

站在纳米材料研究的前沿 ——记解思深研究员和他的研究小组^{*}

杨柳春

(本刊编辑部 北京 100864)

关键词 纳米材料, 解思深

纳米科技、信息和生物科技被认为是 21 世纪科技领域的三大热点, 它们的迅猛发展将对社会发展和人类生活带来巨大的影响。人们普遍认为, 纳米科技是信息和生命科技能够进一步发展的共同基础。

在纳米科技领域中, 碳纳米管的研究自 1991 年首次报道以来, 引起了各国科学家极大的兴趣, 目前已成为物理学、化学、材料科学领域的研究热点。从事该领域研究的中国科学院物理研究所研究员解思深及其领导的研究小组, 在几年时间内取得了突破性的进展, 并先后在 *Nature* 和 *Science* 上发表了 3 篇文章。

碳纳米管的许多性质在很大程度上取决于纳米管的尺寸。目前国际上报道的碳纳米管的最小直径为 0.7 nm, 相当于 C_{60} 结构的尺寸。该研究小组利用常规电弧放电方法, 首次制备出世界上最细的碳纳米管, 其内径为 0.5 nm, 与理论极限值仅差 0.1 nm。该研究成果发表在 *Nature* 2000 年第 1 期上, 英国著名新闻媒体 BBC NEWS 也专门报道了这一消息, 并称“中国科学家首次制备出世界最细碳纳米管”。

诺贝尔化学奖得主、美国赖斯大学(Rice University)的斯莫利(Smaley)教授曾说:“碳纳米管是

非常重要的新型材料, 但是在应用时受到长度过短的限制。”1998 年, 该研究小组突破了这一限制。他们应用改进后的制备大面积、离散分布的碳纳米管阵列新工艺, 成功地控制了碳纳米管的生长模式, 实现了催化剂颗粒集中在碳纳米管顶部的顶端生长方式, 并大批量地制备出大面积、离散分布的超长碳纳米管阵列。制得的碳纳米管的直径均匀(约为 20nm), 间距为 100nm, 碳纳米管的长度达 2mm, 比目前国际上现有的碳纳米管提高了 1—2 个数量级, 从而突破了利用各种方法所获得的碳纳米管的长度均不超过数十微米的极限。这一突破性进展发表在 *Nature* 上, 并被同一天出版的英国《金融时报》称为“碳纳米管进入超长阶段”的标志。

1996 年, 该研究小组发展了利用化学气相沉积高效制备碳纳米管的技术, 创造了一种制备碳纳米管阵列的新方法, 制备出大面积($3 \times 3 \text{mm}^2$)、高密度、高纯度、管径一致(约为 20nm)而离散分布(管与管的间距为 100nm)的碳纳米管阵列。当这一研究的部分成果在 *Science* 发表后, 引起了世界的关注。该刊审稿人认为, 这一制备碳纳米管阵列的新技术, 巧妙地将二氧化硅衬底内介孔的模板效应与 CVD 技术结合在一起, 比以往的所有

^{*} 收稿日期: 2000 年 12 月 20 日

方法都优越……。这一工作的意义还在于,它克服了碳纳米管研究和可能应用的主要障碍,有可能将研究水平提高到新的层次。

上述一系列令人瞩目的成果,是解思深和他的研究小组近 8 年默默耕耘的结果。

1987 年解思深从美国留学回国,继续从事高温超导研究,并于 1992 年获国家自然科学奖三等奖。同年,国际上出现了高温超导的新方向——掺杂 C_{60} 的超导电性材料,这是一个很重要的发现。在 C_{60} 组成的有机固体内实现了 32K 的超导电性,这在当时是一件非常了不起的事情。国内超导界对此作出反应,成立了中国的“超导快速反应部队”,解思深是成员之一,并由此走上了纳米研究之路。

纳米材料是一个新领域,当时面临的问题很多,如没有完整的理论体系,实验设施分散,一些结论也很难理解等;同时,纳米科技又是一个多学科、综合性很强的领域。所以在刚步入该领域时,困难是可想而知的。1992—1996 年,工作很艰苦,小组成员几乎没有休过节假日,也很少有人出国。年轻人不仅加班加点,而且非常投入。大家集思广益,每隔两三天就进行一次非正式的小组讨论。讨论中,不分老师和学生,大家平等地讨论学术问题。在自由的氛围中,每个人的思想都十分活跃。大家尊重原创性学术思想,追求实现原创思想的手段,同时积极吸收不同学科背景的人参加讨论。通过讨论,引导大家把眼界放宽、放远。经过集思广益和对国外同行的了解,解思深决定将碳纳米管的定向生长作为研究方向和突破口。经过约一年半的努力,小组终于完成了这项工作。工作过程中,当研究碳纳米管的定向制备时,样品混杂、均匀性不好、结构不可控以及杂质等问题深深困扰着他们。无数次的实验后,使他们想到,采取在模板上做很多均匀孔的方法进行定向生长,以解决均匀性的问题。经过三天三夜的努力,终于制成了世界上第一个可定向生长的碳纳米管。有了实验结果,还要做理

论上的探索。这意味着对结果要有深刻的理解和认识,正确地评价它的科学价值。

实验做出后,大家很兴奋,但并未急于发表,而是放在实验室近半年,让其“老化”(“熟化”);另一方面,小组人员多次不断重复实验,以检验结果的可重复性。直到 1996 年 12 月才在 *Science* 发表。发表后引用率达 150 次以上,被 *ISI* 评为 1981—1998 年经典论文之一(中国共有 47 篇)。此后,解思深小组的研究进入了一个快速发展的新阶段。1998 年解决了结构问题,2000 年又研制出最细的碳纳米管,从而在国际碳纳米研究方面形成独具特色的工作。解思深也因研究工作的创新性和影响力,而荣获 2000 年何梁何利基金会科技成果奖。

解思深研究员认为,作学问不但要有勇于探索的精神,科学、严谨的态度,还要有恒心,要孜孜不倦地追求。做研究必须有一定的量的积累,进入一个新的领域,没有 4—5 年的积累是不可能出成果的。坚持长远的目标,一旦定下,就要坚持下去。眼界要宽,盯着国际前沿的方向,这样做出来的东西才能与国际接轨。他还谈到,现在纳米科技非常热,不少人认为其中伸手即可淘金,实际上并非如此。只有进入到这个领域,才知道其中的酸甜苦辣。

在谈到对我国纳米材料研究的展望时,解思深研究员认为,我国目前研究的基础较好,不足之处是:制造技术落后;检测手段亟需现代化,应迅速建立评估检测研究中心;对做得好的研究组给予特别支持,使制造设备现代化。目前理论与实践结合得不够。在提高纳米基础研究能力的同时,应加强研究与应用的结合,达到实用的目的;纳米科技是需要多学科协作的领域,但要避免重复,不要一哄而上。他认为,纳米技术在我国的发展态势是好的,应用前景光明,但不能急功近利,从研究到应用需要一个过程。

(相关图片请见封二)

同分析方法得到的数据进行综合分析,不同数据库之间要有高效自动的应答。庞大的数据库要有严密的管理,包括定期检查,以保证提供最新和最准确的数据。基因组学/蛋白组学的发展促使生物信息学迅速发展。当前生物信息学^[6]已经不仅是高效地进行对基因组/蛋白组数据的分析,而且可以对已知的或新的基因产物进行全面的分析,而且可以对已知的或新的基因产物进行全面的分析。例如用生物信息学对用质谱得到的肽指纹图谱数据分析,给出了一个新的在进化过程中保守的模序(motif),它对蛋白质的结构和功能具有重要意义。用分子模型构建揭示的在耐热菌的肽延伸因子 EF-Tu 中的一个模序(340-345),对维持三个结构域之间的整体构象的完整性有重要意义。肽指纹图谱原先只是一种普通的蛋白质分析技术,但通过生物信息学处理后可以得到有功能意义的结构信息,甚至预测部分蛋白质的功能。

生物信息学的兴起,正是反映了现代生物学分析综合辩证统一的鲜明特征。

2 生命世界多样性和生命本质的一致性

多少世纪以来,生物学研究主体一直是观察和认识生命世界的多样性。从生命现象的表面观察日益深入到生命活动本质的阐明,是生物学发展的必然趋势,也是现代生物学的特点。分子生物学短短几十年以来所取得的一系列重大进展,深刻地揭示了:虽然生命现象在数以百万计的不同种属中的表现形式多种多样,千姿百态,即使孪生兄弟也不完全相同,但是生命世界中根本质的东西,在不同生物体中却是高度一致的。

所有的生物体,从最高等最复杂的人到最低级最简单的单细胞生物,其基本的组成物质都是蛋白质和核酸。蛋白质都是由相同的 20 种氨基酸以肽键连接而成,核酸都是同样的 4 种核苷酸以核苷酸链构成的。在核苷酸顺序和氨基酸顺序之间的信息传递对应关系,即遗传密码,除极少数例外,整个生物界也是基本一致的。如果没有这种一致性,就不可能实现基因在不同生物体之间的转移及表达,而且已逐渐成为现代化大工业的遗传工程也就完全谈不上了。

动物和植物从外界取得能量的方式虽然不同,动物从食物的氧化通过氧化磷酸化获得能量,而植物从太阳光能通过光合磷酸化取得能量。然而现在知道氧化磷酸化和光合磷酸化这两种表面看来完全不同的作用,在分子水平上的机制却是极其相似的。二者最终都是通过电子在一系列的蛋白质间的传递,造成膜内外两侧的质子梯度差,然后合成腺三磷(ATP)。整个生命世界都以腺三磷为细胞的各种活动提供能量,可以认为 ATP 是整个生命世界能量交换的通用货币。以往一直认为激素是高等生物所特有的,但是哺乳动物胰岛细胞分泌的胰岛素,在某些单细胞生物中也被发现,并与高等动物中的胰岛素相类似,具有促进生长的功能。

生命活动分子基础高度一致性的陆续阐明,说明分子生物学确实已经开始深入到了生命现象的核心和本质。现在有 30 种细菌和 3 种真核生物的基因全序列已被解出,对部分序列进行功能基因组初步分析的结果,表明其中有相当一部分基因具有极其相似的功能^[7],这就是生命活动高度一致性的基础。从生命现象的表面观察深入到生命活动的核心和本质的阐明,是一个漫长的过程,它仍将是生物学在 21 世纪的首要任务。这一任务的完成将产生统一的生命观和统一的生物学。可以预见下一世纪的生物学将是在对生命活动本质的统一认识下,对生命本质进行概括和从概念上予以抽提的普通生物学(General Biology)。换言之,21 世纪将是统一生物学的世纪。从当前分子生物学深入到生物学各个分支领域的情况看,分子生物学必将是 21 世纪的普通生物学的核心。

3 基础研究与应用

分子生物学已对人民生活产生了巨大影响。分子生物学的兴起还不到半个世纪,而所取得的成果,已经在工业、农业及医药卫生等方面有了重要应用,特别是基因在不同个体,甚至在不同的生物种属之间的转移,为新品种的培育和某些遗传疾病的治疗等提供了前所未有的可能性,从而为人类健康、农业增产以及控制和改造整个地