



Strategic Research on
Laser Development of China

我国激光发展战略研究

中国科学院上海光机所·上海市激光技术研究所

上海科学技术文献出版社

1 9 8 8

我国激光发展战略研究

中国科学院上海光机所 编
上海激光技术研究所

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号)

新华书店经销

昆山亭林印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 9.25 字数 112,000

1989年1月第1版 1989年1月第1次印刷

印数: 1—1,000

ISBN 7-80513-382-4/T·130

定价: 9.80元

(内部发行)

序 言

激光作为一门高技术产业，已在国民经济、国防建设、科学研究、医学治疗和人民文化生活等各个方面愈来愈显示出它的巨大作用和活力，因而受到了各先进工业国家政府和企业的广泛重视。目前激光产业正以约30%的年增长率迅速发展着，并在若干工业部门内急速地改变着许多传统工艺的面貌，而且涌现出了若干新兴产业(如光通信、光印刷、光存贮等)，发展前景十分可观。我国是一个发展中大国，迅速改变我国的落后面貌，急起直追世界先进工业强国，发展高技术产业乃是一个迫在眉睫的重要任务。

虽然，我国的激光研究与应用起步较早，投入的人力在世界上也最多，但无论我们的技术水平，还是经济效益与世界先进工业国家相比都相差很远，远远满足不了客观形势对激光技术提出的要求。

为了适应新的发展形势，加速开拓激光产业，使激光技术更好地为我国建设事业服务，1986年国家科委新技术局给中国科学院上海光学精密机械研究所和上海市激光技术研究所下达了“我国激光发展战略研究”的任务。研究组由上海光机所王润文(副所长、研究员，组长)、黄永楷(副研)、方洪烈(副研)、雷仕湛(副编审)和上海激光所邵子文(“应用激光”编辑)五人组成。在国家科委新技术局的指导和关怀下，研究组在广泛占有材料的基础上，通过纵横比较分析和广泛地听取各类专家的意见之后，最后定稿，形成此书。

本书由战略总论、分项说明及评审材料三部分组成，其中除激光

医学分项由上海激光所完成以外，其余全部稿件由中国科学院上海光机所完成。本书由黄永楷编辑。为本书提供文字资料和咨询意见的计有58个单位和204位专家，其中：邓锡铭、梅遂生、谢培良、雷肇棣、倪育才、范品忠、史济良、梁 宏、王焕灯、张英侠、周稳观和徐积仁等先生提供了很有价值的资料和意见，“中国激光”编辑部为本书的出版作了不少工作，在此，一并向他们表示衷心地感谢。

由于研究者水平有限，收集的国内外资料也不一定全面，观点和建

议也不一定都正确，错误之处在所难免，望领导和读者批评指正。

目 录

序 言	(I)
-----	-------

I. 我国激光发展战略研究总论

一、问题的提出	(1)
二、战略目标	(2)
1. 加速激光科研成果商品化	(3)
2. 促进激光技术新突破	(5)
3. 组织重大激光项目跟踪	(6)
4. 基础研究	(8)
三、政策与措施	(9)
四、结 语	(12)

II. 十五项战略分项发展说明

一、激光器件	(13)
二、激光材料	(20)
三、激光加工	(25)
四、激光印刷	(32)
五、激光计量检测	(40)
六、激光分离铀同位素	(46)
七、光通信	(52)
八、激光存贮	(60)
九、光计算机	(71)

十、激光化学 (79)

十一、激光医学 (90)

十二、激光生物学 (97)

十三、激光核聚变 (105)

十四、激光战略武器 (110)

十五、激光战术武器 (122)

III. 评审材料

一、广州评审讨论会纪要 (127)

二、专家评语 (130)

一、问题的提出

激光是二十世纪六十年代迅速兴起的一门崭新的科学技术，它也是本世纪以来发展快、成果多、学科渗透广、应用范围大的综合性高技术。它的出现，不仅使古老光学焕发出勃勃生机，而且还开拓了若干新兴学科与交叉边缘学科，如非线性光学、激光光谱学、激光化学、激光等离子体物理学、激光医学、激光生物学和最近几年发展很快的光电子学等。尤为重要的是，激光技术的发展，推动了一大批新技术和新产业的出现，一些行业的面貌发生了革命性的变化。例如，激光分离同位素，光纤通讯，激光印刷、排版、打字与复印，激光工业加工(打孔、切割、焊接和表面处理)，激光计量检测(测速、测长、测径、测污、测温和测毒等)，激光临床医疗，激光战术模拟，以及激光核聚变，激光战略、战术武器和光计算技术等。

激光技术如同计算技术、航天技术、核能技术、半导体技术、和生物工程等一样，将在科学研究、工业农业生产、国防建设和医疗卫生等方面的发展发挥越来越重要的作用。

目前世界各先进国家都在大力开发激光新技术，有的还列入了政府发展高技术的计划之中，如美国的战略防御倡议和激光核聚变计划，欧洲共同体的尤里卡计划，以及日本的激光研究五年计划等。

就我国来说，早在1963年就已将激光技术列入了1963~1972年的全国科学发展规划，而在第七个五年计划中，激光技术又被列为重点开发的新技术领域之一。

四分之一世纪以来，我国激光技术发展很快，取得了上千项有较

高水平的研究成果，其中如激光核聚变“神光”装置、人卫测距、导弹靶场跟踪、激光波长标准系列，以及激光晶体材料等都已达到了国际先进水平，有的甚至在世界上领先；在生产实践中，推广了成百项实用技术，取得了良好的经济效益。此外，我国现已拥有一支万人左右的激光技术队伍，能从事各种激光技术研究和开发应用方面的工作。

然而，同先进国家相比，我们无论在发展速度与规模、还是应用面以及所获得的效益来说，都还存在很大差距，单就市场而论，1986年，西方激光市场的总销售额达106亿美元(其中，激光器仅占总销售的5.5%，即5.87亿美元)，而我国尚不足一亿人民币，即不及世界市场的千分之二。为了尽快缩小这种差距，满足我国社会主义经济建设、国防建设和科学现代化的需要，有必要制订一个较长期的激光发展战略，以便在今后十几年内使我国的激光技术和相应的产品质量赶上世界先进水平，本报告就我国在本世纪内激光技术的发展重点、规模和相应的政策提出建议。

二、战略目标

根据我国现正处于社会主义初级阶段这一实际，我国的激光发展战略宜重点考虑以下内容：

- 应能促使若干激光科研成果迅速地转化为量大面广的产品，以满足当前国内科研、工农业、医疗卫生、国防应用和国外市场的需要。
- 应能有利于激光新技术的研究与开发，并使之不断地形成新的生产力。
- 应能使一些具有重大应用前景的中、长期应用研究项目获得适

当的支持,为未来激光技术的发展积蓄后劲。

• 应能保证基础研究有较稳定的经费支持,以维持一支精干力量进行新原理和新现象的研究,为播种未来工业探新路。

基于以上考虑,我国的激光发展战略可划分为“三个层次和一个注重”的原则进行安排,现分述如下:

1. 加速激光科研成果商品化

作为第一层次安排,这是激光技术开发和生产的主战场。

要使激光技术真正为国民经济、国防建设、科学研究和医疗卫生事业服务,并开拓部分国际市场,争取有较多的出口,必须建立激光新产业。为此,需将科研成果迅速地转化为商品生产,并要不断地改进质量,为产品的更新换代和适应不断变化的国内外市场形势努力工作。

应当看到,激光技术的应用方面是很广泛的,具有很大的发展前景。从当前国外激光技术市场的发展趋势,我们可以看出两大特点:

第一,激光系统的销售额远远大于激光器的销售额,前者比后者约大20倍,这种趋势还在看长,这就是说建立以光电子学为基础的广义激光产业,才是最有发展前途的产业;

第二,激光信息产业(光通信、激光印刷、激光存贮等)是激光产业的最大的市场,也是激光商品化的主要方向(据1986年西方世界激光市场统计,单激光印刷和光通信两项的销售额就达69.3亿美元,约占整个市场总销售额的65%,两者的年增长率分别为164%和40%),美、日厂商在这个领域中的竞争是十分剧烈的。

我国的激光市场,目前看来虽然很小,但情况正在发生变化。国家科研经费拨款制度的改革,大大推动了广大科技人员转向国民经济建设主战场的积极性,加速了人们价值观念的转变,促进了各科研单

位面向社会开拓，加强横向联系的步伐；另外，随着市场机制的增强，各企业面临国内外产品的竞争也愈来愈加剧烈，为了各自的生存和发展，依赖技术进步和知识发展的热情和迫切性正在迅速高涨。加上我国人多、地大、工业基础薄弱和百业待兴的潜在市场，激光技术在我国各行各业中的应用必将很快得到发展，特别是光纤通信，其需求量尤大。因为十亿人口要迈入信息时代，提高办事效率，电话是必不可少的。除此之外，电视、数据、传真及其它视频服务项目，对光纤系统的需求量亦很大。据推测，到2000年前，我国对光纤通信的投资总额将达百亿人民币量级。另外，随着办公室自动化热的兴起，激光打印、复印、照排和光盘存贮技术等的应用必然加速，出版业也将发生革命性的变化，我国在这一领域的市场亦有很好的前景。除此之外，我国还有大量的其它应用领域的激光市场存在。

鉴于我国目前的经济活动规模还较小，人们的消费水平还较低，为满足社会各个层次的需要，发展量大面广、技术比较成熟、涉及工业基础条件较少的产品，应该是实现激光技术商品化的起点。根据这种考虑，我国在“七·五”期间应重点组织以下产品优先实现工业化生产。

(1) 光通信系统。

(2) 激光印刷系统。

(3) 各类中小型激光器及材料、元件。特别是当前我国在国际领先的激光晶体材料，应加快实现商品化生产的步伐，迅速占领世界市场。

(4) 激光加工系统，

(5) 军用激光系统，

(6) 医用激光系统，

(7) 光盘、激光电视唱机与声唱机，

(8) 激光计量检测系统。

以上八项的详细发展建议，请见各分项说明。

2. 促进激光技术新突破

作为第二层次安排，这是激光技术开发研究和应用研究的主战场，也是后继工业的先导。

二十多年来激光发展的历史告诉我们，随着某项激光技术的新突破，跟着就会开拓出一大批新应用。例如氦氛激光和二氧化碳激光的出现，带动了大批测试技术和加工技术的发展；脉冲调Q激光的出现，带动了激光工业调阻、激光跟踪、激光测距和测卫技术的新进展；可调谐激光的出现，带动了激光化学、微观化学动力学、激光分离同位素、激光光谱和大气监测等的应用与基础研究的开拓；半导体激光与光纤的出现，带动了光纤通信、集成光学和光计算机技术等对社会具有深远影响的重大应用项目的发展；高能激光系统的开发，导致了激光核聚变和激光战略武器等应用研究的发展等，这类例子还有很多，它充分说明，激光技术的任何突破，都会开发出一大批新应用，有的甚至会给整个社会带来巨大的效益。

为了开发新技术，为未来产品拓新路，世界各先进国家都十分重视这一工作，如美国的战略防御局就专门设立了一个科技创新部来负责新技术的研究和开发，日本也在狠抓“播种未来工业”的工作。所谓“创新”、“播种”的目的，都是要在本世纪的这最后十几年开拓出二十一世纪的新科技。

由于我国与世界先进水平还有一定差距，并不是别人已有的工作或正想作的工作我们都应去作，但我们必须作的只是那些国家急需而又有能力作的工作。这里有两类工作内容：

第一类工作是对第一层次已经安排的产品或项目为进一步改进质

量或改型换代进行前期研究或组织再攻关；

第二类工作是对国外已出现的激光新技术，并估计到90年代或下一世纪初可能形成工业的项目开展应用开发研究，这些项目有：

(1) 光通信（包括相干光通信、超长波通信、军用绿光通信和大气通信等），

(2) 激光分离铀同位素（以原子法为主，以分子法为辅），

(3) 重型CO₂激光加工机（1万瓦级）和千瓦级固体激光加工机，

(4) 光传感技术，

(5) 激光医学与生物学，

(6) 激光化学。

(7) 进一步发展高性能激光器（包括超短脉冲高功率激光器、各类长寿命半导体激光器、高稳频激光器、多元列阵激光器、新型固体激光器和新型短波激光器等）和新型激光材料（包括新型激活工作物质、有机和无机非线性晶体、光折变晶体和新型光存贮介质等）。

3. 组织重大激光项目跟踪

作为第三层次，这是属于高技术跟踪研究，为21世纪科技创新而安排的前哨战。

涉及国家重大利益的激光项目，往往是技术综合性强、理论和技术问题高度复杂，要求投入人力、物力、财力相当庞大，研究周期长，并具有较大冒险性的一些项目。属于这类高科技前沿的有：激光核聚变、激光战略武器和光计算技术等，这三个项目想要解决的问题分别是世界能源问题，弹道导弹防御问题和超高速运算问题。

考虑到我们的国力，对于这些需要花费巨资的重大研究课题，我们不可能全线出击，唯一可取的办法是花少量的钱进行跟踪研究。这

样作，不但能使我们对这些重大问题具有一定的发言权，能有资格参与世界对话，增强对世界高科技内情的了解，和可能获得若干中间应用的技术收益外，而且也有利于培养新一代的高科技人才。有了这些准备，当别人成功时，我们就能立即组织力量攻关突破；当别人失败时，我们又不致因此而付出过高的代价。

(1) 激光核聚变

从1965年起，激光核聚变的研究就已成为我国高功率激光投资的主要项目。现在中国科学院上海光机所已建成了世界上为数不多的输出功率高达太瓦量级(10^{12})的“神光”高功率激光系统，但要作为核聚变驱动器，尚需将这一功率提高1000以上倍。

当前，我们应当充分利用这一系统，继续进行激光等离子体物理、核武器物理模拟、带电粒子激光加速器和X-射线激光器的研究工作，同时也宜适当开展提高该激光器系统的性能和有关的技术研究，以便在必要时再逐步提高和扩大。

(2) 激光战略武器

1983年美国总统里根提出的“战略防御倡议”是激光诞生以来世界上最大的一项以发展高能激光器为核心的星球大战计划，每年投资约几十亿美元。这项计划虽在美国国内有较大争议，但继续搞下去的势头，似无疑问。其主要理由是，这项计划即使不能取得完全成功，但由此而带动起来的一大批高技术的新成果也能使美国在21世纪处于世界科技强国的中心地位，从而左右世界。

根据美、苏两国在星战方面的发展态势，以及我国过去十几年在激光武器研究方面的基础，本着积极跟踪的原则，确定抓住发展高能激光器这一主要环节，特别是短波长化学激光、自由电子激光和X射线激光，进行跟踪探索研究是完全必要的。

(3) 光计算技术

虽然电子计算机目前已发展得十分完善,运算速度已高 9×10^9 次/秒,但仍不能满足航天器设计、长期天气预报、卫星遥感图象处理、雷达信号综合、核聚变等离子体模拟计算、X光断层数据处理,以及拟人智能化的信息处理要求,欲用传统的串级计算方法来大幅度地提高运算能力,显然已不可能,唯一的出路是发展以全新原理工作的光计算机。因为,据估计,光计算的理论速度可达 10^{23} 次/秒,技术上可实现 $10^{12} \sim 10^{15}$ 比特/秒的计算能力。

我国的光计算技术研究水平与国外相比,差距很大。积极开展这一领域的跟踪研究是十分必要的。根据这一技术的现状和我们的基础,应以开展关键单元器件的研制和探索新的计算方法与新的结构作为跟踪的重点。

4. 基础研究

除了前面叙述的三个层次安排的项目之外,学科上的基础研究是绝对不能忽略的。历史一再证明,一个新效应的发现、一个新概念的建立和一条新原理的提出,往往会对一门学科、一系列技术甚至整个社会带来巨大的影响,半导体技术和激光技术本身就是很好的例证。

激光,由于它具有的特性,特别适宜于研究光同原子、分子和凝固态物质的相互作用,这类研究的内容和范围是十分广泛的,它涉及物理、化学、材料、生物和医学等各个学科,所研究的现象包括从不相干到相干,从线性到非线性(即从弱场到强场),从稳态到非稳态,从单稳到双稳以至多稳,从有序到混沌,从纯态到压缩态,从聚束到反聚束,从连续到脉冲,从渐变到爆炸等等,所有这些是当前十分活跃的领域,其中有的研究已显露出重大的应用前景。我们相信,随

着研究工具和信息收集处理手段的不断改进，以及人类认识的不断深入，新发现和新应用必将通过基础研究这一有效途径而不断涌现，有的成果甚至会促进科学技术实现新的飞跃，今天科技界争夺未来的战斗，在一定程度上也是围绕基础研究这一领域而展开。

三、政策与措施

为了落实我国激光工作以“三个层次和一个注重”的战略安排，真正把主力集中于国民经济建设主战场，执行正确的政策和措施是十分关键的。

1. 经费问题

深化科研经费拨款制的改革，把分类管理提高到一个更加科学的阶段，是把我国主要科研力量投入国民经济建设主战场的关键措施。

对第一层次安排的工业生产项目，其经费来源，主要是通过多渠道横向集资，或部分由国家贷款扶植；第二层次安排的开发新技术项目主要由国家出资或部分由横向集资进行项目攻关或实行联合研制开发；第三层次的跟踪研究项目，则完全由国家无偿拨款解决；基础研究则主要靠国家自然基金支持。

为了打破条块分割、军民分离、中央与地方脱节的弊病，消除经费分配中的不公平和不合理的因素，必须引入竞争机制，即实行平等竞争招标制和评审制，不论跟踪还是攻关项目，争得经费的唯一标准是申请者的技术实力、条件基础和方案的可行性，而不管它是属于哪个部门。

国家对科研经费投资所占国民经济计划的比例，以及这种投资分

别用于开发、应用和基础研究的比例，应该有一个明确的规定，以便加强宏观控制。

2. 组织措施

打破部门行业界限，实行跨地区跨部门的横向联合，组建一批各具特色、技术力量雄厚、以开发某类竞争性拳头产品为目标的，并能、形成服务于市场的科研-开发-生产-销售-服务为一体的科研生产联合体，应是当前发展我国激光产业的重要措施，因为只有这种实体才具有较强的吸收先进技术、开发新产品和应变市场的能力。

按国际标准进行产品设计和生产是使我国激光产品打入国际市场和在国内站住脚的基本前提。

为了获得大的经济效益，必须树立以光电子学为基础的广义激光产业的观念。我们在组织发展量大面广的激光产品时，应当十分注意激光系统的开发与生产。因此，我们在组织安排时就要特别注意光、机、电力量的配套结合。

为了促进我国的激光产业尽快地形成和打入国外市场，国家在财政税收和外汇留成等方面要给予政策上的优惠支持，对于科研生产联合体生产的产品，可以得到更加优惠的政策照顾。

为了在全国推广激光技术和开辟新的应用领域，宜在全国一些城市组建若干“激光应用中心”、“激光加工中心”、“激光医学中心”和“质量监测中心”等。这些中心可以条件较好的单位为基础，在国家给予部分的经费支持下，通过横向集资来进行组建。

为了充分发挥有限的自然科学基金的作用，自然科学基金应重点支持科研成就较大、较多，并在国际上具有一定影响的若干研究组，使他们有较稳定的经费支持。这样不仅可使这些人免去经费之忧，潜

心研究，同时也可以避免大家分一点，谁也上不去的尴尬局面。为了提高基金和光学信息口的各种重点公共实验室的设备利用率，建议将国家基金和公共实验室课题的申请结合起来，使两者都能发挥最大的效益。

鼓励和支持创立风险投资公司，以使高科技小群体的创新能迅速地转化为产品，缩短开发周期，夺取新的市场。

3. 人才问题

人是完成各项任务最本质最活跃的因素，要把中国的激光事业真正搞上去，并使之与世界先进水平并驾齐驱，就不能离开人才问题而孤立地去谈完成各项战略目标。

二十多年来，虽然我国培养了一大批激光技术人才，有的也确有不小建树，但总体说来，我们的水平还不高，至今还没有由我国科学家首先开创的研究方向和应用领域，我们大部分的工作还是跟着别人的道路行进。这里除体制这一关键因素外，最根本的问题是缺乏大量的具有开创性的优秀科技人才（包括懂技术善经营的企业家、学术带头人、高级技术专家和理论大师等）。

为了适应现代科学技术的发展和对外开放的需要，培养大量懂科学、精技术和善管理的优秀科技人才是当务之急。我们必须加强科技立法，使人才选拔、培养、使用制度化，同时建立适合于各类人员工作情况的考核评升和奖励制度（学术评价、职务晋升、工资待遇），使各类人员都有各自的明确目标和前进方向。这样，我们就能把一大批优秀科技人才吸引到激光工作中来，真正稳住一小部分从事基础研究的有造诣的年轻人，同时也有利于我国现有绝大部分科技人员走向国民经济建设的主战场。对我国当前科研体制改革来说，中央采取鼓励