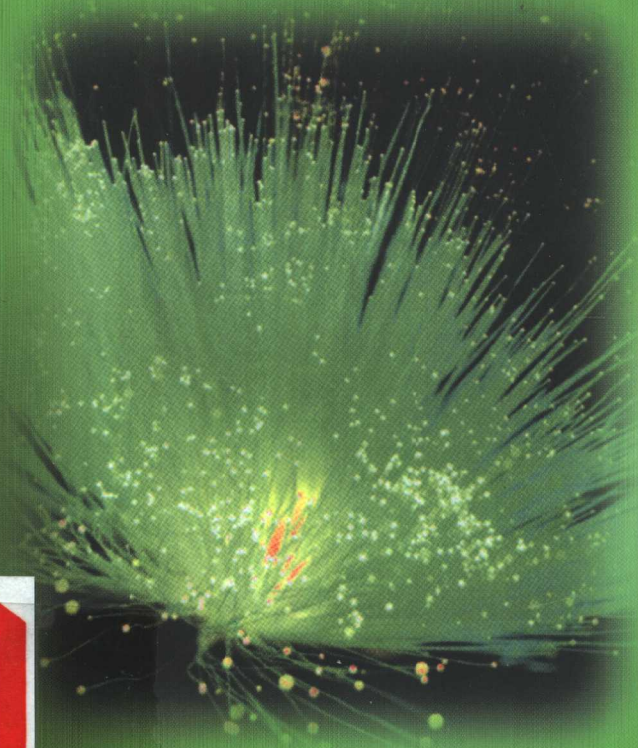
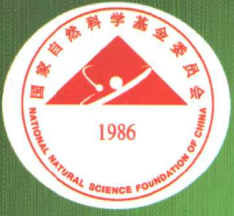


国家自然科学基金优先资助领域战略研究报告

# 光子学与光子技术

国家自然科学基金委员会




HEP  
高等教育出版社



Springer  
施普林格出版社

国家自然科学基金优先资助领域战略研究报告



# 光子学与光子技术

国家自然科学基金委员会



CHEP  
高等教育出版社



Springer  
施普林格出版社

(京) 112 号

图书在版编目(CIP)数据

光子学与光子技术 / 国家自然科学基金委员会. - 北京: 高等教育出版社;  
海德堡: 施普林格出版社, 1999.10

ISBN 7-04-008425-2

I. 光… II. 国… III. ①光子-理论-科学研究-项目-中国国家自然科学基金委员会 ②光子-技术-科学研究-项目-中国国家自然科学基金委员会  
IV. 0572.31-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 67322 号

书 名 光子学与光子技术  
作 者 国家自然科学基金委员会

---

出版发行 高等教育出版社 施普林格出版社  
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号 邮政编码 100009  
电 话 010-64054588 传 真 010-64014048  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所  
印 刷 北京民族印刷厂

开 本 880×1230 1/32 版 次 1999 年 12 月第 1 版  
印 张 5.75 印 次 1999 年 12 月第 1 次印刷  
字 数 150 000 定 价 18.00 元

---

©China Higher Education Press Beijing and Springer-Verlag Heidelberg 1999

版权所有 侵权必究

国家自然科学基金  
优先资助领域战略研究报告  
编辑委员会

主任：张存浩

副主任：张新时

成员：孙 枢 陈佳洱 周炳琨 王乃彦  
梁 森 袁海波 白以龙 王 夔  
强伯勤 钱祥麟 蔡睿贤 陈俊亮  
成思危 吴述尧 杨再石

## 光子学发展战略研究组

组 长:

王启明 院 士 中科院半导体研究所

副组长:

王玉堂 研究员 国家自然科学基金委员会

董孝义 教 授 南开大学

组 员(按姓氏笔划排序):

王清月 教 授 天津大学

沈 恂 研究员 中科院生物物理研究所

刘立人 研究员 中科院上海光机所

刘式墉 教 授 吉林大学

李世忱 教 授 天津大学

李育林 研究员 中科院西安光机所

李峻亨 教 授 解放军总医院

张光寅 教 授 南开大学

郭光灿 教 授 中国科学技术大学

姚建铨 院 士 天津大学

傅便翔 工程师 国家自然科学基金委员会

彭堃璠 教 授 山西大学

谢树森 教 授 福建师范大学

## 光子学与光子技术战略报告评审组

简水生	院 士	北方交通大学
陈良惠	研究员	中国科学院半导体研究所
于荣金	教 授	燕山大学
杨恩泽	教 授	天津大学
胡小唐	教 授	天津大学
熊志楠	教 授	天津理工学院

国家自然科学基金优先资助领域战略研究报告  
《光子学与光子技术》编辑部

主任：张新时

副主任：吴述尧

编辑：王玉堂 龚旭 刘作仪 赵天夫

# 序



在以知识经济为特征的 21 世纪,知识的生产、分配和使用将对经济发展起决定性作用,以高新技术为代表的科技知识和掌握高新技术的人才将成为知识经济时代的两大支柱。作为高新技术先导和源泉的基础研究的发展将更为重要。从现在起到 2010 年,要使我国社会主义现代化建设取得关键性突破,就必须走“科教兴国”和可持续发展的道路,实现科技的跨越式发展,这是我国抓住世纪之交的历史机遇,尽快缩小与发达国家差距的必然选择。由于我国是一个发展中大国,财力毕竟有限,不可能在各个领域都投入更多的力量,因此,必须从社会和经济的长远发展需要出发,统观全局,突出重点,实行“有所为,有所不为”的方针,继续加强基础研究,在继续努力为科学家创造更为宽松的自由探索环境的同时,积极引导基础研究为国家目标服务。

国家自然科学基金委员会自成立之日起,始终以发展我国基础科学事业为己任,努力使有限的科研资源得到合理的优化配置。1988 年起,我委以资助的 56 个学科为基础,开展了学科发展战略研究,在近十年的时间里,共有 2000 多位资深科学家参与了此项调研工作,至今已出版《原子分子物理学》等学科发展战略调研报告系列丛书 55 种。该研究的成果已陆续反映在每年发布的《国家自然科学基金项目指南》



中,指导申请者的选题和评审专家对立项的评审工作。在此项调研工作的基础上,1993年国家自然科学基金委员会开展了“九五”优先资助领域的战略研究,认真贯彻“有所为,有所不为”的方针,遴选国家自然科学基金“九五”优先资助领域。经过委内外专家、海内外科学家的共同研讨,并广泛征求相关部委的意见,听取两院院士的咨询,最终形成的50个优先领域正在指导“九五”重大项目和重点项目的选题和立项工作。

为了进一步适应急剧变化的外部环境和自身发展的需要,将优先资助领域的实施工作落到实处,国家自然科学基金委员会从1996年起,部署了深入的优先资助领域战略研究工作。此次工作本着**起点高、观点鲜明**和**注重可操作性**的要求,先在各科学部选取若干领域开展试点。**起点高**,就是一定要站在科学前沿,重视运用最新技术成果,组织力量,集中攻关,占领科技制高点;**观点鲜明**,就是要坚持“有所为,有所不为”,瞄准国家目标,选取关系到国民经济和社会发展深层次科学问题的研究领域,以及我国已有相当实力、正或将处于国际领先地位的领域,优势集中,突出重点;**注重可操作性**,就是要把战略决策与国家目标紧密结合,把经费倾斜与政策导向紧密结合,把绩效评估与学科资助政策紧密结合,使有限的科学基金发挥更大的作用。

此次战略研究的成果,也将以研究报告的形式出版,并作为国家自然科学基金委员会战略决策的重要依据,在今后一段时间内指导研究者的选题。随着研究工作的开展,国家自然科学基金委员会深入的优先资助领域战略研究丛书将陆续与读者见面。

我们衷心感谢科学家们的热情支持以及付出的艰辛劳动,并期待广大读者提出宝贵意见和建议。

国家自然科学基金委员会 政策局

1998年3月

# 前 言



随着现代科学技术的飞速发展,人类历史即将进入一个崭新的时代——信息时代。其鲜明的时代特征是,支撑这个时代的诸如能源、交通、材料和信息等基础产业均将得到高度发展,并能充分满足社会发展及人民生活的多方面需求。作为信息科学的基础,电子学与电子技术将由微电子学与技术向纳米电子学及分子电子学与技术发展;与此同时,近年来,一个新兴学科——光子学(Photonics)已经迅猛兴起,它继电子学之后,又为信息科学的发展提供了一个重要的基础。

对于光子学与光子技术的兴起,世界上技术发达国家,如美国、西欧、日本等都在战略上给以高度重视。在欧洲、美洲、大洋洲以及亚洲等地先后兴建起越来越多的光子学专门科研机构与组织,定期和不定期地举办各类学术交流会议;有越来越多的高等院校已开设光子学专门课程;光子学领域的研究经费投入量与相应的科研成果也在明显地逐年扩大;随着光子技术的发展,光子以其所具有的极快响应速度、极大信息容量和极高信息效率在推动信息科学发展中显示出越来越强的竞争力。光子产业在商品市场的份额在逐年增加,已倍受产业界关注。不难看出,光子学已经形成一个新兴的独立学科,光子技术作为信息科学的支撑技术将与电子技术相互渗透、补充,并发挥越来越重要的作

用。

这篇“光子学与光子技术发展战略报告”是国家自然科学基金委员会政策局在“九五”优先资助领域的基础上安排的软课题,由信息科学部组织队伍开展战略研究所取得的结果。光子学与光子技术发展战略研究软课题于1996年底立项,课题组由王启明院士、董孝义教授牵头,由15位各分支学科的专家组成。在开展研究的过程中进行了大量调查工作。于1997年5月和9月分别在福建、山西召开两次研讨会形成了“战略研究”的基本框架。因此,这份“战略研究报告”是我国光子学、光子技术首次在大范围内开展的深入战略研究成果,是众多科学家集体劳动智慧的结晶。

在此值得一提的是南开大学有一批卓有学识的教授,十分关注光子学的发展,他们多次发表有见地的综述性文章,在此次战略研究中发挥了重要作用。

为了使战略研究的结果能发挥更大的作用,在软课题立项时,我们就提出明确的要求,具体的指导思想是:在总结我委已经完成的各学科发展战略研究经验的基础上,选择“九五”优先资助领域中有较大突破可能的少数项目开展深入研究;研究重点应着眼于全国的宏观决策上,而不要过分偏重于专业内容的调查;在具体方针上,要选好突破口,强调有所为,有所不为,其总体战略部署争取做到可以指导我国“九五”计划或更长一段时间内的光子学研究工作。在这一思想指导下,本战略中所提出的重大、重点项目的建议,将是信息科学部光学与光电子学“九五”期间的重要立项依据。根据我委管理办法的规定,只要在学科专家评审会通过,这些项目就可以在近期内得以实施。从这一角度来说,这一战略研究报告有可能成为我国第一部光子学指导性的实施纲领。

众所周知,光子学是一门新兴学科,对于它的内涵以及它与传统光学的关系等,在学术界尚有某些不同见解。因此,我们认为软课题组所提出的战略意见也只是现在的一个调查研究结果,很难包括各种意见

和见解,这是符合新生事物的发展规律的。我们相信随着时间的推移以及对光子学认识的深化,有些意见会得到统一。因此,我们希望继续开展有关讨论。只有这样才能正确指导一个新兴学科的健康发展。

王玉堂

1998年1月

## 摘 要

随着现代科学技术的迅猛发展,人类历史开始进入一个崭新的时代——信息时代。作为信息科学的基础,电子学与电子技术不断深入开拓,以适应信息社会日益发展的要求。与此同时,一个新兴学科——光子学(Photonics)业已迅猛兴起,它继电子学之后,为信息科学与技术的进一步深入发展提供了又一个重要基础和支柱。

光子学是与电子学平行的科学。它是研究作为信息和能量载体的光子行为及其应用的科学。在理论上,它主要研究光子的量子特性及其在与物质(包括与分子、原子、电子以及光子)的相互作用中出现的各类效应及其规律;在应用方面,它主要研究光子的产生、运动、传输、控制以及探测规律等。实际上,光子学是一个具有极强应用背景的学科,并因此而形成了一系列的光子技术,诸如光子发生技术(激光技术)、光子传输(光通信)技术、光子调制与开关技术、光子存储技术、光子探测技术、光子显示技术等等。光子技术的基础是光子学。因此在这个意义上讲,光子学是一门更具技术科学性质的学科。

光子学作为一门新兴学科,目前正处于成长与发展时期,它尚有一个逐步充实、完善,最后走向成熟的必然过程。同时,人们对它的认识也自然将随之进一步深化和统一。

光子学在发展中已形成若干活跃的和重要的研究领域。

信息科学是光子学的重大应用领域之一。特别是在下一个世纪(信息时代)里,光子学将继续电子学之后成为信息科学的又一个重要支柱。光子学与信息科学的交叉已经形成一门新兴的学科——信息光子学(Infophotonics)。电子学及其电子信息科学技术已经成熟。电子作为信息的载体已经成为 20 世纪信息领域的主要特征和标志,并为人类社会作出了巨大贡献。光子学及其光子信息科学技术则初露锋芒,其优越性已被广泛确认。光子作为信息载体的优势与竞争力正在不断地被挖掘和开拓。

生物或生命科学是光子学的又一个重要应用领域。近年来生物医学光学与光子学的迅猛兴起,令人瞩目,并因而引发出了一门新兴的学科——生物医学光子学(Biomedophotonics)。它涉及生物系统以光子形式释放的能量与来自生物系统的光子的探测,以及这些光子携带的有关生物系统的结构与功能信息,还包括利用光子对生物系统进行的加工与改造等。光子学的另一个重要领域是基础光子学(Fundamental photonics)。基础研究一直是影响和促成光子学发展的重要因素。今天,光子技术的发展,甚至每个技术细节的进步都与基础光子学息息相关。反之,基础光子学的每一个“突破”和每一次“飞跃”,也自然导致光子技术的一次次创新、开拓和革命。

光子学的迅猛发展引起了国际社会的广泛关注。例如,在美国,对光子学及其技术的发展与应用已予以高度重视。政府已将光子学列为国家发展的重点,认为光子学“在国家安全与经济竞争方面有深远的意义和潜力”,并且肯定,“通信和计算机研究与发展的未来世界属于光子学领域”。为此,美国已建立诸多“光子学高技术研究中心”。在德国,政府已确定“光子学是下个世纪初对保持德国在国际技术市场上的先进地位至关重要的九大关键技术之一”。在这些国家里,已把大量的、越来越多的资金投入到了光子学及其技术的研究与开发上去。在日本,对发展光子学及其产业尤为重视,特别是近些年来,日本已在光子

学材料和器件的研究与开发上显示出优势。现在有人甚至认为,在当今时代,光子学即将成为“改变世界技术的杠杆,用它可以转动世界力量的均衡。在今后世界各国经济实力与国防力量的较量中,光子学必定占据极其重要的位置”。另外,需要指出的是,像电子学那样,光子学的发展也将对人们的思维方式产生影响,甚至会改变未来社会的生活方式。

在我国,越来越多的人开始对光子学予以关注,对这个新学科、对它的发展以及对它在社会与科学发展中的作用有了越来越明确的认识和共识。特别是近几年来,天津、上海、西安等地的高校与科研机构适应形势之发展,先后建立了各种“光子学研究中心”。当然,与国际的发展势态比较,我们仍存在较大的差距。

光子学已形成诸多学科分支。本书仅以基础光子学、光子学器件、信息光子学、集成与微结构光子学、生物医学光子学等为主线,列举了若干重要的学科分支。

在基础光子学中,已逐渐趋于成熟的学科分支有量子光学、分子光学、非线性光学、超快光子学等,它们对技术光子学的推动和促进作用也日趋卓然。

光子学涉及光子的产生、传输、探测、变换、控制、存储、显示等,由此形成诸多相关的器件,即各种光子器件。光子器件既是维系基础光子学与技术光子学的纽带,又是光子学应用的基础。作为一种重要光子源的激光器件一直是其中发展最为活跃的分支领域,并且已经形成日益壮大的产业。

在信息光子学领域,纤维光子学与技术、光通信技术、光子信息处理技术、光子存储技术及显示技术等诸多分支学科已经形成优势,并且在促进信息科学的发展中越来越显示出不可替代的重要作用。

集成光子学与微结构光子学是又一个引人注目的分支学科。如果说微电子学是电子学的“升华”,那么微光子学应该是光子学发展的必由之路。集成光子学与微结构光子学作为微光子学的基础,其重要意

义是显然的。

与信息光子学比较,生物医学光子学目前仅具雏型,但其发展之快引人注目。光子学与技术已广泛应用或渗透到生物和医学的诸多方面,并且逐渐成为其重要的研究工具,为之带来革命性变化。生物医学光子学包含生物光子学,或生命光子学与医学光子学,其中激光医学的发展最为迅速。

充分利用当前有利时机,加快我国光子学发展,用较短的时间赶超世界先进水平,使光子学及其技术在促进我国信息科学与产业的发展及其在科教兴国的事业中发挥重大作用。为此,有必要在宏观上确立光子学的发展战略目标、战略部署与举措,以及近期优先研究的若干领域等。

本报告提出的优先研究领域包括基础光子学、信息光子学和生物医学光子学,以及它们相互交叉形成的一些重要学科领域。



**责任编辑** 赵天夫

**封面设计** 张楠

**版式设计** 李杰

**责任印制** 陈伟光