

聚噁唑啉的合成及其共混物

徐胜清

(中国科学院长春应用化学研究所, 长春, 130022)

摘要 综述了噁唑啉单体的合成及其聚合方法, 并对其聚合物的化学改性及共混物作了概述。

关键词 噁唑啉, 聚合, 聚噁唑啉, 共混物

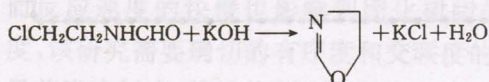
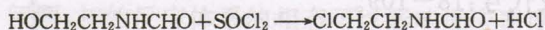
相容性一直是高分子共混物研究的重要内容, 而影响它的因素有很多, 特别是其中的高分子间形成的特殊相互作用, 更是引人注目的课题之一。噁唑啉的聚合物由于其分子的弱碱性, 可与许多高分子通过氢键等作用形成相容性高分子共混物或高分子复合物 (polymer complex)。

尽管噁唑啉 (oxazoline) 的单体种类很多, 但其分子结构的共同特点是其中含有噁唑啉环 () , 不同的是环上取代基的差异。它们均

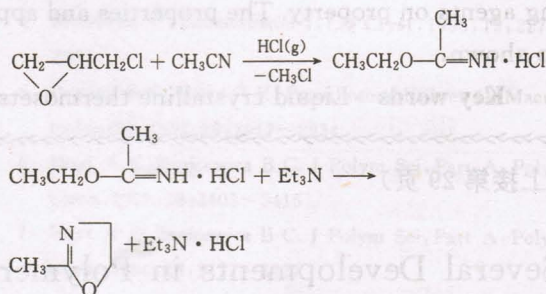
可进行噁唑啉环的开环聚合, 也可使噁唑啉环作为一功能基团, 与相应的烯烃类单体聚合得到高聚物。而无论是哪一类噁唑啉的聚合物, 在实际应用中都有其重要价值。因此, 本文首先介绍噁唑啉单体的合成及其聚合物的制备方法, 再对其中某些聚合物的化学改性及含聚噁唑啉的共混物的研究及应用进行概述。

1 单体的合成

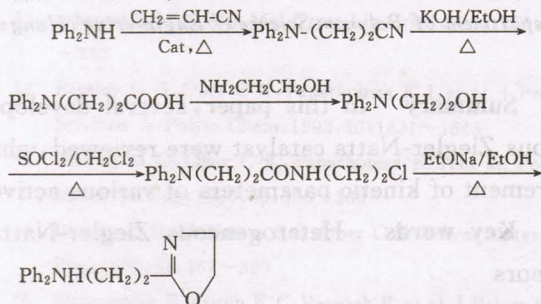
早在本世纪 30 年代, Wenker 等^[1]采用两步合成法制得了第一个噁唑啉化合物, 而后, Saegusa 等^[2]对此合成方法作了小的改进:



而 Tomalia 等^[3]则采用另一合成路线制备了 2-甲基-2-噁唑啉 (MeOx):



Simionescu 等^[4]在 Wenker 提出的合成方法基础上, 采用相似的合成路线制备了结构较为复杂的 2-(β-N-二苯基亚乙基)-2-噁唑啉:



Percec 等^[6]合成的 2-(β-N-咔唑基)亚乙基-2-噁唑啉采用的是类似的合成路线。此外, 噁唑啉的合成也可采用其它的合成路线, 如腈与端羧

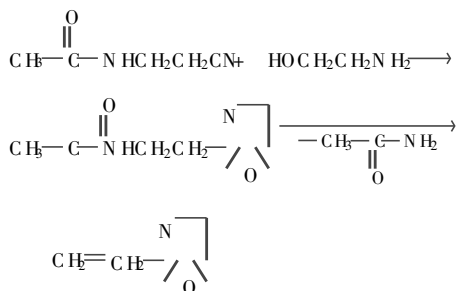


徐胜清 湖北黄陂县人, 1968 年生。1985 年入南京化工学院高分子化工专业学习; 1989 年考入天津大学应化系, 1992 年获得硕士学位后到中国兵器工业西安近代化学研究所工作。1994 年进入中国科学院长春应用化学研究所攻

读博士学位, 师从黄葆同先生从事嵌段共聚物的合成及不相容共混物增容的研究工作。

基丙胺的反应^[6,7]。类似地,双 唑啉的合成是以双端—CN 基化合物与端羟基丙胺反应制得的^[8~10]。

合成乙烯基 唑啉的最常用的合成路线为^[11]:

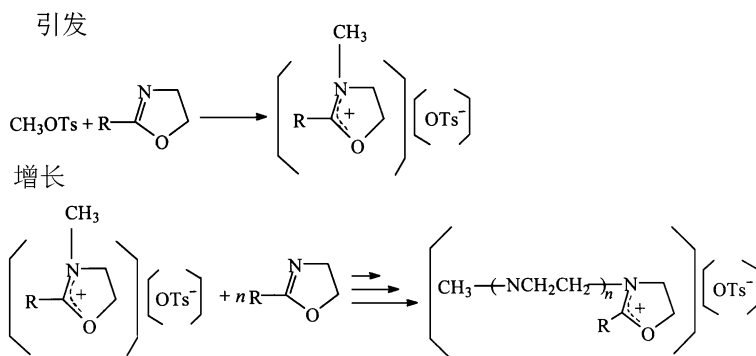


而 Nishimoto 等^[12]先合成了 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CON})\text{CH}_3$, 然后与 NaI 氢化奎宁反应, 得到了相应的取代基为 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-$ 的 唑啉

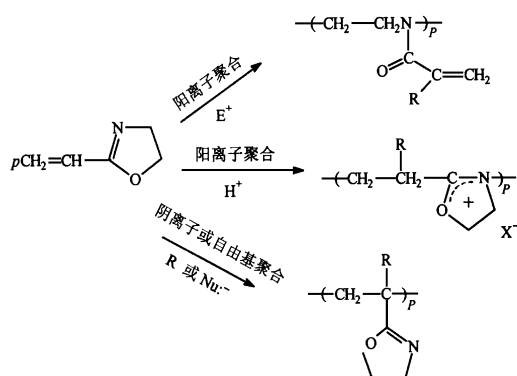
2 唑啉的聚合

2.1 聚合机理

首先进行 唑啉开环聚合的单体是 MeOx , 采用 $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$ 作为引发剂^[3]。目前仍普遍认同的是 Saegusa 等^[13]最先提出的 唑啉的阳离子开环聚合机理, 认为 2-取代基-2-唑啉 (其中的取代基为烷基或芳基) 在 CH_3OTs (对甲苯磺酸甲酯) 引发作用下的聚合机理为:



而取代基中含双键的 2- 唑啉单体的聚合较为复杂, 可有 3 种不同方式^[14~22]:



2.2 聚 唑啉的合成及其化学改性

唑啉聚合最常用的引发剂是磺酸烷基酯。Chujo 等^[23]先以 CH_3OTs 引发 2-乙基-2-

唑啉 (EOx) 开环聚合, 再用 $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3$ 作为链终止剂, 得到了端— $\text{Si}(\text{OEt})_3$ 基的亲水性聚 唑啉; 2-取代基-2- 唑啉单体在三甲硅氧基磺酸三氟甲酯 ($\text{CF}_3\text{SO}_2\text{OSiMe}_3$) 引发作用下, 开环聚合得到了共价键型亲电高分子^[24]; 而 Miyamoto 等^[25]以相同的引发剂进行了 2-乙烯基-2- 唑啉的阳离子开环聚合。而其它结构较为复杂的 唑啉单体, 如带有手性取代基团的 (4S, 5S)-4-甲基-5-苯基-2-(4-乙烯基)苯基-2- 唑啉, 聚合后得到了旋光性高分子^[26]。2-(U-N-二苯基)亚乙基-2- 唑啉^[4]、2-全氟烷基- 唑啉^[27]的聚合采用的引发剂也为磺酸酯

嵌段及接枝共聚物由于其中的微相分离结构, 在共混增容的研究中倍引人注目。所以, 含

唑啉的嵌段及接枝共聚物的合成也是 唑啉聚合领域中的一个重要课题。以 CH_3OTs 作引发剂,采用“活性”阳离子聚合方法,使带有不同取代基的 唑啉单体聚合,得到了相应的嵌段共聚物^[28]。而利用某些高分子的端功能基团与小分子的化学反应,使其带上端磺酸酯基并以此进一步引发 唑啉聚合,便可得到相应的嵌段共聚物。如 PEGA(聚己二酸乙二醇酯)分子上带有的双端—OH基与 TsCl (对甲苯磺酰氯)反应,使其末端带上 TsO- (对甲苯磺酸酯基),继而引发 MeOx ^[29]或 2-(U-N -二苯基)亚乙基-2- 唑啉^[4]聚合,得到两侧为 PMeOx (聚甲基 唑啉)的三嵌段共聚物。类似地,利用高分子上的侧基的引发作用,则得到接枝共聚物。Aoi等^[30]先进行化学改性使甲壳素分子带上侧— NH_2 基,再同在三氟甲基磺酸甲酯($\text{MeOSO}_2\text{CF}_3$)的引发作用下,开环聚合 2-烷基-2- 唑啉,制得聚 唑啉接枝甲壳素的共聚物。纤维素(Cell)先碱化处理,而后与 TsCl 作用,所得产物再引发 2-乙基-2- 唑啉聚合,也得到了相应的接枝共聚物 Cell-g-PEOx ^[31]。

卤化物或酰氯化物也常用于引发 唑啉的聚合^[13, 32, 33]。Kobayashi等^[34]以双端卤代基的小分子引发 2- 唑啉聚合,得到了聚 唑啉的非离子型高分子表面活性剂。而以含酰氯化物引发 2- 唑啉聚合可制备含聚 唑啉的大分子单体^[35]。

利用高分子的卤代物引发 唑啉也可制备嵌段及接枝共聚物。如以双端酰氯基的 PEG(聚乙二醇)作为大分子引发剂,引发 2- 唑啉聚合,其最终产物为聚 唑啉在两侧的三嵌段共聚物^[36];而以双端氯代基的遥爪预聚物 PDM S(聚二甲基硅氧烷)引发聚合 EOx 则可制得以 PDM S为中间段的三嵌段共聚物^[37]。采用阴离子转阳离子的机理转移聚合方法,得到了嵌段共聚物 $\text{PS-}b\text{-PMeOx}$ ^[38]。以蔡钠引发聚合 St(苯乙烯)后,用过量的 1,4-二氯丁烷封端,所得的预聚物端氯代聚苯乙烯同时在 KI 作用下,引发 MeOx 阳离子开环聚合。而 Sea-

gusa等^[39]以氯甲基化的 PS为原料,也在 KI 催化作用下,使 MeOx 聚合,得到的是以 PS为主链、 PMeOx 为支链的接枝共聚物 PS-g-PMeOx ;而以 CBBR(1,4-二氯丁二烯的无规共聚物)为原料,也会得到相应的接枝共聚物 CBBR-g-PMeOx ^[40]。以聚 唑啉的星形共聚物则可由带有多个卤代基团的化合物引发 唑啉聚合而得。如以 $\text{C}_2\text{H}_5\text{C}(\text{CH}_2\text{OCOCl})_3$ ^[36]或 2-三溴甲基-2- 唑啉^[41]作为引发剂,得到的是以聚(2- 唑啉)为臂的三臂星形嵌段共聚物;以 1,2,4-三溴甲基苯为引发剂,先后加入 2-苯基-2- 唑啉和 2-十一烷基-2- 唑啉,可得到以 2-苯基-2- 唑啉/2-十一烷基-2- 唑啉的嵌段共聚物为臂的三臂星形共聚物^[28]。

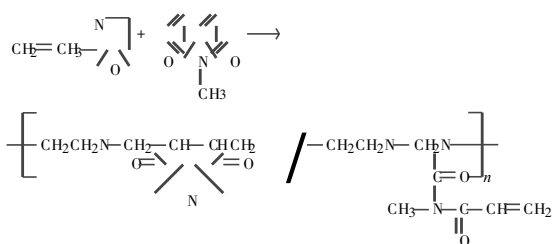
Simionescu等^[42]用双端溴代基化合物作为引发剂进行阳离子开环聚合 MeOx ,再以含偶氮基团的化合物封端,使活性中心转移,在采用自由基聚合机理,进行第二嵌段 HECA(丙烯酸 U-(N-吡唑基) 乙酯)/DNBM(3,5-二硝基苯甲酸 U-(甲基丙烯酰基) 乙酯)的无规共聚物的合成,得到了相应的嵌段共聚物 $\text{PMeOx-}b\text{-P(HECA-co-DNBM)}$ 。Seung等^[43]将合成的 P(SO) (聚氧化苯乙烯)溶于二甲基甲酰胺(DMF)中,100℃下引发 MeOx 聚合,得到了嵌段共聚物 $\text{P(SO)-}b\text{-PMeOx}$ 。

比较磺酸酯与卤化物引发 唑啉的聚合,前一种引发剂具有较好的引发效果,副反应少,所得的聚合物分子量较高,分子量分布较窄;而后者制备容易,特别是在含 唑啉的嵌段及接枝共聚物的合成中更方便易行。

有一类有 唑啉参与的共聚反应正在引起人们的注意,这就是 唑啉与丙烯酸类单体间的两性离子(zwitterion)聚合反应,由于前者为亲核性单体,后者为亲电性单体,所以反应无需催化剂便可直接得到相应的交替共聚物^[39, 44]。此外, 唑啉也可与 U-丁内酯 ^[45]、酸酐^[46]、顺丁烯二酰亚胺^[47]等进行同样的共聚反应。

唑啉与含端双键的小分子进行开环-闭环交替共聚(ring-opening-closing, alternating

copolymerization)^[48]。



利用 唑啉的弱碱性、可与含羧基的酸性高分子直接反应的特点,能进行高分子的功能改性。Muller等^[49]采用反应加工技术,在双螺杆挤出机中,使 EM AA(乙烯 甲基丙烯酸)的无规共聚物与不同的 2-取代基-2- 唑啉分别反应,得到了以聚乙烯为主链、侧基含酰胺结构的功能高分子,这是一种制备方便的高分子增容剂。

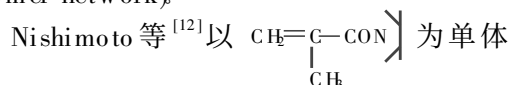
David等^[50]用作为电子受体 (electron acceptor) 的化合物 A,如 TCNQ(四氰基喹啉并二甲烷)、TNF(2,4,7-三硝基芴酮),使不同的 2-取代基-2- 唑啉共聚。其聚合机理^[51]是, 唑啉作为电子给体 (electron donor) 与电子受体 A 形成了电荷转移复合物 (charge transfer complex),它具有引发剂作用,使 唑啉进行开环异构化聚合,得到 唑啉与 A 的共聚物。这种新的聚合方法正被应用于其它特种高分子的合成。

某些 唑啉的热聚合具有缩聚反应的特

点。Worner等^[52]以 2-对羟基苯基-2- 唑啉进行了热聚合;由乙烯基 唑啉与 3-巯基丙酸反应得到的 2-羧基烷基-2- 唑啉也可进行热聚合^[53];也可直接将乙烯基 唑啉与 2-巯基乙醇进行热聚合^[54]。Tanaka等^[55]以 2-苯基-2- 唑啉为单体,进行热聚合后,其产物经水解,制得了结晶性聚(N-甲基-亚乙亚胺)(PEI),它

是被广泛地用于多功能高分子催化剂及高分子酶的研究^[56,57]。

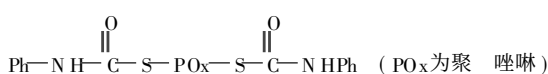
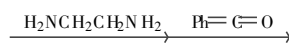
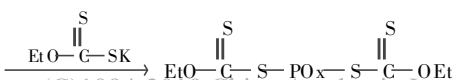
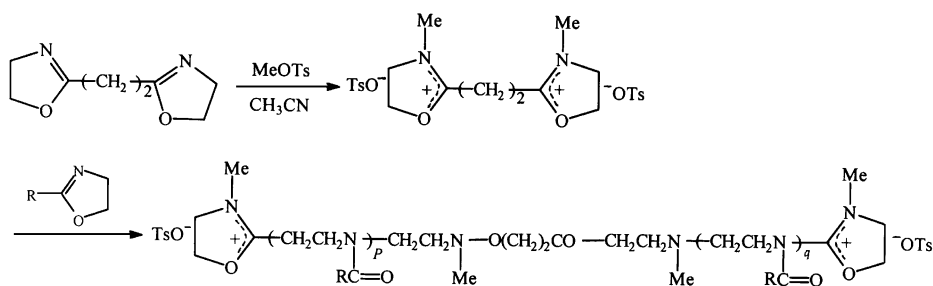
PMeOx 的水解同样可得到 PEI^[58]。由于 PEI 分子中含有亚胺结构,可与二异氰酸酯(交联剂)或带有双端环氧基团的小分子^[59]反应,制得相应的交联聚合物网络 (cross-linked polymer network)。



所得的聚合物通过与 NaI 作用,得到分子中含侧 唑啉基的无规共聚物,在与 CHI 反应,使其中的 唑啉基团转变为酰胺基,利用它可进行一系列的化学改性。

聚 唑啉还可通过化学改性得到相应的聚亚胺及聚亚胺盐^[60,61]。

聚 唑啉遥爪聚合物的制备方法为,在 唑啉“活性”聚合完成后,加入不同的小分子作为链转移剂封端^[62-65]。也可通过双 唑啉与双端官能团小分子聚合制备^[66]。



而若以双 唑啉与二硫醇 ($\text{HS}-\text{R}-\text{SH}$) 反应, 则得到的是相应的嵌段共聚物^[67]。

Miyamoto 等^[68, 69]以 $\text{Me}-\text{X}$ ($\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}$ 等) 引发 2-乙炔基-2-唑啉进行阳离子聚合。所得产物为聚 唑啉盐。如将此聚合物先后与 $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{NH}-\text{NaOH}$ 水溶液作用进行化学改性, 则可制备侧基为 $-\text{CON}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHC}(\text{CH}_3)_3$ 的聚合物^[70]。

3 聚 唑啉的共混物

聚乙基 唑啉 (PEO_x) 是一种叔酰胺高分子^[71], 可溶于水及甲醇、二氧六环、DMF 等普通有机溶剂, 能与许多含羟基的高分子^[72~74], 如聚(甲基丙烯酸-2-羟丙酯)、聚酚氧醚、聚(对羟基苯乙烯)或苯乙烯-烯丙醇无规共聚物等通过氢键等分子间特殊相互作用相容, 甚至形成高分子复合物 (interpolymer complex)。此外, 聚 唑啉也与聚丙烯酸^[75]或含丙烯酸的共聚物^[76]的分子中的羧基具有较强的相互作用。

带有 唑啉基团的高分子具有良好的反应活性, 利用此特点可进行反应性共混增容。如它与带有羧基的高分子在熔融共混时, 其共混物界面上高分子间可发生化学反应, 形成相应的酰胺结构而达到有效目的^[76]。Vainio 等人^[77]将乙炔基 唑啉单体在 PP(聚丙烯) 分子上熔融接枝后, 其产物由于所带的侧 唑啉基, 可作为反应性增容剂以增容 PP/PBT(聚对苯二甲酸丁二醇酯) 共混物。

Paul 等^[78]研究了 PEO_x/SAN (苯乙烯-丙烯腈的无规共聚物) 的共混物, 发现 SAN 的分子组成对共混相容性有影响, 分子中 AN 含量为 20% ~ 40% 质量分数时两者相容; PEO_x 与聚酚氧醚可形成完全相容共混体系。而某些聚 唑啉与许多常见高分子, 如 PVF、PVC 在一定组成范围内相容^[79]。Naskamura 等^[80]则进行 PEO_x/PES (聚醚砜) 共混物的相分离研究, 发现了此共混物的 LCST 行为。

潘恩黎等^[81]合成了双端 唑啉聚醚, 它可

作为环氧树脂的固化剂, 同时具有增韧作用^[81], 也可作为高分子材料的抗静电剂^[82], 使材料的表面电阻率随其用量的增加呈指数级下降。

4 结 语

尽管 唑啉及其聚合物的合成方法很多, 但归纳起来, 单体的合成路线基本是腈与醇胺间的反应; 它主要是以磺酸酯或卤化物为引发剂进行阳离子开环聚合, 其中, 以前者的引发效果更佳。但是, 对其聚合物的研究及应用应引起足够的注意, 原因是, 一方面聚 唑啉可与许多高分子相容, 这为 唑啉的共聚物作为有效增容剂打下了基础; 另一方面聚 唑啉的性能特点很适用于高分子间特殊相互作用的研究, 特别是高分子相容性及高分子复合物这两大领域的研究; 此外, 有一些聚 唑啉及其衍生物为抗静电高分子, 为此领域的研究及应用提供了新的品种。

5 参考文献

- 1 Wenker H J. J Am Chem Soc, 1938, 60 2152
- 2 Saegusa T, Ikeda H, Fujii H. Polym Bull, 1972, 3 35
- 3 Tomalia D A, Sheet D P. J Polym Sci, Part A-1, 1966, 4 2253
- 4 Simionescu C I, Rabil I, Harfas I. Polym Bull, 1982, 7 129
- 5 Percec V. Polym Bull, 1981, 5 651
- 6 Witte H, Seeliger W. Angew Chem, 1972, 84 343
- 7 Witte H, Seeliger W. Angew Chem, Int Ed Engl, 1972, 11 287
- 8 Wohl R A. Angew Chem, 1973, 85 956
- 9 Wohl R A. Angew Chem Int Ed Engl, 1973, 12 956
- 10 Breslow R, Schmir M. J Am Chem Soc, 1971, 93 2960
- 11 Aufdenhaar E, Seeliger W, Their W. CA 72, 31775x (1970)
- 12 Nishimoto S, Nishikawa H, Izukawa T, Haruta Y, Kagiya T. J Polym Sci Polym Lett Ed, 1983, 21 195
- 13 Saegusa T, Ikeda H, Fujii H. Polym J, 1972, 3 176
- 14 Kagiya T, Matsuda T. Polym J, 1972, 3 307
- 15 Kagiya T, Matsuda T, Zushi K. J Macromol Sci-Chem, 1972, A6 134
- 16 Nishikubo T, Tokairin A, Takahashi M, Nosaka W, Iizawa T. J Polym Sci, Polym Chem Ed, 1985, 23 1805

- 17 Tomalia D A, Thill B P, Fazio M J. *Polym J*, 1980, 12 661
- 18 Penczek S, Kubisa P, Matyjaszewski K. *Adv Polym Sci*, 1980, 36 1
- 19 Jedlinski Z, Gibas M. *Macromolecules*, 1980, 13 1700
- 20 Jedlinski Z, Tukaszczuk J, Ogorek J. *Polym Bull*, 1980, 2 599
- 21 Gibas M, Jedlinski Z. *Polish J Chem*, 1978, 52 435
- 22 Gibas M, Jedlinski Z. *Macromolecules*, 1981, 14 1012
- 23 Chujo Y, Ihara E, Suzuki K, Saegusa T. *Polym Bull*, 1993, 31 317
- 24 Kagiya T, Matsuda T, Nakato M, Hirata R. *J Macromol Sci.-Chem*, 1972, A6 1631
- 25 Miyamoto M, Lange P, Kanetaka S-y, Saegusa T. *Polym Bull*, 1995, 34 249
- 26 Terfloeth G, Blaschke G. *Macromol Chem Phys*, 1994, 195 3863
- 27 Miyamoto M, Aoi K, Saegusa T. *Macromolecules*, 1988, 21 1880; 1991, 24 11
- 28 Cai G, Litt M H. *J Polym Sci, Part A Polym Chem*, 1989, 27 3603
- 29 Simionescu C I, Rabil I, Crisan Z. *Polym Bull*, 1982, 7 217
- 30 Aoi K, Takasu A, Okada M. *Macromol Chem Phys*, 1994, 195 3835
- 31 Kobayashi S, Kaku M, Saegusa T. *Macromolecules*, 1988, 21 1921
- 32 Saegusa T, Kobayashi S, Yamada A. *Makromol Chem*, 1976, 177 2271
- 33 Saegusa T, Ikeda H. *Macromolecules*, 1973, 6 808
- 34 Kobayashi S, Uyama H. *Macromolecules*, 1991, 24 5473
- 35 Uyama H, Kobayashi S. *Macromolecules*, 1991, 24 614
- 36 Duorak A, Schulz R C. *Makromol Chem*, 1991, 192 437
- 37 Yigor I, Stechle W P Jr, Yigor E, Freelin R G, Riffle J S. *J Polym Sci, Polym Lett Ed*, 1980, 18 3673
- 38 Morishima Y, Tanaka T, Nozakura S-i. *Polym Bull*, 1981, 5 19
- 39 Saegusa T, Kobayashi S, Yamada A. *Macromolecules*, 1975, 18 390
- 40 Saegusa T, Ikeda H, Fujii H. *Macromolecules*, 1972, 5 108
- 41 Bera T K, Sivaram S. *Macromol Chem Phys* 1995, 196 1515
- 42 Simionescu C I, David G, Ioanid A, Ioanid G, Simionescu B C. *Polym Plast Technol Eng*, 1995, 34 845
- 43 Seung S L N, Young R N. *J Polym Sci, Polym Lett Ed*, 1980, 18 89
- 44 Rivas B L, del C Pizarro G. *Polym Bull*, 1993, 30 515
- 45 Guimaraes P I C, Monteiro A P. *Polym Bull*, 1995, 34 393
- 46 Rivas B L, Mena J, Pizarro G D C, Tagle L H. *Eur Polym J*, 1993, 29 91
- 47 Rivas B L, del Pizarro G. *Eur Polym J*, 1989, 25 231
- 48 Kobayawa J-i, Matsumura Y, Kobayashi S. *Macromol Chem Phys*, 1994, 195 3689
- 49 Muller P, Worner C, Mulhaupt R. *Macromol Chem Phys*, 1995, 196 1917; 1929
- 50 David G, Grigoras M, Simionescu C I. *Eur Polym J*, 1988, 24 347
- 51 Simionescu C I, David G, Grigores M. *Eur Polym J*, 1987, 23 689
- 52 Worner C, Muller P, Mulhaupt R. *Polym Bull*, 1995, 34 301
- 53 Gunatillake P A, Ordian G, Tomalia D A. *Macromolecules*, 1988, 21 1566
- 54 Gunatillake P A, Ordian G, Tomalia D A. *Macromolecules*, 1987, 20 2356
- 55 Tanaka R, Ueoka I, Takaki Y, Kataoka K, Saito S. *Macromolecules*, 1983, 16 849
- 56 Suh J, Scarpa I S, Klotz I M. *J Am Chem Soc*, 1976, 98 7060
- 57 Lege C S, Deyrup J A. *Macromolecules*, 1981, 14 1634
- 58 Chujo Y, Sada K, Saegusa T. *Macromolecules*, 1990, 23 2636
- 59 Watanabe M, Ikezawa R, Sanui K, Ogata N. *Macromolecules*, 1987, 20 968
- 60 Tomalia D A. *Handbook of Polymer Synthesis* (Kricheldorf H R Eds.). New York: Marcel Dekker, Inc, 1992, 743
- 61 Tanaka R, Koike M, Tsutsui T, Tanaka T. *J Polym Sci, Polym Lett Ed*, 1978, 16 13
- 62 Kobayashi S, Kaku M, Sawada S, Saegusa T. *Polym Bull*, 1985, 13 447
- 63 Kobayashi S, Shoda S-i, Masuda E, Shimano Y. *Polym Prepr Jpn*, 1989, 22 2878
- 64 Kobayashi S, Masuda E, Shoda S-i. *Macromolecules*, 1989, 22 2878
- 65 Kobayashi S, Mertesdorf C, Tanabe T, Matsuo K, Saegusa T. *Polym Prepr Jpn*, 1986, 35, 248
- 66 Shimamo Y, Sato K, Kobayashi S. *J Polym Sci, Part A Polym Chem*, 1995, 33 2715
- 67 Nishikubo T, Iizawa T, Watanabe M. *J Polym Sci, Polym Lett Ed*, 1980, 18 761
- 68 Miyamoto M, Saegusa T. *J Macromol Sci-Chem*, 1988, A25 627
- 69 Miyamoto M, Sano Y, Kimura Y, Saegusa T. *Macromolecules*, 1985, 18 1641

(下转第 88 页)

- 28 Iriyama Y, Yasuda H. Polym Mater Sci Eng, 1990, 62 162 ~ 166
- 29 Akovail G, Orkan B. J Polym Sci Polym Chem Ed, 1984, 22 3351~ 3358
- 30 Osada Y, Iriyama Y. Thin Solid Films, 1984, 118 197~ 202

Plasma-initiated Polymerization and Its Applications

Wen Guian, Zhang Wengong

(Institute of Polymer Science, Fujian Teachers University, Fuzhou 350007)

Summary The purpose of this paper is to discuss the characteristics and method of Plasma-initiated Polymerization(PIP), and applications of plasma-initiated polymerized product in ultra-high molecular weight polymer, inorganic polymeric materials, crystal polymers, and in surface modification of materials.

Key words Low-temperature plasma, Plasma-initiated polymerization, Ultrahigh molecular weight polymer

(上接第 71页)

- 70 Miyamoto M, Sano Y. Makromol Chem, 1986, 187 1807
- 71 Chiu T T, Thill B P, Fairchok W J. Advances in Chemistry 213. Washington D G American Chemical Society, 1986, p 425~ 432
- 72 Dai J, Goh S H, Lee S Y, Soow K S. Polym J, 1995, 27 558
- 73 Lin P, Clash C, Pearce E M, Kwei T K. J Polym Sci, Part B Polym Phys, 1988, 26 603
- 74 Wang L F, Pearce E M, Kwei T K. J Polym Sci, Polym Phys Ed, 1991, 29 619
- 75 Schafer R, Kressler J, Mulhaupt R. Acta Polym, 1996, 47 170
- 76 Lichkus A M, Painter P C, Coleman M M. Macromolecules, 1988, 21 2636
- 77 Vainio T, Hu G-H, Lambla M, Seppala J V. J Appl Polym Sci, 1996, 61: 843
- 78 Keskkula H, Paul D R. J Appl Polym Sci, 1986, 31 1189
- 79 Kobayashi S, Kaku M, Saegusa T. Macromolecules, 1988, 21 334
- 80 Nakamura H, Maruta J, Ohnaga T, Inuo T. Polymer, 1990, 31 303
- 81 王玉明, 潘恩黎, 刘国智. 高等学校化学学报, 1990, 11 877
- 82 陈瑞珠, 潘恩黎, 袁耀平. 高分子材料科学与工程, 1992, 7 (6): 61

Synthesis of Polyoxazolines and Their Polymer Blends

Xu Shengqing

(Changchun Institute of Applied Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Summary This paper describes the methods of preparation and polymerization of monomers of oxazoline. The modification of polyoxazolines by chemical reactions and their blends are introduced.

Key words Oxazoline, Polymerization, Polyoxazoline, Blend