

张道中 编译

今天, 超大规模集成化的电子元件尺寸不断减小. 如果这种趋势继续下去, 那末到下世纪中叶, 单个元件的线度会只有 1 毫微米! 这相当于每 1000 个原子一个信息比特 (bit). 对此, 人们提出了有希望把复杂信息建立在分子中去然后用分子构成材料的方法. 分子电子学所要解决的关键问题就是利用这类分子材料做新的信息处理装置的工作元件.

为什么要采用分子材料呢? 考虑将分子材料

用于电子学一般有两个出发点. 首先是这种材料的广泛性. 现在已知道的分子有上百万种, 它们之中总有一些能适合于做信息处理元件. 其次是分子材料的多样性. 我们可按需要找到具有不同固体材料特性的分子材料: 绝缘体、半导体、光导体、金属导体、超导体、铁磁体等等.

在上述一般考虑基础上, 分子材料还具有一些特殊的优点. 其一就是高堆垒密度, 另外, 它的形状及电性能可通过化学变化来控制, 这样, 原则上我们能够优化分子的响应和填充, 这两者的结合决定了材料响应. 我们还能在填充过程中用溅射插入单分子厚度的薄层, 用化学的或物理的方法与基底结合, 而且并不要求逐层相同.

由于此类材料的结构由所组成的分子的性质产生, 因而是可重现的. 譬如, 分子间力完全决定了一个单层的厚度、一种分子晶体的结构及某种生物材料的组成. 最后我们可制成能选择大小、形状、与其它分子及与光的相互作用的分子材料. 当然, 这些优点能发挥出来都需一定的条件. 主要问题是必须弄清分子材料的结构与性质之关系, 方可去预见应该制作怎样的化合物去做成元件. 由于化学合成的进展, 尽管不能低估完成有效合成设计所需的技术难度, 成功还是有希望的. 制成的材料必须高度纯化, 且要足够稳定. 另外, 人们希望采用在生产和使用时无危害的, 价格又便宜的材料.

那末, 哪些分子材料比较适合呢? 这里主要介绍三类.

一、聚合物

微电子学早就把聚合物作为掩膜用于集成电路的缩微印刷上, 但那与我们所讲的把分子材料作为工作元件是两回事, 这里所指的是利用聚合物主干去得到所期望的机械或电子特性.

带有苯环的芳香族分子及其同类物常常产生光导晶体. 把这些分子挂到聚合物链上, 就像把衣服挂在绳子上一样, 便可得到一种能制成薄膜的材料. 如用于光复印的 PVK, 或某种压电或热电聚合物, 它们的薄膜可用于传声器、红外探测器及传感器.

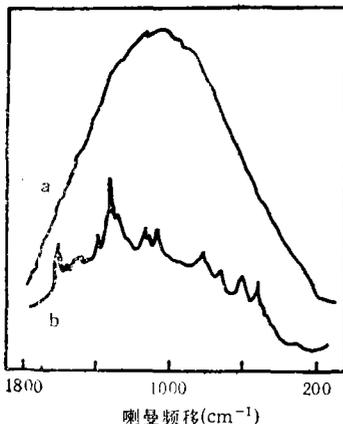


图 3 口服药物核黄素的喇曼光谱 a 和表面增强喇曼光谱 b

创造了条件^[4]. 图 3 是口服药物核黄素的常规喇曼光谱和表面增强喇曼光谱, 从图中我们可以看出常规喇曼光谱中药物的喇曼信号都被宽厚的荧光背景噪声淹没了.

此外, 人们还将其应用

于化工生产、工业污染监测、生物细胞检测等方面, 可以相信, 随着研究的深入, 人们还会开发出更多的应用领域, 这只是一个时间问题.

展 望

随着表面增强喇曼散射研究和应用的发展, 人们发现并已证实, 不仅喇曼散射有增强, 在能引起喇曼散射增强的表面上, 二次谐波、荧光、光吸收也都会发生增强, 因此一门新的学科又长成起来, 人们称之为表面增强光谱学 (SES)^[5]. 可以预计, 随着表面增强技术的不断成熟, 加上和其他技术 (如化学分析技术和生物技术) 的结合, 一定能开拓出更加广阔的研究和应用领域.

聚合作用使分子材料更耐用也更易处理,有一种聚联乙炔在机械性能和热稳定性上都好于聚合以前。

有的聚合物通过掺杂后其电导改变很大,这里的掺杂是指与其它化学物质反应而氧化或还原。现在聚乙炔膜已发展到电导为 10^3 scm^{-1} , 达到铜的电导水平。

将来,可能利用导电分子团聚加工成电极和导体,制成“分子导线”。现已有人制成利用聚吡咯产生类似于晶体管行为的演示装置。

二、LB (Langmuir-Blodgett) 膜

象洗涤剂这类由一群能附着于水的分子与另一群排斥于水的分子合成的物质,表面层被压缩成只有单分子厚度的紧密膜,然后把它移到浸在水中的固体基底上,便得到了 Langmuir-Blodgett 膜。

LB 膜虽是非晶态,却是高度有序及完整的。它的厚度简单地由特定分子的大小及淀积的层数决定,通过采用适当设计的分子,它能给出不同的电、磁、光学及化学特性。

应用化学活性来聚合,可使整个 LB 膜稳定。更有意思的是,可用光束或电子束把聚合物的微结构“写”到单层膜上。由于聚合物和单层膜的可溶性不同,“写”过的膜就能用作掩膜。又因为聚合物和单层膜具有不同的折射率,所以此种掩膜在集成光学中可引导光束方向。

LB 膜可起绝缘薄膜的作用,去提高金属-绝缘体-半导体 (MIS) 组件的性能,这对缺少恰当绝缘氧化物的 III-V 和 II-VI 半导体特别有用。例如,当用铜 LB 膜的两个单层膜镀在磷化镓基底上的 MIS 场致发光二极管上时,由于增加了正的少数载流子的注入,发光强度显著地提高。

在 MIS 双稳开关组件中,作为隧道间隔材料, LB 膜也显示了其优越性。这种组件具有记忆功能,或在光和周围气体等外来因素影响到 LB 膜时作为开关被启动,其它传感器通过膜对基底的表面电子态或振动态的效应来探测到 LB 膜的改变。

此外,由不同物质交替镀层构成的无中心对称性的 LB 膜具有热电性能,因此在红外探测器等装置中有其用武之地。同时它因具有非线性光学性质可用于光电子学。

三、光学材料

在电子学中,光学特性已被用来显示数据存储及信息传递。在这些方面,光学材料或者作为相应电子材料的补充,或者甚至取而代之。目前,色彩的控制和分子材料的稳定性,对染料已实现了,这种技术正被用

到其它特性上。

信息的存储和显示可采用光致变色或电致变色材料。可以毫不夸张地说,光色信息存储快得象闪光灯一样。在理想状况下,可用一个波长去写信息,第二个波长去读,而第三个波长抹掉它,但显然这要求小心地剪裁分子。电致变色慢些,因为它依赖于氧化或还原,然而对大面积显示是有意义的。还有一种导电聚合物,在特定的电压下既能改变色彩又能改变电导率,也引起人们相当大的兴趣。

大家都熟悉手表和计算器中的液晶显示,这可算是分子电子学成功的最好例证。用适当聚合物的边链也可形成液晶。用它来储存信息,是通过对比未排列的散乱态和在电场中排列好的清晰态而实现的,这排列好的态因聚合物被冷却到低于其液态转变温度而冻结了。一个排列好的样品也可用激光束写上信息,此时,激光束通过瞬时加热超过玻璃转变温度而去破坏局部的排列。

在光学信息传递和处理方面分子材料显得特别有前途。光束能高速地携带大量信息,但如果为某种用途(例如放大)必须将光信号先变为电信号,而后再变回去,这种优越性就不能充分显示出来了,所以我们需要的是能直接打开、调制、放大或组合成激光束的装置,这就要求材料具有高度非线性光学响应和高的光学破坏阈值。

通过把高度非线性分子掺合到光学特性的聚合物中,使非线性光学材料有了显著进展。掺杂的聚合物已做成高质量低损耗的平面波导结构,用内部扩散及旋转镀膜的聚合物的棱镜和表面浮雕光栅技术已制成非线性波导。这些波导显现出在某一阈值以上与强度有关的折射率及起源于电性质的双折射。用这种方法加工的结构将会产生各式各样的非线性集成波导装置。

至此,我们介绍了对分子材料的探索。下一步分子电子学将如何发展呢?严格来说,“真正”的分子电子学含有用单个分子作为工作元件的意思。分子当然是能设计和制作成使电荷只能单向流动的,因而可被看作整流器。现在的发展甚至已包括一个分子模拟光合反应中心在光照下产生分离的电荷。问题在于在装置中如何去安排这些分子以及如何与它们交流信息,对这两点的答案,生物学可给我们以启示。

在分子间相当微弱而又特殊的相互作用的影响下生物系统能自发地装配。在机械分裂后一旦组合或重组,这种系统就能展现它们通常的生物功能。这提供给我们一个设计模式,即把分子类似地组装成一个具有电及光学功能的系统。事实上,人们正朝这个方向前进。