2006-2007

电子信息

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN ELECTRONICS AND INFORMATION TECHNOLOGY

中国科学技术协会 主编
中国电子学会 编著

中国科学技术出版社

2006-2007

电子信息

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN INFORMATION TECHNOLOGY

中国科学技术协会　主编
中国电子学会　编著

中国科学技术出版社
·北　京·

图书在版编目(CIP)数据

2006—2007 电子信息学科发展报告/中国科学技术协会主编；中国电子学会编著. —北京：中国科学技术出版社，2007. 3
ISBN 978-7-5046-4530-2

Ⅰ. 2... Ⅱ. ①中... ②中... Ⅲ. 电子技术—研究报告—中国—2006—2007 Ⅳ. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 024244 号

中国科学技术出版社出版
北京市海淀区中关村南大街 16 号　邮政编码：100081
电话：010—62103210　传真：010—62183872
http://www.kjpbooks.com.cn
科学普及出版社发行部发行
北京中科印刷有限公司印刷
*
开本：787 毫米×1092 毫米　1/16　印张：12.5　字数：300 千字
2007 年 3 月第 1 版　2007 年 3 月第 1 次印刷
印数：1—2000 册　定价：33.00 元
ISBN 978-7-5046-4530-2/TN・35

2006—2007
电子信息学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN ELECTRONICS AND INFORMATION TECHNOLOGY

首席科学家 俞忠钰

专家组成员 （按姓氏笔画排序）

王晓亮 冯正和 朱洪波 杨秀华 何华康

沈昌祥 陆 军 周寿桓 高 文

学术秘书 戴 茗

序

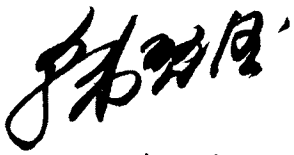
基于我国经济社会发展和国际社会竞争态势的客观要求，党中央、国务院做出增强自主创新能力、建设创新型国家的战略部署，这是综合分析我国所处历史阶段和世界发展大势做出的重大战略决策。学科创立、成长和发展，是科学技术创新发展的科学基础，是科学知识体系化的象征，是创新型国家建设的重要方面，是国家科技竞争力的标志。在科学技术繁荣、发展的过程中，传统的自然科学学科得以不断深入发展，新兴学科不断产生，学科间的相互渗透、相互融合的趋势不断增强；边缘学科、交叉学科纷纷涌现，新的分支学科不断衍生，科学与技术趋向综合化、整体化。及时总结、报告自然科学的学科最新研究进展，对广大科技工作者跟踪、了解、把握学科的发展动态，深入开展学科研究，推进学科交叉、融合与渗透，推动多学科协调发展，促进原始创新能力的提升，建设创新型国家具有非常重要的意义。为此，中国科协在连续 4 年编制《学科发展蓝皮书》基础上，自 2006 年开始启动学科发展研究及发布活动。

按照统一要求，中国力学学会、中国化学会、中国地理学会等 30 个全国学会申请承担了 2006 年相应 30 个一级学科发展研究任务，并编撰出版 30 本相应学科发展报告。在此基础上，中国科协学会学术部组织有关专家编撰了全面反映这 30 个一级学科的总报告——《学科发展报告综合卷(2006—2007)》。

中国科协是中国科学技术工作者的群众组织，是国家推动科学技术事业发展的重要力量，开展学术交流、活跃学术思想、促进学科发展、推动自主创新是其肩负的重要任务之一。开展学科发展研究及学科发展报告发布活动，是贯彻落实科技兴国战略和可持续发展战略，弘扬科学精神，繁荣学术思想，展示学科发展风貌，拓宽学术交流渠道，更好地履行中国科协职责的一项重要举措。这套由 31 卷、近 800 余万字构成的系列学科发展报告(2006—2007)，对本学科近两年来国内外科学前沿发展情况进行跟踪，回顾总结，并科学评价了近年来学科的新进展、新成果、新见解、新观点、新方法、新技术等，体现了学科发展研究的前沿性；报告根据本学科的发展现状、动态、趋势以及国际比较和

战略需求，展望了本学科的发展前景，提出了本学科发展的对策和建议，体现了学科发展研究的前瞻性；报告由本学科领域首席科学家牵头、相关学术领域的专家学者参加研究，集中了本学科专家学者的智慧和学术上的真知灼见，突出了学科发展研究的学术性。这是参与这些研究的全国学会和科学家、科技专家劳动智慧的结晶，也是他们学术风尚和科学责任的体现。

希望中国科协所属全国学会坚持不懈地开展学科发展研究和发布活动，持之以恒地出版学科发展报告，充分体现中国科协“三服务、一加强”（为经济社会发展服务，为提高全民科学素质服务，为科学技术工作者服务，加强自身建设）的工作方针，不断提升中国科协和全国学会的学术建设能力，增强其在推动学科发展、促进自主创新中的作用。



2007 年 2 月

前　言

中国科学技术学会决定从今年起，每年开展学科研究和发布活动，由中国电子学会负责的学科是电子信息学科。电子信息学科有三个特点：第一，涵盖的范围很宽，一般认为电子技术、光电子与激光技术、半导体技术、信息处理技术、通信技术、广播与电视工程技术、雷达工程等都属于电子信息学科的范畴；第二，技术发展非常迅速，面貌日新月异，不断产生出许多新的学科分支，如信号处理、信息安全、大规模集成电路等；第三，很多学科，如计算机科学与技术、自动控制技术、通信技术等，均脱胎或派生自电子信息学科，至今它们之间还有许多交叉、重叠。此外，像信息科学与系统科学、管理学、安全学、核电子、生物电子、电力电子等学科与电子信息学科之间有着密不可分的联系。学科间的交叉、相互渗透，科学观、方法论和技术上的相互利用、相互借鉴，实际上会大大促进和加速相关学科的发展。学科间的相互融合和渗透应该受到重视和鼓励。我们认为电子信息学科很有可能成为其他学科发展或延伸的“铺路石”、“推进剂”和“倍增器”，当其他学科应用电子技术作为其研究、开发手段时，有可能获得意料之外的进展。而电子信息科学工作者所要做的是：跨越自身的限制，渗透到其他学科，甘为其他学科的发展充当工具和铺路石，在为其他学科发展作出贡献的同时，寻找电子信息学科发展的机遇。

鉴于电子信息学科覆盖面宽、分支学科多、边缘学科多的现实和电子信息学科边界不够清晰的情况，此报告中只选择属于电子信息学科的一部分专题，其他专业相关的课题则在今后年度中分年陆续进行研究、编写报告。对当年进展较大，成为学术界、产业界关注重点的某个学科或专题，则可将其连续列入研究范围。经过几年坚持不懈的努力，并在其间邀请电子信息学科和其他相关学科的知名学者、专家进行认真研讨，逐步形成“电子信息学科”的完整、准确、全面的概念。

本报告中我们只选择了八个专题，它们分别是：广播电视技术（首席专家：杨秀华）、固体激光技术（首席专家：周寿桓）、雷达技术（首席专家：陆军）、微波技术（首席专家：冯正和）、微电子技术（首席专家：王晓亮）、无线通信技术（首席专家：朱洪波）、信息安全技术（首席专家：沈昌祥）、音视频信息处理技术（首席专家：高文）。

其中既有被公认为“传统”电子信息学科的专题，也有“归属未定”的、新兴的“交叉型”或“边缘型”的专题。我们希望在这些研究成果公布之后，能获得来自多方面的意见、建议或批评，以便更精确地定义电子信息学科的内容和范

围，摸索进行学科发展研究更为有效的方法，纠正报告中可能存在的谬误，展开学术观点上的争论和讨论，在今后每年进行的学科进展研究工作中不断进步。

中国电子学会“2006—2007 电子信息学科发展报告研究课题组”，由俞忠钰担任学科研究首席专家，课题组由八位专题首席专家和五位工作人员组成。2006 年 12 月初，学会组织了有多方学者参加的讨论会，仔细评审初稿。编者在认真听取多方意见之后，本着求真务实的精神，对初稿不厌其烦地反复修改，最终完成了由综合报告和八个专题报告组成的 2006—2007 电子信息学科发展报告。

在研究和编写、研讨过程中，得到了以首席专家牵头的各个研究组，以及他们的所在单位或跨单位、跨部门不同形式的工作组、编写组的大力支持。也得到参与初稿研讨的诸多专家们的大力支持。研讨会还得到了电子工业出版社的大力支持。在此对上述相关人员和机构表示最衷心和诚挚的感谢。中国科协有关部门和领导给予我们许多支持和指导，使我们得以完成此项工作，在此谨表示我们的感激之情。

中国电子学会

2006 年 12 月

目　录

综合报告

专题报告

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Reports on Special Topics

综合报告

电子信息学科进展

一、引言

电子信息学科有三个特点：一是所涵盖的范围很宽，现在一般认为属于电子信息学科的有电子技术、光电子与激光技术、半导体技术、信息处理技术、通信技术、广播与电视工程技术、雷达工程等；二是技术发展非常迅速；三是很多学科，如计算机科学与技术、自动控制技术、通信技术等，均脱胎或派生于电子信息学科，至今它们之间还有许多交叉、重叠。此外，像信息科学与系统科学、管理学、安全学、核电子、生物电子、电力电子等学科与电子信息学科之间有着密不可分的联系。学科间的交叉、相互渗透，科学观、方法论和技术上的相互利用、相互借鉴，实际上是有利于科学技术发展的一个重要促进因素。学科间的相互融合和渗透应该得到鼓励。电子信息学科很有可能成为其他学科发展或延伸时的“推进剂”、“倍增器”，当其他学科应用电子技术作为其研究、开发手段时，有可能获得意料之外的进展。而电子信息学科自身应该做的是：跨越自身的限制，渗透到其他学科，甘为其他学科的发展充当工具和铺路石。其他学科的发展，也将促进电子信息学科发展。

二、广播电视技术

广播电视技术数字化是近十几年来世界各国信息技术发展的主流方向之一。经过20多年的努力，我国广播电视技术数字化水平，尤其是显示终端的数字技术应用水平已进入世界先进国家行列。我国从1996年便开始研究地面数字电视广播体制；1999年10月1日进行了实验播出。2001年北京、上海和深圳被确定为开展数字电视广播的试点城市。从2004年开始，已经有数十个大中城市逐步开展了地面数字电视的试验性广播；北京、上海和广东三地还开展了基于DAB的T-DMB试验广播。

我国广播电视技术数字化工作目前已进入实用阶段，2006年8月18日国家发布了数字电视地面广播国家标准GB 20600-2006，同年还颁布了AVS视频编码的国家标准GB/T 20090.2-2006和两个数字广播的行业标准：数字声音广播GY/T 214-2006、移动多媒体广播第1部分GY /T 220.1-2006标准。新标准的公布，表明我国已经完成从“电视大国”向“电视强国”转变的“准备阶段”工作。

在广播电视数字化进程方面，广电总局计划将于2015年停止模拟电视广播，全面转为数字电视广播。广电总局公布的我国发展数字电视的“三步走”战略为：首先，以数字有线电视为切入点；其次，发展卫星数字电视；第三步，发展地面数字电视广播。广电总局提出，2005年是有线数字电视“整体转换年”，并在2006年取得了较大的进展。

我国产业界已经为发展数字电视作好了准备。发射机制造企业已能生产我国发展数字电视广播所需的广播发射机；接收机制造企业已解决了大批量生产数字电视机的技术

难关。但是新国标包括了两种制式和可选项，给企业生产时带来一些麻烦和成本的增加。新标准带来的知识产权和专利问题也有待相关部门协调解决。

在发展数字电视广播时，建议在中西部地区着重发展地面数字标准清晰度电视(SDTV)广播，在我国发达地区和主要城市在发展标准清晰度电视(SDTV)广播的同时，着重发展数字高清晰度电视(HDTV)广播。

三、固体激光技术

2005～2006 年，我国在固体激光研究、应用等领域取得了许多可喜的进展，主要有：全固态激光、深紫外激光、巨型高功率大能量激光、超快激光、超强超短脉冲激光应用、激光显示等。

(一)全固态激光器

采用半导体激光二极管(LD)泵浦是迄今减少进入固体激光器无用热最有成效的一种方法，并形成了一代新型的固体激光器——全固态激光器(DPSSL)。

我国全固态激光的研制已有多年的历史，但因为 LD 阵列的亮度、效率、寿命、冷却等还有欠缺，所以长期停留在实验室。近两年有了明显的进展，包括 LD 性能的改进和 DPSSL 系统的研发应用。

DPSSL 对环境温度的适应能力遇到了严重的挑战。LD 的温度漂移约为 0.3 nm/℃。温度变化几度就会严重影响 Nd:YAG 激光器的效率，而且温升还将损坏 LD。高功率 LD 的堆叠密度直接受到有效散热的制约，散热已成为影响 DPSSL 技术发展、走向实际应用的一个关键因素。一些特殊应用场合使用的激光器的设计、制造面临很大的挑战，各国将此视为机密。近两年，我国依靠自主创新研制，取得了突破性进展，为工程应用打下了基础。

工业用 DPSSL 最重要的指标是整机长期工作的可靠性、稳定性。一些国家禁止对我国出口连续输出功率 60 W 的绿光 DPSSL。但我国依靠独立自主研究，首先实现 LD 的国产化，并在此基础上研制成功了全部采用国产元器件、连续输出绿光激光功率＞100 W，无故障连续工作时间＞200 h 的 DPSSL，进入批量生产，满足了用户的急需。

在同样的体积下，光纤的表面积比块状工作介质的大 2～3 个数量级，因此散热效果良好；因为是波导结构，激光模式由纤芯直径 d 和数值孔径 NA。决定，不受工作介质中无用热的影响。因此，高功率光纤激光器的诞生是克服固体激光器“热效应”的又一重大进展。2006 年 7 月，我国高平均功率光纤激光器输出平均功率达 1.2 kW，光—光斜效率为 79.3%，达到国际先进水平。

热容激光器在热容模式工作时，可以承受比常规工作模式高几倍的平均功率而不致因热应力造成破坏。中国工程物理研究院 10 所，中电科技集团 11 所等单位开展了基础性的研究工作。虽然因受器材规模的限制，总输出能量与国际最高水平相比还有差距，但却具有若干创新性的设计，在一定程度上减轻了热容激光器的缺陷。采用全国产元器件，LD 端面泵浦 φ70 mm 的 Nd:GGG，单个模块输出 1.5 kW，泵浦功率 600 W，η = 25%，

工作时间为 1 s。

飞秒激光是一项具有划时代意义的新技术。近两年，天津大学在飞秒激光的非线性频率变换、太赫兹产生等应用研究获得重要进展。

(二)超强超短脉冲激光

2005～2006 年，中国工程物理研究院建成 SILEX-Ⅰ，并在该装置上进行了大量实验研究工作，包括电子加速、质子加速、团簇产生中子、超短 X 光源、飞秒激光大气传输、飞秒激光损伤机理、材料动力学特性等实验研究。取得了一批重要的研究成果，如产生近 10^9 eV 的电子束，观察到高功率密度时相对论等离子体的新奇物理现象和特征，为国际学术界所瞩目。

(三)巨型高功率大能量激光

我国在已完成神光-Ⅰ、神光-Ⅱ装置的基础上，拟在 2012 年左右完成神光-Ⅲ激光装置的建造。这将使我国成为世界上少数几家拥有巨型激光装置的国家，在惯性约束聚变研究领域进入世界先进行列。

(四)深紫外激光晶体

中科院理化所、物理所在深紫外激光晶体生长、应用上做出了卓有成效的工作。自 20 世纪 90 年代以来，发现了一系列可用于深紫外谐波产生的新型非线性光学晶体。其中 KBBF($KBe_2BO_3F_2$)晶体是到目前为止唯一能使用倍频方法产生深紫外激光输出的晶体。使用这种 KBBF 棱镜耦合器件，和东京大学物性所合作，首次实现了 Nd:YVO_4 激光的 6 倍频谐波光输出，输出功率达 3.5 mW，并成功将这一新型光源应用于光电子能谱仪，获得了超高分辨率的电子能谱，清晰地观察到超导电子对在费米面附近的凝聚，测量出 $CeRu_2$ 化合物超导体在 3.8 K 超导态时 Cooper 电子对和超导能隙的形成。最近中科院物理所与理化所合作，使用同种光源，进一步研制出国际上首台角分辨超高分辨率光电子能谱仪，正计划建造自旋分辨的超高分辨率光电子能谱仪，它将为固体中电子的强关联相互作用的研究提供更先进的设备。

(五)高平均功率激光晶体

与最常用的固体工作介质 Nd:YAG 相比，Nd:GGG 具有无核芯，可获得较大的截面积；受激发射截面较小，可储存更大的能量，放大级可提取更高能量；密度较高等优点。与玻璃相比，Nd:GGG 的热导率约为玻璃的 10 倍，发射截面、破坏应力是玻璃的 5 倍。因此 Nd:GGG 比 Nd:YAG 和玻璃更适合热容模式工作。2005 年，北京奥依特公司产出高质量的 Nd:GGG 晶体，直径 75 mm、等径长度 60 mm。单片 φ70 mm×10 mm 晶体，1064 nm激光连续输出 1.5 kW。

(六)激光显示技术

激光作为全色显示系统的光源具有天生的色度学优势，它是继黑白、彩色、数字显示

技术后的新一代显示技术。

2005 年中科院物理所等成功研制出了 84 英寸、140 英寸大屏幕激光显示样机，展现出色彩艳丽的动态图像。

四、雷达技术

20 世纪 90 年代以来，我国的雷达技术进入了快速发展时期，摆脱了仿制，走上了自主研制的道路，生产了一批高性能雷达，满足了国民经济建设、社会发展、科学研究和国防安全的需要。例如，精密跟踪测量雷达成功地为载人航天保驾护航；机载合成孔径雷达(SAR)为洪涝灾害监测、三峡工程和西部大开发提供了服务；一批高性能的天气雷达肩负着监测和预测灾害性天气的重任；在沿海和长江黄金水道的各个港口，港口监视雷达为船只安全顺畅地航行和进出港口提供了保障；航空交通管制雷达也开始担负起空中交通管制的执勤任务；各种各样的高性能雷达广泛应用于国防安全的各个方面。

(一)我国雷达技术与国际先进水平差距缩小

总起来说，地(海)面雷达技术已达到相当高的水平，机载雷达技术取得了很大进展，星载雷达技术也有一个良好的开端。其中，机载合成孔径雷达(SAR)技术已从单一的 X 波段发展到 P、L、S、X、Ku 波段，从单极化发展到多极化，分辨率从十米级提高到了米级，测绘带宽从几千米发展到几十千米。空间和空中探测雷达越来越多地采用了相控阵技术，相控阵技术已从无源相控阵发展到了有源相控阵。气象雷达技术发展很快，已研制成功各种频段和各种体制的测风雷达和测雨雷达(也称天气雷达)。

(二)2005～2006 年度雷达学科的新进展和应用

(1)在微波遥感成像雷达方面：先进机载合成孔径雷达关键技术和设备取得了重大进展；多极化多频段机载合成孔径雷达技术在地形测绘中获得实际应用；星载合成孔径雷达 L 波段技术已应用于遥感卫星，S 波段技术和 X 波段技术也取得了新进展。其中，机载合成孔径雷达技术已接近国际先进水平，星载合成孔径雷达技术与国际先进水平还有较大差距，主要差距是在多参数(多频段、多极化)和多模式(条带 SAR、聚束 SAR、扫描 SAR、干涉 SAR 等)方面。

(2)在空间和空中探测方面：深空探测雷达系统技术、中远程固态有源相控阵雷达系统技术、数字相控阵技术和光控相控阵技术都取得了重要进展；微波低频段有源相控阵雷达技术在条件复杂、要求苛刻的领域获得了实际应用。这些成果都接近或达到了国际先进水平；但是在微波高频段有源相控阵雷达技术方面，美国已在实际应用 X 波段有源相控阵雷达技术，在这个方面还有较大差距。

(3)在气象雷达方面：新一代多普勒天气雷达的布网应用、边界层风廓线雷达技术、测风激光雷达技术和车载式 X 波段全相参多普勒偏振雷达技术都取得了新进展，达到了国际先进水平。

(4)在交通管制雷达方面：S 波段固态一次监视雷达、单脉冲二次监视雷达和港口监

视雷达等取得了重要进展，其系统性能达到了国际先进水平。

(5)出版了由我国众多资深雷达专家撰写的大型设计性雷达技术丛书。

(三)对雷达学科的战略需求

雷达学科的战略需求主要是与国民经济建设、社会发展和国防安全有关的一些重大问题，如生态与环境监测、资源勘探与综合区划、交通运输管理与安全保障、重大自然灾害监测、国家重大科技专项中的对地观测系统和载人航天与探月工程，以及国防安全等。这些重大问题都程度不同地需要雷达学科提供技术支持。

(四)雷达学科的发展趋势与研究方向

(1)微波遥感成像雷达技术(合成孔径雷达技术和逆合成孔径雷达技术)：高分辨率合成孔径雷达及图像解释技术、低频段合成孔径雷达探地技术、动目标监测定位技术、合成孔径雷达(SAR)定标技术、SAR 小卫星及星座技术、多参数多模式综合技术、双多基地 SAR 技术、逆合成孔径雷达(ISAR)机动目标高分辨率技术和三维成像技术。

(2)空间和空中探测的相控阵雷达技术：X 波段有源相控阵技术、宽频带相控阵技术、低/超低副瓣相控阵天线技术、数字相控阵技术、共形相控阵技术、毫米波相控阵技术、天基相控阵技术。

(3)气象雷达技术：双线偏振技术、双多基地气象雷达技术、星载气象雷达技术、毫米波和激光气象雷达技术。

(4)航管雷达技术：S 模式二次监视雷达技术、新一代一次监视雷达技术、精密进近雷达技术、小型地面活动监视雷达及其组网技术、机场多种雷达的综合一体化技术。

(5)探地和安全检测雷达技术：超宽带大功率信号产生及发射技术、超宽频带接收机技术、先进的信号处理和数据处理技术、超宽频带雷达理论和设计技术。

(6)其他值得关注的发展动向，主要是多功能一体化和数字化及网络雷达技术。

五、微波技术

随着无线通信、无线网络在全球范围及在广泛领域的迅速应用，随着高新科技以及军用、民用的需求，微波技术得到了迅速发展。微波产业及相关配套迅速发展，学术活动亦十分活跃，电磁理论和微波技术也在新的挑战中得到进一步发展。

(一)学科进展

1. 电磁理论和数值方法

作为电磁场理论和微波技术研究的重要手段之一的电磁场算法得到了深入的发展和广泛的应用。为了解决目前通用软件中存在的问题，国内在基于 MOM 的快速多极(FMA)和多层快速多极(MLFMA)算法及相关混合算法的研究方面取得进展，在 FDTD 的多重网格、PEEC(部分等效元法)的全波全介质应用、时域有限元、时域积分方程方法(TDIE)以及各种高效混合数值方法等方面需要作进一步研究。电磁场可视化技术亦是