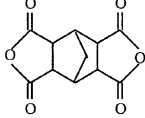
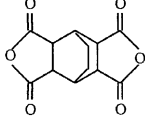
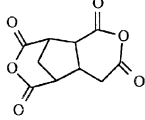
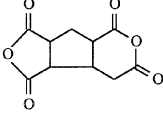
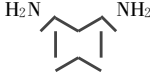
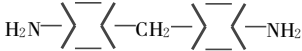
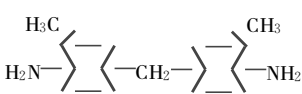


图 1 脂环族聚酰亚胺合成过程中的成盐示意图

环族二酐与脂环族二胺反应,此时由于脂环族二胺的碱性比芳香族二胺大,可明显观察到盐的生成。将有机二酐加入有机二胺的溶液中会形成凝胶,此时若加快搅拌速度则凝胶可能会慢慢地溶解在体系中,最后得到均匀的溶液。需要说明,不是任何体系都会出现上述的情况。例如,1,2,3,4-环戊烷四羧酸二酐(CPDA)与二氨基环己烷(DACH)反应生成的凝胶很难溶解在体系中。

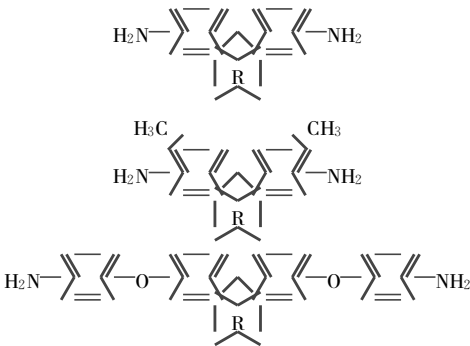
表 1 常见脂环族二酐和脂环族二胺单体

单体结构	名称及简称
	1,2,3,4-环丁烷四羧酸二酐(CBDA)
	1,2,3,4-环戊烷四羧酸二酐(CPDA)
	1,2,3,4-环己烷四羧酸二酐(CHDA)
	双环[2.2.1.]己烷-2,3,5,6-四羧酸二酐(BHTDA)
	双环[2.2.2.]辛烷-2,3,5,6-四羧酸二酐(BOTDA)
	双环[2.2.2.]辛-7-烯-2,3,5,6-四羧酸二酐(BOTDA)
	2,3,5-三羧基环戊基乙酸二酐(TCA-AH)
	3-羧甲基环戊基-1,2,4-三羧酸二酐
	1,3-二胺基环己烷(DACH)
	4,4'-二胺基二环己基甲烷(DCHM)
	3,3'-二甲基-4,4'-二胺基二环己基甲烷(DMDHM)

有机二酐单体

有机二胺单体

续表 1

单体结构	名称及简称
含脂环族单元的有机二胺单体  R: 脂环族残基	

1.3 全脂环族聚酰亚胺的研究状况

在由脂环族二酐与脂环族二胺单体制备聚酰胺酸的过程中, 盐的生成会阻碍反应的进行。另外, 某些全脂环族聚酰亚胺高分子链结构的刚性很大, 制备的聚酰胺酸有可能难溶于溶剂中。在这种情况下很难得到高分子量的全脂环族聚酰亚胺。例如 Volksen 等人系统研究了由非芳香族单体制备聚酰亚胺的各种影响因素^[18]。当 1, 2, 3, 4-环丁烷四羧酸二酐(CBDA)与 1, 4-二氨基环己烷(DACH)在 *N*-甲基吡咯烷酮(NMP)中反应制备的聚酰胺酸是不溶的多相混合物; 而与 1, 1-双(4-氨基环己基)甲烷(PACM)反应则得到高粘度的聚酰胺酸溶液(如图 2)。CBDA/DACH 体系的刚性很大, 因此制得的聚酰胺酸难以溶于 NMP 中, 而 PACM 的分子结构则柔顺的多, 因此可制得高粘度的聚酰胺酸溶液。近年来, “一步法”制备可溶性聚酰亚胺的研究为制备全脂环族聚酰亚胺提供了新的思路。“一步法”指的是有机二酐与有机二胺单体在极性非质子性溶剂, 如 NMP、*N*, *N*-二甲基甲酰胺(DMF)、*N*, *N*-二甲基乙酰胺(DMAc)、间甲酚等中经高温溶液缩聚反应制备聚酰亚胺的方法^[19]。反应过程中不需要分离出聚酰胺酸中间体。由于反应在高温下进行, 因此在制备脂环族聚酰亚胺的过程中, 即使生成了盐, 也会在高温下分解成胺和酸, 从而有利于高分子量聚酰亚胺的生成。Seino 等人采用的这种方法, 以双环[2.2.2]辛烷-2, 3, 5, 6-四羧酸, 2, 3, 5, 6-二酐(BCDA)与一些脂环族二胺制备了一系列全脂环族聚酰亚胺材料(如图 3), 并对其性能进行了研究^[20]。其中 PI-b 特性粘度为 $0.48 \text{ dl} \cdot \text{g}^{-1}$, 可溶于环己烷、四氢呋喃、NMP、DMF、DMAc 等溶剂中, 其起始分解温度在空气中为 350°C , 在氮气中为 400°C , 紫外-可见光谱测定结果表明, 薄膜在 300 nm 处的透光率 $>85\%$ 。

1.4 部分脂环族聚酰亚胺材料

考虑到全脂环族聚酰亚胺的单体来源、合成路线复杂等问题, 部分脂环族聚酰亚胺材料的研究报道很多。将芳香结构与脂环结构各自的优势有机地结合起来, 可以合成许多具有特殊性质的聚酰亚胺材料。含芳香结构的材料通常具有较好的耐热性能, 同时由于芳香结构中存在 π 电子, 因而电子云存在共轭结构, 在电子给体和受体间易形成电荷转移络合物(CTC), 导致材料的颜色较深, 而含脂环结构的材料则不存在这些问题。将二者结合起来, 就有可能制得既具有较高的耐热性能又具有良好的透明性的新型聚酰亚胺材料。另外, 含脂环结构的材料由于不会形成 CTC, 故材料的介电常数较低。因此, 这些材料在微电子、通讯技术等领域有着广泛的应用前景。Volksen 等人利用芳香族二酐, 4, 4-(六氟异丙基)二苯酐(6FDA)与脂环族二胺 DACH 制备的聚酰亚胺薄膜具有较

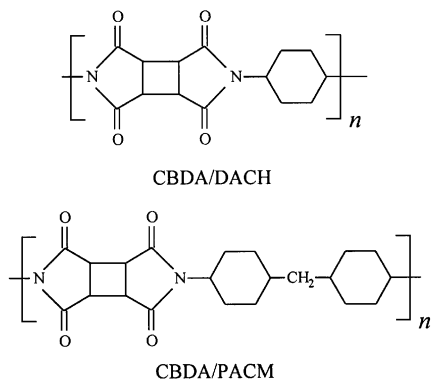


图2 “两步法”制备全脂环族PI的结构

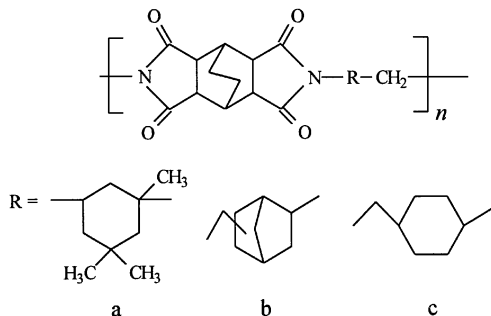


图3 “一步法”制备的全脂环族聚酰亚胺材料

高的耐热性和抗氧化稳定性,玻璃化温度为 360°C ,在氮气氛中的起始起分解温度为 450°C ,介电常数为 2.6。Chun 等人利用脂环族二环[2.2.2]-辛烷-7-烯-2,3,5,6-四羧酸二酐与芳香族二胺合成了一系列可溶性聚酰亚胺材料。其中与 4,4'-二氨基二苯醚(DADE)制备的聚酰亚胺材料的紫外吸收截止波长比 6FDA/DADE 聚酰亚胺低 100nm 左右,说明其具有更好的透光性,在光纤通讯中有着潜在的应用价值^[21]。Jin 等人利用 BTDA 与 4,4'-二氨基二环己基甲烷(DCHM)和双(4-氨基-3-甲基环己基)甲烷(DMDHM)等脂环族二胺反应制得了一系列光敏性聚酰亚胺。其中 BTDA/DMDHM 型聚酰亚胺在 UV 辐射下发生光交联的量子效率为 0.004,比相应的芳香族聚酰亚胺高 4 倍^[22]。

近年来,关于主链含“cardo”基团聚酰亚胺的研究日益活跃。由于这类材料中的脂环基团既是侧基,又是主链的一部分,因此材料表现出一些特殊的性能^[23]。其庞大的结构一方面限制了聚合物分子链段的运动,使材料的玻璃化温度和热氧化稳定性得到了较大幅度的提高,另一方面又使聚合物分子链的堆砌密度降低,提高了其溶解性能。这些基团包括环己基、环十二烷、多环金刚烷、降冰片烷等,其结构如图 4 所示。Yagci 等人利用双羟甲基环己烯与对氯硝基苯通过芳香族亲核取代反应制备了主链含环己烯的二胺单体,将其与 3,3',4,4'-二苯醚四羧酸二酐(ODPA)、6FDA 等芳香族二酐进行聚合得到了可溶于氯仿、四氢呋喃、NMP、DMF 等有机溶剂中的聚酰亚胺材料^[24]。Liaw 等人利用同样的方法制得了主链含亚甲基六氢化茚^[25]、环十二烷^[26]的部分脂环族聚酰亚胺材料,其热分解温度均大于 500°C ,且可溶于许多常见溶剂。Yi 等人合成了主链含取代环己基^[27]、降冰片烷和金刚烷^[28]的有机二胺单体,并利用它们与 BTDA、ODPA、6FDA 等二酐通过“一步法”制备了一

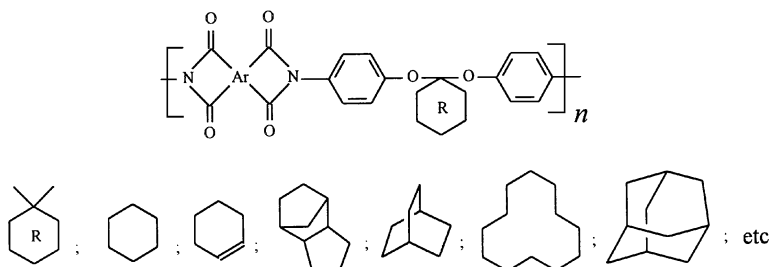


图4 含“cardo”基团的部分脂环族PI的结构

系列有机可溶性聚酰亚胺。这些材料不但可溶于一些常见溶剂中,而且耐热性能优良,在 450~600nm 波长范围内薄膜的透光率可达到 90%以上。

2 脂环族聚酰亚胺在液晶显示技术中的应用

由于脂环族聚酰亚胺材料具备作为液晶显示器用取向膜材料所必需的多种性能,如较好的溶解性能、耐热性能、较低的固化温度、介电常数低、电压保持率高等,在液晶显示技术中得到广泛的应用。这主要是归功于脂环结构的特殊性,例如要实现高品质的显示,取向膜材料要具有较高的电压保持率。传统的芳香族聚酰亚胺材料由于分子骨架结构中存在共轭结构,因而易于发生电子的迁移,从而造成电压保持率低,同时也使材料的电化学稳定性差。脂环族非共轭结构由于不存在上述问题,因此具有较高的电压保持率^[29]。日本专利公开了由脂肪族二酐为单体的聚酰胺酸和由芳香族二酐为单体的聚酰胺酸混合而成的具有性能优良的液晶分子排列取向剂;由含 C₇₋₉ 的二环脂肪族二酐或其衍生物与另一有机二酐组合,然后与脂肪族二胺反应可得到具有稳定预倾角的液晶取向剂;欧洲专利采用含 70~98mol% 的环丁烷四羧酸二酐和有机二胺反应得到的聚酰胺酸,再将其亚胺化可得到性能优良的液晶取向剂。Lee 等人采用环丁烷四羧酸二酐(CBDA)与 4,4'-二胺基二苯醚(ODA)、二胺基十二烷基苯(DAA2)或二胺基十八烷基苯(DAA3)通过溶液聚合法制备了几种聚酰亚胺液晶取向剂,其结构以及预倾角如图 5 所示^[30]。

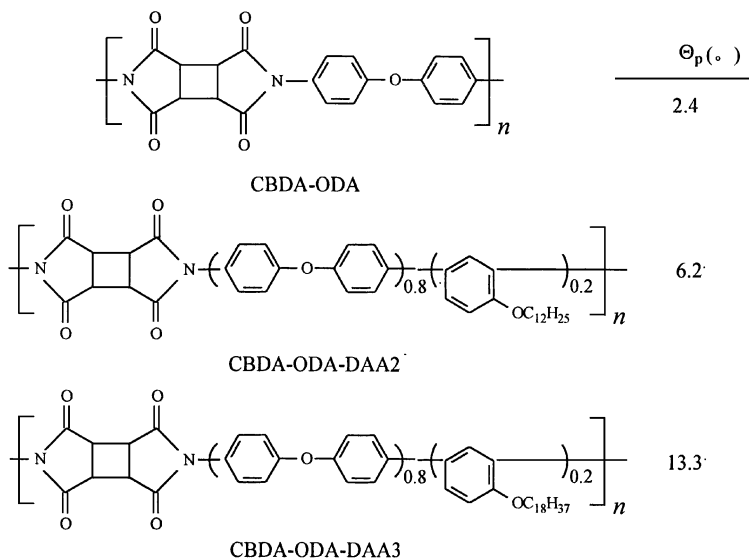


图 5 三种脂环族 PI 液晶取向剂及其预倾角

日本合成橡胶公司开发的 OPTOMERR AL 1051 型聚酰亚胺液晶取向剂已开始应用于 TFT-AM-LCD 中,其结构如图 6 所示。这种由 2,3,5-三羧基环戊基乙酸二酐(TCA-AH)与 DDM 制备的取向剂由于脂环结构的不对称性和庞大的体积,不仅可溶于 NMP 等极性溶剂中,而且可溶于极性较小的 γ -丁内酯中。 γ -丁内酯溶液可防止因溶剂作用而使全彩色 AM-LCD 中的彩色滤光片发生颜料的脱色。另外,这种可溶性的取向剂由于不再需要亚胺化处理,因而在 180℃ 下热处理后就可满足使用要求,是一种性能十分优异的低温固化型取向剂^[31]。

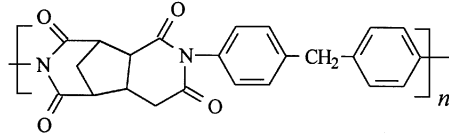


图6 OPTOMER AL 1051 型PI液晶取向剂的化学结构

LCD 工业中,传统的摩擦工艺存在易产生灰尘、静电等缺陷^[32]。随着 LCD 技术的不断发展,对于非摩擦工艺的研究特别活跃^[33]。利用偏振紫外光(PUV)来辐射聚酰亚胺取向膜表面可控制液晶分子的取向是研究最深入的工艺技术之一^[34]。作为光控取向材料的一个主要条件是要具有良好的光敏性以及使液晶分子取向的能力。某些脂环族聚酰亚胺材料可同时满足这两项要求,因此得到了广泛的研究。Nishikawa 等人利用环丁烷四羧酸二酐(CBDA)与一些常见芳香族二胺制备的聚酰亚胺材料具有如图 7 的化学结构。该材料在 ITO 玻璃上固化后,使用偏振紫外光(PUV)进行辐射,然后装配成液晶盒,经测量发现绝大多数情况下液晶分子在垂直于 UV 偏振方向上发生了取向^[35]。Seo 及其合作者利用同样结构的聚酰亚胺作为液晶取向膜材料,利用单斜偏振紫外光(波长:365nm;功率:1Kw)进行辐照后装配成液晶盒,经测量后发现液晶分子在垂直于 UV 偏振方向上产生了 6°左右的预倾角。这样就可以避免施加电压时液晶分子因左右转动的能量大致相等而发生倾斜畴的向错,因此可实现光控取向在 TN-LCD 中的应用^[36]。

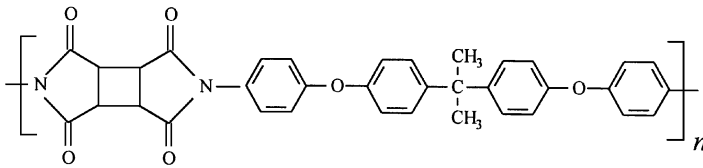


图7 CBDA/BAPP 化学结构

3 结束语

脂环族聚酰亚胺材料是随着微电子、液晶显示、光纤通讯等产业的发展而发展的。随着这些高科技产业在国民经济及人民生活中作用的不断增强,对其性能和功能的研究也会逐步深入。作为一种在高新技术领域有着广泛应用前景的功能材料,脂环族聚酰亚胺材料的研究与开发前景是十分诱人的。目前制约其发展的一个主要问题是原料的来源及成本问题,相信这些难题会随着技术的进步而得到妥善的解决。

参考文献:

- [1] Malay K, Ghosh K L, Mittal. Polyimides: Fundamentals and Applications. Marcel Dekker, Inc, New York, 1996; 759~814.
- [2] 杨士勇, 何民辉.《电子封装手册》第 10 章, 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [3] 高生强, 杨士勇. 绝缘材料通讯, 1999, 1; 11~18.
- [4] 杨士勇. 半导体技术, 1998, 23(6); 41.
- [5] Malgorzata Okulska-Bozek, Tomasz Prot, Jerzy Borycki, et al. Liquid Crystal, 1996, 20(3); 349~359.
- [6] Dae-Shik Seo, Bo-Ho Lee, Shunsuke Kobayashi. Liquid Crystal, 1999, 24(3); 473~476.
- [7] Hirotsugu Kikuchi, Logan J A, DO Y Yoon. J Appl Phys, 1996, 79(9); 6811~6817.
- [8] Stephen Z D Cheng, Fuming Li, Edward P Savitski, et al. TRIP, 1997, 5(2); 51~58.

- [9] Baozhong Li, Tianbai He, Mengxian Ding. *Thin Solid Films*, 1998, 320, 280~284.
- [10] Hiroshi Seino, Osamu Haba, Mitsuru Ueda, et al. *Polymer*, 1999, 40, 551~558.
- [11] Nobuyuki Furukawa, Hisashi Katayama, Ken-ich Kitamura. *High Perform Polym*, 1998, 10, 363~371.
- [12] 日本学术振兴会第 142 委员会编, 黄锡珉 等译. 液晶器件手册. 北京: 海洋出版社, 1992, 247.
- [13] 徐炽焕. 化工新型材料, 1998, 1, 29.
- [14] Krzystof, *Organometallics*, 1983, 1055~1057.
- [15] 刘金刚. 液晶显示器用聚酰亚胺取向剂的合成与性能研究. 天津: 河北工业大学, 1999.
- [16] Pierre Boule, Jacques Lemaire. *Tetrahedron Letters*, 1976, 11, 865~868.
- [17] Willi Volksen, Martha I. Sanchez, Hyuk-jin Cha, et al. *Polym Prepr*, 1997, 1, 709~710.
- [18] Volksen W, Cha H J, Sanchez M I, et al. *Reactive & Functional Polymers*, 1996, 61~69.
- [19] Ghosh M K, Mittal K L. *Polymides: Fundamentals and Application*. Marcel Dekker, Inc. New York, 1996, 22~24.
- [20] Hiroshi Seino, Takeshi Sasaki, Amane Mochizuki, et al. *High Perform Polym*, 1999, 11, 255~262.
- [21] Chun Byong Wa. *Polymer*, 1994, 35(19), 4203~4208.
- [22] Jin Qiu, Takashi Yamashita, Kazuyuki Horie. *J Polym Sci, Part A: Polym Chem*, 1994, 32, 503~511.
- [23] Korshak V V, Vinogradova S V, Ya Vygodskii. *J Macromol Sci- Rev Macromol Chem*, 1974, 11, 45.
- [24] Havva Yagci, Cher Ostrowski, Lon J Mathias. *J Polym Sci, Part A: Polym Chem*, 1999, 37, 1189~1197.
- [25] Der-Jang Liaw, Been-Yang Liaw. *J Polym Sci, Part A: Polym Chem*, 1999, 37, 2815~2821.
- [26] Der-Jang Liaw, Been-Yang Liaw. *Polymer*, 1999, 40, 3183~3189.
- [27] Mi Hie Yi, Wenxi Huang, Moon Young, et al. *Macromolecules*, 1997, 30, 5606~5611.
- [28] Mi Hie Y, Wenxi Huang, Moon Young, et al. *J Polym Sci, Part A: Polym Chem*, 1999, 37, 3449~3454.
- [29] Viebeck A, Goldberg M J, Kovac C A. *Mol Cryst Liq Cryst*, 1990, 137, 1460.
- [30] Lee K W, Pack S H, Lien A, et al. *Polym Prepr*, 1997, 38(1), 372~373.
- [31] Michinori Nishikawa, Yasuaki Yokoyama, Nobuo Bessho, et al. *Jpn J Appl Phys*, 1994, 33, L810~L812.
- [32] Yaushi Kawata, Yasushi Mori. *Jpn J Appl Phys*, 1996, 35, L40~L42.
- [33] 刘金刚, 王 强, 朱普坤, 等. 化学通报(网络版), 1999, 12.
- [34] David C. Rich, Enid Sichel, et al. *J Apply Polym Sci*, 1997, 65, 1151.
- [35] Nishikawa M, West J L, Yu Reznikov. *Liquid Crystal*, 1999, 26(4), 575~580.
- [36] Dae-Shik Seo, Jin-Ho Kim. *Liquid Crystal*, 1999, 26(3), 397~400.

Alicyclic Polyimides and the Application in Liquid Crystal Alignment Films

LIU Jin-gang, HE Min-hui, WANG Fu-song, YANG Shi-yong

(State Key Laboratory of Engineering Plastics, Center for Molecular Science, Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Recent progress in the research of alicyclic polyimides was reviewed. The classification and synthesis of the alicyclic monomers were discussed. At the same time, the synthesis chemistry and characterization of the part- and whole-alicyclic polyimides were described. Especially, the particularity in the synthesis of the whole-alicyclic was presented. As an important material used widely in the alignment of the liquid crystals, alicyclic polyimides were paid more and more attention in recent years. Therefore, the emphasis was placed on the applications of the alicyclic polyimides as liquid crystal display (LCD) alignment films.

Key words: Polyimide; Alicyclic monomers; Liquid crystal display; Alignment film