

中国光电子器件产业技术发展路线图

(2018-2022年)



中国电子元件行业协会

2017年12月

路线图指导单位

工业和信息化部电子信息司

路线图承担单位

中国电子元件行业协会

路线图咨询专家 (按姓氏拼音排序)

安俊明、陈小宝、陈益新、刁石京、丁林祥、方 炜、傅焰峰、耿 凡、
古 群、关白玉、郭 猛、侯继东、胡 鹏、胡春明、黄以明、江 辉、
江 毅、金 磊、李 锋、李 龙、李 明、李国昌、卢祖伟、缪威玮、
施伟明、史惠萍、苏 辉、孙建华、王建伟、王莉莉、王威伟、王祚栋、
温学礼、吴春付、吴胜武、徐 虎、杨博华、张 华、张军昌、张凯彬、
赵敬晓、郑国恩、周 航、周 晔、朱 坤、祝宁华、庄 伟

路线图编写组 (按姓氏拼音排序)

傅焰峰、古 群、胡 鹏、江 毅、李 锋、徐 虎、张 华

序言

党的十九大报告指出，建设现代化经济体系，必须把发展经济的着力点放在实体经济上，加快建设制造强国、科技强国、网络强国，突出关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新，促进我国产业迈向全球价值链中高端。信息产业是国民经济的基础性、战略性产业，也是当前和今后国际产业技术竞争的制高点。

光电子技术是电子信息技术的一个分支，也是半导体技术、微电子技术、材料技术、光学、通信、计算机等多学科交叉产生的新技术。从产业链角度看，包括光辐射（激光器）、光探测、光传输、光处理、光显示、光存储、光集成以及光转换（光伏）等多个领域。20 世纪 80 年代起，由于光电子产品市场规模不断扩大，应用日益广泛，形成了光电子产业的概念，并成为各发达国家竞相发展的热点。光电子器件是光电子技术的核心和关键，进入新世纪以来，随着光电子产业的迅猛发展，全球光电子器件的市场规模逐年攀升。

“十三五”以来，我国信息产业发展势头良好，产业体系不断完善，正日益成为我国创新发展的先导力量、驱动经济持续增长的新引擎、引领产业转型和融合创新的新动力。随着中国制造 2025、互联网+等国家战略出台，大数据、云计算、物联网、智能移动终端等新一代信息技术迅猛发展，作为重要支撑的光电子器件产业获得了前所未有的市场机遇，产业规模持续扩大。

但不容忽视的是，我国光电子产业的核心基础能力依然薄弱，与发达国家相比，总体呈现出“应用强、技术弱、市场厚、利润薄”的结构，整个产业链发展不均衡。核心、高端光电子器件的相对落后，已成为制约我国光电子产业乃至整个信息产业发展的瓶颈，甚至严重影响国家信息安全。

习近平总书记指出，“如果核心元器件严重依赖外国，供应链的‘命门’掌握在别人手里，那就好比在别人的墙基上砌房子……不堪一击”。因此，加快推动我国光电子器件技术进步和产业发展，已成为发展信息产业的重大战略和必然选择。一方面要巩固已形成规模优势的相关行业地位，推动优秀光电子企业抢占产业技术制高点，提升产品档次和质量，促进行业由大变强。另一方面，对仍然弱

小的部分关键细分领域，要加快培育骨干企业，加大前瞻布局和基础研究，多管齐下补齐行业短板，尽快形成产业规模，开拓国内国际市场。

工业和信息化部电子信息司作为行业主管部门，一直高度重视光电子器件产业的发展，长期以来通过完善行业发展政策、加快标准制修订、优化产业布局、推动产学研用合作、支持技术进步创新等方式推动产业转型升级，近期正大力支持信息光电子国家级制造业创新中心建设。未来五年是实现《中国制造2025》发展目标的关键时期，也是光电子器件产业加速发展的战略机遇期，因此，我司指导中国电子元件行业协会并组织来自国内光电子器件重点企业、研究机构、大专院校、行业专家等，共同编制《中国光电子器件产业技术发展路线图(2018-2022年)》，力求明晰光电子器件产业发展现状，研判行业发展重点和难点，凝聚行业共识和各界力量，指引光电子器件行业未来五年发展目标。后续，我们还将根据产业发展变化情况，组织专家力量对该路线图予以实时更新。

我们相信，在党的十九大精神指引下，通过政府、协会、企业、研究机构等同心协力、共同奋斗，一定能让我国光电子器件产业更上一层楼，夯实我国光电子产业和信息产业的基础。

祝愿中国光电子器件产业发展越来越好！

工业和信息化部电子信息司司长：

2017年12月



前言

光电子器件是利用电-光子转换效应制成的各种功能器件，是光电子技术的关键和核心部件，其技术发展对光电子产业乃至整个电子信息产业产生重大影响，代表着现代光电技术与微电子技术的前沿研究领域。光电子产业包括信息光电子、能量光电子、消费光电子、军事光电子等几大领域，从光电子器件的应用来看，主要包括应用于通信领域的光通信器件（含光通信芯片、光通信模块、光有源器件、光无源器件等）和光纤光缆，应用于显示领域的液晶显示面板、OLED显示面板等光显示器件，应用于照明领域的LED照明芯片、LED照明模块、OLED照明面板等光照明器件，应用于传感领域的图像传感器、光纤传感器、红外传感器等光传感器件。

在工业和信息化部电子信息司的指导下，中国电子元件行业协会历时五个月编制了《中国光电子器件产业技术发展路线图（2018-2022年）》（以下简称《路线图》）。

《路线图》梳理国内外光电子器件产业、技术发展现状，分析产业发展特点；研究我国光电子器件产业当前竞争优劣势，剖析我国光电子器件发展面临的机遇与挑战；研究发展思路和目标，提出促进产业发展的策略建议与重点发展产品。以期起到引领产业发展方向、实现国家中长期产业布局和规划、推动国内企业抢占产业发展制高点的作用。

《路线图》主要着眼于信息光电子领域的光通信器件、通信光纤光缆、特种光纤、光传感器件四大门类，能量光电子领域的光照明器件和消费光电子领域的光显示器件在本《路线图》中只作简单介绍，请另见相关产业的发展规划。

在《路线图》编制过程中，中国电子元件行业协会广泛征集了30多家光电子器件企业的意见，多次召开各领域专家会议以及整体性专家会议。《路线图》的编写得到了行业主管部门领导、行业专家、产业链各环节企业家以及中国光学光电子行业协会、中国半导体照明/LED产业与应用联盟的大力支持，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，且编写人员阅历和能力有限，如有不妥当之处，请不吝指正，以便我们在后续修订中进一步完善。

中国电子元件行业协会
2017年12月

目录

第一篇 光通信器件	- 1 -
一、光通信器件产业概述	- 1 -
1.1 光通信器件的涵盖内容	- 1 -
1.2 发展光通信器件的必要性	- 2 -
二、光通信器件产业发展现状	- 3 -
2.1 产业现状	- 3 -
2.2 存在问题与挑战	- 6 -
三、光通信器件产业发展思路、发展目标	- 8 -
3.1 发展思路	- 8 -
3.2 结构调整目标	- 9 -
4.3 技术创新目标	- 11 -
四、光通信器件产业重点发展产品	- 12 -
五、政策建议	- 14 -
第二篇 通信光纤光缆	- 16 -
一、通信光纤光缆产业概述	- 16 -
1.1 产品简述	- 16 -
1.2 通信光纤光缆在电子信息产业中的重要性	- 17 -
二、通信光纤光缆产业发展情况	- 18 -
2.1 通信光纤光缆行业发展现状	- 18 -
2.2 通信光纤光缆行业存在的问题	- 18 -
三、通信光纤光缆产业发展目标	- 20 -
3.1 结构调整目标	- 20 -
3.2 技术创新目标	- 20 -
四、通信光纤光缆产业重点发展产品	- 21 -
五、政策建议	- 22 -
第三篇 特种光纤	- 23 -
一、特种光纤产业概述	- 23 -

1.1 特种光纤简述	- 23 -
1.2 特种光纤的产品特点与重要性	- 26 -
二、特种光纤产业发展现状	- 27 -
2.1 特种光纤产业现状	- 27 -
2.2 特种光纤存在的问题	- 27 -
三、特种光纤产业发展目标	- 29 -
3.1 有源及无源器件用特种光纤	- 29 -
3.2 激光器用特种光纤	- 29 -
3.3 光传感器用特种光纤	- 30 -
四、特种光纤产业重点发展产品	- 31 -
五、政策建议	- 32 -
第四篇 光传感器件	- 34 -
一、光传感器件产业概述	- 34 -
1.1 光传感器件简述	- 34 -
1.2 光传感器件的产品范围	- 34 -
二、光传感器件产业发展现状	- 36 -
2.1 产业现状	- 36 -
2.2 存在的问题与挑战	- 37 -
三、光传感器件产业发展思路、发展目标	- 39 -
3.1 发展思路	- 39 -
3.2 产业结构调整目标	- 40 -
3.3 技术创新目标	- 40 -
四、光传感器件产业重点发展产品	- 41 -
五、政策建议	- 42 -
第五篇 光照明器件	- 44 -
第六篇 光显示器件	- 55 -

第一篇 光通信器件

一、光通信器件产业概述

1.1 光通信器件的涵盖内容

1.1.1 涵盖内容

本《路线图》涵盖的光通信器件主要是指应用在光通信领域的光电子器件及配套半导体集成电路（IC）。

虽然光通信器件按其功能和产品形态可细分为多种器件类型，但按照其在信息流中的不同作用基本可分为五大类，即：光信号产生、光信号调制、光信号传输、光信号处理、光信号探测。举例来说，光收发模块起着光电转化的作用，在信息流中对应着光信号产生、调制与探测；而光分路器和光放大器则对应着光信号处理。下图展示了不同物理类型的光通信器件与模块跟信息流的对应关系。

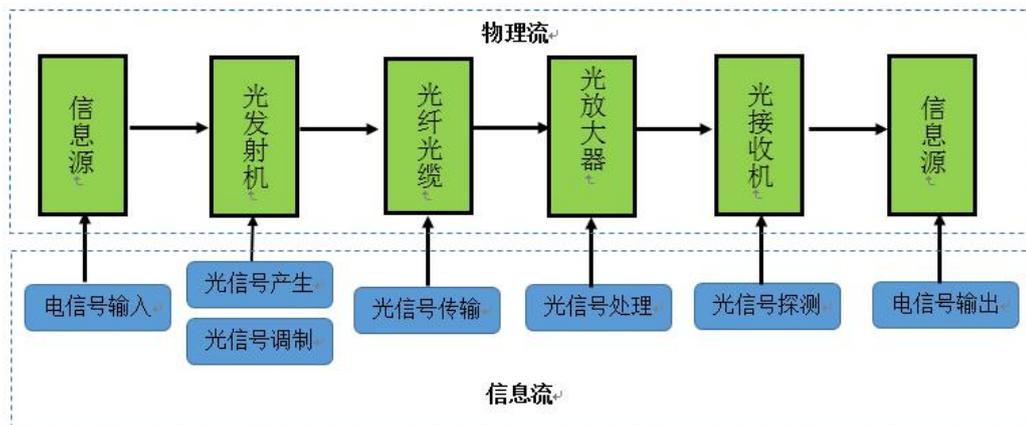


图 1 光通信器件与信息流的对应关系

1.1.2 光通信器件产业链及产品分类

光通信产业链主要包含光通信器件、光通信系统、光通信应用三部分，上游还包括光学、半导体、装备、测试仪器仪表等配套行业。

光通信器件按照其物理形态的不同，可分为：芯片、光有源器件、光无源器件、光模块与子系统这四大类，其中配套 IC 归类于芯片。每大类光通信器件包含的典型产品见下表所示。

表 1 光通信器件分类

产品类别	典型产品
芯片	InP 系列（高速直接调制 DFB 和 EML 芯片、PIN 与 APD 芯片、高速调制器芯片、多通道可调激光器芯片） GaAs 系列（高速 VCSEL 芯片、泵浦激光器芯片） Si/SiO ₂ 系列（PLC、AWG、MEMS 芯片） SiP 系列（相干光收发芯片、高速调制器、光开关等芯片；TIA、LD Driver、CDR 芯片） LiNbO ₃ 系列（高速调制器芯片）等
光有源器件	激光器（VCSEL、DFB 直调激光器，EML 外调激光器）； 光调制器（PMQ 调制器、相位调制器、强度调制器）； 光探测器（PIN、APD）； 集成器件（相干光收发器件、阵列调制器）等
光无源器件	光隔离器、光分路器、光开关、 光连接器（MPO 连接器）、光背板、 光滤波器（合波器/分波器）等
光模块与子系统	光收发模块（10G/25G/100G/400G）； 光放大器模块（EDFA、Raman）； 动态可调模块（WSS、MCS、OXC）； 性能监控模块（OPM、OTDR）。

其中，有源光收发模块的产值在光通信器件中占据最大份额，约为 65%。不仅规模占据重要位置，光收发模块的性能也主导着光通信网络的升级换代，在接入端、传输端等不同细分市场上均发挥着至关重要的作用。

1.2 发展光通信器件的必要性

十二五期间，国家对宽带接入、4G 无线通信、互联网发展的大力支持，以及三网融合等新应用背景的出现，光纤通信技术在我国得到了充分发展和大量应用，光纤通信系统作为国家信息基础设施，其重要性已得到充分证明和广泛地认

可。

十三五期间，随着大数据、云计算、第 5 代移动通信、物联网以及人工智能等应用市场快速发展，全球移动用户数将突破 72 亿、移动互联网用户数超过 40 亿，全球年数据流量增长达到复合年均增长率在 25% 以上，超过百万亿字节。作为信息网络的基础，光通信系统依然是新一代信息技术发展的瓶颈，而作为光通信系统基础的光通信器件，其发展水平则是新一代信息技术发展瓶颈中的瓶颈。

虽然近十年来，我国的光通信产业取得了迅猛发展和骄人成绩。国产光通信设备厂家在全球光通信设备市场份额中占据第一的位置，但是光通信器件产业与国际领先水平还有较大差距，目前国内核心的光通信芯片及器件仍然严重依赖于进口，高端光通信芯片与器件的国产化率不超过 10%，“大而不强”的问题突出。

2016 年美国将中兴通讯纳入出口限制名单，华为手机从韩国采购 5.3 万亿韩元芯片等现象，就是对我国信息技术产业发展敲响的警钟。习近平同志指出，“一个互联网企业即便规模再大、市值再高，如果核心元器件严重依赖外国，供应链的‘命门’掌握在别人手里，那就好比在别人的墙基上砌房子，再大再漂亮也可能经不起风雨，甚至会不堪一击。”

核心技术受制于人是我们的最大隐患。高端光通信器件芯片与配套集成电路（IC）芯片作为光通信器件的瓶颈，也就是信息技术产业瓶颈的三次方，对我国正在大力发展的光通信产业，已造成极高的产业安全风险，其产业战略重要性与核心技术发展与突破的紧迫性是不言而喻的。

二、光通信器件产业发展现状

2.1 产业现状

2.1.1 全球光通信器件产业现状

根据咨询机构 Ovum 数据，2015-2021 年，全球光通信器件市场规模总体呈增长趋势。2016 年，全球光通信器件市场规模达到 96 亿美金，并始终保持快速增长，预期 2020 年收入规模将达到 166 亿美元。其中，电信市场和数据通信市场对光通信器件的需求保持稳定的增长，而接入网市场需求趋于平稳。

与设备、光纤光缆市场相比，光通信器件领域还处在充分竞争时代，由于很多光通信器件企业都是在某一细分领域精耕细作，造成了厂商众多，集中度低的市场格局，市场份额也相对比较分散。2016 年，全球市场份额排名前 10 位的厂商中，美日公司占据 9 席位。

从产品技术看，全球主要光器件厂家均积极布局有源光芯片、器件与光模块产品，并达到 100Gb/s 速率及以上的水平。国内企业在无源器件、低速光收发模块等中低端细分市场较强，但在高端有源器件、光模块方面的提升空间还很大。此外，数据中心市场拓展成为众多光器件厂商的共同选择。

从盈利能力看，光通信器件行业本身在整个产业链中的盈利能力是最低的，再加上国内企业集中在中低端产品，盈利水平更是微薄。使得国内大部分厂家无法投入更多资金用于高端产品的技术研发，难以实现健康可持续发展。

2.1.3 我国光通信器件产业现状及竞争力分析

我国光通信器件市场规模在近几年与全球保持相同的增长趋势，中国光通信器件市场约占全球 25%-30%左右的市场份额。然而，尽管我国拥有全球最大的光通信市场、优质系统设备商，但是我国光通信器件行业在全球所占份额与现有资源并不相匹配。

相对于光通信系统设备领域中国企业如华为、中兴、烽火已经成长为产业引领者，我国光通信器件厂商则是以民营中小企业为主，大多没有其他业务支撑，规模普遍较小，企业群体不够强壮，在自主研发和投入实力方面相对较弱，主要集中在中低端产品的研发、制造上，核心基础光通信器件能力薄弱。

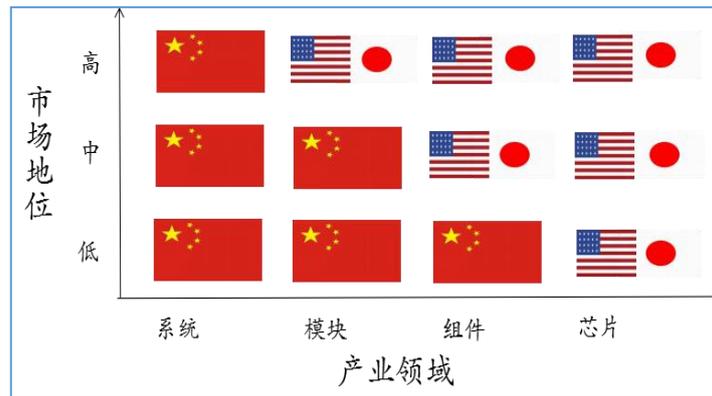


图 2 光通信产业领域的竞争力¹

从市场占比分析，中国企业实力偏弱，全球光通信器件市场占有率前十名企业中仅有一家中国企业。国内少数企业虽然依靠器件封装优势，在中低端市场已经形成较强影响力，但在高端产品领域仍有较大不足。

下图是根据咨询机构以及行业供给情况给出的光收发模块、光芯片、电芯片国产化率测算数据。10Gb/s 速率的光芯片国产化率接近 50%，25Gb/s 及以上速率的国产化率远远低于 10Gb/s 速率，国内供应商可以提供少量的 25Gb/s PIN 器件/APD 器件外，25Gb/s DFB 激光器芯片刚刚完成研发。25Gb/s 速率模块使用电芯片基本依赖进口。

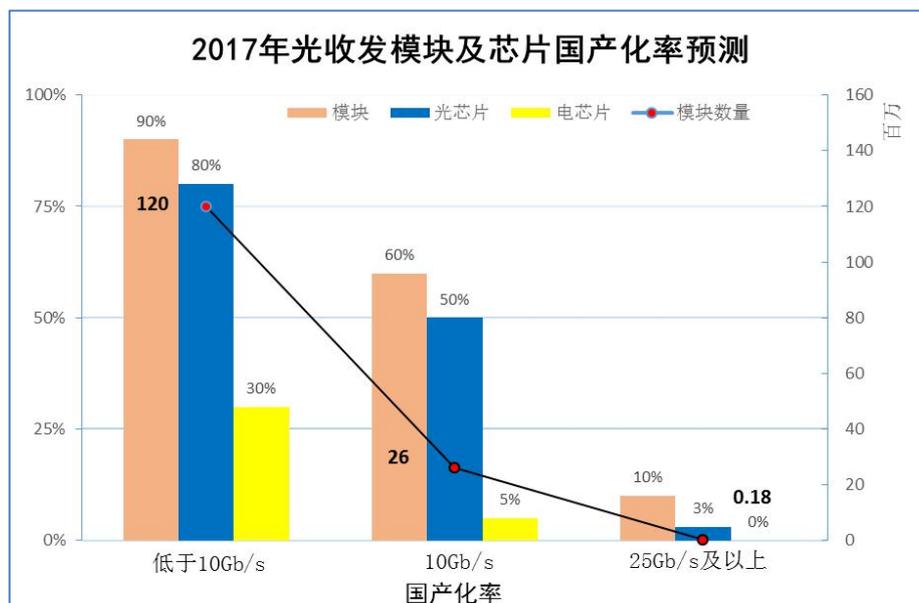


图 3 2017 年光收发模块及光芯片、电芯片国产化率测算

卫平，《迎接光互联的新时代 2020》

从产品技术分析，国外的竞争对手在高端光通信器件方面都具备了相关产品的开发和生产能力，国内光电子企业目前还处在追赶阶段，与国外竞争对手有着较大的差距。当前全球信息光通信行业的高端器件产品几乎全部由美国、日本厂商主导，且出现供不应求的局面，而国内基本属于空白，或者处于研发阶段。

从核心芯片能力分析，国内企业目前只掌握了 10Gb/s 速率及以下的激光器、探测器、调制器芯片，以及 PLC/AWG 芯片的制造工艺以及配套 IC 的设计、封测能力，整体水平与国际标杆企业还有较大差距，尤其是高端芯片能力比美日发达国家落后 1-2 代以上。而且，我国光电子芯片流片加工严重依赖美国、新加坡、加拿大、中国台湾、德国、荷兰等国家和地区，使得我国在国家各级研发计划支持下发展的关键技术大量流失。由于缺乏完整、稳定的光电子芯片、器件加工工艺平台以及工艺人才队伍，国内还难以形成完备的标准化光通信器件研发体系，导致芯片研发周期长、效率低，造成我国光通信器件技术与国外差距逐渐扩大。

从知识产权能力分析，根据国家知识产权局提供的截止到 2015 年 8 月底的涉及通信光器件、光纤光缆与光传输设备的原创专利申请在全球主要国家及地区的区域布局情况，日本和美国是原创专利申请最多的两个国家，分别为 14984 和 11178 件。中国位列第三，申请量为 5298 件，其中包括了外国公司在中国组织的研发和专利申请。体现出中国在该领域中也有一定的研发能力，但是在核心专利和基础性专利的申请方面仍然缺乏竞争力。

2.2 存在问题与挑战

1) 国内光通信器件供应商以中低端产品为主，同质化竞争严重，产业环境有待改善

通过近些年发展，国内厂家在封装技术上取得长足进步，但是国内光器件厂家多集中在技术成熟、进入门槛不高的中低端产品，以组装代工为主，产品附加值不高，同质化严重，主要依靠扩大产能和降低劳动力成本在市场竞争中取得优势。即使目前国内厂家能够在中低端产品市场占据主导地位，产能满足国内市场需求并达到出口，但是低价薄利使大部分厂家更加注重企业的短期盈利，无法投入更多资金用于研发周期长、回报慢的高端产品技术研发。

虽然国家重视宽带基础设施建设，但国家层面的“降费”要求，叠加于运营商的转型困难期，客观导致包括光通信在内的整个通信产业链利润微薄，企业陷入低价竞争局面。另外，国内运营商采用集采招标模式，以价格为主要导向，设备、纤缆企业为了抢占份额展开低价恶性竞争，并且价格压力传导至上游器件环节，整个产业链盈利艰难，也直接制约新技术研发。

2) 高端芯片器件自给能力有限，已成为中国系统设备厂商的瓶颈，国内核心技术能力亟待突破

目前高端光通信芯片基本被国外厂商垄断，国外大厂占据了国内高端光芯片、电芯片领域市场的90%以上份额。以近年来网络中大规模进行部署的高端100G光通信系统为例，其中的可调窄线宽激光器、相干光发射/接收芯片、电跨阻放大芯片、高速模数/数模转化芯片、DSP芯片均依赖进口。

光通信器件的核心是芯片，但芯片一直是整个中国制造的短板。以硅光子为例，中国在其发展中几乎没有声音。在硅光子进入集成应用阶段（2008-至今），西方公司不断推出商用级硅光子集成产品。光通信器件用电芯片，在半导体集成电路领域内属于市场规模非常小、但技术要求又特别高的门类，与光芯片比投资更大，研发和生产周期更长。目前，国内只有少数供应商涉足10Gb/s及以下速率的产品，25Gb/s产品上还处在送样阶段等。在高速模数/数模转化芯片、相干通信DSP芯片、以及5G移动通信前传光模块需要的50Gb/s PAM-4芯片上，还没有国内厂家能够提供解决方案。

3) 产业链加速整合，国内厂商垂直整合能力较弱

光通信属于全球化竞争异常激烈的产业，光纤光缆和系统设备两个领域已进入寡头竞争阶段，光通信器件领域则还处在完全竞争时代，市场份额分散。巨大的成本压力以及充满挑战的市场环境使光通信器件行业的厂商加速重组整合，国外厂商通过收购与兼并等方式不断进行产业链拓展，成功地完成技术与业务转型，使其产品覆盖光器件、光模块领域的几乎所有环节，从无源到有源，从芯片到模块，把握产业链的每一个环节，牢牢占据产业链的高端。

尽管近年来国内大型光模块企业也有不少并购动作，但更多的中小规模厂商仍然欠缺资本运营能力与人才引进力度，导致创新能力不足，在产品系列的完备和高端产品的开发能力等方面尤为欠缺。要改善这种境况，一是需要企业加大创

新投入、改善人才引进与激励机制，二是也需要地方政府和国家相关政策的支持。

4) 标准、专利等软实力建设意识、能力不足，亟待提升原创能力与国际话语权

参与新标准的制定，也意味着跟进行业发展潮流，甚至左右行业发展的方向。在光通信器件与模块的国际标准制定中，一直以来很少见到中国企业的身影。国内标准普遍参照国际标准执行。这导致了国内企业话语权的缺失，使得标准和行业发展以众多国外大企业的意志为走向，这对国内企业十分不利。比如，当下网络正进行革命性的架构重构，其技术基础是云、SDN、NFV，但它们无一源自国内，话语权被欧美牢牢掌握。

近两年国内企业也逐步意识到参与国际标准制定的重要性，逐渐能够在最新标准中见到国内企业的参与，这是一个很好的开端。但从参与者到制定者，还有很长的路要走。需要在国家、行业协会的指导下，加强中国光通信器件厂家的基础研究、技术预研，通过原创性、基础性技术的突破来进一步提升产业影响力与标准话语权。

5) 光通信器件产业依赖的配套行业基础薄弱，需要国家支持

光通信器件产业发展严重依赖于先进测试仪表、制造装备等基础性行业能力。国内仪表装备厂商基本从事低端设备的开发，精度高、自动化程度高的设备大都严重依赖进口，光通信器件企业固定资产投资负担重。而且产业安全也存在问题。政府和企业均应提高对自主研发的光通信器件制造与测试装备的重视程度，比如全自动高精度贴片机、全自动打线机、高速率光电信号测试仪表、甚至 MOCVD 等光电子芯片工艺制备装备。

三、光通信器件产业发展思路、发展目标

3.1 发展思路

1) 改善企业生存环境，营造良性产业生态。目前，光通信器件产业在整个通信产业链中处于相对弱势地位，产业生态环境欠佳，影响企业自身造血能力，不利于前沿技术研究，不利于产业可持续发展。需要继续加强信息基础设施建设投入，并统筹产业布局，优化产品结构。

2) **攻关高端芯片/器件，保障供应链安全。**目前，高端光芯片、模块、器件严重依赖进口，发展受到制约。国内的产学研没有形成面对产业需求的创新合力，高校和研究所偏离产业的现实需求。应健全以企业为主体、市场为导向、政产学研用相结合的产业技术创新体系，着力突破重点领域共性关键技术，加速科技成果转化为现实生产力。

3) **加强国际市场，推动产业国际化发展。**目前，光通信器件产业对国内市场的依赖较大，国际化空间有待拓展，而且面临贸易、安全、专利等多重挑战。需借助国家“一带一路”战略，积极培育亚洲、非洲的光通信市场，促使其加强网络建设投入，并且通过国外建厂实现国际化生产，通过国外建设研究中心实现国际化研发。

4) **重视发展趋势，着眼长远发展，超前规划布局。**

遵循科技创新与市场发展规律，着眼长远发展，超前规划布局。重视基础研究，通过原创性、基础性、先导性技术的突破，加大投资保障力度。核心技术是产业“命门”。光通信器件产业核心技术必须掌握在中国手中，“大产业”才可能变成“强产业”。

3.2 结构调整目标

进行产业结构调整布局，加强对创新技术与产品的优化与引导，并适当引入国际化运营经验，增强行业的综合实力。

1) **产品由低端走向高端——以市场为导向，优化产品结构**

我国光通信器件企业在接入网领域无论是产业规模还是技术上均处于世界领先地位，但是接入网产品属于中低端产品。在传输和数据通信领域，我国企业的产品技术水平仍处于较落后状态。依据未来市场发展趋势，我国光通信器件企业应重点加强 100Gb/s 光收发模块、ROADM 产品、高端光纤连接器、10Gb/s 与 25Gb/s 激光器、配套集成电路芯片的研发投入与市场突破，并争取尽快扩大产业规模、早日摆脱对国外供应商的依赖。并且在下一代 400Gb/s 光收发模块产品、硅光集成领域加大投入、加快研发进度，争取跟国际一流厂商处于并跑状态。

2) **技术由组装走向核心芯片——补齐上游短板，夯实产业基础**

光收发模块的核心技术在于光电子芯片。我国大多数光通信器件和模块企业

依靠中国较为低廉的人工和进入门槛较低的封装技术在市场上生存。随着中国人工费用的上升和国外智能制造技术的发展,若使国内光器件企业拥有长远发展能力,必须建立自己的光电子芯片研发和制造能力,包括激光器芯片、光探测器芯片、集成电路芯片、光子集成芯片。

光电子芯片产业是整个信息产业的核心部件与基石,芯片行业进入壁垒高,投入大、研发周期长,难度大,尤其是芯片的材料生长、芯片设计、芯片工艺经验积累,迫切需要国家整合国内的产学研融资源,解决行业共性技术、关键技术瓶颈,确保在 2022 年中低端光电子芯片的国产化率超过 60%,高端光电子芯片的国产化率突破 20%。

3) 市场从国内走向国际——发挥产业链下游优势,拓展新兴市场

充分利用低成本和集成能力,发挥我国在产业链下游系统设备、运营商环节已有的优势,积极向新兴市场拓展,持续扩大产业规模。积极培育亚洲、非洲的光通信市场,在“一带一路”战略中更重视信息基础设施建设,促使其加强网络建设投入,带动光通信器件市场需求。并与政府形成合力,冲破西方从贸易、安全、知识产权等多方面所设置的针对中国的竞争壁垒,促进国产系统设备进入发达国家市场。

4) 培育龙头领军企业和新兴中小企业——壮大薄弱环节产业群体

培育龙头领军企业,在核心技术开发、标准制定等多方面带动产业做大做强。培育具有原创核心技术和自主知识产权的新兴中小企业。在政策、资金等资源上予以倾斜,强调比较优势和差异化竞争。强化全球资源整合能力,支持企业在供应链、战略方向与资源布局合作,有效利用全球各地区的资源。争取 2020 年有 2-3 家企业进入全球光通信器件前十名,并且在核心技术能力上接近、部分领域超过行业标杆企业。2022 年国内企业占据全球光通信器件市场份额的 30%以上,有 1 家企业进入全球前 3 名。

5) 推动上下游产业链互联互通——规范产业环境,构建产业生态

传统封闭的产业生态体系限制了创新,融合变革形式下,竞争日益需要综合性资源与能力,构建涵盖开放的产业生态系统。我国光通信器件产业更应加强上下游联动,一方面,推动国内系统设备厂家优先选用国产光器件,充分发挥国内市场、优质设备商的带动作用;另一方面,产业链上下游可以共同开展技术研发,

建立测试平台，共同培育应用生态，参与国际标准制定，从而共同提升主导能力。

4.3 技术创新目标

1) 搭建产业技术协作与创新平台，构建长效的创新发展机制。

加快信息光电子国家制造业创新中心建设，发挥行业骨干企业主导作用，有效整合国内外各类创新资源，建立联合开发、优势互补、成果共享、风险共担的协同创新机制；开展产业前沿技术研究与共性关键技术研发，突破产业链关键技术与共性技术供给瓶颈；促进科技成果商业化应用，打造多层次人才队伍；支撑新一代信息技术产业发展，带动相关产业转型升级。

2) 加强核心有源激光器、硅基光电子芯片及上游关键材料等设计、制造工艺平台建设与工艺人才培养。

我国的半导体激光器产业化水平是光通信产业链中最薄弱的环节，高端激光器芯片（主要指 25Gb/s 以上）几乎全部依赖进口。25Gb/s 激光器芯片、硅基 100Gb/s/200Gb/s 相干光收芯片、WSS 芯片以及配套的半导体集成电路（IC）研发所需要的，可工程化的 III-V 族材料工艺、硅基光电子工艺平台能力，是制约国内企业与研究机构在核心芯片上快速创新的瓶颈，也是制约国产芯片大规模应用的主要瓶颈。需要通过搭建共性技术研发平台、加大人才的储备、引进海外高端人才的方式加快补齐短板。

3) 突破高密高速等集成封装与测试工艺，实现高端产品产业化。

围绕宽带中国、中国制造 2025 以及 5G 移动通信项目，重点攻关高密、高速、可调等高端光电子器件产品的封装工艺技术，解决异质材料光波导间的阵列耦合设计与工艺技术、异质材料间的高速电信号匹配与高速封装工艺技术、III-V 族器件与硅基器件的高性能集成、光波导间低损耗、低回损耦合技术等封装技术问题。以优势企业为主体尽快推出光传输网络用的 100Gb/s/200Gb/s 相干光收发模块和 ROADM 产品，数据中心用 200Gb/s/400Gb/s 光收发模块，以及 5G 移动通信用的工温 25Gb/s 光收发模块等，并形成规模化量产，支持国家重大工程的实施。

4) 完善技术标准、知识产权体系建设。

建立完善的光通信系统及光通信器件标准体系，鼓励科研院所、企业积极参与提交国际和国内技术标准标准草案，深入参与国际标准化工作、加强行业协会

的团体标准建设，推动自主知识产权成果转化为国际标准。加强光通信器件专利申报，确保专利申报数量与美、日差距缩小，并与专利质量提升，建立国内专利池，在国际竞争力形成合力。

四、光通信器件产业重点发展产品

表 2 光通信器件产业重点发展产品

产品类别	重点发展产品	发展目标	
		2020年	2022年
光模块与子系统类	200G 速率 QSFP56、400G 速率 OSFP/QSFP-DD、1T 速率光收发模块	实现 200G 、400G 产品规模化生产，核心光电芯片实现 30%的国产化，	实现 400G 速率以下产品所用核心光电芯片 50%的国产化。市场占有率提升到 70%，1T+ 速率光收发模块产品实现市场突破。
	HDMI 2.1/DisplayPort1.4 视讯传输有源光缆	实现产品的低成本规模化生产，核心光电芯片实现 60%的国产化，光缆实现 100%全国产。	继续提升消费有源光缆的全球市场占有率到 50%。
	100G/200G、400G/600G、1T+ 速率 CFP2-DCO/OSFP-DCO/QSFP-DD DCO/OBO DCO 相干光收发模块	实现 100G/200G，400G/600G 速率相干光模块国产化，其中光电芯片的国产化率达到 100%。	实现 1T 速率及以上速率 OBO-DCO 相干光模块芯片国产化。
	25G/100G SFP 工业级光收发模块	实现 25Gb/s SFP 模块的量产，核心光电芯片实现 10%的国产化。	实现 25Gb/s SFP 模块销售规模化，核心光电芯片国产化率达到 70%。实现工业级 100Gb/s SFP 模块规模化销售。
	10G PON OLT 与下一代 PON 光收发模块	实现 10G PON OLT 产品的低成本规模化生产，核心光电芯片实现 50%的国产化。	实现 25Gbs/50Gb/s NG-PON 及 WDM-PON 模块的规模化生产，核心光电芯片的国产化率达到 70%。
	CDC-F ROADM	实现市场突破，核心芯片国产化率 100%。	市场占比提升到 30%。
	光交叉连接器 (OXC)	实现 1024x1024 端口的 OXC 突破，核心光开关矩阵芯片实现国产化。	市场占有率达到 40%。

产品类别	重点发展产品	发展目标	
		2020 年	2022 年
无源光器件	MT 插芯和陶瓷导针	掌握 MT 插芯和陶瓷导针等全规格配套能力，MT 插芯与陶瓷导针的市场销售占比达到全球第一。	
	非接触式光纤连接器	国产化非接触连接器得到市场突破，小批量商用。国内市场占有率达到 10%。	提升产品规模销售，并不断替代进口，全球市场占有率达到 30%。
	光柔板、光背板连接器	国内市场突破，形成规模生产。	国际市场突破，全球市场占比达到 20%。
	法拉第旋转片	实现小批量销售，国内市场占有率达到 5~10%。	实现规模化销售，市场占有率达到 20%~40%。
芯片和有源光器件类	10Gb/s 1577nm 高功率、25Gb/s 及以上速率 EML 芯片及器件	实现 10Gb/s 大功率、25Gb/s 速率 EML 芯片及器件的产业化，10Gb/s 速率 EML 芯片的国产化率达到 50% 左右，25Gb/s 速率芯片国产化率达到 30% 左右。	10Gb/s 速率 EML 芯片的国产化率达到 80% 左右，25Gb/s 速率 EML 芯片国产化率达到 50% 左右，50Gb/s 速率 EML 芯片达到国产化率 20%。
	25Gb/s 及以上速率 DFB（含工温）芯片及器件	该型产品规模销售，并不断替代进口，扩大市场占有率，市场占有率超过 30%。	实现该型产品市场占有率超过 60%。
	非气密、高功率 DFB 激光器芯片及器件	该型产品规模销售（应用），实现该型产品市场占有率达到 10% 左右。	实现该型产品市场占有率超过 40%。
	宽带多通道可调谐激光器芯片及器件	该型产品形成市场突破，实现规模化应用。	实现该型产品市场占有率超过 30%。
	25Gb/s 及以上速率 VCSEL 芯片及器件	该型产品规模应用，并不断替代进口，实现该型产品市场占有率达到 10~20%。	实现该型产品市场占有率达到 30~40%。
	硅基相干光收发芯片（100G/200G，400G/600G，1T）芯片及器件	支撑 100Gb/s-600Gb/国产化光收发模块的规模应用。	支撑 1Tb/s 国产化光收发模块的规模应用，不断扩大市场占有率。
	硅基 100G PAM-4 调制芯片（阵列）	支撑 100Gb/s（单通道）、400Gb/s（4 通道）光收发模块或有源光缆的规模生产。	持续提升市场占有率。
	硅基波导光开关、可变光衰减器阵列芯片	该型产品规模销售，实现该型产品市场占有率超过 10%。	实现该型产品在大端口光交叉连接（OXC）模块中的规模应用，市场占有率达到 40%。

产 品 类 别	重点发展产品	发展目标	
		2020 年	2022 年
	25Gb/s 及以上速率 TIA、LD Driver 芯片	实现国产化 25Gb/s IC 芯片产品规模销售，并不断替代进口，扩大市场占有率，实现该型产品国内市场占有率超过 5~10%。	实现国产化 25Gb/s IC 国内市场占有率提升至 30%，实现国产化 100Gb/s IC 芯片销售突破。
	PLC 型 AAWG 芯片及器件	该型芯片产品规模销售，并不断替代进口，实现该型产品市场占有率达到 40%	实现该型产品市场占有率超过 70%
	LiNbO3 基光调制器芯片及器件	该型产品市场占有率超过 5~10%，并不断替代进口，扩大市场占有率。	实现该型产品市场占有率超过 30%
	MEMS 光开关、VOA 芯片	该型产品规模销售，并不断替代进口，扩大市场占有率。	实现该型产品国内市场占有率超过 40%。

五、政策建议

1. 国家加大对光电子芯片共性关键技术的研发资金支持，迅速提高核心器件国产化率，培育具有国际竞争力大企业

制定并出台具体的支持政策，并加大中央财政投入力度；设立国家信息光电子产业创新中心与发展基金，扶持我国光通信器件领域的若干示范企业，推进拥有核心技术的初创企业产业化，促进企业尽快完成转型升级。

争取光电子企业享有与集成电路企业相同的产业政策、税收政策和人才政策。推进企业整合，优化企业结构，提高企业集中度，形成 3-5 家符合国家战略的、重大技术工艺发展方向的行业龙头企业，以适应长期发展新形势和国际市场竞争的需要。推进政、银、企大力协同、调动、引导、挖掘相关资源，广泛建立银企金融合作的项目开发平台。

2. 优化光电子产业生态，加强国际合作，迅速提升集成光通信器件能力

整合产业中分散化的研发力量，完善创新体系与产业生态环境。重点建立光电子芯片公益性加工平台，为高端光电子芯片研发和生产提供技术支撑和服务。

建立光通信器件设计和制备技术标准化体系，增强产业群体国际话语权。

鼓励企业扩大国际合作，整合并购国际资源，设立海外研发中心，积极拓展国际市场。优化环境，大力吸引国外资金、技术和人才，承接国际高端产业转移，吸引外资企业国内建设研发中心、生产中心和运营中心。鼓励在华研究机构加大研究投入力度和引进高端研发项目，推动外资研发机构和本地机构的合作。充分利用欧美国家在光子集成芯片等高端光通信器件方面的技术优势，实现我国光通信器件跨越发展。

3. 加强产学研合作，构建长效的战略创新、产业发展与人才培养机制

充分发挥企业在市场需求引领、提炼技术问题、产业化推广、组织效率等方面的优势；充分发挥高校和研究所在前期科研积累、人才聚集、前沿探索等方面的优势，整体团队做到优势互补。力争探索出一条产学研协同创新的典范之路，不仅产生高水平的学术成果，同时也让成果落地、形成生产力，改变过去科研成果转化不利的局面。

完善科技创新激励机制，提高专业技术人员自主创新和参与科研成果产业化的积极性和主动性。建立和完善产学研合作的人才培养模式。提高企业教育和培训经费提取比例，完善继续教育和在制培训机制，优化教育学科配置，完善产业后备人才队伍建设。

第二篇 通信光纤光缆

一、通信光纤光缆产业概述

1.1 产品简述

光纤是由中心的纤芯（折射率较高的部分）与纤芯外面的包层（折射率较低的部分）构成的玻璃纤维，是通过全反射在光纤内传播光信号的结构。微细的光纤封装在塑料护套中，使得它能够弯曲而不至于断裂。通常，光纤一端的发射装置使用发光二极管（light emitting diode, LED）或一束激光将光脉冲传送至光纤，光纤的另一端的接收装置使用光敏元件检测脉冲。

光纤产品的分类方法有很多种，通常可按其材料组成、折射率剖面、传输波长、光纤内部传输模式和光纤的用途等进行分类。依照光纤的用途来分，可以将光纤分为通信光纤和特种光纤两大类。根据传输模式的差别，通信光纤又可分为多模光纤和单模光纤。

光缆是为了满足光学、机械或环境的性能规范而制造的，它利用光缆中的光纤作为传输媒质。光缆的基本结构一般是由缆芯、加强元件和护套等几部分组成，另外根据需要还有防水层、缓冲层、绝缘金属导线等构件。光缆的种类繁多，各种结构不同的光缆对应用于各种场景下的光纤进行保护，使得光纤能够在特定的环境条件下稳定的发挥其光学特性。光缆的结构取决于不同应用场景对光缆的机械性能要求和环境性能要求。光缆技术的进步将随着光缆应用场景的变化而发展。

本文将主要从单模光纤、多模光纤及光缆产品的角度，规划未来几年通信光纤光缆的发展路线。

1.2 通信光纤光缆在电子信息产业中的重要性

随着光纤通信系统在 80 年代逐步投入商用，光纤的高带宽、低衰减等诸多优势使得光纤通信技术在全球范围内取得了飞速的发展。不管在国内还是全球范围，光纤光缆早已成为占绝对主导地位的通信介质，光纤通信行业已经对日常的生产生活、社会发展甚至国家战略产生了不可估量的影响。未来几年，随着互联网业务的进一步发展，移动通信网络的建设，FTTH 的大规模推广，物联网、云计算等新应用的不断实现，光纤光缆行业将迎来更广阔的发展机遇。

从国家信息化发展的角度来说，宽带中国、“互联网+”已上升为国家层面的战略，光纤通信行业将成为经济社会高速发展的最重要的助力之一，而光纤光缆则是连接和传输的物理基础。

光纤光缆产业在电子信息产业中所处的战略地位和重要性主要体现在以下两个方面：

一是光纤光缆较长时期的持续高增长，使得产业规模总量快速扩张，从而对经济增长的拉动作用呈现出持续性和规模性的特征。过去 10 年，在流量需求增长以及基础网络建设共同驱动下，光纤市场获得大发展，近 10 年间，全球光纤市场规模保持 15%复合增长，我国保持 25%复合增长，我国光纤光缆的需求占比也从 20%提升至 58%。进入 2017 年，受光棒产能制约，以及光纤需求提升，光纤光缆价格持续保持量价齐升的高景气。多年来，光纤光缆行业一直是我国电子元件行业增长的主要拉动力量，为国民经济的发展做出了重大贡献。

二是光纤光缆推动的电子信息产业体系效应逐渐体现出来。近年来在我国大规模通信建设需求的带动下，我国的光纤光缆产业发展迅速，已经形成了从光纤预制棒—光纤—光缆—光网络产品完整的产业链。中国已成为全球最主要的光纤光缆市场和全球最大的光纤光缆制造国。光纤光缆行业的发展壮大夯实了我国通信领域的基础，成为我国 FTTH、FTTA 系统的采用、三网融合以及大规模 4G 建设、5G 探索的重要支撑。

二、通信光纤光缆产业发展情况

2.1 通信光纤光缆行业发展现状

随着我国经济的持续快速发展，同时在“宽带中国”、“三网融合”等国家政策驱动下，我国3G、4G、FTTx、广电、电力、军事等各通信领域，以及未来5G、物联网等应用对光纤光缆的市场需求持续增长。根据英国著名的市场研究机构CRU的数据分析，近10年来（2007到2016年），中国光纤需求总量增长了6.5倍，达到了2.43亿芯公里，全球占有率由27.8%增长到57.3%，市场占有率增长一倍，市场规模占据全球半壁江山。

从2002年以来，中国光纤光缆的市场规模基本呈现出这样的规律，每三年，其市场规模就要上一个台阶，每六年上一个大台阶。这个规律与移动数字接入网络的建设周期基本一致：（2003年-2008年）2G建设、（2009年-2014年）3G建设、（2015年-今）4G建设等。从2002年到2016年，中国光纤光缆市场规模增长了23倍，复合增长率为23.6%；同期除中国之外的全球其他区域的市场规模增长2.8倍，符合增长率为9.3%；含中国市场的全球市场规模增长了6.3倍，符合增长率14.1%，由此可以看出，中国光纤光缆行业对全球通信发展贡献巨大，在全球发挥着主导作用。

从企业发展来看，中国光纤光缆企业经过三十年的发展壮大，已有多家中国光纤光缆企业产能跻身全球前十。行业内优秀企业正处于海外扩张的关键时期，不仅大力拓展海外销售，而且积极进行海外投资建厂，东南亚、非洲、拉美是中国企业的重点目标。

2.2 通信光纤光缆行业存在的问题

（1）新型超低衰减光纤的技术积累不足

美国康宁公司于2010年正式推出商用的EX2000超低衰减大有效面积光纤产品，该产品满足ITU-T G. 654B标准，其1550 nm波长处的光纤衰减典型值达到0.164

dB/km，有效面积达到 $112 \mu\text{m}^2$ 。美国OFS公司的TeraWave™ ULL光纤产品，其衰减也达到了 $\leq 0.17 \text{ dB/km}$ 的水平，典型值 0.168 dB/km ，有效面积达到 $125 \mu\text{m}^2$ ，满足G.654B标准。日本住友公司的Z-Fibre系列海缆光纤产品，其衰减达到 0.17 dB/km 的水平。由于外国公司起步早，其在相关知识产权方面也进行了细致的布局，为我国企业后续研发增加了难度。

(2) 光纤预制棒的制备材料及光纤涂覆材料等关键原材料受限

目前国内制备超低衰减光纤芯棒的高纯度硅料和锗料还基本依赖进口，几家采用RIC工艺制备光纤预制棒的企业，如亨通和长飞，其外套管材料也是依赖进口。考虑到超低衰减光纤预制棒需要使用大量氟掺杂材料，且氟掺杂材料较常规纯二氧化硅材料的价格要高3~4倍，所以后期相关原材料的国产化将是超低衰减光纤项目规模化生产以及降低制造成本的最大挑战。

除了光纤预制棒的制备材料外，光纤涂覆材料的国产化也是限制超低衰减系列光纤，尤其超低衰减大有效面积光纤产品进一步提高性能的关键因素。目前高性能光纤涂料制造基本被国外两家企业垄断，所以高性能低模量弯曲不敏感涂料的开发也是限制国内超低衰减光纤性能进一步提高的瓶颈。

(3) 光纤光缆产业过度依赖国内市场，国际化拓展乏力

目前，国内光纤光缆行业的销售主要面向国内三大通信运营商。在国际市场上，国外光纤光缆巨头已完成全球布局，中国企业在拓展海外市场时面临诸多困难和壁垒，由于缺乏技术优势，中国企业在海外市场上主要依靠价格竞争，而且，产品同质化严重，国内各大厂家基本上都在做相同产品和技术，以至于在国内市场和国外市场竞争日趋激烈，产业环境有待改善。

(4) 海底光缆国内市场应用场景不足，难以支撑技术瓶颈有效突破

我国当前主要是东海、渤海湾、黄海或南海近海海底光缆建设，属于无中继浅海光缆通信系统（不超过500米水深），主要解决两点之间的光通信需求，注重海底光缆的光纤性能要求，采用普通G.652光纤即可满足，对于中继供电不要求或者要求并不高。而远距离、大长度的岛屿和洲际通信、南海开发建设等深海光通信系统建设必须使用有中继深海光缆（1000米-5000米水深）。有中继深海光缆相比于无中继浅海光缆，其技术要求、产品性能、生产环境、系统设计都要复杂得多，必须解决超低损耗光纤技术、-10kV高压绝缘技术、大长度海缆无损

连接技术、高压供电技术、中继系统设计技术、高水压和高电压系统测试技术、海缆深水敷设工程技术等关键技术。目前,我国海缆厂家在国内市场未有更多的、更长的深海光缆应用案例来突破技术瓶颈和积累工程经验。如果将浅海光缆的工程经验简单复制来实施深海光缆工程,那么其产品可靠性风险、工程质量风险很高。

三、通信光纤光缆产业发展目标

3.1 结构调整目标

引领国内通信光纤技术向超低衰减方向全面升级,推动超低衰减系列光纤光缆在光纤通信领域的全面应用,到2022年,中国超低衰减光纤产量在单模光纤总产量中的比重提高至60%以上;打通全国产化的硅锗料-预制棒-光纤涂料-光纤-光缆一体化全产业链条。

推动国内自主品牌企业在产品设计、采购、制造、物流、营销与服务价值链上的实力大规模提升;除保持行业产量、销售额规模全球领先地位外,争取盈利水平跻身世界前列,在全球通信光纤光缆行业中居于引导地位;打造1-2个生产规模世界领先、研发技术世界领先的光纤光缆研发和制造一体化产业基地。涌现一批拥有技术创新和管理创新能力,具备诚信、自尊、负责、开放与追求卓越价值观的大型跨国企业。

3.2 技术创新目标

加大技术研发投入,完善以企业为主体的技术创新体系,建立一批重点领域共性技术开发平台,自主创新能力进一步增强,发展一批具有自主创新能力、拥有自主知识产权的企业。

到2022年,行业平均研发投入在销售收入中的比重达到5%;全行业在主要产品及关键设备和原材料上的发明专利拥有量年均增长5%。在国际标准的制修订上具有广泛的参与度与话语权,每年参与或主持1-2项光纤光缆行业国际标准的制定或修订。

推动行业内企业进行全自主知识产权的产品工艺研发和生产制造设备研发，掌握光纤光缆制备核心技术，具备光纤光缆制备关键原材料和关键设备的研发和制造能力。

开发关键性能参数世界先进，涵盖陆地干线、跨洋海缆以及城域网和接入网的全系列光通信网络超低衰减光纤光缆产品线；大力发展全干式光缆技术，突破干式光缆二次套塑设备及工艺技术，加强海底光缆的技术研发，实现海底光缆制造技术突破；开发国产高吸水率干式阻水材料；结合 5G 的技术发展，开发一系列能够实现密集布线、易分歧、易施工、路由利用率高、满足不同场景环境等特点的新型光缆产品。

四、通信光纤光缆产业重点发展产品

表 1 通信光纤光缆产业重点发展产品

产品类别	重点发展产品	发展目标	
		2020年	2022年
单模光纤	超低衰减 G. 652 单模光纤	国内企业超低衰减 G. 652 单模光纤出货量在 G652 光纤出货总量中的比重达到 30%以上，满足国内市场 30%以上的市场需求。	国内企业超低衰减 G. 652 单模光纤出货量在 G652 光纤出货总量中的比重达到 60%以上，满足国内市场 60%以上的市场需求。
	超低衰减 G. 654 单模光纤	国内企业超低衰减 G. 654 单模光纤出货量在 G654 光纤出货总量中的比重达到 30%以上，满足国内市场 30%以上的市场需求。	国内企业超低衰减 G. 654 单模光纤出货量在 G654 光纤出货总量中的比重达到 60%以上，满足国内市场 60%以上的市场需求。
多模光纤	用于宽带与大数据的多模光纤	国内企业多模光纤出货量在多模光纤出货总量中的渗透率达到 40%以上，满足国内市场 40%以上的市场需求。	国内企业多模光纤出货量在多模光纤出货总量中的渗透率达到 70%以上，满足国内市场 70%以上的市场需求。
光缆	轻型中心管式微束光缆	2020年：国内企业在国际市场的出货量达到全球需求量的 20%以上。	国内企业在国际市场的出货量达到全球需求量的 25%以上。
	室外用微单元光缆	国产化率 $\geq 20\%$ 。	国产化率 $\geq 30\%$ 。

产 品 类 别	重点发展产品	发展目标	
		2020 年	2022 年
	光固化光纤束微单元光缆	国产化率 \geq 20%。	国产化率 \geq 30%。
	分立光纤松套管层绞全干式光缆	国内企业产销量 \geq 800 万芯。	国内企业产销量 \geq 1200 万芯。
	光纤带松套管全干式光缆	国内企业产销量 \geq 100 万芯。	国内企业产销量 \geq 200 万芯。
	气吹微型光缆	国内企业在国际市场的出货量达到 400 万芯公里。	国内企业在国际市场的出货量达到全球需求量的 20%以上。
海底光缆	深海有中继海底光缆	国内企业在国际市场的出货量达到全球需求量的 10%以上。	国内企业在国际市场的出货量达到全球需求量的 15%以上。

五、政策建议

(1) 继续加大对光纤光缆制造行业上下游产业链的政策扶持和资金支持，包括制造装备供应企业、原材料供应企业的支持，争取早日打破国外企业对中国超低衰减光纤光缆产品的技术、装备和原材料封锁。

(2) 加大对国内外光纤光缆行业的优秀技术人才的引进力度，帮助我国未来在光纤光缆领域取得世界领先的研发和产业化能力。

(3) 尽快完善市场经济的相关法规，进一步规范企业的市场行为。对影响我国光纤光缆产业健康稳定发展的种种因素，如恶性价格竞争、偷工减料、长期拖欠货款等行为进行规范，监管部门应当对不合理的企业商业流程进行监管，为所有企业提供一个公平健康的市场竞争环境。

(4) 进一步发挥行业协会的桥梁作用，通过行业协会协调产业链中各个环节的关系，维护行业发展利益，促进行业的协调发展。

第三篇 特种光纤

一、特种光纤产业概述

1.1 特种光纤简述

特种光纤在特定波长上使用，是为了实现某特种功能而设计制造的光纤，因此具有品种繁多的特点，为了更加直观的了解特种光纤，下面将把特种光纤按应用分为有源及无源器件、激光器及光纤传感三大领域，并结合各自的具体应用介绍各类特种光纤。

1.1.1 有源及无源器件用特种光纤

有源及无源器件用特种光纤主要有铒纤（erbium-doped fiber，以下简称 EDF）、保偏光纤（polarization maintaining fiber，以下简称 PMF）、耦合光纤及稳相光纤光缆等。

（1）铒纤（EDF）

当今光纤网络已经遍布全球，光纤通信是信息交流的重要支柱。但是光纤具有传输损耗，光信号在传输一定距离后需要对衰减的功率进行中继放大。从前光中继采用“光-电-光”的方式进行光放大，而掺铒光纤放大器（EDFA，erbium-doped fiber amplifier）的发明与商用引起的光通信技术的一场革命，在以光纤为传输介质的邮电通信、有线电视以及计算机网络的系统发挥着重要的作用。

EDF 是掺铒光纤放大器的核心，是一种在纤芯掺杂了稀土元素铒的光纤。在光纤放大器系统中，可以吸收泵浦光（980nm 或 1480nm）功率，转化为信号光功率，实现信号放大。

（2）保偏光纤（PMF）

保偏光纤是一类具有广泛应用价值的特殊光纤产品，在光纤陀螺、光纤传感和光纤通信等领域有着重要的应用前景。保偏光纤能够实现偏振光的稳定传输，

是一种特殊的单模光纤，通过在纤芯两侧施加应力（或其他方式）使纤芯中在特定的方向上存在折射率差，形成较高的双折射（ $>10^{-5}$ ），因此保偏光纤又称为高双折射光纤。

（3）耦合光纤

耦合光纤是一种主要针对 980nm 及 1550nm 波长光的传输设计的单模光纤，主要使用在光纤耦合器、EDFA 及泵浦激光中与铒纤的熔接。

光纤耦合器是传送和分配光信号的无源器件，光从一个端口输入，从另一个或多个端口输出。对光信号进行合波或以不同的方式（波长、光功率）进行分波。其中光纤耦合器的制备就是通过将耦合光纤熔融拉锥获得。因此，耦合光纤在设计过程中，考虑到应用的特点，对光纤的掺杂成分要求特别严格，才能保证光功率的分波效果。因其在设计时的结构设计，其模场等参数与铒纤相匹配，因此在泵浦激光及 EDFA 中与铒纤的熔接损耗较小，故广泛应用于 EDFA 与泵浦激光中。

（4）稳相光纤光缆

稳相光纤光缆，是指光纤中光的传播时间随温度变化很小，甚至光传播的时间不随温度的变化而变化。该产品是光精密传输等领域的关键原零部件，制备技术难度较高，广泛应用于雷达、高端商用产品及其它对温度漂移系数有较高要求的产品。国内外对稳相光纤光缆的研究方向分为两种：第一，通过光纤结构以及芯层群折射率设计，降低温度对产品性能的影响，该方案主要停留在实验阶段，暂时没有真正有效的商业应用。第二，通过涂覆层材料的研究，降低光纤光缆产品对温度的敏感性，该方法在国外已经取得一定的实质性进展，并且部分产品已应用。

1.1.2 激光器用特种光纤

激光器中常用的特种光纤有掺镱光纤（Ytterbium doped fiber，以下简称 YDF）、无源匹配光纤（Ge doped fiber，以下简称 GDF）以及最后激光输出的大芯径传能光纤。

（1）掺镱光纤（YDF）

YDF 是一种在纤芯掺杂了稀土元素镱的光纤，当使用合适波长的外部光源进行泵浦时能够在 1030nm-1080nm 实现放大，主要应用于掺镱光纤放大器和激光器中。按照激光器使用要求分为适用于连续型的低功率，中功率，高功率，超高功

率的双包层掺镜光纤，适用于脉冲型的低功率，中功率，高功率，超高功率的双包层掺镜光纤，尤其以保偏型掺镜光纤、光子晶体掺镜光纤为高难度。

(2) 无源匹配光纤 (GDF)

GDF 是用于全光纤一体化设计的光纤激光器和放大器的理想光纤，用来匹配相应的掺镜光纤。该系列光纤优化的工艺参数能精确控制几何指标，低数值孔径能确保单模输出，显著提高与有源光纤的熔接性能，降低熔接损耗。

(3) 大芯径传能光纤

该光纤可加工成传能跳线用于高功率激光的柔性传输，芯径从 40 到 800 μm ，光纤包芯比 (CCDR) 范围从 1.05 到 1.4，数值孔径范围从 0.1 到 0.34；光纤从红外到紫外全波段应用，LED 和激光光源的高效耦合，适用于高功率光能量传输应用。

1.1.3 光传感器用特种光纤

光纤传感技术往往具备一些电传感技术难以企及的优点，主要包括抗电磁干扰、电绝缘、耐腐蚀、防爆、防燃等。这些优良特性让光纤传感技术可以应用于一些特殊场合。目前，光纤传感器已在电力、化工、矿产、冶金、基础设施等各种领域获得了广泛应用。在此分类下主要有抗辐射光纤、耐高温光纤、旋转光纤、抗弯曲光纤 (bend insensitive fiber, 以下简称 BI 光纤) 以及特殊多模光纤。

(1) 抗辐射光纤

石英光纤在 高能辐射作用下，可以使光纤芯石英玻璃发生物理和化学变化，在石英芯内产生各种缺陷，从而使光纤的光传输性能恶化。

而抗辐射光纤通过掺杂、波导等设计，可以使光纤在辐射条件下，减少辐照缺陷，从而降低辐射所引起的衰减，使光纤在辐射环境下可以正常使用。

(2) 耐高温光纤

光纤传感器会涉及高温环境的应用。光纤是一种复合材料，是由内层的石英部分和外涂覆层共同组合而成。常规光纤的外涂覆层一般为丙烯酸树脂，其耐受温度一般为 $-65\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，如果长时间在高于 85°C 的环境下工作，普通丙烯酸树脂会发生热老化以及热氧老化，并且有机涂层在高温下会产生对石英光纤具有应力腐蚀作用的氢气，加速光纤的疲劳过程，导致光纤失效。普通丙烯酸树脂涂层光纤无法满足高温环境的应用要求，能耐一定高温的耐高温光纤便应运而生。

(3) 旋转光纤

旋转光纤又称扭转光纤、保圆光纤，通过轴线旋转引入圆双折射，和光纤本身的线性双折射共同形成椭圆双折射，在旋转速率足够高时可使其成为一种近似圆偏振态保持光纤。旋转光纤又分为旋转低双折射光纤和旋转高双折射光纤，旋转高双折射光纤抗弯曲，应力等外界干扰能力强，是光纤电流互感用传感环的理想材料。

(4) 抗弯曲光纤 (BI 光纤)

BI 光纤，又称弯曲不敏感光纤。通过对光纤的波导进行设计，降低其在弯曲时的光纤损耗值。

此类光纤主要应用于光纤水听器。光纤水听器具有灵敏度高、抗干扰能力强、远距离传输、体积小、易于收放、高可靠性、可大规模组网等特点。是现代海军反潜作战、水下兵器试验、海洋石油勘探和海洋地质调查的先进探测手段。此外，此类光纤还可以应用于光纤制导。

1.2 特种光纤的产品特点与重要性

特种光纤区别于普通光纤，在掺杂元素、工作波长、结构以及光学性能上都有其特殊性，且根据不同的性质，应用也不同；是光纤激光器中的关键原材料，同时也是激光传输最便捷的传输介质；也可用于光纤通信器件如光放大器、波长变换等光纤器件的制作；用于医疗光纤器件如内窥镜等，还有一些传感光纤器件可用于航空航天、石油化工等领域，如压力、温度等的传感探测器件以及光纤陀螺、水听器等。相比普通光纤，特种光纤在制备工艺上要更为复杂，技术要求高，国内形成规模的厂家较少，产能严重不足，有相当一部分特种光纤预制棒还依赖于进口。

2007 年，美国对华高科技出口管制的 20 类产品清单中明确包含了特种光纤，禁运导致我国在特种光纤领域长期存在较大的市场缺口。尽管在政府的支持下，我国特种光纤技术取得了较大进步，但由于特种光纤市场分散、产品种类繁多、生产技术复杂、制造成本较高、标准缺失等原因，我国特种光纤行业相比发达国家仍然落后，阻碍了相关下游应用领域的发展。因此，为进一步加大特种光纤的研究投入，推动特种光纤产业的应用及发展，将特种光纤作为一个单独的门类，

制订未来几年的发展路线图是十分有必要的。

二、特种光纤产业发展现状

2.1 特种光纤产业现状

不同种类的特种光纤产品，国内发展水平不一，具体情况如下：

有源及无源器件用特种光纤方面，EDFA中使用的EDF仍全部依赖进口；陀螺用保偏光纤由于国际禁运，此市场被国内数家企业占据，器件用保偏光纤由于技术难度较大，目前被国外垄断，国内企业仍处研发阶段；耦合光纤目前已能全面实现进口替代，技术指标与国际先进水平差距不大，甚至部分技术指标已为国际领先；稳相光纤光缆中，普通产品的生产国内已经解决，但国外通过对光纤涂覆具有较小热膨胀系数的涂层，进一步提高产品性能的技术目前国内研究尚处空白。

激光器用特种光纤方面，国内企业的中低功率掺镱光纤已开始量产，正在高功率产品方面奋起直追；与YDF匹配的GDF市场，被美国Nufern公司垄断；大芯径传能光纤，日本三菱、德国莱尼等企业占据大部分市场份额。

光传感器用特种光纤方面，国内对抗辐射光纤的研究起步较晚，且开展此类研究的机构不多，目前仍处于初步的探索性研究阶段；国内厂商的耐高温光纤主要聚集在中温区域，产品已较为成熟，但高温光纤存在问题较为突出，超高温区域则涉及较少；旋转光纤的厂家以Fibercore等欧美公司为主，国内虽然也有少数供应商，但产品可靠性依然不足；BI光纤，国内的研究主要集中在军工科研单位，光纤加工条件苛刻，不适合量产，因此不能满足日益增长的水听器客户需求。

2.2 特种光纤存在的问题

(1) 市场容量小，企业缺乏产品开发动力

特种光纤虽然是多种重点下游产品的核心元件，而且市场需求增长很快，但

是客观来说，相对于庞大的通信光纤光缆市场，特种光纤国内市场很小。按照中国电子元件行业协会信息中心的推算，2016 年我国几大类特种光纤市场规模总额不到 4 亿人民币左右，即使到 2022 年，国内市场规模也就 8 亿人民币左右。较小的市场难以对我国大型的光纤光缆企业形成刺激，企业开发特种光纤的动力较低。

（2）研发时间较晚，整体技术和产业化落后

相对于美日欧等发达国家和地区，我国研发特种光纤的时间较晚，尽管目前正在奋起直追，在少数领域已经接近国际先进水平，但整体落后的局面短期内仍很难改变，不少特种光纤种类，如超高温段光纤传感器用光纤、大功率激光器用掺镱光纤的国内研发和生产仍属空白。在特种光纤方面的落后已经对我国光纤放大器、激光器、光纤传感器等下游产品的全产业链国产化造成阻碍，进而影响我国通信、工业、军事、航天等各个领域的发展。

（3）标准化发展滞后

特种光纤的标准缺失是造成目前我国特种光纤行业落后的主要原因之一。比如，在面向核工业、航空航天领域用的抗辐射单模光纤的研究上，国外单模光纤在 2MGy 高辐照剂量下可以达到 $<10\text{dB/km}$ 的性能水平。而国内厂家提供的抗辐射单模光纤，辐照剂量都只在 10K Gy 以下，国家标准中尚无对光纤抗辐射性能的要求，国军标（GJB915A-1997 方法 109）中也仅仅只有 10K Gy 的相关要求，对于更高剂量的辐照性能，没有国家标准。另外，在 EDF、耐高温光纤、BI 光纤等产品领域也都没有统一的国家标准和行业标准。

（4）关键设备和原材料尚不能自给

目前，绝大部分特种光纤所需关键生产设备、原材料，比如光纤预制棒，以及预制棒制备所需的衬管、套管、涂料等都需要进口，上游配套领域的落后也对国内特种光纤的发展产生阻碍，增加了企业研发和量产特种光纤的成本，降低了国产产品的价格竞争力。

（5）国外企业对特种光纤设置了较高的技术壁垒和专利壁垒

由于特种光纤的关键性，国外将不少特种光纤产品列入对中国的禁运清单，国内企业难以深入了解国外技术的最新进展。而且，国外大企业已经在专利上层布局，留给国内厂家的空间较少，提高了国内企业自主创新的难度。

三、特种光纤产业发展目标

3.1 有源及无源器件用特种光纤

(1) EDF

到2022年，实现EDFA用EDF的国产化，完全替代进口，保障国家信息通信安全；研制成功航空航天、核工业领域用的抗辐射EDF，为高技术领域的应用提供可靠的产品；开展少模掺铒光纤的研发，为未来更高要求的传输容量做准备；新增EDF产品相关发明专利15-20项。

(2) PMF

到2022年，国产陀螺用保偏光纤的技术水平大幅提升，达到国际先进水平。国产器件用保偏光纤的国内市场份额显著提高，市场占有率超过50%。新增EDF产品相关发明专利20-25项。

(3) 耦合光纤

研制应用于WDM、EDFA系统的耦合光纤，通过研发将光纤的拉锥损耗降低到0.1dB以下；开发出细径（80 μ m）耦合光纤；新增EDF产品相关发明专利10-15项。

(4) 稳相光纤光缆

开展通过涂覆层材料降低光纤光缆产品温度敏感性的研究，推出商用型产品，满足目前国内军用及民用产品的需求，新增稳相光纤光缆产品相关发明专利10-15项。

3.2 激光器用特种光纤

(1) YDF

到2022年，中低功率光纤激光器用双包层大模场掺镱光纤的国产化率提高至50%以上，技术指标达到国际先进水平，产品进入海外市场；研制成功并初步量产千瓦级平均功率激光器用250 μ m~400 μ m的双包层光纤，在工业切割市场提供媲美国际顶尖厂商产品的国产光纤；研制成功激光清洗行业用的平均千瓦级、单脉冲能量达百mJ量级的超大模场掺镱光纤，填补国内空白，扭转该类型激光

器完全依靠进口的现象，为民用激光清洗和军用飞机、舰船的维护提供更高效率的可选方案；实现为超快激光器用大模场光子晶体光纤的量产；新增 YDF 产品相关发明专利 15-20 项。

(2) GDF

逐渐实现 10/130、20/130、30/250、20/400 乃至更大尺寸的 30/600 无源匹配光纤的量产，打破国外企业的垄断。新增 GDF 产品相关发明专利 15-20 项。

(3) 大芯径传能光纤

实现耐受功率 1000W 以上光纤产品的量产，初步满足半导体激光器泵源、高功率激光加工等装置等高端应用的需求，新增大芯径传能光纤产品相关发明专利 5-10 项。

3.3 光传感器用特种光纤

(1) 抗辐射光纤

研制适用于中高剂量辐照环境的抗辐射多模 50/125 光纤并量产，全面实现国产化，完全替代进口；成功研制 100K Gy 条件下，辐致感生损耗在 7dB/km 以下的抗辐射单模光纤；新增抗辐射光纤产品发明专利 5-10 项。

(2) 耐高温光纤

到 2022 年，实现筛选强度超过 100kpsi 以上、长期耐受温度达到 300℃ 以上国产光纤的量产；初步开展 400~700℃ 超高温段光纤的研发；新增耐高温光纤产品相关发明专利 5-10 项。

(3) 旋转光纤

打破国外技术垄断，大幅提高适用于光纤电流互感器的旋转高双折射光纤的产品性能与可靠性，到 2022 年，国产化率提升至 60% 以上；新增旋转光纤产品相关发明专利 5-10 项。

(4) BI 光纤

大力开展民用水听器用 BI 光纤的研发，改进现有生产工艺，到 2022 年，国产 BI 光纤在国内水听器市场份额占据 80% 以上份额；大幅提升制导用 BI 光纤的性能与可靠性，满足军方对长距离精确制导光纤的研发需求；新增 BI 光纤产品相关发明专利 5-10 项。

四、特种光纤产业重点发展产品

表 1 特种光纤产业重点发展产品

产品类别	重点发展产品	发展目标	
		2020年	2022年
有源及无源器件用特种光纤	抗辐射 EDF	传统通信市场中所用的 EDFA 在 C 波段和 L 波段的实现国产, 形成量产产品, 能替代进口 EDF 产品。	抗低剂量辐照, 低掺杂浓度的 EDF 产品在航天器, 卫星展开应用, 量产成功。
	少模 EDF	4 模 EDF 研发成功, 并初步进入量产阶段。	4 模 EDF 在国内实现大规模应用, 6 模 EDF 研发成功, 并初步进入量产阶段。
	器件用保偏光纤	实现国内器件用保偏光纤市场份额超过 30%。	实现国内器件用保偏光纤市场份额超过 70%。
	细径保偏光纤	60 μm 细径保偏光纤实现年销量 500km;	60 μm 细径保偏光纤实现年销量 2000km, 40 μm 细径保偏光纤实现年销量 500km。
	稳相光纤光缆	国内企业能量产 3-5 款适应于不同温度范围的稳相光缆, 填补目前该领域的空白。	产品质量进一步提高, 国产产品占据国内 80% 以上市场。
激光器用特种光纤	高功率光纤激光器用的双包层掺镱光纤	2000W 以内的单模激光器, 多模激光器用包层直径 $\leq 400 \mu\text{m}$ 的掺镱光纤量产, 市场占有率 50-60%。	2000W 以上多模激光器用 2000W 以内激光器用掺镱光纤全部实现国产化, 市场占有率 $> 90\%$, 2000W 以上多模激光器用掺镱光纤实现量产, 国内市场占比达到 30-50%。
	超大模场多模掺镱光纤	量产 100/400 的三包层光纤, 纤芯 NA 达到 0.1, 与下游激光器厂家合作, 推出相应结构的三包层无源光纤, 辅导相应器件厂家完成匹配的无源器件的完成研发, 初步实现量产。	优化一代 100/400 三包层掺镱光纤, 完成 300/400 超大模场的三包层光纤的研制, 推出匹配的无源器件用光纤, 辅导器件厂家和激光器厂家的应用。
	大芯径传能光纤	成功研发 440 μm 、660 μm 大芯径传能光纤, 并进入规模化生产阶段。	成功研发 880 μm 、1000 μm 大芯径传能光纤, 并规模化生产, 大芯径传能光纤整体国内市场占据份额 70% 以上。
光传感器用特种光纤	抗辐照单模光纤	100KGy 总剂量下, 通信窗口辐致感生损耗 $\leq 7\text{dB/km}$ 。实现产品可规模化生产并用于国内特种辐射环境应用, 逐步替代进口光纤产品。	100KGy 总剂量下, 通信窗口辐致感生损耗 $\leq 6.5\text{dB/km}$, 且光纤可耐 300 度高温。在国内辐射环境得到规模应用, 基本实现光纤国产化, 取代进口光纤产品。
	抗辐射多模光纤	抗辐射多模光纤产值达到 500 万。	抗辐射多模光纤产值达到 2000 万。

产品类别	重点发展产品	发展目标	
		2020年	2022年
	耐高温光纤	筛选强度 $\geq 100\text{kpsi}$ 、长期耐受温度 $\geq 300^\circ\text{C}$ 以上耐高温特种光纤达到稳定量产水平。耐超高温光纤研制成功，并初步实现量产。	300 $^\circ\text{C}$ 耐高温光纤产品普遍应用于通信与传感领域，实现该光纤的国产化。
	旋转光纤	成功研发段长 $\geq 200\text{m}$ 、旋转周期 $\leq 3\text{mm}$ 的旋转光纤，并进入规模化生产阶段。	成功研发段长 $\geq 300\text{m}$ 、旋转周期 $\leq 2.5\text{mm}$ 的旋转光纤，并进入规模化生产阶段；国产产品占据国内市场60%以上份额。
	水听器和制导用光纤	水听器光纤能在国内市场占据70%以上份额。	水听器光纤在国内仍占主导地位，同时能在国外市场占有一定比例。

五、政策建议

(1) 通过强基工程专项资金对特种光纤的研发和产业化予以扶持

由于特种光纤市场容量较小，企业投入研发和产业化的动力不足，属于难以单靠市场力量解决，但又急需发展的重点产品，需要政府部门积极、持续地投入资金，支持并引导骨干企业开展此类产品的研发和生产。因此，建议通过强基工程资金对特种光纤重点产品进行扶持，这是短期内缩小我国在此领域与发达国家差距的有效方式。

(2) 推动特种光纤共性技术公共服务平台的建设，促进上下游产业链的交流与合作

相对于只面向通信行业的通信光纤光缆产品，特种光纤的应用面要大得多，比如，用于光纤传感器的特种光纤，就有可能涉及核能、石油石化、工业自动化设备、电力能源、航空航天、舰船、军事装备等各个领域，以通信光纤光缆为主要产品的我国光电线缆企业要开发特种光纤，需要深入了解以上如此多行业的具体技术需求，交流的难度可想而知。建议以相关行业协会牵头，加快成立特种光纤共性技术公共服务平台，形成特种光纤生产企业、研究所、大专院校、用户单位、上游材料设备企业定期的互动交流机制，联合相关机构共同开展特种光纤关键技术的研发。

(3) 加快特种光纤领域军民融合的步伐

由于特种光纤领域在军事上的重要作用，国外将不少特种光纤产品列入禁运清单，我国军用特种光纤只能自主生产。但是我国电子元件行业长期实行军民双轨制，军用元器件市场较为封闭，一方面我国不少大型的光纤光缆企业无法或者无意愿进入军品市场，缺乏这些拥有强大经济实力的公司的投入，我国军用特种光纤的研发和生产自然缓慢；另一方面，我国少数生产军用特种光纤的企业或研究所，也因为缺少与民品企业的交流，技术进展缓慢，现有技术也难以通过军转民形成大的经济效益。因此，只有加快特种光纤领域军民融合的步伐，打通军品民品界限，让民品企业享受到参与高端军品特种光纤市场的好处，才会让企业潜心投入特种光纤技术的研发与生产。

第四篇 光传感器件

一、光传感器件产业概述

1.1 光传感器件简述

传感器技术作为信息技术的基础与三大支柱之一，受到世界发达国家的高度关注和竞相追逐研究。光传感器主要由光敏元件组成，是目前传感器的主要分支之一，在物联网以及信息技术的发展上有着至关重要的地位。随着信息时代对检测精度的要求越来越高，传统的光传感器已经不能满足新形势的需求，因此在世界范围内，利用现代科学技术，研究开发各类新型光传感器和敏感功能材料。

光传感器件除获取感官光线变化外，更可获取人类无法获取的其它敏感信息，作为现代检测和自动控制装置的重要组成部分，它的飞速发展是二十一世纪高新技术领域的制高点，在现代科学技术领域中的地位越来越重要。在当今社会，光传感器件在汽车、工业、医疗和消费电子领域的普及率越来越高，成为智能产品设计的一个重要标志，特别是近几年来智能手机、智能照明、数码电子产品、智能制造和物联网技术的发展，使得光传感器件应用越来越普及。

因此，光传感器件是光电子器件极为重要的分支，编制我国未来几年光传感器件的发展路线图对推动我国光传感器件，以及下游物联网、智能移动终端、智能制造等应用市场的发展有着十分重要的意义。

1.2 光传感器件的产品范围

光传感类别非常多，应用领域极广，常见的有以下几个类别：

(1) 图像传感器

图像传感器是一种感光元件，是目前占整个光传感器市场最大份额的传感器，在安防和消费类电子市场双重推动下，近 20 年来，图像传感器的市场需求量节节攀升。尤其是在消费电子市场，从数码相机开始，到功能型拍照手机，到智能

手机，再到目前流行的双摄像头手机，CMOS 图像传感器成为图像传感器的主流，全球需求量持续增长。

（2）红外传感器

红外传感器是以红外线为介质的传感器，也是目前最常见的光传感器类型。红外传感器在测温仪器、测距仪器、气体探测器、图像识别装置、接近感应装置等设备中已经获得广泛应用。最近，IPHONE 8 等新型智能手机采用的面部识别技术推动微型化的红外传感器模块在手机中大量使用，市场需求量正在高速增长。

（3）光纤传感器

光纤传感器是光传感器的另一个主要类别，光纤传感器以光纤作为敏感元件和传输介质，具有灵敏度高、几何形状适应性强、可制造的传感器类别多、适用于极端环境、与光纤遥测技术内在相容等诸多优点。在国防、航空、石油、建筑、抗震等领域有巨大的市场需求。

（4）环境光传感器

环境光传感器是可以感知周围光线情况，并告知处理芯片自动调节显示器背光亮度的传感器。环境光传感器目前在手机、显示器、平板电脑等产品中大量使用，为整机产品起到节能的作用。

（5）激光传感器

激光传感器最大的用途在于测距，它的优点是能够实现无接触远距离测量、速度快、精度高、量程大、抗光电干扰能力强等。目前激光测距设备已经很常见，尤其在未来的无人驾驶技术上，车载激光传感器将作为无人驾驶汽车的眼睛，成为实现无人驾驶的关键。此外，激光气体传感器目前也已获得应用。

（6）紫外线传感器

紫外线传感器灵敏度高、应用广泛，与其他类型光电传感器相比，其发热少、消耗能量小、成本较低，并且可以检测到肉眼看不到的信息，是目前较为普遍应用的光传感器之一，尤其在穿戴式设备中，紫外线传感器有巨大的市场潜力。

（7）其他光传感器

光传感器的类别还有很多，随着传感技术的发展，应用领域仍在不断拓展。比如最近几年出现的光电心率传感器，此类产品是光传感器在穿戴式设备和健康医疗设备上的最新应用，原理是通过内置或外置的 LED 光源发射光线照射在手腕

或者手臂上，部分光通过皮下组织反射传输而产生一个电压信号，由硬件电路获得这个信号。因为微血管组织中血容量的变化与心脏节律有关，因此反射光信号的强度随着心脏的搏动有节律性变化，通过分析反射光信号，就可达到统计心率的目的。光电心率传感器是实现穿戴式设备心率监测的关键元件，随着穿戴式设备的普及，此类传感器有着巨大的市场空间。

二、光传感器器件产业发展现状

2.1 产业现状

根据中国电子元件行业协会信息中心的数据，2016 年，全球光传感器市场规模达 1370 亿元。近年来，在智慧城市、物联网、智能移动终端、智能制造、机器人、智能电网、石油石化、新能源等下游应用市场的推动下，中国光传感器市场快速成长，成为拉动全球光传感器市场增长的主要力量。2016 年，中国光传感器市场规模达 778 亿元，约占全球市场规模的 57%。

预计到 2022 年，全球光传感器市场规模将成长至 1836 亿元，2016-2022 年复合增长率达 5%，中国光传感器市场规模将成长至 1180 亿元，2016-2022 年复合增长率达 7%。

尽管未来中国光传感器市场的增速依然可观，但由于我国传感器行业发展水平较低，本土企业实力弱小，因此要想在快速增长的市场中分一杯羹，难度依然很大。

在红外传感器领域，已有数家初具规模的生产企业，部分产品的技术指标能够满足国内市场需要，但在高端技术方面仍处于爬坡阶段。

在光纤传感器领域，由于国内几大光纤光缆大厂的投入，技术水平呈较快增长的趋势，但是目前国内生产的光纤传感器的种类仍然较少，企业销售额也大多在几千万到一亿元的范围内，而且企业销售额中很多是含有光纤传感器监测方案设计的费用，真实的光纤传感器业务收入更低，国内大部分市场仍为国外企业占据。

在市场份额最高的图像传感器领域，目前，我国本土企业在 200 万像素以下的图像传感器国内市场中能占据 80%以上的市场份额，但是在手机摄像头的核心

——高像素 CMOS 图像传感器领域，几乎看不到中国厂商的身影。目前，全球手机用高像素 CMOS 图像传感器主要被日本索尼、美国豪威科技、韩国三星等少数厂商占据。不过，2016 年，由中信资本、清芯华创和金石投资组成的财团收购了美国豪威科技，此次收购对我国图像传感器技术的发展将起到极大的推动作用。

激光传感器、环境光传感器、紫外线传感器等产品情况比较类似，国内从事研发和生产的的企业很少，国内市场被国外进口产品瓜分殆尽。

总的来看，目前我国光传感器行业的现状主要是企业规模偏小、产品档次低、市场份额低，与我国蓬勃发展的光传感器市场极不相衬。

国外对开发和利用传感器技术相当重视，日本工商界人士甚至声称“支配可传感器技术就能够支配新时代”。我国传感器的研发工作开始晚于外国，加之受国民经济发展水平、资金等限制，致使技术落后，发展缓慢。据国内专家评估，我国传感器的技术与欧、美等相比，在科研开发上要落后 10 年，在生产技术上落后 15 年。光传感器作为传感器行业的主要分支之一，与整个传感器行业的情况基本一致。

目前欧美日企业靠高端产品维持市场优势，国内企业以中低端产品开展价格竞争。形成国内外技术差距的原因主要有两个方面的原因：第一，国外高度重视功能材料的研究；第二，国外高度重视制造工艺的持续改进。国内外各国发展技术的途径也不同，通常以美国为代表的为先军工后民用、先提高后普及，走自主研发的路子；以日本为代表的侧重实用化和商业化，先普及后提高，走从引进、消化、仿制到自行改进设计创新的路子；而我国也是先军工后民用、先提高后普及，但受整体技术水平落后的限制，自主创新还任重道远。

2.2 存在的问题与挑战

(1) 研究深度和广度不足，产学研用脱节

国外传感器产业的新产品、新工艺、新材料不断涌现，而我国的传感器虽然所涉足的研究开发领域基本与国外相差无几，但在某些核心制造工艺技术上还严重滞后于国外。国内传感器产业的研究场所主要集中在科研水平较高和原创能力较强的大学与科研院所，它们的科研管理体制往往以发论文——申请项目费——做实验——出样品——评职称等为目标，进行基础理论指导下开展的应用研究以及

研制新产品、新工艺这类具有明确目的性的研究不够深入，造成多数科研成果和专利技术的针对性差、自身转化力弱、对外转化难等实际问题，研究效果不尽如人意，对产品化、商品化的基础技术的开发严重滞后，材料、制造工艺和装备、测试及仪器等相关和配套的共性基础技术相互脱节，产学研用严重脱节。

(2) 中小企业不愿意也无能力投资中、远期项目

目前光传感器行业企业以中小企业为主，中小企业存在的问题主要表现在资源投入、运营能力和宏观管理方面，具体表现为人员素质低、技术装备落后、信息来源渠道不畅、信息收集手段落后、融资渠道过于单一等资源投入方面的问题，财务风险高、管理风险高、产品风险大等运营能力方面的问题，宏观管理体制不顺畅、经济政策不公平等宏观管理方面的问题。中远期项目由于资金投入较大，投资周期较长，回报缓慢，中小企业不愿意也没能力对其进行投资。

(3) 缺乏知识产权战略布局

在光传感器产业领域，知识产权已成为各国竞争的焦点。近五年来，世界范围内尤其是美、日、韩等发达国家光电传感器新兴产业领域的专利数量激增，发明专利申请量增速显著加快，是同期传统产业领域发明专利申请平均增速的3至4倍，而国内企业知识产权战略布局缺乏，专利数量有限，发明专利的实质性特点不突出。国内企业欲发展壮大，必须高度重视知识产权，加大知识产权工作力度，充分发挥知识产权制度的作用，支持战略性新兴产业健康、快速和可持续发展。

(4) 缺乏专业人才

光传感器行业涉及光学、光电子学、微电子学、材料学、甚至计算机网络等多门学科，需要上中下游产业链互相衔接，更要保持基础研究与应用开发并举，因此需要多元化的人才，特别是既懂技术又懂管理的复合型人才。而目前我国设置传感器专业的高校为数不多，这些年来光传感器企业对人才培养又没有给予足够的重视，导致了现今专业人才比较匮乏。另外受金融产品、房子价格上涨的伤害，科研人员急于解决吃、住、行，也不能沉下心搞研究，提高自身素质。

(5) 光传感器中小企业面临不公平的经济政策

我国目前的经济政策主要是依据所有制类型和行业特性来制定的，而不是根据不同规模的企业所具有的不同行业特性来制定的，在经济政策上经常自觉或不自觉地偏好于大企业。如国家给非国有小企业的贷款规模过小，使之处于不平等

的竞争地位。国家银行的呆账准备金、资本结构优化扶持金、新增贷款和新增上市额度等优惠政策几乎全对大企业倾斜。另外，中小企业还负担着各种税收构成以外名目繁多的收费，政府资助申请条件高，民间缺少真正意义上的风投，政策性资助难以落实。

三、光传感器件产业发展思路、发展目标

3.1 发展思路

(1) 以“应用倒逼新材料、新工艺的研发”作为发展的核心内容

国内外专家综合研究表明，传感器总的发展趋势为：智能化、微型化、多功能化等，为了实现上述发展趋势，光传感器企业必须根据应用市场的需求，有的放矢，基于“应用拉动创新”的模式，着眼于产品的发明或改良、新材料的发现、生产方式的革新即新工艺的实施等，集中有限的优势资源，跟踪国际技术潮流，与相关大规模、科研单位进行合作，包括基础理论研究合作；其次要与国外先进传感器企业进行技术合作，通过技术转让、OEM、合作经营、合资等多种方式来吸收国外先进技术，再次利用企业内部必须建立开发管理体系，有效激励和约束研发人员；最后要引进先进研发工具，为研发可靠性提供保障。

(2) 以“高端产品的开发和品质提升”作为发展的根本任务

众所周知，国内传感器行业与国际著名传感器公司仍存在较大差距，具体表现在实验样品与批量生产存在差异，基础工艺与理论研究滞后，工艺装备、工装夹具相对落后，外观与包装等细节上差距。由于技术门槛较低，国内企业凭借成本优势，占据中低端光传感器领域中绝大部分的市场份额；而在高端光传感器领域的市场份额主要被欧美、日本及台湾地区的企业所占据，未来随着下游行业需求的不断增长，国内领先企业将凭借着中国企业的成本优势抢占更多的市场份额。

(3) 以“粗放式向精细化管理升级”作为发展的坚实基础

在当今中国传感器行业，传感器价格已到了“锱铢必较，分毛必争”的阶段，企业要有效益，不得不更加重视管理，在精细化管理方面，切实转变观念，强力

执行目标，优化运营流程，提升工作效力，严格控制成本，建立企业标准，健全考核体系。推进精细化管理，促进光电企业发展进入新常态，持续稳定的发展。

(4) 以“扩大国际合作，占领国际市场”作为发展的最终目标

国际化是传感器行业发展的趋势，传感器企业要在行业内立于不败之地，就必须迈出国门，扩大国际合作，历经国际市场的洗礼，才能最终占领国际市场。首先是国际人才的引进与管理，其次传感器必须经过国际相关认证，才能获得国际市场通行证；再次是国际营销道路建设，最后把品质保证及顾客需求放在首位，在国际竞争中不断壮大。

3.2 产业结构调整目标

到2022年，我国光传感器行业本土品牌的销售规模总额得到大幅度提高，国产化率达到30%以上，产品门类基本齐全，产品性能和档次接近同时期国际先进企业水平，尖端产品能满足我国军工、航空航天等领域的要求。

围绕产业基础相对较好的红外传感器和光纤传感器领域，推进大公司战略，到2022年，培养1-2家红外传感器或光纤传感器产品年销售额超过3亿元，产品技术性能基本满足国内市场需求的本土企业。

围绕移动智能终端用图像传感器、环境光传感器、面部识别红外传感器、光电心率传感器等市场需求量巨大的微型光传感器类别，通过引进吸收的方式提高产品技术水平，加快民族品牌的培养。争取到2020年，有1-2家中国民族品牌的移动智能终端用微型光传感器销售额在相关产品领域进入全球前五名。到2022年，中国民族品牌所生产的移动智能终端用微型光传感器产品，能满足当时全球主流移动智能终端产品的技术要求。

3.3 技术创新目标

在政策扶持、管理落实的条件下，培育光传感器创新型中小企业和初创企业，清除不利于创新的管理障碍，改善创新企业的启动与发展的管理框架，引导金融机构加大对创新型企业的投资力度。通过强基工程、集成电路发展基金等国家级产业化扶持资金的投入加速急需发展的光传感器产品的研发和产业化。

推动企业、研究机构、用户单位的深入合作，以军事、航天、高端装备制造、机器人、无人驾驶汽车、智能电网等重点行业的应用需求为指引，开展多传感器图像融合技术、智能巡检机器人技术、仿生传感器技术、柔性化设计技术和MEMS+NEMS+薄膜技术等光传感器先进技术的研究。

加快光传感器团体标准建设，以快速反应市场需求的变化。定期召开光传感器行业与工业生产应用标准工作组会议，对各标准之间的协调统一问题进行讨论。在必要时制订定量和定性指标和基准，满足同行业细分领域不同企业的需要，并用来同全球最佳标准进行比较。

加大力度引进国外先进人才，鼓励行业内大企业对外国光传感器企业的收购，加快技术引进、吸收、再创新的速度。鼓励相关行业协会成立专利池，加快行业内知识产权的转化。

四、光传感器产业重点发展产品

表 1 光传感器产业重点发展产品

重点发展产品	发展目标	
	2020年	2022年
数字环境光传感器	国产化率达到40%以上。	国产化率达到60%以上。
微型片式智能红外传感器	国产化率达到60%以上。	国产化率达到80%以上。
MEMS阵列热释电红外探测器	国产化率达到50%以上。	国产化率达到70%以上。
非制冷红外焦平面探测器	军用大面阵、小像素非制冷红外焦平面探测器产量达到10万只以上；民用中面阵、小像素非制冷红外焦平面探测器产量达到30万只以上。	高集成度、低成本、小面阵、小像素非制冷红外焦平面探测器产量达到1000万只以上。
大面阵高性能中波制冷红外探测器	实现1280x1024@12um制式中波探测器核心芯片100%的国产化批量生产。	实现2kx2k@12um制式中波探测器核心器件100%国产化；
高工作温度中波碲镉汞制冷红外探测器	640x512@15um制式中波探测器年产量2000套以上，实现640x512@15um制式中波探测器核心器件100%国产化。	1280x1024@12um制式中波探测器年产量2000套以上，实现1280x1024@12um制式中波探测器核心器件100%国产化。
大面阵长波制冷红外探测器	640x512@15um制式长波探测器年产量2000套以上，实现640x512@15um	1280x1024@15um制式长波探测器年产量2000套以上，实现

重点发展产品	发展目标	
	2020年	2022年
	制式长波探测器核心器件100%国产化。	1280x1024@15um制式长波探测器核心器件100%国产化。
大面阵中长波双色制冷红外探测器	640x512@30um制式中长波双色探测器年产量2000套以上，实现640x512@30um制式中长波双色探测器核心器件100%国产化。	1024x1024@20um制式中长波双色探测器年产量2000套以上，实现1024x1024@20um制式中长波双色探测器核心器件100%国产化。
红外甲烷传感器	产销量达到40万只。	产销量达到100万只。
双光源双光路红外气体传感器	国产化率达到20%以上。	国产化率达到80%以上。
红外二氧化碳传感器	产销量达到300万只。	产销量达到1000万只。
红外3D深度感测光传感器	国产化率达到40%以上。	国产化率达到60%以上。
光纤水听器	销售金额达到5000万元人民币。	销售金额达到2亿元人民币。
光纤检波器	销售金额达到3000万元人民币。	销售金额达到1亿元人民币。

五、政策建议

(1) 重视产学研用紧密结合

深入实施“校企联盟”行动，联合高校设立科技创新基金，开展新产品研发、科技成果转化等，构筑企业为主体的技术创新体系，走产学研用相结合的道路，走自主创新和国际合作相结合的跨越式发展道路，实现光电传感器从理论研究向生产一条龙的产业化模式快速发展。

(2) 中小企业投资要面向市场，合理选择中远期项目

中小企业投资要面向市场，应以对内投资方式为主。加大对新产品试制的投资、对技术设备更新改造的投资、对人力资源的投资。目前应特别注意人力资源的投资，从某种角度说，加强人力资源的投资，拥有一定的高素质的管理及技术型人才，是企业制胜的法宝。应规范项目投资程序。当中小企业在资金、技术操作、管理能力等方面具备一定的实力之后，可以借鉴大型企业的普遍做法，规范中远期项目的投资程序，实行投资监理，对投资活动的各个阶段做到精心设计和实施。另外，要注意实施跟进战略，规避投资风险。

(3) 重视传感器知识产权的战略布局

重视产品信息、技术信息和人才信息。跟踪全球科技动态，及时搜集、分析产品信息，关注行业产品的发展方向和发展趋势以及产品处于市场的发展阶段，重视传感器知识产权的战略布局，进行产品专利情报分析，使专利信息转化为有价值的科研情报，强国际交往与合作，扩大国际知识产权交流合作，以推动知识产权与经济深度融合为主线，以加强知识产权保护和运用为着力点，量上有增加，质上有提高，知识产权工作在点上有突破，线上有加强，面上有推进，事业发展迈上新台阶，知识产权大国地位更加巩固。

(4) 重视核心人才队伍建设

立足本土，放眼全球，利用人才信息的网络平台，注重引进国内知名的行业专家，使人才引进工作始终处于主动和有利地位。加快核心技术人才引进步伐，加强技术研发团队建设。制定人才引进计划实施细则，落实人才引进，实施人才引进与培养并举。大力推进管理队伍的职业化、专业化进程，通过制度设计，促进管理水平的提升。重视人才培养，积极参与国际交流合作。围绕电子材料和元器件产业转型升级对专业技术人才的需求，充分发挥行业协会、高等院校、科研院所及各类相关社会机构的作用，为行业的持续发展培养各级各类专业人才。

(5) 优化产业发展的政策环境和金融环境

落实国家促进电子信息产业发展的各项政策法规，营造良好的金融生态环境，建立多元化的投融资体系，积极推进银企合作，拓宽企业融资渠道。促进产业集群发展，发展龙头企业和相关上下游企业，促进企业分工和互补，推动产业链建设。树立创新性社会大环境，舆论导向聚焦那些科学家、专家、工程技术人员。设立创新资助基金，资助前期研发创新。加强院所、大学横向联合，给科研人员松绑，鼓励创新、创业。

第五篇 光照明器件

（《半导体照明产业“十三五”发展规划》）

前言

半导体照明亦称固态照明（SSL，Solid State Lighting），包括发光二极管（LED）和有机发光二极管（OLED），具有耗电量少、寿命长、色彩丰富等特点，是照明领域一场技术革命。“十二五”期间，我国将半导体照明产业作为重点培育和发展的战略性新兴产业进行系统部署，深入实施了半导体照明科技创新、节能技术改造、应用示范推广等工程，推动半导体照明产业持续健康快速发展，我国已成为全球最大的半导体照明产品生产、消费和出口国。

“十三五”是我国从半导体照明产业大国转向强国的关键时期。为进一步提升产业整体发展水平，引导产业健康可持续发展，根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》《中国制造2025》《“十三五”节能减排综合工作方案》《“十三五”节能环保产业发展规划》等有关内容，制定本规划。本规划旨在引导我国半导体照明产业发展，培育经济新动能，推进照明节能工作，积极应对气候变化，促进生态文明建设。

一、现状与形势

半导体照明受到世界各国的普遍关注和高度重视，很多国家立足国家战略进行系统部署，推动半导体照明产业进入快速发展期，全球产业格局正在重塑。

（一）全球半导体照明产业呈现新趋势

目前，全球半导体照明技术从追求光效向提升光品质、光质量和多功能应用等方向发展，产业从技术驱动逐渐转向应用驱动。产业规模不断扩大，市场应用领域不断拓宽，从照明、显示逐步向汽车、医疗、农业等领域扩展。产品质量稳步提高，半导体照明相比传统照明节能效果显著提升。2015年，国际上功率型白光LED器件光效达到160lm/W；LED室内照明产品光效达到107lm/W，室外照

明产品光效达到 96lm/W；白光 OLED 面板灯光效达到 60lm/W。发达国家通过强化标准规范 LED 市场应用，实施一系列推广应用政策，推动产业发展。

与此同时，全球半导体照明产业的优势资源逐步向骨干龙头企业集聚，企业并购加速，从业内并购逐渐转向跨界融合。企业服务模式不断创新，从产品制造商逐步向产品、服务系统集成商转变，转型升级加速。随着数字化、智能化加快发展，半导体照明出现技术交叉、产业跨界融合的发展趋势。特别是随着智能照明技术的逐步成熟，将在今后一段时期与半导体照明深度融合，为全球半导体照明行业带来新的巨大变革。

（二）我国半导体照明产业持续快速增长

“十二五”期间，我国多部门、多举措共同推进半导体照明技术创新与产业发展，取得了明显成效。

关键技术实现突破。2015年，功率型白光 LED 器件产业化光效超过 150lm/W；自主知识产权的硅衬底功率型白光 LED 器件产业化光效超过 140lm/W；LED 室内照明产品光效超过 85lm/W，室外照明产品光效超过 110lm/W；白光 OLED 面板灯光效达到 53lm/W。智慧照明、农业照明、紫外 LED、可见光通信等新的发展方向和应用领域得到拓展。

产业规模持续增长。“十二五”期间，我国半导体照明产值平均年增长率约 30%。2015年，半导体照明产业整体产值达 4245 亿元人民币，同比增长 21%；LED 功能性照明产值达 1550 亿元，同比增长 32%；LED 照明产品产量约 60 亿只，国内销量约 28 亿只，占国内照明产品市场的比重约为 32%；LED 照明产品出口额约 120 亿美元，同比增长 15%。我国已成为世界 LED 芯片的主要产地。

标准认证渐成体系。发布了一批半导体照明相关国家标准及行业标准，检测能力逐步提升。开展了半导体照明产品安全、节能等认证工作，团体标准试点工作取得进展。我国半导体照明标准化工作处于世界前列，实现了标准、检测和技术服务“走出去”，在国际标准制定上已具备一定的技术基础和组织管理经验。

产业格局初步形成。以 LED 为主营业务的主板上市公司数量从 2010 年的 2 家增长到 2015 年的 25 家，我国大陆 2 家企业跻身全球半导体照明十大芯片、封装企业之列。并购整合成为趋势，以龙头企业为核心的产业集团逐步形成，产业集中度稳步提高。区域发展特色显现，产业由沿海向中西部转移。

（三）我国半导体照明产业面临机遇与挑战

我国半导体照明产业发展面临重要机遇。2011年，我国出台了《中国淘汰白炽灯路线图》，为我国半导体照明产业提供了发展契机；《巴黎协定》的批准实施，有助于推动各国把半导体照明作为照明领域节能降碳的重要措施；“一带一路”战略、《中国制造2025》、城镇化等加快实施，为半导体照明产业开辟了广阔的市场空间；智慧家居、智慧城市建设等推动半导体照明产业加快形成发展新动能，催生新供给。

面对全球半导体照明数字化、智能化以及技术交叉、跨界融合、商业模式变革等发展趋势，我国半导体照明产业存在技术创新与集成能力、系统服务能力以及企业综合竞争力不足等问题，面临产业结构有待升级、产品质量有待提升、品牌影响力有待增强、标准检测认证体系有待完善等重要挑战。我国要实现从半导体照明产业大国向强国转变，迫切需要加快半导体照明产业转型升级。

二、总体要求

（四）总体思路

全面贯彻党的十八大和十八届三中、四中、五中、六中全会精神，深入学习贯彻习近平总书记系列重要讲话精神和治国理政新理念新思想新战略，紧紧围绕“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局，牢固树立创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，紧密结合“一带一路”战略实施，落实《中国制造2025》《“十三五”节能减排综合工作方案》《国务院办公厅关于开展消费品工业“三品”专项行动营造良好市场环境的若干意见》《“十三五”节能环保产业发展规划》，立足产业发展现状和市场需求，以提供以人为本的高质量照明产品为导向，以供给侧结构性改革为主线，推动半导体照明行业增品种、提品质、创品牌，强化创新引领，以应用促发展，加强市场监管，打造具有国际竞争力的半导体照明战略性新兴产业，培育经济新动能，促进节能减排，推进生态文明建设。

（五）基本原则

需求导向，集成创新。以市场需求为导向、技术创新为支撑，科学把握技术创新方向，整合优势资源，扩大有效供给；以应用促发展，带动跨界集成创新，树立绿色消费理念，探索新常态下半导体照明产业发展新模式。

优化存量，开发增量。充分发挥市场对资源配置的决定性作用，重点依托优势资源，优化存量，做大做强总量；拓展思路，创新模式，积极开发增量需求，在技术新方向、应用新领域进行战略布局，提高投入效益。

协调发展，重点推进。围绕优化产业布局，构建产业链，强化技术创新链，统筹布局半导体照明技术创新、科技服务和产业集聚，引导区域协调发展，推动基础较好、具有比较优势的地区形成特色产业和服务集群。

统筹资源，开放合作。结合“一带一路”建设战略的实施，统筹国际国内两个市场、两种资源，在推动高效节能半导体照明产品“走出去”的基础上，进一步开展标准、检测、认证、产能、技术、工程、服务等全方位的国际合作，推动互利共赢、共同发展。

（六）发展目标

到2020年，我国半导体照明关键技术不断突破，产品质量不断提高，产品结构持续优化，产业规模稳步扩大，产业集中度逐步提高，形成1家以上销售额突破100亿元的LED照明企业，培育1~2个国际知名品牌，10个左右国内知名品牌；推动OLED照明产品实现一定规模应用；应用领域不断拓宽，市场环境更加规范，为从半导体照明产业大国发展为强国奠定坚实基础。2020年主要发展指标见表1。

表1 2020年主要发展指标

指标类型及名称		指标值	2015年数值	2020年目标
技术创新	白光LED器件光效 (lm/W)		150	200
	室内LED照明产品光效 (lm/W)		85	160
	室外LED照明产品光效 (lm/W)		110	180
	白光OLED面板灯光效 (lm/W)		53	125
产业发展	半导体照明产业整体产值 ¹ (亿元)		4245	10000
	LED功能性照明 ² 产值 (亿元)		1552	5400
	LED照明产品销售额占整个照明电器行业销售总额的比例 (%)		40	70
	产业集中度 ³ (%)		7	15
节能减碳	LED功能性照明年节电量 (亿度)		1000	3400
	LED功能性照明年CO ₂ 减排量 (万吨)		9000	30600
应用市场份额	功能性照明 (%)		30	70

注：1. 整体产值：半导体照明全产业链的产值，包括材料、器件和应用等；
2. 功能性照明：为满足人类正常视觉需求，补充/替代自然光而提供的人工照明；
3. 产业集中度：排名前10名的企业产值之和在整体产值中的比重

三、强化创新引领，推进关键技术突破

（七）加强技术创新及应用示范

坚持创新引领，促进跨界融合，实现从基础前沿、重大共性关键技术到应用示范的全产业链创新设计和一体化组织实施。通过国家科技计划（专项、基金等）支持半导体照明基础和共性关键技术研究，加快材料、器件制备和系统集成等关键技术研发，开展 OLED 照明材料设计、器件结构、制备工艺等产业化重大共性关键技术研究。通过工业转型升级资金和产业化示范工程等渠道，大力推进具有自主知识产权的硅衬底 LED 技术和产品应用。引导产品由注重光效提升转向多种光电指标共同改善和增强，提升 LED 产品的光质量和光品质，营造更加安全、舒适、高效、节能的照明环境。加强 LED 照明产品自动化生产装备的研发和推广应用，提高产品生产效率和质量。推动智慧照明、新兴应用等技术集成与应用示范。见专栏 1。

（八）建立健全创新机制

专栏 1 技术创新领域

基础研究及前沿技术：研究大失配、强极化半导体照明材料及其低维量子结构的外延生长动力学、掺杂动力学、缺陷形成和控制规律、应变调控规律；研究低维量子结构中载流子输运、复合、跃迁及其调控规律；研究新概念、新结构、新功能半导体照明材料与器件；研究半导体照明与人因、生物作用机理，探索光对人体健康和舒适性的影响、对不同生物的效用规律，建立光生物效应、光安全数据库。

重大共性关键技术：研究超高能效、高品质、全光谱半导体照明核心材料、器件、光源、灯具的重大共性关键技术；研究新形态多功能智慧照明与可见光通信关键技术；研究紫外半导体光源材料与器件关键技术；开发大尺寸衬底、外延芯片制备、核心配套材料与关键装备；推进硅衬底 LED 关键技术产业化；开发高效 OLED 照明用发光材料，研究新型 OLED 器件与照明产品。

应用集成创新示范：开发面向智慧照明、健康医疗和农业等应用的半导体照明产品和集成系统，开展应用示范。

推动形成以企业为创新主体、政产学研用紧密合作的半导体照明产业创新机制。发挥企业参与国家创新决策的作用，鼓励企业间联合投入开展协同创新研究，联合牵头实施产业化目标明确的国家科技项目。支持企业与科研院所、高校共建新型研发机构，开展合作研究。鼓励企业到境外建立研发机构。鼓励企业对标国际同类先进企业，加强跨界融合、协同创新，推动产业迈向中高端。引导企业参加各类国际标准组织和国际标准制修订工作。鼓励企业加强国际专利部署。

（九）打造专业化创新创业体系

鼓励通过市场化机制、专业化服务和资本化途径，建设集研发设计、技术转移、成果转化、创业孵化、科技咨询、标准检测认证、电子商务、金融、人才培养、信息交流、品牌建设、国际资源对接等一体化的专业化LED创新服务平台。鼓励采用众创、众包、众筹、众扶等模式，建设LED专业化、市场化、集成化、网络化的“众创平台”。

四、深化供给侧结构性改革，推动产业转型升级

（十）引导产业结构调整优化

鼓励企业从目前以生产光源替代类LED照明产品为主，向各类室内外灯具方向发展，鼓励开发和推广适合各类应用场景的智能照明产品，逐步提高中高端LED照明产品的生产和使用比重。积极引导、鼓励LED照明企业兼并重组，做大做强，培育具有国际竞争力的龙头企业；引导中小企业聚焦细分领域，促进特色化发展。

加快生产设备智能化改造，推进智能工厂/数字化车间试点建设，实施LED照明产品绿色生产制造示范。加大LED照明行业品牌建设力度，积极学习借鉴国际先进的品牌管理模式，引导企业建立和实施自主品牌发展战略，增强品牌管理能力，加大品牌宣传推广，逐步提高自主品牌产品生产和出口比例。鼓励地方优化布局，建设一批半导体照明特色产业及服务集聚区，推动区域产业集群化、差异化发展，探索在重点集聚区开展区域品牌建设试点。

（十一）加强系统集成带动产业升级

推动系统集成发展，加强半导体照明产业跨界融合。推进半导体照明产业与互联网的深度融合，促进智慧照明产品研发和产业化，支撑智慧城市、智慧社区、智慧家居建设。推动半导体照明与装备制造、建材、文化、金融、电子、通讯行

业深度融合，在技术研发、示范应用、标准制定等方面协调发展，提升产品附加值，推动半导体照明产业向高端应用升级。

（十二）实施能效“领跑者”引领行动

研究制定综合各类指标的半导体照明产品能效“领跑者”评价体系，定期发布能效“领跑者”名单。研究将符合政府采购政策要求的能效“领跑者”产品纳入节能产品政府采购清单，实行强制采购或优先采购。固定资产投资、中央预算内投资等支持的项目优先选用半导体照明能效“领跑者”产品。加强能效“领跑者”产品宣传推广，鼓励各地对入围能效“领跑者”的产品给予政策支持。

五、强化需求端带动，加快 LED 产品推广

以需求为牵引，全面推动 LED 照明产品在公共机构、城市公共照明、交通运输、工业及服务业、居民家庭及特殊新兴领域等的应用推广，着力提升 LED 照明产品的市场份额。见专栏 2。

专栏 2 2020 年 LED 高效照明产品推广目标

公共机构：公共机构率先垂范，推广应用 3 亿只 LED 照明产品。

城市公共照明及交通领域：推动城市公共照明领域照明改造与示范，推广 1500 万盏 LED 路灯/隧道灯，城市道路照明应用市场占有率超过 50%。加强交通运输领域推广应用。

工业及服务业：推动工厂、商场、超市、写字楼等场所 LED 应用，推广 15 亿只 LED 照明产品。

居民家庭：鼓励城乡居民家庭通过装修、改造等应用 LED 产品，全国推广 10 亿只 LED 照明产品。

特殊新兴领域：加强 LED 产品在智慧城市、智慧家居、农业、健康医疗、文化旅游、水处理、可见光通信、汽车等领域推广，开展 100 项示范应用。

（十三）公共机构率先引领

贯彻落实《公共机构节约能源资源“十三五”规划》，推动国家机关办公和业务用房、学校、医院、博物馆、科技馆、体育馆等公共机构开展绿色建筑行动，率先实行照明系统 LED 改造，引领全社会推广应用 LED 照明产品。

（十四）城市公共照明及交通领域推广应用

编制《“十三五”城市绿色照明规划》，推动绿色照明试点示范城市建设。鼓励在新建和改造城市道路、商业区、广场、公园、公共绿地、景区、名胜古迹、停车场和城市绿色建筑示范区使用 LED 道路照明产品。各地新建城市道路照明优先采用 LED 照明产品。

加强交通运输领域推广应用，推动轨道交通站台、高速公路服务区、隧道、机场、车站、码头（港口）等场所应用 LED 照明产品。

（十五）工业及服务业 LED 升级改造

推动工业园区内公共照明、厂区照明、厂房照明节能改造，应用 LED 照明产品。鼓励商贸流通、银行金融、通讯、体育、文化等营业场所实施 LED 升级改造。制定《流通领域节能环保技术产品推广目录》，将 LED 照明产品纳入推广目录，引导商贸流通企业采购、销售 LED 照明等绿色产品。研究将符合条件的 LED 照明设备纳入《节能节水专用设备企业优惠所得税目录》，建立绿色供应商目录。

（十六）鼓励居民家庭应用

积极开展城乡居民家庭 LED 照明产品应用推广，提升照明质量与光环境。加强线上线下展示体验，规范电子商务、门店采购等流通渠道，鼓励商家开展“以旧换新”等活动，推进居民家庭 LED 照明产品应用。

（十七）拓展新兴领域应用

选择高海拔、严寒等特殊场所，开展室内外不同场所、不同领域、不同环境的半导体照明应用示范。拓展 LED 照明产品应用范围，推动 LED 在智慧照明、农业照明、健康医疗照明、汽车照明、文化旅游、水处理、可见光通信等领域应用，满足不同应用需求。

六、强化市场监管和质量评价，净化市场环境

（十八）建立健全标准体系

强化半导体照明标准体系的建设和维护工作，根据市场和技术变化及时加以调整和完善，研究建立智能照明标准体系框架。制修订 LED 照明产品检测、性能、安全、规格接口等国家标准，研究制定 LED 与 OLED 照明器具、照明系统术语和定义、智慧照明系统等相关标准，规范 LED 照明产品生产和应用。围绕智慧照明、农业照明、健康医疗照明、可见光通信等领域应用，开展标准研究。

针对技术领先、使用范围广、暂时没有国家标准、行业标准的新型LED照明产品，积极培育团体标准。积极参与国际标准制定。

（十九）提升检测认证能力

开展测试技术、检测方法研究，分重点、有步骤地制定LED器件、光源和灯具检测和评价规范，鼓励研发先进检测设备，加强光品质和照明基础类研究。统一认证标准和程序，开展LED照明产品的质量认证、节能认证工作，适时推动统一的绿色产品认证和标识。加强检测认证机构能力建设，提升LED照明产品检测认证水平。支持检验检测机构模式创新，提高我国检验检测机构的市场竞争力。

（二十）强化执法检查监管

强化照明产品执法检查、检测认证监管及质量监督检查，加大LED照明产品质量监督抽查力度，严厉打击假冒伪劣、虚标能效等行为，净化市场环境。建立第三方标准、认证、信用评价体系，提升LED产品认证的有效性和公信力。建立第三方LED节能改造示范项目在线管理平台，开展实施效果跟踪与评价，对产品检测认证工作情况实施监督管理。鼓励企业开展产品和服务标准自我声明公开和监督制度建设，加强自律。

（二十一）开展质量评价工作

开展技术研发、产品品质、应用示范等质量评价，支持我国半导体照明领域有关机构建立一体化研究和评价平台，支撑我国半导体照明产业向品质照明、智能照明转型提升。开展半导体照明产品质量与企业标准和自我声明符合性评价，推动相关机构建立评价机制和公共服务平台，引导半导体照明企业提升产品质量。

七、加强国际与区域合作，提升产业国际竞争力

（二十二）融入全球合作网络

充分利用科技、节能环保、应对气候变化、经贸等领域双多边合作渠道，积极融入全球合作网络，探索合作新模式、新路径、新体制。开展半导体照明技术、标准、标识、检测、认证等国际合作，推动联合共建实验室、研究中心、设计中心、技术服务中心、科技园区、技术示范推广基地。

（二十三）推动标准和认证走向国际化

推动照明标准互联互通、认证标识协调互认，积极主动参与国际标准化工作，鼓励参与半导体照明领域国际标准化战略、政策和规则的制定，支持我国专家担

任国际标准化机构职务。培育、发展和推动我国优势、特色技术标准上升为国际标准，建立对话沟通机制，多渠道、多方式促进标识认证双多边协调互认。支持我国与其他国家或区域的标准化机构开展合作，促进半导体照明领域标准的协调一致。

（二十四）引导产业“走出去”

支持具备条件的企业通过建立海外分支机构、境外投资并购、基础设施建设、节能改造工程、产品出口等方式，深化国际产能合作。鼓励企业积极开拓国际市场，引导企业参与境外经贸产业合作区建设，带动我国半导体照明产品和技术输出。研究建立跨境电子商务平台，推动我国产品参与国际市场竞争。充分利用丝路基金、亚洲基础设施投资银行、金砖国家开发银行等融资渠道，开展半导体照明应用示范及推广。鼓励行业技术机构以技术服务等形式，带动我国半导体照明企业“走出去”。实施LED照亮“一带一路”行动计划，见专栏3。

专栏3 LED照亮“一带一路”行动计划

公共服务平台：在有条件和基础的国家或地区，推动合作共建半导体照明技术研发、标准检测、系统设计、质量评价等公共服务平台，开展技术服务并帮助建立标准、检测和质量监管体系。

应用示范项目：在部分国家或地区共建半导体照明应用示范工程，推动我国半导体照明技术和产品在境外重大工程及基础设施建设中的应用。

人才培育输出：依托我国专业技术人员教育资源及人才培养体系，为沿线国家或地区培育输送技术、设计、工程、服务等专业人才。

照明产品推广：面向“一带一路”国家或地区推广半导体照明产品，提升照明节能减排能力。

（二十五）推动两岸产业合作

积极推进海峡两岸半导体照明技术研发、标准检测认证、应用示范等合作，推动实施两岸半导体照明合作项目。选择特色区域推动建设两岸产业合作试验区，进一步完善信息交流平台，持续推进人才培养合作，拓展LED核心材料在其他应用领域的对话合作。

八、强化协调管理，形成规划实施合力

（二十六）加强规划实施协调配合

加强与相关规划的统筹衔接，加强中央和地方政策协调，完善各项配套政策措施，各部门、各地方协同推进规划实施。相关部门

按职能分工科学制定政策和合理配置公共资源，调动和增强相关方的积极性、主动性，鼓励地方出台示范推广、优化产业环境等配套政策。

（二十七）健全多元投入机制

建立多元投入体系，提高资源投入配置效率。运用政府和社会资本合作模式引导社会资本参与基础设施建设等重大工程，运用能源托管等模式开展照明技术改造。通过财税金融政策、种子基金、风险投资等方式，支持创新型小微企业加快成长。

（二十八）组织实施示范工程

围绕规划目标和具体任务，各有关部门加强不同规划、工程的有效衔接，强化分工协作，组织实施示范工程，全面提升产业综合竞争力。见专栏 4。

专栏 4 示范工程

特色基地示范工程：围绕京津冀协同发展、长江经济带、“一带一路”战略实施，引导半导体照明产业资源及创新要素合理布局，鼓励地方建设半导体照明特色产业及服务集聚区。

城市道路照明应用工程：支持一批城市实施道路照明节能改造，推动城市道路照明应用 LED 产品。

创新应用示范工程：创新机制与模式，支持建设若干 LED 智慧照明、农业照明、健康照明、文化旅游照明等创新应用示范工程。

公共机构照明应用工程：选择一批国家机关、高等院校、医院、博物馆、科技馆、体育馆等公共机构开展 LED 照明升级改造示范，推动公共机构率先应用 LED 照明产品。

国际合作基地示范工程：实施 LED 照亮“一带一路”工程，围绕国际技术创新、孵化转化、标准检测、产业合作，建设若干半导体照明国际合作基地。

（二十九）强化规划实施评估考核

加大规划实施情况督查力度，开展半导体照明推广应用情况评估、跟踪分析。将规划实施情况及 LED 照明产品推广应用情况纳入对各地区、重点用能单位节能目标责任评价考核范围。

第六篇 光显示器件

当前，全球正在进入以电子信息产业为主导、以信息经济为主要形态的经济发展新时期，全面发展电子信息产业已经成为我国主动适应经济发展新常态，推动经济提质增效升级的重要路径。

光电显示器件指基于电子手段呈现信息供视觉感受的器件及模组，包括液晶显示器件（TN/STN-LCD、TFT-LCD）、场发射显示器件（FED）、真空荧光显示器件（VFD）、有机发光二极管显示器件（OLED）、等离子显示器件（PDP）、发光二极管显示器件（LED）、电泳显示器件（EPD）、曲面显示器件以及柔性显示器件等。

从上世纪 90 年代开始，以 TFT-LCD 为代表的光电显示器件产业通过不断的技术创新和应用创新，已经掀起了四波较大规模的发展浪潮，带动整个电子信息产业不断发展壮大。如今，全球光电显示器件的产业链规模已经超过 2000 亿美元，在整个电子信息产业中仅次于集成电路，“一芯一屏”并列成为整个电子信息产业的两大支柱。

2016 年，受全球经济增速趋缓以及周期性规律影响，全球光电显示器件的营收规模约 1045 亿美元，同比减少 10.2%。但出货面积约 1.9 亿平方米，同比增加 7.6%。预计 2017 年，全球光电显示器件的营收规模将走出谷底，同比增长接近 15%，超过 1100 亿美元。此外出货面积将继续增长 6%，接近 2 亿平方米。

光电显示当前的主流技术是薄膜晶体管液晶显示（TFT-LCD）技术，几乎占据了 90% 左右的市场份额。由于 TFT-LCD 技术量产工艺已经较为稳定，且多条高世代 TFT-LCD 光电显示器件生产线正在陆续兴建，预计 5 年内 TFT-LCD 仍将占据整个光电显示器件产值比例的 85% 以上，维持其在显示产业的龙头地位。随着智能终端系列产品的热销，中小尺寸智能显示终端市场快速发展，有源矩阵发光二极管显示（AMOLED）技术凭借在色彩等性能上的优势，在经过一段时间的产业化发展后，在高端应用领域也已经初步占有一定市场份额。2016 年 AMOLED 显示器件营收规模已达 150 亿美元，占比超过 14%，已经替代 PDP 技术成为第二大显示应用技术。

全球光电显示器件主要产地集中在中国大陆、台湾、日本、韩国四个国家和地区，我国把光电显示器件产业作为七大战略性新兴产业之一重点发展，经过

短短十余年“政产学研用”的共同努力，我国大陆的光电显示器件产业已经“从无到有”、“从小到大”，彻底打破了过去日韩台“三足鼎立”的垄断格局，成为“三国四地”中重要的成长极。

截止到2016年底，中国大陆的光电显示器件总产能已达到7860万平方米/年以上，出货面积5800万平方米/年以上，出货量占全球市场的29.6%，产能和出货量均居世界第二。其中：薄膜晶体管液晶显示（TFT-LCD）器件产能7780万平方米/年以上、有源矩阵发光二极管显示（AMOLED）器件产能80万平方米/年以上。

同时，围绕器件企业的配套产业也取得了很大成绩。中国大陆的本地化装备种类覆盖率超过40%，器件制造关键材料配套率达到45%以上。2017-2020年累计在建或计划的新增产能9400万平方米。其中：AMOLED器件产能840万平方米，TFT-LCD器件产能8560万平方米，预计在2019年后中国大陆的器件总产能将跃居全球第一。

展望未来，到2020年光电显示器件市场营收规模预计将超过1200亿美元，出货面积将达到2.3亿平方米。传统应用中的电视和手机成为两大支柱性市场，新应用市场中车载、虚拟现实、穿戴设备、智能导航设备、智能家居等增长迅猛，带动新型显示需求持续走高。从技术发展趋势看，有源显示中的TFT技术未来若干年内仍会是处于主导地位。在此基础上，aSi-TFT-LCD主要应用于大尺寸显示或中低端产品；LTPSTFT-LCD和OxideTFT-LCD主要应用于高分辨率显示器或高端产品；以LTPSTFT或OxideTFT为背板技术的AMOLED主要应用于小尺寸的高端手机等移动终端产品；以LTPSTFT或OxideTFT为背板的量子点显示已经开始研发，有可能成为AMOLED竞争技术。此外，激光、全息、MicroLED的研发也有一定的突破，显示技术将更加趋向多样化。从行业地位看，随着产业规模、市场占有率、技术创新等能力持续提升，中国大陆光电显示产业全球话语权将进一步增强，已经逐渐具备全球领先的基础和条件。