

要进入实用阶段,离不开能量传递,也需要分子级的微小马达——分子马达。

分子电子学中的分子马达是指分子水平(纳米尺度)的一种复合体系,是能够做机械功的最小实体。其驱动方式是通过外部刺激(如采用化学、电化学、光化学等方法改变环境)使分子结构、构型或构像发生较大变化,并保证这种变化是可控和可调制的,而不是无规则的,从而使体系具备对外做机械功的能力。由于设计思路的多样性和分子的复杂性,分子马达也有许多部件,如分子转子(molecular rotor)、分子传动装置(molecular gear)、分子开关(molecular switch)、分子梭(molecular shuttle)、分子转门(molecular turnstile)、分子棘齿(molecular ratchet)、分子滑环(rotaxanes)和分子链环(catenanes)等。尽管科学家们已用人工合成方法利用多个甚至是单个DNA分子制造出分子马达,但都存在效率不高、难以控制的缺陷。因此,科学家的研究重点一方面集中于分子马达运转过程中涉及的许多化学反应,如ATP的水解、各个过程当中ATP的结合与ADP和无机磷酸盐的脱离、蛋白分子马达的构型变化、做功原理、能量转化机制等;另一方面集中于利用人工组装与自组装的方法合成分子马达。

分子电子学的研究与发展,将带来生物、材料、医疗、电子等领域的革命性变革。科学家现在关注的问题主要有:如何建立完整的模型以解释电子在分子中的传输和电极接触效应,如何利用分子组装等技术调控分子材料的性能,如何解决分子器件的有效连接问题,如何避开老化和降解问题,如何快速组装分子器件并达到分子精度,如何利用电子、质子和能量转移等现象和性质设计分子器件,分子材料中的微尺寸效应问题,分子材料与器件研究中的新概念、新思想和新实验技术的提出与实现问题。

分子电子学是集成电路向“更小”“更快”“更冷”方向发展的必然结果,只有实现“更小”才能做到“更快”和“更冷”。实验证明,电子通过直径为1纳米的金丝会比一般的金丝要快好几个数量级。理论计算表明,电子在其中流动时几乎没有能量损耗。这说明,分子尺度材料的电特性会发生很大变化。虽然某些有机分子材料已能初步表现出开关、存储和整流等基本功能,但从性能和品质上,如开关材料要求的擦写次数、存储材料要求的写入速度、整流材料要求的界面状态,都还远未达到高指标和高品质。近

年来又提出利用量子效应构成全新的量子结构系统——量子器件,给出了许多可能的器件模式,如量子点(零维)、量子线、量子阱、单电子晶体管、单分子开关、自旋电子器件、共振隧道器件,但这些目前都处在了解基本现象的原理性阶段。多数模型仍未找到合适的材料,因而也谈不上成熟的器件原型,还有大量的基础理论研究工作要做。分子器件的组装及其与外部世界的连接也是一大难题。目前,自组装分子器件的研究还不能算真正意义上的起步,原因可能是缺乏分子间隙电极对的制备手段,而且分子材料和分子器件的研究还不能很好地协调。因此,开展自组装分子器件的研究、完善分子间隙电极对的制备手段、促使分子材料和分子器件研究的协调一致,必将有力推动分子电子学的发展。

(新疆石河子大学师范学院物理系 832003)

* 对材料两端施加电压,当电场达到某一阈值时,该材料可由高阻态转为低阻态;若再通过某种能量激励,如反向电场或电流脉冲,又可使材料从低阻态恢复到高阻态。在没有外加刺激时,两种状态均能稳定存在。

科苑快讯

纳米尺度上的可逆开关

电路中的机械开关通过引入一个缺口来工作,美国帕萨

迪纳市(Pasadena)加州理工学院(California Institute of Technology)的马可·伯克拉斯(Marc Bockrath)与同事们在纳米尺度上进行了这样的实验。研究者以多壁碳纳米管连接两个电极,用高电压打断碳纳米管,使这个系统处于“关”的状态。他们发现打断的两端能够通过充电重新连接起来。同轴多层的碳纳米管壁之间存在静电排斥,导致内部的碳纳米管向外移位。缺口随后被连接上,回路再次畅通。对于双壁碳纳米管,这种开关是可逆的,因而有可能用于在可重复存储器中存储信息。

(高凌云译自 *Nature*, 2006年7月6日号)

