(../../index.htm)

科学研究

科研动态 (../../kxyj/kydt.htm)

张文科课题组：高分子晶体纳米力学性质研究

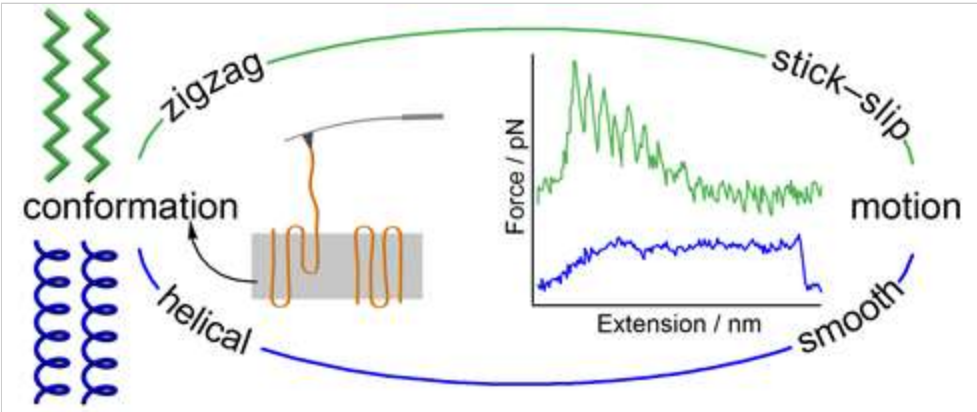
日期：2021-09-24 点击数：386

结晶性高分子广泛存在，其在高分子材料中占据非常大的比例。高分子结晶相的结构对材料的力学及光电性质等诸多性质具有重要影响。从纳米尺度研究高分子链结构对结晶过程、晶体结构以及材料力学性质等的影响规律，对于进一步揭示结晶机制、建立链结构与材料性能之间的联系、设计发展高性能高分子材料具有重要意义。

吉林大学张文科研究组近年来致力于开展高分子晶体体系纳米力学性质研究，于2011年首次报道了聚氧乙烯（PEO）单晶体系纳米力学性质的研究结果。通过将原子力显微镜（AFM）成像与单分子力谱技术有机结合，并辅以合适的样品制备及偶联方法，成功地将单条高分子链从PEO晶体中提拉出来，定量测量了晶体中高分子链间作用力的大小（J. Am. Chem. Soc.**2011**,133, 322）。论文发表后受到国际同行广泛关注，被Nature Materials等知名期刊及媒体以研究亮点的形式进行介绍。

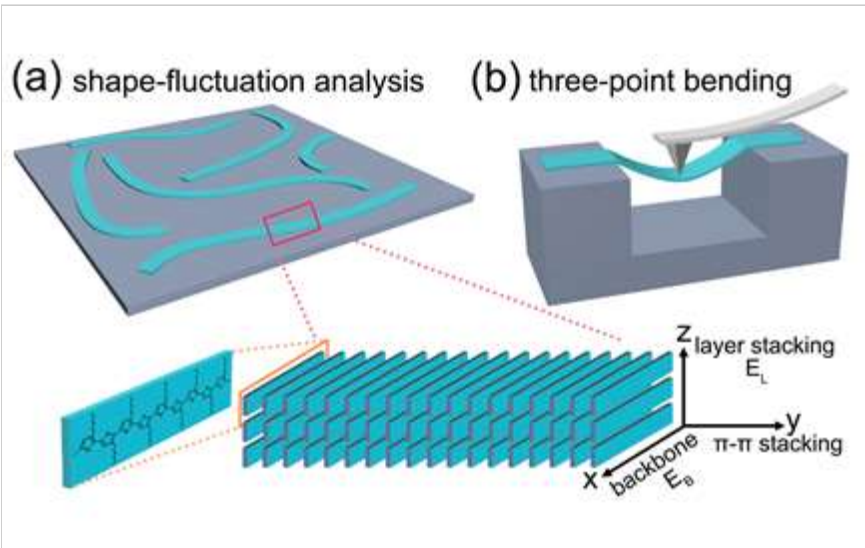
在此基础上，该课题组进一步克服样品制备等难题，将其发展成一种普适性的研究方法，成功地将该方法应用到聚乙烯（PE）、尼龙66（PA66）、尼龙6（PA6）、聚乳酸（PLLA）和聚己内酯（PCL）等众多高分子晶体体系当中，结合聚合物单分子力谱和受控分子动力学模拟，系统考察了晶体中聚合物链构象（螺旋，平面锯齿，非平面锯齿）链组成及外界环境等对纳米力学性质的影响规律，取得了一系列创新性成果：1）发现晶体中高分子链运动模式的纳米力学特征，螺旋链在受力拉伸时采取螺旋运动模式，力值变化较平稳、波动较小，而锯齿链会发生粘滑运动（stick-slip）导致力值出现锯齿状波动（Langmuir**2017**,33, 1826;Macromolecules**2019**,52, 1327，如下图所示），同时首次通过单分子实验观测到PA66及PA6晶体中高分子链在受力形变过程中多重氢键的动态断裂与重新形成过程，发现高分子链在晶体中滑动过程中进行高速旋转直至氢键重新形成（ACS Macro Lett.**2018**,7, 762）；2）基于上述具有指纹特征的力谱，该课题组成功地发展了高分子晶体中链折叠模式的定量化研究方法，该方法无需对样品进行标记，具有很好的普适性，研究结果显示溶液相制备的高分子晶体中近邻规整折叠模式所占比例很高（≥91%），表明分子内相互作用对结晶过程起到了关键作用（ACS Macro Lett.**2019**,8, 1194，被选为ACS Editors’ Choice进行重点推介）；3）通过化学修饰和条

件优化，建立了空气相聚合物单分子力谱方法，显著提升了力学测量精度（从23 pN提升至4 pN）以及拉伸速率（从10mm/s提高至100mm/s），并成功检测到PEO折叠链所形成的环形链（loop）结构在晶体中受力运动的中间态（Macromolecules**2018**,51, 7052）。



AFM单分子力谱研究晶体中聚合物链构象对链运动及纳米力学性质的影响。

该研究组最近将纳米力学研究拓展到结晶性共轭高分子体系，采用AFM形状分析及三点弯曲方法研究了聚（3-己基噻吩）（P3HT）纳米纤维的力学性质（如下图所示），发现沿着层堆叠方向及高分子主链方向杨氏模量的巨大差异（前者比后者高1-2个数量级）（ACS Macro Lett.**2020**,9, 108）。



P3HT纳米纤维结晶相示意图及纳米力学测量示意图：a) AFM形状分析法；b)三点弯曲法。

上一条：李峰课题组：高量子效率的有机发光自由基材料与纯红光OLED (10644.htm)

下一条：于吉红课题组：分子筛限域超小金属催化剂的制备及催化性能研究 (10642.htm)

地址：吉林省长春市前进大街2699号 邮编：130012 (https://ditu.baidu.com/search/%E5%90%89%E6%9E%97%E5%A
(13947202.479156038,5409384.340742469;13948127.51640833,5409854.175128957)&from=webmap&biz_forward=9
邮箱：chembg@jlu.edu.cn 电话：0431-85168420
版权所有：吉林大学化学学院 © 2021

关注化合物语 关注化学研究生

() ()