

关顶夸克的结果时,提供的材料全面而详细,所作的结论也是留有余地的。

当然,正如 CDF 文章中指出的那样,这个结果还不完善,主要表现在以下几个方面:一是统计量太少;二是得到的顶夸克产生截面比标准模型预言的值(约 5pb)要大;三是顶夸克的信号是从W + 强子喷注事例中筛选出来的,对W + ≥ 3 强子喷注的本底估计还值得进一步推敲。

CDF 文章发出后,从电子邮件中得知 CDF 又找到一个双轻子事例,预计 1994—1995 年度取数期间将获得四倍于现有数据的数据量。另外, D ϕ 组将会有比较肯定的答案。因此,费米实验室将很快会对顶夸克是否存在作出肯定的回答。如答案是肯定的,也可得到更精确的顶夸克质量值。

预计将在 2004 年左右建成的位于 CERN 的大型强子对撞机(LHC),其对撞能量为 14000 GeV,将对顶夸克的性能进行精确的研究。预计运行一年,在 $e\mu$ 道上可清楚确定顶夸克是否存在。用和 CDF 相似的方法可确定顶夸克的质量至 3GeV 的精度。

顶夸克的发现和其质量的确定,对下一代正负电子对撞机确定其对撞能量是一个很好的参考。目前日本、美国和德国在这方面都有热烈的反响。

顶夸克质量的确定可用来间接地推算 Higgs 粒子的质量,CDF 的结果 $M_{top}=174 \pm 16\text{GeV}$ 和在 CERN 正负电子对撞机上的实验结果结合起来,可推算出 $M_{Higgs}=70^{+14}_{-10}\text{GeV}$,或在 95% 置信度下, $M_{Higgs} < 620\text{GeV}$ 。这对在 LHC 上寻找 Higgs 粒子有一定的指导意义。

- [1] S. L. Glashow, J. Illiopoulos and L. Maiani, *Phys. Rev. D*, 2(1970), 1285.
- [2] CDF Collaboration, *Phys. Rev. D*, (1994), 待发表.
- [3] E. Laenen, J. Smith and W. L. van Neerven, *Nucl. Phys. B*, 369(1992), 543.
- [4] F. Abe et al., *Nucl. Inst. Meth. Phys. Res.*, A271(1988), 387;
CDF Collaboration, *Nucl. Inst. Meth. Phys. Res.*, (1994), 待发表.
- [5] F. Abe et al., *Phys. Rev. D*, 45(1992), 1448.
F. Abe et al., *Phys. Rev. D*, 47(1993), 4857.
- [6] Review of Particle Properties, *Phys. Rev. D*, 45(1992).

分子电子器件简介¹⁾

游 效 曾

(南京大学配位化学研究所,微结构科学技术高等研究中心,南京 210093)

张学群 韦 钰

(东南大学分子与生物分子电子学实验室,微结构科学技术高等研究中心,南京 200018)

分子电子器件是新近发展起来的研究领域之一。从化学分子结构的观点简单说明了用于分子电子器件的功能材料的特征,对这些功能分子进行有序组装的技术,以及分子电子元件的功能,并列出了几个简单的器件模型。

关键词 分子电子器件,功能材料,组装技术,器件模型

Abstract

Molecular electronic devices (MED) are one of the novel areas developed rece-

1) 国家科学技术委员会重大项目及国家自然科学基金资助项目。

ntly. From the viewpoint of molecular structure, we have introduced briefly the character of functional materials used in MED, the assembly techniques for them and the function of molecular electronic elements. The applications of MED were shown by means of several simple models.

Key words molecular electronic devices, functional materials, assembly technique, device models

超大规模集成电路已使电子元件的尺寸进入亚微米量级,但很难应用现有技术使电子布线小到 $0.1\mu\text{m}$ 和在 1mm^2 的硅片上制作几十万个门电路。近代高新技术的成就促进了分子电子学这门涉及化学、物理、生物、材料科学及电子工程学的交叉学科的建立。分子电子学主要是研究分子水平上的电子学、分子材料及其应用。本文重点介绍其最具前景的应用之一——分子电子器件。

分子电子器件是应用具有一定功能的分子(包括生物分子)在分子或超分子尺度范围内构成有序系统,通过分子层次上的物理和化学作用完成信息的检测、处理、传输和存储等功能。图1所示的掺杂聚乙炔构成的分子导线就是一个简单的分子电子器件,电子沿链方向移动,实现分子水平的导电。

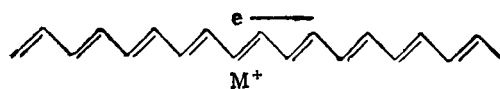


图1 掺杂聚乙炔分子导线

分子电子器件早期致力于缩小尺寸和加快开关速度,但深入的研究表明其最有吸引力的优点在于:(1)分子结构的多样性和可剪裁性易实现分子间的连接,特别是可以用外加信号控制和改变这种连接,即网络特性,而这正是现有集成芯片的局限之处;(2)采用分子组装技术,可以克服现有体加工工艺中存在的亚微米障碍,极限情况下可达到单个分子或原子的精细结构;(3)分子电子器件易于与传感器件或生物体兼容,为仿生信息系统的研制提供了可能。

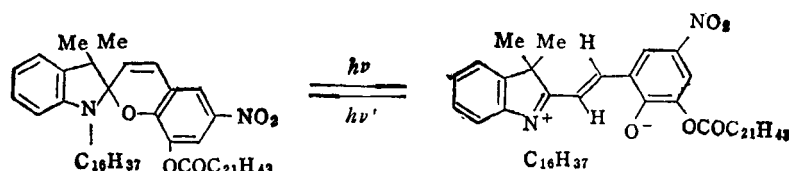
分子器件的近期研究重点是功能材料、元件和器件模型的基础研究,远期目标是研制分子计算系统,西欧为此建立了专项研究计划。

一、分子电子器件材料^[1]

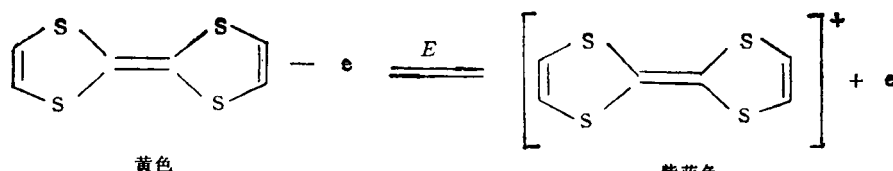
长期以来,化学及材料科学的研究积累了大量具有特定光、电和磁性质的材料,其中有机和金属配位化合物广泛用于分子电子器件的研究。

1. 有机导电材料

利于分子剪裁的有机化合物在固态时大多为分子晶体,由于分子晶体内无载流子(电子或空穴)及分子间距较大(使载流子难以迁移)而常为绝缘体。要使有机固体导电就要使晶体内有载流子和供载流子迁移的通道。按实现这两个条件的机理,可将有机导电材料分为两大类。一类是图1所示的有共轭 π 体系的聚合分子(聚乙炔、聚噻吩及聚吡咯等),经掺杂发生部分氧化或还原以产生未成对电子,从而形成沿链方向的导体。聚乙炔的室温导电率已达 $8 \times 10^4 \text{Scm}^{-1}$ ^[2],足可以和金属铜相比。另一类是基于电子给体(D)和受体(A)分子形成的电荷转移复合盐。一般D和A中至少有一方为平面共轭分子,二者在晶体中分别排列成柱。当柱内分子间距小到使 π 轨道相互重叠而形成能带(通道)时,D-A间不完全电荷转移而形成混合价带所提供的载流子可以沿柱方向传递。例如由作为给体的TTF[图2(b)]与作为受体的TCNQ形成的复合盐中^[3],柱内TCNQ分子间距为 $3.24 \text{\AA}$,TTF分子间距为 $3.33 \text{\AA}$,柱方向的室温导电率为 500Scm^{-1} 。进一步的研究导致常压下 $T_c = 11.6 \text{K}$ 的有机超导体 $\text{K}-(\text{ET})_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2\text{Br}]$ ^[4] 和 T_c 更高的 C_{60} 衍生物的发现。另外也可通过对桥连平面大环配合物进行掺杂,使载流子沿桥迁移^[5]。这些低维或准一维有机导电材料本身就可能作为分子导线。



(a)



(b)

图2 变色过程
(a)螺吡喃光致变色开关;(b)TTF 电致变色互变结构

2. 有机光致变色和电致变色材料

化合物在光作用下因发生如顺反异构、几何异构、二聚化、分子内质子转移、键断裂以及电荷转移等变化而导致颜色变化的现象称为光致变色^[6]。当变化为可逆并且互变的两种状态足够稳定时,就有可能开发成光开关、光记录元件。例如图 2(a) 中的螺吡喃在光照下,杂原子的 σ 键断裂后产生有色的两性离子,在加热或另一波长光照射下又可恢复到原来状态。

电致变色材料^[7]是在外加电场作用下发生可逆的氧化还原反应。当氧化态和还原态对光吸收的差别较大时,则在可见光区呈现不同的颜色。例如, TTF 在电场作用下,失去一个电子,从还原态变到氧化态,相应地颜色从黄色变到蓝紫色。含有 d 电子的金属有机配位化合物和掺杂导电聚合物也可以作为电色材料。

3. 非线性光学材料

在频率为 ω 的激光和电场 E 作用下,分子极化后的极化度为

$$\vec{P} = P_0 + \alpha E + \beta E^2 + \gamma E^3 + \dots, \quad (1)$$

其中第一项为永久极化度, α 为线性贡献, β 和 γ 为非线性贡献,分别产生二阶和三阶非线性光学效应。其中二阶非线性极化系数 β 与分子基态及激发态的偶极矩和能级差有关。具有非中心对称的非线性材料可以产生 $2\omega, \omega_1 + \omega_2$

等谐振频率,还具有增大振幅、开关及记忆等功能。典型的非线性光学材料有无机的 LiNbO_3 和有机的对硝基苯胺 ($\text{NH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-NO}_2$)。但在具有非对称中心的分子构成的晶体中,若分子的不对称中心被相互抵消,则分子集合只有很低或没有二阶非线性效应。通过分子组装技术(如 LB 膜技术),可使分子有序排列并保持集合的非对称中心。有机非线性光学材料被称为 21 世纪的光学技术^[8]。

4. 压电、热电及铁电材料

作为压电、热电及铁电材料的分子一般也应是极性或可极化分子。在外压、加热作用下,分子晶体中的分子取向重排,使晶体中某一方向的矢量偶极矩不等于零,从而在该方向呈现压电、热电及铁电性质。非零极化间位取代二硝基苯的晶体结构如图 3 所示,此晶体在 C 轴方向的偶极矩不等于零。

除了小分子晶体外,一些低分子量的聚合物也具有压电、热电及铁电性质。典型的是聚氟代乙烯 (PVDF)^[9]。用这类聚合物的铁电性质研制开关、记忆元件,由于开关速度低而不易实施,但其薄膜形式在信号传输及传感方面可望开发出超声传输、水下传输及全塑料电机等实用器件。

5. 液晶材料

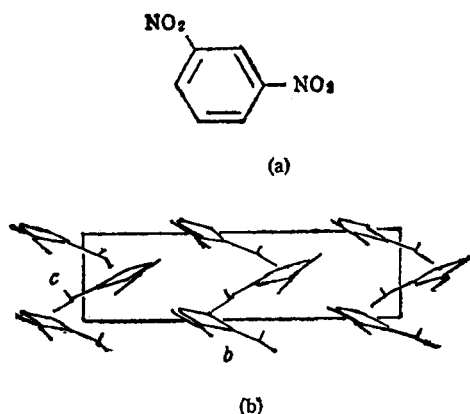


图3 1,3-二硝基苯的非零极化晶体结构
(a) 分子;(b) 分子在单胞中的取向

通常液体状态的分子是无序的。但是,有些化合物在液体状态时有类似晶体的取向结构,这就是液晶。液晶分子多为具有自组装功能并含芳环的棒状结构分子(如 $\text{CN-C}_6\text{H}_4\text{-C}_6\text{H}_4\text{-(CH}_2)_6\text{-CH}_3$)。液晶主要是应用其电光性质作为电子显示材料:在电流或电场作用下,由于分子相互作用而导致折射率、介电常数和取向弹性各向异性,同时发生颜色变化。从这个意义上讲液晶属于电色材料。大容量、宽视角、高对比度、快响应、低能耗、低驱动电压、高可靠性能和丰富的色彩是电子显示用液晶材料的共同要求。铁电液晶材料 (FLC)^[10] 是液晶研究中最重要对象。由于它具有微秒级响应速度和大容量的信息存储功能,可作为光存储、光记录和显示材料。

二、分子电子器件组装技术

用常规加工方法加工导电高分子和液晶材料就可使其呈现特定物理特性。但像非线性光学等性质,只有在分子形成有序集合时才能显示出来。因此,研究分子电子器件必须对功能分子进行组装使之构成有序集合。晶体是最完美的分子有序集合,因此固体结晶技术应是最理想的分子组装技术,事实上它在制备小分子夹层结构方面有一定特点。问题是不易得到较大尺寸的单晶,尤其是不易得到由不同功能的分子组成的多分子单晶。目前制备有序分子集

合的技术有 LB 膜技术、化学自组装 (SA) 技术、分子识别技术、分子束外延 (MBE)、扫描隧道显微 (STM) 技术等。

LB 膜技术^[11]是先将具有一端亲水、一端亲油的两亲性分子在水面上形成有序的紧密单分子层膜,再利用端基的水亲水、油亲油作用,将单层膜转移到固体基片上[图 4(a)],多次挂膜可形成累积多层膜。膜厚从单层膜的几个埃到多层膜的几十个纳米范围内可控。交替挂膜可形成不同分子层交替的各向异性的三维有序结构。LB 膜中分子间的作用力为范德瓦耳斯力,因此膜的稳定性不能满足实际器件的要求。另外,相邻层间的分子不易中心对准。为提高膜稳定性,正致力于将 LB 膜技术与聚合技术结

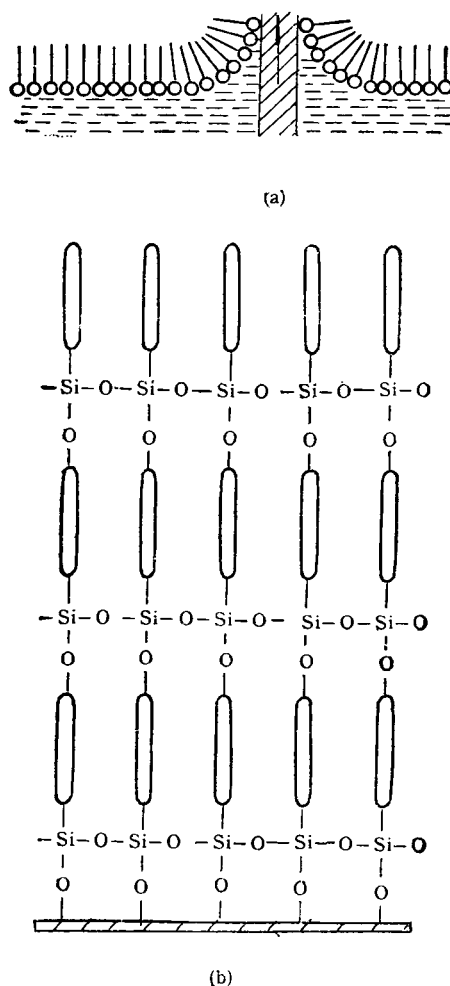


图4 表面膜技术
(a) LB 膜技术;(b) 硅片表面上的化学自组装多层膜

合使用。

化学自组装(SA)技术^[12]是将基片浸于含功能分子的溶液中,通过固-液相界面反应在基片表面形成化学键连接的单层SA膜,多次反应形成多层膜[图4(b)]。这种膜对热、时间、外压、化学环境的稳定性及垂直于膜方向的有序性都优于LB膜,是提高稳定性和使层间分子中心对准的有效方法。而且,通过预先对基片表面的刻蚀,可以实现平行于膜方向的超晶格结构^[13],这一点是LB膜难以做到的。但是,由于要形成化学键,SA技术能组装的分子种类和层数还有限。目前倾向于将LB膜技术与SA技术结合使用。

分子识别技术^[14]的基本设想是以分子为材料,模拟生命体内抗原与抗体反应那样的分子识别功能。1988年,化学诺贝尔奖获得者Lehn就从超分子化学观点出发,将 Cu^{+2} 离子和适当的线性聚联吡啶配体键合,得到了类似DNA双螺旋的无机自组配结构。预计有意识地运用于生物和医药的蛋白质工程将在分子电子器件中得到发展。

MBE技术在电子工程中用于制备薄膜,目前仅限于无机材料,如要用于有机和生物材料,对设备有特殊要求。而且在用于制备交替多层膜时,层与层间分子排列不易控制,在稳定性方面不如SA膜。

STM^[15]技术早期应用于表面结构分析,近几年发展为在原子水平上进行操作的分子组装技术。它主要是应用STM装置中的针尖与样品间存在的范德瓦耳斯力和静电力,将吸附于表面上的原子或分子按照人们的意愿有目的地进行排列。例如,可以将吸附在铂金表面上的CO分子排列成“人”字型结构。这样使得任何分子水平上的超分子结构成为可能。英国科学家利用STM技术研制出一种大小只有4nm但具有开关特性的复杂分子。

三、分子电子元件^[16-18]

分子电子器件是由分子电子元件组成的,

包括分子导线、分子开关、分子整流元件及分子存储元件,它们也可独立作为单功能器件,如导电膜、分子整流器等。由于它们是在分子层次上起作用,量子力学和结构化学就成为其理论分析和分子设计的共同基础。因篇幅所限,本文只作简要介绍。

1. 分子导线

分子导线是分子元件与外部连结的纽带,它起传输信息作用。目前用作分子导线的材料多为图1所示的导电聚合物。在分子导线中,信息载流子除了电子和空穴外,还可以是自由基离子、极化子、双极化子和孤子。孤子是一种存在于共轭 π 体系中的波,其能量集中,传播稳定,可以准确有效地传播信号及作能量转换元件,因此以孤子作为信息载体在降低能量损耗方面有优势,缺点是传播速度慢。美国科学家已合成出长度为7.50nm的分子导线。

2. 分子开关

分子开关是具有双稳态的量子化体系。因此具有双稳态的光色、电色材料都可能作为分子开关(例如图2所示的光色开关)。按信息传输机理,分子开关主要有接近光速的隧道型开关和比声速还慢的孤子型开关两类。在隧道型开关中,由控制基团控制分子在两种不同的能量势阱状态振荡,从而起到“开”和“关”功能。孤子型开关是利用共轭烯烃中单/双键交换的“推”、“拉”作用来实现“开”、“关”功能。模拟生物光开关特性的研究也受到重视。

3. 分子存储元件

光色、电色等引起的双稳态和多稳态变化可实现信息的存储。图2所示螺吡喃光色机理既可用于光开关,也可用于信息存储(无色螺吡喃可记录二进制信息“0”,而有色螺吡喃记录信息“1”,信息以频率 ν 写入,而以另一频率 ν' 读出)。已经用顺-反异构偶氮苯的LB膜研制出可读写几百次的存储元件^[19]。在生物体中,通过氢转移而存储在DNA内的基因信息为 $10^{14}\text{bit}/\text{cm}^2$ 。由于体系为三维结构,因此如制得仿生分子存储器,其存储密度可达 $10^{20}\text{bit}/\text{cm}^3$,而且由于生物分子的自我组织、自我修

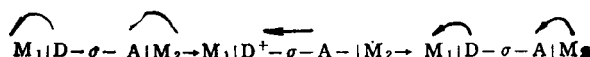
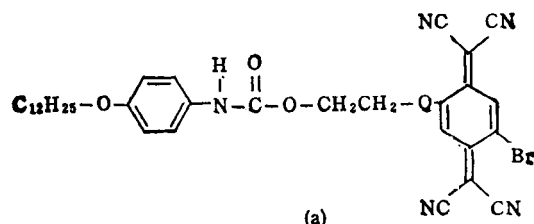


图5 分子整流元件
(a) D-σ-A 线性分子;(b) 分子整流机理

复,又与生物体同质,可以埋入人体内成为器官外延,实现人工智能。因此,分子水平上的信息存储和能量传输对仿生研究具有重大意义。

4. 分子整流元件

如将图 5(a) 所示的 A-σ-D 型线性分子用 LB 膜技术有序组装在金属电极间[图 5(b)],则体系可能显示整流性质。即在正向偏压下,通过弹性隧道效应,电子从阳极到受体,从给体到阴极,再通过分子内非弹性隧道效应回到中性形式。由于 $D^+-\sigma-A^-$ 的势垒低于 $D^--\sigma-A^+$,反向的偏压将被整流^[20]。

四、分子电子器件模型

由于分子电子器件中状态稳定性的检测、控制和线路的连接等一系列高度难题还有待解决,对器件的研究还处于模型设计及基础研究阶段。较乐观的估计是在下世纪初进入商业性应用。目前的情况是结合常规电子器件逐步向分子电子器件过渡。下面是几个有代表性的器件模型。

1. 场效应三极管模型

图 6 是利用导电性聚合分子薄膜构成的三极管模型^[21]。导电薄膜在原电极和漏电极间构成导电通道,两电极与薄膜的接触处分别构成

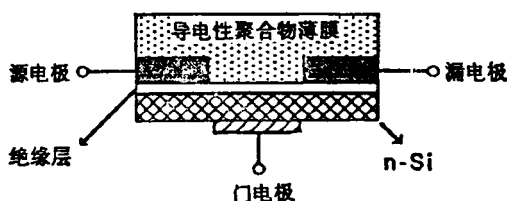


图6 场效应三极管模型

两个欧姆结,两结间距可控制在 $10\mu\text{m}$ 左右。薄膜与绝缘层/门电极间构成耗尽层,起降低薄膜导电性作用。调节门电极电压就可以调节薄膜-绝缘层界面上的载流子浓度,通过耗尽层的减流作用,从而控制源电极与漏电极间载流子的流动。

2. 光记忆器件模型

图 7 是一个光记忆模型^[22,23]。输入层由高量子光电效应性质的酞菁 LB 膜构成,记忆层由光敏导电的共轭分子(如脞、苯硫酮)薄膜构成,输出层为液晶显示材料。信息以 440nm 波长光写入输入层,并通过输入层/记忆层界面的场效应存储。在 700nm 波长光照射下,通过输入层/输出层界面产生的驱动电压,驱动液晶而显示(读出)信息。这类模型可用于图像处理与识别。

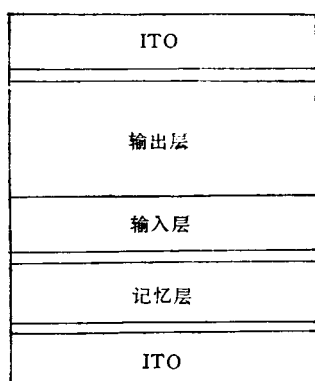


图7 光记忆器件模型

3. 光致电荷存储器模型

利用 LB 膜组装技术模拟光合作用中光诱导电荷转移,得到图 8(a) 所示的超晶格型光致电荷存储器^[24]。其中 TCNQ 衍生物作受体 A,

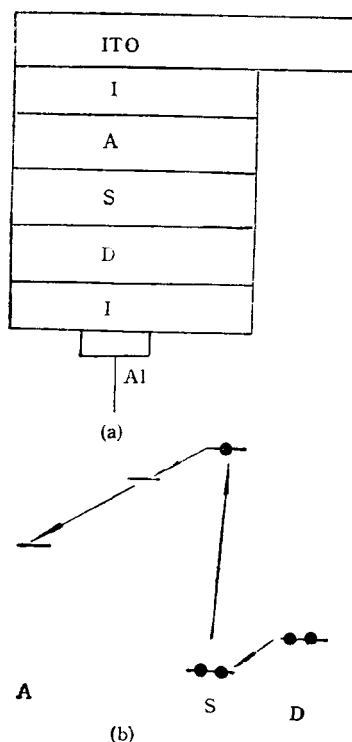


图8 光致电荷转移存储模型
(a) ASD 型;(b) 电荷转移机理

PD 分子作给体 D,酞菁衍生物作光敏剂 S,酯肪酸铬盐作绝缘层 (I),导电玻璃 ITO 作电极,组成金属-绝缘层-金属 (MIM) 型器件。S

在选择波长光下激发,通过量子力学隧道效应[图 8(b)]产生由 D 到 A 的净电荷转移过程。

采用生物大分子自组装成三维分子电路、生物芯片和生物计算机是目前能设想的分子电子器件的最终目标。

从 1974 年 Arrian 等提出分子整流器,1980 年 Carter^[19] 正式提出“分子电子器件”概念到今天,分子电子器件在理论、材料和技术上都有很大发展,形成了全球范围内的一个高科技领域。下面是几个有代表性的成果^[25]:1987 年诺贝尔化学奖得主 Lehn 领导的研究小组获得了类似 DNA 双螺旋的分子和分子导线;Garnier 等获得了世界上第一只由聚噻吩制成的“塑料晶体管”,其性能可与硅材料器件相比;Wittman 用类似单晶的聚四硫乙烯单层膜作诱导层,其他许多有机分子可在此膜表面上形成高度有序的薄膜,为制备有序膜提供了灵巧有效的方法;Tour 等用四氯化硅分子作为接线盒,将聚噻吩制成的分子导线交叉地连接起来,跨出了纳米电子学中分子导线和线路连接的重要一步;在日本,中国学者刘宗范用偶氮苯 LB 膜制作二进制记忆存储器获得成功;Sailor 等用低温化学法将导电聚乙炔接合在硅表面上得到分子二极管;在英国,已用 STM 技术进行单个原子操作,使任何类型的超分子系统成为可能。这些成果给我们预示了一个美好的信息时代。但是,我们现在面临的问题远比能回答的多,尤其是对分子计算机的研制。无可置疑的是,分子器件的研制将会引起信息处理系统和材料科学的具大变化,给未来科学技术和社会发展产生深远影响。

- [1] G. L. Ashwell, Ed., *Molecular Electronics*, Research Studies Press Ltd., New York, (1991).
- [2] T. Shimmel and W. Rieb, *Solid State Commun.*, **65**(1988), 1311.
- [3] J. Ferriaris, and D. O. Cowan, *J. Am. Chem. Soc.*, **95**(1973), 948.
- [3] D. O. Cowan, and F. M. Wlygul, *Chem. Eng. News*, **64-29** (1986), 28.
- [4] A.M. Kin, et al., *Inorg. Chem.*, **29**(1990), 2555.
- [5] T. J. Marks, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **29** (1990), 857.
- [6] H. Durr, and H. Bouas-Laurant, Eds., *Photo-*

- chromism, Elsevier, (1990).
- [7] 张开水、张茂龙, 化学通报, No. 9 (1993), 27.
- [8] 松冈贤, 化学(日), 1991年5月号.
- [9] H. Urayama, et al., *Chem. Lett.*, (1988), 55.
- [10] N. Clark, and S. Lagerwall, *Appl. Phys. Lett.*, **36**(1980), 899.
- [11] J. H. 芬德勒著, 程虎民、高月英译; 膜模拟化学, 科学出版社, (1991).
- [12] A. Ulman, *An Introduction to Ultrathin Organic Films: From Langmuir-Blodgett to Self-Assembly*, Academic Press, Boston, (1991).
- [13] E. I. Paul, *Science*, **245**(1989), 645.
- [14] F. J. Shmitt, *Thin Solid Films*, **210/211** (1992), 815.
- [15] J. D. Todd and T. R. I. Cataldi, *Chemistry in Britain*, June, (1991), 525.
- [16] 游效曾、巢启荣、朱龙根, 化学通报, No. 11(1989), 7.
- [17] 刘云圻、朱道本, 物理, **19-5**(1990), 260.
- [18] F. L. Carter, *Molecular Electronic Devices*, Marcel Dekker, Inc., New York, (1986).
- [19] Z. F. Liu, K. Hashimoto and A. Fujishima, *Nature*, **347**(1990), 658.
- [20] N. J. Gedds and J. R. Sambles, *Appl. Phys. Lett.*, **56**(1990), 1916.
- [21] J. H. Burroughes, C. A. Joones, and R. H. Friend, *Nature*, **335**(1988), 137.
- [22] A. Fujii, M. Yoneyama and K. Ishihara, *Appl. Phys. Lett.*, **62-6** (1993), 648.
- [23] A. Fujii, M. Yoneyama, and K. Ishihara, *Extended Abstracts of the 4th International Symposium On Bioelectric and Molecular Electric Devices*, (1992), 62.
- [24] K. Naito, A. Miura, and M. Azuman, *Thin Solid Films*, **210/211**(1992), 268.
- [25] Jone de Rosnay, *Thin solid films*, **210/211** (1992), 1.

新型电子全息术及其进展¹⁾

寇雷刚 陈建文

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

电子全息术区别于传统电子显微术的最主要的特点是充分利用了电子波的相位信息, 通过记录和重现电子波波前来探测微观世界, 全息的概念为电子显微工作者开拓了新的视野. 介绍了最近几年新发展起来的反射电子全息术、光电子全息术、低能电子全息术等, 概述了它们的原理和应用, 分析了各自的优点, 与传统的透射电子全息术作了比较, 并结合实验结果加以说明.

关键词 反射电子全息术, 光电子全息术, 低能电子全息术

Abstract

Electron holography is now used to detect the microscopic world through recording and reconstructing the phase of electron waves, which is the most important characteristic to distinguish the electron holography from the conventional electron microscopy. The concept of holograph has opened a new field of vision for electron microscopists. Several novel electron holographies are reviewed, including reflection electron holography, photoelectron holography and low-energy electron holography etc. Compared with the transmission electron holography, the principles, applications, merits and experimental results for the newly developed electron holographies are discussed.

Key words reflection electron holography, photoelectron holography, low-energy electron holography

1) 国家自然科学基金资助项目.