



清华大学化工系高分子研究所

[ENGLISH VERSION]

TSINGHUA UNIVERSITY
INSTITUTE OF POLYMER
SCIENCE & ENGINEERING

首页

师资力量

人才培养

科学研究

仪器设备

合作交流

学生园地

师资力量

徐军

联系方式:

地址: 北京清华大学化工系高
分子所

邮编: 100084

电话: +86-10-62784740

传真: +86-10-62784550

电子邮件: jun-xu-

xu@mail.tsinghua.edu.cn

徐军, 工学博士, 副教授(长聘), 博导

联系方式:

地址: 北京清华大学化工系高分子所

邮编: 100084

电话: +86-10-62784740

传真: +86-10-62784550

电子邮件: jun-xu@mail.tsinghua.edu.cn



个人经历:

1992.9—1997.7, 清华大学化工系高分子材料与化工专业本科

1997.9—2002.7, 清华大学化工系材料学专业直博

2002.8—2005.12, 清华大学化工系高分子所, 助理研究员

2005.12—现在, 清华大学化工系高分子所, 副教授

2011.1-2012.1, 德国弗莱堡大学物理系, 洪堡学者

主要研究兴趣有: 高分子结晶的基本问题研究; 高分子材料的加工、结构和性能关系; 生物降解高分子材料; 仿生高分子材料; 能源用高分子材料等。曾先后参与国家“九五”攻关项目、国家自然科学基金重点项目、863重大项目。主持国家自然科学基金项目3项, 国际合作项目3项。先后获2003年北京市科技进步二等奖, 2009年中国石油和化学工业协会技术发明二等奖, 2010年中国石油和化学工业协会科技进步二等奖1项, 2012年冯新德高分子奖(Polymer 杂志2011年度中国最佳文章提名)。入选2012年教育部“新世纪优秀人才”支持计划。

教学:

《聚合物成型加工》、《高分子物理实验》、《聚合物成型加工实验》、《奇妙的高分子材料》等。

科研项目:

1. 国家重点研发计划: 聚乳酸纤维制备及性能调控关键基础科学问题研究, 专题负责人, 2017-2021年;
2. 国家自然科学基金面上项目: 应用微动力学新模型研究高分子结晶机理, 负责人, 2014-2017年;
3. 中德合作项目: 生物降解聚合物的成核控制, 中方负责人, 2013-2015年;
4. 863重大项目: 聚丁二酸丁二醇酯的生物-化学组合合成技术, 骨干, 2011-2015年;
5. 和荷兰SKF合作项目: 填充交联橡胶力学行为的模拟, 负责人, 2015-2017年;
6. 和美国宝洁公司国际合作项目: 薄膜热封的基础研究, 负责人, 2013-2014年;
7. 企业合作项目, 聚丁二酸丁二醇酯工业化生产技术, 负责人: 郭宝华, 徐军, 2012-2014年;
8. 国家自然科学基金面上项目: 手性高分子的片晶形态手性形成机制, 负责人, 2010-2012年;
9. 和美国宝洁公司合作项目: 用于柔性材料模拟仿真的表征方法与材料数据库研究, 化工系负责人, 2011-2012年;
10. 国家自然科学基金青年基金: 聚羟基脂肪酸酯生物材料的聚集态结构调控及其二次谐波成像法表征, 负责人, 2006-2008年;
11. 国家自然科学基金重点基金: 新型高分子材料聚羟基脂肪酸酯的微生物合成与应用研究, 子课题负责人, 2004-2007年;
12. 863项目: 聚羟基脂肪酸酯的微生物合成和应用, 子课题负责人, 2002-2006年;

研究兴趣和方向:

1. 高分子结晶的基本问题研究

(1) 环带球晶的形成机理和片晶扭转过程手性的来源

研究揭示了高分子环带球晶的形成机理和其中片晶扭转手性的形成机制。从实验上揭示了手性聚合物环带球晶的片晶生长过程, 片晶通过连续扭转改变方向, 通过螺旋位错方式实现片晶分叉(Macromolecules, 2004, 37, 4118-4123)。首次在手性高分子的环带球晶中观察到两种手性相反的片晶扭转(Macromolecules 2009, 42, 694-701), 打破了以前普遍认为的特定手性高分子对应特定的片晶扭转手性的常识。确立了表面应力是分子手性和片晶扭转手性的中间桥梁, 从实验和理论上揭示了表面应力影响片晶生长手性的机理

(*Macromolecules* **2010**, *43*, 5762–5770.)，解决了片晶扭转手性和低级结构关系这一困扰广大研究者多年的问题。

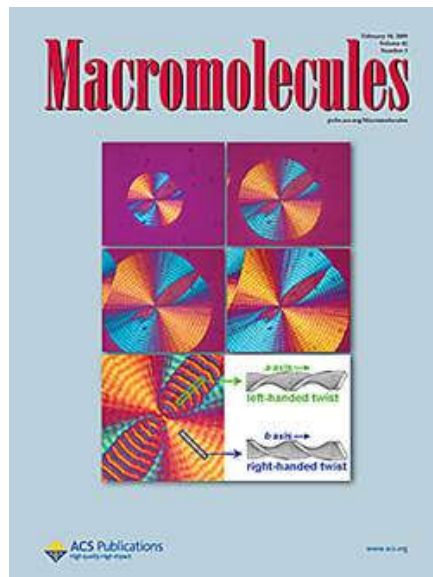


图1. 聚(R-3-羟基戊酸酯)环带球晶中片晶扭转的方向依赖于生长轴的方向，沿结晶学的a轴生长，扭转方向为左手螺旋；沿结晶学的b轴生长，扭转方向为右手螺旋。不同方向生长速度稍有差异，导致形成眼睛形(或泪珠形)形态。(结果发表于*Macromolecules* **2009**, *42*, 694-701, 并被编辑推荐为该期封面文章。)

(2) 新型光学方法表征高分子材料的聚集态结构

采用二次谐波显微镜(和物理系马辉、薛平教授等合作)、Polscope、Muller矩阵显微镜(和美国纽约大学Bart Kahr合作)等方法，获得其他方法难以获得的微观结构信息。采用定量双折射Polscope显微镜，可以定量分析高分子球晶不同位置双折射的大小和最大折射率的方向。和美国纽约大学合作，采用Mueller矩阵显微镜研究了左旋和右旋聚乳酸薄膜样品的手性旋光性能，结果表明，其巨大的旋光活性主要取决于片晶的空间组织方式，而分子手性的影响很弱(*J. Am. Chem. Soc.*, **2011**, *133*, 13848–13851.)。

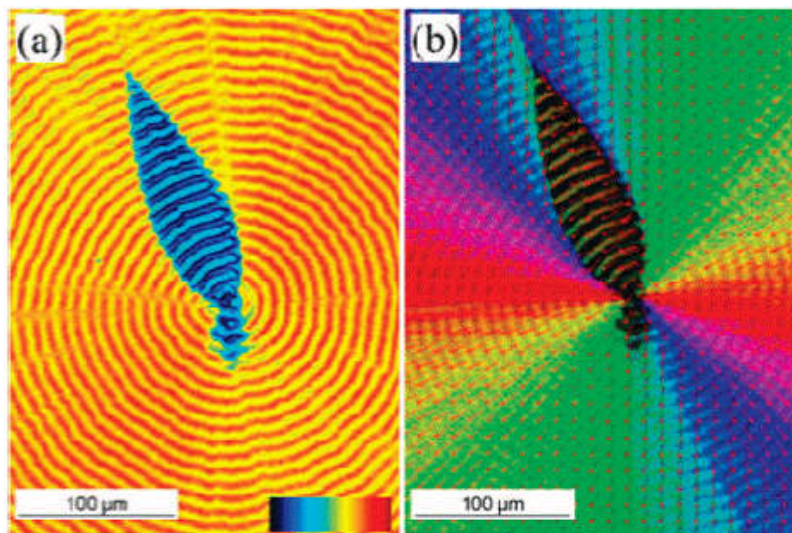


图2. 聚(R-3-羟基戊酸酯)环带球晶的Polscope显微镜结果：(a) 双折射的增大，由蓝色到红色，双折射增大；(b) 样品中最大折射率的方向如箭头所示。(*Macromolecules* **2009**, *42*, 694-701)

(3) 小分子/高分子包合物的结晶行为研究

聚合物-小分子包合物为研究高分子结晶提供了有趣的研究对象，其中聚合物分子链被分隔在小分子形成的管道中。这一体系是研究高分子构象、小分子和高分子结晶异同的模型体系。我们对聚氧乙烯/尿素包合物进行了研究(*Polymer* **2007**, *48*, 7364-7373; *Polymer* **2013**, *54*, 3385-3391; *Chin. J. Polym. Sci.* **2014**, *32*, 1234-1242.)。此外，和黄延宾副教授合作，对聚合物/小分子药物包合物结晶进行了一系列研究(*Chem. Commun.* **2014**, *50*, 6375-6378; *Cryst. Growth Des.* **2016**, *16*, 1181-1186; *Cryst. Growth Des.* **2017**, *17*, 355-362)，为药物新剂型的研发提供了新的筛选方法。



图3. 聚氧乙烯/尿素包合物的亚稳态球晶的晶型转化过程。图中元宝形晶体是亚稳态晶型转变形成的稳态晶型。

(4) 高分子结晶成核微观机制的研究

我们发现聚丁二酸丁二酯及其共聚物的Hoffman-Weeks曲线，即 T_m - T_c 曲线，随着温度升高斜率发生了转折：在低过冷度下和 $T_m=T_c$ 线平行；高过冷度下Hoffman-Weeks曲线和 $T_m=T_c$ 线的交点，其实是低温段结晶线外推后和结晶熔融线的交点，不一定等于平衡熔点。进一步提出二次成核的最小片晶厚度还受到片晶宽度的影响 (*Macromolecules*, 2016, 49, 2206–2215)。

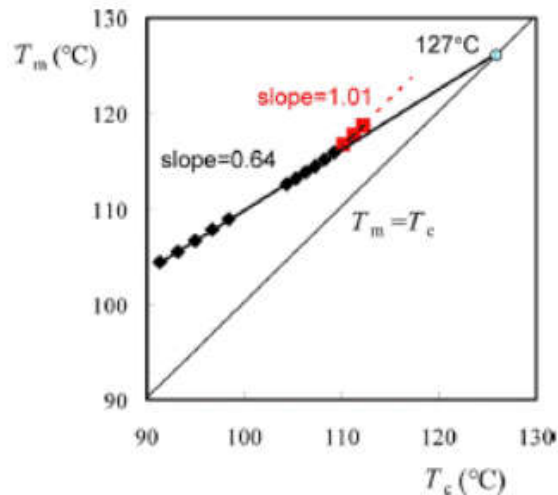


图4. 聚丁二酸丁二酯的Hoffman-Weeks曲线 (T_m - T_c 曲线) 的斜率随着温度升高发生了转折，高温段斜率为1 (*Macromolecules*, 2016, 49, 2206–2215)。

在理论研究方面，建立了基于微观动力学的高分子结晶成核新模型。该模型不以与平衡热力学，直接从微观动力学出发，可以描述不同中间状态和不同路径的动力学竞争。结合蒙特卡洛方法，设定了不同参数进行计算机模拟，我们发现不同的沿分子链方向的关联参数和沿片晶宽度方向的关联参数取值会影响晶体的生长模式 (*Chinese Chemical Letters* 2015, 26, 1105–1108)。

2. 生物降解高分子和仿生高分子

(1) 全生物降解高分子材料的合成、结构和性能关系研究

系统研究了聚羟基脂肪酸酯、聚丁二酸丁二酯及其共聚物的合成、结构-性能关系以及分子结构对材料结晶、力学和降解性能的影响 (*Biotechnol J* 2010, 5, 1149–1163, 邀请综述)。首次发现聚合物共聚不饱和单体时，可以形成异质同晶，并基于这一原理开发了高效的高分子型成核剂 (*Macromolecules* 2012, 45, 5667–5675)。结晶温度影响多晶型的形成，聚己二酸丁二酯熔体等温结晶时，在特定温度区间，发生交叉成核，先形成稳态的 α 晶型，随后在稳态晶型球晶的外缘生成亚稳态的 β 晶型 (*Polymer* 2011, 52, 4619–4630。该文入选“Polymer 杂志2011年度中国最佳文章提名”)。

(2) 3D打印用高分子材料

综合运用分子设计、高分子共混和纳米改性等化学和物理方法，基于我们已经工业化的聚丁二酸丁二酯可生物降解塑料，研制了适合于熔融层积3D打印的第3代高分子材料，具有柔韧、耐热性好、打印过程无异味、废弃后可环境降解的特点。

(3) 仿生、自适应和智能高分子材料

基于高分子相转变的过热显示材料、形状记忆高分子等。

3. 储能用高分子材料

锂电池隔膜和聚合物固态电解质等材料。

4. 减震吸能材料

剪切增稠材料、基于有机硅的吸能减震材料。

著作:

1. 陈国强、罗容聪、徐军、吴琼. 聚羟基脂肪酸酯生态产业链-生产与应用技术指南. 北京: 化学工业出版社, 2008
2. Xu J*, Guo BH. Microbial Succinic Acid, Its Polymer Poly(butylene succinate), and Applications in G.-Q. Chen (ed.), *Plastics from Bacteria: Natural Functions and Applications*, Microbiology Monographs, Vol. 14, pp 347-388, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.(论著中的一章, 41页)
3. 郭宝华, 张增民, 徐军编著. 聚酰胺合金技术与应用. 北京:机械工业出版社, 2010.

代表性论文:

1. Gao Y, Yao SF, Ye HM, Guo BH, Xu J*. Orientation of polymer chains in spherulites of poly(ethylene oxide)-urea inclusion compounds. *Polymer* 2017, 130, 209-217.
2. Zhong Z, Yang XT, Guo BH, Xu J*, Huang YB*. Dissolution behavior of the crystalline inclusion complex formed by the drug diflunisal and poly(ϵ -caprolactone). *Cryst. Growth Des.* 2017, 17, 355-362.
3. Xu J*, Heck B, Ye HM, Jiang J, Tang YR, Liu J, Guo BH, Reiter R, Zhou DS, Reiter G. Stabilization of nuclei of lamellar polymer crystals: Insights from a comparison of the Hoffman-Weeks line with the crystallization line. *Macromolecules*, 2016, 49, 2206-2215.
4. Song YY, Ye HM*, Xu J*, Hou K, Zhou Q, Lu GW. Stretch-induced bidirectional polymorphic transformation of crystals in poly(butylene adipate). *Polymer* 2014, 55, 3054-3061.
5. Ye HM, Wang RD, Liu J, Xu J*, Guo BH*. Isomorphism in Poly(butylene succinate-co-butylene fumarate) and Its Application as Polymeric Nucleating Agent for Poly(butylene succinate). *Macromolecules* 2012, 45, 5667-5675.
6. Ye HM, Xu J*, Freudenthal J, Kahr B*. On the Circular Birefringence of Polycrystalline Polymers: Polylactide. *J. Am. Chem. Soc.*, 2011, 133, 13848 - 13851.
7. Liu J, Ye HM, Xu J*, Guo BH. Formation of ring-banded spherulites of a and b modifications in poly(butylene adipate). *Polymer* 2011, 52, 4619-4630.
8. Ye HM, Wang JS, Tang S, Xu J*, Feng XQ*, et al. Surface Stress Effects on the Bending Direction and Twisting Chirality of Lamellar Crystals of Chiral Polymer. *Macromolecules* 2010, 43, 5762 - 5770.
9. Ye HM, Xu J*, Guo BH, Iwata T. Left- or Right-Handed Lamellar Twists in Poly[(R)-3-hydroxyvalerate] Banded Spherulite: Dependence on Growth Axis. *Macromolecules* 2009, 42, 694-701. (该期封面文章)
10. Xu J, Guo BH, Zhang ZM, Zhou JJ, Jiang Y, Yan SK, Li L, Wu Q, Chen GQ, Schultz JM. Direct AFM Observation of Crystal Twisting and Organization in Banded Spherulites of Chiral Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate). *Macromolecules* 2004, 37, 4118-4123.

Copyright © Institute of Polymer Science & Engineering, Tsinghua University, Beijing, P.R.China

版权所有: 清华大学化工系高分子研究所, 中国·北京

Designed by Lovid XIE·谢伟设计