

高分子优秀青年学者专辑

前言

青年是未来和希望, 肩负中国高分子科学兴盛的重责. 为了让青年人更好地展现自己的学术风采, 《高分子学报》分别于2021年和2022年出版了两期优秀青年学者专辑, 共有20位青年学者展现了他们活跃的思维, 坚实的基础以及勇于打破成规, 跨越学科边界探索的能力. 今年, 我们很高兴又有15位优秀青年学者接受邀请, 他们以综述或专论的形式, 结合自己的最新研究成果, 总结和评述了各自所在研究领域的进展, 并展望了未来发展方向.

过渡金属催化炔类高分子合成进展

近年来, 过渡金属有机化学的蓬勃发展有力地推动了结构多样、功能丰富的炔类高分子的合成和功能研究. 北京大学朱戎等从金属有机化学的角度入手, 通过炔丙位化学键的活化, 形成联烯基金属物种, 进而介导累积烯烃的原位生成并发生链式聚合. 炔丙基亲电试剂缩聚反应的发现不仅为炔类高分子的合成提供了新单体、新主链结构, 更重要的是提供了一种全新的链式聚合机制. 在该专论中, 他们首先介绍了偶联和复分解等具有代表性的炔类高分子合成方法新发展, 然后从机理的角度着重讨论了新兴的链式聚合方法. 高分子合成的发展不仅可以从小分子反应中汲取灵感, 对聚合反应机理的研究还可能揭示人们在小分子反应中尚未发掘的新颖的反应途径.

室温非均相可逆失活自由基聚合

非均相可逆失活自由基聚合(RDRP)是高效可控制备结构与功能明确聚合物纳米材料的常用方法. 基于热引发的非均相RDRP需要严格的无氧操作、能量消耗大、难以应用于生物功能聚合物材料制备. 因此, 发展室温非均相RDRP方法具有重要意义. 在该专论中, 广东工业大学张力和谭剑波等结合他们自己的工作, 回顾了室温非均相RDRP的最新研究进展, 重点阐述了其在聚合速率调控、耐氧性、纳米材料形貌调控和功能高分子材料合成等方面展现的独特优势, 并对目前室温非均相RDRP研究中存在的问题和挑战进行了探讨. 室温非均相RDRP看似仅在聚合技术层面上作了很小的调整, 但为功能聚合物的可控合成、新非均相RDRP方法的发展及非均相RDRP的机理研究带来了新的机遇.

联吡啶双酚铝催化开环(共)聚合制备聚酯材料

新型高效催化剂与活性/可控聚合新方法是利用开环聚合(ROP)和开环交替共聚(ROCOP)合成环境友好脂肪族聚酯的是技术核心与关键. 由于“稀释效应”和催化剂分解, Salen-铝配合物(Salen)AlX虽已成功用于ROP和ROCOP, 但在高单体/催化剂投料比时催化活性会严重衰减甚至完全失活. 天津大学王彬利用吡啶环替代Salen配体中席夫碱结构, 获得高效稳定的联吡啶双酚铝氯化物(BpyBph)AlCl₃, 不仅具有催化活性高、单体适用范围宽、聚合可控性好等特点, 而且对水、醇和酸等多种质子性杂质都表现出极强的耐受性. 该专论总结了(BpyBph)AlCl₃在催化丙交酯ROP、环(硫)酐/环氧烷烃ROCOP以及多组分混合单体的序列选择性聚合制备具有精确链结构聚酯材料方面的研究进展, 重点阐述了(BpyBph)AlCl₃在催化活性、热稳定性、杂质耐受性以及聚合可控性方面的独特优势, 指出了相关领域面临的挑战和亟待解决的问题.

共轭高分子的精准合成

高性能、低成本高分子半导体材料对发展智能穿戴设备等柔性电子产品至关重要. 受困于合成方法的不足, 现有的共轭高分子普遍存在批次重现性差、结构缺陷多等问题. 在该专论中, 中国科学院大学的史钦钦和黄辉等总结了共轭高分子结构缺陷的类型, 以及相关领域近几年的前沿进展, 结合自己的研究工作, 详细分析了共轭高分子材料均聚结构缺陷产生的原因和机理, 同时介绍了目前较为常用的表征结构缺陷的方法与此类缺陷对器件性能的影响. 另外, 还分析了当前3种合成共轭高分子材料的经典方法: Stille、Suzuki和直接芳基化聚合反应, 介绍了这些方法在聚合物精准合成方面的前瞻性方法学的最新成果, 并对此领域的发展进行了展望. 发展新的亲核和亲电试剂、开发新的催化体系等, 进一步开发精准且高效的合成方法将有助于开发结构缺陷少, 材料批次重复性高的高分子半导体材料, 推动有机电子产业的发展.

含酞式结构共轭聚合物的研究进展

共轭聚合物的性质主要由其结构单元决定, 将 π 电子离域性好、刚性强以及LUMO能级低的酞式单元引入共轭主链有望构建高性能聚合物半导体材料. 在该专论中, 天津大学邓云峰等总结了近年来含酞式结构共轭聚合物的研究进展, 按照酞式单体的化学结构, 分类介绍了酞式单体的设计、合成及其在构筑共轭聚合物方面的最新成果, 结合含酞式结构共轭聚合物在不同光电器件中的应用, 对材料的构效关系进行了评述, 并展望了该领域研究中存在的问题和未来发展方向.

嵌段共聚物微球结构与功能调控

高分子微球在医疗诊断、生物探针、分离、传感和催化等领域有广泛的应用, 其性能与形状、表面结构和内部结构密切相关. 传统的乳液聚合、悬浮聚合与分散聚合等方法虽能够规模制备尺寸均一的聚合物微球, 但难以精准调控微球表面形貌及内部结构. 近年来, 华中科技大学许江平等在利用嵌段共聚物在乳液中的三维受限自组装构筑聚合物微球方面开展了系统的研究工作, 通过调节三维受限组装参数或通过组装-解组装策略, 实现了嵌段共聚物微球的结构设计与制备及性能的调控与提升. 在该专论中, 他们从嵌段共聚物微球的结构设计与功能调控出发, 分别对微球的表面形貌和内部结构的调控方法进行论述, 深入分析了该类微球的结构与性能之间的关系, 为定制具有各种表面和内部结构的功能化嵌段共聚物微球提供一种新思路, 并基于现有的研究基础展望了该领域存在的机遇与挑战.

免疫治疗药物传输材料

通过调动机体免疫系统来杀伤肿瘤细胞是当前肿瘤治疗领域最具发展前景的一种方法, 但面临免疫响应率低、免疫相关副作用大等挑战. 利用药物传输材料靶向可控传输免疫药物, 是解决免疫药物当前面临的问题, 进一步提升免疫药物治疗指数的重要手段. 在该专论中, 中国科学院长春应用化学研究所宋万通等分析比较了免疫治疗药物和化疗药物对传输材料功能需求的异同, 并结合自己的研究工作, 从肿瘤和淋巴结两个方面, 介绍了用于肿瘤免疫治疗的高分子药物传输材料的设计思路及代表性结果, 最后评述了未来免疫药物传输中需要解决的问题及发展方向.

肿瘤诊疗多肽/聚氨基酸自组装纳米材料

由于合成相对简单、结构特征独特和内在生物活性, 多肽/聚氨基酸分子被广泛应用于肿瘤治疗领域, 但存在光学性质不佳、半衰期短和清除速率快等不足. 多肽/聚氨基酸自组装材料具有更高的侧链密度和有序的微纳结构, 形成空间位阻以保护酶切位点, 降低了蛋白酶与酶切位点的接触和亲和力, 进而限制了体内蛋白酶对多肽/聚氨基酸的裂解能力. 同济大学范震、杜建忠等通过对多肽/聚氨基酸分子的序列设计、侧链修饰和自组装条件进行调控, 赋予其可控的光学性质以用于生物成像、更优异的药代动力学和药效学以获得更好的治疗效果. 该专论重点介绍了该领域以及他们近期关于多肽/聚

氨基酸自组装纳米材料的构筑理念及其在肿瘤诊疗领域的应用研究，并对该领域的挑战和未来发展前景进行了展望。

体内自组装多肽纳米材料及其在肿瘤诊疗中的研究进展

自组装多肽纳米材料可以显著提升药物的疗效，在生物医学与肿瘤诊疗中具有巨大的应用价值。然而，自组装多肽具有渗透性差，易受生理环境影响和组装结构不够稳定等劣势，极大地限制了其应用潜力的充分发挥。将生物活性材料输送到病变部位后再进行组装(体内自组装)策略为肿瘤的诊疗、药物的递送和原位成像等方面提供了新的思路。在该综述中，国家纳米科学中心乔增莹等基于课题组在多肽纳米材料方面的研究，从多肽纳米材料的体内自组装行为及其在肿瘤诊疗上的应用等方面，对多肽纳米材料的研究与应用进行总结阐述，并对未来多肽纳米材料的研究重点及发展进行了展望。

纳米生物传感器探针材料：合成、组装及应用

基于纳米探针材料的生物传感器在生物医学、环境监测及食品安全等领域有广泛的应用。在该专论中，杭州师范大学黄又举等总结了他们利用智能高分子调控纳米探针精准合成、可控自组装及其传感检测应用三方面的工作。他们通过智能高分子调控纳米探针材料精准合成和探针表面高分子工程化技术，设计、制备了一系列高分子与纳米探针杂化的高效可医用的探针材料，研发了系列基于探针材料的超灵敏、高稳定的纳米生物检测技术，并探索其在医疗诊断和食品安全检测领域的应用。纳米生物传感器应用于临床或与临床建立有效的反馈机制仍存在一些挑战，探索基于纳米探针材料的高灵敏、高普适性生物传感器，拓展其在公共卫生干预和人体健康指标的多靶标分析的应用是未来重要的发展方向。

纤维储能电池的设计和應用

高效制备和性能匹配是纤维锂离子电池实现从基础研究到实际应用转化的关键科学和技术问题。复旦大学王兵杰等围绕自己近期工作，结合纤维锂离子电池的电化学性能、力学性能以及使用耐受性，总结了柔性纤维储能电池方面的研究进展。首先讨论并归纳总结了纤维锂离子电池的连续化制备方法；进一步，总结了基于连续化制备的纤维锂离子电池所构建的储能织物以及与可穿戴设备集成等方面的应用，重点聚焦于其在大数据云健康、未来通讯和生物医学等领域的应用场景。纤维储能电池的发展仍然处于起步阶段，各方面性能距离商业平面储能电池仍有一定差距，为进一步提升性能、拓展功能，走向实用化，需要研究人员在多个方面进行深入探索。

新型薄膜太阳能电池器件：柔性设计与印刷制造

新型薄膜太阳能电池有可能在可穿戴能源器件、便携式电子产品及柔性显示器件等领域发挥不可替代的作用。南昌大学胡笑添等围绕器件易脆性和柔性印刷形貌重现性差等关键科学与技术问题开展了系统研究并取得系列创新性成果。在该专论中，他们重点介绍了在柔性透明电极的设计、柔性界面工程调控、光电转换活性层柔性增韧设计和大面积柔性印刷策略的研究进展，并对柔性薄膜太阳能电池组件的发展进行了展望。

聚合物有机光伏的电荷产生机理

如何获得稳定高效的大面积有机光伏(OPV)器件是其实现商业化应用亟待解决的核心技术和关键难题，对材料与器件工作机制的深入研究无疑会加快相关领域的发展进程。基于Y6的OPV可以同时实现较小的能量损失和高的电荷产生效率，取得了接近20%的能量转换效率，然而其电荷产生的具体机制尚存在争议。在该专论中，香港大学周慈勇回顾了近年来对基于富勒烯受体和非富勒烯受体的聚合物有机光伏体系的电荷产生机理的研究报道，分析了两个体系工作机制的异同，提出富勒烯体系电

荷分离快, 能量损失较大; 非富勒烯体系可大幅降低器件的能量损失, 但电荷产生过程相对较慢; 独特的分子堆积方式和电荷产生动力学是Y6系列体系实现高性能的可能原因, 并探讨了进一步降低能量损失和提高器件性能的可能方法.

基于热活化敏化荧光机制的OLED材料与器件

因高亮度、广色域、自发光、低能耗和大柔性等优点, 有机发光二极管(OLED)目前已被广泛应用于显示和照明领域. OLED的核心在于有机发光材料, 通常情况下, 荧光材料只能利用电致激发下产生的25%的单线态激子(S1)进行发光, 而75%的三线态激子(T1)则通过非辐射跃迁的方式耗散. 热活化敏化荧光(TSF)是充分利用T1, 提高OLED发光效率的新策略. 在该专论中, 清华大学张东东等围绕TSF-OLED的发光效率、寿命以及光色等核心指标, 针对激子的调控和利用这一关键科学问题, 从敏化机理出发, 再到高性能功能材料(敏化剂和窄光谱染料)的设计开发, 以及白光器件的构筑等方面, 重点介绍了他们课题组近年来在该领域的研究工作, 最后论述了TSF-OLED所存在的挑战和未来发展前景.

高分子基电极材料在电化学储能中的应用进展

发展有效策略和方法实现可控合成, 在原子层次对电极材料微观结构进行调控是制备高性能电化学储能设备的关键科学问题和研究前沿. 由于含有芳杂环结构, 利于高温聚合且残炭率高, 在碳化后具有良好的元素、形貌继承性, 刚性芳杂环高分子基材料近年来在电化学储能领域受到广泛关注. 大连理工大学胡方圆等结合国内外研究进展以及他们课题组相关工作, 系统概述了刚性芳杂环高分子基电极材料在超级电容器、钠离子电池、锂硫电池等电化学储能器件中的应用, 并介绍了他们通过本征掺杂方式创制出的系列元素、形貌可控的高分子基电极材料, 在此基础上总结并展望了高分子基材料在能源领域中未来的研究方向.

在本期专辑的编辑出版过程中, 我们得到了审稿人的支持、专业编辑的配合, 由衷地感谢各位同仁的辛勤付出. 特别感谢15位优秀青年学者, 很高兴分享你们的成果和思考, 让我们看到了中国高分子学科弦歌不辍、薪火赓续.



宛新华 教授
北京大学



张希 教授
清华大学