

美国纳米传感器技术发展计划与战略部署

郑 佳

(中国科学技术信息研究所, 北京 100083)

摘 要: 10 余年来, 美国政府十分重视对纳米传感器技术的研发支持, 与之相关的发展计划分布于美国《国家纳米技术计划》的各个层面, 众多国家机构结合各自研究领域积极开展纳米传感器技术的研究与开发, 其研究遍及国防军事、航空航天、生物医药以及电子通讯等领域, 尤以涉及国家安全和人类生命健康的领域为重点。通过分析美国相关机构各年度纳米传感器技术发展计划, 不难了解: 近期, 美国政府提出要加强机构间的合作与交流, 既要加快下一代纳米传感器技术的研究与开发, 同时也为开展纳米传感器技术在健康、安全与环境方面的研究提供支撑。

关键词: 美国; 纳米传感器技术; 生物传感器; 基因治疗

中图分类号: TP212:TB383-171.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2013.09.007

传感器是指能够感应某种物理、化学或者生物参数并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置^[1]。如果说计算机是人类大脑的扩展, 那么传感器就是人类五官的延伸。传感器一般由接受器、换能器和电子线路等 3 部分组成, 其质量主要取决于接受器的选择性、换能器的灵敏度以及响应时间、可逆性和电子线路的可靠性^[2]。目前, 传感器已广泛应用于航空航天、军事工程、工业自动化、汽车工业、机器人技术、海洋探测、环境监测、安全保障、医疗诊断等众多领域, 已经渗透到人类生活的各个方面。可以说: “征服了传感器, 就几乎等于征服了科学技术”^[3]。

传统的传感器因其本身材料的限制, 在微型化、自动化、选择性、稳定性、响应时间、灵敏性及使用寿命等方面, 进一步改良的余地越来越小。

20 世纪 80 年代初发展起来的纳米材料, 表现出诸多特殊的性质, 如, 很高的比表面积, 独特的光学性质 (反射、吸收或发光), 良好的扩散、热导和热容性能, 以及奇异的力学和磁学上的性质等, 为传感器的发展带来了新的契机。

与传统传感器相比, 纳米传感器具有更强的特

异性、更高的灵敏度、可多参数测量等诸多优点, 且价格低廉。这些优势极大地促进了纳米传感器市场的发展。2009 年, 美国曾预测, 2012 年, 全球纳米传感器市场达到 172 亿美元^[4]。加快纳米传感器技术的发展, 对于世界各国都具有重要的意义。

美国政府一直高度重视对纳米传感器技术的研发支持, 与之相关的政策法案和计划分散于美国《国家纳米技术计划》(National Nanotechnology Initiative, NNI) 的各个层面。与此同时, 在美国, 众多国家机构结合各自研究领域积极参与了 NNI 计划中纳米传感器技术的研究与开发, 大大促进了美国纳米传感器技术的发展。

1 国家整体发展计划

美国一直重视对纳米技术的研发支持, 从 20 世纪 90 年代开始进行了一系列的筹划和准备。1991 年, 美国政府将“纳米”这一科技项目列入“国家 22 项关键技术”和“2005 年的战略技术”之中。1996 年, 以美国国家科学基金会为首的 10 几个联邦政府机构委托世界技术评估中心, 对纳米粒子、纳米结构材料和纳米器件的研究开发现状和

作者简介: 郑佳 (1982—), 女, 理学博士, 副研究员, 主要研究方向为科技政策与技术前沿研究。

收稿日期: 2013-05-29

趋势，在全球范围内进行了为期 3 年的调研，在此基础上，拟订出 NNI 计划。该计划包括：基础研究、重大挑战、研究中心和基础设施建设，以及伦理、法律和社会影响力的研究。2000 年 1 月 21 日，克林顿总统在加州理工学院正式宣布了 NNI 这项新的国家计划。从此，美国大部分纳米科技活动几乎

都是以 NNI 计划为主体核心开展的。由于纳米传感器技术是由化学、生物学、电学、光学、力学、声学、半导体技术、微电子技术、薄膜技术等多学科互相渗透和结合而形成的一门学科，因此，与之相关的政策法案和计划分散于 NNI 计划的各个层面，见表 1 所示。

表 1 美国 NNI 计划中纳米传感器技术发展计划

年度	相关计划内容
2001	研究可快速诊断并治疗疾病的细胞内传感器；可早期发现疾病的生物传感器。
2002	纳米生物传感器器件；美国陆军研究实验室建设纳米科技中心，整合纳米传感器技术研究力量。
2006	检测食物中病原体和有毒物质、检测化学生物以及爆炸性试剂的新型传感器；加快国防、农业、工业等应用领域的新型纳米传感器的研制与开发，如食品标识保护和跟踪所需的纳米级器件。
2007	科学界、政府以及产业界的专家就发展纳米传感器技术的机遇与挑战进行了深入研讨。
2009	对美国纳米传感器技术的研究现状、趋势和面临的挑战进行了一次全面的总结；提出纳米传感器将产业重大影响的八大应用领域。
2010	利用纳米材料的量子效应，包括单光子计数和量子相干性，开发应用于量子通讯、国防安全、半导体表征与天体物理领域的器件与传感器。
2011	纳米传感器技术应用领域涉及建筑结构与环境监测、爆炸物与有毒气体预警、疾病早期诊断以及极端环境作业等。
2012	加强机构间合作，共同推进生物、化学领域的下一代纳米传感技术的研发。

(1) 2001 年度

2001 年，美国政府在 NNI 计划中的投资高达 4.95 亿美元。较 2000 年以前，几乎翻了一翻。其中，重大挑战共计 9 项，总预算达 1.33 亿美元，高于 2000 财年 6 200 万美元。在第 3 项重大挑战——医疗卫生中，美国政府明确提出：要深入研究可快速诊断并治疗疾病的细胞内传感器，以及可早期发现疾病的生物传感器^[5]。

(2) 2002 年度

2002 年，美国政府在 NNI 计划中提出要着重支持重大挑战中的 3 个扩大方案，分别是：纳米电子、光电子、磁学，纳米结构材料和纳米生物传感器器件。由此，纳米传感器技术在 NNI 计划中的比重得到显著提升。约 1 000 万美元的追加投资，帮助美国陆军研究实验室加快了其所属的纳米科技中心的建设工作，并对其纳米传感器领域的研究团队进行了有效整合，促进了纳米传感器技术的进一步发展^[6]。

(3) 2006 年度

2006 年，美国政府在 NNI 计划中再次将检测

食物中病原体和有毒物质、检测化学生物以及爆炸性试剂的新型传感器列入重点研究的前沿领域，着重指出：要加快国防、农业、工业等应用领域的新型纳米传感器的研制与开发，如，食品标识保护和跟踪所需的纳米级器件^[7]。

(4) 2007 年度

2007 年，为明确今后的研究重点与方向，美国政府召集了来自科学界、政府以及产业界的专家，就发展纳米传感器技术的机遇与挑战进行了深入的研讨^[8]。

(5) 2009 年度

2009 年，美国政府发布了《纳米传感器技术研究报告》，对美国纳米传感器技术的研究现状、趋势和面临的挑战进行了一次全面的总结^[4]。报告指出：纳米传感器将对医药与健康、职业安全与防护、环境监测、农业与食品、能源、工业、交通、国家安全与应急等八大应用领域产生重大的影响，见表 2 所示。美国政府在 2010 年提出了新的研究课题，即利用纳米材料的量子效应，包括单光子计数和量子相干性，开发应用于量子通讯、国防安

全、半导体表征与天体物理领域的器件与传感器^[9]。

表2 NNI 计划提出的纳米传感器技术的八大应用领域

应用领域	典 型 应 用
医药与健康	一次性、多参数的床边诊断仪器；精确给药技术；核磁共振或 CT 医疗图像增强技术；激素、蛋白、葡萄糖或疾病标记物等快速诊断仪器。
职业安全与防护	危险环境下的生化安防传感器；工业现场气体监控。
环 境 监 测	空气、土壤和水环境监测传感器。
农业与食品	高效施肥与灌溉；产业链食品安全监控；植物、畜牧疾病现场快速检测。
能 源	石化生产过程监控；生物柴油主、副产品检测；机动车尾气排放检测；绿色楼宇智能传感器。
工 业	生产过程产品质量控制；更加智能的 RFID 传感器（能够测量温度、压力、湿度和振动等）；药品防伪检测仪器。
交 通	桥梁应变传感器；尾气传感器（目前只有氧传感器）。
国家安全与应急	化学、生物和核传感器；国家安全传感器网络。

（6）2011 年度

2011 年，美国政府有约 180 亿美元的拨款用于 NNI 计划，资助 15 个机构开展纳米领域的研究。纳米传感器技术依旧作为 NNI 计划重点资助方向，应用领域涉及建筑结构与环境监测、爆炸物与有毒气体预警、疾病早期诊断以及极端环境作业等^[10]。

（7）2012 年度

2012 年，美国政府提出在现有参与 NNI 计划的成员机构基础上，建立更加紧密的合作关系，支持纳米材料性质及相关工具方法的研究，共同推进生物、化学领域的下一代纳米传感器技术的研究与开发^[11]。

2 相关机构及其战略部署

2.1 美国国家航空航天局

为了确保航天飞行人员的安全和监控人类太空栖息环境，美国国家航空航天局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）长期以来致力于体内纳米级别、可早期预警的微创生物化学传感器的研究。NASA 于 1998 年开始与美国莱斯大学（Rice University）进行合作，在 5 年内，共投入 400 万~500 万美元的研究经费，用于开发基于碳纳米管的化学传感器^[5]。2001—2012 年，NASA 纳米传感器相关发展计划见表 3 所示。

表3 美国国家航空航天局纳米传感器相关发展计划

年度	重点发展计划
2001	综合利用纳米电子学、生物传感器和人工神经网络等技术制造机器人。
2002	非侵入性的用于人体健康监测的生物传感器。
2006	纳米传感器与微太空船、微纳机器人。
2008	在太空中极端环境下作业的纳米结构与器件； 利用碳纳米管复合物的电机械性质制备低电压电活性传感器和执行器。
2011	碳纳米管在太空环境中的如何应用于结构材料、传感器、能源以及存储系统。
2012	利用高强度的碳纳米管纤维和碳纳米传感器开发持久耐用、多功能化且质量更轻的新型航空航天复合材料。

（1）2001 年度

2001 年，NASA 在纳米技术领域投资预算为

2 000 万美元，比 2000 年增加了 1 500 万美元。化学传感器和生物传感器作为主要课题得到了重点支

持，其中，综合利用纳米电子学、生物传感器和人工神经网络等技术制造机器人被放在首要位置^[5]。

(2) 2002 年度

2002 年，NASA 在纳米领域的研究经费预算为 4 600 万美元，其中，1 000 万美元用于纳米传感器及其组成的研究，重点仍然放在综合利用纳米电子学、生物传感器和人工神经网络等技术制造机器人方面。与此同时，NASA 还与美国国立卫生研究院（National Institutes of Health, NIH）开展合作，共同开发非侵入性的用于人体健康监测的生物传感器^[6]。

(3) 2006 年度

2006 年，NASA 开始将纳米技术应用于空间探索研究中，纳米传感器与微太空船、微纳机器人一起被列入重点研究方向^[7]。

(4) 2008 年度

2008 年，NASA 继续推进纳米技术在空间探索领域的应用研究，尤其关注能够在太空中极端环境下作业的纳米结构与器件。其中，能够在低能量供给条件下保持较高的灵敏度且响应可靠的纳米传感器，作为主要研究工作被重点支持。同时，NASA 继

续推进基于碳纳米管的传感器的研究，重点研究利用碳纳米管复合物的电机械性质制备低电压电话性传感器和执行器^[8]。

(5) 2011 年度

2011 年，NASA 与美国国防部（Department of Defense, DOD）、美国国家侦察局（National Reconnaissance Office, NRO）共同建立了一个专门针对碳纳米管在太空中如何应用的研究机构。有大约 160 名来自联邦政府、产业界和学术界的专家们参与其中，目的是：发现并解决碳纳米管在结构材料、传感器、能源以及存储系统中如何应有的技术壁垒^[10]。

(6) 2012 年度

2012 年，NASA 启动了一项新的研究计划，是利用高强度的碳纳米管纤维和碳纳米传感器来开发持久耐用、多功能化且质量更轻的新型航空航天复合材料，并将其应用于运载火箭、飞机机身、飞行器发动机等众多领域^[11]。

2.2 美国国防部

早在 1996 年，DOD 就将纳米技术确认为 6 个战略研究领域之一，其相关发展计划见表 4 所示。

表 4 美国国防部纳米传感器相关发展计划

年度	重点发展计划
2001	传染病检测与生物威胁检测的传感器；红外传感器；红外纳米传感器和分布式纳米传感器。
2006	用于防御战的纳米传感器，光学纤维技术提高原始 TNT 炸药传感器的灵敏度；单片减震传感器。
2010	利用电化学技术制备纳米传感器；新型纳米传感器，用于有毒化学物/气体的检测；在极端恶劣环境下依旧保持高性能的辐射与温度纳米传感器。
2013	新型纳米传感器，用于有毒化学物/气体的检测；开发用于检测工业有毒化学物质的纳米传感器。

(1) 2001 年度

2001 年 DOD 参与了 NNI 计划中传染病检测与生物威胁检测的传感器研究专题。DOD 资助的研究机构美国陆军研究实验室（Army Research Lab, ARL）与美国空军科学研究局（Air Force Office of Scientific Research, AFOSR）也开展了纳米传感器技术的研究，其中，ARL 主要开发量子阱红外传感器，AFOSR 致力于红外纳米传感器和分布式纳米传感器的研究^[5]。

(2) 2006 年度

2006 年，DOD 开始大力开发应用于防御战的

纳米传感器^[7]，借助光学纤维技术显著提高了原始 TNT 炸药传感器的灵敏度。与此同时，DOD 与美国能源部（Department of Energy, DOE）合作开发用于太赫兹检测器的单片减震传感器。

(3) 2010 年度

2010 年，DOD 继续延续纳米技术各个方向的投入比例，利用电化学技术制备纳米传感器，作为 3 个主要的研究方向之一得到了重点基金资助。

出于反恐和现代战争的需要，DOD 下属的美国陆军与航空导弹研究发展中心（Army Aviation and Missile Research Development and Engineering

Center, AMRDEC) 2010 年出台计划, 与美国埃奇伍德化学生态中心 (Edgewood Chemical Biological Center, ECBC) 一同开发新型纳米传感器, 用于有毒化学物/气体的检测^[10]。同年, AMRDEC 还与美国导弹防御局 (Missile Defense Agency, MDA) 达成合作伙伴关系, 共同开发可在极端恶劣环境下依旧保持高性能的探测辐射与温度的纳米传感器^[10]。

(4) 2013 年度

2013 年, AMRDEC 继续与 ECBC 合作, 测试并检验其通过开发的用于有毒化学物/气体的检测的纳米传感器。此外, MRDEC 与美国国防部先进研究项目局 (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 合作, 开发用于检测工业有毒化学物质的纳米传感器^[12]。

2.3 美国国立卫生研究院

尽管纳米技术在医疗领域的最终用途现在还无法确定, NIH 仍然制定了一些近期之内 (5~10 年) 有望实现的纳米技术应用研究计划, 其相关发展计划见表 5 所示, 其中就包括能够实现疾病早期诊断的传感器。

(1) 2001 年度

2001 年, NIH 在纳米领域的投资预算为 3 600 万美元, 研究计划中明确提出: 临床诊断传感器、基因组学传感器是 NIH 本年度的主要开发任务^[5]。

(2) 2002 年度

2002 年, NIH 在纳米领域的拨款超过 4 000 万美元, 其中一项重要课题是开发用于疾病诊断和检测的纳米传感器^[6]。

表 5 美国国立卫生研究院纳米传感器相关发展计划

年度	重点发展计划
2001	临床诊断传感器、基因组学传感器。
2002	用于疾病诊断和检测的纳米传感器。
2004	可快速廉价进行 DNA 分子测序的纳米传感器。
2010	借助精确成像技术实现疾病早期诊断的纳米传感器。

(3) 2004 年度

2004 年, NIH 下属的美国国立人类基因组研究所 (National Human Genome Research Institute, NHGRI) 发起“千人基因组计划” (\$1 000 Genomes Project), 重点研究可快速廉价进行 DNA 分子测序的纳米传感器^[7]。

(4) 2010 年度

2010 年, NIH 继续加大了药物基因治疗、组织工程等方面纳米技术应用研究, 重点研究借助精确成像技术来实现疾病早期诊断的纳米传感器^[9]。

2.4 其他机构

美国其他机构纳米传感器相关发展计划见表 6 所示。

(1) 美国标准与技术研究院

美国标准与技术研究院 (National Institute of Standards and Technology, NIST) 的基本任务是提供测量标准与材料标准, 支持美国工业的发展、确保经济持续增长。在 DNA 检测和原子成像等领域的卓越研究成果, 令 NIST 成为纳米技术领域的世

表 6 美国其他机构纳米传感器相关发展计划

机构	重点发展计划
NIST	开发与电学光学测量方法相结合的新型传感器。
NIJ	开发可穿戴的、低成本的能够对化学生物危害发出警告的传感器。
DOT	持续监测铁路基础设施性能的纳米传感器以及监测受压路面安全结构动态环境的微纳米传感器; 可抑制/减轻腐蚀以及监测结构安全性的纳米传感器。
DHS	用于爆炸物检测的纳米传感器。
NIOSH	利用纳米传感器技术来监测劳动者工作环境。
NSF	包括计算、信息加工、传感、通讯基础设施在内的纳米电子学前沿技术研究。

界领导者。为在检测系统中充分利用材料的化学物理选择性质, 2001 年, NIST 提出要重点开发与电学光学测量方法相结合的新型传感器^[5]。

(2) 美国国家司法研究所

美国国家司法研究所 (National Institute of Justice, NIJ) 是美国司法部 (Department of Justice, DOJ) 下属的研究机构。2002 年, DOJ 纳米领域财政预算为 40 万美元, 其中, 纳米传感器与 DNA 测序、高性能计算等一同被列入重点研究的五大领域之中。NIJ 投入 40 万美元用于化学和生物防御计划, 旨在开发可穿戴的、低成本的、能够对化学生物危害发出警告的传感器。

(3) 美国交通运输部

美国交通运输部 (Department of Transportation, DOT) 2001 年提出开展有针对性的研究, 加快纳米技术在交通设施方面的应用。其中包括: 持续监测铁路基础设施性能的纳米传感器, 以及监测受压路面安全结构动态环境的微纳米传感器^[5]。2010 年和 2011 年, DOT 继续加大纳米技术领域的投资预算, 重点研究可抑制/减轻腐蚀以及监测结构安全性的纳米传感器, 保证道路、铁路等基础设施更加持久耐用^[9]。

(4) 美国本土安全办公室

美国本土安全办公室 (Department of Homeland Security, DHS) 主要进行纳米材料的研究。为提高航空、运输等方面的安全性, DHS 从 2010 年开始关注纳米器件的应用, 用于爆炸物检测的纳米传感器的研究得到该机构的重点支持^[10]。

(5) 美国职业安全与健康国立研究所

美国职业安全与健康国立研究所 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 2004 年开始纳米技术的研究, 重点在于评价纳米材料对劳动者健康的危害性以及寻求降低危害性的方法。2010 年, NIOSH 提出要充分利用纳米传感器技术来加强对劳动者工作环境的监测, 最大程度地降低环境对劳动者健康的危害^[10]。

(6) 美国国家科学基金会

美国国家科学基金会 (National Science Foundation, NSF) 是美国独立的联邦机构, 任务是通过基础研究计划的资助, 改进科学教育, 发展科学信息和增进国际科学合作等办法促进美国科学

的发展。2013 年, NSF 计划拨款 4 500 万美元, 用于支持包括计算、信息加工、传感、通讯基础设施在内的纳米电子学前沿技术研究, 以超越现有技术在物理性质等方面的限制^[12]。

3 在健康、安全与环境方面的新举措

与传统的传感器相比, 利用纳米技术制作的传感器不仅尺寸减小, 灵敏度、检测限和响应范围等性能也得到了很大的改善。随着传感器体积减小至微米甚至纳米级别, 可以实现传感器的阵列化, 进行多参数的并行测量。但是, 在性能改善的同时, 纳米材料可能给人体健康、安全以及环境带来的危险也不容忽视。

2012 年, 美国政府在继续支持纳米传感器技术研发的同时, 提出了其在改善与保护健康、安全与环境方面的新计划。即研究用于识别与检验纳米材料在其整个生命周期中的变化的方法与设备, 用以评估纳米材料对健康、安全以及环境的影响。该计划主要是实现 3 个目标: 一是识别纳米材料在特殊基质中且以最小剂量时产生的光、电、磁信号并使其定量化; 二是识别纳米材料存在的其他特征; 三是设计开发能够发现并测量释放到环境中的纳米材料的工具和方法^[11]。

4 结语

纳米传感器技术作为纳米领域的一个重要组成部分, 受到了美国政府的高度重视。自 NNI 计划诞生之日起, 美国政府对纳米传感器技术的资助从未间断, 资助领域遍及国防军事、航空航天、生物医药以及电子通讯等, 尤以涉及国家安全和人们生命健康的领域为重点投资方向。在联邦政府的支持下, 众多 NNI 计划的成员单位结合各自研究领域积极推进纳米传感器技术的研究与开发。其中, 以美国国家航空航天局、美国国防部以及美国国立卫生研究院最为突出, 研究重点依旧是围绕保障国家安全、反恐、改善健康、保护环境等需求展开。

近几年, 在继续支持纳米传感器技术开发的同时, 美国政府提出要加强 NNI 计划的成员机构间的合作与交流, 进行信息共享与资源整合。此举不仅有利于加快下一代纳米传感器技术的研究与开发, 同时也为开展纳米传感器技术在健康、安全与

环境方面的研究提供了保证。■

参考文献：

- [1] 唐丽娜, 柳丽芬, 杨凤林. 传感器在环境水体检测中的应用[J]. 节能, 2008 (1): 16-20.
- [2] 冷鹏, 李其云, 张国荣, 等. 纳米材料与化学传感器[J]. 化学传感器, 2003, 23(2): 1-8.
- [3] 章吉良, 周勇, 戴旭涵, 等. 微传感器——原理、技术与应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2005.
- [4] National Nanotechnology Initiative Workshop. Nanotechnology-Enabled Sensing[R]. Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office, 2009-05.
- [5] National Science and Technology Council. National Nanotechnology Initiative: The Initiative and Its Implementation Plan[R]. Washington, DC: National Science and Technology Council, 2000-07.
- [6] Roco M C. Research and Development FY 2002: National Nanotechnology Investment in the FY 2002 Budget Request by the President[R]. Washington, DC: NSF, 2002-02.
- [7] National Science and Technology Council. National Nanotechnology Initiative: Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry, Supplement to the President's FY 2006 Budget[R]. Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office, 2005-03.
- [8] National Science and Technology Council. The National Nanotechnology Initiative: Strategic Plan[R]. Arlington Virginia: National Nanotechnology Coordination Office, 2007-12.
- [9] National Science and Technology Council. National Nanotechnology Initiative: Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry, Supplement to the President's FY 2010 Budget[R]. Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office, 2009-05.
- [10] National Science and Technology Council. National Nanotechnology Initiative: Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry, Supplement to the President's FY 2011 Budget[R]. Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office, 2010-02.
- [11] NSTC Committee on Technology. National Nanotechnology Initiative: Nanotechnology for Sensors and Sensors for Nanotechnology[R]. Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office, 2012-09.
- [12] National Science and Technology Council. The National Nanotechnology Initiative: Supplement to the President's FY 2013 Budget[R]. Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office, 2012-02.

Development Plan and Strategic Deployment of Nano-Sensors in United States

ZHENG Jia

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: Over the past decade, U.S. government has paid special attention to the research and development (R&D) of nano-sensor technology. The related development plans were distributed in “National Nanotechnology Initiative”. Meanwhile, many institutions have actively engaged in R&D of nano-sensor technology. The research fields covered the military, aerospace, biomedical and electronic communications, taking the field regarding national security and human health as a priority. Recently, US government plans to strengthen inter-institution communication and cooperation in a bid to foster the R&D of next-generation nano-sensors, and also to provide support for the research in the field of health, safety and environment.

Key words: United States; nano-sensor technology; biosensor; gene therapy