

聚硅烷研究进展

(1) 聚硅烷的合成及应用

曹 晴 陆 云* 薛 奇

(南京大学化学化工学院高分子系, 南京, 210093)

提要 聚硅烷的合成及应用因可溶性聚硅烷的发现而成为聚合物研究的又一热点。本文综述了聚硅烷合成与应用的近期发展。

关键词 聚硅烷, 合成, 应用, 开环反应, 脱氢偶联

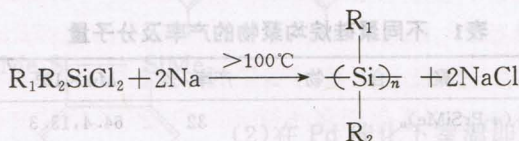
聚硅烷是一类主链完全由硅原子组成的新型无机聚合物。这种特殊结构使其电子沿着主链广泛离域, 由此赋予它特殊的电子光谱、热致变色、光谱烧孔、光电导性、场致发光、导电性及非线性光学特性等许多独特性质。虽然聚硅烷的现代研究还只有20多年, 许多理论及应用的研究尚待深入, 但其应用前景却是难以估量的。

1 聚硅烷的合成

历史上第一次合成聚硅烷在1924年, 是 Kipping 由二苯基二氯硅烷与金属钠反应制得^[1]。但因产物的结晶度高、不溶不熔而难以测定其性质。以后漫长的50余年中聚硅烷并未引起人们重视, 直到1979年 Wesson 及 Williams 用高纯单体合成了在多种有机溶剂中微溶的聚二甲基硅烷^[2]。1980年他们合成了溶解度更好的共聚物^[3]。1981年又合成了可溶、成膜性好的嵌段共聚物^[4]。同年, West 小组由甲基苯基二氯硅烷与二甲基二氯硅烷合成了可溶的共聚物^[5]。同一时期, Trujillo 合成了可溶的均聚物, 产率达到60%^[6]。有关聚硅烷的合成方法、聚合过程及机理的研究仍在不断深入。

1.1 Wurtz 合成法

这是最早也是最常用的一种合成方法, 由二氯硅烷与金属钠反应:



反应在惰性溶剂中进行, 常用溶剂如甲苯、二甲苯或较高沸点的烷烃等, 待碱金属分散在溶剂中后再升温缩聚。常有两种加料法, 一是将已分散的钠加到二氯硅烷溶液中, 称为正向法; 另一则将二氯硅烷溶液加到钠分散液中, 称为反向法, 它常使较高分子量产物的产率下降, 也比正向法危险^[7]。

1.1.1 均聚物的合成 聚合反应常较激烈, 放出大量热。根据反应条件不同, 产率可从百分之几到60% (见表1)。此法也可以合成包括杂原子取代芳基的聚硅烷衍生物, 如聚对 *N,N*-二甲基胺基苯基和烷氧苯基取代的聚硅烷^[8]、碱性酚基聚硅烷^[9]及含 Si—H 键的低聚物 (*M* 为 1000~1500)。近年也合成了含侧链硅键或含多环芳烃的聚硅烷^[10]。



曹晴 女, 1972年生。1995年毕业于南京大学高分子科学与工程系, 现为该校硕士生。在薛奇教授、陆云副教授指导下从事有关功能性高分子及复合材料的研究。

* 通讯联系人。

通常聚合产物受硅原子上取代基立体障碍影响很大,因而简单的二芳基二氯硅烷能与钠激烈反应获得高结晶度不溶的缩聚物^[11],而苯环上有正烷基或烷氧基的取代二氯硅烷却可获得可溶的聚合物^[12,13]。

1.1.2 共聚物的合成 共聚物合成有以下几个优点:(1)可采用不同单体及单体比例来调节聚合物的物理、机械、电子性质;(2)由于 Wurtz 反应条件激烈,许多不稳定单体难以获得高聚物,但共聚物仍可得高聚物。一些共聚物产量及分子量见表2。

表1 不同聚硅烷均聚物的产率及分子量			
聚 合 物	产率/%	$M_w \times 10^3$	
1 $(n\text{-PrSiMe})_n$	32	64.4, 13.3	
2 $(i\text{-PhC}_2\text{H}_4\text{SiMe})_n$	12	1.6	
3 $(n\text{-BuSiMe})_n$	34	110, 5.9	
4 $(n\text{-Bu}_2\text{Si})_n$	34	110, 5.9	
5 $(n\text{-Hex}_2\text{Si})_n$	6	1982, 1.2	
6 $[(n\text{-C}_{12}\text{H}_{25})_2\text{Si}]_n$	20	996.8, 15.1	
7 $[(n\text{-C}_{14}\text{H}_{29})_2\text{Si}]_n$	60	371, 27.8	
8 $(\text{PhSiCH}_2\text{Ph})_n$	30		
9 $(p\text{-MeOC}_6\text{H}_4\text{SiMe})_n$	12	13.0	
10 $[p\text{-(TMS)}\text{C}_6\text{H}_4\text{SiMe}]_n$	30	476.4, 8.1	
11 $(\beta\text{-C}_{10}\text{H}_7\text{SiMe})_n$	20	30	
12 $(p\text{-C}_6\text{H}_5\text{C}_6\text{H}_4\text{SiMe})_n$	40	80.0	
13 $(\text{SiPhH})_n$		1.0	
14 $[(2\text{-(3-cyclo-C}_6\text{H}_9)\text{-C}_2\text{H}_4\text{SiMe})_n]$	10	105, 13.0	
15 $[p\text{-(TMS)}\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SiMe}]_n$	27	516.7	

TMS—三甲基硅烷。

测定共聚物的结构相当困难。除光谱外,DSC 对判断是共聚物还是均聚混合物颇有用,含不对称取代基时尚可测定链的立构规整度及各种单体的排列次序^[14]。

1.1.3 Wurtz 聚合反应机理 该反应为多相聚合,有两个特点:(1)在同一种溶剂中,随取代基立体体积增大,产率下降;(2)聚合物分子量分布呈多峰分布,常有3个峰,各为 $M_w <$

表2 不同聚硅烷共聚物的产率及分子量

聚 合 物	产率/%	$M_w \times 10^3$
1 $-\text{SiMe}_2(\text{SiMe}, n\text{-Hex})_m-$	57	170, 10
2 $-\text{SiMe}_2(\text{SiMe}, \text{c-Hex})_m-$	63	900, 70, 9.0
3 $-\text{SiMe}_2-(\text{Si})_m-\text{Ph}$	45	70, 13, 5
4 $-\text{SiMe}_2(\text{SiPh}_2)_m-$	70	350, 2
5 $-\text{SiMe}_2(\text{SiMe}, \alpha\text{-C}_{10}\text{H}_7)_m-$	60	40, 10.5, 2.3
6 $-\text{SiPh}_2(\text{SiMe}, \text{C}_2\text{H}_4\text{Ph})_m-$	41	300, 2.5
7 $-\text{SiPh}_2(\text{SiMe}, n\text{-Hex})_m-$	51	360, 3.0
8 $-\text{Si-c-Hex}, \text{Me}(\text{SiC}_2\text{H}_4\text{Ph}, \text{Me})_m$	80	150, 2.5
9 $-\text{SiC}_2\text{H}_4\text{Ph}, \text{Me}(\text{SiMe}, \text{Ph})_m-$	18	170, 3
10 $-[(\text{SiMe}_2)_2\text{Si}(n\text{-Bu})_2]_n-$	20	2000, 200, 3.0

c—cyclo。

1500、3000~4000、10000~数百万。

(1) 溶剂效应 许多聚合反应在甲苯等溶剂中产率较低,但加入5%二甘油二甲醚产率即大大提高;加入量达10%~15%时高分子量的比例将增加;加入量大于20%~25%时,分子量分布呈单峰形,但平均分子量又下降了^[15],这可能是由主体溶剂效应(bulk solvent effect)引起。Zeigler 研究了甲基苯基二氯硅烷反向法聚合过程,发现聚合速率决定于钠表面单体有效浓度。当以甲苯等作溶剂时,钠表面生成的聚合物因溶解度好而链段能充分伸展,单体很容易到达钠表面,于是发生了大量引发反应,使二聚物占优势。当溶剂溶解度小时,钠表面生成的聚合物链将收缩成团,覆盖住钠表面,使单体须扩散方可达到钠表面,这将有损于聚合物链的增长。当溶剂溶解性很差时,聚合链收缩并会发生沉淀,因而获得的聚合物分子量也不高,只有在溶剂与聚合物的溶解度参数相差一定值时才可提高产率及高分子量产物的比例^[15]。

(2) 聚合过程 聚硅烷分子量呈多峰分布,其中低分子量部分主要是低聚物及环状衍生物,说明同时可能有几种反应机理相互竞争,也可能是由于多相反应引起的^[16,17]。聚合反应为链式反应,可能有多种中间体存在,如亚硅基自

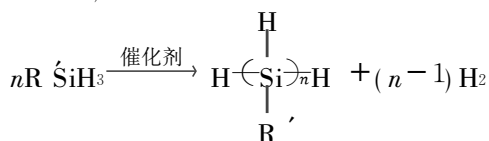
由基、甲基自由基、甲硅基阴离子等。

实验发现,聚合反应有强的溶剂效应,冠醚对聚合速率有影响并使体系中有高含量环状聚合物生成,这些均证明聚合反应并非单纯自由基反应。

Wurtz 法可合成各种聚硅烷均聚物与共聚物,因而应用很广。但此法也有诸多弊端:(i) 许多含反应性官能团单体难以缩聚;(ii) 立体障碍大使产率较低;(iii) 分子量分布宽、重复性差;(iv) 反应条件激烈,稍有危险性;(v) 成本较高,不适于工业生产。

1.2 均相脱氢偶合法

常以过渡金属有机络合物为催化剂(如 Cp_2MR_2 ; M 为 Ti 或 Zr, R 为烷基或 H, Cp 为环戊二烯)



反应通常只得到含 10~30 个 Si、端基为一 SiR_2H 的低聚物,几乎不生成环状物,分子量分布较窄但仍呈多峰分布^[18~20]。

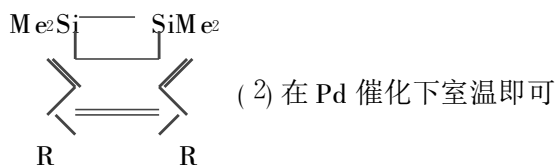
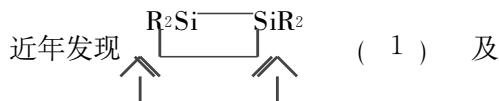
脱氢偶合法选择性好、空间位阻影响大,只有伯硅烷才能聚合,仲硅烷只能得到二聚体。R 可以是各种取代基如苯、甲苯、苄基、正己基、环己基等。改变催化剂结构也可影响聚合效率。有人以 CpCp^*MXY (M 为 Zr, X、Y 为 H、Si 基、烷基或卤素) 作催化剂可将多余的 Si-H 键交联,从而增加分子量^[21]。脱氢偶合法虽然通常只获得 10~20 聚合度,但由于产物有特殊电子特性以及可经氢化硅烷化引入各种侧链,因而仍然是一种很有用的方法。

1.3 开环聚合

原则上凡有 Si-Si 键的环状硅烷在过渡金属催化下均可开环聚合,反应条件很温和。当有强的亲电、亲核试剂存在时环状聚硅烷的 Si-Si 键很不稳定,它与甲硅基阴离子反应导致开环,又产生了甲硅基阴离子,使链不断增长,也可进攻聚硅烷的 Si-Si 键而形成大环无

张力的聚硅烷。此种聚合速率决定于溶剂、温度及碱金属种类。环四硅烷经阴离子开环聚合得到 M_w 为 10000~100000 的聚硅烷。

开环聚合最重要的优点是可以控制聚合物的微观结构。可以将四甲基四苯基环四硅烷异构体分离而得到某种异构体的富集物(可能是全反式结构),含 80% 异构体富集物与混合物的微观结构差别很大,故可控制其立构规整度^[17]。



发生开环聚合得到 M_w 为 62500 的聚硅烷,产率达 93%。由 (2) 开环聚合得到的聚合物主链中二亚硅基与苯基交替出现,可溶于氯仿、可浇铸成膜、也可熔融纺丝,有优良的加工性能^[22]。

以有机 Li 为催化剂,THF 作溶剂,室温下 1,2,5,6-四甲基-3,7-二炔环辛烷开环聚合,可获得高分子量二亚硅基乙炔^[6]。Zr 催化下二乙炔二环化也是形成新环的方法,开环后得 M_w 近一万的高聚物^[23]。

近年还发现环状 $(\text{ArSi})_4$ 在高压汞灯 ($\lambda > 300\text{nm}$) 照射及氩气保护下可与 C_{60} 反应,经凝胶色谱分离可得到多种聚合物^[17]。

1.4 电化学合成法

近 10 年发展了电化学合成各种聚硅烷的方法^[24]。Kimata 曾用此法合成 M_w 为 454 的甲基苯基聚硅烷,产率 60%^[25]。

近几年来,人们以 LiClO_4 为电解质, Mg 为工作电极,成功地在 THF 中电解还原 PhSiCl_3 ,得到的网状聚硅烷分子量达 4000,在 500~1500 nm 波长有强吸收^[26]。Tanaki 以电化学法合成了聚二烷氧基二噻吩硅烷,以四探头法测得其电导达 12S/cm ^[27],电化学合成法也可合成五元、六元及有不同大小环的混合体系,还可合

成含 Si-H 键聚硅烷(SiMeH)_n, 适于制取高产率(>88%)的陶瓷^[28]。

1.5 声化学合成法

Wurtz 反应温度需超过金属钠熔点(97℃), 声化学合成法以超声活化则可在低温下反应, 因而有许多优点。Matyjaszewski 等曾以甲基苯基二氯硅烷为单体, 边加料边以超声搅拌, 获得分子量达十万单峰分布的聚硅烷^[29]。

有趣的是, 二己烷基二氯硅烷在甲苯中难聚合, 但与甲基苯基二氯硅烷在超声活化后即共聚^[29]。Bianconi 报道了采用超声活化, 以 K、Na 还原聚合烷基三氯硅烷, 可使反应完全, 而不用超声活化则常残留 Si-Cl 键^[30]。

低温超声引发技术的另一用途是可供反应机理研究, 也可控制聚合物分子量分布。

1.6 衍生化反应引入官能团

衍生化反应可在聚硅烷链上引入烷基、苯基以外的其它官能团, 因而令人颇感兴趣, 但有关报道不多。此法不能用强亲电试剂或强氧化性的催化剂。据报道, 聚甲基苯基硅烷可用氯甲基甲醚及四氯化锡进行氯甲基化而不致有明显降解^[31]。而这种含卤素取代基聚硅烷是难以忍受 Wurtz 反应的剧烈条件的。

Matyjaszewski 以三氯甲基磺酸与聚甲基苯基硅烷反应经水解、氨解或醇解引入羟基、氨基、烷氧基^[32]。West 等以间氯过苯酸处理可将氧插入聚硅烷 Si-Si 键中, 紫外光谱表明, 所得产物为聚硅烷与硅氧烷嵌段共聚物^[33]。某些取代的带活性-SiH 键均聚或共聚聚硅烷都可经氢硅化反应引入各种各样官能团^[34]。毫无疑问, 经化学衍生化修饰的聚硅烷是获得各种复杂聚硅烷的重要途径, 将越来越受到人们的注意。

2 聚硅烷及其衍生物的应用

聚硅烷因其 Si-Si 主链 σ 电子离域使其具有独特的理化性质, 经 20 年研究开发了许多用

途, 有的已趋成熟, 甚而实现了工业化, 有的尚处在探索阶段。

2.1 制备 SiC 陶瓷

SiC 是一种高强度陶瓷, 可用于新型复合增强材料。工业上以前用 SiO_2 与石墨高温反应制取, 但所得 SiC 难以加工。70 年代中期, Yajima 由聚二甲基硅烷热裂解制取得 $\beta\text{-SiC}$ ^[35]。West 等将甲基苯基硅烷均聚物及它与二甲基硅烷共聚物的混合物, 熔融浸透到 SiN 陶瓷结构中制得更高强度陶瓷材料^[36]。

多年来, 人们一直在改进制备 SiC 陶瓷工艺以提高产率。线性聚硅烷虽易于加工, 但也易热解气化影响产率, 如能适当增加交联度即可减少裂解损失。有人合成了一系列带活性官能团的线性聚硅烷(如有 Si-H), 纺丝或成膜后使之交联, 可使 $\beta\text{-SiC}$ 产率达 87%^[36]。Daniel 合成了一系列含 Si 桥环二茂铁的环状化合物^[37], 开环后可制得高分子量聚硅烷, 溶于 THF, 己烷沉淀提纯后得黄色纤维状纯品, 易溶于甲苯, 可浇铸成膜, 制备陶瓷, 所得陶瓷是无定型、有磁性的。最近 Robert 合成了一系列含 Si、Ge 及过渡金属的硅烷低聚物, 可作为制备含过渡金属陶瓷的母体^[38]。Manner 用聚硅烷制备 FeSiC 陶瓷, 此种金属有机硅中 Si 与 π 电子发生离域, 具有令人感兴趣的电、磁、光学特性^[39]。

此外, 日本专利报道以聚硅烷制备 Si_3N_4 基多孔陶瓷作活塞头^[40]。Orchinnikov 合成了含 20%~80% $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{YO}_{7-8}$ 聚有机硅倍半 烷可制取高温超导陶瓷, 其超导能变温度达 91K^[41]。

2.2 作为导电、光电导及电荷转移复合物材料

已知饱和碳链价带能隙为 8eV, 而通常聚硅烷却只有 3~4eV。尽管聚硅烷本身电导仅 $10^{-12} \sim 10^{-15} \text{ S/cm}$, 属于绝缘体, 但经氧化掺杂后电导可达 0.2S/cm 而成为优良导体^[42]。

聚硅烷与通常导电聚合物导电机理也不同, 后者常由 π 电子共轭而导电, 聚硅烷导电则可能是由于掺杂氧化后产生了阳离子自由基, 相当于形成孔穴, 又由于 Si 的 σ 电子广泛离域

使此种正电荷可沿硅主链移动。近10几年来,人们在努力提高聚硅烷的电导,增加其稳定性。1991年,Brefart 由丁炔二锂或相应的双格氏试剂与各种二氯硅烷在 THF 中、室温时合成了一系列亚硅基二乙炔型聚合物,所得产品可溶于 CH_2Cl_2 , 易成膜,可用各种电子受体 (FeCl_3) 的 CH_2Cl_2 溶液掺杂而成为导体、半导体^[43]。

另有专利报道,各种聚硅烷膜以硫酸处理即成导电膜^[44]。也可制作半导体^[45]。有人合成含卞唑的聚硅烷,以 I_2 掺杂后制成柔性导电膜,电导从 10^{-11} S/cm 提高到 $1.3 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ ^[46]。Nashizawa 以聚硅烷制得开关电流很大的场效应管^[47]。近来又有人加入 C_{60} 进一步提高聚甲基苯基硅烷的电导, C_{60} 可产生载流子,量子效应可提高一个数量级,最低价带能隙仅 2eV ^[48]。

Fujino 发现许多聚硅烷衍生物是优良的光电导体^[49]。近年又有人以氟代烷基聚硅烷 $[\text{SiPh}(\text{CH}_3\text{CF}_3)]_n$ 涂层作为光敏层用于电子照相,优点是灵敏度高、寿命长、可反复使用^[50,51]。

2.3 作为高分辨光致抗蚀剂

电子工业已进入超大规模集成电路(VLSI)阶段,这意味着要在 1cm^2 单芯片上集成十万乃至几千万个元件,其最小线宽小于 $1\mu\text{m}$ 。这须由一套极精密的加工技术来完成,其中关键的一步是光刻。聚硅烷可溶于普通溶剂、可涂成一层感光膜,其热稳定性及氧化稳定性好,非常适于用作高分辨光致抗蚀剂,它有以下优点:(i) 是高分子量的、高灵敏度的亚微米级的光刻胶。可得到线宽 $0.8\mu\text{m}$ 图像,曝光灵敏度常为几十、几百毫焦每平方厘米^[52];(ii) 能自显影,聚硅烷在很宽波长范围内有强吸收而降解呈光漂白。 10ms 低能闪光即可使聚硅烷挥发,由此得到 $0.5\mu\text{m}$ 线宽图像。此种干法显影保证了半导体产品生产率、成品率及高分辨率^[53];(iii) 具有优良的深度刻蚀沟纹,从而获得大的特征高/宽比值,能产生高分辨图像^[54];(iv) 高耐热性,聚硅烷抗蚀剂可在 200°C 下长期使用。目前关于紫外线、深紫外线、X 射线、 γ 射线及电子束的

光致抗蚀剂正在研究中获得更高分辨率。主要集中在两方面工作:(i) 合成新聚硅烷,以期在固态下对光降解更敏感;(ii) 加入添加剂增加感光灵敏度。

有机硅烷单层可作为自组装膜抗蚀剂,选择性沉积在催化剂、蛋白质等各种有机材料上,还可制作晶体管、场效应管等电子器件^[55]。

2.4 作为非线性光学材料

60年代末,人们发现尿素等有机物有较大的非线性光学特性(NLO)。以后 NLO 有机聚合物材料研究即为世人所瞩目。

许多各向同性的聚合物具有三阶 NLO 特性。要增大分子极化,关键是要使分子中有更加容易移动的电荷体系。由于聚硅烷及其衍生物有离域的 σ 电子及空穴存在,因而具有较大的 χ^3 ^[56]。有人采用 West 法合成 -(Si)-_n 测定其 3阶谐波强度、 χ^3 模量及相位,结果表明其平均值已接近非共振双炔类聚合物,可能成为制造集成光学器件新材料,而且它在 $>400\text{nm}$ 时为透明,这是聚炔类所无可比拟的。

日本专利报道,采用有两个或两个以上硅羟基或烯基的三维交联聚硅烷可制成具有 NLO 特性的膜^[57]。也有报道侧链为液晶的某些聚硅烷具有 NLO 特性^[58]。带有侧链极性基团的聚硅烷的热致变色特性有望可作为大功率非线性光学特性(NLO)材料^[58]。目前,虽然人们正在不断提高 χ^3 系数,聚硅烷衍生物的非线性光学特性(NLO)系数现在还只能达到 10^{-12} esu ,尚不足以制造实用的光学器件,但因聚硅烷 NLO 响应快,直流介电常数低,开关能量低,在可见光区透明,耐化学耐热性好,易加工,所以仍有望成为制造 NLO 的理想材料。

2.5 作为烯烃聚合的光引发剂

经研究发现,聚硅烷及其衍生物受光照后会产生甲硅基自由基及其亚甲硅基自由基,故可引发烯烃聚合。West 也证实,聚硅烷可引发反应性较弱的乙烯基乙醚。聚硅烷光引发的优点是对氧不敏感,加入叔胺、膦等化合物可进一

36

Mazolyasni K S, West R, David L D·J Am Ceram Soc, 1978, 61:504

37

Daniel A F, Ruth Petersen, Ben-zhong Tang, et al· 1993, 34(1) :328

38

Robert J P, Devglder Nathalie, Guerin Christian, et al· Organometallics, 1994, 13:3194

39

Ralkers Ron, Lough A J, Manners I, et al· J Am Chem Soc, 1994, 116(2) :797

40

Kita Hidenor 日本公开特许, 04, 342, 487 .1992

41

Orchinnikov A A, Spektor V N, Kamariskii B A, et al· Dokl Akad Nouk·SSSR, 1991, 317(1) :157

42

West R·J Organomet Chem, 1986, 300:327

43

Brefart J L, Corriu J P, Guerin G C, et al· Organometallics, 1992, 11:2500

44

Usuki A, Murase M· 日本公开特许, 62, 59, 632. 1987

45

Nishida Ryoichi, Kawasaki Shinnichi· 日本公开特许, 05, 275, 695 .1993

46

Mori Shigeru· 日本公开特许, 06, 128, 488. 1994

47

Nashizawa Hideyuki· Eur Pat Appl· E P, 528, 662. 1993

48

Kepler R G· Applied Physics Lett, 1993, 63(11) :1552

49

Fujino M· Chem Phys Lett, 1987, 136:452

50

Tsukamoto Koji· 日本公开特许, 04, 289, 867. 1992

51

Yokoyama Masaaki· 日本公开特许, 06, 19, 169. 1994

52

Miller R D· Polym News, 1987, 12(11) :330

53

李高全· 高分子材料科学与工程, 1993, 3:1

54

Miller R D, et al· Chemical Review, 1989, 89(6) :1400

55

Calert J· Vac Sci Technol, B1993 11(6) :2155

56

Kajizar K· J App Phys, 1986, 60(9) 11:3040

57

Sato Ryuji· 日本公开特许, 04, 311, 728. 1992

58

Nakano· 日本公开特许, 06, 73, 183. 1993

59

Jan K, Herrema, Jarjen Wildeman, Reinie H, Wieringa, et al· Polym Prepr, 1993, 34, 1:282

60

Kin Ishi· 日本公开特许, 05, 343, 184. 1993

61

Trommsdorff H P, Zeigler J M, Hochstrasser R M· J Chem Phys, 1988, 89:4440

Recent Progress in Study of Polysilane(1)

——Synthesis and Application of Polysilane

Cao Qing, Lu Yun, Xue Qi

(*Department of polymer Science and Engineering College of Chemistry and Chemical Engineering ,Nanjing University, Nanjing 210093*)

Summary Since the synthesis of soluble polysilane, the research of polysilanes has been a hot subject· The recent development of synthesis and application of polysilanes is summarized in this paper·

Key words Polysilane, Synthesis, Application, Ring-open polymerization, Dehydrogenative coupling

(上接第64页)

The Research Developments of Optical Plastics

Gao Changyou^a, Yang Bai^b, Shen Jiacong^b, Yi Xiaosu^a

(*a:Department of Polymers, Zhejiang University, Hangzhou 310027*)

(*b:Department of Chemistry, Jilin University, Changchun 130023*)

Summary The main research direction of optical plastics at present is summarized according to the relationship between structure and properties· The new kinds materials which have the properties of high refractive index, high heat-resisting or other function are introduced in detail· The significance of balance on properties to application is pointed out·

Key words Optical plastics, Research direction, Balance on properties