

·学科进展与展望·

关于我国发展纳米科技的一些思考

解思深*

(中国科学院物理研究所,国家纳米科学中心,北京 100080)

[摘要] 纳米科技是当代科学技术的主流之一。它在 1—100nm 的尺度范围内,按照人们事先的设计来操纵、控制和排列原子、分子,实现新物质和器件的创建和新规律的发现。当前我国纳米科技的水平已进入世界先进行列,但在研究工作的重要原始创新方面,与先进国家的差距较大。面临新的挑战,我国发展纳米科技应根据国情,制定有限的目标和现实的发展路线图。

[关键词] 纳米科技,现状和趋势,发展战略

在人类进入 21 世纪之际,信息科学技术、生命科学技术和纳米科学技术是当前科学技术发展的主流。纳米科学技术是信息和生命科学技术能够进一步发展的共同基础。

1 纳米科技的定义和内涵

纳米(nm)本来是一种几何尺寸的量度单位,它的长度为一米的十亿分之一(10^{-9}m),略等于 4—5 个原子排列起来的长度。纳米技术的定义是:在大约为 1—100nm 的尺度范围内,按照人们事先的设计来操纵、控制和排列原子、分子,形成尺寸在 1—100nm 之间的“结构单元”(building blocks)。这些“结构单元”的尺寸正好处于原子、分子为代表的微观世界和以人类活动空间为代表的宏观世界的中间地带,具有很多意想不到的性质变化,从而成为物理学、化学、材料科学、生命科学以及信息科学发展的新领地。一方面,这些“结构单元”可以被当做一种非常小的“材料”,进一步用它们来搭建宏观材料表现出传统的大块材料前所未有的特性;而另一方面,纳米“结构单元”中包含了若干个原子、分子,使得人们可以在原子层面上进行器件的设计和制备。通俗来说,“结构单元”一方面可以被当做一种“超分子”,充分地展现出量子效应;另一方面,将这些‘超分子’集成起来,可能实现以量子效应为基础的新型器件,并应用在不同的领域。同时,许多化学和生物反应

的过程也发生在 1—100nm 尺度的层面上,因此探测 1—100nm 尺度内物理、化学和生物性质的变化,将加深对生物学的理解。换句话说,纳米技术是在 1—100nm 尺度内,在原子、分子或超分子的层面上,通过对物质反应、传输和转变的控制来实现创造新的材料、器件,并充分开发和利用它们的特殊的性能,最终实现在 1—100nm 尺度内物质运动的新现象和新规律的探索。

纳米科技研究与开发的另一重要内容是建立以纳米技术为核心的高技术产业。

2 我国纳米科技的现状和国际地位

为发展我国的纳米科技,加快实现产业化,制定我国纳米科技发展战略,指导未来 5—10 年纳米科技的研究与开发工作,部署“十五”期间纳米科技的工作重点,2000 年 11 月,科技部组织有关技术专家和管理专家组成了“国家纳米科技指导与协调委员会”,并制定了“国家纳米科技发展纲要”。“国家纳米科技发展纲要”围绕国家发展目标对我国的纳米科技发展进行了统一规划,力求合理布局,加强协调,突出重点。在基础研究和高技术研究方面,努力探索,开拓创新,加强基地建设,逐步形成国家纳米科技创新体系;在应用发展方面,以市场需求为导向,以纳米材料及其应用为主要近期目标,以发展纳米生物和医疗技术、纳米电子学和纳器件为主要中、

* 中国科学院院士。

本文于 2004 年 9 月 14 日收到。

长期目标。同时,加强纳米科技的基础研究和应用基础研究,产学研结合推动纳米科技成果的产业化。

在纳米发展纲要的指导下,科技部、国家自然科学基金委员会、中国科学院和教育部在纳米科技方面,部署了一系列的重大研究计划。其中,科技部在“973”和“863”两大计划中,相继启动了有关纳米器件、纳米生物和纳米材料的重大研究项目。国家自然科学基金委员会不但在各学科中加强了对纳米科学相关研究项目的支持,而且启动了“纳米科技基础研究的重大研究计划”;中国科学院先后启动了纳米材料、纳米器件的院级重大项目;国家的其他部门也相继部署了发展纳米科技的重大或重点项目。总的来说,自2001年以来,我国在纳米科技研究与开发(R&D)方面,国家各部门的投入逐年都有较大幅度的增长,但与先进国家相比我国在纳米科技的政府投入还处在相当低的水平,大概只占美国在纳米科技政府投入的2%—3%;另一方面,我国的国家项目基本上覆盖了当前纳米科技的主要研发领域,由图1可看到国家的投入在不同学科的分布。大概有接近55%的国家投入放在了纳米材料的领域,而纳米生物和纳米电子学方面的总投入为35%。与美国相比,这一分布基本上是合理的。如美国在纳米材料领域的政府投入占总投入的45%,而在纳米生物和纳米电子学领域的投入为34%。两国在政府投入按学科分布的差别,正确地反映出当前两个国家在纳米科技研究上处于不同的阶段。

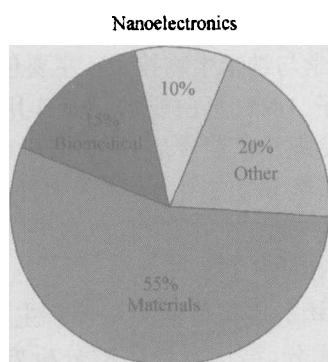


图1 国家的投入在不同学科的分布

自2001年我国的“国家纳米科技发展纲要”实施以来,我国纳米科技的研究与开发工作有了长足的进步。以纳米科技的基础研究为例,按照联合国教科文组织(UNESCO)的评价标准,年发表科学论文的数量可作为评价一个国家或团体的研究水平和实力的重要指标之一。我国年发表的、与纳米科技紧密相关的SCI论文的数量,已占全世界的、有关纳米

科技的SCI论文总量的12%左右,并在2002年已经超过了日本,低于美国的33%。另一方面,年发表科学论文的总被引用率也是说明研究水平的重要指标,我国有关纳米科技科学论文的总被引用率也处于世界先进行列。但应指出,在人均的年发表的SCI论文的数量方面,我国与先进国家相比仍然存在较大的差距。据不完全统计,我国从事纳米科技研究的科技人员(包括研究生)已超过4000人,在研人员的数量大大地高于欧洲国家和日本。我国发表的科学论文,相当数量的研究是有关纳米材料的制备与表征的工作,表明我国在纳米材料的合成方法、一维纳米材料的控制生长及纳米材料的表征等方面,在国际上已占有重要的地位。如果用申请和授权的专利数目表示国家的应用与开发水平,我国自2001年来,申请或获得授权的中国专利数量有了显著的增长。据国外统计资料,我国的专利数已名列世界第四名。但是,我国的科学家很少申请国际专利,而专利的转让率也较低。在看到我国纳米科技取得很大进步的时候,我们还应该注意到我国纳米科技发展的不足,首先是我国在纳米器件和纳米生物方面的研究工作较少,研究水平较低;另外在研究工作的重要原始创新方面,我国与先进国家的差距更大。

在建设我国纳米科技研究与开发基地、纳米科技创新体系建设方面,自2001年国家发展与改革委员会做了一系列的部署。如先后启动了“国家纳米科学中心”和“国家纳米技术工程化中心”的基本建设项目。“国家纳米科学中心”项目的可行性研究报告,近日已得到国务院的批准。整个建设项目的总投资为2.5亿元,其中政府投入为1.8亿元。按照国家发展与改革委员会的指示,“国家纳米科学中心”是我国进行纳米科学研究的公共技术平台,它将采取边建设、边运行的方针,为我国科学家提供必要的技术服务。为此,承担建设的中国科学院、北京大学和清华大学整合了现有的40余件大型测试仪器,建立了“国家纳米科学中心”协调实验室,规范了对外开放的时机,目前已可对外提供有关的测试服务。为支持“国家纳米科学中心”的公共技术平台,科技部和自然科学基金会在政策和资源上都给予了极大的支持。除了国家资助的基地建设外,某些省、市和有条件的大学也相继建立了各具特色的地区性或行业性的纳米技术研究中心。特别是,某些大学或研究机构和企业联合,建立了以开发纳米技术应用为主要目标的研究中心。这些中心都已成为我国纳米

科技研究与开发的重要力量。

3 我国纳米科技发展的目标和建议

我国纳米科技发展的总体目标是:到2015年,我国纳米科技研究、应用及成果转化水平居国际先进行列,在若干方面具有竞争优势。根据这一总目标,在此期间,围绕国家长远发展目标,对未来发展有重大影响的方向和领域进行部署,并分步实现:

(1)开展具有前瞻性和带动性的纳米科技基础研究和基础性研究工作,加强对纳米结构新的测试和表征方法的研究和探索,建立纳米科技相关数据库,确定有关纳米技术的标准。

(2)突破一批纳米科技发展共性关键技术,包括纳米材料宏量制备与加工技术,纳米器件的构筑和集成技术,纳加工与微加工相结合的技术,纳米尺度的结构分析和性能测试技术,纳米材料制造、加工和测试装备的自主研制与开发。

(3)加强纳米科学中心、纳米科技核心实验室、工程中心和产业化基地等国家基地建设。发挥国家研发平台的作用,形成若干具有国际一流水平的纳米科技创新基地,基本完成我国纳米科技创新体系建设,为长远发展奠定基础。

(4)发展纳米科技要抓好多学科的集成,鼓励纳米技术与信息技术的合作,发展有自主知识产权的关键技术;鼓励发展纳米技术与环境、能源技术交叉融合,研究纳米技术对环境的负面影响;加强纳米技术与生物和医学的合作,发展纳米生物探测诊治技术;提倡纳米技术与农业生物技术交叉融合,改良品种,提高抗病虫害能力和对环境的适应性。推动交流合作时应实现资源共享,避免重复建设。充分利用先进的网络设施,在全国形成研究交流与合作网。

(5)开拓纳米材料和器件的应用,培育相关产业,包括通过纳米技术向高科技领域渗透、交叉、融合,与传统技术相结合,进行技术创新,推动纳米科技成果产业化。形成一批具有市场竞争力的骨干企业,大幅度提高我国纳米科技创新能力,一批纳米科技成果实用化或产业化。

(6)建设高素质的纳米科技骨干队伍,包括建立新的机制,调动广大科技人员的积极性。采取措施从国内外培养和引进人才。通过安排项目和建设基地,培育和锻炼一支具有综合交叉能力、懂科技、会经营、善管理的纳米科技师才。

科技部、自然科学基金会、中国科学院等部门的重大或重点研究计划中已经根据我国纳米科技的发

展战略,对支持的项目做了部署。当前的方针应该以纳米器件和纳米生物和医学为主导,以纳米材料为基础,充分发挥我国在纳米材料领域的优势,发展新型纳米材料功能化及在生物医用和电子方面的应用。在资源的配备上,应该确保对我国在材料方面的优势,同时加强纳米器件和纳米生物和医学的研究。在落实国家的总目标的前提下,应按不同领域制定分阶段的实施路线图,强调分阶段目标的先进性和短期(2—3年)的可实现性,稳步地推动我国纳米科技的健康发展。大体上可分三个阶段来实现:从现在起到2006年为近期,2006年到2010年为中期,2010—2015年为远期。

近期(—2006)的主要研究内容为:

(1)纳米加工与纳米器件。有特色的纳米加工与组装技术,开展概念性和原理性纳米器件的基础研究,重点是纳电子器件、纳光电子器件:包括发展定向、定点的自组装工艺,结合微加工技术,形成宏观尺寸的有序纳米结构;各种材料的量子点、纳米线、管及束的可控制备(尺寸、形状和表面态)、自组装和功能化;纳电子学器件、纳光电子器件、自旋电子学器件及分子器件的设计、加工和性能研究。

(2)纳米材料与纳米结构。研制先进工艺、检测方法和制备设备,发展有特定性能的纳米材料或纳米结构:包括纳米复合材料(纳米加强相和母体的界面结构和对力学、电学性能的影响);有机-无机杂化纳米材料,纳米催化剂材料;纳米液体的特性及与固体表面的相互作用。

(3)纳米医学与纳米生物技术。主要包括:纳米颗粒与生物分子、DNA、蛋白质的相互作用;癌和其他疾病的早期发现及早期诊治;生物分子、DNA、蛋白质结构的自组装和功能化;生物相容性纳米材料制成的人造器官和人造组织;生物芯片,生物传感器,用于疾病的快速诊断。

(4)纳米结构的表征方法与检测。主要研究表面和亚表面的成分、结构及缺陷的分析方法;单原子、分子的检测技术。

在近期应加强相关的重大理论问题研究当集中在下列方面:(i)纳米体系的力学和热力学问题,纳米结构和纳米材料中结构和性质的关系;(ii)探索适宜于纳米体系中与热力学性质相关的统计力学;(iii)发展空间多尺度、时间多尺度现象的耦合模型;(iv)建立物理-化学等多种过程协同发展的非平衡理论;(v)发展纳米材料的结构、性能及加工过程的设计模型和方法。

中期(2007—2010)的主要研究内容为:(i)三维自组装过程;(ii)纳米器件的集成技术及纳米器件-微电子线路的连结技术;(iii)超强、高综合性能的纳米材料;(iv)仿生纳米表面功能材料和生物活性纳米材料;(v)人体生命指标远程监控;(vi)纳米药物的新型派送方法和活体内的检测与控制;(vii)生物微流体内的开关控制研究。通过外场控制浸润性;(viii)发展原位、实时地、可变温、变压力及不同外场下的性能分析方法,空间分辨率达到1—10nm;(ix)纳米结构中的原子或分子的操纵及缺陷修复。

地位不断地提升,在基础研究和应用研究方面都可能具有重大意义的突破。但是,应认识到纳米科技又是充满挑战和风险的多学科交叉的新领域。稳定地支持、长期研究的积累、基础设施的建设及人才的培养是保证纳米科技长期稳定发展的基本保证。在纳米科技研究中,要防止急功近利的思想和做法,祛除纳米科技发展中的泡沫,建立一支能做长期、战略性研究工作的队伍是十分必要的。

4 结束语

我国的纳米科技正处于蓬勃发展的阶段,国际

COMTEMPLATE HOW TO DEVELOP NANOSCIENCE AND TECHNOLOGY IN CHINA

Xie Sishen

(Institute of Physics, CAS, National Center for Nanoscience and Technology, Beijing 100080)

Abstract Nano technology is considered as one of main promising technology in the future. On the basis of manipulation and arrangement of atoms and molecules, creating the new materials and devices and finding the new phenomena will provide much more opportunities for developing high technology in the future. Nowadays nanotechnology developments have reached the top level in the world, but the original inventions are needed. Facing new challenges, the limited targets and realistic roadmap are very important for realizing the strategic goals to promote the nation economy.

Key words nano science and technology, present state and perspectives, development strategy

·资料·信息·

2004年度化学科学领域国家和部门重点实验室评估工作结束

按照科技部《关于做好2004—2008年实验室评估工作的通知》和《关于商请继续承担实验室评估工作的函》的要求,并根据科技部2003年7月新颁布的《国家重点实验室评估规则》及“国家重点实验室

评估指标体系”,国家自然科学基金委员会于2004年3—5月组织进行了化学科学领域30个国家、部门重点实验室的评估工作。

评估结果是:5个优秀,24个良好,1个较差。

化学科学领域优秀国家和部门重点实验室名单

序号	实验室名称	依托单位
1	金属有机国家重点实验室	中国科学院上海有机化学研究所
2	固体表面物理化学国家重点实验室	厦门大学
3	高分子物理与化学国家重点实验室	中国科学院长春应用化学研究所、化学研究所
4	催化基础国家重点实验室	中国科学院大连化学物理研究所
5	稀土材料化学及应用国家重点实验室	北京大学

(计划局 孙晓兴 供稿)