

聚合物材料结晶度(下)

莫志深

(中国科学院长春应用化学研究所高分子物理开放实验室, 长春, 130022)

4.2 Ruland方法^[2,24~26]

使用式(2)计算结晶度时, Ruland考虑了热运动及晶格畸变的影响, 从而使算得的结晶度值较合理。在不失计算结晶度 $W_{c,x}$ 数值精度的情况下, 在Ruland方法的实验中可以只取具有较大衍射峰强度的 s 范围, 就可提高计算结晶度的数值准确性, 克服了其它方法必须收集尽可能大范围 s 内的衍射强度数据的限制。Ruland方法测定结晶度的基本公式:

$$W_{c,x} = \frac{\int_0^{\infty} s^2 I_c(s) ds}{\int_0^{\infty} s^2 I_t(s) ds} \cdot \frac{\int_0^{\infty} s^2 \bar{f}^2 ds}{\int_0^{\infty} s^2 \bar{f}^2 ds} \quad (18)$$

式中, $W_{c,x}$ 系聚合物中结晶物质的重量分数即结晶度; $s = 2\sin\theta/\lambda$ 是倒易空间矢量 s 值; θ 为衍射角; λ 是X射线波长; $I(s)$, $I_c(s)$ 分别为聚合物样品在倒易空间 s 处的总散射(结晶加非晶)强度和结晶部分的散射强度; f^2 为均方原子散射因子

$$\bar{f}^2 = \frac{\sum_i N_i f_i^2}{\sum_i N_i} \quad (19)$$

f_i 为第 i 种物质的原子散射因子, N_i 为第 i 种物质在每个重复单元中的原子数目。 D 称为晶格无序度参数, 它与晶格不完善性参数 k 有下述关系, 对第一类晶格畸变

$$D = e^{-k_1 s^2} \quad (20)$$

对第二类晶格畸变

$$D = 2e^{-a s^2} / (1 + e^{-a s^2}) \quad (21)$$

式(18)最右端分式是考虑了热运动和晶格不完善性引起衍射强度改变对结晶度值的修正,

此修正称校正因子, 常用 K 表示

$$K = \int_0^{\infty} s^2 \bar{f}^2 ds / \int_0^{\infty} s^2 \bar{f}^2 D ds \quad (22)$$

为计算校正因子 K 值, 作为近似可仅考虑第一类晶格畸变式(20)即已足够。 $K = K_T + k_1 + k_2$, 即 K 来源于分子的热运动(k_T)和第一类(k_1) (短程无序)、第二类(k_2) (长程无序)晶格畸变。由于热运动及晶格畸变的影响往往使来自晶区的衍射强度降低, 表现为非晶弥散峰, 故若使用式(3)不经校正计算结晶度值将偏低, 式(22)校正因子 K 与 s , D , \bar{f}^2 有关, 因此式(18)可改写为

$$W_{c,x} = \frac{\int_0^{\infty} s^2 I_c(s) ds}{\int_0^{\infty} s^2 I(s) ds} \cdot K(s_0, s_{\infty}, D, \bar{f}^2) \quad (23)$$

实际上, 在实验中衍射角不可能(也不必)取得无穷大, 只需在某一有限角度范围内即可, s_{∞} 相应地取至较强衍射峰所对应的衍射角值。现以我们应用Ruland方法计算聚噻吩(PTh)^[26]和聚环氧乙烷(PEO)为例加以说明。在PTh的计算中我们取 $2\theta = 7^\circ$ ($s_1 = 0.65 \times 10^8 \text{ cm}^{-1}$)* 到最大 $2\theta = 60^\circ$ ($s_2 = 0.07 \times 10^8 \text{ cm}^{-1}$) (图9)。在此范围内应用式(23)进行计算可获得合理的 $W_{c,x}$ 值。计算时当固定 s_1 , 改变 s_2 , 在某些足够大的 $s_2 - s_1$ 范围内, 所得 $W_{c,x}$ 值基本与 s_2 改变无关。换句话说, 为求

* 文献[26]中, 倒易空间矢量 s 取为 $|q| = 4\pi\sin\theta/\lambda = 2\pi s$

表 6 PTh的 $W_{c,x}$ 与 h 值及积分区间

室 温						250℃					
$h, \text{\AA}^2$						$h, \text{\AA}^2$					
s_2	0	2	3	4	5	s_2	0	2	3	4	5
0.65	19.9	32.0	39.8	48.9	59.4	0.65	23.0	37.1	46.1	56.7	68.9
0.54	22.0	30.6	34.9	41.7	48.3	0.54	25.3	35.2	41.2	48.0	55.5
0.49	24.2	32.2	36.9	42.1	47.8	0.49	28.8	38.2	43.8	50.0	56.8
0.45	27.1	34.5	38.7	43.3	48.4	0.45	23.6	42.7	47.9	53.6	59.9
0.41	25.9	31.6	34.8	38.3	42.0	0.41	34.4	42.0	46.3	50.8	55.8
0.37	28.1	33.0	35.7	38.6	41.6	0.37	38.7	45.4	49.2	53.1	57.3
0.30	27.6	29.1	32.5	34.3	38.1	0.30	37.8	42.7	44.5	47.0	49.5
0.28	32.7	36.1	37.8	39.6	41.4	0.28	44.3	48.7	51.0	53.5	56.0
			46.5 ^b						46.3 ^b		

200℃						300℃					
$h, \text{\AA}^2$						$h, \text{\AA}^2$					
s_2	0	2	3	4	5	s_2	0	2	3	4	5
0.65	20.9	33.7	41.9	51.5	62.6	0.65	28.7	46.2	57.5	70.7	85.9
0.54	23.2	32.4	37.9	44.1	51.1	0.54	29.1	40.6	47.5	55.3	64.0
0.49	26.1	34.7	39.7	45.3	51.5	0.49	31.6	42.0	48.1	54.9	62.4
0.45	30.1	38.2	42.9	48.1	53.6	0.45	36.4	46.3	52.0	58.2	60.0
0.41	31.1	37.9	41.8	45.9	50.4	0.41	37.1	45.2	50.0	54.7	60.8
0.37	34.5	40.5	43.8	47.3	51.0	0.37	41.1	48.2	52.2	56.3	54.8
0.30	36.2	40.5	42.7	45.1	47.5	0.30	41.8	46.7	49.3	52.0	61.8
0.28	42.7	47.0	49.2	51.5	54.0	0.28	48.9	53.8	56.4	59.1	67.6
			42.5 ^b						51.6 ^b		

b—平均值

$W_{c,x}$ 值, 在某些假定 h 值下, 可以找到在某个 h 值下, 得到与 s_2 基本无关的 $W_{c,x}$ 值, 即式 (23) 化为:

$$W_{c,x} = \frac{\int_{s_1}^{s_2} s^2 I_c(s) dg}{\int_{s_1}^{s_2} s^2 I(s) dg} \cdot K(s_1, s_2, D, \bar{f}^2) = \cos t \quad (24)$$

将图 9 中实验数据经偏振因子校正后, 把散射强度分解为非晶散射和结晶部分散射, 以 $s^2 I(s)$ 对 s 作图 (图 10)。表 6 中列出了由式 (24) 求出的不同热处理条件下 $W_{c,x}$ 值, 表中可以看出当 $h=3$ 时, $W_{c,x}$ 值趋于与 s_2 无关的常数。未经热处理的样品 $W_{c,x}=36.5\%$; 在 N_2 中分别经 200℃, 250℃ 和 300℃ 热处理后, $W_{c,x}$ 各为 42.5%, 46.3% 和 51.6%。可见热处理对

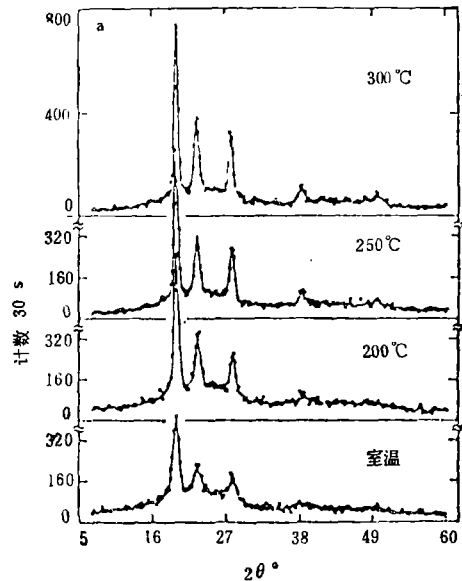


图 9 不同热处理条件的 PTh WAXD 图

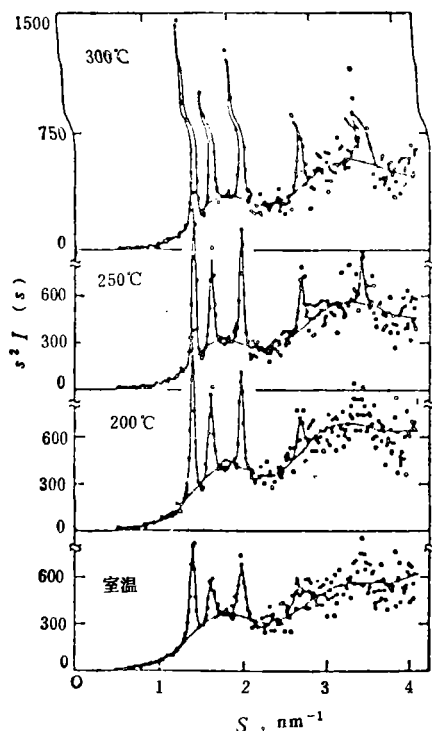


图 10 PTh在不同热处理条件的 $s^2I(s) \sim s$ 曲线

$W_{c,x}$ 的影响是明显的。这里据式(22), 取 $s_1 = 0.16 \times 10^8 \text{cm}^{-1}$ 为固定, 仅 s_2 改变, 对原子散射因子 f 的计算, 取 PTh 的重复单元为 $(\text{C}_8\text{H}_4\text{S}_2)_n$, 将 K 对 s_2 作图可知, 对不同的 k 值, K 与 s_2 是线性关系 (图11)。利用此图可以简化利用式(24) 计算聚合物结晶度。由图11可以直接查出某一 s_2 下, 不同 k 的值。

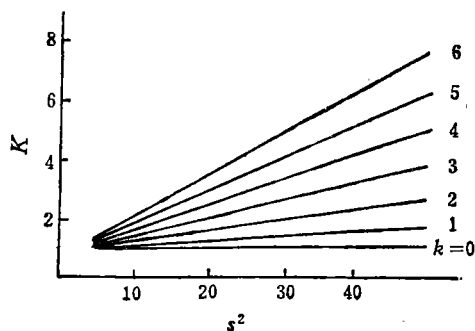


图 11 不同 k 值的 k 与 s_2 图

应用Ruland方法我们曾对 不同分子量 PEO 的结晶度值进行了计算。分子量 $M_n = 1.2$

万的PEO大角X射线衍射强度如图12所示。表7给出了衍射角 $2\theta = 9^\circ \sim 72^\circ$, 不同取角范围不同 k 值下的计算结果。应用Ruland方法对不同分子量PEO的结晶度与分子量的关系列于表8。

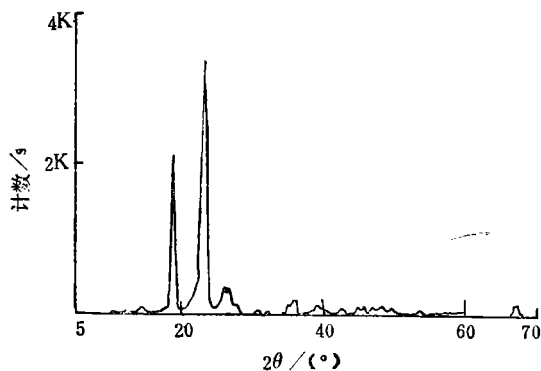


图 12 PEO ($\overline{M}_n = 12000$) WAXD图

表 7 PEO ($\overline{M}_n = 1.2$ 万) $w_{c,x}$ 值

$2\theta \backslash k$	1	2	3	4	5	6	7
72°	0.67	0.77	0.89	1.02	1.16	1.31	1.48
64°	0.62	0.71	0.80	0.90	1.01	1.13	1.26
52°	0.58	0.64	0.72	0.79	0.87	0.96	1.06
44°	0.56	0.62	0.67	0.73	0.80	0.87	0.94
32°	0.62	0.65	0.70	0.75	0.81	0.86	0.92
28°	0.66	0.71	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
24°	0.68	0.72	0.76	0.80	0.84	0.89	0.94
20°	0.74	0.78	0.82	0.86	0.90	0.95	0.99
平均	0.70						

表 8 不同分子量PEO的 $w_{c,x}$ 值

\overline{M}_n	600	1000	2000	12000	20000
$w_{c,x}$	非晶	0.40	0.65	0.70	0.77

Ruland方法是各种测定聚合物结晶度方法中理论基础较完善的。唯此法实验数据采集及计算处理较复杂。特别是在划分原始衍射曲线为结晶及非晶界线上往往带有任意性, 为克服这一缺点, 在可能的条件下应做出非晶散射曲线以资参考。另外本方法仅考虑了温度和晶格畸变的修正, 为此我们对实验衍射强度进行极化因子和背底散射的校正, 进一步提高了结

果的准确性。

4.3 X射线衍射曲线拟合分峰法

聚合物X射线衍射曲线中,某些结晶衍射峰由于弥散往往会部分地重叠在一起,另外结晶峰与非晶峰一般是完全重合或大部分重叠,如何把结晶聚合物X射线衍射强度曲线准确地分解为结晶部分与非晶部分,是一个很有意义的工作。在过去,分峰对从事结构研究的工作者而言,是个很难处理的问题,随着电子计算机的发展与广泛应用,给这一问题的解决带来了令人鼓舞的生机。Hindeleh 等^[27]在前人工作的基础上,根据任意一组晶面的衍射强度在倒易空间的分布是正态函数的特性,提出了用Gauss-Cauchy复合函数来表征结晶衍射峰衍射强度曲线的办法。设第*t*个衍射晶面的衍射强度为 Q_t ,则结晶部分总衍射强度为:

$$Q(X) = \sum_{t=1}^B Q_t = \sum_{t=1}^B [f_t G_t + (1-f_t) C_t] \quad (25)$$

B 是衍射峰数目, f_t 是第*t*个衍射峰的峰形因子, G_t , C_t 分别是Gaussian和Cauchy函数。

$$G_t = A_t \exp\{-\ln 2 [2(X - P_t) / W_t]^2\} \quad (26)$$

$$C_t = A_t / \{1 + 2[2(X - P_t) / W_t]^2\} \quad (27)$$

其中, X = 计算点 (衍射角)。 A_t 为第*t*个衍射峰的峰高, P_t 为第*t*个衍射峰的位置, W_t 为第*t*个衍射峰的半高宽,可见每个衍射峰含有4个待定量: P_t , f_t , A_t , W_t 。

上述3种表征函数的曲线见图13。由图13可知,式(25)~(27)所表征的曲线,在 P_t , A_t , W_t 值相同时,是互相近似的,具有极其相似的曲线形状。在半高宽以上的曲线是相同的,只是在峰两端尾巴部分有些不同。Gaussian函数适合于更窄些的正态分布, Gauss-Cauchy复合函数介于两者之间。

非晶态散射与晶态不同,在非晶态中,原子排列不呈周期性,杂乱无章。非晶态散射曲线弥散不对称,呈“馒头”状, Hindeleh 提出用三次多项式拟合。

$$R(X) = a + bX + cX^2 + dX^3 \quad (28)$$

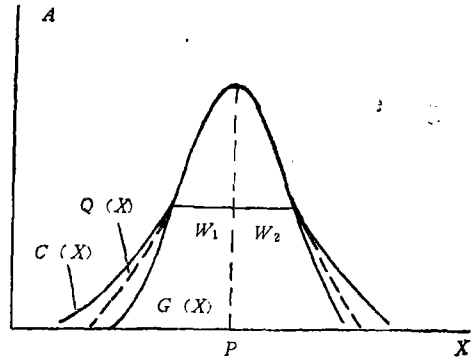


图 13 Gauss-Cauchy及其复合函数曲线

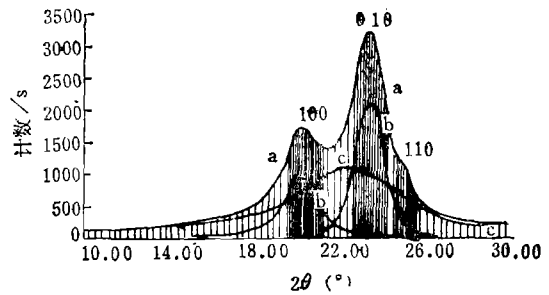


图 14 Nylon-66衍射曲线分解

a , b , c , d 是待定参数, X 定义同前。由此晶态与非晶态总的衍射强度 Y_{cal} (计算值)为:

$$Y_{cal} = \sum_{t=1}^B Q_t + R(X) \quad (29)$$

式(29)共含有 $4B + 4$ 个未知量,计算时可采用阻尼最小二乘法,对给定适当小量 δ ,使目标函数 S 满足

$$S = \sum_{i=1}^n [Y_{obs,i} - Y_{cal,i}]^2 = \delta \quad (30)$$

则求得了拟合后各衍射峰的 P_t , A_t , f_t , W_t ,实现了衍射曲线的结晶叠合峰以及结晶峰非晶峰互相重叠的分解。在此基础上便可以按结晶度定义进行 W_c 的计算了。

应用上述方法我们计算了Nylon-66的峰分解,在 $2\theta = 10^\circ \sim 30^\circ$ 间, Nylon-66样品的WAXD谱仅观察到3个相互重叠的衍射晶面(100), (110), (010)^[28]。很明显,非晶散射

峰亦与结晶峰相叠合(图14)。图中曲线 *a* 是实测值, *b*, *c* 分别为分解后的结晶衍射峰和非晶散射峰。从图中可见, 拟合计算值与原实测值, 除在 $2\theta = 13^\circ \sim 15^\circ$ 间有稍许偏差外, 其它衍射角部分, 两者是重合的, 拟合中样品的非晶曲线采自文献^[28]值。

近年来拟合分峰方法在理论上和应用上都得到了进一步的发展^[29], 吴广斌等^[30]提出了既可用于描述多种聚合物的结晶峰, 又可用于描述非晶散射峰的统一数学表达式。

$$Y = fA \exp[-Q \ln 2] + (1-f)A / (1+Q) \quad (31)$$

式中 $Q = (X - P)^2 [(W_1 - W_2)X + (W_1 - W_2 - P)^2 + (W_1 - P)(W_2 + P)] / (W_1 W_2)^2$, *Y* 代表每一个散射峰(晶态或非晶态)的散射强度; *A*、*P*、*f*、*X* 分别为散射峰(晶态或非晶态)的峰高、峰位、峰形因子、散射角; W_1 、 W_2 为散射峰左半高宽和右半高宽。对于结晶衍射峰 $W_1 = W_2$, 且 $f = 1$ 则为 Gaussian 函数形式(26); 若 $W_1 = W_2$ 且 $f = 0$ 则是 Cauchy 函数形式, 式(27)。

某些聚合物可获得纯非晶 X 射线衍射强度实验数据, 这样可消除分峰计算时晶态与非晶态划分的任意性。尽管如此, 由式(30)可知, 在求解目标函数时仍存在多解性。不同的初始条件, 完全可以求出满足式(30)的解。然而, 实际问题只能存在唯一解, 因此本方法的初始值选取很重要, 并且由本方法获得的结果应与其它方法相比较, 否则尽管拟合偏差 δ 很小, 但与实际物理背景却大相径庭。这里经验也是非常重要的, 它既可以使计算量为缩短, 又会获取满意的结果。假如我们不能取得非晶样品的散射强度数据, 本方法也可进行分峰计算, 只是需要借助经验给定非晶的有关参量进行拟合分峰, 将所得结果再与密度法或其它方法结果相比较以确定其合理性。

我们曾采用此法对不同分子量样品的 PEO 先进行分峰拟合, 据此得到各峰的位置, 宽度与峰高, 然后再用 Ruland 方法计算其结晶度,

获得了满意的结果。

4.4 回归线法

Hermans 和 Weidinger^[31]首先应用这一方法计算了纤维素的结晶度, 以后又用于 PE, *i*-PP(等规聚丙烯), *i*-PS(等规聚苯乙烯)等的 W_c 计算中。此法要求被测定的聚合物样品, 在所考虑的衍射角范围内, 应包括主要结晶衍射峰以及非晶散射强度, 且在此范围内, 结晶峰与非晶峰可以分开。设结晶份率正比于结晶衍射强度 I_c , 非晶份率正比于非晶散射强度 I_a , 则

$$W_c = pI_c; W_a = gI_a; W_c + W_a = 1 \quad (32)$$

这里 W_c , W_a 分别为结晶和非晶在所研究体系占有份率; *p*, *g* 为常数。稍将式(32)变化一下得到 $I_c = 1/p - g/pI_a$, 令 $A = 1/p$, $k = g/p$, 则

$$I_c = A - kI_a \quad (33)$$

由式(33)可见, I_c , I_a 呈线性关系, 截距为 *A*, 斜率为 *K*。根据式(33), 将 I_c 对 I_a 作图, 求得 *K* 值代入式(2), 则 W_c 可得。

本文作者曾用此方法计算了稀土顺-1,4 聚丁二烯(*cis*-1,4PB)的结晶度。*cis*-1,4PB 分子链规整度高, 在低温下极易结晶(图15)。将在不同分子量下结晶的 *cis*-1,4PB 样品, 以 I_c 对 I_a 作图(图16), 从图中可以求得各样品的 *K* 值。表9列出了不同分子量的 *cis*-1,4PB 在低温结晶时用作图法及回归线法求得的 *K* 值。从表中可以看到, 2 种方法的 *K* 非常接近, 这说明前面作图法中我们提出的 $K = Ca(\theta) \cdot k_i$ 的定义是合理的。

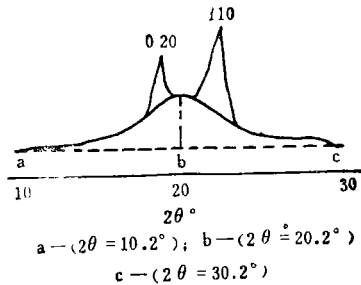
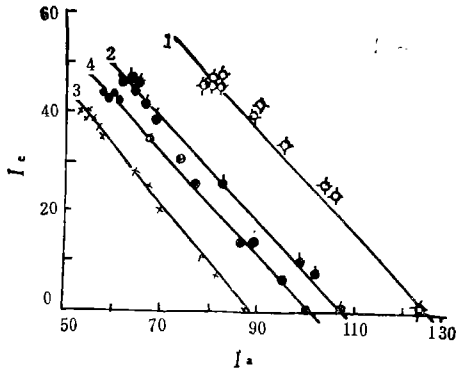


图 15 *cis*-1,4PB 的 WAXD 谱^[31]

图 16 不同分子量 *cis*-1,4PB 的 $I_c \sim I_a$ 图^[16]表 9 不同分子量 *cis*-1,4PB 的 k 值

序号	特性粘数 η , dl/g	回归线法	作图法
		K	$K = Ca(\theta) \cdot h$
1	2.49	1.050	1.08
2	3.94	0.991	1.09
3	8.31	1.084	1.12
4	15.13	1.030	1.10

当某些聚合物样品不能完全获得非晶态时,用本方法测定 W_c 值是适宜的。但此法要求有一组结晶范围较宽的系列样品,且各衍射图必须规格化,使各样品吸收系数,厚度,大小,表面平滑度及入射光强等均应相同。

5 参考文献

- Alexander L E. X-Ray Diffraction Methods in Polymer Science. Wiley Interscience, 1969, P137~188
- 莫志深, 张宏放. 高分子材料科学与工程. 1988, 3:9~20
- Mandelkern L. Faraday Discus, 1979, 68: 310
- Bergmann K. J Polym Sci, Polym Phys Ed, 1978, 16:1611
- Bergmann K, Nawotki K. Kolloid-Z. Zu Polym, 1967, 219:132
- Horii F, Kitamaru R. J. Polym Sci, Polym. Phys. Ed, 1978, 16:265
- Glotin M, Mandelkern L. Colloid, Polym. Sci, 1982, 260:182
- 王晋, 赵永年, 林德厚. 高分子通报. 1989, 2: 32
- Strobl G R, Schneider M. J. Polym. Sci. Polym. Phys. Ed, 1980, 18:1343
- Flory P J, Yoon Do Y, Dill K A. Macromolecules, 1984, 17:862; Yoon Do Y, Flory P. J. Macromolecules, 1984, 17:868
- 莫志深, 陈宜宜. 高分子通报. 1990, 3:178
- 莫志深, 张宏放, 孟庆波等. 高分子学报. 1990, 6: 655
- 张宏放, 殷敬华, 莫志深等. 高分子学报. 1990, 6: 688
- Macromolecular Division Commission on Macromolecular Nomenclature, Pure & Appl. Chem, 1989, 61(4): F769~785
- 冯金华, 莫志深, 陈东霖. Chinese J. Polym. Sci, 1990, 8(1):62
- 张宏放, 莫志深, 魏学军等. 应用化学. 1984, 1(3):19
- 张宏放, 莫志深, 甘维建. 高分子通讯. 1986, 3: 193
- You-Lo Hsieh, Zhishen Mo. J. Appl. Polym. Sci, 1987, 33:1479
- 高焕, 莫志深, 张宏放等. 应用化学. 1990, 7(2): 35-39
- 莫志深, 张宏放等. 塑料工业. 1987, 5:47
- Ibers J. A and Hamilton W C. Eds, International Tables for X-ray Crystallography, The Kymoch Press, Birmingham, England, 1974, Vol4, P. 71, 101
- Natta G, Corradini P. J. Polym. Sci, 1956, 20:251
- Zhishen Mo, Hongfang Zhang, Lixao Wang, et al. J. Polym. Sci, Polym. Phys, 1987, 25: 1829
- 莫志深, 张宏放, 牟忠诚. 理学 X 射线衍射仪用户协会论文集. 1990, 1:1~15
- Zhishen Mo, Baoquan Yang, Hongfang Zhang. CCL, 1991, 2(4):323
- Ruland W. Acta Cryst, 1961, 14:1180
- Ruland W. Polymer, 1964a, 5:89
- Z Mo, K-B Lee, Y B Moon, et al. Macromolecules, 1985, 18:1972~1977
- Hindeleh A M, Johnson D J. Polymer, 1974, 15:697; 1978, 19:27
- Hindeleh A M, Johnson D J. J. Phys. D: Appl. Phys, 1971, 4:259; Ray P K, Montague P E. J. Appl. Polym. Sci, 1977, 21: 1267; Mcallister P H, Carter T J, Hinde R M. J. Polym. Sci, Polym. Phys. Ed, 1978, 16:49
- Howard W, et al. J. Polym. Sci, part A, 1963, 1:7151
- 李泮通, 戚绍祺, 吴文斌等. 高分子通讯. 1980, 3: 129
- 吴文斌. 科学通报. 1984, 20:1223
- Challa G, Hermans P H, Weidinger A. Makromol. Chem, 1962, 56:169
- Aggarwal S L, Tilloy G P. J. Polym. Sci, 1955, 18:17
- Tabor D G, Magar E P, Boon J. Polym. J, 1971, 7:1127

- 34 Johnson J E. J. Appl. Polym. Sci, 1959, 2:
205
35 莫志深.合成纤维.1981,3:52

- 36 Glotin M, Mandelkern L. Colloid Polym.
Sci, 1982, 260:182

The Degree of Crystallinity in Polymers

Mo Zhishen

(Laboratory of Polymer Physics, Changchun Institute of Applied Chemistry, Academia Sinica, Changchun 130022)

Summary This paper describes the concept of the degree of crystallinity in Polymers and the definitions of terms relating to degree of crystallinity, which are recommended by IUPAC. The degree of crystallinity can be determined by several experimental techniques; among the most commonly used(1) X-ray diffraction. (2) calorimetry (3) density measurements, and (4) infra-red spectroscopy(IR), the first one is mainly discussed. A review with 36 references on these field is given as well.

Key Words Crystalline Polymers, Degree of crystallinity, X-ray diffraction, Calorimetry, Density measurement, Infra-red spectroscopy, Review

(上接第97页)

- 35 Diaconu I, Dumitrescu S, Simionescu C I.
Eur. Polym. J, 1979, 15:1155
36 Bhatt A P. Ph. D. Thesis, SUNY-Buffalo,
Buffalo, N. Y., 1983
37 Mott N F, Davis E/A. Electronic Processes
in Non-Crystalline Materials. Clarendon,
Oxford, 1979
38 Leclerc M, Prud'homme K E. Macromolecules,
1987, 20:2153
39 Holob G M, Ehrlich P. J. Polym. Sci. Polym.
phys. Ed, 1977, 15:627
40 Bhatt A P, Anderson W A, Kang E T,
Ehrlich P. J. Appl. Phys, 1983, 54:3973
41 Bhatt A P, Anderson W A, Ehrlich P.
Solid State Commun, 1983, 47:997
42 钱人元, 金祥凤.物理.1988, 17(6):326

- 43 金祥凤, 周淑琴. "IDC-2.1" 软件登记号:
865582
44 Scher H, Montroll E W. Phys. Rev, 1975,
B12:2455
45 周淑琴, 金祥凤.感光科学与光化学.1988, 5:45
46 Jin X F, Mao B, Zhou S Q, Qian R Y, Park
J S, Ehrlich P. Phys. Stat. Soli, 1989, (a)116:
709
47 洪海平, 周淑琴, 金祥凤. 感光科学与光化学.
1990, 3:223
48 Kang E T, Neoh K G, Masuda T, Higashi-
mura T, Yamamoto M. Polymer, 1989, 30:
1328
49 Kang E T, Ehrlich P, Bhatt A P, Anderson
W A. Macromolecules, 1984, 17:1020
50 Kang E T, Ehrlich P, Anderson W A. Mol.
Cryst. Liq. Cryst, 1984, 106:305

An Conducting Polymer: Polyphenylacetylene and its Derivation

Hong Haiping

(Fujian Institute of Research on Structure and Matter, Academia Sinica, Fuzhou 350002)

Zhou Shuqin and Jin Xiangfeng

(Institute of Chemistry, Academia Sinica, Beijing 100080)

Summary Polyphenylacetylene is a Semiconducting Polymer. In this paper, we discuss the synthesis, chemical structure and carrier transport properties of polyphenylacetylene and its derivation.

Key words Conducting polymer, Polyphenylacetylene