



陕西省光子产业

专利导航报告

陕西省知识产权局

陕西省知识产权保护协会

二零二三年六月

## 目录

1 产业整体态势.....	5
1.1 产业现状.....	5
1.1.1 产业发展概况.....	7
1.1.2 产业规模现状.....	9
1.1.3 产业结构特点.....	12
1.1.4 产业政策环境.....	17
1.1.5 产业特点初探.....	21
2 全球光子产业专利布局分析.....	28
2.1 全球光子产业发展态势与光子产业专利布局分析.....	28
2.1.1 全球专利态势分析.....	28
2.1.2 我国与其他重要申请国专利态势对比分析.....	32
2.1.3 我国光子产业结构优势与不足分析.....	35
2.2 激光器产业专利态势与产业发展.....	36
2.2.1 全球激光器产业发展态势.....	36
2.2.2 国内激光器产业发展态势.....	37
2.2.3 激光器产业专利态势.....	38
2.2.4 激光器产业发展趋势.....	44
2.3 传感器产业专利态势与产业发展.....	45
2.4 光子专利重点创新主体与光子产业分布.....	52

2.4.1	重点创新主体分析.....	52
2.4.2	我国科研机构分析.....	72
2.4.3	我国高等院校分析.....	75
2.5	光子产业聚集分析.....	82
2.5.1	光子产业集群分析.....	82
2.5.2	光子产业联盟分析.....	87
2.5.3	光子产业标准分析.....	90
2.6	光子技术与产业未来发展趋势.....	101
2.6.1	热门领域驱动光子技术与产业发展.....	101
2.6.2	光子产业未来发展趋势.....	101
2.6.3	光子技术未来发展趋势.....	106
2.6.4	美国对光子产业技术的贸易控制.....	113
2.7	光子产业链专利图谱数据检索统计.....	116
2.8	光子技术链专利图谱数据检索统计.....	117
2.9	光子产业优势、短板技术领域专利导航图谱数据检索统计.....	118
2.10	光子产业材料及芯片专利导航图谱数据检索统计.....	121
2.11	小结.....	123
3	陕西光子产业发展定位研究.....	125
3.1	陕西光子产业发展现状.....	125
3.2	陕西光子产业布局与政策.....	126
3.3	陕西光子产业创新发展定位.....	127

3.3.1	陕西省光子产业结构特点分析.....	128
3.3.2	陕西省光子产业专利布局分析.....	138
3.3.3	陕西省光子产业专利技术分析.....	140
3.3.4	陕西省光子产业创新主体分析.....	146
3.3.5	陕西省光子产业创新人才分析.....	154
3.3.6	陕西省光子产业技术资本分析.....	156
3.4	陕西光子产业专利运营.....	157
3.4.1	陕西省专利技术转移现状分析.....	157
3.4.2	陕西省专利许可现状分析.....	159
3.4.3	陕西省专利质押现状分析.....	161
3.4.4	陕西省专利诉讼现状分析.....	162
3.5	小结.....	164
4	陕西光子产业发展路径研究.....	165
4.1	陕西光子产业结构优化目标.....	165
4.1.1	陕西光子产业存在问题分析.....	165
4.1.2	陕西光子产业结构优化及发展前景预测.....	166
4.2	陕西光子产业支持培育和引进合作方案.....	167
4.2.1	整合企业、高校、科研组织等创新主体资源.....	167
4.2.2	建设高质量高层次人才队伍.....	168
4.3	陕西光子产业技术发展路径.....	169
4.3.1	发力强化优势技术.....	169

4.3.2 跟踪赶超成熟技术.....	170
4.3.3 争取填补空白技术.....	171
4.3.4 切实规避市场风险.....	171
4.4 陕西光子产业专利布局和运营目标及路径.....	171

陕西省知识产权局

# 1 产业整体态势

光子一词最早出现于 1970 年，荷兰科学家 Poldervaart 首次提出 Photonics 概念“研究以光子为信息载体的科学”和“以光子作为能量载体的科学”。钱学森认为，光子学是与电子学平行的科学，应遵循“光子学—光子技术—光子工业”的发展模式。1994 年的香山会议，明确给光子学一个定义，即研究作为信息和能量载体的光子行为及其应用的科学，广义地讲，光子学是关于光子及其应用的科学。光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。光子学技术领域涉及光子理论、信息光子学、瞬态光子学、固态光子学、生物医学光子学、集成光学与微结构光子学、光子源、非线性光子学、光子探测器、光显示、太阳能利用等。随着光子学、光子技术的快速发展，光子学技术在各个领域广泛利用，从而促进了光子产业的形成。

本章节通过开展光子产业与技术分析，从产业技术水平、发展政策及环境和产业链、企业链、技术链构成等方面展开分析，旨在了解全球、中国光子产业发展现状，明晰产业发展的现状以及新格局和新变化。

## 1.1 产业现状

关于光子产业的具体内涵，各界存在不同的观点。主要观点有：工业和信息化部电子信息司发布的《中国光电子器件产业技术发展路线图（2018-2020）》将光电子产业划分为信息光电子、能量光电子、消费光电子、军事光电子几个领域。中国台湾地区台北光子学工业和技术发展协会将光子产业分为光电子器件、光学存储、平板显示、光学输入输出设备、光纤通讯、透镜器件和激光器。学界何琳琳等将光电产业定义为以光电技术为核心所构成的各类零件、组件、设备以及应用市场的总和。杨宇成等认为光电产业是综合运用光电子学的原理和技术进行研究、开发、生产、销售各类光电子产品的产业的总称。光电子产业可划分为光电元器件、光电显示、光输入/输出、光存储、光通信、激光、光伏发电、半导体照明、光电周边产品（主要为光电产品专用制造设备等）。王灏将广义的光电子产业概括为以光子技术为基础形成的产业包含上游的基础材料、中游的单体原件、合成组件、次级系统和集成系统以及最终的各种应用领域。狭义的光电子产业包含信息光电子、能量光电子和娱乐（消费）光电子三类。一方面，光电子产业具备高技术产业的基本特征

# 陕西省光子产业专利导航

(技术和智力密集；技术及产品更新迅速；高投资、高风险与高收益并存；学科交叉特点；战略重要性)；另一方面，光电子产业自身还具备发展起步晚、技术垄断程度低，产品嵌入能力强、下游产业覆盖范围广，助力传统技术升级，军民两用性等特点。

总体来说光子产业链涵盖了从原材料、外延、芯片、封装到应用、配套设备等环节。上游的初级原材料和资源包括半导体材料硅衬底、氮化硅衬底等硅光工艺的硅基材料，以及磷化铟、砷化镓、铌酸锂等化合物，光学玻璃、光塑料、光学晶体、波导材料等，芯片主要是根据用途通过设计、制造、封测生产的包含能量、传感探测、光电转换、信息处理等一系列功能的光子芯片。中游器件与模组主要是基于光学材料生产制造的镜片、光机电、光开关、光束整形与控制等光学元器件，在结合各种功能的光子芯片，通过设计整合制造出各种用途的光子模组，如片上集成光源、CO<sub>2</sub>激光器、光纤激光器、固态激光器等能量模组，调制、存储、探测、计算等信息模组，及开关、通信、光机电、相位调制等传输模组。下游设备与系统主要是结合其他产业形成的各种设备与系统，有测量传感、生物传感、雷达等探测感知设备，数据通信、多媒体、个人消费等传输互联设备，增材制造、减材制造、等材制造等加工制造设备，及光子计算、光存储、光显示、基准等信息处理设备，广泛应用于各种场景。

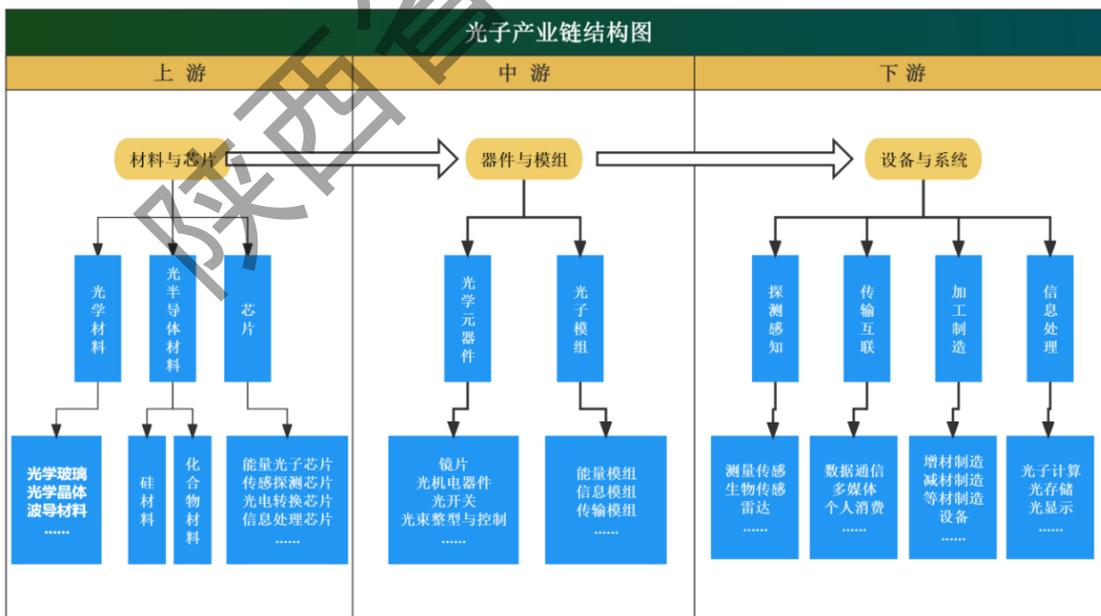


图 1-1 光子产业链结构图

## 1.1.1 产业发展概况

一般性的观点认为，光学技术发源于十七世纪，但是真正意义上的光电子技术诞生的标志性事件是 1960 年世界第一台红宝石激光器的产生，在此之前，光学与电子学仍然是两个独立的学科。

1888 年，科学家赫兹发现了紫外线照射后的金属产生了带电现象，1890 年，P.勒纳证实了带电粒子是电子，进而发现和解析了光电效应，光电效应的发现和深入研究催生了最早的光电子器件：光电探测器。随后，1900 年，普朗克提出了普朗克公式用以描述黑体辐射现象，为量子论奠定了基础。1929 年，银氧铯光电阴极由 L.R.科勒成功制造，被认为是光电管的雏形。1939 年，V.K.兹沃雷金成功制造了光电倍增管。20 世纪 30 至 60 年代，硫化铅 (PbS) 红外探测器、由半导体材料制成的温差型红外探测器、可见光波段的硫化镉 (CdS)、硒化镉 (CdSe)、光敏电阻和短波红外硫化铅光电探测器相继诞生。20 世纪 60 年代，光电探测器于被美国军方首次使用于代号为“响尾蛇”的空军导弹中，随后，在军事需求和半导体技术发展的牵引下，红外探测器发展迅猛。

1960 年，美国物理学家西奥多梅曼成功研制出了世界上第一台红宝石激光器，随后，第一台气体激光器——氦氖激光器、有机染料激光器、光学激光器等相继问世。激光器技术的攻克极大地推动了光电子技术的发展，并在军事等多个领域带来了革命性的应用突破。20 世纪 60 年代，第一台激光测距仪诞生，随后在 20 世纪 70、80 年代，苏联和美国相继研制出各种激光制导武器、激光致盲武器、激光毁灭性武器、激光可控核聚变等，此后二氧化碳激光器和各类化学激光器迅速发展。21 世纪以来，高能固体激光系统等新的激光技术蓬勃发展。

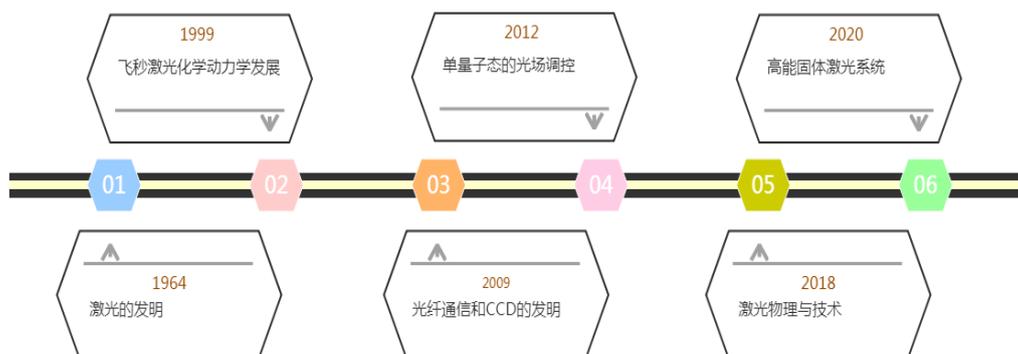


图 1-2 激光技术发展

## 陕西省光子产业专利导航

光(电)子技术以研究物质中光子和电子的相互作用及能量转换为目标,具体技术内容包含光电系统中光和电信号的形成、传输、采集、变换及处理方法等,进而形成光、电、机、计算机的光电综合系统。光和电是分不开的。从电的系统来看,从电学开始发展到电子学、电子回路、电子集成,再从电子系统、电子工程到电子产业。光也是类似,从光学、光子学、光子回路、光子集成,再到光子系统、光子工程、光子产业。光和电必须是交融在一起,这是未来很重要的一个发展方向。

光子学的重要研究领域与方向,包含光子器件与光电集成、激光器件与应用、光电探测与传感、光电控制与处理、光传输与光交换、微纳光电子集成、量子光学与量子信息、微波光子学、生物医学光子学。实际上更重要的是一个系统工程,有光学加工制造的技术与应用、光电成像、光谱学和光的处理系统,还有光电测量、光电检测,以及真正最后形成的光学仪器和系统。

我国于 20 世纪 60 年代建立起了较完整的光学材料及光学单元技术,一系列自主研发的固体激光应运而生。早期(1961-1967 年)我国激光技术的发展重点包含辐射武器带动的高能量铷玻璃激光系统、以激光核聚变为目标的高能量铷玻璃激光系统、以激光加工、测距和雷达为目标的中、小功率固体激光器、气体激光器和半导体激光器等,1963 年中科院光机所在半导体激光器中的重大技术突破为我国激光器技术发展奠定了坚实的基础。随后,激光器的发展历经了异质结构、量子阱能带工程的引入、宽带隙 GaN 基半导体以及新型半导体激光器(量子级联红外激光器及微腔激光器等)四次里程碑式的技术飞跃。我国是材料大国,但不是材料强国,很多重要材料都要去国外买,才能获得最好的材料光学晶体、非线性光学晶体,这些都是目前可以卡别人脖子的地方。

本报告认为,光子技术主要包含了光探测、光通信器件、通信光纤光缆、光集成、激光器及应用、光存储、光纤传感及特种光纤、光信息处理、光显示、光转换(光伏发电)、光源、光机电系统加工装调与检测等技术分支。

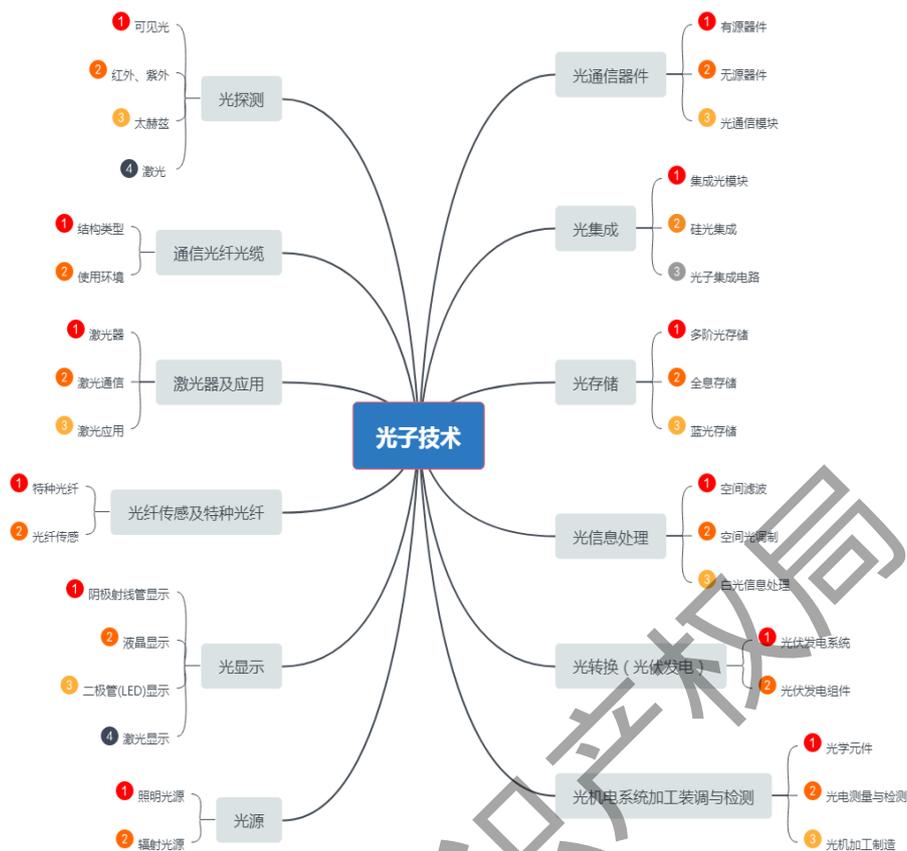


图 1-3 光子技术链

## 1.1.2 产业规模现状

根据思瀚产业研究院发布关于全球光学光电子产业的调查，全球光学光电子行业在 2004 年—2008 年五年间的复合增长率达到 11.8%，远高于同期全球经济增长率。尽管 2008 年下半年全球遭遇金融危机，根据 IMF 的相关数据显示，在全球 GDP 增幅下降至 4%左右的背景下，全球光学光电子产业规模的增幅仍然保持在 8.4%的高位。市场研究公司 Markets and Markets 的一份最新报告预计，到 2023 年，全球光子学市场的规模将从 2017 年的 5200 亿美元增长到 2023 年的 7804 亿美元，年增长率为 7.0%。

# 陕西省光子产业专利导航

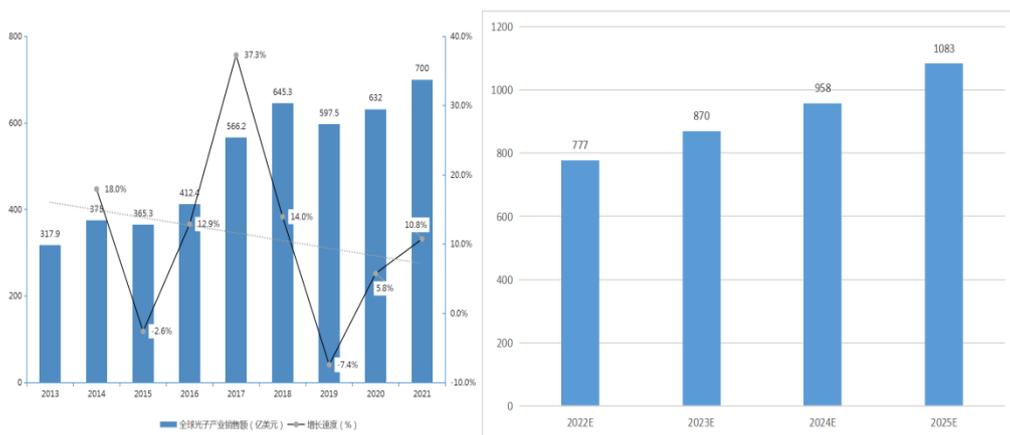


图 1-4 1-5 全球光子产业产值及市场规模预测

半导体设备，即在芯片制造和封测流程中应用到的设备，广义上也包括生产半导体原材料所需的机器设备。在整个芯片制造和封测过程中，会经过上千道加工工序，涉及的设备种类大体有九大类，细分又可以划出百种不同的机台，占比较大市场份额的主要有：光刻机、刻蚀机、薄膜沉积设备、离子注入机、测试机、分选机等。因此半导体行业发展情况也可以反映出光子产业的发展状况。



图 1-6 全球半导体市场规模

全球光子学市场的增长，主要受到显示器、信息和通信技术、光伏、医疗技术和生命科学、测量和自动化视觉、照明和生产技术等领域的应用需求增长的驱动。由于数字化、智能基础设施的发展和智能

制造的采用，对采用先进技术产品的需求不断增长，从而推动了市场的发展。2018-2022 年间主要推动全球光子学市场的几大亮点有：

(一) 媒体、广播和电信应用市场将引领光子学市场。从行业应用市场来看，

## 陕西省光子产业专利导航

媒体、广播和电信市场在 2021 年占据了光子学市场的最大份额，预计这一趋势将在预测期内继续。终端用户对光子学的应用，主要用于通信、数据存储和数据共享。光子学产品的使用，大大提高了互联网的速度和语音通话的质量。数字化程度的提高是推动光子学在这一领域发展的关键因素。

(二) 激光器、探测器、传感器和成像产品市场将以最高的复合年增长率增长。从产品类型层面来看，在 2018-2022 年间，激光器、探测器、传感器和成像产品市场将以最高的复合年增长率增长。预期的高增长，主要归因于市场要求这些产品提供更高的操作效率、高灵敏度、精确测量和高质量成像的需求日益增加。智能制造技术的采用，是推动这一细分领域产品需求增长的关键。信息通信技术将成为最大的行业应用市场。

(三) 从应用层面来看，信息通信技术在光子学市场中占据最大的市场份额。信息与通信技术领域的光子学产品市场，是由数据使用量的增长和越来越多的互联网用户推动的。信息和通信技术领域的技术进步，如数字化、开放互联网倡议和高速光纤互联网连接，都有望推动光子学市场的发展。此外，像 5G 公私伙伴关系 (PPP)、HORizon2020 欧盟研究与创新计划下的一些项目，也将有望推动光子学在信息与通信技术市场的发展。

(四) 消费电子产品和设备将成为光子学市场中增长最快的产品类型。消费电子产品包括全息照相、手表、扫描仪、光学计算机设备 (如光学鼠标) 和可穿戴设备。由于这些产品的性能优于其他替代产品，因此市场对这些产品的需求迅速增加。这些产品通常集成到其他系统中，用于持续监控和高效数据传输，例如，可穿戴的手表用于有效地监控个人情况。预计这类设备的应用会不断增多，这将推动光子学产品在该细分市场的发展。

(五) 亚太市场将以最高的复合年增长率增长。从地域层面来看，在预测期内，亚太地区将是全球增长最快的光子学市场，其背后的驱动力主要来自显示器、照明和信息通信技术等应用领域对光子学产品越来越多的采用。此外，预计政府在制造业数字化和工艺改进方面的支出增加，也将推动该地区光子学市场的增长。就中国市场的总体产业规模方面，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，汽车、能源、通信等垂直行业对光电子产品与服务的需求也进一步扩大，光子行业市场规模继续保持快速的增长。据赛迪

# 陕西省光子产业专利导航

顾问预测，中国光学光电子产业的规模将以超过全球光学光电子产业 10%左右的增速发展，2016 年中国光学光电子产业的规模已达到 6,670 亿元。

表 1-1 全球光子产业规模

主要产业领域		市场规模 (2020)
光传输	数据通信	4000 亿美元
	宽带接入	4000 亿美元
	光网络	1000 亿美元
能力激光		1000 亿美元
红外成像		1000 亿美元
光传感		1000 亿美元
量子技术		1000 亿美元
光显示		5000 亿美元
合计		18000 亿美元

### 1.1.3 产业结构特点

光子产业是战略性、基础性产业。光子技术是多种高技术融合发展的产物，也是高技术产业的基础。光子产业的市场规模大，带动作用明显，我国的光子产业发展中还存在着产业基础薄弱，自主创新能力不足的问题。我国光子产业结构的优化离不开光子产业技术水平的突破与发展，纵观全球光子领域，相关技术领域正在突破，产业政策环境也在逐步改善。我们对以下技术领域进行了分析，具体情况如下：

#### (一) 光探测技术/产业受军事需求驱动，美国引领技术的发展

1962 年，J.库珀利用热释电效应制造出红外探测器，随后以 HgCdTe 为代表的三元合金光探测器诞生；1970 年，利用半导体在强光照射下产生的光子牵引效应制造除了光子牵引探测器；1980 年，B.F.Levine 首次应用 GaAs/AlGaAs 量子阱材料制备了红外探测器。在军事运用需求的带动下，美国从 20 世纪 70 年代就开始

了对光电探测系统的研究，1974 年成功研制出用于多目标跟踪的智能电视跟踪系统，1992 年美国国防部提出建立有识别能力的拦截弹，2005 年美国中佛罗里达大学设计出用于无人机低空航拍视频图像的目标检测与跟踪，目前正在服役的 F-22 和 F-35 新型战斗机的光电综合系统，用以实现导航、告警和红外搜索与跟踪以及态势感知等目标。

国内对光电探测系统的研究起步较晚，上世纪 80 年代才开始相关研究。经过 30 年的研究和设计，国内光电探测系统已经从简单引进仿制走向自行设计研制。近年来，阵列光电探测器、电耦合器件是光电探测领域重点发展的技术，集成化、智能化与自动化、多元化与微型化是该领域的重要发展方向。

总体来说，受到军事需求的驱动，以美国为代表的国家引领了光探测技术的发展，相比之下，我国在该领域的起步较晚，但目前呈现出较好的发展态势。

### **(二) 光纤和激光器的结合驱动光通信技术进入产业化，发达国家引领技术产业的发展**

激光的优势使人们自然想到将其应用于通信领域，光纤通信被认为是近五十年来光电子技术最成功的应用实例。光纤的概念诞生于 1966 年高锟教授的论文中。1970 年损耗为 20dB/Km 的光纤诞生于美国康宁公司，标志着光通信时代的全面开启，半个世纪以来，光通信技术历经了数次技术革新，光通信系统的通信容量扩大了几个数量级。因此，1970 年被称为光通信的“元年”。激光器是光通信技术的核心和基础，美国贝尔实验室、日本电气公司 NEC 和苏联先后成功研制室温下连续工作的双异质结半导体激光器。

光纤和激光器的结合促使通信技术从实验室研究跃升到光纤通信实用化，1966-1976 年光纤从基础研究逐渐步入了产业化阶段。1975 年，光通信器件产业在发达国家开始兴起，1980 年与光纤低损耗窗口相配合的镓铟砷磷激光器诞生。20 世纪 80 年代前，光通信系统均是采用强度调制/直接探测技术，系统比特速率超过 10Gbit/s。但随后系统传输容量遇到瓶颈，主流的解决思路包括开发新器件以增加传输距离（即光放大器，其中最重要的技术为掺铒光纤放大器）以及改变系统结构（包括波分复用技术、相干光通信技术等）。1976-1986 年，光纤由多模发展到单模，且主要致力于实现低损耗、高传输速率和远传输距离，美、英、日等国的光纤通信骨干网相继建成。20 世纪 90 年代，超大容量，超长距离成为光纤技术研究关注的重点。光通信系统的主要发展方向在于利用光放大器和波分复用技术以提高

系统传输容量，波分复用技术使不同波长的光信号在光纤中互不干扰地传输，光纤放大器的产生使得密集波分复用技术得以大规模应用。

进入 21 世纪后，阵列波导光栅等波分复用/解复用器件在密集波分复用系统实现的商业化应用大幅度扩展了光纤通信传输容量。此外，系统扩容的需求和器件的发展促使相干光通信技术成为研究领域中的焦点，超大容量、超长距离、超高速率光通信系统成为技术研究的重点。2010 年后，相干光通信技术得到大力发展，使光通信系统的传输容量提升了一个层次。此外，新的 5G 需求为光纤通信和光网络系统提出了新的技术需求。光网络的提出、相干技术的发展、光器件集成度的提升以及在增大光纤传输容量方面的努力，都将促使光网络在速度、容量和响应时间等方面的革新。

总体来说，光纤和激光器的结合是光通信技术进入产业化的重要驱动，美、日、英等发达国家引领了该领域技术和产业的发展。自此半个世纪以来，在诸多新技术和新市场需求的促进下，光通信技术经历了数次重大革新。

### **（三）光集成技术产业源于光通信下游领域需求的增长，目前已进入大规模产业化发展阶段**

光集成技术的产生与光通信技术有着密不可分的联系，20 世纪 60 年代，光通信技术发展十分迅速，但是传统光学设备庞大笨重，限制了光通信技术的进一步发展。光集成技术的出现是为了将光学元件微型化并集中实现光信号的传输、处理和控制在同一半导体衬底上实现光集成器件的设想。1969 年，美国贝尔实验室首先提出了光集成的概念；1972 年，Somekh 等人提出在同一半导体衬底上实现光集成器件的设想。1978 年，第一个仅由一个短波长（850nm）GaAs 激光二极管和一个 GaAs 耿氏二极管构成的光电集成单片诞生。1994 年，无源器件的小规模光集成产品产生，21 世纪后，大规模光集成系统才真正产生，代表性产品为 Infinera 的 100Gbit/s 光发射和接收芯片，随后光集成技术才步入了产业化发展阶段。中小规模光集成系统已经得到了大规模的商业化运用，主要产品包含无源光集成系统，如光分路器、AWG 光开关阵列、VOA 阵列等以及有源光集成系统，如激光器与电吸收调制器集成产品（EML）、激光器与马赫-曾德尔调制器集成产品、激光器阵列和探测器阵列等。另外，相关研究认为光子芯片的集成度（每个芯片上的晶体管数目）表现出每 2.5 年翻一番的发展规律。

总体来说，随着光通信的下游领域的需求增长，光集成技术和产业应运而生，光集成技术经历了较长的商业化历程，在 21 世纪后才实现了大规模的产业化发展。

### (四) 低损耗技术被攻克后激光器技术产业步入高速发展期

1960年,世界上出现了第1台真正意义上的激光器,系红宝石激光器。次年,E.Snitzer研制出第一台掺钕(Nd<sup>3+</sup>)光纤激光器。一年后,H.W.Etzel等人成功研制出第1台掺镱离子(Yb<sup>3+</sup>)的光纤激光器,即目前最常见的1 $\mu$ m波长光纤激光器。但由于光纤的损耗较高,导致能量无法长距离传输,因此在此后很长一段时间内,光纤激光器的发展陷入了低谷。直到20世纪70年代初,康宁公司根据高锟等人提出的理论研制出损耗4dB/km的光纤,使得1.55 $\mu$ m波长掺铒(Er<sup>3+</sup>)光纤激光器迎来了发展。1956-1958年半导体激光器进入了实验室研发阶段,利用直接、间接带隙半导体材料制造激光器的理念为1962年GaAs半导体激光器的成功研制提供了重要的理论基础。1963-1977年,异质结半导体激光器诞生。1993年,HongPo等人研制出掺钕双包层光纤激光器。2002年J.Limpert等人研制出铒镱(Er<sup>3+</sup>+Yb<sup>3+</sup>)共掺的双包层光纤激光器,实现了150W的单模连续激光功率输出,大大推动了高功率掺镱光纤激光器的开发。总体来说,激光器经历了曲折的发展历程,直至低损耗技术被攻克,激光器才步入了高速发展时期。

### (五) 光存储技术产业致力于突破光学衍射限制,朝更快速度、更高存储密度方向发展

20世纪70年代诞生了以光盘为代表的光电存储技术,1982年索尼和飞利浦公司推出了第一张数字激光唱片。从20世纪70年代的CD系列、80年代的DBD系列到90年代的BD蓝光系列,光盘存储的功能已经实现了兼容直读式、可记录式、随机存储式,且正朝着更快速度、更高存储密度方向发展。然而,光学衍射极限限制了光盘数据存储的面密度,另外,受到光学三维空间分辨率限制,只能实现单层的信息存储。近年来,磁光存储技术、双光子吸收三维光存储、受激发射损耗荧光显微三维光存储、基于近场超越光学衍射极限光学存储技术层出不穷,致力于突破光学衍射限制、实现大容量光存储。

### (六) 光计算机等多领域应用需求推动光信息处理技术产业的发展

光信息处理技术是20世纪60年代随着激光器的问世而发展起来的研究方向。1873年,德国科学家阿贝创建的二次成像理论成为光信息处理技术的基础。20世纪50年代,通讯理论和光学的结合催生了傅里叶光学。1963年,范德拉格特提出的复数空间滤波理论使光信息处理技术进入了广泛运用的新阶段,同期,激光器的诞生以及全息术的重大进展使得相干光处理进入了快速发展阶段,下游应用领域

## 陕西省光子产业专利导航

成为光信息处理技术发展的重要推动力量。20 世纪 70 年代，非相干光处理、白光处理技术为克服相干噪声作出了重要改进。20 世纪 90 年代后，分数傅里叶光学发展了继承了傅里叶光学理论，为光信息处理开辟了更广阔的领域，此外，多领域的应用需求对大量信息快速处理提出了要求，在光信息处理基础上发展出的光计算机技术为该领域注入了新的发展动力。

### **(七) 光显示产业发展如火如荼，OLED、柔性、折叠显示、激光显示等新型显示技术发展迅猛**

1897 年，带有荧光屏的阴极射线管诞生，被命名为布劳恩管。20 世纪 50 年代，日本和美国相继研制出各类型显像管，在随后的二十年间在显示器中实现了商业化应用。早在 1888 年，奥地利植物学家发现了液晶物质，但直到 20 世纪 60 年代，美国 CRA 公司发现了宾主效应、动态散射效应、相移存储效应等一系列光电效应规律，并利用这些原理首次研制出了液晶显示设备，标志着液晶显示技术的发端。在随后的一段时间里，日本成为了液晶显示技术大规模产业化的聚集地，液晶面板及下游的显示器件产业迅速崛起，随后韩国、中国台湾等地区的相关技术和产业发展逐渐突出。1907 年场致发光现象首次被发现并在 1936 年提出相关的概念，直到 20 世纪 60 年代，在砷化镓基体上使用磷化物诞生了第一个红光的 LED，随后，黄色、绿色、蓝色、白色甚至紫外光的 LED 功能均得以实现。1987 年，柯达公司首先报道了有机发光器件，随后，1993 年，曹镛等人成功制备了 OLED 显示屏。直到 1997 年，日本东北先锋公司首次推出了 OLED 车载显示器，标志着有机显示设备的首次商业化运用。目前，全球光显示产业规模已超过 2000 亿美元，在整个电子信息产业中仅次于集成电路。

### **(八) 发达国家引领光伏技术产业早期发展，中国已逐渐跻身光伏发电大国行列**

早在 1839 年，法国科学家贝克雷尔发现光照能使半导体材料的不同部位之间产生电位差。这种现象后来被称为“光伏效应”。1954 年，美国科学家恰宾和皮尔松在美国贝尔实验室首次制成了实用的单晶硅太阳电池，诞生了将太阳光能转换为电能的实用光伏发电技术。我国于 1958 年开始研制太阳能电池，1959 年研制成功第 1 个有实用价值的太阳电池；1973 年太阳电池开始在地面应用。

产业方面，20 世纪 90 年代后，光伏发电快速发展，到 2006 年，世界上已经建成了 10 多座兆瓦级光伏发电系统，6 个兆瓦级的联网光伏电站。美国于 1988 年

开始实施 PVUSA 计划，1995 年实施与屋顶结合的 PVBONUS 计划，1997 年又宣布百万太阳能屋顶计划。德国从 1999 年启动“屋顶光伏”计划，装机容量以平均每年增加 35MWp 的速度增长；日本从 1994 年开始到 2001 年在建筑屋顶安装光伏系统累计 333MWp。此外，意大利、印度、瑞士、荷兰、西班牙都推出了类似计划。2001 年，无锡尚德在中国建立第一条 10MW 太阳能电池生产线，标志着我国的光伏发电大规模产业诞生。2001-2008 年间，以德国、西班牙为代表的欧洲光伏市场出现了大爆发，全球 85% 以上的新增光伏装机源于欧洲，巨大的出口需求也催生了中国光伏产业的快速发展。2010-2011 年，以德国、意大利为代表的欧洲国家装机量猛增，再一次引发全球装机热潮。但 2012 年德国装机量的趋缓以及意大利装机量的下降使全球光伏发电市场面临装机量下滑的严峻考验。此后，光伏产业迎来大洗牌，中国、美国和日本装机出现了较快增长。2010 年全国能源工作会议启动了国内太阳能发电市场。我国光伏系统装机容量呈现出迅猛发展的态势，2006 年累计装机容量是 80MWp，2014 则达到了 12800MWp，2016 年度累计达 21100MWp。2017 年累计装机量为 130250MWp；我国光伏发电累计装机量已达到约 174000MWp。

总的来说，发达国家引领了光技术产业早期的发展，我国在该领域发展时间与发达国家接近，但近几十年来才呈现出高速发展态势，逐渐跻身光利用大国行列。

### 1.1.4 产业政策环境

#### 一、政策环境

##### (1) 国外政策环境

如表所示，美国政府将光电子技术列入“美国国家关键技术”、“商务部新兴技术”和“国防部关键技术”的研究计划。DARPA 和 NSF 资助了多个重大研究计划，包括 HPC/UHPC、EPIC、UNIC、POEM 和 MURI 等。2012 年发布的《光学和光子学：美国不可或缺的关键技术》(Optics and Photonics: Essential Technologies) 报告判断和预测了未来一段时间激光科技的发展。

除美国外，欧盟，日韩等国家也在大力推进光子产业技术发展，目前全球光电子行业发展主要集中在军事领域光电子研发、光电子高集中产业联合、协调大学与企业之间的分工与合作等方向。2013 年欧洲发表了“光子学”技术平台 (Photonics21) ——“奔向 2020 - 驱动欧洲经济增长的光子学 2014-2020 发展路线图”

## 陕西省光子产业专利导航

(Towards2020—Photonics Driving Economic Growth in Europe.); 德国制定了三个光子技术发展五年计划, 从而使德国成为国际激光产业巨头之一; 此外英国的“阿维尔计划”、日本的“激光五年计划”、俄罗斯“重大创新平台计划”等, 都从国家层面面对光子产业相关领域做了战略部署。

表 1-2 近年国外光子领域代表性政策

国家/地区	时间	名称	发布者	内容	所属产业
日本	1979	光电子基础研究计划	日本政府	从合作的企业中挑选出优秀的研究人员成立专门的光电子联合研究实验室(OJRL), 将集成电路技术嫁接到光电子技术来, 做大量的基础研究“光电子基础研究计划”在 1986 年圆满完成	激光、光集成
	2010	FirstProgram (先端研究开发计划)	日本内阁府	FIRST 计划是从 600 个提案中选出 30 个核心科研项目予以资助, 项目资助的总金额达到 1000 亿日元。光电子融合系统基础技术开发(PECST)是 FIRST 计划的一部分, 以在 2025 年实现“片上数据中心”为目标。另外, 部署了“光电子融合系统技术开发项目”	光子领域
	2016.3	PECST	日本内阁府	研究光子集成领域, 主要是光收发器的技术, 用于 LSI 间大容量数据传输的光转接板	光子集成、光转换
欧洲	2013	Towards2020-Photonics Driving Economic Growth in Europe	欧洲 21 世纪光子咨询专家组	奔向 2020 的光子学将成为欧洲经济增长的重要支撑	光子领域
	2013	IRIS 计划	爱立信与欧洲委员会联合创建	利用硅光子技术, 创建大容量和可重构 WDM 光交换机, 实现在单个芯片上整体集成电路	硅光子、光集成
	2013	PLAT4M 计划	欧盟委员会	打造硅光子技术的整个产业链, 聚集了以法国微电子和纳米技术研究中心 CEA-Leti 为领导的包括德国 Aifotec 公司等在内的 15 家欧盟企业和研究机构以及潜在用户	硅光子
	2014	地平线 2020 (HORIZON2020)	欧盟委员会	集中部署了光电子集成研究项目, 旨在实现基于半导体材料或二维晶体材料的光电混合集成芯片	光子集成
	2019.2	法国光电	法国工	让所有人都意识到, 光电行业具	光集成、

## 陕西省光子产业专利导航

国家/地区	时间	名称	发布者	内容	所属产业
		发展计划	业部	有巨大的创新潜力，它将为工业、科研、政府、创业提供支撑，并为社会创造更多就业机会。法国将通过该计划在全球范围内支持进行相关工作的研究所并纳入合作范畴。这一计划也是欧洲光电产业发展不可或缺的重要部分	光转换、通信光纤
美国	2008~2013年	超高效纳米光子芯片间通讯计划	美国国防高级研究计划局	开发和 CMOS 兼容的光子技术用于高通量的通讯网络	光通信
	2010	2020 及未来纳米电子器件发展计划	美国国家纳米技术计划组织 (NNI)	该计划确定了五大重点研究领域：(1) 探索用于计算的新技术，包括电子自旋器件、磁器件和量子细胞自动机等；(2) 纳米光子学和电子学的融合；(3) 探索碳基纳米电子器件；(4) 探索量子信息科学中的纳米级过程和现象；(5) 以高校为基础的国家纳米电子器件研究和制造基础设施网络	纳米光子学、纳米光子器件
	2010	国家宽带计划	美国国家电信与信息管理局	确保美国比其他国家更快、更广泛的部署无线网络，在移动创新上实现领先，预算超过 72 亿美元	光通信
	2014.1	光子集成技术国家战略	美国总统奥巴马	投入 6.5 亿美元打造光子集成器件研发制备平台，其中包括以南加州大学为核心的光子工艺中心	光子集成
	2016.2	国家制造创新网络年度报告和战略规划	美国商务部，总统行政办公室，国家科学与技术委员会，先进制造国家项目办公室	美国集成光子制造创新研究所将整合美国政府、产业和科研领域的力量，改变美国集成光子技术能力分散局面，提高美国国际竞争力，促进大学和中小企业参与集成光子研发和技术变革。主要开发新型快速的光子集成制造技术和工艺方法，促进光子集成电路的设计、封装、测试与互连，构建从基础研究到产品制造的、全产业链集成光子生态系统，从而解决高动态范围、超低损耗、宽带光子集成芯片和微波频率电集成芯片的大规模制造难题	光集成、光通信、通信光纤、特种光纤
	2018	5G“FAST”战略	美国联邦通信委员会、DARPA	释放更多频谱，促进无线基础设施建立，调动私营部门尽快部署 5G 实现在人工智能、相控阵、传感器和数据处理等领域的突破性发展	光通信

# 陕西省光子产业专利导航

国家/地区	时间	名称	发布者	内容	所属产业
韩国	2018.1	第四期科技基本计划 (2018—2022)	韩国政府	战略选定 120 个重点科技项目, 首次选择了智慧城市、人工智能和 3D 打印等 12 个项目	光通信、光集成
欧盟第八框架	2020	欧洲光时代	欧盟	光子集成技术项目	
英国	2020	长期规划	英国	光电子材料、光学和物理现象、加工工艺、光子学器件和系统,	光子与光电子的全部领域

## (2) 国内政策环境

我国也对光电子技术和产业进行了政策重点布局。

例如, 2011 年科技部《国家重大科学研究计划》对高性能纳米光电子器件进行重点支持; 2017 年发布的《十三五材料创新专项规划》指出大力研发新型纳米光电器件及集成技术, 加强示范应用; 2017 年工信部正式公布智能制造试点示范项目名单, 加快发展光电子器件与系统集成产业, 推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合; 2018 年 3 月科技部“十三五”《国家重点研发计划》在光电子领域进行部署。2018 年 1 月 2 日, 工信部发布《中国光电子器件产业技术发展路线图 (2018-2020)》。2020 年国务院发布《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》, 2021 年发布《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》, 培育先进制造业集群, 推动集成电路、航空航天等产业创新发展。瞄准人工智能、量子信息、集成电路、光子制造等前沿领域, 实施一批具有前瞻性、战略性的国家重大科技项目。

## 二、社会经济环境

社会经济大环境下多产业发展相互影响, 对于光子产业来说如云计算、自动驾驶汽车、互联网用户数量增长、医疗等领域的突破等等都会促进其发展。

据相关领域的最新数据显示, 预计移动互联网用户数量将在未来八年内以 17.5 亿新用户的惊人速度发展; 到 2025 年, 将达到 50 亿移动互联网用户的里程碑。光电子学在开发电信网络方面发挥着至关重要的作用, 并利用这些设备降低高速网络终端设备的成本。此外, 未来预计光电子器件在电信行业的应用将会增加, 这将为光电子市场创造大量机会。预计 2019 年至 2025 年期间各行业对光电器件的需求将保持 16.59% 的复合年增长率。除北美外的其他国家地区正在大量进口车辆, 这些车辆在指示灯和前照灯中使用了大量光电器件, 这正是光电子市场在全球

## 陕西省光子产业专利导航

市场中获得大量牵引力的主要原因之一。

人类社会发展到以大数据、人工智能、神经网络、深度学习为代表的数字信息技术时代，智能手机、物联网、生物遗传数据、大气、地理信息等各个领域的数据信息存储已经成为人类生活不可或缺的一部分。根据国际数据公司（International Data Corporation, IDC）在 2017 年统计报告，预计到 2025 年，全球生成的数据总量将达到 163ZB，但受信息存储技术的限制，能被存储的数据总量将不超过 10%。当前全世界已经构建了由数千个硬盘阵列组成的数据中心。然而，这一技术的可持续性面临硬盘单盘容量小、基于硬盘的数据中心能耗巨大，的问题。数据存储能源需求与供给之间的鸿沟与日俱增。面对新兴信息技术的突飞猛进，迫切需要发展一种具有 PB 级容量、超低能耗和超长寿命的数据存储技术。近年来，纳米光子学、超分辨光存储等技术的产生为突破光学衍射限制、实现基于光子技术的大容量、低能耗存储带来了曙光 118。

### 1.1.5 产业特点初探

#### 一、国外产业发展特点

光子领域国外主要创新主体，光子技术各个细分产业的主要创新主体集中在美国、日本、韩国、德国等，其中美国的重要创新主体最多，且在光子领域各细分行业均有分布，可见其技术和产业实力强大。另外，英特尔、菲尼萨、英飞朗、康宁等企业在光子领域多个行业中表现不俗。

表 1-3 国外光子领域创新主体

细分产业	公司或科研机构名称	国家/地区	特点
光探测	苹果	美国	最早布局 3D 成像的公司，并购了多家相关企业，实现结构光产业的关键零组件的深度绑定，使其他品牌厂商难以完全复制
	LockheedMarti	美国	全球排名第一的军用红外热像仪
	Raytheon	美国	全球排名第二的军用红外热像仪
	FLIR	美国	全球规模最大、品种最齐全的民用红外热像仪供应商，市场占有率达 40%.
光通信	英飞朗 (Infinera)	德国	主营光传输网络系统，是世界各地的一级和二级电信服务提供商、互联网内容提供商、有线电视运营商、批发和企业运营商、研究和教育机构以及政府实体服务提供商。其产品组合包括 DTN-X 系列平台、InfineraDTN 平台、InfineraCloudXpress 平台、InfineraTM 系

## 陕西省光子产业专利导航

细分产业	公司或科研机构名称	国家/地区	特点
			列、InfineraTG 系列和 InfineraATN 平台等，主要用于海底、长途传输和城域网网络
	Ciena	美国	全球光网络领域的领军企业，近年来致力于光网络构架的升级并着手投入大量力量开拓数据中心互联领域
	菲尼萨 (Finisar)	美国	全球性的电信系统供应商，包括电信设备、电信软件、服务（语音/视频/数据）。广泛服务于通信提供商、线缆运营商、政府和企业
光集成	Kaiaam 公司	美国	著名光器件公司，光集成技术领导者
	Acaicia	美国	将 DSPASIC 和 SiliconPIC 整合到同一硅基芯片上，较好地提高了集成度，相关模组即插即用，更容易部署，使用成本低廉，在信号处理芯片和硅光芯片拥有大量知识产权
	英特尔 (Intel)	美国	近年来在硅光集成技术领域积累了大量的产品生产经验，采用的 InP-Si 混合集成技术在封装方面具备突出优势，目前英特尔已经成为基于硅光子技术的第二大光收发器供应商
	IBM	美国	成功将硅光子芯片集成到与 CPU 相同的封装尺寸，同年展示了完全整合的分波多工 CMOS 硅光子芯片，该全整合式分波多任务 CMOS 光子芯片，内含四个独立的发射通道，有四个不同波长的 25Gbps 收发器信道，利用芯片上的分波多任务器进行结合或分开
	菲尼萨 (Finisar)	美国	在光模块和光子集成芯片领域积累深厚，长期致力于光模块的低成本、高密度、低功耗技术开发
	英飞朗 (Infinera)	德国	生产的磷化铟光子集成电路被用作智能传输网络平台中的区分组件
激光器	SiFotonics	美国	发布 2.5Gb/s 速率的接收器单片集成芯片 TP1001。推出全集成 100G 相干接收机芯片 CR4Q01，目标市场骨干网及城域网、100GDP-QPSK 相干通信市场
	IPG 激光	德国	全球最大光纤激光制造商，拥有国际领先水平的光纤激光研发中心。凭借其光纤激光器等先进技术，一直保持着较高增速。由于其纵向整合以及直销模式，近年毛利率约为 55%，90%左右的产品都销往激光材料加工市场、原始设备制造商 (OEM)、系统集成商以及最终用户在激光行业有超过 30 年的经验，为客户提供设计、开发和制造高能量激光器和超强超短飞秒掺钛蓝宝石激光器。其激光器系列产品应用领域主要分为工业应
	ThalesOptronique	英国	

## 陕西省光子产业专利导航

细分产业	公司或科研机构名称	国家/地区	特点
			用和科学应用。工业应用领域，主要在材料加工（OLED 加工）、硅退火、激光冲击处理、激光消融等。科学应用领域，主要在电子和离子加速、等离子体物理、VUV-X 射线研究等领域
	Mellanox	美国	和 NeoPhotonics 公司合作开发激光器阵列，主要针对 100GSPM4 模块，用于数据中心收发器
	英特尔	美国	建立起全球首个集成激光器的端到端硅激光数据连接，证明了未来计算机可以使用光信号替代电信号进行数据传输
光存储	索尼	日本	推出光存储系统 Everspan，保证存储在光存储介质中的数据 100 年完好无损，克服磁带存储需要快进快退搜寻资料的缺点
	英特尔 (Intel)	美国	是全球最大的个人计算机零件和 CPU 制造商、最大设计和生产半导体的科技巨擘。主营微处理器、芯片组、板卡、系统及软件等标准计算机架构组件。致力于在客户机、服务器、网络通讯、互联网解决方
光处理	英特尔 (Intel)	美国	案和互联网服务方面为日益兴起的全球互联网经济提供建筑模块发布了采用硅光子技术的有源光缆 (AOC)，支持 Facebook 主导的数据中心行业标准，OpenComputeProject。宣布其硅光子模组 (100G 收发器) 正式投入商用，代表数据中心的铜线架构将快速被高速光纤的硅光架构取代
光显示	三星	韩国	OLED 面板制造、部分设备和材料领域全球领先
	LG	韩国	旗下子公司有：LG 电子、LGdisplay、LG 化学、LG 生活健康等，领域覆盖化学能源、电子电器、通讯与服务等领域
	康宁	美国	特殊材料制造商，主要生产特殊玻璃材料和陶瓷材料，广泛应用于高科技消费电子、电信、生命科学、移动排放控制领域。康宁公司发明制造了玻璃灯泡 (1879 年)、电视显像管 (1947 年)，并制造出世界第一根光纤 (1970 年)
光转换 (光伏)	FirstSolar	美国	世界领先的太阳能光伏模块制造商之一，《MIT 科技评论》评选的 2016 年“全球 50 大创新公司”中的 3 家上榜能源公司之一。以低成本的薄膜半导体技术设计和制造太阳能电池板，同时还建造太阳能发电厂，为各类设施提供能源
	SunPower	美国	在光伏行业名列第三。提供的组件效率比常规组件高 50%，是某些薄膜技术的 5

## 陕西省光子产业专利导航

细分产业	公司或科研机构名称	国家/地区	特点
			倍。拥有自主知识产权的大型光伏系统，在全球 11 个国家已经建设和安装了超过 500 个大型电站，总装机容量达到 1.5GW，目前正在参与开发的电站总规模达到 5GW
	韩华	韩国	是世界上最大的光伏制造商之一，财富世界五百强企业，韩国的八强企业。拥有 5.7GW 电池和 5.7GW 太阳能组件的产能，是世界上最大的电池制造商，也是最大的太阳能组件供应商之一
特种光纤	康宁公司	美国	掌握光纤光缆行业中上游的光棒制造核心工艺
	Nufern	美国	全球领先的有源光纤、光纤激光器和光纤放大器生产商，近期推出 30W 平均功率的 NuQ 工业级脉冲光纤打标激光器，采用了 Nufern 优化设计的掺镱光纤，具有“快启动”的特性，接通时间只需要 125 μs，可以最大限度提高打标的生产能力
	莱尼 (LEOIN)	德国	世界上的电缆、铜线、线束系统供应商之一，主要从事工业应用定制化产品和解决方案的开发、制造及营销，服务于乘用车和商用车、通讯和基础设施、电气、导体和铜线解决方案等领域

以抗肝癌中药为例，肝癌细胞的增殖具有不受控制的特点，中药可以通过抑制肝癌细胞的快速增殖来达到抑制肝癌的作用。丹参的功效是活血祛瘀、通经止痛、清心除烦、凉血消痈。常用于气血瘀滞、热毒内蕴类肝癌。Qing—Lan Wang 等不同浓度的丹酚酸 B 培养 Hep G2 细胞，再通过 SYTOX—Green2、国内产业发展特点

下表是国内光子领域主要创新主体。在光探测领域，由于其下游应用涉及国防军工领域，以军工集团为代表的国有企业和以中国科学院为代表的科研院所占据领先地位，近年来兴起的一些民营企业也表现不俗。在光探测之外的其他光子分支领域，重要创新主体主要为民营企业，其中华为、烽火通信、亨通光电等企业在多个分支领域中表现出色。

表 1-4 国内光子领域创新主体

细分产业	公司或科研机构名称	特点
光探测	军工集团、中科院系科研院所	早年间光探测领域主导者，科技含量高，获得大量资金支持，拥有大批高端科研人才

## 陕西省光子产业专利导航

细分产业	公司或科研机构名称	特点
	高德红外	全产业链布局最为完备，军品民品种类齐全。目前唯一具备武器系统总体科研生产资质的民营企业，红外装备行业巨头之一。在测温型红外热像仪方面居全球第四，是进入全球前五的唯一中国企业
	久之洋	实际控制人中国船舶集团公司，红外探测产品占比高，拥有制冷型和非制冷型红外探测设备生产能力
	大立科技	在非制冷红外焦平面探测器领域具备突出技术优势，军用领域产品主要应用于红外导引头和光电吊舱等领域
	华为	于 2018 年推出自研引擎 HUAWEI AR Engine，宣告正式进军移动 AR 领域。该系统支持运动追踪、平面检测、光照估计和命中检测等功能。
	水晶光电	主营精密光电薄膜、蓝宝石衬底、反光材料。红外滤光片、光学低通滤波器、窄带滤光片产品处于行业领先水平
光通信	华为	光通信领域全球领先企业。全球最大的光传输设备厂家，从光传输开始起步
	中兴	全球领先的综合通信解决方案提供商。具有下一代光接入平台 TITAN、E-OTN 解决方案，以及智能管控平台 ZENICONE，全面覆盖光接入、光传输、智能管控等核心领域
	亨通光电	专注于光纤通信和电力传输领域，构筑形成光纤通信和量子通信全产业链及自主核心技术，进军海洋工程、量子保密通信、大数据等高端产品及新领域，形成“产品+运营+服务”全价值链
	光迅科技	主营业务为光电子器件的研究、开发、制造和技术服务。中国最大光通信器件供货商，目前中国唯一一家有能力对光电子器件进行系统性、战略性研究开发的高科技企业，中国光电子器件行业最具影响的实体之一
	烽火通信	信息通信领域设备与网络解决方案提供商，国家科技部认定的国内光通信领域唯一的“863”计划成果产业化基地、“武汉·中国光谷”龙头企业之一。掌握了大批光通信领域核心技术，参与制定国家标准和行业标准 200 多项。国家基础网络建设的主流供应商，产品类别涵盖光网络、宽带数据、光纤、光缆三大系列，光传输设备和光缆占有率居全国首列
光集成	博创科技	全球规模最大的平面波导 (PLC) 集成光器件制造商之一。基于 PLC 技术，实现了 PLC 光分路器、DWDM 器件、光有源器件等产品批量化生产，光分路器占全球市场份额 10%
	中兴	研发光电子芯片和器件，通过光电子产业链布局引导和推动硅光技术快速应用，打造光电子产业集群
	华为	于 2014 年发布了 200G 光子集成方案，并已在全球建设超 200 个 100G 商用波分网络，引领光网络 100G 时代。研发的 7 纳米光通信芯片正式大规模商用，性能全球领先
光辐射 (激光器)	锐科激光	率先实现国产高功率激光器量产突破，主要产品包括光纤激光器、连续光纤激光器、半导体激光器，是国内第一家专门从事光纤激光器及其核心器件的规模化生产企业，研

## 陕西省光子产业专利导航

细分产业	公司或科研机构名称	特点
		发实力处于国内领先水平
	柏楚电子	从事激光切割控制系统的研发、生产和销售，是国家首批从事光纤激光切割成套控制系统开发的企业，致力于为激光加工提供稳定、高效的自动化控制解决方案。主营业务为激光切割设备制造商提供以激光切割控制系统为核心的各类自动化产品
	凯普林	从事高功率激光器件、激光系统研发及产业化，致力于高性能光纤耦合半导体激光器、光纤激光器、超快激光器等产品的开发与市场应用。产品覆盖可见光到近红外波段，输出功率涵盖毫瓦级至万瓦级，可提供高集成度的激光器件及系统
光存储	紫晶存储	国内唯一具有自主知识产权、能产业化生产应用于商业大数据存储、档案级的蓝光存储蓝光介质的企业，实现了光存储介质核心技术自主可控，在国内具有领先地位。推出的以光存储为核心的融合存储解决方案，目前已经在政务、互联网、医疗、金融、档案、能源、教育等多个行业，得到了广泛应
	易华录	光磁融合云存储产品、D-BOX 行业数据服务一体机采用光磁一存储技术，成为数据湖产品核心组成
	华为	2019 年华为宣布正着眼于基础对研究领域发起冲击，包括下一代存储技术的探索，华为在探索是否能使用 DNA 来存储信息
	紫光存储	专注光存储介质技术为一次性记录蓝光存储，同时正在开展下一代全息光存储技术产业化应用研究
	长江存储	研发了新型 3DNAND 闪存结构 Xtacking，该技术将为 3DNAND 闪存带来接近 DDR4 内存水平的 I/O 接口速度，同时具有业界领先的存储密度
光显示	京东方	国内显示屏龙头加速，近期发力布局柔性显示屏。在绵阳、重庆等地投资 465 亿建立柔性 AMOLED 产线
	TCL	全球电视面板龙头企业，在 LTPS 和 AMOLED 小尺寸面板均有布局，具备规模优势
	华星光电	在武汉建立 350 亿 AMOLED 产线，在深圳建立 427 亿 LCD 产线
光转换 (光伏)	保利协鑫能源控股有限公司	中国首家突破年产万吨级以上多晶硅产能和产量的企业，是全球最大多晶硅生产企业之一，也是全球硅片产能最大的企业。2015 年，多晶硅年产量达 7.5 万吨，硅片年产能达 15 吉瓦
	常州天合光能有限公司	全球最大的光伏组件供应商和领先的系统集成商，已申请超过 1315 项太阳能光伏专利，其中 747 项获得授权。P 型单晶硅电池及 P 型多晶硅电池的实验室转换效率分别达到 22.61%和 21.25%

## 陕西省光子产业专利导航

细分产业	公司或科研机构名称	特点
	英利集团	1999 年承接国家第一个年产 3 兆瓦多晶硅太阳能电池及应用系统示范项目，是全球领先的太阳能光伏企业。英利申请 PCT 国际专利 13 项，中国专利 2056 项，由国家 863 计划支持自主开发的“熊猫”二代 MWT 高效太阳能电池生产效率达到 21.5%，发电量比常规组件高出 30%。在全球，已有超过 17 吉瓦的英利光伏组件为各类用户提供绿色电力，占全球总装机容量的 7%左右。平均每年可发电 200 亿度
特种光纤	长飞光纤	国内第一家拥有光纤预制棒生产能力的企业，目前也是全球最大的光纤预制棒、光纤、光缆供应商，形成了“棒纤缆”一体化完整产业链
	亨通光电	首个特种光纤工程中心——新一代光纤通信材料工程中心，总投资 1 亿元，年产 12 万芯公里特种光纤的能力
	烽火通信	2017 年定增特种光纤产业化项目，总投资 2.47 亿元
	华为	成立于 2008 年的华为海洋主要从事全球特种海缆通信网络的建设，是全球第四大海底电缆工程公司。
	中天科技	2016 年定增特种光纤系列产品产业化项目，总投资 5 亿元

光子技术是新一轮科技革命中人工智能、物联网、云计算、先进制造、高端装备等领域的重要突破技术，光子产业成为了 21 世纪最具战略性、基础性、先导性的新兴产业，目前正处于类似大规模集成电路发展初期的关键节点和创新红利的初始期与窗口期，中国已成为全球最大的光子市场，占据全球近 27% 的市场份额，中国光子产业近年来呈现出迅猛发展的态势，每年以 20% 以上的速度增长，持续发展潜力巨大。

按照围绕产业链部署创新链，围绕创新链布局产业链总体要求，依托陕西光子技术与人才优势，聚焦先进激光与光子制造、光子材料与芯片、光子传感三大重点领域，推动创新研发及代工平台建设，加快培育并引进优质光子企业，积极推动光子产业园区建设，集中力量打造以西安为重点的产业聚集区，做大做强产业规模，提升陕西光子品牌效应，带动光子全产业链集聚发展，形成陕西光子产业发展生态体系，打造国家光子产业发展主阵地和全球具有影响力的光子产业生态高地。

# 2 全球光子产业专利布局分析

围绕产业链部署创新链、围绕创新链布局产业链，推动经济高质量发展迈出更大步伐。本章以全景模式分析全球和我国光子产业的专利态势，从而归纳、梳理产业链及创新链的未来发展方向。

## 2.1 全球光子产业发展态势与光子产业专利布局分析

### 2.1.1 全球专利态势分析

中美“芯片战”，美国通过芯片禁令来掐脖子，中国搞定芯片，美国就通过芯片制造来阻止。2021年，荷兰光刻机巨头ASML在中国的营业额达到27亿欧元，占其全球营业额的14.5%。光刻机顾名思义也是应用激光的工艺。近日，比利时微电子技术研究中心IMEC发布了未来15年的芯片工艺路线图，规划了未来七代的芯片工艺，2024年达到2nm工艺，2028年达到1nm工艺，甚至展望到2036年的0.2nm芯片工艺。如果实现可以让摩尔定律在延续十五年，芯片将从“纳米时代”进入到“埃米时代”。而另一方面应用光子代替电子作为计算媒介，每秒计算频率能达到千万亿次，是目前晶体管计算频率的100万倍。

从申请趋势来看，全球产业活跃度高，我国产业高速发展，光子产业发展整体加速。十三五期间，光子行业市场规模将继续保持快速的增长。中国光学光电子产业的规模将以超过全球光学光电子产业10%左右的增速发展，2019年中国光子产业的规模已达到8977亿元，光子领域近年来飞速发展，相关技术专利申请整体稳步上升。截至检索日，全球光子领域专利共申请专利994696件，合并专利号后，共有758916件专利。其中，当前法律状态为授权为151762件，专利有效性为有效152061件。公开类型为发明专利申请608245件，占比80.15%，授权126089件，授权率达16.61%，实用新型24582件，占比3.24%。本报告将以758916件专利为基础，分析光子产业技术的发展情况。

我们分别对光子产业上、中、下游的产业链、技术链按涉及的领域、产品和技术方向进行检索分析，并选取了光子产业若干优势与短板的技术领域分别从企业数量、人才数量、专利数量、专利运营情况等4个方面进行了检索分析，对申请量排名靠前的申请人进行了列举展示，具体分析结果见陕西光子产业导航图谱。

## 陕西省光子产业专利导航

随着电子产品逐渐饱和，电子计算机产业开始出现疲惫征兆。现代信息产业在光子技术产品上找到了新出路，光子技术成为 21 世纪推动经济发展的核心技术，是一个高速发展的产业。市场研究公司 Markets and Markets 预测全球光子领域复合年增长率达 7.0%，将从 2017 年的 5200 亿美元增长到 2023 年的 7804 亿美元。据 TrendForce、QYResearch、Yole 等各大机构预测，近 80% 下属产业未来市场增长率在 10% 以上，包括 MiniLED、OLED 产业增长率分别为 59%、40%；3D 成像、卫星遥感、硅光子收发器、光子集成电路产业增长率 23% 以上；机器视觉、激光器、高光谱成像、光通信设备、光纤产业增长率也在 10% 以上。

光子产业需求日益增长热门领域引爆多个光子前沿方向的发展。当前，人工智能 (AI)、5G、无人驾驶技术 (无人作战机)、物联网、无触点手势识别等产业和技术的发展如火如荼，而这些热门领域的发展必然会驱动相关光子技术与产业的发展。如交流机器人产业的发展与光子芯片与激光雷达息息相关，无人驾驶技术则与光学成像、激光雷达、硅光子技术等有着密切的联系，VR/AR 则离不开 3D 成像、3D 摄像头、液晶覆硅技术的发展，云计算极大促进高速光模块、光互连设备、硅光子、光子集成的需求，光学摄像机、光学传感器影响无触点手势识别的发展，5G 引发光传送网、光纤、光模块及光子芯片需求和发展，AI 使 3D 成像光学革命即将到来，光子相机是作战无人机发展的关键因素，信息化战争使光子集成应用范围不断拓展。

光子产业作为现代通信技术的核心基础，全球范围内相关专利申请在 20 世纪初就已经出现，之后申请数量缓慢上升。我国在该领域的起步较晚，截至检索日，我国光子产业共检出专利 129584 件，91937 个专利族，本报告中国专利是基于 91937 件专利进行分析。我国于 1985 年开始专利申请，1994 年申请量过百，2002 年申请量过千，2015 年申请量超过五千，近年申请量高位运行，年申请量始终在六千以上。

我国于 20 世纪 60 年代建立起了较完整的光学材料及光学单元技术，一系列自主研发的固体激光应运而生。1962-1964 年的三次全国激光技术研讨会极大地推动了我国早期激光技术的发展。早期 (1961-1967 年) 我国激光技术的发展重点包含辐射武器带动的高能量铷玻璃激光系统、以激光核聚变为目标的高能量铷玻璃激光系统、以激光加工、测距和雷达为目标的中、小功率固体激光器、气体激光器

## 陕西省光子产业专利导航

和半导体激光器等，1963 年中科院光机所在半导体激光器中的重大技术突破为我国激光器技术发展奠定了坚实的基础。随后，激光器的发展历经了异质结构、量子阱能带工程的引入、宽带隙 GaN 基半导体以及新型半导体激光器（量子级联红外激光器及微腔激光器等）四次里程碑式的技术飞跃。

从全球申请量分来看，1911 年第一件光子专利申请至 1952 年，全球年申请量不足百件，1953 年至 1963 年，全球年申请量从百件起步至千件以下，1964 年开始年申请量突破千件，1985 年申请量突破万件，1998 年突破两万件，自此全球光子年申请量一直在高位运行，2019 年达到峰值 21966 件，如图 2-1 所示：

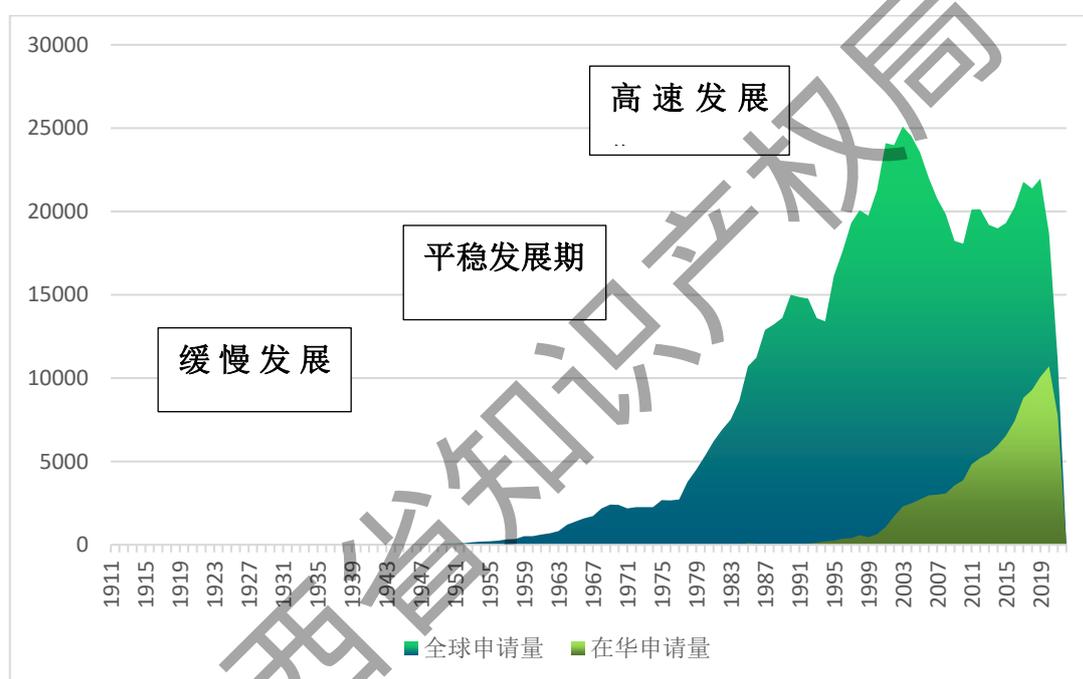


图 2-1 光子产业专利全球整体申请趋势

近年来，国务院、发改委、科技部、工信部等多个部委先后发布了 20 余项相关战略纲要、规划、发展指南、路线图等，相关产业遍及光通信、光集成、光伏发电、特种光纤、光传感等领域。2016 年国务院印发的《国家重点专项规划之一——“十三五”国家科技创新规划》文件指出，将重点发展光电子技术，重点加强极低功耗芯片、新型传感器、第三代半导体芯片和硅基光电子、混合光电子、微波光电子等技术及器件的研发。其中，光电子技术主要针对信息技术在速率、能耗和智能化等方面的核心技术瓶颈，研制满足高速光通信设备所需的光电子集成器件；突破光电子器件制造的标准化难题和技术瓶颈，建立和发展光电子器件应用示范平台和支撑技术体系，逐步形成从分析模型、优化设计、芯片制备、测试封装到可靠性

# 陕西省光子产业专利导航

研究的体系化研发平台，推动我国信息光电子器件技术和集成电路设计达到国际先进水平。



图 2-2 光子产业政策图

与电子产品一样，光子产品正在许多不同的应用和广泛的领域中使用。在生产技术部分，有激光材料加工系统、光刻系统、用于生产技术的激光和用于晶圆步进器的物镜。在测量和图像处理部分，有机器视觉、光谱仪和模块、二进制传感器和各种测量系统。在医疗技术和生命科学领域，有用于眼镜和隐形眼镜的镜片，用于医学治疗内窥镜、显微镜、医学成像、眼科和美学的激光系统，以及其他医药学和生物技术研究的诊断系统。

因此本报告依据光子技术的种类及用途，将光子技术分为上游材料与芯片、中游器件与模组和下游设备与系统三个二级技术分支。截止检索日，光子技术领域上游共 455452 件，343915 件专利；中游共 456590 件，352276 件专利；下游共 97633 件，76788 件专利。通过一级技术分支专利申请量及其变化趋势可以看出，材料和芯片的专利申请量自 1968 年以后申请量过千，1997 年以后申请量过万，经历了快速增长，在 2003 年达到历史峰值 11348 项。伴随光子产业所需配套技术的迅猛发

## 陕西省光子产业专利导航

展，器件与模块的专利申请量自 1972 年以后申请量过千，2001 年专利申请量激增，年申请量过万，2019 年申请量达到历史峰值 11946 件。下游设备与系统专利申请量自 2000 年以后申请量过千，2011 年专利申请量激增，2020 年达到历史峰值 2718 项。从整体来看，目前上中下游技术分支专利申请量仍在高位运行，据此可推断，光子技术领域研发活跃度高，光子产业发展势头良好。如图 2-2 所示：

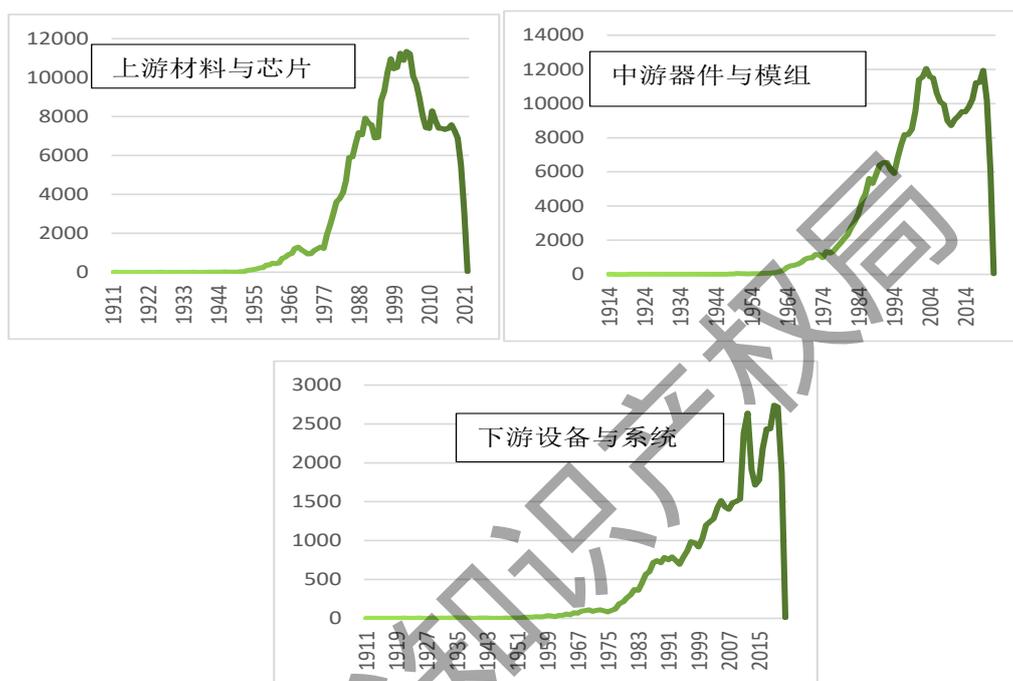


图 2-3、4、5 光子产业专利二级技术分支全球整体申请趋势

欧盟委员会在 2019 年 8 月发布的《未来的 100 项突破性创新》中提出的对全球经济具有重大影响的突破性创新有多项与光子领域相关。如光电子学、光子芯片、光电传感、高光谱成像、全息图、Nano-LEDs 等，这些技术虽然当前成熟度较低，但预测未来在欧洲的地位均较高，且 2038 年大量使用的可能性非常高，预测等级均在 4 以上（满分为 5），尤其，光子芯片、光电传感、高光谱成像、Nano-LEDs，预测 2038 年大量使用的可能性为满分。

### 2.1.2 我国与其他重要申请国专利态势对比分析

从国家专利实力来看，日中美韩位列前四，我国发力追赶超越。

光子技术水平和产业能力已经成为衡量一个国家综合实力和国际竞争力的重要标志。德国将光子确定为 21 世纪保持其在国际市场上先进地位的九大关键技术

## 陕西省光子产业专利导航

之一；日本 2013 年开始实施的先端研究开发计划中部署了“光电子融合系统技术开发项目”；2020 年，英国发布了光子长期规划，研究内容覆盖光电子材料、光学加工工艺、光子学器件和系统等。全球科技领先国家正在加快光子领域的部署和投入，抢占新一轮科技革命与产业发展的制高点。

对光子相关专利的优先权国家进行分析后发现，专利数量排名前 5 的国家依次为日本、美国、中国、韩国和德国，合计占全球相关专利的超八成。其中，日本、美国和中国专利的合计数量约占总数量的七成。

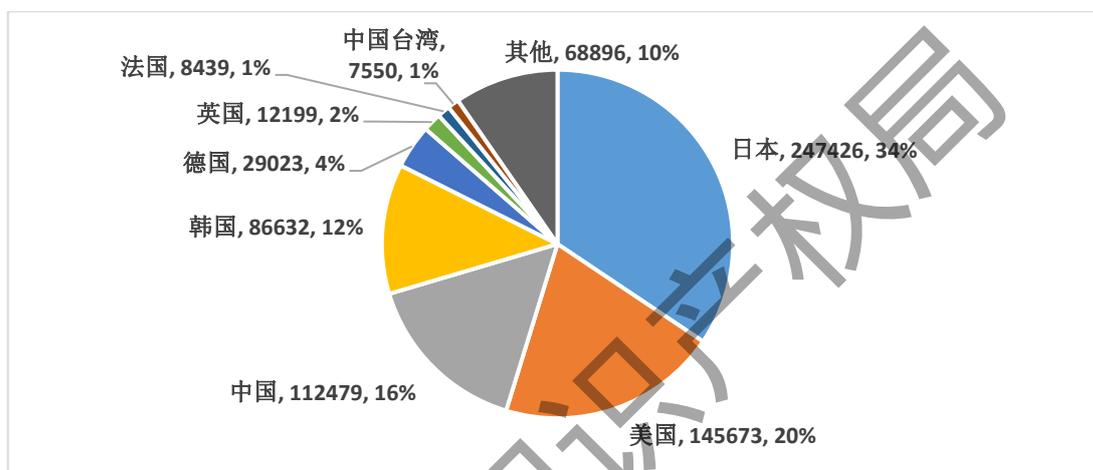


图 2-6 全球光子专利主要布局及占比

从总体分析，全球光子产业整体日本技术研发实力强，申请量遥遥领先，中国在此领域虽然起步比全球晚八十多年，但作为后起之秀，表现优异，目前专利申请量占比稳居第三。

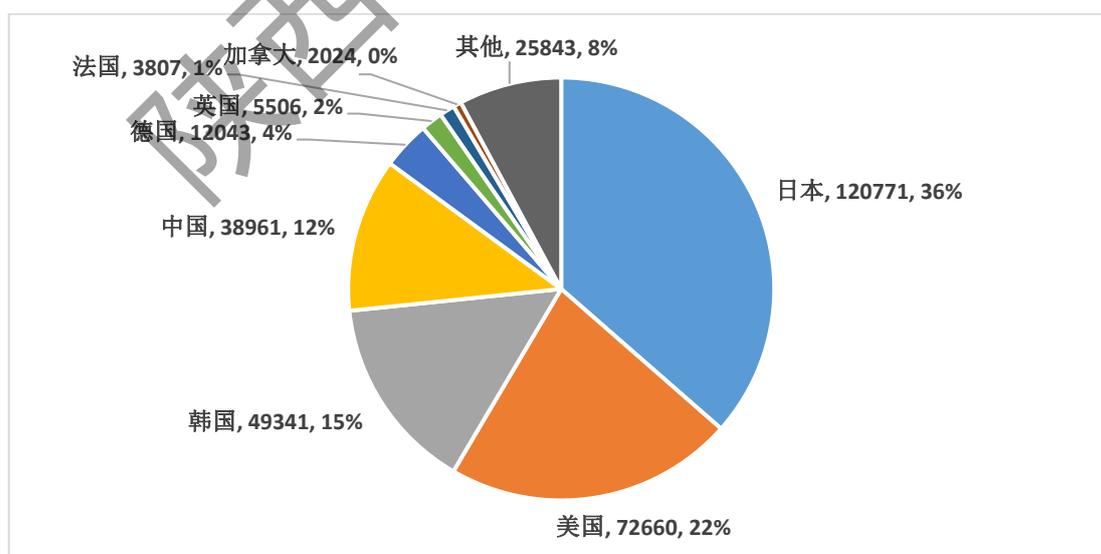


图 2-7 全球光子上游芯片和材料专利主要布局及占比

从上游芯片与材料技术分支分析，日本依然是该领域申请大国，申请量占三成

## 陕西省光子产业专利导航

以上，中国由于这一技术领域进入较晚，占比较少，位列第四。

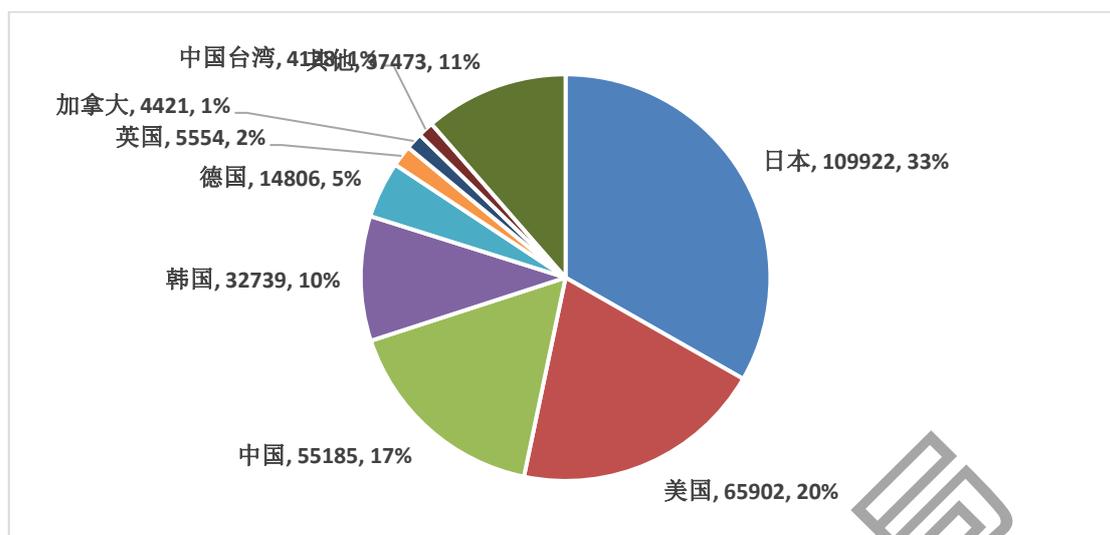


图 2-8 全球光子中游器件与模块专利主要布局及占比

从中游器件与模块技术分支分析，与上游不同的是，日本在该领域申请占比略有下降，申请量占三成，中国在这一技术领域发展迅猛，占比达到四分之一强，位列第三。

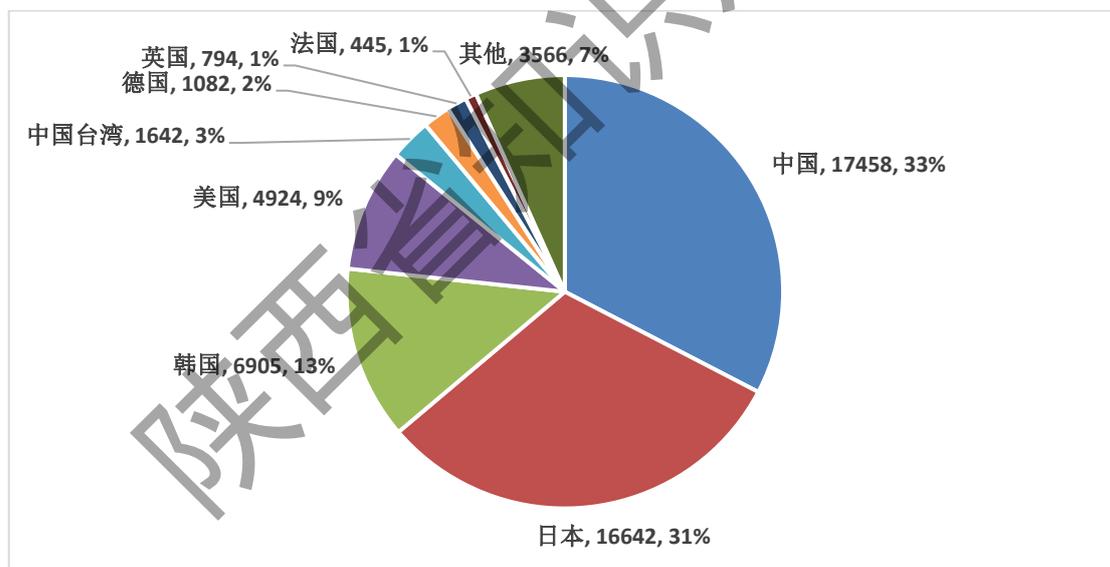


图 2-9 全球光子下游系统与设备专利主要布局及占比

从下游系统与设备技术分支分析，与上、中游不同的是，美国、德国在该领域专利申请量急剧下降，占比降低，而中国这一技术领域发展迅猛，占比超过三成，并一跃成为头号申请大国。

总之，中国专利申请量激增，也反映了在近年国家政策和国际环境的双重影响下，中国技术实力在不断增强，在应用领域研究势头不容小觑。

2015 年全球光子产品市场规模为 4470 亿欧元。欧洲光电子产业为 692 亿欧

元，占全球市场份额的 15.5%。跟欧洲相比，日本国内光电子产业 680 亿欧元，两者差不多。自 2011 年至 2015 年，欧洲以 1.3% 的增长率从 656 亿欧元发展过来。如果我们将光伏排除在外，欧洲光子产品的产量为 666 亿欧元，占全球市场份额的 17% (3910 亿欧元)。同期没有光伏的增长率为 3.9% (从 571 亿欧元发展)。2015 年日本光电子产业出现了萎缩 (-5.1%)。

值得注意的是，欧洲光电子产业的增长强于欧洲的工业生产 (不计算光伏，增长率是 0.1% 比 3.9%)。但是，除了光伏发电之外，欧洲光电子产业的增长实际上几乎只有全球光子市场增幅 6.7% 的二分之一。中国是欧洲经济增长放缓的一个重要原因，中国越来越多地在全球光子产品中占据越来越大的份额，导致所有其他主要生产国的市场份额损失。

### 2.1.3 我国光子产业结构优势与不足分析

从产品的起源来看，中国在光电子产业中自信地领先。领先于日本、欧洲、北美、韩国和中国台湾。但从制造商总部所在的国家来看，日本仍然是不败的全球市场领导者。中国在过去四年中取得领先，全球市场份额从 2005 年到 2015 年迅速增长。2005 年增长率为 10%，然后在 2011 年达到 21%，2015 年增长率达到令人印象深刻的 27%。主要增长领域是光伏、信息技术、照明、显示和通信。

全球和我国企业对比分析：

一、光模块领域主要有美日企业主导。

二、在光设备领域，中国呈现领跑态势。2015 年，光接入网市场收入达到 83 亿美元，相比 2014 年增长 29%。我国 FTTH 用户已达 1.9 亿户，居世界第一。中国电信、联通从 2014 年起，领先全球率先启动从 PON 向 10GPON 的带宽升级，2015-2016 年 10GPON 采购量近 200 万端。全球光接入网份额主要由华为、中兴、阿朗、思科、烽火占据，国内光接入市场则是华为、烽火居前。

三、在光纤光缆领域，经过多年发展，我国光纤光缆行业有了显著进步。2014 年，全球 56 家能够拉制光纤的工厂有 25 家位于中国，当年光纤产量为 1.73 亿芯公里，占全球需求总量的 55%。2015 年国内光纤产量 2 亿芯公里，产能达 2.3 亿芯公里。

四、在光器件及芯片领域，2015 年全球前十大光器件厂商中，中国仅光迅、海信入围，所占市场份额分别为 5% 和 3%。

# 陕西省光子产业专利导航

表 2-1 光子细分产业发展现状

细分领域	产业现状	市场地位和代表性企业	国内占有率
光模块	全球产业由美日企业主导，国内产业受到高端光器件和芯片的制约发展瓶颈明显	市场占有率较低，国内仅光迅科技一家企业进入全球市场份额前十位	10%
光网络设备	全球范围内市场集中化，我国企业已掌握部分关键性技术的自主知识产权	拥有华为、中兴、烽火为代表的龙头企业。占据全球市场份额分别为 26%、13%、6%	45%
光纤光缆	国内产业链逐渐完备，光纤预制棒已摆脱进口依赖	中国已成为全球最大的光纤出口国，产量占 50%以上，2015 年全球该产业前十位厂商中中国占据 3 席	50%
光器件及芯片	低端产品与发达国家基本相当，高端产品国产化率低，关键器件芯片产业实力薄弱，制约了光器件、组件、模块的发展	国产高端芯片缺失严重，2015 年全球前十位厂商中，中国近光迅和海信入围，市场占有率分别为 5%和 3%	<10%

总的来说，目前我国光子产业结构的不均衡体，产业链上下游成熟度不一，主要表现为上游核心器件的缺失，国内相关厂商主要从事中低端产品的研发，导致毛利率不高。上游产业链的薄弱使其难以为下游设备厂商提供有力的支持，绝大部分高端核心光器件及光模块产品被国外公司垄断，导致国内设备厂商毛利不高，发展受到掣肘。近年来，中兴、华为屡次遭受美国商务部调查就凸显了我国光子产业供应链背后隐藏的巨大危机。因此，加强上游核心芯片和光器件环节的建设已迫在眉睫。从产品结构来看，中国相关厂商的产品主要集中在中低端，高端、核心产品缺失，“空芯化”严重。关键器件芯片的薄弱导致我国光器件、组件以及模块均受到制约，供应链安全没有保障，已经成为限制我国光子产业长期发展的瓶颈。

## 2.2 激光器产业专利态势与产业发展

### 2.2.1 全球激光器产业发展态势

2018 年，全球激光器销售额增至 149.4 亿美元，相比 2017 年增速放缓。2022 年预计在高功率光纤激光器持续增长的带动下，全球激光器销售额将达到 201 亿美元。

2018 年，激光材料加工再次成为全球激光器应用市场收入占比最大的细分领域，约 61.6 亿美元；通信领域位居第二；科研和军事市场同比增长 50%，超过医疗和美容市场位居第三。激光设备升级和新的应用场景明显地推动了激光工业在

## 陕西省光子产业专利导航

现代高端制造中的重要作用。激光（激光设备的核心组件）的世界市场规模正在迅速膨胀。全球工业激光市场从 2014 年的 26.3 亿美元激增至 2018 年的 45.9 亿美元，复合年增长率为 14.9%，在 2019 年至 2025 年之间的复合年增长率为 6%-8%。



图 2-10 全球激光器增长规模及趋势

### 2.2.2 国内激光器产业发展态势

尽管我国光子产业市场起步较晚，10 年前国内激光器等光子市场还一度几乎被国外公司垄断，但随着国家装备制造业的迅猛发展，激光产业发展也逐步迈向新台阶。如今中国的低功率（<100W）光纤激光器市场已大多被国内厂商占据，中功率光纤激光器（≤1500W）市场中国内厂商也已超过 50%。数据显示，2017 年全国工业激光产业产值突破 600 亿元，有预计至 2020 年可达 1000 亿元。

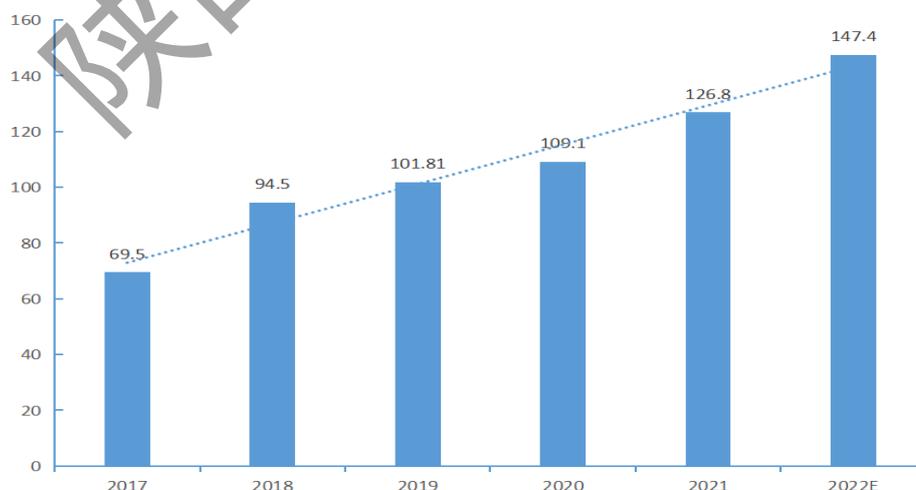


图 2-11 中国激光器市场规模及趋势

中国激光设备市场销售收入及预测如图 2-19 所示。我国的激光器市场具备如

## 陕西省光子产业专利导航

下特点：第一，光纤激光器占据了工业激光器的大部分，在 2018 年超过 44%。光纤激光器市场规模从 2014 年的 7.2 亿元人民币激增至 2018 年的 19 亿元人民币，复合年增长率为 27.7%，预计 2022 年规模将超过 140 亿元人民币。其次，超快激光器发展态势良好，销售量从 2015 年的 40 台增长到 2018 年的 850 台，复合年增长率为 177%，但中国仍有 80% 以上的超快激光器依靠进口。随着生产工艺成熟和成本降低，超快激光将获得更广泛的应用。第三，新兴领域推动需求增长。2018 年下半年以来，受需求和贸易战的动荡影响，工业企业的资本支出已缩减。此外，低功耗领域（如消费类电子产品、面板等）的创新能力较弱或生产扩张周期延长，工业激光行业的同比增速有所放缓。随着在新能源汽车、动力电池、OLED 和半导体领域的更多应用，工业激光器的市场需求将反弹。第四，本地化进程加快。迄今为止，中国制造的中、低功率光纤激光器几乎替代了进口产品。中国光纤激光器巨头武汉雷克斯光纤激光器技术有限公司已经实现了泵浦源、光纤组合器、激光器等核心组件的独立生产。

### 2.2.3 激光器产业专利态势

激光器专利截止检索日检索 135823 条，合并专利号后为 108114 件。从全球激光器专利申请和转让趋势图中看出，申请量逐年上涨，1983 年破千，此后申请量逐年走高，2019 年达到峰值 4779 件，2021 年 3054 件，转让量从 80 年之前个位数、两位数，到 81 年之后破百，2007 年破千，也呈逐年上升趋势，两者对比发现，专利的应用和运用维持在较低水平。

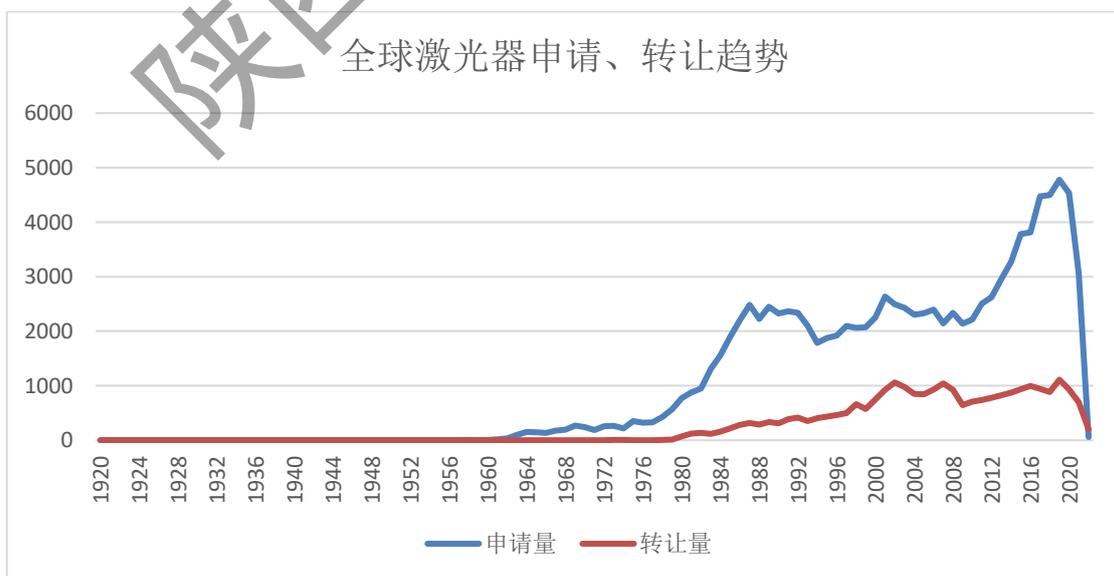


图 2-12 全球激光器申请、转让、趋势图

## 陕西省光子产业专利导航

许可量从 2001 年开始，零星年份有许可事件发生，但大都是个位数，许可市场不太活跃。

激光器的应用是另一个蓬勃发展的市场。工业激光器继传统的气体、固体激光器之后，光纤激光器、半导体激光器、超短脉冲激光器等新型激光器开始迅速发展起来。如半导体激光器，现在的应用范围已经覆盖了整个光电子学领域，在激光测距、激光雷达、自动控制、检测仪器等方面获得了广泛应用，并形成了广阔的市场空间。光纤激光器在工业加工领域也具有多方面的优势，与传统的 CO<sub>2</sub> 激光器和固态激光器相比，光纤激光器体积更小、效率更高、成本更低。在汽车和造船等行业中，结构紧凑、使用方便的高功率光纤激光器具有巨大的市场潜力。

从区域重点技术分布来看，为了方便我们看清楚激光器专利布局情况，我们对激光器领域申请前三的中国、美国和日本、在激光器领域布局的专利进行了分析：



图 2-13 美国在激光器领域专利地图

通过上图我们可以清楚地看到美国在激光器专利领域的布局比较全面，整体技术发展比较集中，相关专利的衍生性好，外围专利布局不多。主要集中在激光加工技术领域，具体为激光系统、激光脉冲、激光二极管驱动电路等技术领域。

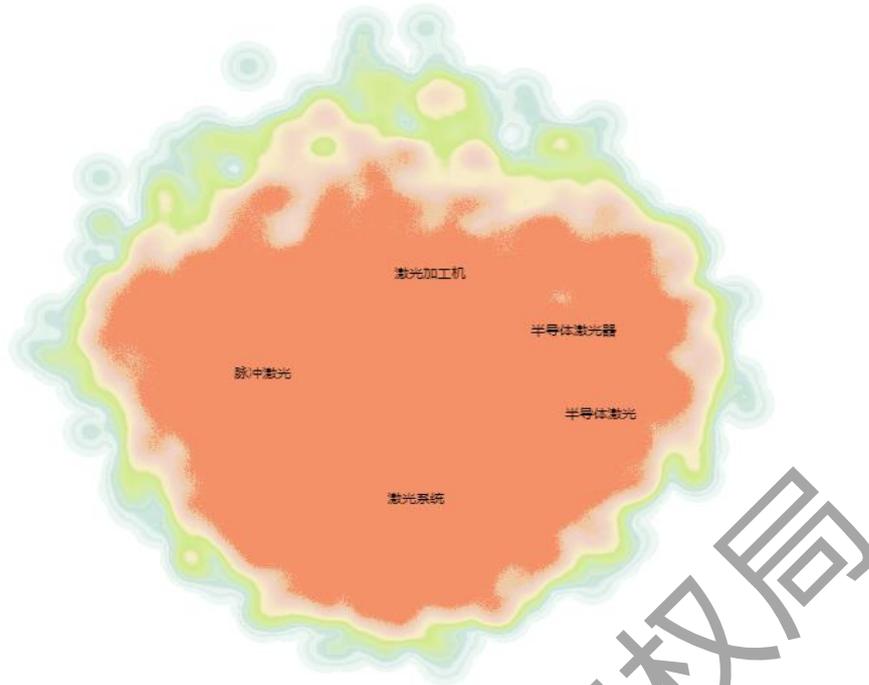


图 2-14 日本在激光器领域专利地图

日本在激光器领域的专利布局则更优化，整个专利地图基本呈圆形，说明日本在激光器这一领域起步较早，整体布局比较全面。可以看到日本在激光加工领域进行着一些探索，也形成了一些专利族，这也从侧面说明了激光加工领域正在成为一个热门发展领域。



图 2-15 中国在激光器领域专利地图

## 陕西省光子产业专利导航

中国激光技术研究起步较早，可以说差不多和国际上同步展开。1957年，我国老一辈光学专家王大珩等在长春建立了我国第一所光学专业研究所——中国科学院长春光学精密仪器机械研究所。1958年美国物理学家肖洛、汤斯关于激光原理的著名文章发表不久，王大珩便积极倡导开展激光技术研究，在短时间内凝聚了富有创新精神的中青年研究队伍，提出了大量提高光源亮度、单色性、相干性的设想和实验方案。1960年世界上第一台激光器问世。仅在一年之后，1961年夏，在王之江先生主持下，我国第一台红宝石激光器研制成功，此后短短几年内，激光技术迅速发展，产生了一批先进成果，各种类型的固体、气体、半导体和化学激光器相继研制成功。1963年，邓锡铭等研制成我国第一台 He-Ne 激光器；王福熹等验证出我国第一台掺钕玻璃激光器；王守武等研制成我国第一台 GaAs 同质结半导体激光器。1964年，脉冲 Ar 离子激光器研制成功。1965年，CO<sub>2</sub> 分子激光器研制成功。在基础研究和关键技术方面，一系列新概念、新方法和新技术（如腔的 Q 突变及转镜调 Q、行波放大、铯系离子的利用、自由电子振荡辐射等）纷纷提出并获得实施，其中不少具有独创性。作为具有高亮度、高方向性、高质量等优异特性的新光源，激光很快应用于各技术领域，显示出强大的生命力和竞争力。通信方面，1964年9月用激光演示传送电视图像，1964年11月实现 3-30 公里通话。工业方面，1965年5月激光打孔机成功地用于拉丝模打孔生产，获得显著经济效益。医学方面，1965年激光视网膜焊接器进行了动物和临床试验。国防方面，1965年12月研制成功激光器漫反射测距机，1966年4月研制出遥控脉冲激光多普勒测速仪。改革开放后，激光技术的发展再次受到重视，在多项国家级战略性科技计划中激光技术和光子技术都被列为重要研究项目，代表性成果有：激光跟踪测距、“神光”系列惯性约束聚变（ICF）激光驱动器、新型激光器等。1979年，我国开始了光存储技术研究。我国激光技术经过多年努力，在技术研究方面获得重大突破，成为我国科学界最活跃的领域之一。激光产业也从无到有，发展势头良好，激光产业是一个系统工程，我国激光技术理论研究实力较强，但产业化生产配套工程的技术和工艺水平不高，相关的支撑性和辅助性工业较弱，资本市场不活跃，再加上研究项目过于依赖科研院所，缺乏大量企业接投入，种种因素制约了激光产业的发展。

中国在激光器领域的专利布局相对来说较弱一点，尤其是在激光基础技术领域，如光源、脉冲、振荡器等这些发展较早的领域中国只是布局了比较分散的一些专利。在其他大功率激光器、多波激光器、微片激光器等领域已经形成了相对较好

# 陕西省光子产业专利导航

的专利布局。

从专利有效率（获得授权的专利中，处于有效状态的专利所占比例，以发明、实用新型公告版本为基准计算，计算公式为：有效率=有效专利数量/授权专利数量\*100%）分析，2012年之前，有效率一直处于50%以下，从2013年开始，专利有效率超过60%，2021年出现了峰值100%。说明近十年中国激光器专利维持情况优秀，专利质量较高。

表 2-2 激光器发展历程中比较典型的专利分析

标题	申请号	申请日	IPC 主分类	引证次数	被引证次数
光电倍增管	DK44645D	1930-11-28			
发光放电管中的改进	GB2909169	1929-03-21	H01J61/00		
导电材料、器件及其制造方法	US02568190	1944-12-14	B28B7/00	1	17
激光器	BE0611921	1961-12-22	H05H		
或涉及激光器装置中的改进	GB6432773	1962-7-24	H01S3/06		
半导体激光器结构	US04248380	1962-12-31	H01L21/00	11	32
具有负电阻特性的固态发光二极管	US04326114	1963-11-26	H01L21/00	5	16
电致发光装置	GB6443681	1964-10-27	H01L21/00		5
或涉及气体中的改进放电红外激光器包括一调谐部件	GB6644469	1966-10-5	H01S3/034		1
气体激光器	GB6944778	1969-9-10	H01S3/02		1
双异质结激光器	US05033705	1970-5-1	H01S3/18	3	42
锁相远红外激光器	US3689851D	1970-10-20	H01R3/00	1	4
高效率钼玻璃激光器	US3755757D	1972-6-23	H01S3/16	1	7
离子注入结激光器及其制造方法	US05469137	1974-5-13	H01L21/265	3	15
利用外延生长和选择扩散制备注入激光器	US05891886	1978-3-30	H01L21/225	11	14
具有用于透光构件支撑和焊接装置的半导体激光器装置	US06259157	1981-4-30	H01L23/02	12	66
密封激光器	US06567094	1983-12-30	H01S3/03	2	17
具有掺杂杂质量子阱有源区的半导体激光器	US06888073	1986-7-22	H01S3/19	10	14
磷化铟/砷化铟镓掩埋异质结半导体激光器的制备方法	US07583409	1990-9-14	H01L21/20	18	95
包括镓-铝砷化合物半导体激光器件	US07871913	1992-4-21	H01S3/19	4	37
具有耦合腔半导体激光器件	US07927822	1992-8-10	H01S3/19	12	31
皮秒调Q微激光器	US08106229	1993-8-13	H01S3/10	8	84
具有连续渐变垂直腔面发射激光器	US08346559	1994-11-29	H01S3/08	8	90

## 陕西省光子产业专利导航

标题	申请号	申请日	IPC 主分类	引证次数	被引证次数
具有选择性 IILD 的热处理的含磷或砷半导体激光器	US08368676	1995-1-4	H01L21/20	6	47
钝化垂直腔面发射激光器	US08682473	1996-7-17	H01S3/19	2	51
单片垂直腔面发射激光器及谐振腔光探测器收发器	US08736803	1996-10-25	H01S3/19	36	189
倍频光纤激光器	US08811183	1997-3-4	H01S3/30	15	56
具有电流限制的垂直腔面发射激光器的制造	US08843116	1997-4-28	H01L21/20	3	111
具有倍频谐振腔的超快激光器	US08858494	1997-5-19	H01S3/081	5	62
包层泵浦光纤激光器	US08908258	1997-8-7	H01S3/30	4	63
具有氧化层的长波长垂直腔面发射激光器及其制造方法	US08912940	1997-8-15	H01S3/19	2	51
具有用于自动功率控制的光检测器的长波长垂直腔面发射激光器及其制造方法	US08912605	1997-8-18	H01S3/19	5	68
具有与其一体形成的相关电子元件的半导体激光器	US08921935	1997-8-27	H01S5/206	18	55
具有用于光限制和电隔离的天然氧化物的独立可寻址激光器阵列	US08924030	1997-8-29	H01S3/085	5	42
具有设置在有源区和衬底之间的改进的氮化铝镓包覆层的氮化镓基半导体激光器	US08989858	1997-12-12	H01S3/19	2	62
具有抑制裂纹等缺陷的包覆层的 III-V 族氮化物激光器件	US09151792	1998-9-11	H10I5/00	5	87
使用埋置布拉格反射器的垂直腔面发射激光器(VCSEL)及其制造方法	US09243184	1999-2-2	H01L21/00	4	29
使用能够发射包括两个或多个波长分量的激光束的光纤激光器的激光辐射装置	US09389749	1999-9-7	H01S3/30	18	16
具有不稳定谐振腔的空间相干表面发射光栅耦合量子级联激光器	US09854800	2001-5-14	H01S3/08	14	193
使用 VCSEL 激光器阵列的通信波导抽运增益波导折射率反导光纤激光器	US10885533	2004-6-30	H04B10/00	33	36
	US11937771	2007-11-9	H01S3/30	3	7
无源锁模光纤的过程的自动化飞秒脉冲激光器	KR10201001 19979	2010-11-29	H01S3/098	4	2
配置在图案化衬底上含氮化镓的激光器件	US14317846	2014-6-27	H01S5/02	195	8
折叠光学耦合多芯固体激光器	US14720097	2015-5-22	H01S3/11	4	3
具有横向模式滤波器的硅基 III-V 混合激光器件	US15466323	2017-3-22	H01S5/00	7	9

## 陕西省光子产业专利导航

通过对上表可以清楚地了解到，在激光器产品从光电倍增管到发光放电管，再到电子放电装置、光电单元、气体激光器、氦氖激光器、有机染料激光器、光学激光器等多功能方向发展。

### 2.2.4 激光器产业发展趋势

从 2014 年看，很明显激光行业正在不断发展。关键驱动因素是消费电子设备和中国的产量增加。光纤激光器，LIDAR 激光器和 VCSEL 是领先的技术。自 2016 年以来最大的行业是激光材料加工，其次是通信行业。该行业的四位领导者：相干（美国），大族激光（中国），IPG Photonics（美国）和通快（德国）在 2017 年的表现都好于预期，每家收入超过 10 亿美元并且显著增长。

相干将增长归功于微电子行业，尤其是与 OLED 相关的行业，和罗芬的收购，医疗设备领域的销售以及航空航天和国防市场的增长。大族激光还通过收购加拿大光纤供应商来增加其收入，现在占有全球光纤激光器应用端的近 17%。IPG Photonics 2017 年的收入增长了 10%，因为它们正在接管材料加工市场（切割，焊接和 3D 打印技术），总收入超过 10 亿欧元。通快也增长了 10% 以上，达到创纪录的近 30 亿欧元收入。他们将这种增长归功于过去几年全球经济增长。

从设备及其制造中使用的技术的角度来看，消费电子产品也是近年增长的主要原因。例如，对于任何智能手机的制造，基于激光的工艺用于玻璃切割，雕刻或电路板处理。此外，智能手机使用 OLED 屏幕，部分使用激光制造，甚至是带有 VCSEL 的新型 3D 传感器。激光在我们的日常生活中越来越普遍。从我们使用的东西的制造，各种各样的传感器，医疗应用到农业和娱乐。

日本老牌军工企业实力强劲。欧美“混血”企业表现亮眼。以美国通用电气公司为例，作为世界第 27 大企业，在 2021 年位居胡润世界 500 强第 130 位，其经营产业包括电子工业、能源、运输工业、航空航天、医疗与金融服务等，业务遍及世界 100 多个国家。与其他公司经营战略不同的是，通用电气公司采用不断并购的方式来进行商业版图的扩充。在其创立后的 80 多年中，以各种方式吞并了国内外许多企业，攫取了许多企业的股份，1939 年国内所辖工厂只有三十几家，1947 年就增加到 125 家，到 1976 年底，它在 24 个国家共拥有 113 家制造厂，成为了一个庞大的跨国公司。通用电气公司并购案例中最典型的就是对法国阿尔斯通公

司的并购：2014年4月通用公司和阿尔斯通达成协议，以123.5亿欧元的价格收购其发电和电网业务。由于公司战略的不同，通用公司自身对于研发新技术的积极性不如其他企业，更多是采用并购其他公司的研发部门的方式来提高自身的研发水平。

### 2.3 传感器产业专利态势与产业发展

光子型传感器自二十世纪五十年代问世以来，由于具有高探测率、响应快的优势，技术上得到了快速的发展，最早的光子型传感器是单元及线性阵列结构，属于第一代技术、其采用扫描系统进行成像。由于基于线性阵列的扫描红外成像系统比较复杂，总体性能较低，因此，很快光子型传感器就发展到了第二代，即凝视焦平面防其设置二维阵列红外传感器，并利用与阵列集成在一起的线路完成电子扫描，获取成像的速度与第一代相比，具有巨大的提升。然而，第二代光子型传感器的总体性能仍然跟不上蓬勃发展的应用需要，因此，产生了第三代更高性能传感器，其所具有的更高性能包括多波段探测、大规格成像、更小像素间距、甚长波探测、更高工作温度等。其中，多波段光子型传感器是第三代光子型传感器的典型代表，其通过对多个波长同时探测，能够提供比单波长红外传感器更高的灵敏度。

光子型传感器技术上的上述发展带动了其产业的发展，而光子型传感器产业的发展本质上是军用和民用需求牵引和推动的过程。早期，军事领域的需求例如制导、侦察、搜索、预警、探测、跟踪等推动了红外传感器在探测率、响应率、信噪比、可靠性等性能方面持续发展。20世纪70年代以后，电力在线检测、铁路车辆轴温探测、矿产资源勘探、环境监测和农作物监测等民用需求急剧增长，军用光子技术逐步向民用部门转化，这推动了传感器往低成本、低功耗、小体积、小质量、便携性等方向的发展。军事领域和民用领域的应用使得传感器渐渐成为军民两用技术，也使得军民融合成为驱动传感器产业发展的核心动力。在美国、法国等发达国家，军民融合在传感器领域已有范例，一方面是“军转民”，就是将军用传感器技术转向民用，另一方面是“民参军”，即民营主体参与传感器军工市场，而这种军民融合的策略也使得这些发达国家在传感器领域继续保持领先。然而在我国，光子型传感器技术主要由军工背景或军工导向的科研院所研发和掌握，一方面，这些光子型传感器基本用于军事领域，另一方面，民营主体基本不参与军用光子型传感器。这导致了我国光子型传感器技术发展落后，目前主要处在第二代、与国外目前

## 陕西省光子产业专利导航

所处的第三代存在较大的差距。

基于光子型传感器在技术和产业上的上述现状，为了帮助国内红外传感器企业在技术研发上有所突破、在产业发展模式上有所创新，本章在对光子型红外传感器总体申请态势和市场布局进行分析的基础上，对详细分析了其技术演进、市场布局以及功效分布，重点分析了重要申请人申请策略以及对我国的启示。传感器专利截止检索日检索 11520 条，合并专利号后为 9569 件。从全球传感器专利申请和转让趋势图中看出，申请量逐年上涨，转让量从 81 年个位数，到 95 年两位数，再到 12 年的三位数，也呈逐年上升趋势，但两者对比发现，专利的应用和运用还是维持在较低水平。

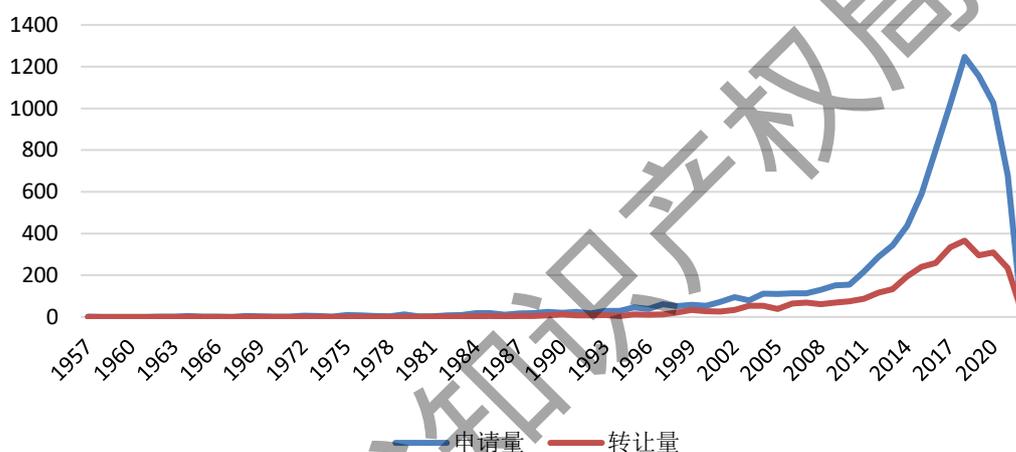


图 2-16 全球传感器申请、转让、许可趋势图

许可量从 2009 年开始，零星年份有许可事件发生，但大都是个位数，市场运用不太活跃。

全球传感器领域的发展可分为三个阶段：

一、萌芽期（1957 年 - 1983 年）传感器专利技术最早出现在 1957 年美国，为极化分析传感器，通过将物质放置在偏振器和分析器之间，并且对于偏振器的偏振轴位于其中的两个参考位置，光电测量从分析器出射的光束的强度，来确定物质的光学旋转并且分析器以已知的相反符号的角度倾斜。之后，传感器的技术研究主要集中在对于激光系统、传感器的材料、扫描技术等，这一时期，技术更新缓慢，相关企业较少，年申请量在个位数徘徊。

二、发展期（1984 年 - 2003 年）1984 年，名为热集成的激光 FLIR 测距仪，该激光发射器用于发射波长与能量收集透镜系统的光带通兼容的激光能量，由此激光返回能量由能量收集透镜系统收集以供能量检测装置检测，以及用于根据激

## 陕西省光子产业专利导航

光发射信息和激光返回信息确定测距信息的装置，激光在测距领域初步尝试，由于传感技术领域长足进步，传感器在这一时期申请量也有较好表现，年申请量已是两位数。

三、增长期（2004年－2016年）随着医疗领域需求不断增加，传感器在医疗领域不断尝试，题为单室膝关节成形术的外科导航系统和方法，该专利使用传感器上显示的图像来评估关节的性能，从此，激光在医学领域应用日益广泛，医疗传感器的性能继续完善和发展，这一时期，专利年申请量由一百件增至八百件。

四、上升期（2016－今）这一时期，传感器领域相关的各项技术在不断发展的同时，中国的专利申请量也逐渐大幅增加，华南理工大学、华为技术有限公司、大连理工大学、深圳市大疆创新科技有限公司等这一时期也提出大量申请，总体来看高校在此时期表现亮眼。说明在世界传感器技术稳步发展的同时，我国传感器水平也在不断提高。

中国传感器专利截至检索日共申请 4416 条，合并申请号后 3665 件。中国从 1989 年申请第一件专利开始，2004 年突破两位数，2013 年突破三位数，专利申请逐年上涨，2020 年达到峰值 628 件，近年申请量一直维持在较高水平。转让始于 2002 年，2017 年之前年转让量为个位数，之后年转让量逐年增长，2021 年增至 50 件，初步分析近五年该领域专利运用较活跃，比较申请和转让趋势，我国在专利运用水平低于全球专利运用水平。

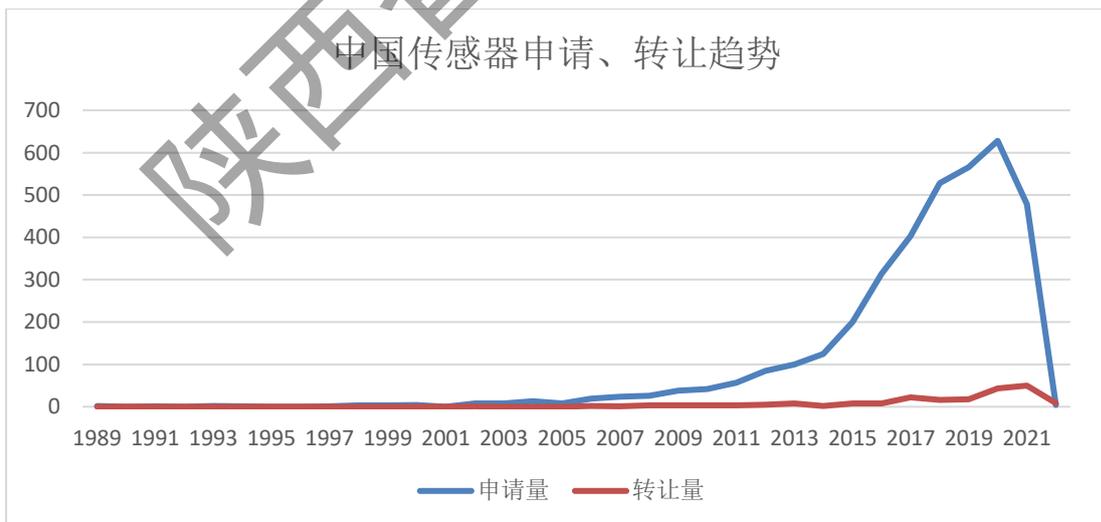


图 2-17 中国传感器申请、转让趋势图

中国传感器专利许可量从 2009 年开始，零星年份有许可事件发生，但大都是个位数，市场运用不太活跃，这一点和全球呈现相同发展水平。

## 陕西省光子产业专利导航

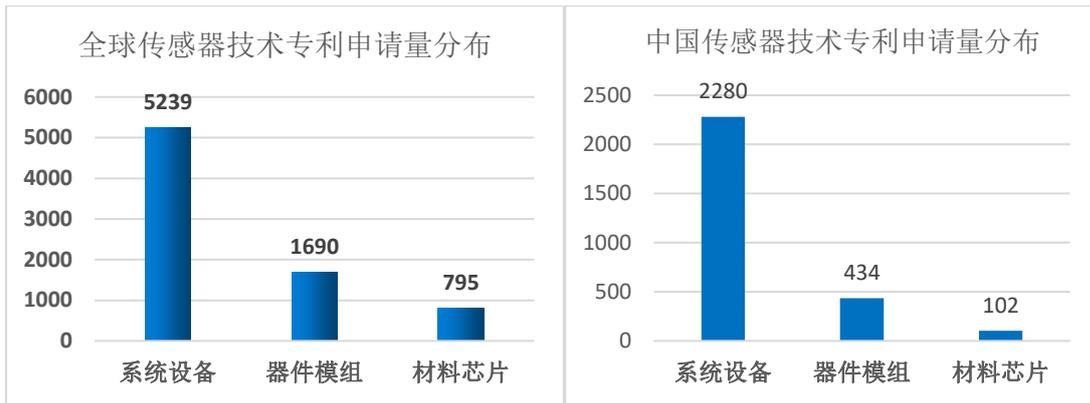


图 2-18、19 全球、中国传感器专利申请分布

从传感器专利技术分布来分析，该产业主要分布在系统设备、器件模组两个技术领域，全球和中国技术极其相似，我国在该领域和世界技术申请趋势一致，研发重点和方向趋同。



图 2-20 全球传感器技术专利分布

从区域重点技术分布来看，为了方便我们看清楚传感器专利布局情况，我们对传感器领域申请前三的中国、美国和日本在传感器领域布局的专利进行了分析：

# 陕西省光子产业专利导航

## 传感器专利运营最活跃的一件专利

**专利申请号:** US20060098899A1

**专利名称:** 从打印在纸上的文档和显示在动态显示设备上的文档中捕获文本的手持设备

**技术要点:**一种用于捕获呈现文本的设备。包括一个或多个视觉传感器，视觉传感器接收作为捕获渲染文本的一部分的视觉信息。视觉传感器共同能够捕获永久打印在页面上的文本和暂时显示在动态设备上的文本。装置还包括用于处理由所述视觉传感器接收的视觉信息的视觉信息处理子系统还包括承载所述视觉传感器和视觉信息配置子系统的包装，并且适合于被握持在人的手中。

**转让信息:**该专利分别于 20051110、20051116、20051120、20110105、20170929、20210716 转让给荷兰、美国和日本的不同转让人，转让原因有更名、权益人权益转让等。

**技术特点:**从技术先进性分析，该专利及其同族专利在全球被引用 316 次，先进性好，涉及 6 个 IPC 小组，应用领域广泛，研发人员投入 4 人。在 39 个国家/组织/地区申请专利布局。技术先进性良好。

从专利有效率（获得授权的专利中，处于有效状态的专利所占比例，以发明、实用新型公告版本为基准计算，计算公式为：有效率=有效专利数量/授权专利数量\*100%）分析，2012 年之前，有效率一直处于 50%以下，从 2013 年开始，专利有效率超过 60%，2021 年出现了峰值 100%。说明近十年中国激光器专利维持情况优秀，专利质量较高。

表 2-3 传感器专利授权、有效情况

申请年	授权的专利总数量	有效专利数量	有效率
2012	64	29	45.31%
2013	76	48	63.16%
2014	93	76	81.72%
2015	152	117	76.97%
2016	206	163	79.13%
2017	214	190	88.79%
2018	265	240	90.57%
2019	262	248	94.66%
2020	275	272	98.91%
2021	130	130	100%

# 陕西省光子产业专利导航

## 传感器专利维持时间较长一件专利

**专利申请号:** CN1251126C

**专利名称:** 检测铁路货物车辆装载超限的二维激光扫描方法

**技术要点:** 该方法采用二维激光扫描技术，通过多台传感器的组合，来测量得到铁路货车车辆及货物的全断面轮廓数据。在同一坐标系下，将车辆及货物的轮廓数据与限界数据进行对比，不仅可以判断车辆及货物超限与否，还可以进一步提供具体的超限部位、超限等级以及超限数值。在铁路线路允许的空间内布置两台或多台采用二维激光扫描技术的激光传感器，使激光扫描区域覆盖铁路车辆的侧面和顶部，当车辆通过时就可以测量得到车辆以及装载货物侧面及顶部全断面轮廓上点的坐标，比较车辆轮廓上各点坐标与规定限界值之间的大小，来判断车辆及货物是否超过允许限界。

**技术特点:** 该专利已维持 18 年之久，该专利从技术稳定性分析，有效的发明专利，稳定性好，并且无诉讼行为发生，也未发生过质押保全，申请人未提出过复审请求，未被申请无效宣告；从技术先进性分析，该专利及其同族专利在全球被引用 14 次，先进性较好，研发人员投入 8 人，未发生许可，曾发生转让。

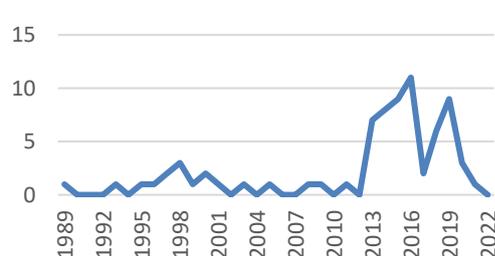
全球传感器专利申请人排名



苹果



三星



## 陕西省光子产业专利导航

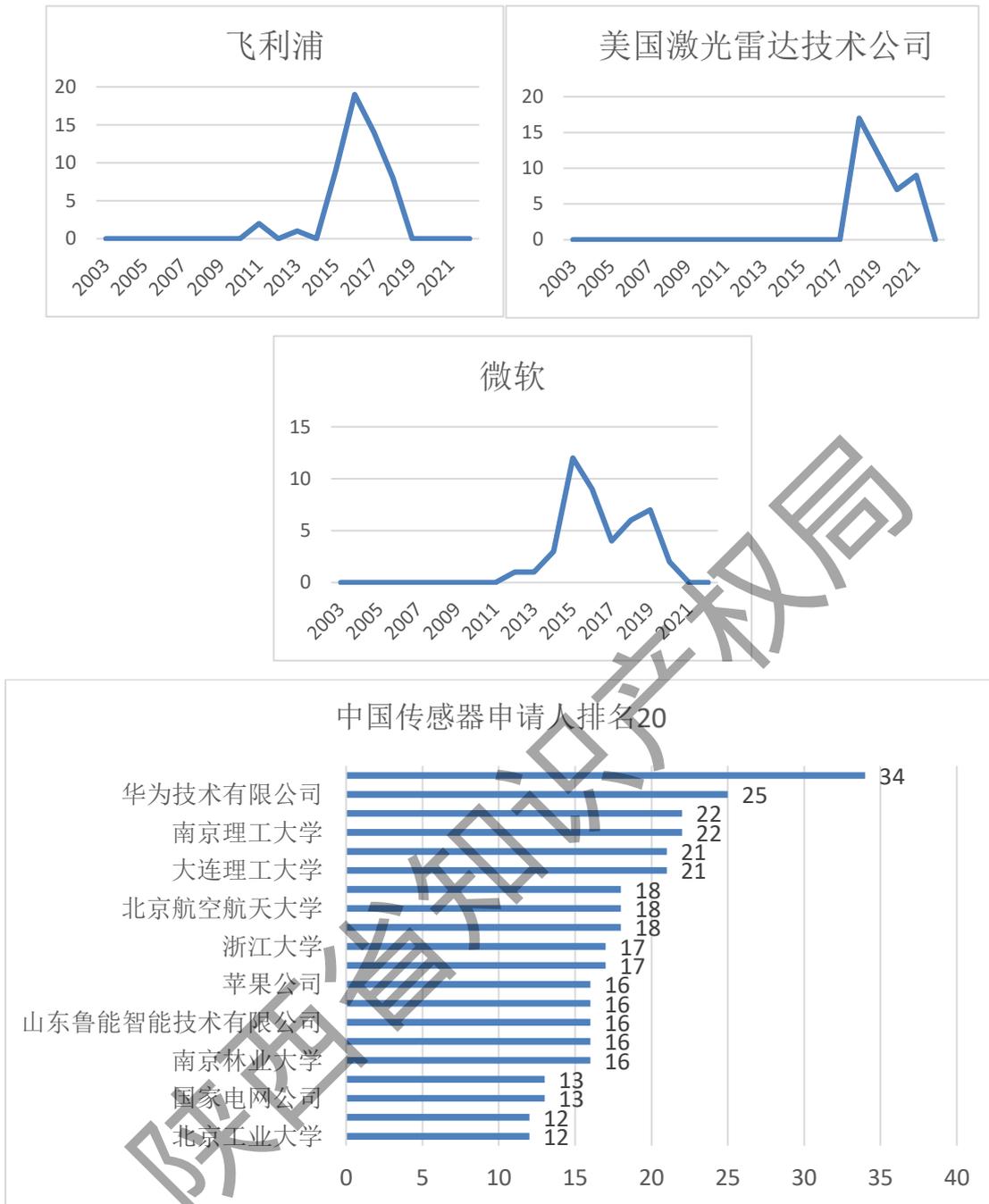


图 2-20、21、22、23、24、25、26 全球中国重点申请人及排名情况

下游应用领域的发展是驱动光电传感器发展的重要因素，无人驾驶、无人机和无触点手势识别技术被列入《未来的 100 项突破性创新》中。尽管成熟度均有所欠缺，但他们的重要地位和地位都不容小觑。

(一) 无人驾驶技术广泛应用的主要障碍之一是传感器的相对成本和复杂性。如果希望运载人类，它必须以一种直观和清晰的方式与他们交流。这意味着为车辆配备专门用于乘客分析的内部传感器（光学成像识别系统），这也是光电传感器的未来发展方向。

(二)无人机的研究一直专注于提高信息收集能力,使无人机更加精确以及制造能够识别和攻击个体的微型无人机。另外,感知能力是评判无人机性能的重要指标,为此开发利用多波长激光远距离分析物质的传感器能够可靠地探测到提供关键任务数据的爆炸物。

未来随着物联网技术的发展和普及,光电传感器应用将渗透到人类生活的方方面面。随着光电传感器应用领域的不断扩大,借助半导体的蒸镀技术、扩散技术、光刻技术、精密微加工及组装技术等,使多种敏感元件整合在同一基板上成为可能。终端应用的集成化要求,推动了多功能化传感器的发展。

通过比较可以得知,我国光子传感器企业应重视技术研发和专利申请,相关科研单位也应注意科技成果的顺利转化,真正实现产研相结合,将技术创新作为生产发展的推动力;此外,也要重视国外相关企业在中国的专利布局。在企业发展思路方面,我国企业可以向行业内占据优势地位的企业学习,不仅要研究其技术发展路线,为国内技术创新提供参考,也要学习其技术发展思路,密切关注科技创新,积极推动技术发展;不仅要与相关科研单位紧密合作,也要与同行领先企业合并重组,不断推动技术融合发展,从而使自身技术和制造水平一直属于领先地位。在企业发展过程中,相关科研单位也应技术参与,一方面有利于科研成果的及时转化,另一方面也可以利用企业在设备、资金方面的优势推动科研水平的提高。

## 2.4 光子专利重点创新主体与光子产业分布

### 2.4.1 重点创新主体分析

#### 一、全球创新主体

企业是产业发展的重要加速器。当前,光子产业发展形势抢眼,创新和应用成果不断涌现。为此,本节以专利信息为入口,通过指标筛选并辅以背景调研,找出光子产业的龙头企业、示范企业和新兴企业。龙头企业是指对行业内其他企业具有深远影响、一般指行业领袖或行业冠军级企业。通过对全球范围内光子技术领域企业的专利申请量、同族被引用专利数进行统计分析,锁定产业的龙头企业。目前光子产业全球排名前15的龙头企业分布在日本(10家)、德国(1家)、韩国(2家)、美国(2家)。光子产业的专业性特点决定了光子相关企业具有市场集中度高,不同领域同质化、专业化竞争的特征,龙头企业充分利用专利布局抢占技术制高点,控制着核心技术和产品市场,专利实力与企业的市场竞争地位相一致。

## 陕西省光子产业专利导航

表 2-4 光子产业全球龙头企业 TOP15

申请人	申请数量	涉及领域
日本-NEC	16279	芯片
日本-日立有限公司	13419	器件
日本-富士通有限公司	13250	显示器
韩国-三星电子有限公司	12510	芯片组件系统
韩国-海力士半导体公司	12185	器件
日本-三菱电机公司	11164	设备
日本-东芝公司	10832	设备
日本-索尼公司	8713	器件设备
日本-松下电器工业有限公司	8699	器件芯片
日本-精工爱普生公司	7916	器件设备
日本-佳能 KK	6407	器件设备
美国-IBM	5927	芯片
德国-西门子公司	5329	器件系统
日本-夏普 KK	4891	系统设备
美国-国际商业机器公司	4455	器件

日本的光学产业建立于 100 多年前，始于 1906 年在东京的光学研究实验室。在第一次世界大战期间，日本人正在生产用于军事应用的光学器件，从那时起，各种研究和制造精密玻璃、过滤器、涂层、非球面，精密光学组件、电光学和许多其他产品开始增长。这些相同的集群开始进行激光研究，基于激光的材料加工和光刻。松下，奥林巴斯和佳能等技术和成长型公司是处于这些集群的核心，并为其技术进步开发了一个巨大的供应链。这些集群是日本经济的主要贡献者之一。日本公司是许多光子学领域的先驱，尤其是信息技术和显示领域。现在，总部设在日本的公司近一半的光电子产品正在海外生产，主要是在我国，这几乎占据了我国光电子产量的一半。十多年前，日本是光子学的主要生产国，其全球份额为 34%，不包括海外生产。虽然 2011 年这一份额缩减至 21%，而 2015 年的份额仅为 15% 左右。如果要包括海外生产，日本仍然是主要的生产商，2011 年占 40%，2015 年占 30%。

在过去的几年中，随着全球趋势，日本光电子产品在生产技术，测量和图像处理以及医疗技术和生命科学方面的增长。然而，日本在信息技术（输入/输出），光学元件和系统（光通信），通信，显示器和光伏发电方面的份额下降。日本光电子产业在大多数光子学领域都有着令人印象深刻的足迹，如果包括海外生产，它仍然是全球光子学的明显领导者。尽管如此，中国正在以追赶超越的姿态，大力发展光子产业技术，未来有可能中日成为这一领域的领导者。

韩国光子技术得到迅速发展，拥有世界级水平的 LED 制造技术，ICT 基础设施等。同时，光产业作为韩国主要支柱产业中提高质量和功能的高附加值核心产业，

## 陕西省光子产业专利导航

因光融合产业市场的成长，迎来了新的增长机遇。因此，韩国为推进光子技术和光产业的发展，先后制定了《国家光技术路线图建设》《光融合技术综合发展计划》等国家层面的战略规划，以及发展光州市产业集群为代表的地方层面的战略规划，部署重点项目给予大力支持。韩国重点发展光融合技术与未来新市场，以及颁布《光融合产业振兴法》提供法律保障的做法经验，提出重视光子技术与光产业发展的中长期规划与战略制定，光子技术与其他技术融合应用的产业发展，光子技术与光产业发展中的基础设施建设，以及推动对外依赖度高的核心技术国产化等。

欧洲公司通常在全球市场中占有很大的比重，特别是在与工业制造和医疗技术相关的领域。然而，数据相关的光子技术（信息，通信和显示）占据了世界光电子产业的 47% 的份额。在欧洲工业中，最普遍的领域是激光材料加工和光刻（占世界市场 50% 的份额）和测量和图像处理（占 35% 的份额）。其他全球成功的领域是医疗技术和生命科学（占 28% 的份额），光学元件和系统（占 32% 的份额），照明（占 25%）和国防与安全（占全球市场份额的 26%）。从全球市场份额增长的角度来看，制造业领域的增长最为强劲——生产技术和光学测量与图像处理在 2011 年至 2015 年期间分别增长 4.9% 和 5.7%。在生产技术方面，最大的推动力来自激光材料加工（10.8%）。欧洲是激光和系统的主要生产地区。但是，总部位于北美的公司继续购买欧洲激光制造商。这不可避免地导致北美公司拥有的欧洲工业激光产品的很大一部分。

在光刻技术方面，荷兰 ASML 是全球主要的生产商。收入为 63 亿欧元，占欧洲光子产值的近 10%。ASML 是微光刻领域的明显市场领导者，而日本公司主导着用于制造显示器的光刻系统市场。增长强劲（超过 10%）的产品部门是制药和生物技术行业的内窥镜，治疗激光系统和分析系统。有趣的是，在内窥镜组中，主导公司是奥林巴斯。欧洲的总产量为 96 亿欧元——占全球市场份额的 28%，第二位是北美，占 27%，第三位是日本，占 22%。欧洲在内窥镜旁强大的细分市场是显微镜和眼科产品。

美国陆续出台对高科技技术的控制措施，包括采取出口管制或加征关税等系列手段。光子技术领域中光通信器件、光纤光缆、光显示、光探测、激光器等子领域受美国控制措施影响，相关产品或技术需要寻找替代方案。光子技术领域的竞争对手云集，市场竞争压力日趋加大，各技术方向都已聚焦了大量的国内外竞争对手。国外竞争对手主要来自美国、日本、韩国、德国等，其中美国在光子各领域均

## 陕西省光子产业专利导航

有领先公司，技术和产业实力强大，如英特尔、菲尼萨、英飞朗、康宁等企业：示范企业是指具备较强的市场竞争力，整体技术水平处于行业内领先地位，对区域内企业具有一定的影响力、号召力和引导作用的企业。通过对全球光子产业企业的综合发明专利占比及有效专利占比进行统计分析，锁定产业的实力企业。如下表所示，中国－中芯国际集成电路制造（上海）有限公司专利申请量最高，其次是美国－美光科技公司、日本－富士电气有限公司和日本－东京 SHIBAURA 电力公司。从技术活跃度角度来看，有 11 家企业申请发明专利占比超 80%，反映光子产业正处于蓬勃发展阶段且仍有极大的发展潜力。进一步对 15 家企业的背景进行调研分析发现，日本、美国、德国等国家的光子企业成立较早，有大量专利基础，依托雄厚的实力积淀，其发明专利申请占比较高，我国光子企业专利申请占比量较低。

表 2-5 光子产业全球示范企业 TOP15

申请人	申请量	发明专利占比
美国－应用材料公司	3802	60.32%
日本电报电话	3798	73.70%
日本电气公司	3780	73.12%
日本－奥基电气工业有限公司	3696	87.66%
日本－富士照相胶片有限公司	3276	72.79%
日本－尼康公司	2970	86.01%
美国－美光科技公司	2614	32.52%
韩国－LG 显示器有限公司	2491	61.97%
美国－先进微设备公司	2434	32.67%
日本－东京 SHIBAURA 电力公司	2305	66.85%
美国－飞利浦内华达州	2257	69.91%
日本－东芝 KK	2242	51.83%
日本－三洋电气公司	2220	83.75%
日本－住友电气工业	2199	75.34%
美国－德克萨斯仪器公司	2176	37.44%

### 二、国内创新主体

#### （一）国内光子产业发展情况：

华东、华中、华南地区集中国内了约 80%的光子产业，华东地区的长三角占比最大，超过 200 亿元，华中地区因为武汉光谷的带领，约有 200 亿规模，华南地区主要集中在珠三角，规模近百亿。2015 年以来，“制造强国”、《“十三五”国家科技创新规划》、《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》、《“十三五”国家信息化规划》等国家战略规划均将光电子技术作为重要方向进行布局。科技部布局国家重点研发计划“增材制造与激光制造”重点专项，推动超快激光精密制造技术及装备等关键技术突破。2021 年，“信息光子技术”被列为“十四五”国家重点研发计划

## 陕西省光子产业专利导航

重点专项。国家自然科学基金委从信息器件、信息光学与光电子器件、激光技术与技术光学等方面支持光子技术原始创新。

北京市将光子产业列入“十四五”规划，正在筹建北京光子创新研究院，建设北京光子创新平台。上海市 2017 年将硅光子与硬 X 射线自由电子激光作为首批市级科技重大专项予以支持，着力形成完整的硅基光互连芯片产业链，打造世界级硅光子基地。重庆市与中国电科于 2018 年联合建设 UMEC（微电子中心），打造 8 英寸和 12 英寸高端特色工艺集成电路制造中试平台、集成电路协同设计平台、异质异构三维集成封装平台。总之，在政策的导向下，光子产业领域的新兴企业表现出高度的研发热情。

新兴企业是指拥有自主知识产权的核心技术、知名品牌，进入行业晚但在市场竞争中具有优势和持续发展能力的企业。通过对国内各企业近五年的发明占比、有效占比进行筛选分析，锁定产业的新进企业。进一步地，通过对新进企业的背景进行分析调研，可以发现这些新进企业背后大多有强大的研发资金或强大的科研团队支持。例如，

表 2-6 光子产业中国新兴企业 TOP10

申请人	申请量	发明申请占比	有效占比	技术领域
中芯国际集成电路制造（上海）有限公司	2140	56.89%	71.97%	材料芯片
上海华力微电子有限公司	1213	67.20%	65.42%	器件
京东方科技集团股份有限公司	1122	60.41%	67.31%	器件
上海华虹NEC电子有限公司	1004	72.67%	70.02%	材料器件
上海华虹宏力半导体制造有限公司	897	50.62%	73.73%	器件
上海宏力半导体制造有限公司	424	84.60%	50.60%	材料器件
中芯国际集成电路制造（北京）有限公司	418	48.78%	70.44%	器件
上海微电子装备有限公司	366	57.76%	91.09%	系统设备
旺宏电子股份有限公司	341	55.48%	36.88%	材料器件
长江存储科技有限责任公司	334	64.34%	71.12%	器件系统

### （二）中芯国际集成电路制造有限公司

该公司于 2000 年 4 月 3 日根据开曼群岛法例注册成立。2004 年 3 月 18 日于香港联合交易所主板上。2020 年 7 月 16 日在上海证券交易所科创板鸣锣上市。中芯国际控股有限公司注册成立于 2015 年 7 月 28 日，是中国内地规模大、技术先进的集成电路芯片制造企业。中芯国际主要业务是根据客户本身或第三者的集成电路设计为客户制造集成电路芯片。中芯国际是纯商业性集成电路代工厂，提供

## 陕西省光子产业专利导航

0.35 微米到 14 纳米制程工艺设计和制造服务。荣获《半导体国际》杂志颁发的 2003 年度最佳半导体厂奖项。2020 年 7 月，2020 年《财富》中国 500 强排行榜发布，中芯国际集成电路制造有限公司排名第 427 位。2021 年 8 月，2021 年《财富》中国 500 强排行榜发布，中芯国际集成电路制造有限公司排名第 382 位。

中芯国际向全球客户提供 0.35 微米到 45/40 纳米芯片代工与技术服务。除了中芯国际高端的制造能力之外，为客户提供全方位的晶圆代工解决方案，从光罩制造、IP 研发及后段辅助设计服务到外包服务（包含凸块服务、晶圆片探测，以及最终的封装、终测等）。全面一体的晶圆代工解决方案务求能最有效缩短产品上市时间，同时最大降低成本。公司与世界级设计服务、智能模块、标准单元库以及 EDA 工具提供商建立了合作伙伴关系，为客户提供广泛且高灵活度的设计支持。公司装备了大陆最先进的光掩膜生产线，技术能力跨越 0.5 微米到 45 纳米。测试服务则针对逻辑电路、存储器、混合信号电路等多种芯片。为了更好地服务全球客户，中芯国际还在美国、欧洲、日本和台湾地区提供客户服务和设立营销办事处。

值得一提的是，中芯国际集成电路制造有限公司发展目标为“成为世界一流的专业芯片代工公司”，从拥有专利方面分析，专利有效性来看，有效专利占比 63.04%；失效专利占比 33.14%；审中占比 3.82%。从专利法律事件来看，转让 496 件，许可 3 件，复审决定 68 件，权利人变更 1 件。从被引证国别看，中国 1360 次，美国 174 次，世界知识产权组织 126 次，中国台湾 25 次，日本 4 次，韩国 4 次，俄罗斯 3 次，欧洲专利局 2 次，英国 1 次。从应用领域来看，新一代信息技术产业占比 99.8%，新材料产业占比 2.3%。

表2-7 中芯国际集成电路制造有限公司光子技术代表专利解析表

公开(公告)号	专利标题	技术要点
CN1635413A	硅基液晶显示装置的金属反射层的制作方法	在硅晶片基底上完成内部驱动电路、绝缘层，然后沉积金属反射层、复合阻挡保护层
CN1716550A	用于高电压操作的金属氧化物半导体器件及其制造方法	半导体衬底内部的阱区以及一个在阱区内部的双扩散漏极区，一个栅电介质层覆盖在表面区域之上。以20伏特以上的电压表征高电压器件具有的高电压半导体器件击穿电压。
CN1635627A	利用注入晶片的注入机的低能量剂量监测	监测晶片由结晶材料制成。将多个粒子引入材料的某个深度之中，其中多个粒子导致结晶材料成为非晶态。利用注入工具将多个掺杂物粒子引入非晶态的结晶材料的所选择的深度。非晶态捕获掺杂物粒子。

## 陕西省光子产业专利导航

公开(公告)号	专利标题	技术要点
CN1612312A	一种离子布植制程的监控方法	用于监控低能量(布植能量小于10KeV)杂质的布植,包含下列步骤:使用低温制程在该离子布植层上覆盖一层遮蔽层;高温快速回火处理;及测量组件参数。
CN1921086A	应变CMOS的集成制作方法	在形成多晶硅栅极导电结构以及间隔层以后,光刻胶保护PMOS的多晶硅栅极和NMOS区域,对PMOS的源漏进行硅凹陷刻蚀,去除光刻胶层之后去除电介质层,进行后续的制程。
CN1979811A	用于制造集成电路的电容器器件的方法与结构	表面区上具有中间电介质层。中间电介质层具有上下表面。器件在中间电介质层中具有容器结构。
CN1870247A	一种改进深沟槽DRAM钨金属位线的CMP工艺窗的方法	通过在M0位线接触窗填充材料凹陷刻蚀阶段同时移除多晶硅层,解决了在深沟槽DRAM的内连线制作过程中在(M0)位线钨金属的化学机械研磨(CMP)之后随机产生多晶硅残留,影响钨金属研磨工艺窗的问题。
CN1941329A	用于CMOS技术的应变感应迁移率增强纳米器件及工艺	该CMOS器件包括NMOS器件、PMOS器件,在源极区和漏极区中形成硅锆材料。硅锆材料使沟道区处于压缩模式。
CN101153969A	硅基液晶显示装置反射镜面的制作方法	在金属层上形成氧化铝层;在氧化铝层上沉积硅氧化物层;在硅氧化物层表面沉积抗反射层;在抗反射层上形成图案化光阻层;以光阻层为掩膜,蚀刻穿透抗反射层、硅氧化物层、氧化铅层以及金属层,露出硅基底。
CN101051612A	硅化金属阻止区的形成方法及半导体器件的制造方法	在半导体基底上形成图形化的电介质层和多晶硅层;形成硅化金属阻止层;对该硅化金属阻止层进行曝光、显影,形成打开区和阻止区;
CN101123271A	半导体器件及其制造方法	本发明结合钴硅化物工艺和镍硅化物工艺各自的优势,将镍的硅化工艺很好地用于65nm以下工艺节点,在保证栅极表面利用镍硅化物形成高可靠的金属接触层的同时,最大程度地降低在源/漏区形成钉轧(sprinking)的风险。
CN101106078A	形成纳米单晶硅的方法和非挥发性半导体存储器制造方法	在半导体基体上形成富硅介质薄膜层;将硅离子植入富硅介质薄膜层;对半导体基体进行退火处理,在富硅介质薄膜层中形成纳米单晶硅。本发明还提供了含有纳米单晶硅浮栅的非挥发性半导体存储器的方法。
CN101038870A	半导体器件栅极结构的制造方法	本发明的半导体器件栅极结构的制造方法对于在65nm及以下的工艺节点精确控制栅极氧化层的厚度非常有效,刻蚀深度能够完美地停止在栅极氧化层表面而不会对有源区表面造成任何凹陷。
CN1941293A	用于半导体器件的使用预处理的材料原子层沉积的方法	该方法包括将氧化物引入到室中。包括处理半导体衬底的上表面,以去除一种或多种含碳物质并形成上覆于上表面的二氧化硅粒子膜。

## 陕西省光子产业专利导航

公开(公告)号	专利标题	技术要点
CN1635636A	用于将铜与金属-绝缘体-金属电容器结合的方法和结构	该器件在该多个层间连接开口的每一个中填有铜填充材料,以形成由上表面穿过刻蚀阻挡层延伸到铜金属层的多个铜结构。
CN1893028A	具有氧化物间隔层的应变源漏CMOS的集成方法	将以氧化物间隔层和多晶硅硬掩模为掩模的硅锗外延生长源漏的PMOS和具有硅碳外延生长源漏的NMOS的制作和安全去除硬掩模集成的方法。
CN101127304A	半导体器件的制造方法	本发明的方法省去了高温退火的步骤,利用后续积淀的温度对镍进行二次退火,既简化了制造工艺,又能够更好地控制整个镍硅化过程的热预算,防止了在高温热退火时硅化镍转变为高阻态导致接触电阻增大现象的发生。
CN101140869A	金属氧化物半导体器件的制造方法	本发明在所述栅极的侧壁形成侧壁保护层,该保护层起到了隔离腐蚀液与栅极的作用,从而避免了瓶颈现象的发生。
CN101197327A	SONOS快闪存储器的制作方法	本方法避免在介电层的侧壁以及介电层之间产生多晶硅残留,防止漏电流发生。

### (三) 上海华力微电子有限公司:

于 2010 年 1 月 18 日在成立。公司经营范围包括开发、设计、加工、制造和销售集成电路和相关产品等。2022 年 1 月 28 日,该企业技术中心入选 2021 年(第 28 批)新认定国家企业技术中心名单。隶属于华虹集团,作为行业内领先的集成电路芯片制造企业,华丽拥有先进的工艺制程和完备的解决方案,专注于为设计公司、IDM 公司及其他系统公司提供 65/55 纳米至 28/22 纳米不同技术节点的一站式芯片制造技术服务。华力建立了拥有自主知识产权的 65/55 纳米、40 纳米和 28/22 纳米逻辑工艺技术平台,并在此基础上延伸开发了射频、图像传感器、高压、超低功耗、嵌入式存储器等特色工艺技术,可以有效满足客户多元化需求。华力提供全方位的芯片制造服务,为客户提供丰富多元的 IP、设计服务、多项目晶圆服务、光罩服务和分析服务等专业技术支持,并依托自有的晶圆级芯片测试能力,以一站式服务满足客户的不同需求。全方位芯片制造解决方案可以有效缩短客户产品上市时间并降低成本。

## 陕西省光子产业专利导航

表2-8 上海华力微电子有限公司光子技术代表专利解析表

公开(公告)号	专利标题	技术要点
CN103579118A	静态随机存储器之写入冗余度改善的方法	步骤S1: 提供硅基衬底, 并形成浅沟槽隔离; 步骤S2: 形成NMOS器件和作为上拉晶体管的PMOS器件; 步骤S3: 在NMOS器件和作为上拉晶体管的PMOS器件之源极区和漏极区进行源漏注入, 并沉积氮化硅保护层; 步骤S4: 对NMOS器件和作为上拉晶体管的PMOS器件进行源漏退火工艺; 步骤S5: 刻蚀除去氮化硅保护层。
CN109461739A	一种改善SONOS存储器之多晶硅薄膜沉积特性的方法	步骤S1: 提供硅基衬底, 并形成SONOS区、选择栅极区、外围逻辑电路区, 且已形成高压栅氧化层、原位ONO层; 步骤S2: 刻蚀去除原位ONO层之阻挡氧化物层; 步骤S3: 采用ISSG法在原位ONO层的氮化硅层上沉积第一阻挡氧化物层; 步骤S4: 刻蚀去除位于选择栅极区和外围逻辑电路区处的第一阻挡氧化物层和氮化硅层; 步骤S5: 采用ISSG法在原位ONO层之第一阻挡氧化物层上沉积第二阻挡氧化物层; 步骤S6: 多晶硅薄膜沉积; 步骤S7: 多晶硅栅结构形成。
CN102412125A	一种制造高拉应力氮化硅薄膜的方法	先在硅基板上沉积一层第一氮化硅薄膜层, 利用等离子体对第一氮化硅薄膜层进行处理; 在第一氮化硅薄膜层之上沉积一层第二氮化硅薄膜层, 并再次用等离子体对第二氮化硅薄膜层进行处理; 对多层氮化硅薄膜层进行紫外光照射。
CN103077880A	一种处理铝焊垫上的氮化钛残留物的工艺方法	步骤一, 对未被光阻层所覆盖的阻挡层以及阻挡层下方的衬底与顶部金属阻挡层进行刻蚀, 直至刻蚀至金属层; 步骤二, 将光阻层完全移除; 步骤三, 进行氮化硅的沉积, 氮化硅覆盖于阻挡层、衬底侧壁顶部金属阻挡层侧壁以及金属层上表面; 步骤四, 在氮化硅上表面进行光阻层沉积, 并利用铝焊垫光刻的条件进行光阻的涂布和显影; 步骤五, 对未被光阻层所覆盖的氮化硅进行刻蚀; 步骤六, 进行光阻层去除; 步骤七, 进行化学清洗。
CN106449766A	SONOS 器件 以及 SONOS器件制造方法	包括: 硅衬底层、布置在硅衬底层上的隧穿氧化层、布置在隧穿氧化层上的第一氮化硅富硅层、布置在第一氮化硅富硅层上的氮化硅富氮层、布置在氮化硅富氮层上的第二氮化硅富硅层、布置在第二氮化硅富硅层上的阻挡氧化层、以及布置在阻挡氧化层上的多晶硅层; 其中, 第一氮化硅富硅层和第二氮化硅富硅层的硅含量高于氮化硅富氮层的硅含量; 而且第一氮化硅富硅层和第二氮化硅富硅层的氮含量低于氮化硅富氮层的氮含量。
CN102446743A	建立有源区氮化硅膜应用数据库的工艺方法	包括: 在每台不同型机台的基底层上生成氮化硅, 其中, 对基底层上生成的氮化硅进行薄膜的沉积自备, 在对已经进行过薄膜自备的氮化硅上进行刻蚀并形成沟槽, 并进行曝光, 对已所形成的沟槽进行填充物的填充, 在进行对氮化硅上的填充物进行化学研磨, 之后对氮化硅进行刻蚀, 并完全去除氮化硅。
CN102709178A	一种形成双应力层氮化硅薄膜的方法	包括下列步骤: 提供一种具有NMOS晶体管和PMOS晶体管的半导体衬底; 在所述半导体衬底上沉积一层第一氮化硅层; 在所述第一氮化硅层的表面沉积一层第二氮化硅层, 所述第二氮化硅层为掺杂有杂质元素的氮化硅层, 所述第一氮化硅层和所述第二氮化硅层组成高拉应力的氮化硅薄膜; 蚀刻所述PMOS晶体管表面, 去除所述PMOS

## 陕西省光子产业专利导航

公开(公告)号	专利标题	技术要点
		管表面的第一氮化硅层和第二氮化硅层；对所述半导体衬底进行快速热退火工艺；对所述NMOS晶体管进行刻蚀，去除NMOS晶体管表面的第一氮化硅层和第二氮化硅层。
CN106941104A	一种结合耐高压晶体管的电荷捕获型非易失存储器制作方法	在硅基衬底之有源区和浅沟槽隔离区沉积ONO层；在ONO层上沉积多晶硅层；在多晶硅层上沉积至少含氮化硅层的第一绝缘层；通过刻蚀形成控制栅，并去除存储区和外围区的多晶硅；在存储区之非控制区和外围区形成绝缘薄膜；在绝缘薄膜上沉积多晶硅；在多晶硅表面沉积包含氮化硅层的第二绝缘层；干法刻蚀第二绝缘层和多晶硅层以形成外围区栅极和存储区侧墙型栅极；透过第二绝缘层进行外围区离子注入；同步去除控制栅顶部之第一绝缘层的氮化硅层和外围区栅极顶部之第二绝缘层的氮化硅层。
CN107845636A	一种Flash晶圆的制作方法	S01：制备含有存储区、逻辑区和电容区的Flash晶圆，并对其上表面进行平坦化；S02：对逻辑区和电容区中的浅沟槽填充氧化硅高度进行调整；S03：在上述Flash晶圆上表面依次沉积氮化硅层和氧化硅层，并依次去除存储区上表面、逻辑区和电容区浮栅上表面的氧化硅层和氮化硅层；S04：对存储区和电容区中的浅沟槽填充氧化硅高度进行调整，使其不同；S05：在上述Flash晶圆表面沉积层间介质层；S06：采用光罩保护存储区和电容区，去除逻辑区中剩余部分，得到具有不同浅沟槽填充氧化硅高度的存储区、逻辑区和电容区。
CN102437197A	一种新型的两位SONOS存储单元结构及其制备方法	存储器包括硅基底、隧穿氧化硅层、氮化硅存储介质层、氧化硅层和多晶硅层，隧穿氧化硅层覆于硅基底上，氮化硅存储介质层覆于隧穿氧化硅层上，氧化硅层覆于氮化硅存储介质层上，多晶硅层覆于氧化硅层上，其中，还包括凹槽，凹槽位于所述氧化硅层表面。

### (四) 京东方科技集团股份有限公司

京东方科技集团股份有限公司 (BOE) 创立于 1993 年 4 月, 是一家为信息交互和人类健康提供智慧端口产品和服务的物联网公司。核心事业包括端口器件、智慧物联和智慧医工。

端口器件产品广泛应用于手机、平板电脑、笔记本电脑、显示器、电视、车载、可穿戴设备等领域; 智慧物联为新零售、交通、金融、教育、艺术、医疗等领域, 搭建物联网平台, 提供“硬件产品+软件平台+场景应用”整体解决方案; 在智慧医工领域, 京东方通过移动健康管理平台和数字化医院为用户提供了全面的健康服务。

2019 年 BOE (京东方) 全球排名跃升至第 13 位, 连续 4 年在 IFITOP50 榜单中实现排名与美国专利授权量双增长。世界知识产权组织 (WIPO) 发布 2019 年全球国际专利申请 (PCT) 情况, BOE (京东方) 以 1864 件 PCT 专利申请量位列全球第六。2020 年 7 月 7 日, 京东方获评“新财富最佳上市公司”。10 月 15 日, 京东方) 上榜 BrandZ 最具价值中国品牌 100 强榜单。2021 年 1 月 26 日强势上榜 BrandFinance2021 全球品牌价值 500 强。3 月 2 日世界知识产权组织发布专利申请榜单京东方位列全球第七。

目前, BOE (京东方) 在北京、成都、绵阳、合肥、鄂尔多斯、重庆、福州、武汉等地拥有 14 条半导体显示生产线, 其中包括全球首条最高世代一京东方合肥第 10.5 代 TFT-LCD 生产线及中国首条第 6 代柔性 AMOLED 生产线一京东方成都第 6 代柔性 AMOLED 生产线。此外, BOE (京东方) 子公司遍布美国、德国、英国、法国、瑞士、日本、韩国、新加坡、印度、俄罗斯、巴西、阿联酋等 19 个国家和地区, 服务体系覆盖欧、美、亚、非等全球主要地区。

京东方科技集团股份有限公司在氧化物半导体显示技术领域取得突破, 铜易扩散、易氧化、易钻刻等业界难题被京东方攻克。

2022 年 2 月冬奥会开幕式“雪花”形态主火炬台的整体硬件支撑和软件系统都由京东方自主研发设计, 主火炬台直径达 14.89 米, 由 96 块小雪花形态和 6 块橄榄枝形态的 LED 双面屏创意组成, 采用双面镂空设计, 嵌有 55 万余颗 LED 灯珠, 每一颗灯珠都由驱动芯片的单一信道独立控制。京东方团队通过 500 多张设计图纸和近 10 轮的制样, 研发出目前行业内发光面最窄的单像素可控异形显示产品, 充分呈现雪花的线条感和细腻的画面显示效果, 成功将导演组的艺术创意变为

## 陕西省光子产业专利导航

---

现实。开幕式的舞台地面是目前最大的 8K 超高清地面显示系统，京东方采用多个 8K+级分辨率的画面融合技术，超大规模的光学校正算法可对每个显示画面进行像素点级的光学校正，可呈现出 100000:1 超高对比度，3840Hz 超高刷新率，以及 29900x15096 超高分辨率的超高清绚丽画面。京东方作为国内主要显示屏龙头企业，专利实力强大，占据这一领域冠军位置。

陕西省知识产权局

## 陕西省光子产业专利导航

表 2-9 京东方科技集团股份有限公司光子技术代表专利解析表

公开(公告)号	专利标题	技术要点
CN106681054A	背光模组、空间光调制器、全息显示装置及其显示方法	该背光模组可同时避免当多个子空间调制器采用同一再现光源而导致的观看效果不良以及当多个子空间调制器采用不同的可独立控制的光源时光源的开关导致的功率不稳定而导致的全息图像效果较差等问题。
CN108962959A	一种有机发光显示面板及显示装置	在各光学探测组背离衬底基板的一侧设置偏光组件，每一个光学探测组均对应着一部分偏光组件，而每个光学探测组所对应的部分偏光组件均具有设定的偏振化方向，只有满足其偏振化方向的线偏振光才能通过这部分偏光组件。
CN106547169A	一种光刻胶涂布装置	包括：喷嘴、光电探测器、光学元件，以及控制器；发明利用干涉原理，实现了根据光刻胶厚度的均匀性实时调整光刻胶的涂布状态，避免光刻胶的厚度出现大的波动。
CN109491155B	一种显示面板及其制造方法、显示装置	包括：第一显示面板和设置在第一显示面板上方的第二显示面板，该显示面板还包括若干光学各向异性的阵列结构；阵列结构位于第一显示面板和第二显示面板之间，用于支撑第一显示面板和第二显示面板。提高显示面板的显示效果。
CN110634415A	一种显示装置	涉及显示技术领域，可以解决成像组件发出的光射向相邻光学元件，经相邻光学元件偏折进入人眼产生杂散光的问题。
CN111628035A	一种光电探测器及其制备方法	通过采用由宽禁带氧化物半导体材料与非晶硅材料形成的半导体异质结构，在 300 纳米至 650 纳米的波长范围内，都有较高的光吸收和电流转化效率，量子效率高；同时，通过在结界面中加入阻挡层结构，使得光电探测器在较大偏压与较高温度下的暗电流能保持稳定，探测准确性、稳定性远高于非晶硅同质结 PIN；并且制备工艺与现有 TFT 背板兼容，具有制作成本低、易于工艺实现、生产效率高和良品率高等优点。
CN207781619U	一种光电探测器	与现有的光电探测器相比，增加了位于光吸收层入光侧的第一光学滤光层和光谱转化层，以及位于光吸收层背面的第二光学滤光层。因此可以在不需要增加光吸收层的厚度的基础上，明显提高光电探测器的响应度。
CN108573983A	光学探测器及其制备方法、指纹识别传感器、显示装置	探测器包括：依次层叠设置的第一电极、光电转换层、第二电极、第一绝缘层和第三电极的层叠结构；光学探测器还包括：有源层、栅绝缘层和栅极；本发明可以提高光学探测器的感光区面积，从而提高光学探测器的灵敏。
CN104111548A	用于阵列基板检测设备的光学系统及阵列基板检测设备	利用偏光片只能透过单方向矢量光波，反射光经过液晶旋光性作用影响光波方向矢量，再通过偏光片过滤光波，从而使光强探测器接收到的好坏像素的反射光强差异增大，从而使检测标准设定容易，降低假不良的产生，很好分辨好坏像素，提升检出率，为提升产品品质提供改善方向。
CN105116614A	一种背光模组的组装治具及组装方法	用以提高背光模组的组装效率及组装良品率。以预设的倾斜角度将所述一组光学元件的凸起结构嵌入到背板的凹槽结构中，然后将一组光学元件平放在背板上，使其与背板完全贴合。
CN205827015U	一种光学器件及显示装	通过打开所述光源，能够控制所述光学元件对透过的光线进行调整，增大或减小光照区域，从而将所述光学器

## 陕西省光子产业专利导航

公开(公告)号	专利标题	技术要点
	置	件设置在显示面板的显示侧时, 就能够达到增大或减小显示视角的目的。而且通过光控来切换显示视角的大小, 具有灵敏度高、控制简单的优点, 能够快速切换。
CN108550610A	显示面板、其指纹识别方法、其程序解锁方法及显示装置	在曲面显示区包括: 衬底基板, 在衬底基板一侧依次设置的发光器件和保护盖板; 发光器件与衬底基板之间设置有多个光学探测器; 曲面显示区内发光器件的出光侧具有用于会聚光线的光学结构; 光学探测器用于在手指接触显示面板的曲面显示区时, 接收发光器件入射到手指后反射的光线。
CN103994399A	光补偿件、遮光胶带、背光模组及显示装置	光补偿件位于光学元件的边缘的上方, 其包括第一侧面, 第一侧面朝向光学元件的出光面; 且第一侧面上设有至少一个凹槽; 凹槽的表面能够将射至凹槽的光线汇聚并反射向光学元件的出光面上亮度较低的区域。可以对光学元件的出光面上亮度较低的区域进行补偿, 增强光学元件的出光面上亮度较低的区域亮度, 使光学元件的出光面上各区域的亮度均匀。
CN106785817A	一种光学设备及准分子激光退火系统	由于光源的出射光在经过光学系统后垂直入射至透明窗口, 因此由透明窗口反射回光学系统的反射光可以按入射光的反方向原路返回, 从而使得反射光在经过光源和/或光学系统中的光学镜片的反射后重新向透明窗口出射的光线的传播方向与原出射光线相同, 由此可将透明窗口的反射光重新作为出射光线, 提高了最终到达透明窗口的光线的能量密度, 有效降低了透明窗口对光源能量的衰减, 节省能源。
CN106940486A	一种显示装置及其显示方法	其中, 显示装置包括: 光学器件, 根据所述图像数据调整每一光学单元的透光率和/或折射率。本发明的技术方案能够实现全息图像的动态显示。
CN110095834A	背光源、背光源制作方法和显示装置	显示面板提供光源; 包括发光源; 及设置于发光源的发光面一侧, 用于将发光源所发射的光线均匀出射至显示面板的光学元件。本发明的有益效果是: 导光板和所述光学膜材中的至少一个为玻璃材质, 增强背光源物理强度, 避免在高温状态下导光板和/或光学膜材发生褶皱, 提高产品信赖性。

## 陕西省光子产业专利导航

### 三、其他创新主体

光子技术各个细分产业的主要创新主体除专利检索出的重点企业外，还包括在行业影响巨大，但专利获取主要不以申请为主的创新主体，经过行业调研和资料搜集，研究者发现主要集中在美国、日本、韩国、德国等，其中美国的重要创新主体最多，且在光子领域各细分行业均有分布，可见其技术和产业实力强大。另外，英特尔、菲尼萨、英飞朗、康宁等企业在光子领域多个行业中表现不俗。

上游材料与芯片技术领域美国技术力量雄厚，Acaicia（阿卡西亚）公司研发领域主要将 DSPASIC 和 SiliconPIC 整合到同一硅基芯片上，较好地提高了集成度，相关模组即插即用，更容易部署，使用成本低廉，在信号处理芯片和硅光芯片拥有大量知识产权；美国 IBM 公司成功将硅光子芯片集成到与 CPU 相同的封装尺寸，同年展示了完全整合的分波多工 CMOS 硅光子芯片，该全整合式分波多任务 CMOS 光子芯片，内含四个独立的发射通道，有四个不同波长的 25Gbps 收发器信道，利用芯片上的分波多任务器进行结合或分开；美国（Finisar）菲尼萨公司在光模块和光子集成芯片领域积累深厚，长期致力于光模块的低成本、高密度、低功耗技术开发；美国康宁作为特殊材料制造商，主要生产特殊玻璃材料和陶瓷材料，广泛应用于高科技消费电子、电信、生命科学、移动排放控制领域。康宁公司发明制造了玻璃灯泡（1879 年）、电视显像管（1947 年），并制造出世界第一根光纤（1970 年）；美国 SiFotonics 发布 2.5Gb/s 速率的接收器单片集成芯片 TP1001。

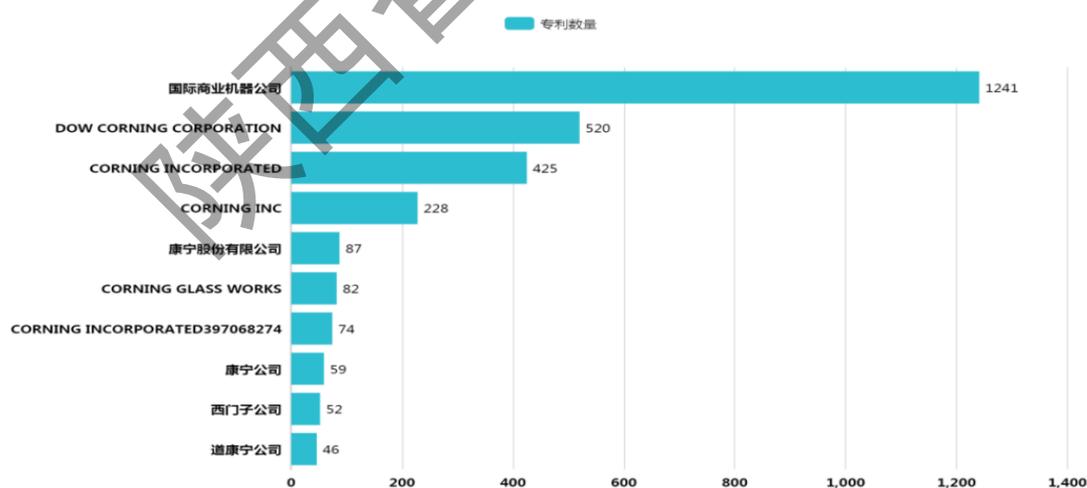


图 2-27 国外上游材料与芯片技术领域创新主体专利布局情况

中游器件与模组技术领域美国苹果最早布局 3D 成像的公司，并购了多家相关企业，实现结构光产业的关键零组件的深度绑定，使其他品牌厂商难以完全复制；美国 LockheedMarti（洛克希德）公司是全球排名第一的军用红外热像仪；美

## 陕西省光子产业专利导航

国 Raytheon（雷神公司）全球排名第二的军用红外热像仪；美国 FLIR 全球规模最大、品种最齐全的民用红外热像仪供应商，市场占有率达 40%；美国 Kaim（凯姆）公司著名光器件公司，光集成技术领导者；美国英特尔（Intel）近年来在硅光集成技术领域积累了大量的产品生产经验，采用的 InP-Si 混合集成技术在封装方面具备突出优势，目前英特尔已经成为基于硅光子技术的第二大光收发器供应商，建立起全球首个集成激光器的端到端硅激光数据连接；德国英飞朗（Infinera）公司生产的磷化铟光子集成电路被用作智能传输网络平台中的区分组件；美国 Mellanox 和 Neo Photonics 公司合作开发激光器阵列，主要针对 100GPSM4 模块，用于数据中心收发器；德国 IPG 激光公司是全球最大光纤激光制造商，拥有国际领先水平的光纤激光研发中心。凭借其光纤激光器等先进技术，一直保持着较高增速。由于其纵向整合以及直销模式，近年毛利率约为 55%，90%左右的产品都销往激光材料加工市场、原始设备制造商（OEM）、系统集成商以及最终用户；英国 Thales Optronique（泰雷兹光电子公司）在激光行业有超过 30 年的经验，为客户提供设计、开发和制造高能量激光器和超强超短飞秒掺钛蓝宝石激光器。其激光器系列产品应用领域主要分为工业应用和科学应用；韩国韩华公司是世界上最大的光伏制造商之一，财富世界五百强企业，韩国的八强企业。拥有 5.7GW 电池和 5.7GW 太阳能组件的产能，是世界上最大的电池制造商，也是最大的太阳能组件供应商之一。

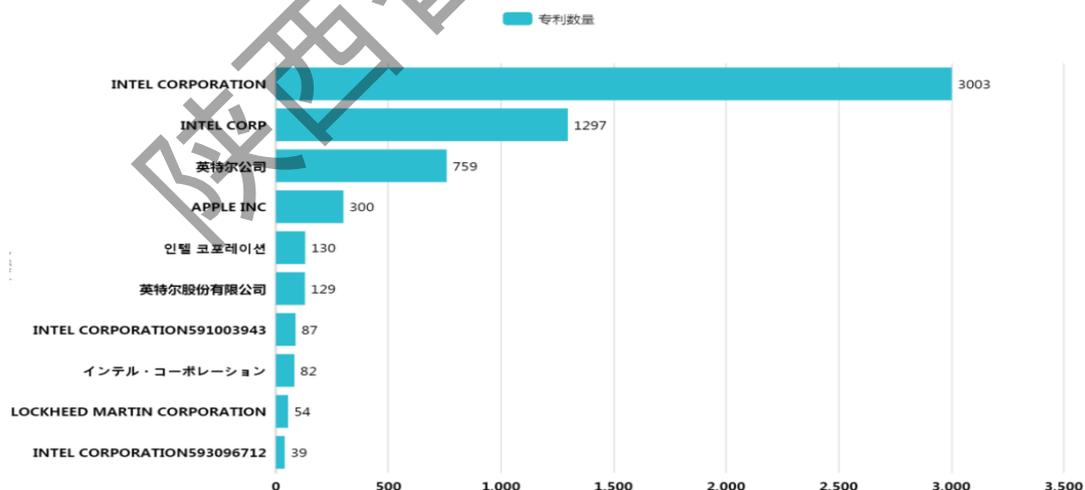


图 2-28 国外中游器件与模组技术领域创新主体专利布局情况

下游系统与设备技术领域，德国英飞朗（Infinera）主营光传输网络系统，是世界各地的一级和二级电信服务提供商、互联网内容提供商、有线电视运营商、批发和企业运营商、研究和教育机构以及政府实体服务提供商。其产品组合包括

## 陕西省光子产业专利导航

DTN-X 系列平台、InfineraDTN 平台、InfineraCloudXpress 平台、InfineraTM 系列、InfineraTG 系列和 InfineraATN 平台等，主要用于海底、长途传输和城域网络；美国 Ciena 公司是全球光网络领域的领军企业，近年来致力于光网络构架的升级并着手投入大量力量开拓数据中心互联领域；美国菲尼萨斯 (Finisar) 全球性的电信系统供应商，包括电信设备、电信软件、服务 (语音/视频/数据)。广泛服务于通信提供商、线缆运营商、政府和企业 (OLED 加工)、硅退火、激光冲击处理、激光消融等。科学应用领域，主要在电子和离子加速、等离子体物理、VUV-X 射线研究等领域；日本索尼推出光存储系统 Everspan，保证存储在光存储介质中的数据 100 年完好无损，克服磁带存储需要快进快退搜寻资料的缺点；美国英特尔 (Intel) 发布了采用硅光子技术的有源光缆 (AOC)，支持 Facebook 主导的数据中心行业标准，OpenComputeProject。宣布其硅光子模组 (100G 收发器) 正式投入商用，代表数据中心的铜线架构将快速被高速光纤的硅光架构取代；美国 FirstSolar 世界领先的太阳能光伏模块制造商之一，《MIT 科技评论》评选的 2016 年“全球 50 大创新公司”中的 3 家上榜能源公司之一。以低成本的薄膜半导体技术设计和制造太阳能电池板，同时还建造太阳能发电厂，为各类设施提供能源；韩国三星 OLED 面板制造、部分设备和材料领域全球领先膜技术的 5 倍。拥有自主知识产权的大型光伏系统，在全球 11 个国家已经建设和安装了超过 500 个大型电站，总装机容量达到 1.5GW，目前正在参与开发的电站总规模达到 5GW；美国康宁公司掌握光纤光缆行业中上游的光棒制造核心工艺；美国 Nufem 全球领先的有源光纤，光纤激光器和光纤放大器生产商，近期推出 30W 平均功率的 NuQ 工业级脉冲光纤打标激光器，采用了 Nufem 优化设计的掺镱光纤，具有“快启动”的特性，接通时间只需要 125  $\mu$ s，可以最大限度提高打标的生产能力；德国莱尼 (LEOIN) 世界上的电缆、铜线、线束系统供应商之一，主要从事工业应用定制化产品和解决方案的开发、制造及营销，服务于乘用车和商用车、通讯和基础设施、电气、导体和铜线解决方案等领域。

## 陕西省光子产业专利导航

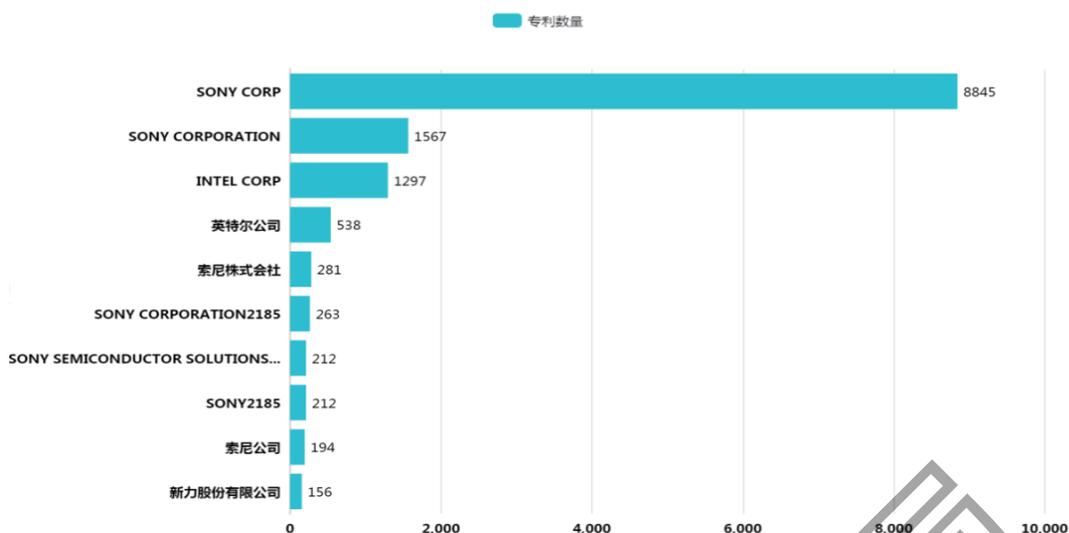


图 2-29 国外下游系统与设备技术领域创新主体光子产业相关专利布局情况

国内光子领域主要创新主体以军工集团为代表的国有企业和以中国科学院为代表的科研院所占据领先地位，近年来兴起的一些民营企业也表现不俗。在光探测之外的其他光子分支领域，重要创新主体主要为民营企业，其中华为、烽火通信、亨通光电等企业在多个分支领域中表现出色。

上游材料与芯片技术领域水晶光电公司主要研发精密光电薄膜、蓝宝石衬底、反光材料。红外截止滤光片、光学低通滤波器、窄带滤光片产品处于行业领先水平；保利协鑫能源控股有限公司是中国首家突破年产万吨级以上多晶硅产能和产量的企业，是全球最大多晶硅生产企业之一，也是全球硅片产能最大的企业。

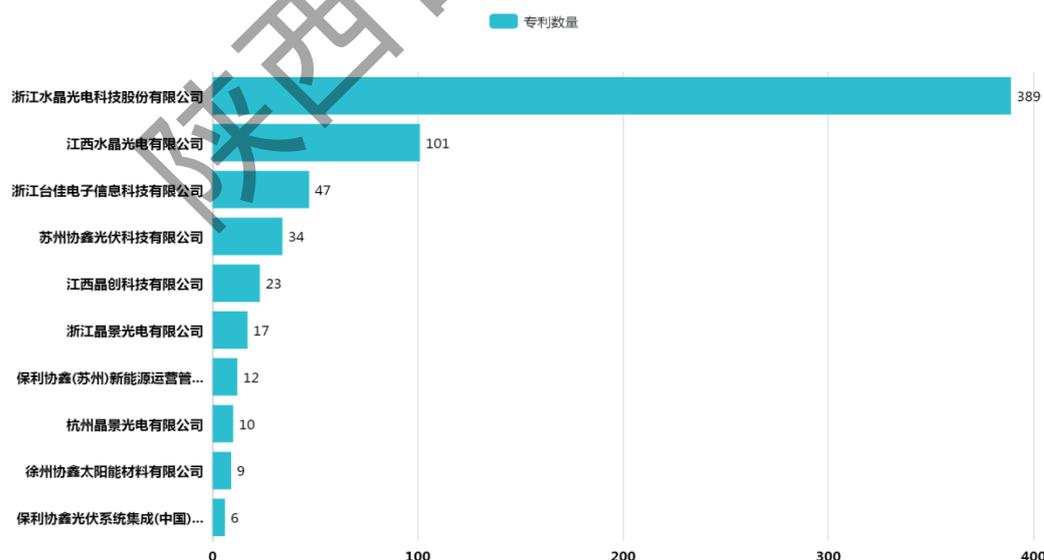


图 2-30 国内上游材料与芯片技术领域创新主体专利布局情况

中游器件与模组技术领域军工集团、中科院系科研院早年间光探测领域主导者，科技含量高，获得大量资金支持，拥有大批高端科研人才；高德红外全产业

## 陕西省光子产业专利导航

链布局最为完备，军品民品种类齐全。目前唯一具备武器系统总体科研生产资质的民营企业，红外装备行业巨头之一。在测温型红外热像仪方面居全球第四，是进入全球前五的唯一中国企业；久之洋实际控制人中国船舶集团公司，红外探测产品占比高，拥有制冷型和非制冷型红外探测设备生产能力易华录光磁融合云存储产品、D-BOX 行业数据服务一体机采用光磁一存储技术，成为数据湖产品核心组成；大立科技在非制冷红外焦平面探测器领域具备突出技术优势，军用领域产品主要应用于红外导引头和光电吊舱等领域；华为于 2018 年推出自研引擎 HUAWEIAREngine，宣告正式进军移动 AR 领域。该系统支持运动追踪、平面检测、光照估计和命中检测等功能。锐科激光率先实现国产高功率激光器量产突破，主要产品包括光纤激光器、连续光纤激光器、半导体激光器，是国内第一家专门从事光纤激光器及其核心器件的规模化生产企业，研发实力处于国内领先水平。

2019 年华为宣布正着眼于基础研究领域发起冲击，包括下一代存储技术的探索，华为在探索是否能使用 DNA 来存储信息；光迅科技主营业务为光电子器件的研究、开发、制造和技术服务。中国最大光通信器件供货商，目前中国唯一一家有能力对光电子器件进行系统性、战略性研究开发的高科技企业，中国光电子器件行业最具影响的实体之一；博创科技全球规模最大的平面波导（PLC）集成光器件制造商之一。基于 PLC 技术，实现了 PLC 光分路器、DWDM 器件、光有源器件等产品批量化生产，光分路器占全球市场份额 10%；凯普林从事高功率激光器件、激光系统研发及产业化，致力于高性能光纤耦合半导体激光器、光纤激光器、超快激光器等产品的开发与市场应用，产品覆盖可见光到近红外波段，输出功率涵盖毫瓦级至万瓦级，可提供高集成度的激光器件及系统；紫晶存储国内唯一具有自主知识产权、能产业化生产应用于商业大数据存储、档案级的蓝光存储蓝光介质的企业，实现了光存储介质核心技术自主可控，在国内具有领先地位。推出的以光存储为核心的融合存储解决方案，目前正在政务、互联网、医疗、金融、档案、能源、教育等多个行业，得到了广泛应用；华为紫光存储专注光存储介质技术为一次性记录蓝光存储，同时正在开展下一代全息光存储技术产业化应用研究；长江存储研发了新型 3DNAND 闪存结构 Xtacking，该技术将为 3DNAND 闪存带来接近 DDR4 内存水平的 I/O 接口速度，同时具有业界领先的存储密度；京东方国内显示屏龙头加速，近期发力布局柔性显示屏。在绵阳、重庆等地投资 465 亿建立柔性 AMOLED 产线；TCL 全球电视面板龙头企业，在 LTPS

## 陕西省光子产业专利导航

和 AMOLED 小尺寸面板均有布局，具备规模优势；华星光电在武汉建立 350 亿 AMOLED 产线，在深圳建立 427 亿 LCD 产线。

下游系统与设备技术领域华为光通信领域全球领先企业。全球最大的光传输设备厂家，从光传输开始起步。华为于 2014 年发布了 200G 光子集成方案，并已在全球建设超 200 个 100G 商用波分网络，引领光网络 100G 时代。研发的 7 纳米光通信芯片正式大规模商用，性能全球领先。成立于 2008 年的华为海洋主要从事全球特种海缆通信网络的建设，是全球第四大海底电缆工程公司。柏楚电子是从事激光切割控制系统的研发、生产和销售，是国家首批从事光纤激光切割成套控制系统开发的企业，致力于为激光加工提供稳定、高效的自动化控制解决方案。主营业务为激光切割设备制造商提供以激光切割控制系统为核心的各类自动化产品；中兴是全球领先的综合通信解决方案提供商。具有下一代光接入平台 TITAN、E-OTN 解决方案，以及智能管控平台 ZENICONE，全面覆盖光接入、光传输、智能管控等核心领域；亨通光电专注于光纤通信和电力传输领域，构筑形成光纤通信和量子通信全产业链及自主核心技术，进军海洋工程、量子保密通信、大数据等高端产品及新领域，形成“产品+运营+服务”全价值链；烽火通信信息通信领域设备与网络解决方案提供商，国家科技部认定的国内光通信领域唯一的“863”计划成果产业化基地、“武汉中国光谷”龙头企业之一。

掌握了大批光通信领域核心技术，参与制定国家标准和行业标准 200 多项。国家基础网络建设的主流供应商，产品类别涵盖光网络、宽带数据、光纤光缆三大系列，光传输设备和光缆占有率居全国首列；常州天合光能有限公司全球最大的光伏组件供应商和领先的系统集成商，已申请超过 1315 项太阳能光伏专利，其中 747 项获得授权。P 型单晶硅电池及 P 型多晶硅电池的实验室转换效率分别达到 22.61%和 21.25%；英利集团 1999 年承接国家第一个年产 3 兆瓦多晶硅太阳能电池及应用系统示范项目，是全球领先的太阳能光伏企业。英利申请 PCT 国际专利 13 项，中国专利 2056 项，由国家 863 计划支持自主开发的“熊猫”二代 MWT 高效太阳能电池生产效率达到 21.5%，发电量比常规组件高出 30%。在全球，已有超过 17 吉瓦的英利光伏组件为各类用户提供绿色电力，占全球总装机容量的 7% 左右。平均每年可发电 200 亿度；长飞光纤国内第一家拥有光纤预制棒生产能力的企业，目前也是全球最大的光纤预制棒、光纤、光缆供应商，形成了“棒纤缆”一体化完整产业链。亨通光电首个特种光纤工程中心——新一代光纤通信材料工

## 陕西省光子产业专利导航

程中心，总投资 1 亿元，年产 12 万芯公里特种光纤的能力；烽火通信 2017 年定增特种光纤产业化项目，总投资 2.47 亿元；中天科技 2016 年定增特种光纤系列产品产业化项目，总投资 5 亿元。

### 2.4.2 我国科研机构分析

数据显示，我国范围内光子产业专利申请量排名前10的科研机构中，有4家科研机构的申请量超500项，主要集中在北京、上海、吉林、福建和陕西。

表2-10 光子产业中国科研院所TOP10

申请人	申请量	发明申请占比	有效占比	技术领域
中国科学院半导体研究所	1312	64.41%	42.86%	系统器件
中国科学院上海光学精密机械研究所	802	54.08%	30.44%	器件
中国科学院微电子研究所	762	64.51%	62.92%	芯片器件
中国科学院长春光学精密机械与物理研究所	506	63.19%	40.70%	器件
中国科学院上海微系统与信息技术研究所	481	58.40%	55.60%	器件材料
中国科学院福建物质结构研究所	346	66.03%	37.82%	材料器件
中国科学院上海技术物理研究所	343	53.78%	45.17%	器件系统
中国科学院物理研究所	259	55.19%	32.66%	器件设备
中国科学院西安光学精密机械研究所	250	52.41%	38.86%	系统设备
中国工程物理研究院激光聚变研究中心	222	50.00%	31.75%	设备系统

从表中可以看出，各科研机构专利申请较活跃，发明申请占比均高于五成，专利有效性方面差距较为明显，有效占比最高的为中国科学院微电子研究所，超过六成，同时，各研究机构对关系产业的研究侧重有所不同，中游器件和下游系统设备领域研究较普遍，是大多数科研机构研究的重点方向，下面以中国科学院半导体研究所和中国科学院上海光学精密机械研究所为例进行具体分析。

#### 一、中国科学院半导体研究所

中国科学院半导体研究所于 1960 年成立，是中国国务院直属事业单位，是集半导体物理、材料、器件及其应用于一体的半导体科学技术的综合性研究机构。研究所主要的研究方向和领域有半导体物理、材料、器件、工艺、电路及其集成应用研究等。据 2016 年 9 月研究所官网显示，研究所拥有 14 个科研机构，与地方政府、科研机构、大学和企业等共建了 1 个院士工作站、3 个研发（转移）中心、9 个联合实验室；拥有 3 个博士后流动站，3 个一级学科博士培养点，包括 5

## 陕西省光子产业专利导航

个二级学科博士培养点；拥有 5 个二级学科硕士培养点，3 个专业学位硕士培养点；共有职工 690 余名，在学研究生近 600 名。2019 年，中国科学院半导体研究所牛智川研究员团队创新设计金属光栅侧向耦合分布反馈 (LC-DFB) 结构，成功实现了  $2\ \mu\text{m}$  波段高性能单模激光器，综合性能达到国际一流水平并突破国外高端激光器进口限制性能的规定条款。

截至 2012 年 3 月，中心具有各类环境模拟试验设备 30 余台(套)，有 Royce650 键合拉力与芯片剪切力测试仪、SM-105-MPAVEX 机械冲击台、TIRA 电磁变频振动台、WEB9051 离心机、UL1000 氮质谱检漏仪、EDA407 内部水汽检测仪、TE-05-70-WH 高低温（湿热）快速温度变化试验箱、内引线拉力、芯片剪切应力测试仪、PIND4511L 颗粒碰撞噪声检测仪、充氮充氮氟油加压检漏装置、离心机、电动振动试验系统、冲击台、盐雾腐蚀试验箱、高温试验箱、高低温试验箱、高低温交变湿热试验箱、氮质谱检漏仪等设备，可依据 GJB548B、GJB128A、GJB360A、GB/T2423 等试验方法标准的要求开展相关试验，试验项目包括机械冲击、振动、恒定加速度、耐湿、盐雾、芯片剪切、键合拉力、粒子碰撞噪声 (PIND)、粗细检漏以及高低温循环、贮存、老练、寿命、热冲击等，并提供相应的试验报告及数据。

据研究所官网显示，研究所拥有 2 个国家级研究中心、3 个国家重点实验室、2 个院级实验室（中心）；设有半导体集成技术工程研究中心、光电子研究发展中心、高速电路与神经网络实验室、纳米光电子实验室、光电系统实验室、全固态光源实验室、元器件检测中心和半导体能源研究发展中心；科学技术部和国家外国专家局批准成立“国家级国际联合研究中心”。

拥有国家级研究中心：国家光电子工艺中心、光电子器件国家工程研究中心。  
国家重点实验室：半导体超晶格国家重点实验室、集成光电子学国家重点联合实验室、表面物理国家重点实验室（半导体所区）

同时，还具有研发（转移）中心：苏州中科半导体集成技术研发中心、扬州中科半导体照明研发中心。

联合实验室：中国科学院半导体所—纳川电子集成技术联合实验室、西安交通大学—中国科学院半导体研究所信息功能材料与器件联合实验室、中国科学院半导体所—四川九洲光电科技有限公司共建联合实验室、中国科学院半导体研究所—迅捷光电联合实验室、中国科学院半导体研究所—天津信息传感与智能控制

## 陕西省光子产业专利导航

产学研联合实验室、扬州中科半导体照明有限公司—中科院半导体所联合实验室、中国科学院半导体研究所—北京航星网讯技术股份有限公司联合实验室、中国科学院半导体研究所—江苏领世激光科技有限公司联合实验室、深圳市威富安防有限公司—中国科学院半导体研究所认知计算技术联合实验室。

### 二、中国科学院上海光学精密机械研究所

中国科学院上海光学精密机械研究所（简称中科院上海光机所）是中国建立最早、规模最大的激光专业研究所，成立于 1964 年，已发展成为以探索现代光学重大基础及应用基础前沿研究、发展大型激光工程技术并开拓激光与光电子高技术应用为重点的综合性研究所。

中国科学院上海光学精密机械研究所重点学科领域为：强激光技术、强场物理与强光光学、空间激光与时频技术、信息光学、量子光学、激光与光电子器件、光学材料等。

官网显示，研究所设 8 个实验室，拥有国家重点实验室 1 个，“中科院—中物院”联合实验室 1 个，中科院重点实验室 4 个，上海市重点实验室 1 个，合作共建研究机构 3 个。拥有国家重点实验室：强场激光物理国家重点实验室。拥有中科院重点实验室：中科院量子光学重点实验室、中科院空间激光通信及检验技术重点实验室、中科院强激光材料重点实验室、中科院高功率激光物理重点实验室。拥有上海市重点实验室：上海市全国态激光器与应用技术重点实验室。

表 2-11 合作共建研究机构

研究机构	时间	合作共建研究机构
中韩高能量密度激光物理联合研究中心	2010 年	韩国原子能研究所
上海光机所南京先进激光技术研究院	2012 年	南京经济技术开发区
中日 SIOM-RIKEN 联合实验室	2013 年	日本理化研究所

国际交流：2014 年，中国科学院上海光学精密机械研究所中以合作项目（NLFSytem）进展顺利，2014 年进入工程实施阶段。科技部在 2014 年 12 月 29 日修订版《中以创新合作三年行动计划》（2015-2017）（草案）已经将“中以高功率激光工程联合研究中心”纳入两国政府间合作声明。与白俄罗斯、意大利、韩国的国际科技合作项目进展顺利。2014 年，我所相继成功主办“第一届国际高功率激光科学与工程学术研讨会”、“第五届成丝国际会议”、“第十三届多光子过程国际会议”等 6 个较大规模国际学术会议。2 位中国科学院“外国专家特聘研究员”来所开展科技合作。李儒新研究员当选美国光学学会（OSA）会士（Fellow）。

## 陕西省光子产业专利导航

院地合作：2014年，中国科学院上海光学精密机械研究所研究院新孵化培育5家产业化公司，共培育出15家高科技公司，形成年产值达1亿元。[2]与长三角、新疆、山东、福建等多个地区开展了广泛的科技合作，并与地方合作成立30余家高科技公司，形成了一个围绕“激光与光电子产业”的高科技企业群。

### 2.4.3 我国高等院校分析

数据显示，我国范围内光子产业专利申请量排名前15的高等院校中，有5家科研机构的申请量超600项，在全国呈点状分布态势，北京、上海和南京均有两家高校。

表2-12 光子产业中国高校TOP15

申请人	申请量/项	发明申请占比	有效占比	技术领域
电子科技大学	930	65.20%	48.67%	器件
华中科技大学	667	55.62%	52.41%	芯片材料
清华大学	654	55.38%	46.20%	器件模组
北京工业大学	604	57.68%	39.39%	器件
浙江大学	603	56.43%	31.49%	材料器件
东南大学	465	55.59%	52.19%	器件
华南理工大学	434	58.80%	52.81%	材料器件
北京大学	420	58.79%	49.63%	器件系统
西安电子科技大学	410	61.45%	55.29%	器件材料
山东大学	396	60.61%	48.74%	器件系统
天津大学	392	60.00%	37.43%	设备系统
复旦大学	368	67.31%	18.96%	材料模组
长春理工大学	367	66.60%	43.07%	器件系统
上海交通大学	356	60.91%	36.30%	器件设备
南京大学	330	61.05%	51.55%	芯片器件

从表中可以看出，各高等院校专利申请较活跃，发明申请占比均高于五成，专利有效性方面除复旦大学有效性占比较低，其他高校都高于三分之一，有效占比最高的为华南理工大学，同时，各高等院校对光子产业的研究侧重有所不同，中游器件和下游系统设备领域研究较普遍，是大多数院校研究的重点方向，下面以电子科技大学和华中科技大学为例进行具体分析。

#### 一、电子科技大学

电子科技大学（University of Electronic Science and Technology of China），简称“电子科大”，坐落于四川省成都市，是中华人民共和国教育部直属高校，由教育部、工业和信息化部、四川省和成都市共建；位列国家“双一流”、“985工程”、“211工程”，入选“2011计划”、“111计划”、卓越工程师教育培养计划、国家建设高水平大学公派研究生项目、中国政府奖学金来华留学生接收院校、全国深化

## 陕西省光子产业专利导航

创新创业教育改革示范高校，为“两电一邮”成员；是一所完整覆盖整个电子类学科，以电子信息科学技术为核心，以工为主，理工渗透，理、工、管、文、医协调发展的多科性研究型全国重点大学。拥有2个国家一级重点学科、2个国家重点（培育）学科；有博士后流动站15个，一级学科博士点16个，专业学位博士点4个，一级学科硕士点28个，二级学科硕士点1个，专业学位硕士点12个。国家级实验教学示范中心（5个）：电子实验教学中心、通信与信息系统实验教学中心、计算机实验教学中心、电子信息材料与器件实验教学中心、机电与控制工程实验教学中心。国家级虚拟仿真实验教学中心（3个）：电子与通信系统虚拟仿真实验教学中心、信息与网络安全虚拟仿真实验教学中心、光电信息技术虚拟仿真实验教学中心。教育部人才培养模式创新实验区（1个）：管理与信息技术复合型人才培养实验区。

学校有国家重点实验室4个，国家工程技术研究中心1个，教育部重点实验室5个，四川省重点实验室3个，教育部工程研究中心3个，四川省工程技术研究中心4个，科学技术研究院3个，校级研究中心2个，学科创新引智基地（高等学校学科创新引智计划）5个。研发实力雄厚，如下表：

表2-13 高校国家级研发平台、学科创新引智基地

科研平台类别	数量	平台名称
国家重点实验室	2	通信抗干扰技术国家重点实验室
		电子薄膜与集成器件国家重点实验室
国防科技重点实验室	2	微波电真空器件国防科技重点实验室
		极高频复杂系统国防重点学科实验室
国家工程技术研究中心	1	国家电磁辐射控制材料工程技术研究中心
教育部重点实验室	5	综合电子系统技术教育部重点实验室（B类）
		神经信息教育部重点实验室
		光纤传感与通信教育部重点实验室
		光电探测与传感集成技术教育部重点实验室（B类）
四川省重点实验室	3	多频谱吸波材料与结构教育部重点实验室（B类）
		电力系统广域测量与控制四川省重点实验室
		网络与数据安全四川省重点实验室
教育部工程研究中心	3	显示科学与技术四川省重点实验室
		隐身材料与技术教育部工程研究中心
		新型微波探测技术教育部工程研究中心
四川省工程技术研究中心	4	电子测试技术与仪器教育部工程研究中心
		四川省微波毫米波工程技术研究中心

## 陕西省光子产业专利导航

科研平台类别	数量	平台名称	
		四川省对地观测工程技术研究中心	
		四川省数据通信与灾备工程技术研究中心	
		四川省高密度集成器件 (SIP) 工程技术研究中心	
科学技术研究院	3	东莞电子科技大学电子信息工程研究院	
		电子科技大学电子科学技术研究院	
		电子科技大学空天科学技术研究院	
校级研究中心	2	信息医学研究中心	
		大数据研究中心	
学科创新引智基地			
序号	基地名称		负责人
1	电子信息工程科学创新引智基地		聂在平
2	集成电路与集成系统创新引智基地		康凯
3	神经信息创新引智基地		尧德中
4	微波材料与器件学科创新引智基地		张怀武
5	光纤传感与通信学科创新引智基地		饶云江
6	可视媒体信号与信息处理学科创新引智基地		曾兵
7	低功耗微电子与微系统学科创新引智基地		李强

2018年1月，为建立与现代大学制度相适应的治理结构，根据国家“双一流”建设要求，以原光电信息学院为基础，整合校内光学工程学科科研教学力量，成立电子科技大学光电科学与工程学院。列举一教授成果

2021年11日，电子科技大学获批“集成电路科学与工程”“航空宇航科学与技术”和“公共管理”等3个一级学科博士学位授权点，获批“心理学”和“系统科学”等2个一级学科硕士学位授权点。同时，电子科技大学成为全国首批获批“集成电路科学与工程”一级学科博士学位授权点的18所高校之一。

在产学研方面，企业联合研发并申请专利量虽不大，但涉及企业较多，在专利申请运用方面积极探索。发明人排名，第一名张波教授主要研究方向为电磁学，第二名刘永教授主要研究方向为光学与光电子；光纤通信等领域。张波：226件、刘永：142件、乔明：91件、李泽宏：83件、张金平：55件等。

刘永教授，博士生导师，现任职于电子科技大学光电科学与工程学院副院长，IEEE高级会员。他长期从事光学与光电子、光纤通信、光纤传感、微波光子等领域的研究工作，在新一代光网络中的光路由器和超高速光信号处理这一研究方向上，取得了国际领先的研究结果。主要研究光纤通信中的全光交换以及全光交换所需的超高速光信号处理的关键技术，包括超高速全光波长转换，全光存储器，全光缓存，全光数据包的头信息处理，以及集成光路方案设计等

。2003年入选IEEE协会在光学和光电子领域评出的全球最佳12名博士生（GraduateStudentFellow）。该称号每年由IEEE协会在全世界范围从事光学和光电子学等领域的博士生中评选，颁发给学术成绩最为突出的12人。近年来在各类重要国际期刊和学术会议上发表了100余篇英语论文，被SCI收录36篇，被SCI他引超过700次，多次在国际会议上做特邀报告。

他作为第一发明人的代表专利标题为（CN105022178A）基于平面波导的石墨烯相位型光调制器，技术要点为：包括衬底层、光波导、第一电介质填充层、第二电介质填充层及电极结构；第一电介质填充层、第二电介质填充层及光波导均位于衬底层上端，光波导由从下往上依次设置的第一矩形波导、第一隔离介质层、第一石墨烯层、第二隔离介质层、第二石墨烯层、第三隔离介质层、第二矩形波导组成；电极结构包括第一金属层和第二金属层，第一金属层和第二金属层分别沉积在第一石墨烯层、第二石墨烯层的延伸部分的上端面。本发明的石墨烯层内嵌于光波导中，增强了石墨烯与光的相互作用，降低了系统的电阻，提高了调制器的调制速率，可以有效调控波导中的有效折射率变化，实现对光场相位的动态调制。该专利具有较强的技术先进性，被引用34次，高亮部分为相同申请人，电子科技大学在相关技术领域布局多件专利，该领域研发活跃。非高亮部分为其他申请人，分别是湖南大学、西北大学、浙江大学、北京邮电大学、北京邮电大学等，高校居多。

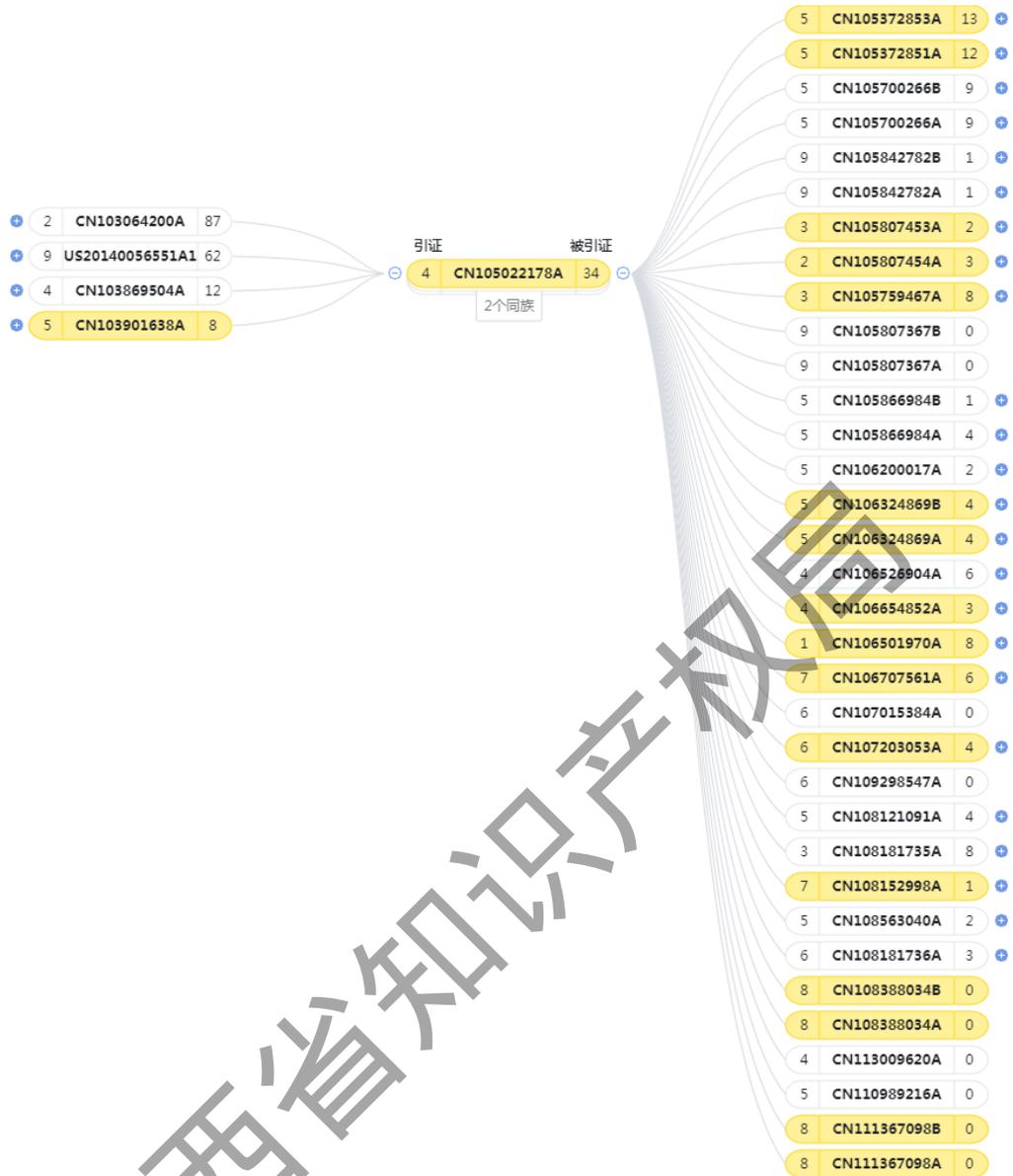


图2-29 电子科技大学重点专利及引证情况

## 二、华中科技大学

华中科技大学（Huazhong University of Science and Technology），简称华中大，位于湖北省武汉市，是中华人民共和国教育部直属的综合性研究型全国重点大学、位列国家“双一流”、[127] “”、入选”、“”、卓越工程师教育培养计划、卓越医生教育培养计划、湖北省2011计划、国家大学生创新性实验计划、国家级大学生创新创业训练计划、国家建设高水平大学公派研究生项目、国家级新工科研究与实践项目、基础学科拔尖学生培养计划2.0，是学位授权自主审核单位、全国深化创新创业教育改革示范高校、一流网络安全学院建设示范项目高校、中国政府奖学金来华留学生接收院校、教育部来华留学示范基地，为中欧工程教育平台成员和医学“双一流”建设联盟、中国人工智能教育联席会理事单

## 陕西省光子产业专利导航

位。截至2021年12月，华中科技大学拥有48个硕士学位授权一级学科，46个博士学位授权一级学科，39个博士后科研流动站；入选“双一流”建设学科8个，拥有一级学科国家重点学科7个，二级学科国家重点学科15个（内科学、外科学按三级计），国家重点（培育）学科7个。在教育部第四轮学科评估中，机械工程、光学工程、生物医学工程、公共卫生与预防医学等4个学科进入A+，A类学科14个，B+及以上学科33个。

根据2022年1月学校官网显示，华中科技大学建设有1个国家研究中心以及2个国家重大科技基础设施，还拥有1个国家制造业创新中心、4个国家重点实验室、6个国家工程（技术）研究中心、1个国家工程实验室、2个国家专业实验室、1个国家级人文社科基地、8个国家其他类别研究机构、10个省部共建（国家地方联合）科研基地、1个省部共建协同创新中心、6个科技部国家国际科技合作基地及一批省部级研究基地；有国际合作科研基地25个，国际研究中心一个。国家自然科学基金创新研究群体9个，教育部创新团队19个。

在科研实力方面，学校设有多个国家级、省部级重点实验室和研究中心，如下表：

表2-14 国家级科研机构

国家研究中心	
武汉光电国家研究中心	科技部
国家重大科技基础设施	
脉冲强磁场科学中心（筹）	国家发改委
精密重力测量研究设施	
国家重点实验室	
煤燃烧国家重点实验室	科技部
材料成形与模具技术国家重点实验室	
数字制造装备与技术国家重点实验室	
强电磁工程与新技术国家重点实验室	
国家工程（技术）研究中心	
激光加工国家工程研究中心	国家发改委
制造装备数字化国家工程研究中心	
国家企业信息化（CAD）应用支撑软件工程技术研究中心（武汉）	科技部
国家数控系统工程技术研究中心	
国家防伪工程技术研究中心	
国家纳米药物工程技术研究中心	

## 陕西省光子产业专利导航

表2-15省部级科研机构

教育部重点实验室	
图像信息处理与智能控制教育部重点实验室	脉冲强磁场教育部重点实验室
信息存储系统教育部重点实验室	服务计算技术与系统教育部重点实验室
智能制造技术教育部重点实验室	生物物理教育部重点实验室
生物医学光子学教育部重点实验室	神经退行性疾病教育部重点实验室
器官移植教育部重点实验室	肿瘤侵袭与转移教育部重点实验室
基本物理量测量教育部重点实验室	生物靶向治疗教育部重点实验室
环境与健康教育部重点实验室	器官移植教育部重点实验室

表2-16 国家级科技大平台

武汉光电国家研究中心	脉冲强磁场实验装置国家重大科技基础设施
精密重力测量国家重大科技基础设施	国家数字化设计与制造创新中心

唐霞辉，“武汉·中国光谷”激光协会副理事长。光电子科学与工程学院教授，激光工程系主任、激光加工国家工程研究中心副主任。主要从事高功率气体激光器、高功率激光加工系统集成、激光加工工艺等方面的研究。在横流CO<sub>2</sub>气体激光器的谐振腔技术、新型风机技术与气体流场设计、气体电子学及放电特性、开关电源技术、数值模拟与优化设计，以及粉末冶金材料的激光焊接机理、金刚石工具激光焊接技术与装备等方面的研究具有特色。开辟了激光加工、粉末冶金、超硬材料交叉学科新方向。

研究方向1.高功率横流CO<sub>2</sub>气体激光器研究开发；2.新型气体激光器及其单元技术研究；3.激光加工技术及装备研究开发；4.金刚石工具激光焊接技术及装备。作为主要骨干力量，参与了“激光加工国家工程研究中心”学科建设等系列重要工作。

重视科研成果转化为生产力，围绕学科建设及激光技术在国民经济应用，重点开发高功率气体激光在钢铁、汽车、军工、机械制造等行业的激光焊接及表面改性加工装备。先后承担并完成科技部国家“十五”、“十一.五”科技攻关项目各一项，湖北省“十一.五”重点科技攻关一项，其他省部级项目6项；承担（或参与）来自工业企业重要横向项目近60项。作为第一发明人，有50项光子领域相关专利申请，主要涉及领域为激光器及激光器设备，举例说明其代表性专利：

CN105483694A“一种针对大型阀门的斜锥台型阀板密封面的激光熔覆装置”，技术要点：是一种针对包括斜锥台型阀板的专用夹具、激光熔覆装置以及相应的激光熔覆方法，属于半导体激光器激光熔覆领域；现有技术中阀板夹具在进行激光

# 陕西省光子产业专利导航

熔覆过程中，由于阀板的斜锥台型，熔覆不均匀，有些部位不能得到熔覆；该发明提供的专用夹具包括侧壁和底面，侧壁为圆筒形，底面为椭圆，底面与所述侧壁呈一定角度，角度等于所述阀板斜锥台型中心轴与所述阀板平面法线之间的夹角；对于斜锥台型阀板的熔覆，粉料堆积更均匀，熔覆面水平，整个锥台斜面都能熔覆，熔覆更均匀。该专利技术先进，有多次被引证：

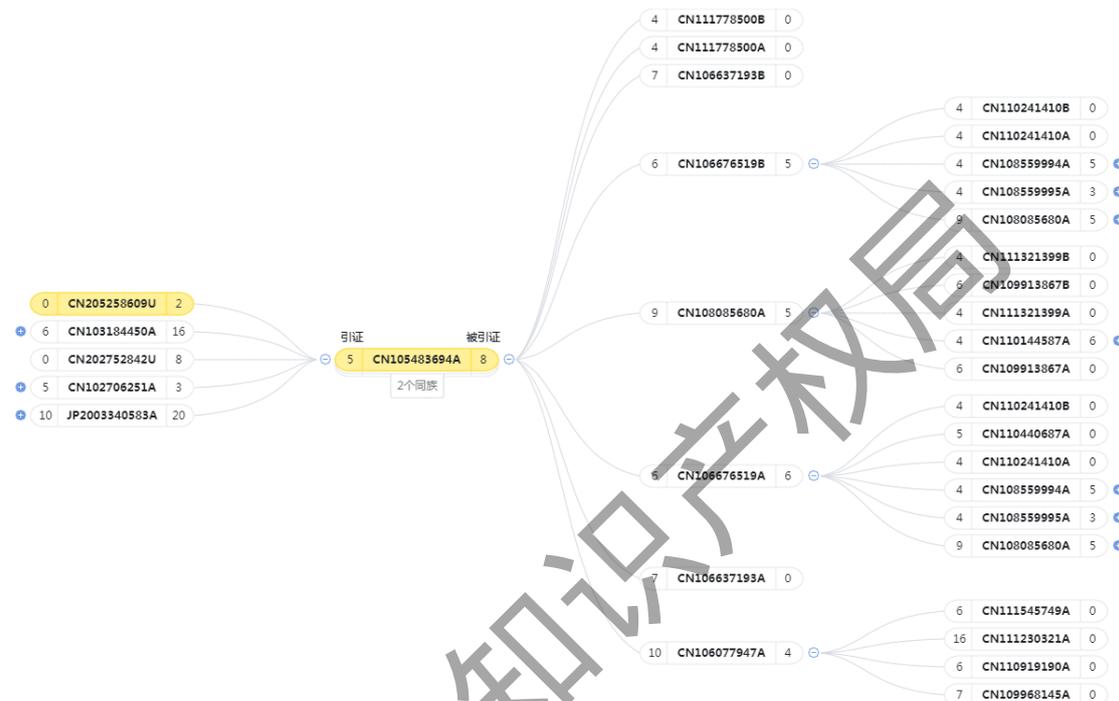


图2-29 唐霞辉重点专利及引证情况

## 2.5 光子产业聚集分析

### 2.5.1 光子产业集群分析

国外光子领域代表性产业集群

(一) 美国 包括2014年10月美国白宫公布的“国家制造业创新网络” (NNMI) 下属“创新制造学院” (IMI) ——“集成光子制造学院” (IP-IMI)，旨在打造美国“端到端光子生态系统”119；亚利桑那州的亚利桑那大学建立的“美国光谷”；佛罗里达州依托当地高校和研究机构形成的产业集群。

(二) 日本 1980年，由日本11家著名大公司共同发起，在日本政府的支持下，日本成立了光产业技术振兴协会(OITDA)。该协会定期对日本光电产业产值及产业结构进行调查分析，出版“日本光产业动向”，同时接受通产省委托进行光电标准化的工作，举办全

## 陕西省光子产业专利导航

日本最大专业光电展——“InterOpto展览”。日本滨松地区形成了以高尖端影像技术和设备为主的光电子技术产业集群，其组成成员包括静冈大学、滨松医科大学以及20余家企业。滨松地区以该产业集群为基础建立了光电子技术产业化研究会。

除美、日外，还包括德国激光与光电产业集群Adlersho，立陶宛光子学集群和波罗的海光子学集群等。

表2-17 国外光子领域代表性产业集群

国家/地区	产业集群	重要组成	主导产业	特点
美国	光子制造创新研究机构	纽约州立大学研究基金会	光子制造领域	是目前公开的9家制造创新研究机构中的第6家，采用公私合营方式促进美国先进制造技术的发展，推动美国创新，创造就业机会并吸引人才到制造业中，以扩大中产阶级人群
	亚利桑那大学“光谷”	“光谷”内企业约150余家，还包括亚利桑那州学，Tucson光子科学中心	主要从事精密电子零件、电子设计软件研发、定位系统、激光、电子资料传输与储存，以及大型光学镜片及零件的生产与服务	1998年成立于美国在亚利桑那州南部的Tucson
	美国佛罗里达州光子集群	中佛罗里达大学、佛罗里达学、迈阿密大学、佛罗里达技术研究院、佛罗里达国际大学、先端光子中心等科研机构。以及海洋光学公司、LaserEnergetics、Beam等企业	光通信、激光仪器设备、半导体照明	基于当地劳动力市场和科研资源打造，以中小企业为主，创新活跃，产品质量高
日本	日本光电子产业和技术发展协会(OITDA)	东京光学研究实验室	造精密玻璃、过滤器、涂层、非球面，精密光学组件、电光学	产品主要集中在生产技术，测量和图像处理以及医疗技术和生命科学方面

## 陕西省光子产业专利导航

国家/地区	产业集群	重要组成	主导产业	特点
	日本滨淞光子产业集群	静冈大学、滨淞医科大学、滨淞工业技术支援中心等	医疗设备产业、微电子产业、高尖端影像设备为主的光电子技术	依托产业联盟建立了区域产业发展平台——光电子技术产业化研究会，帮助12项产品实现产业化，未来市场潜力500亿-1000亿日元
德国	柏林的Adlersho		激光与光电产业	德国重要的光学产业基地，其激光与光电产业每年创造大约8千万马克的效益
俄罗斯	俄纳米集团	RUSNAN公司 ADVENIRA公司等	纳米电子学和光子学、涂层和表面改性、先进材料、生物制药、核医学和太阳能等	未来十年，俄罗斯纳米产业将扩大到五个新技术方向：风力发电、固体废弃物回收利用、柔性电子产品、工业储能和纳米改性材料。将加入自2007年以来在俄罗斯建立的六个纳米技术集群：纳米电子学和光子学、涂层和表面改性、先进材料、创新型纳米生物制药、核医学和太阳能等，使俄罗斯纳米技术集群达11个
波罗的海	立陶宛光子学集群和波罗的海光子学集群	EKSPLA公司	高性能固体激光器、光电产品和激光系统	主要研发激光器及相关产品，如：光谱仪、材料研究、卫星测距、材料加工、精密加工等

### 国内重要产业集群

总体来说，长三角地区目前拥有全国最大的光电产业集群，在研发、制造、应用等产业链各环节都走在全国前列。长三角地区拥有全国最大的液晶模组产业基地，分布在苏州、上海、南京等地，此外还拥有天马、龙腾光电、中电熊猫、三星（在建）等多条高世代液晶面板生产线。在江苏省，扬州拥有国家级的半导体照明工程产业化基地；苏州是我国最早承接LCD转移的城市之一；南京则拥有整机制造的优势，致力于打造液晶谷121。

武汉光谷建立于1988年，1991年经国务院批准为首批国家高新区，2001年经原国家计委、科技部批准为国家光电子产业基地，2007年经国家发改委批准为国家生物产业基地，2009年经国务院批准为全国第二个国家自主创新示范区，2011年经中组部、国务院国资委确定为全国四家“中央企业集中建设人才基地”之一。2016年获批国家首批双创示范基地，并获批为中国（湖北）自由贸易试验区武汉片区。光谷北斗、烽火通信、长飞光纤等一批国内优秀光子企业入驻，同时，光谷已与100多个国家建立紧密联系；700多家外企、百余家世界500强企业汇聚于

## 陕西省光子产业专利导航

此；研发生产了我国第一根光纤和第一个光传输系统，是我国最大的光电器件生产基地，产业基础扎实。

长春光谷以中国科学院长春光学精密机械研究所、长春应用化学研究所、长春理工大学等科研单位、高校为代表，从事光电信息产业的科学研究，推动光电信息技术成果产业化。长春光谷依托科教资源，培养了一批光电信息产业科研和技术人才，曾设立了第一个光电领域博士点和博士后流动站，为长春市光电信息产业的发展和创新提供了重要支撑。同时，长春光谷依靠科研实力，研发生产了中国第一炉光学玻璃和第一台红宝石激光器等多项“中国第一”的光电信息产品。这些独特的产业优势，成为长春光谷发展的坚实基础。

厦门市光电显示产业集群是由传统电子企业或光学企业演变为新兴光电子产品企业而形成发展起来的。厦门光电产业取得了许多突出成绩。从产业链来看，厦门的光电产业已经形成了从外延、芯片、封装到应用的完整产业链。国家半导体发光器件应用产品质量监督检验中心、海西照明国际检测认证中心、厦门市创意照明应用设计中心等公共服务平台的建立有力地推动了光电产业的发展。

表2-18 国内光子领域代表性产业集群

产业集群	重要组成	主导产业	特点
武汉光谷	关东光电子、关南生物医药、光谷软件园、武汉软件新城、光谷生物城	光通信、光电元器件（包括无源光电元器件、有源光电元器件）、光显示、光存储、光材料、激光器及应用仪器、光学系统及元件	中国生产光电子产品最密集的地区
长春光谷	长春光机所、长春物理所	光显示器件、激光器应用仪器、光学系统	中国光学发源地
北京国家863计划光电子成果转化产业基地	清华大学、北京大学、半导体所	光机电一体化、激光加工、光电子有源器件、激光器组件等光子技术的产业化	成果转化最为迅速
上海光电子产业发展基	上海微电子、上海光机所、天马	光通信、光显示、光存储、光学整机和系统、关键的光电子元器件	基础好，商机多
西安光电子科技产业园	西安光机所、西安应用光学研究所光	机电一体化仪器设备、光电转化、科学仪器和光通信技术	光电子产业集中

## 陕西省光子产业专利导航

产业集群	重要组成	主导产业	特点
重庆光电产业园	重庆大学、中国电子科技集团公司44所等	以光通信技术、图像产品、光机电一体化产品、光电材料与元器件、光存储等为主	与西南部客户群接近
国家信息光电子创新中心	烽火通信等	光存储、光显示、光互联、光计算、光通信相关产业链，建立了光电芯片工艺平台和光电集成研发平台，形成了从材料生长，芯片后工艺、光子集成、光电集成、高速系统硬件试验测试的高端工艺和测试的技术平台	“中国制造2025”全国正式授牌的第二批创新中心
船山区光电产业集群	摄像头、电子屏、锂电池及光电类成套设备生产等30余家以手机产业为核心的制造企业	引入视派特光电、智能机器人、电子材料、3D玻璃盖板等6个光电产业重点项目	形成以智能手机配套产品生产制造为主的光电产业集群，实现年产值约100亿元
厦门市光电显示产业集群	三安光电、厦门阳光恩耐、乾照光电、厦门普为光电、通士达等	光显示	厦门共推广260万盏LED照明灯具，成功申报实施了13.2MWP国家“金太阳”太阳能光伏示范项目，并积极申报国家分布式太阳能发电应用示范区
南阳市高新区光电产业集聚区	入驻企业162家，企业从业人员1.2万人	光电新能源、装备制造、物流配送三大主导产业，突出大力发展数字微显电视光学冷加工、光学组件等产业特色	努力打造集光学研发、市场信息、商业金融服务、居住、旅游为一体的现代化新城。目前该区已晋升为国家级高新区，区内光电产业已形成了以光电元器件、光伏发电、光电显示器生产为主导的产业结构
清溪光电通讯产业集群	截至2016年已投产企业3600多家，其中光电通讯占据了半壁江山。现有国内外上市企业设立公司20多家，主要为国际知名的光电通讯企业	以光电、电脑、通讯设备为主的外向型经济已成为清溪经济发展的支柱	产品涉及LED、光伏太阳能、新型显示器、无线通信设备、3G手机及相关电子元器件等。产业规模超过600亿元，产业链完整，形成了较广泛的区域品牌国际声誉。集群品牌化发展成为推动“清溪光电通讯”产业集群进一步聚集发展和提升竞争力的必然选择

## 2.5.2 光子产业联盟分析

一、国外重要产业联盟主要集中在美国、日本。

(一) 包括国家层面的美国“国家光子计划”产业联盟，该联盟不仅仅推动了“集成光子制造学院”的成立，还呼吁美国应加大对“光子与光学”类似能技术的重视，并将其影响力扩大到了大数据、脑计划等美国近年多项科技战略。国家光子计划本质上是由光学与光子学有关科技学会牵头成立的光学技术行业联盟。该联盟结构涵盖了美国光学与光子学领域产学研各层次，成员不仅包括光学与光子学技术领域的重量级机构还包括美国科技及制造业领域的巨头。该联盟形成背景源于2012年美国国家研究委员会NRC更新了一份国家光学技术发展需求的报告《光学与光子：必要技术》(Optics and Photonics Essential Technologies)。

(二) 也有地区性和专注某子领域的产业联盟，涉及光集成、光网络、激光、光学元件、光存储、光通信、LED、光机电等领域。

(三) 不乏依托产业集群建立的产业联盟，例如：美国亚利桑那州光电子产业协会(AOIA)依托美国亚利桑那州光电产业集群设立，日本三远南信振兴理事会(HIT-VIT)依托当地产业集群建立。产业联盟可为成员单位提供方便的服务，同时浓厚产业氛围有助于产业集群的良性发展；产业集群负责产业联盟内部管理工作。

表2-19 国外光子领域代表性产业联盟

国家/地区	联盟名称	重要机构	主导产业	特点
美国	美国“国家光子计划”产业联盟	美国集成光子制造创新研究所, NASA、UCSB、GE、AP	光子集成制造先进制造、集成光子电路传感器、模拟射频应用、数据通信	技术先进，生产链完整
美国	ON2020光网络产业联盟	华为、诺基亚、富士通、Finisar和Lumentum、Verizon、AT&T、Telus、ORange、Facebook、Telefonica	光网络技术	参与广泛，定义下一代光网络架构
美国	半导体制造技术研究联合体	美国国防科学委员会、美国半导体协会(SIA)	超微型集成半导体	技术成熟

## 陕西省光子产业专利导航

国家/地区	联盟名称	重要机构	主导产业	特点
	SEMATECH			
美国	美国亚利桑那州光电子产业协会 (AOIA)	美国亚利桑那州光电产业集群	主要从事精密电子零件、电子设计软件研发、定位系统、激光、电子资料传输与储存, 以及大型光学镜片及零件的生产与服务	与美国亚利桑那州光电产业集群相互依存, 负责产业集群的管理工作
日本	VLSIResearchConsortium	政府与五大企业	超大规模集成电路	起步早, 发展时间长
日本	日本三远南信振兴理事会 (HIT-VIT)	当地产业集群	光通信、微电子产业、LED、光机电、光学元器件等	通过安排企业走访, 设立共同合作项目如区域振兴协会的光电传输光纤研发项目, 开展省际间的合作交流等措施加强了集群内产学研研之间的联系。

### 国内重要产业联盟

表2-20是我国代表性光子领域产业联盟, 涵盖了光子芯片、光显示、硅光子、光通信、光传感、照明、激光、光探测等领域。产业集群与产业联盟之间密切相关, 相辅相成。例如: 光谷光电信息产业联盟依托武汉光谷产业集群设立, 厦门市光电产业技术创新联盟依托厦门市光电显示产业集群建立。

表2-20 国内光子领域代表性产业联盟

联盟名称	重要机构	主导产业	特点
深圳智能光子产业标准联盟	深圳建科院、北京华奥信客、卓越集团、星火电子和前海通	光谱变频、运动变频、光子支付	致力于光子行业标准和规范建设
光谷光电信息产业联盟	晶能光电、南昌光谷集团、美晨通讯	智能终端、LED硅光子芯片	有完整的LED产业链
硅光子产学研联盟	易飞扬, 亚派、华拓光通信、中科院微系统所, 微电子所, 中国电科38所, 南京大学, 上海交通大学	硅光子产品研发、CMOS工艺线、光通信, 数据中心, 超级计算	实力雄厚, 发展迅速
启迪物联网产业生态联盟	博大光通、启迪集团	物联网、人工智能、区块链、云计算、大数据	“数字产城”发展模式: 即“产业数字化、城市数字化、园区数字化”三融合模式。与中兴通讯等多家行业龙头企业以及清华大学多家研究院开展创新合作。

## 陕西省光子产业专利导航

联盟名称	重要机构	主导产业	特点
大湾区5G产业联盟	奥比中光、华为、中兴	5G技术与AI、3D传感、云计算、工业互联网	粤港澳地区发展迅速
中日先进光电子技术转移中心	武汉光电机研院、静冈大学创新社会协同推进机构	光电子	由双方共同筛选所在国家和地区的优质企业和项目，为其提供“培训++平台+资源+投资”的一体化加速服务，推动国内外优质技术项目落地及人才交流，加速日本先进光电子技术向中国转移。
吉林省光电子产业联盟	长光卫星技术有限公司、中科院长春光华微电子设备工程中心有限公司、长光宇航复合材料有限公司	航空航天信息、激光技术及应用、核心元器件与材料、智能制造与装备、半导体显示照明、人工智能、医疗与生命科学等“七大产业”	创业苗圃+器+加速器，形成了完整的光电子生态圈。
厦门市光电产业技术创新联盟	三安光电、厦门阳光恩耐、乾照光电、厦门普为光电、通士达等	光显示	实施了“半导体照明LED外延、芯片和封装”关键技术攻关与产业化项目、“LED路灯技术创新及示范工程项目”以及“移动通信、数字电视光传输光覆盖技术创新与产业化”三个市重大科技攻关项目，使该市照明级LED芯片、LED路灯以及光通信技术达到当时国内领先水平。全市光电产业专利授权逐年增长
中国光伏产业联盟	22家发起单位由中国光伏产业的精英组成，涵盖从多晶硅、太阳能电池、应用系统到专用设备的整个光伏产业链，同时还包括产业研究机构和行业协会。	光伏发电、光伏产品及应用的研究、开发、制造、服务	成员单位的多晶硅总产量占2010年中国总产量的70%以上，太阳能电池总产量占2010年中国总产量的50%以上，代表着中国光伏产业界的骨干力量。
国家半导体照明工程研发及产业联盟	84个理事单位和512个成员单位	半导体照明	2017年联盟成员产值占国内LED产值的70%
温州国际激光与光电科技企业器	光电企业15家，国家级高新技术企业5家	光伏及半导体产业、激光产业，包括激光防伪、激光切割	引进国家级、省级科技创新平台，已入驻中光科技、华中科技大学温州先进制造技术研究院和激光加

## 陕西省光子产业专利导航

联盟名称	重要机构	主导产业	特点
			工中心、浙江大学创意设计中心等。

### 2.5.3 光子产业标准分析

光子产业相关的国家标准共计370个，其中2001-2012年之间光子产业国家标准的制定进入一段成熟期，标准数量最多的是2010年，达到了43件。

陕西在光子产业国家标准制定方面参与的企业及科研机构较少，仅西安微电子技术研究所、西安隆基硅材料股份有限公司、陕西天宏硅材料有限责任公司等为数不多几家，参与制定标准较多的主要是上海、广东、浙江的企业。

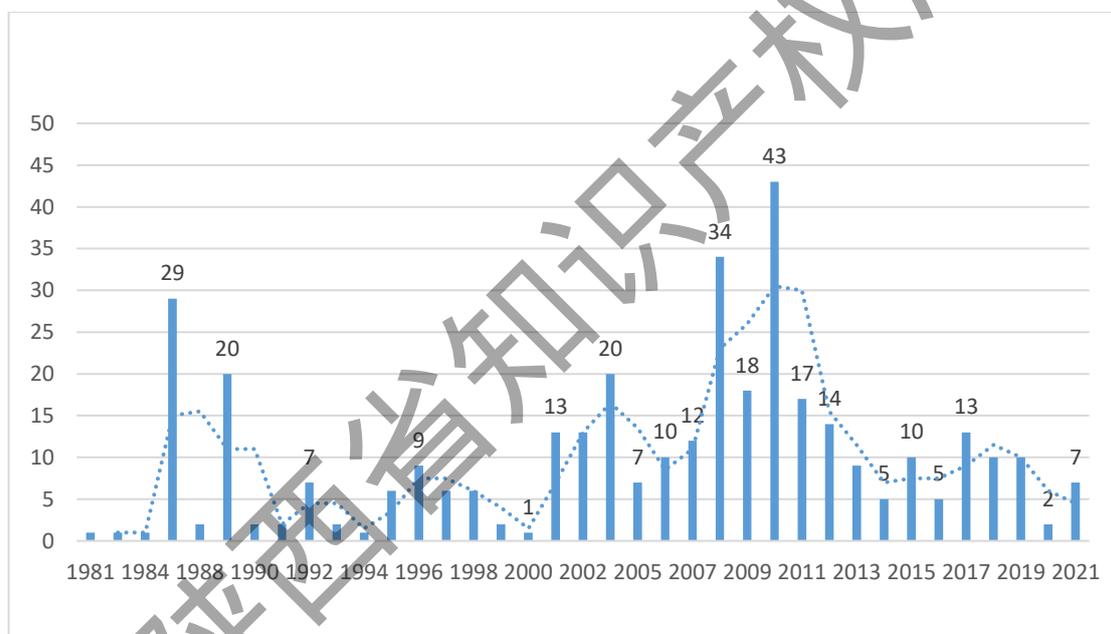


图2-30 光子产业相关的国家标准制定发布趋势

370个光子产业国家标准中，涉及光学、光学仪器、纤维光学、环境试验、光学玻璃、无色玻璃、测量程序、互连器件、基本试验、无源器件、光学测量等领域。

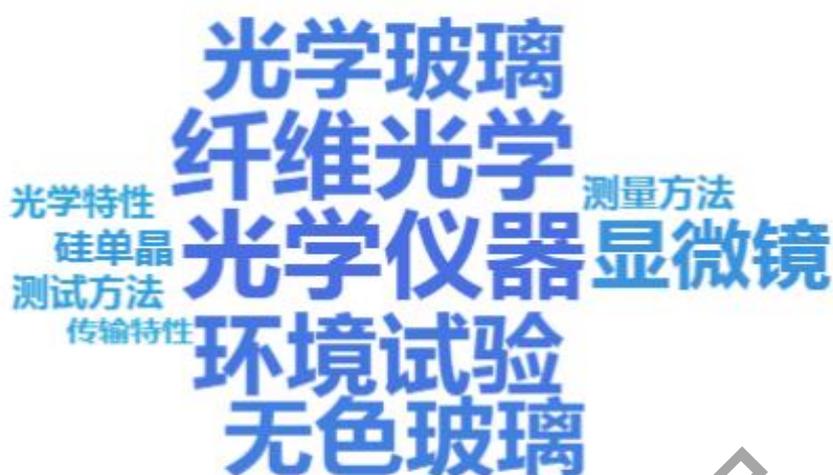


图2-31 光子产业相关的国家标准涉及的技术领域

我们重点来看一下GB/T 20228-2021《砷化镓单晶》，文件起草单位包括：云南中科鑫圆晶体材料有限公司、云南临沧鑫圆锗业股份有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、广东先导先进材料股份有限公司、有研光电新材料有限责任公司、义乌力迈新材料有限公司。文件主要起草人：惠峰、林作亮、普世坤、李素青、尹国文、陈维迪、周铁军、董汝昆、罗爱斌、林泉、马英俊、宾启雄、皮坤林。标准从砷化镓单晶的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存、随行文件及订货单内容等方面进行了标准化要求。标准适用于液封直拉法（LEC）、垂直梯度凝固法（VGF）、垂直布里奇曼法（VB）生长的：用于制备光电子、微电子等器件的砷化镓单晶，不适用于水平布里奇曼法（HB）生长的砷化镓单晶。

我们对参与制定标准的7家企业专利进行了检索，7家企业共申请专利476件，其中发明专利190件，授权发明专利65件，实用新型专利219件，申请IPC专利2件，整体专利申请趋势如图：

# 陕西省光子产业专利导航



图2-32 《砷化镓单晶》标准起草单位专利申请趋势

在砷化镓单晶方面，7家企业主要围绕：砷化镓单晶、半导体晶棒、光纤用四氯化锗、硫系玻璃、锗合金等领域进行了专利布局，从图中我们可以清楚地看到，以广东先导先进材料股份有限公司为首的7家企业在砷化镓单晶领域都进行了专利布局，广东先导先进材料股份有限公司在砷化镓单晶领域具有明显优势技术，已布局专利数量遥遥领先。

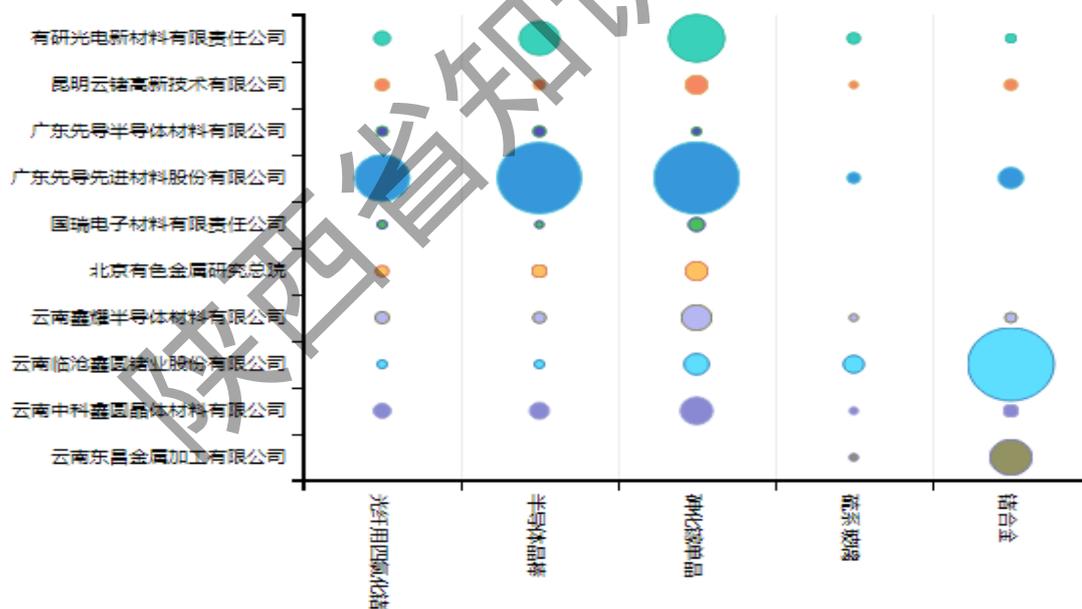


图2-32 《砷化镓单晶》标准起草单位专利布局情况

表2-21 光子产业相关的国家标志涉及技术领域

序号	标准相关技术领域	标准数
1	光学	47
2	光学仪器	43
3	纤维光学	43

## 陕西省光子产业专利导航

序号	标准相关技术领域	标准数
4	环境试验	39
5	光学玻璃	38
6	无色玻璃	38
7	测量程序	35
8	互连器件	35
9	基本试验	35
10	无源器件	35
11	光学测量	32
12	硅单晶	16
13	测量方法	15
14	测试方法	15
15	光学特性	14
16	传输特性	12
17	眼科光学	12
18	电子显微镜	11
19	光纤试验	11
20	测量	10

## 陕西省光子产业专利导航

表2-22 与材料芯片有关的国家标准

序号	年份	标准号	名称	起草单位	关键词
1	1988	GB/T9532-1988	铋酸锂、钽酸锂、锆酸铋、硅酸铋压电单晶材料型号命名方法	电子工业部第二十六研究所；标准化研究所	名称与符号；晶体；压电材料
2	1988	GB/T10050-1988	光学和光学仪器 参考波长	上海光学仪器研究所	光学仪器；材料的光学性质；波长
3	2003	GB/T19199-2003	半绝缘砷化镓单晶中碳浓度的红外吸收测试方法	中国电子科技集团公司第四十六研究所	半导体；吸收；半导体材料；测量；砷化镓；红外线
4	2008	GB/Z21738-2008	一维纳米材料的基本结构 高分辨透射电子显微镜检测方法	中国科学院物理研究所电子显微镜实验室	一维纳米材料；检测方法；高分辨透射电子显微镜
5	2021	GB/T40071-2021	纳米技术 石墨烯相关二维材料的层数测量 光学对比度法	泰州巨纳新能源有限公司；东南大学；泰州石墨烯研究检测平台有限公司；中国科学院半导体研究所；哈尔滨工业大学（威海）；冶金工业信息标准研究院；江南大学；华东师范大学；深圳技术大学	纳米技术；光学对比度；二维材料；石墨烯；

表2-23 与器件有关的标准

序号	年份	标准号	名称	起草单位	关键词
1	1989	GB/T11447-1989	光学纤维面板测试方法	机械电子工业部五十五所	测量；纤维光学；纤维；板材；光电器件
2	1998	GB/T9424-1998	半导体器件 集成电路 第2部分：数字集成电路 第五篇 CMOS数字集成电路4000B和4000UB系列空白详细规范	电子工业部标准化研究所；西安微电子技术研究所	数字集成电路；半导体器件；
3	1998	GB/T17572-1998	半导体器件 集成电路 第2部分：数字集成电路 第四篇 CMOS数字集成电路 4000B和4000UB系列族规范	电子工业部标准化研究所；西安微电子技术研究所	数字集成电路；半导体器件；

## 陕西省光子产业专利导航

序号	年份	标准号	名称	起草单位	关键词
4	2001	GB/T18311.2-2001	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-2部分: 检查和测量 单模纤维光学器件偏振依赖性	上海传输线研究所	互连器件; 无源器件; 测量程序; 纤维光学; 基本试验;
5	2001	GB/T18309.1-2001	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第1部分: 总则和导则	信息产业部电子工业标准化研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
6	2001	GB/T18310.18-2001	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-18部分: 试验 干热—高温耐久性	上海传输线研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
7	2001	GB/T18310.2-2001	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-2部分: 试验 配接耐久性	信息产业部电子工业标准化研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
8	2001	GB/T18310.3-2001	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-3部分: 试验 静态剪切力	信息产业部电子工业标准化研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
9	2001	GB/T18310.39-2001	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-39部分: 试验 对外界磁场敏感性	上海传输线研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
10	2001	GB/T18310.4-2001	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-4部分: 试验 光纤/光缆保持力	信息产业部电子工业标准化研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 保持力; 纤维光学; 基本试验;
11	2001	GB/T18311.6-2001	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-6部分: 检查和测量 回波损耗	上海传输线研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验; 回波损耗;
12	2001	GB/T18311.3-2001	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-3部分: 检查和测量 监测衰减和回波损耗变化(多路)	上海传输线研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验; 回波损耗;
13	2002	GB/T18310.12-2002	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-12部分: 试验 撞击	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
14	2002	GB/T18310.21-2002	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-21部分: 试验 温度—湿度组合循环试验	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	互连器件; 测量程序; 无源器件; 循环试验; 纤维光学; 基本试验;

## 陕西省光子产业专利导航

序号	年份	标准号	名称	起草单位	关键词
15	2002	GB/T18310.1-2002	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-1部分: 试验 振动(正弦)	信息产业部电子第八研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
16	2002	GB/T18310.19-2002	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-19部分: 试验 恒定湿热	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
17	2002	GB/T18310.5-2002	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-5部分: 试验 扭转/扭绞	信息产业部电子第八研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
18	2002	GB/T18310.7-2002	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-7部分: 试验 弯矩	信息产业部电子第八研究所 (CESI)	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
19	2002	GB/T18904.2-2002	半导体器件 第12-2部分: 光电子器件 纤维光学系统或子系统用带尾纤的激光二极管模块空白详细规范	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	激光二极管模块; 半导体器件; 光电子器件; 纤维光学;
20	2002	GB/T18904.1-2002	半导体器件 第12-1部分: 光电子器件 纤维光学系统或子系统用带/不带尾纤的光发射或红外发射二极管空白详细规范	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	红外发射; 半导体器件; 纤维光学; 光电子器件; 二极管;
21	2002	GB/T18904.4-2002	半导体器件 第12-4部分: 光电子器件 纤维光学系统或子系统用带/不带尾纤的Pin-FET模块空白详细规范	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	纤维光学; 半导体器件; Pin-FET; 光电子器件;
22	2003	GB/T18310.10-2003	纤维光学互连器件和无源器件—基本试验和测量程序 第2-10部分: 试验—抗挤压	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
23	2003	GB/T18310.11-2003	纤维光学互连器件和无源器件—基本试验和测量程序 第2-11部分: 试验 轴向挤压	中国电子科技集团公司第八研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
24	2003	GB/T18310.14-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-14部分: 试验 最大输入功率	中国电子科技集团公司第八研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
25	2003	GB/T18310.17-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-17部分: 试验 低温	上海传输线研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
26	2003	GB/T18310.22-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-22部分: 试验 温度变化	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	互连器件; 测量程序; 温度变化; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;

## 陕西省光子产业专利导航

序号	年份	标准号	名称	起草单位	关键词
27	2003	GB/T18310.26-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-26部分: 试验 盐雾	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
28	2003	GB/T18310.42-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-42部分: 试验-连接器的静态端部负荷	上海传输线研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
29	2003	GB/T18310.45-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-45部分: 试验-浸水耐久性	中国电子科技集团公司第八研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
30	2003	GB/T18311.1-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-1部分: 检查和测量 外观检查	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验; 外观检查;
31	2003	GB/T18311.34-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-34部分: 检查和测量-随机配接连接器的衰减	上海传输线研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
32	2003	GB/T18311.4-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-4部分: 检查和测量 衰减	上海传输线研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
33	2003	GB/T18311.40-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-40部分: 检查和测量 带保偏光纤尾纤连接器的消光比	上海传输线研究所	纤维光学; 保偏光纤; 无源器件; 基本试验; 消光比; 互连器件; 测量程序;
34	2003	GB/T18311.5-2003	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-5部分: 检查和测量 衰减对波长的依赖性	中国电子技术标准化研究所 (CESI)	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
35	2003	GB/T18904.5-2003	半导体器件 第12-5部分: 光电子器件 纤维光学系统或子系统用带/不带尾纤的pin光电二极管空白详细规范	中国电子技术标准研究所 (CESI)	纤维光学; pin; 半导体器件; 光电二极管; 光电子器件;
36	2007	GB/T18311.20-2007	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-20部分: 检查和测量 纤维光学分路器件的方向性	中国电子科技集团公司第二十三研究所	纤维光学; 无源器件; 互连器件; 测量程序; 基本试验;

## 陕西省光子产业专利导航

序号	年份	标准号	名称	起草单位	关键词
37	2007	GB/T18311.31-2007	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-31部分: 检查和测量 纤维光学光源耦合功率比测量	中国电子科技集团公司第三十四研究所; 中国电子科技集团公司第八研究所	纤维光学; 互连器件; 测量程序; 无源器件; 基本试验; 耦合功率;
38	2007	GB/T18310.48-2007	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第2-48部分: 试验 温度-湿度循环	中国电子科技集团公司第三十四研究所; 中国电子科技集团公司第八研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
39	2007	GB/T18311.16-2007	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-16部分: 检查和测量 球面抛光套管端面半径	中国电子科技集团公司第八研究所; 中国电子科技集团公司第三十四研究所	球面抛光; 无源器件; 纤维光学; 基本试验; 互连器件; 测量程序;
40	2007	GB/T18311.26-2007	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-26部分: 检查和测量 光纤和插针轴线间的角偏差的测量	中国电子科技集团公司第二十三研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
41	2007	GB/T18311.28-2007	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-28部分: 检查和测量 瞬间损耗	中国电子科技集团公司第二十三研究所	互连器件; 测量程序; 无源器件; 纤维光学; 基本试验;
42	2007	GB/T18311.30-2007	纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-30部分: 检查和测量 单套管多芯光纤连接器抛光角度和光纤位置	中国电子科技集团公司第八研究所; 中国电子科技集团公司第三十四研究所	多芯光纤连接器; 无源器件; 基本试验; 纤维光学; 单套管; 互连器件; 测量程序;
43	2008	GB/T22181.21-2008	等离子体显示器件 第2-1部分: 光学参数测量方法	中国电子科技集团公司第五十五研究所	等离子体显示器件; 光学参数测量;

表2-24 与系统设备有关的国家标准

序号	年份	标准号	名称	起草单位	关键词
1	1989	GB11239-1989	手术显微镜	杭州医用光学仪器厂	手术器械; 显微镜; 规范; 分类系统
2	1989	GB/T11168-1989	光学系统像质测试方法	上海光学仪器研究所	缺陷与故障; 系统分析; 焦距; 质量; 调焦点; 摄影图像; 测量; 光学

## 陕西省光子产业专利导航

序号	年份	标准号	名称	起草单位	关键词
3	2001	GB/T18310.6-2001	纤维光学互连器件和无源器件基本试验和测量程序 第2-6部分: 试验 锁紧机构抗拉强度	信息产业部电子工业标准化研究所	光学; 光通信; 通信; 电连接器; 测量; 光通信系统; 试验; 连接器; 纤维
4	2003	GB/T18310.8-2003	纤维光学互连器件和无源器件基本试验和测量程序 第2-8部分: 试验 碰撞	中国电子科技集团公司第八研究所	光通信系统; 碰撞试验; 试验
5	2003	GB/T18310.9-2003	纤维光学互连器件和无源器件基本试验和测量程序 第2-9部分: 试验-冲击	中国电子科技集团公司第八研究所	试验; 光通信系统; 冲击试验
6	2008	GB/T22057.2-2008	显微镜 相对机械参考平面的成像距离 第2部分: 无限远校正光学系统	上海理工大学; 上海光学仪器研究所	参考平面; 成像距离; 光学系统; 显微镜; 无限远;
7	2008	GB/T22061-2008	显微镜 偏光显微术的参考系统	上海理工大学; 上海光学仪器研究所	参考系统; 偏光显微术; 显微镜;
8	2009	GB/T10988-2009	光学系统杂(散)光测量方法	上海理工大学; 华东师范大学	光学系统; 光测量;
9	2009	GB/T11168-2009	光学系统像质测试方法	上海理工大学	光学系统; 测试方法;
10	2009	GB/T10987-2009	光学系统 参数的测定	上海理工大学	光学系统;
11	2011	GB/T27667-2011	光学系统像质评价 畸变的测定	上海理工大学; 华东师范大学; 江南永新光学有限公司; 宁波永新光学股份有限公司; 南京东利来光电实业有限公司; 宁波市教学仪器有限公司; 宁波华光精密仪器有限公司; 宁波舜宇仪器有限公司; 梧州奥卡光学仪器公司; 广州粤显光学仪器有限公司; 麦克奥迪实业集团有限公司;	像质评价; 光学系统;
12	2017	GB/T34900-2017	微机电系统(MEMS)技术基于光学干涉的MEMS微结构残余应变测量方法	天津大学; 电机生产力促进中心; 国家仪器仪表元器件质量监督检验中心; 南京理工大学; 中国电子科技集团公司第十三研究所	微机电系统; 应变测量方法; 光学干涉; 微结构;

## 陕西省光子产业专利导航

序号	年份	标准号	名称	起草单位	关键词
13	2017	GB/T34894-2017	微机电系统 (MEMS) 技术 基于光学干涉的MEMS微结构 应变梯度测量方法	电机生产力促进中心; 天津大学; 国家仪 器仪表元器件质量监督检验中心; 中国电 子科技集团公司第十三研究所; 南京理工 大学	微机电系统; 测量方法; 光学干涉; 应 变梯度;
14	2017	GB/T34893-2017	微机电系统 (MEMS) 技术 基于光学干涉的MEMS微结构 面内长度测量方法	天津大学; 电机生产力促进中心; 国家仪 器仪表元器件质量监督检验中心; 南京理 工大学中国电子科技集团公司第十三研究 所	微机电系统; 结构面; 光学干涉;

陕西省知识产权

## 2.6 光子技术与产业未来发展趋势

### 2.6.1 热门领域驱动光子技术与产业发展

当前人工智能（AI）、5G、无人驾驶技术、物联网、云计算、无触点手势识别等一大批热门技术发展迅猛，而这些热门领域的发展与光子技术与产业密切相关（如图所示）。

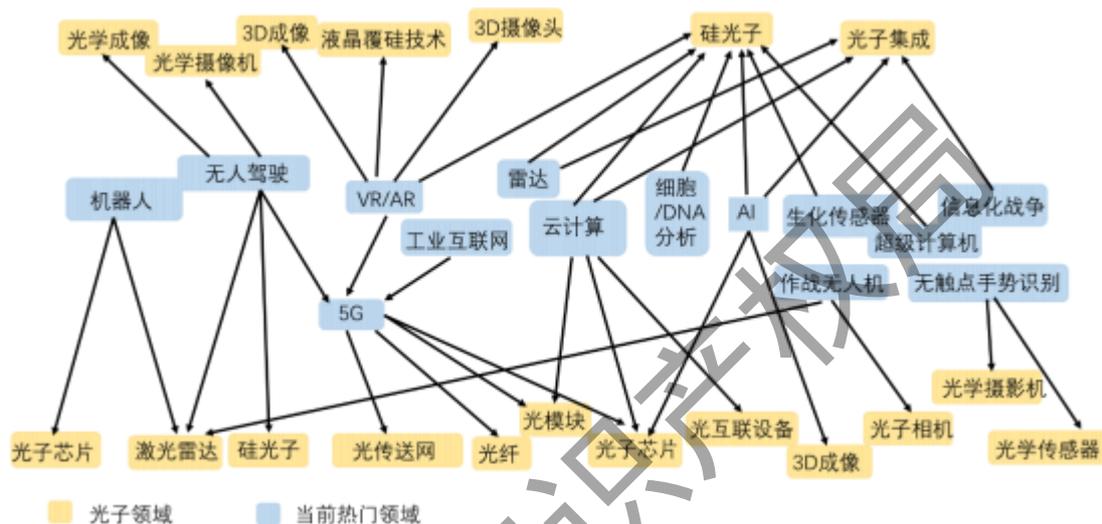


图2-33 热门领域技术与光子产业的联系

### 2.6.2 光子产业未来发展趋势

#### 一、国外发展趋势

美国、日本、欧洲等发达国家和地区的光电子技术处于领先水平，美国将光电子技术列为21世纪最重要的战略性技术并投入了大量的人力、财力、物力。日本近些年也对光电子技术研究进行了大量投入，在国际市场中逐渐占据重要地位。在欧洲地区，德国对光电子技术研究较早，积累了大量宝贵的发展经验，技术基础夯实，逐渐取得了一些优势，欧洲21世纪光子咨询专家组在《Towards2020PhotonicsDrivingEconomicGrowthinEurope》中强调了光子学在欧洲经济增长中的重要性。

欧盟委员会在《未来的100项突破性创新》中对各项重点技术进行了评估和预测（如图4-10），引入了以下三个指标：2038年大量使用的可能性、欧洲地位和当前成熟度（三个指标评级为1-5级，等级越高说明指标表现力越强）。

欧盟委员将8大与光子学相关的领域列入《未来的100项突破性创新》，包括交流机器人（涉及光子芯片）、高光谱成像、全息图等。总体来看，这8大光子

## 陕西省光子产业专利导航

学相关领域未来发展前景广阔，但目前成熟度不高，代表光子学领域未来的发展方向。具体来说，这8大光子学领域到2038年大量使用的可能性都较高（评分均在4分以上）。其中，交流机器人（涉及光子芯片）、高光谱成像、作战无人机（涉及光电传感）、无人驾驶（涉及光电传感）、Nano-LEDs到2038年大量使用的可能性非常高（评分为5分）。从目前欧洲地位来看，报告认为，交流机器人（涉及光子芯片）处于最高级别（评分为5分），其次为高光谱成像、无人驾驶（涉及光电传感）、无触点手势识别（涉及光电传感）、Nano-LEDs、全息图。而当前成熟度则普遍较低，其中高光谱成像、作战无人机（涉及光电传感）当前成熟度最低。

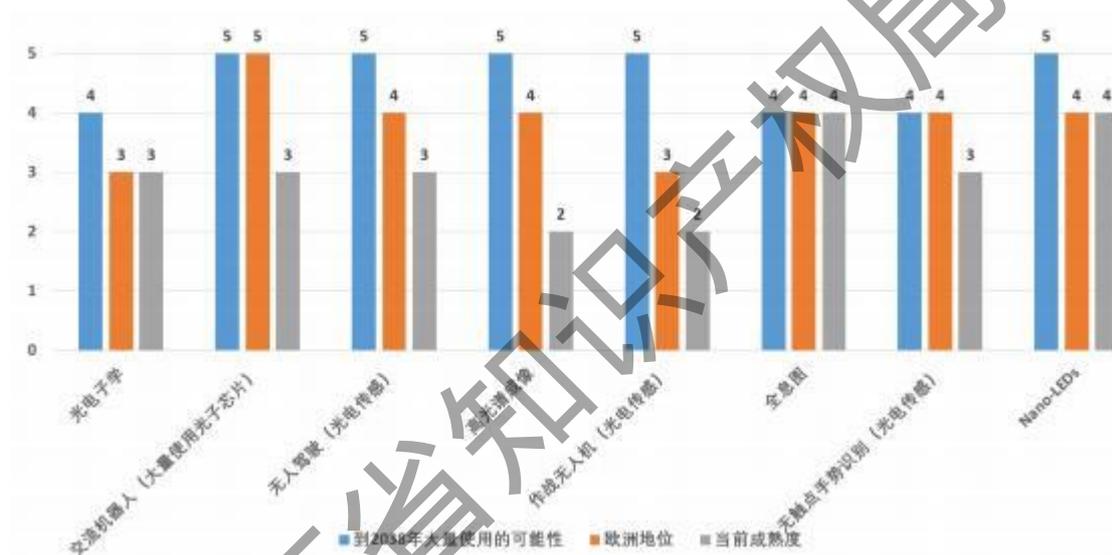


图2-34 光子相关突破性关键技术三项指标评分

从技术进展和未来的发展趋势角度来看，美国国家科学院在《光学与光子学——美国不可或缺的关键技术》中提到，光子学领域正在经历跨越部门、市场和行业的快速技术进步与应用延伸，尽管某些分支技术（如光学）已经进入成熟期，但该领域整体上正在经历着机遇和增长期。报告归纳了如下几个未来发展的重大攻克方向：①提高光纤网容量/价格比的新技术；②面向通信、传感、医疗、能源和国防领域的光子和电子元件集成平台，实现芯片的低成本制造和封装；③面向军方需求的光学相机、高功率激光器、空间自由通信技术；④高分辨率的光源和成像工具。此外，报告还评述了光子领域若干分支技术自1998年来的主要技术动向和发展趋势，概括如下：

（1）光通信领域：过去光通信领域取得的主要技术进展集中在WDM光纤网络高通信量的经济性管理和充分发挥光纤放大器的作用方面；未来10年，预计光

## 陕西省光子产业专利导航

通信网络承载量会以100倍的速度增长，人们对于容量的需求促使光学技术的各种优势扩展到了网络边缘设备，数据中心也倾向于利用光学实现互联。

(2) 信息处理领域：量子计算等前沿领域是过去一段时间的研究热点，未来，光学技术运用于信息交换和处理中的趋势在不断增长。

(3) 数据存储领域：在过去十年间，技术不断成熟，诞生了诸如三代碟片技术、蓝光光碟、四代光学碟片、全息记录等技术突破。由于与其他存储技术的竞争，类似DVD光碟的未来发展前景并不明朗。

(4) 光子在国防与安全领域：光传感器正在成为情报、监视和侦察系统的必杀技；激光武器正蓄势待发；集成光子学有望取代传统集成电路；精密光学监控系统研制取得关键性突破。报告认为，该领域内光子学技术尚处于独立研究开发阶段，但是，这些活动之间存在着显著的协同效应，过去硅光子领域的重大进展将以低成本、高效益的形式将光学和电子学紧密集成。

(5) 光子在健康领域：一方面，光子学扮演着重要角色，在诊断、治疗和疾病预防领域提供行之有效的低成本方法。例如，光学成像为医学诊断提供了关键的推动力；光学在许多分子诊断仪器中发挥了重大作用，提高了检测的灵敏度和指向性。另一方面，新型光源和光学材料、成像设备、微流体技术及检测方法等关键性技术的进步拓宽了光学技术的运用范围。未来，光学制造水平向精度极限的发展趋势和动力将推动光源和成像元件制造水平的不断进步，以满足对更高分辨率的要求。

(6) 光子在精密制造领域：光子学的发展推动了精密制造产业的发展，使传感器等技术进一步升级，未来光子技术将更多的运用于这些领域。代表性的技术包括通过生成高次谐波分量开发阿秒脉冲串、纳米光学和等离子激光光子学光子状态的形成、控制及探测以及利用光学综合孔径雷达实现高分辨率遥感等。

(7) 在光显示领域：报告认为，尽管OLED近年来发展势头迅猛，但其在大中型显示设备中的运用还存在障碍，因此LCD仍有可能是未来一段时间的主流显示技术。三维显示和高色彩保真度是LCD显示的发展趋势；在柔性显示领域，近年来的研发重点在于新材料的攻克，包括显示所用的OLED、液晶和电泳粒子、作为柔性背板的稳定耐热聚合物和可打印的半导体等。另外，报告还谈及了战略性光学材料的发展重要性，代表性包括面向LED的新材料、亚波长光学、超材料和光子晶体、纳米材料、生物光学材料等。

### 二、国内发展趋势

相比于国外发达国家而言，国内光子技术发展起步较晚，但大量的投入研究促使光子技术发展十分迅猛，逐渐缩小与最先发展光子技术国家之间的差距，已经逐渐达到世界先进水平。例如：光收发模块、探测器等光电子器件上我国的技术水平较高，在世界范围的市场具有强大的竞争力。

#### (1) 光子技术在尖端技术领域呈现出高速发展态势

王振杰从应用角度分析了光子技术未来的发展趋势，他认为，光子技术在尖端技术领域呈现出高速发展态势，如在光互联、光计算、光存储等方面将在不久的将来得以实现，并且运算速度、存储容量等也将得到大幅度的提升。在生物医药领域中，光子技术也成功在诸多生物医疗仪器中得以应用，实现了对生物医学的光学探测，如HIV病毒检测等。

#### (2) 光子技术会朝着集成化的方向不断发展

王婧雯认为，随着半导体激光和导体激光光源器件在不断的不断发展，使得相关的电子技术逐渐表现出多样化和集成化的发展趋势，特别是在当前的这种科研技术背景之下，使得各种新材料和新的器件设备不断地出现，为光电技术的发展提供了更新的特点和便利性。在硅基光电子技术的研究中，超晶格、掺铟硅、硅基异质外延、量子阱材料、多孔硅等多种硅基发光材料使硅与锗的发光效率不断提高。Kimerling等人在SOI中成功实现了对硅波导与掺铟硅发光管的集成。Hirschman等人则实现了在同一硅片中利用硅微电子工艺对多孔硅发光管与双极晶体管进行了集成。此外，英国科研学者还研制出一种能够在室温环境中发光的全硅LED二极管，这也使光电技术越来越向着全硅光电集成的方向进行发展。李圣鑫指出，在导体激光以及半导体激光的迅速发展之下，通过各种辅助材料和技术与光电子技术的融合，未来光电子技术将会呈现集成化发展状态，并不断研发出新的设备以及材料。

#### (3) 硅光电子技术是未来光子技术的重要发展方向

在光电子材料领域，IBM公司的科研人员利用半导体激光器与聚合物电光调制器对六个电视信号进行了同时传输与接收，并通过聚合物调制器取得了较高信噪比。通过硅晶体来制造光电二极管，能够生产出更多的先进数字设备，提高设备性能，使其响应速度更快、量子效率更高、工作范围更大，这也使硅光电子技术成为未来光电子技术的重要发展方向。

### (4) 未来光子技术会拓宽应用范围，并具有更强的环境适应能力

王婧雯认为，现在的科学技术在不断的发展，使光电子技术开始从实验室逐渐应用到了各个领域当中，因为环境不同，使光电子技术应用的环境也多种多样，可以逐渐朝着地面行走、水下潜航、太空侦察和探测爆破等各种领域不断的发展。

### (5) 光显示正朝AMOLED、可挠式OLED方向发展

王振杰指出，在液晶显示屏中，光电子技术的应用实现了有源阵列液晶显示屏的生产。光电子技术还能通过光刻技术对色滤波器阵列与薄膜晶体管阵列进行制造，并且还能通过光学检测技术对显示器产品进行监视，正是这些作用，使光电子技术贯穿于液晶显示器的整个生产流程，在液晶显示屏制造领域中正发挥着越来越重要的作用。查朝云<sup>158</sup>指出，有机发光显示技术取得了巨大的进展，目前，发光效率日益增长，全彩色OLED技术普及程度逐渐提高，采用低温多晶硅TFT驱动的全彩色器件也已经被开发出来；白光OLED得到了广泛的重视。未来OLED技术发展趋势如下：（a）相对于PMOLED，AMOLED在主流应用产品趋向高彩、大尺寸、快速显示的应用方向下更能够满足实际应用需求；（b）可挠式OLED的应用是未来的必然趋势；（c）OLED的材质特性使其在灯具、光源中的运用前景广阔。

### (6) 激光器不断提高速度和带宽，半导体激光器、全固化固体激光器、原子激光器竞相发展

舒浩文认为激光器光电子技术的核心应用，半导体激光器便是其中具备重大意义的技术成果之一，在各个领域中得到了广泛的应用。近年来，激光器的新材料新结构的研究开发促使半导体激光器开始向着大功率、中远红外波长、宽带宽及短波长的方向进行发展。而全固化固体激光器的出现使其成功取代了传统的固体激光器，原子激光器等其他类型的新型激光器也取得了显著的技术进步。王龙奇认为，激光产品的发展趋势在于不断提高激光器的速度和带宽，以满足高速信息传输和处理的要求；提高发射功率，满足大功率加工、远距离测量要求；提高激光效率；半导体激光相干合成技术，以实现半导体激光器在工业加工甚至激光武器水平；新体制半导体激光器研究（包括量子点激光器、量子级联激光器、可调谐半导体激光器等）。

### (7) 近场控制是光存储的关键技术

在光存储方面，科研人员集中在提升光存储容量方面的研究，并通过双光头读写技术与复膜技术使光存储的容量提升到了数Gb范围。同时还对光调制器与集成激光器面阵进行了研究，并成功解决了光存储中点存储密度极限问题。如今，科研人员对光存储方面的研究主要集中在近场控制上，这也使近场存储技术有望成为盘式存储中的一大关键技术。

(8) 光电探测器提高器件响应度，光电传输器件、光电连接器日趋小型化

王龙奇指出光电探测器的发展趋势是提高器件的响应度，减小器件噪声，必要时发展大规格阵列器件，将辅助电路（前放、模数转换、温度补偿等）集成在探测器中，发展单光子探测器和三维探测器，扩展响应的频谱范围。光电传输器件及组件的发展趋势是，随着集成度的不断提高，光电耦合器日趋小型化，向高速、高电压和高线性度方向发展；向多路方向发展；向抗辐照、抗恶劣环境方向发展；向高可靠性、长寿命方向发展。光电连接器及组件的发展趋势在于追求系列化、小型化和商品化，以使用于航空航天、核爆模拟、海底应用和野战应用等领域。光纤光缆的发展趋势是开发损耗低、耐疲劳的野战光缆；开发强度高、速度快的单模海底光缆；开发负载大、损耗低、强度高的系留和拖曳光缆；开发舰载和机载抗干扰低损耗光缆。

### 2.6.3 光子技术未来发展趋势

#### 一、光学计算

伴随着电子计算机的瓶颈，光子时代即将到来，光子计算机的使用可以突破传统计算机的互联方式局限，从而转换为光互联模式，运算方式也采用了更加现代化的光运算方式。光运算可以对不同信息数据的波长进行表现，还可以增强对各类复杂信息数据的处理速度，使用光子计算机还可以使计算速度呈现增长趋势。

杨燕妮提出，目前开发的全光子计算机的结构基本是按照电子的传统计算机设计的，它用光控制器、光存储器和光运算器组合而成，相互之间和各自内部以光互联这种方式来通信。现在全光数字计算机处在研究过程中，如何开发更高利用率的光学元器件是面临的一大瓶颈。光神经网络计算机处理研究中，它具有人工智能的系列优点，带给研究人员极大兴趣，但是理论模型还需要进一步细化，要研制出利用率更高的空间调制器和性能更好地光开关阵列。当前全光数字计算

机与光电混合计算机正在不断发展，数字光计算的研究将成为所需要的光电器件的重要支撑。

### 二、光子芯片

光子技术是具有广泛影响力的使能技术，它的发展成果可以促进其他领域的创新，反之，其下游应用领域的发展也会驱动光子技术的发展，例如，交流机器人被列入《未来的100项突破性创新》中，它的“2038年使用可能性”、“欧洲地位”和“当前成熟度”三项指标得分分别为5、5、3，说明它尽管现在技术成熟程度欠缺，但其具备十足的重要性和未来的运用潜力。在过去的几年里，自然语言处理、机器学习和云计算方面的软件和硬件取得了显著的进步，催生了交流机器人的大量广泛使用，它们被用来进行个性化（尽管仍然有限）的对话。该报告指出，假设人工智能算法和光子芯片持续发展，人工智能驱动的交流机器人将越来越善于理解人类问题背后的意图，以及在各种对话场景中提供有意义的答案。交流机器人的发展相应的会带动光子芯片的快速发展。

光子芯片为各种应用领域提供高性能的硬件支持，这需要芯片的物理结构跟应用软件高度匹配，达到较高的效率。已有的电子芯片在计算速度和功耗方面存在瓶颈。相比之下光子芯片计算速度是电子芯片的三个数量级，功耗仅为电子芯片的百分之一。李嘉恒总结了硅基微波光子芯片的发展趋势，近年来，激光器、探测器、光栅耦合器、光波导、光开关和微环滤波器等光器件的分析设计和制作工艺已经成熟，但在系统设计过程中，各器件分离构成，大大限制了整个通信系统规模的发展。因此，硅基微波光子高度集成于同一芯片将会加快整个通信领域的发展。硅基微波光子芯片在军事和民用方面具有潜在的巨大价值。

傅耀威指出了以下几个光电子集成芯片技术发展的主要趋势：一是在光电子芯片与器件层面实现集成化是支撑信息系统对速率带宽、能耗体积以及智能可控等需求的必然趋势；二是信息应用的复杂化和动态化带动了智能化信息传输、交换及处理的需求，这意味着光电子功能模块具备可重构的能力，能够完成所需要的快速功能转换（例如波长、偏振、频段等）。“可调试”、“可编程”、“可重构”等将成为未来高性能光电子模块的必然趋势；三是随着信息社会对带宽需求的高速增长，复杂的信号维度组合逐渐成为光网络系统构建的难点，各种波分复用技术和高阶调制格式得到了广泛运用。因此高效的信号控制机制将成为重要的技术发展趋势。

### 三、5D光学数据存储

存储技术的发展实际上是各种载体材料技术的发展，并且数据存储寿命和容量之间往往存在一种相互制约的关系，存储大容量信息的存储介质往往寿命较短，而存储寿命较长的介质存储容量又比较小。5D存储技术利用了纳米结构的熔融石英作为存储介质，利用飞秒激光输入法发射密集的超短波激光脉冲照射石英晶体制备可存储数据的纳米栅格，这种存储系统特殊的退化核心机制（纳米栅格之间的纳米空洞的坍塌崩溃）赋予了它超长的存储时间和很高的使用温度。5D存储技术记录了纳米结构的大小、方向和三维坐标五个维度的信息，通过光学显微镜和偏光器可以读取其中的数据。此外，5D存储技术还赋予了存储系统巨大的存储容量。

但是5D存储技术目前仍然处于实验室研发阶段，其商业化发展道路是未来攻克的重要趋势，5D存储技术目前商业化的障碍有以下几方面：首先，目前的数据存储介质，其体积容量还不是一个主要的问题，且硬盘相对于5D技术有着巨大的写入速度优势。其次，高纯度的石英玻璃价格比较高，其成本也是5D存储技术商业化的一大障碍。总的来说，下一代数据存储技术应该具有单位容量价格低、存取速度快、寿命长、能耗低等特点。短时间内，可以通过对原有存储介质的扩展，来提高存储能力。但从长远看，必须加强新材料、新技术的研究和应用。

### 四、高光谱成像

高光谱成像技术被列入《未来的100项突破性创新》名单中，它的“2038年使用可能性”、“欧洲地位”和“当前成熟度”三项指标得分分别为5、4、2，说明高光谱技术目前还处于开发的初级阶段，但其表现出很高的地位和未来运用的潜力。尽管报告认为该技术尽管比传统成像系统具有明显的优势，但目前的成熟度较低，仍处于起步阶段。其发展的局限性包括：一是速度限制，它受到高光谱数据固有的大数据量的限制。速度限制直到最近才被克服，为了使这项技术得到广泛的应用，仍然需要进一步研发；二是成本和解释信息的方法，但将最先进的高光谱成像引擎与分类和机器学习算法相结合有望解决这些问题。

尽管存在发现的局限性，高光谱成像技术广泛的下游运用前景有望驱动这一技术快速发展：

(1) 在医疗领域，高光谱成像具有非接触性和微创性，在医学治疗和诊断中具有重要的应用价值。可用于精确寻找癌症肿瘤位置、评估早期胚胎的健康状

况，提高体外受精（IVF）成功率，此外基于光谱分辨检测器阵列开发的HSI荧光成像相机可用于内窥镜室或手术室在神经外科和眼科领域显示出前景。

(2) 在食品质量领域，目前科学家们已经证明，高光谱成像结合图像处理算法可以快速的、无创的准确预测猕猴桃品质属性（如硬度、可溶性固形物含量和酸度等）。另外，利用数字成像、光谱学和机器学习技术的结合可以分析光线的独特光谱反射，从而确定食品营养成分、脂肪和蛋白质含量以及新鲜度。这种自动化的、非侵入性的技术有望提高现有食物的质量和新鲜度，减少食物浪费。

(3) 在矿业领域，由于一些基本金属的已知来源在未来几十年内将面临枯竭，在寻求现有采矿勘探技术的替代方法方面面临更大的压力。高光谱成像可以基于物质吸收和反射的可见光和不可见光的波长建立每种矿物的光谱指纹有望运用于采矿勘探技术领域。

(4) 在资源回收领域，结合空间模式识别算法的高光谱数据可以检测到广泛的材料、模式、涂层、缺陷和污染物，生成用于质量控制的数据，并将信息传输给机器人执行机构，实现商品的自动挑选和分类，克服传统视觉系统对颜色或外观相似的物品进行分类的缺陷。

(5) 在安防领域，高光谱成像技术和分析软件可用于检测在制造炸弹或走私毒品等非法活动期间可能转移到特定物品（如车辆或背包）上的爆炸物、麻醉品或化学残留物。

(6) 光谱成像系统的优化也取得了显著的进步，例如研究人员开发出一种算法，用更少的数据快速准确地重建高光谱图像。该方法采用“压缩测量”技术，将空间和波长数据混合起来，算法和硬件相结合，可以在更短的时间内获得高光谱图像，并使用更少的内存存储这些图像。另一研究团队将石墨烯与量子点结合，开发出一组光探测器，产生高分辨率的图像传感器。当作为数码相机使用时，该设备能够同时感知紫外线、可见光和红外光。这种基于CMOS的单片图像传感器兼具低成本、高分辨率宽带，是高光谱成像系统的一个里程碑。

在未来发展方向方面，高泽东<sup>168</sup>等认为，小型化、低成本、实时快照式光谱仪将是高光谱成像领域未来的发展趋势。近年来，棱镜光栅色散型、AOTF可调谐滤光型、傅里叶变换干涉型光谱成像仪已得到快速发展，但是这些光谱仪体积较大、成本较高，一般作为科学仪器使用，不适合产业化应用需求。基于焦平面分光的光谱成像技术将阶梯楔形Fabry-Perot干涉滤光片制作在CMOS传感器表

面，通过器件形式实现光谱分光的光谱仪具有体积小、重量轻、易于批量生产、成本低等优势。在实时快照式光谱成像方案中，计算层析、压缩编码光谱成像技术基于复杂的重构理论，重构的数据质量和重构实时性还需要进行攻关突破，短时间难以实用；积分视场、离散采样光谱成像技术原理简单且相对成熟，一般用于对空间分辨率要求不高的场合。复眼滤光式光谱成像技术采用复眼成像实现视场的复制，将3D映射到2D，像素滤光式光谱成像技术将Bayer彩色成像概念拓展到光谱成像，通过探测器表面的像素级Fabry-Perot滤光分光，既能在权衡光谱分辨率与空间分辨率的基础上实现实时性，又能极大地减小体积、降低成本。

黎珊珊归纳了高光谱成像技术在医学领域的应用趋势，她认为高光谱成像仪器的整机性能的进一步提升；改进和融合传统的分类识别技术、创建适合高光谱数据特点的分类识别新模式；剔除各种干扰因素的高光谱成像数据挖掘、数据量化处理算法是该领域技术的发展趋势。

### 五、Nano-LEDs

相比于传统的LED技术，纳米LED具备更高的发光效率，规避了荧光粉存在的寿命衰减、色温衰减等问题。但是，工艺瓶颈的突破是纳米LED商业化的必经之路，纳米柱状发光体的特性和目前半导体生产工艺过程中需要解决稳定、均匀地控制基板上的纳米LED柱状体生成，并尽可能降低坏点和死点的问题。另外，纳米LED控制部分的线路布置，也需要进一步研究攻克。

纳米LEDs技术被列入《未来的100项突破性创新》中，它的“2038年使用可能性”、“欧洲地位”和“当前成熟度”三项指标得分分别为5、4、4，它是光电子技术领域为数不多的三项指标得分均较高的领域，说明它具备较高地位和发展前景的同时在技术和产业领域也在逐步走向成熟。报告指出，电子通过发光的纳米半导体将在生物学、计算机、医学，照明等领域有许多应用。纳米LED可以产生更大范围的波长，只使用少量的能量，并允许更温暖和更生动的颜色显示。在短时间内，纳米LED就可以被用来给公寓的墙壁涂上自己喜欢的颜色和图案。从更长远的角度来看，既能发光又能探测光线的新型LED阵列可以帮助用户通过非触摸手势控制智能设备，还可以利用环境光为这些设备充电。

未来最重要的研究方向之一将是开发超小型高效电路元件，例如使用纳米LED的调制器和探测器。纳米LED领域近期代表性的研究进展如下：多任务LED显示屏是基于纳米棒的LED，它能够以LED三倍的速率同时发射和检测光，使得

人眼在执行其他功能（如通过阳光充电或响应非触摸命令）时，仍能感觉到显示器处于永久开启状态。由纳米棒LED制成的阵列可以对激光笔作出反应。它可以运用于智能白板、平板电脑或其他表面的书写或绘图功能。此外，纳米LED还在光学数据通信有着广泛的运用前景，用电压信号发送数字数据的另一种方法是使用光信号。在LED或固态激光器的帮助下，数字电路中的电信号可以转换成离散的光学信号，反之亦然。埃因霍温科技大学的科学家们设计了一种纳米LED，其效率是其前身的1000倍，能够以每秒几千兆比特的速度传输数据。

### 六、片上光源

通过将最小的碳纳米管集成到纳米结构波导中，研究人员开发了一种小型开关元件，可以将电信号转换成清晰定义的光学信号。这种纳米结构像光子晶体一样，可以在碳纳米管中定制光的特性，当施加电压时，就产生光子。这种紧凑的电力/光信号转换器现在满足了下一代计算机的要求，将电子元件与纳米光子波导相结合，有望提高速度和更好的能源效率。混合集成的片上光源，就是利用键合等CMOS兼容工艺将硅基光电子器件与II-V族材料器件混合集成在同一个衬底上。

片上集成光源方面取得系列研究进展：作为现代光学尤其是集成光学核心部分，高质量脉冲与相干激光光源一直以来都是学术界与产业界的重要关注点。在中国科学院B类战略性先导科技专项“大规模光子集成芯片”支持下，近日，西安光机所微纳光学与光子集成团队在片上集成光源方面取得系列研究进展。

在片上实现了以49GHz为基频得多倍频（1~15）稳定激光脉冲源，该研究成果于2017年7月19日发表在SCI光学一区期刊《ACSPHOTONICS》杂志上，题目为“Repetition rate multiplication pulsed laser source based on a micro-ring resonator”。通过设计不同激光器参数，利用激光腔内光场增益、非线性和色散的相互作用，产生的各类脉冲激光源已经在学术和商业领域中取得丰硕的成果。而面对超高速光学时钟、高速光通信技术、微波光子学、光谱测量及天文光频梳等领域对激光脉冲源的重频提出了更高的要求。西安光机所利用自主研发的片上微环谐振腔，基于耗散四波混频效应，实现了基频为49GHz的稳定激光脉冲输出，相比于超短腔脉冲激光器，有效降低了Schawlow and Townes限制带来的高相位噪声。同时利用片上激光模式选择机制，实现了49~735GHz的多倍速率的激光脉冲，突破了激光腔自由光谱范围对重复频率的限制。

### 七、光电传感器

下游应用领域的发展是驱动光电传感器发展的重要因素，无人驾驶、无人机和无触点手势识别技术被列入《未来的100项突破性创新》中，这三个领域的“2038年使用可能性”、“欧洲地位”和“当前成熟度”三项指标得分分别为5、4、3，5、3、2，4、4、3。尽管成熟度均有所欠缺，但他们的重要性和地位都不容小觑。(1) 无人驾驶技术广泛应用的主要障碍之一是传感器的相对成本和复杂性。如果希望运载人类，它必须以一种直观和清晰的方式与他们交流。这意味着为车辆备专门用于乘客分析的内部传感器（光学成像识别系统），这也是光电传感器的未来发展方向。(2) 无人机的研究一直专注于提高信息收集能力，使无人机更加精确以及制造能够识别和攻击个体的微型无人机。另外，感知能力是评判无人机性能的重要指标，为此开发利用多波长激光远距离分析物质的传感器能够可靠地探测到提供关键任务数据的爆炸物。

未来随着物联网技术的发展和普及，光电传感器应用将渗透到人类生活的方方面面。随着光电传感器应用领域的不断扩大，借助半导体的蒸镀技术、扩散技术、光刻技术、精密微加工及组装技术等，使多种敏感元件整合在同一基板上成为可能。终端应用的集成化要求，推动了多功能化传感器的发展。

### 八、全息图

全息图在娱乐、设计、医学或智能等领域运用前景广阔，被欧盟委员会列入《未来的100项突破性创新》中，它的“2038年使用可能性”、“欧洲地位”和“当前成熟度”三项指标得分分别为4、4、4。说明了全息技术具备突出的地位和未来发展潜力，同时其技术成熟度也比较理想，综合评分比较优异。报告指出，未来的3D全息显示可以在不佩戴任何3D眼镜或VR设备的情况下，提供超真实的电影再现水平。柔性和弹性超薄薄膜可以嵌入到各种各样的表面，从而产生创新的智能手机和日常设备，这些设备将投影3D全息图，使它们的屏幕大小变得无关紧要。此外，如果可触摸全息图真正发挥作用，我们可以看到全息界面与设备交互的新方式，以及为虚拟现实体验添加了全新的维度。

李建华分析了体全息技术在存储领域中的应用，与电、磁存储技术相比，体全息存储以光波作为载体，具有振幅、偏振、相位等多个特征参量，以及将二维表面存储发展为多维度高密度存储的潜在优势，有望突破现有存储技术的不足，满足当今信息时代对海量数据存储的需求。最近的进展表明，使用超表面全息图

的纳米立体显示器是有望实现的。与通过许多视觉效果来模拟深度的传统的显示不同，立体显示能够在三个物理维度上对物体进行视觉表示。在实际应用中，标准全息图具有非常窄的视角（小于3°）和较差的色彩再现，并不适用于立体显示。为了产生足够的相移用于三维显示，全息图需要达到光学波长的厚度。

最近的一系列实验涉及纳米级薄膜的全息图，这使得纳米像素比可见光的波长还小。（1）丰桥理工学院的日本研究人员利用磁光空间光调制器（MOSLMs）开发出了纳米像素、视角超过30°的三维全息显示器，适用于再现3D电影。（2）来自中国和新加坡的一组研究人员发明了一种超材料，可以产生纳米像素，并将整个光谱的投影角度推到90度以上，获得了优异的图像质量，信噪比之前的全息图设计高五倍。（3）Brigham Young大学最近发表的一项研究显示，科学家们操纵尘埃状粒子——“几乎看不见的空中斑点”，并用它们来创建比传统全息图更逼真、更清晰的三维立体图像。站在这样一幅图像周围的人将能够从他们自己的角度看到图像。（4）日本筑波大学的研究人员利用飞秒激光创造出了能对人类触摸做出反应的全息图，该技术可以用于三维通信，应用于建筑工地或医疗指导。（5）圣彼得堡ITMO大学的俄罗斯研究人员开发了一种创新工艺，采用装载了纳米钛制成的无色墨水的普通喷墨打印机，在微型压花纸上进行沉积可在几分钟内打印全息图像，极大地节约了时间和金钱成本。全息图不仅可以打印，而且全息图本身也可以用于3D打印。

### 2.6.4 美国对光子产业技术的贸易控制

#### 一、美国对高科技技术贸易控制措施

##### （1）《出口管理条例 Export Administration Regulations》

相关措施来源于联邦法规第十五章（编号15CFR774），《商业控制清单》（包含敏感商品和敏感技术）。美国商务部工业安全署（BIS）根据该清单对涉及国家安全和高技术范畴的军民两用和较为不敏感的军品等出口商品进行甄别和监管。出口清单上的项目需要预先获得商务部批准。凡是在清单上拥有出口管制分类编码（Export Control Classification Number, ECCN）且未得到豁免的商品出口均受EAR管制173。

##### （2）对华301调查征税产品建议清单

“301”报告是指美国《1974年贸易法》第301条，美国贸易代表办公室可以利用这一条款中的规定，对美国的贸易伙伴国家进行调查，最终采取提高关税、限

制进口、停止有关协定等报复措施。简称“301调查”。美国东部时间2018年4月3日，美国贸易代表办公室（USTR）发布对华301调查征税产品建议清单。建议征税的领域包括航空航天、信息和通信技术、机器人和机械制造等行业，涵盖约1300种征税产品，建议税率为25%。美方声称此举是为了应对中国所谓“有关强制美国技术和知识产权转让的不公平贸易行为”。实则目的在于打击“中国制造2025”所鼓励的行业的发展。

### （3）美国贸易代表办公室对2000亿美元中国商品加征关税

为了回应中国政府此对美国600亿美元产品加征25%-5%的不等关税。2019年5月10日，美国海关与边境管理局（CBP）正式发出通知，对第三批共计2000多亿美元来自中国的商品，采取征收25%关税的报复措施。

## 二、受美国贸易控制措施影响的光电子产业技术

（1）“光通信传输”领域有22项子类技术被列入美国技术控制措施中，占据光电技术受控总量的57.9%。这可能是由光通信技术本身的重要性和广阔的发展前景，以及我国重点发展光通信技术的战略规划所决定的。首先，光通信技术具备的低损耗、大带宽等优势，在现代通信技术产业中占据重要地位。另外，我国近年来相继规划和实施了信息网络重大工程、宽带中国、网络强国等战略项目，并在《十三五规划纲要》、《信息基础设施重大工程》、《信息通信行业发展规划》等若干战略中出台了涉及光通信领域的相关政策。预示着光通信技术逐渐成为国家之间科学技术与综合实力竞争的重要舞台。在光通信领域中，光通信器件是构建光通信系统与网络的基础，高速光传输设备、长距离光传输设备和智能光网络的发展、升级以及推广应用，都取决于光通信器件技术进步和产品更新换代的支持。光纤通信是各种通信网的主要传输方式，在信息高速公路的建设中扮演着至关重要的角色，欧美等发达国家已经把光纤通信放在了国家发展的战略地位。因此，光通信器件和光纤光缆分别以64%和36%的比例成为光通信领域受到美国控制的重点技术子类。

（2）光显示技术中有7项子类技术被列入控制清单中，分别为发光二极管、晶体管类似半导体、光敏器件、半导体器件、LED和压电晶体、拥有LCD背光照明的LED、光接收和光传输设备。

（3）光探测领域中被纳入控制清单包括飞行控制光学传感器阵列、光学探测器、专为遥感应用而设计的单光谱成像传感器和多光谱成像传感器等。

## 陕西省光子产业专利导航

(4) 在光转换领域中，光转换系统成为被控制清单监管的重点技术。

(5) 美国技术对光电领域的技术控制还涵盖了光电技术的相关应用，例如“光学计算机”、“气动，液压，机械，电光或机电飞行控制系统（包括电传操纵和逐光系统）”、“在局域网络内使用激光器或发光二极管（LEDs）”等。

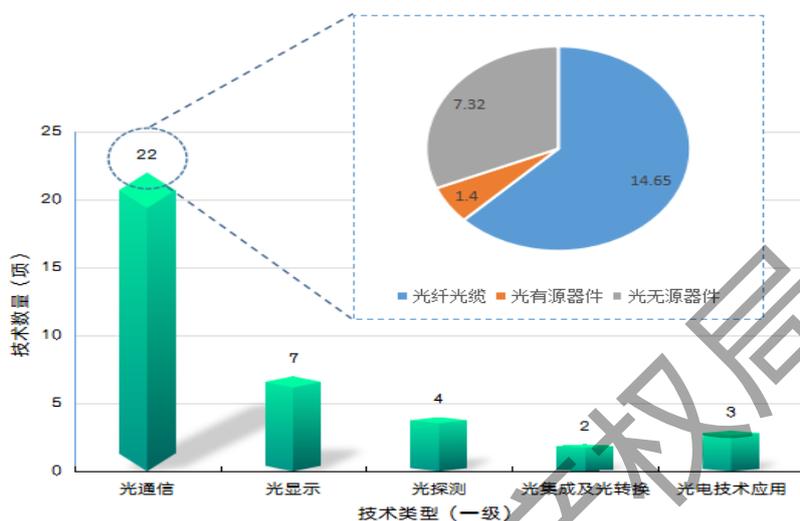


图2-34 各类光电技术在受美国控制措施影响技术清单中的分布情况

有人曾预言，光电子技术将继续微电子技术之后再次推动人类科学技术的革命和进步。光子学是一门具有极强应用背景的新兴学科，光子技术的基础是光子学。随着现代科学技术的发展，人们对光子学推动现代科学技术和生产发展的潜力有了进一步的了解，光子技术已成为当代的热门话题。它像电子学一样，正深入到科学技术、国民经济和社会生活的各个领域。

## 陕西省光子产业专利导航

### 2.7 光子产业链专利图谱数据检索统计

产业链	分类	技术领域	专利数量	
上游（材料与芯片）	半导体材料	元素半导体材料	191670	
		化合物半导体材料	69042	
	芯片	芯片设计	13671	
		外延片	39407	
		晶圆制造	3596	
		元件封装	10151	
		光无源器件	1854	
中游（器件与模组）	光模块、激光雷达、激光器、红外相机、3D扫描仪、光纤传感器、其他	光有源器件	33204	
		泵浦	1073	
		光学组件	8636	
		中小功率激光器	半导体激光器	9414
下游（设备与系统）	激光设备	光纤激光器	5661	
		大功率激光器	CO2激光器	369
			YAG激光器	267
		光子传感系统	测量检测	5917
	光子制造系统	增材制造	3D打印	7556
			焊接	39403
			熔覆	7063
		减材制造	切割	12103
			打标	190
			打孔	429
清洗			7352	
等材制造		改性	7078	
	退火	3930		

## 陕西省光子产业专利导航

### 2.8 光子技术链专利图谱数据检索统计

技术链	分类	产品	专利数量
上游（材料与芯片）	光集成芯片	光芯片、硅光集成光子芯片	97299
	光通信芯片	InP系列、GaAs系统、Si系列、SiP系列、LiNbO3系列	55371
	光学材料	光学玻璃、光塑料、光学晶体、波导材料、发光材料	27562
	半导体材料	硅基材料、氮化硅、碳基材料、磷化铟、砷化镓、铌酸钾	66081
中游（器件与模组）	光探测器件	外光电效应器件、内光电效应器件、发光效应器件	17125
	光集成器件	无源器件、有源器件	35058
	光通信器件与模块	光有源器件、光无源器件、光通信模块	17607
	光存储器件	体全息存储、光子三维存储、多阶光存储、近场光存储、蓝光储存	77621
	激光器件	固体激光器、气体激光器、液体激光器、半导体激光器、光纤激光器	10691
	光伏发电组件	太阳能电池、蓄电池、控制器、逆变器	1090
下游（设备与系统）	光探测系统	可见光、红外、紫外、太赫兹、光谱成像、激光探测	3066
	光纤	特种光纤、光纤传感、通信光纤光缆	13814
	激光器设备	激光加工、激光医疗、激光通信	20196
	光信息处理技术	空间滤波、空间光调制、白光信息处理、光学矩阵	686
	光伏发电组件	地理光伏光电系统、并网光伏发电系统、分布式光伏发电	587
	光显示技术	射线管、液晶、发光二极管、等离子体、激光显示	25373
	光源检测技术	照明光源、辐射光源	13908
	光机电系统	光学元件、光机加工、光机调试、光电测量与检测	4671

## 陕西省光子产业专利导航

### 2.9 光子产业优势、短板技术领域专利导航图谱数据检索统计

类目	技术点	企业数量	人才数量	专利数量	专利运营情况	发明人1	发明人2	发明人3
材料与芯片 (优势)	光电集成芯片设计	12598	2199	20603	4240	日立公司-463	日本电气-394	IBM-380
	光有源芯片制造	990	1357	2170	714	三星-47	IBM-44	美光科技-41
	光学材料	29080	98484	67703	16712	韩国SK集团-1378	IBM-1080	三星-1026
材料与芯片 (短板)	光电集成芯片制造	4628	14700	9635	2300	IBM-384	日立-190	三星-151
	光无源芯片制造	1141	2518	2062	728	IBM-104	三星-49	高通公司-30
	半导体材料	2991	9610	6626	1827	IBM-353	日立公司-135	三星-97
	光芯片封测	1888	6903	3551	635	中芯国际-69	韩国SK集团-66	IBM-62
器件与模组 (优势)	器件研发	6133	18453	14945	3127	富士通-554	NEC-529	东芝-521
	模组装配制造	2933	10239	6152	1162	三星-385	日立-194	佳能-100
	光耦合模块	16553	41160	32596	13029	美光科技-1920	三星-1042	日立-659
器件与模组 (短板)	高端器件性能提升	3572	12325	8593	1673	佳能-411	日立-398	尼康-293
	器件系统集成	1629	7354	5295	3993	三星-255	美光科技-128	日立-118
设备与系统 (优势)	超快激光制造	619	2265	1080	431	ImraAmericaInc-60	华东师范大学-33	IMRAAMERICAINC-28
	超快激光加工系统	200	572	225	90	ROFINSINARTECHNOLOGI ESINC-16	北京机科国创轻量化 科学研究院有限公司 -8	华中科技大学-6
	光纤传感系统	2100	7850	3102	1221	LITTONSYSTEMSINC-76	三星-38	浙江大学-35
	3D打印装备制造及应用	901	4146	1518	644	STRATASYSLTD-24		

## 陕西省光子产业专利导航

类目	技术点	企业数量	人才数量	专利数量	专利运营情况	发明人1	发明人2	发明人3
							SOLVAYSPECIALTYPOLYMERSUSAL LC-19	APPLIEDMATERIAL SINC-18
	超高精度扫描	362	1214	603	147	HitachiLtd-28	燕山大学-16	东芝-15
	异型微结构加工	1232	3949	1608	723	POSCO-72	NKTPhotonicsA/S-55	JFESTEELCORPORATION-50
设备与系统 (短板)	超快激光应用能力提升	549	2027	984	383	IMRAAMERICAINC-60	华东师范大学-33	IMRAAMERICA INC-28
	光子传感技术应用	571	1517	700	558	OusterInc-23	桂林电子科技大学-13	TheGovernmentof theUnitedStatesofAmericaasrepresentedbytheSecretaryoftheNavy-12
	光子制造专用控制系统	48	91	38	20	BAKERHUGHESINCORPORATED-4	BoardOfTrustees OfMichiganStateUniversity-3	BoardOfTrustees OfMichiganStateUniversity-3
	可穿戴设备及系统	248	929	373	118	高通公司-23	宁国市宁武耐磨材料有限公司-14	CompassTechnologyCompanyLimited-8
	工业领域的3D传感系统	326	842	387	73	MohammadAMazed-15	3DPlus-9	三星-9
	荧光光纤传感关键技术	430	1148	448	301	THEINDUSTRYACADEMIC COOPERATIONINCHUNGNAMNATIONALUNIVERSITY (IAC)-14	MGITechCoLtd-10	南京邮电大学-10

# 陕西省光子产业专利导航

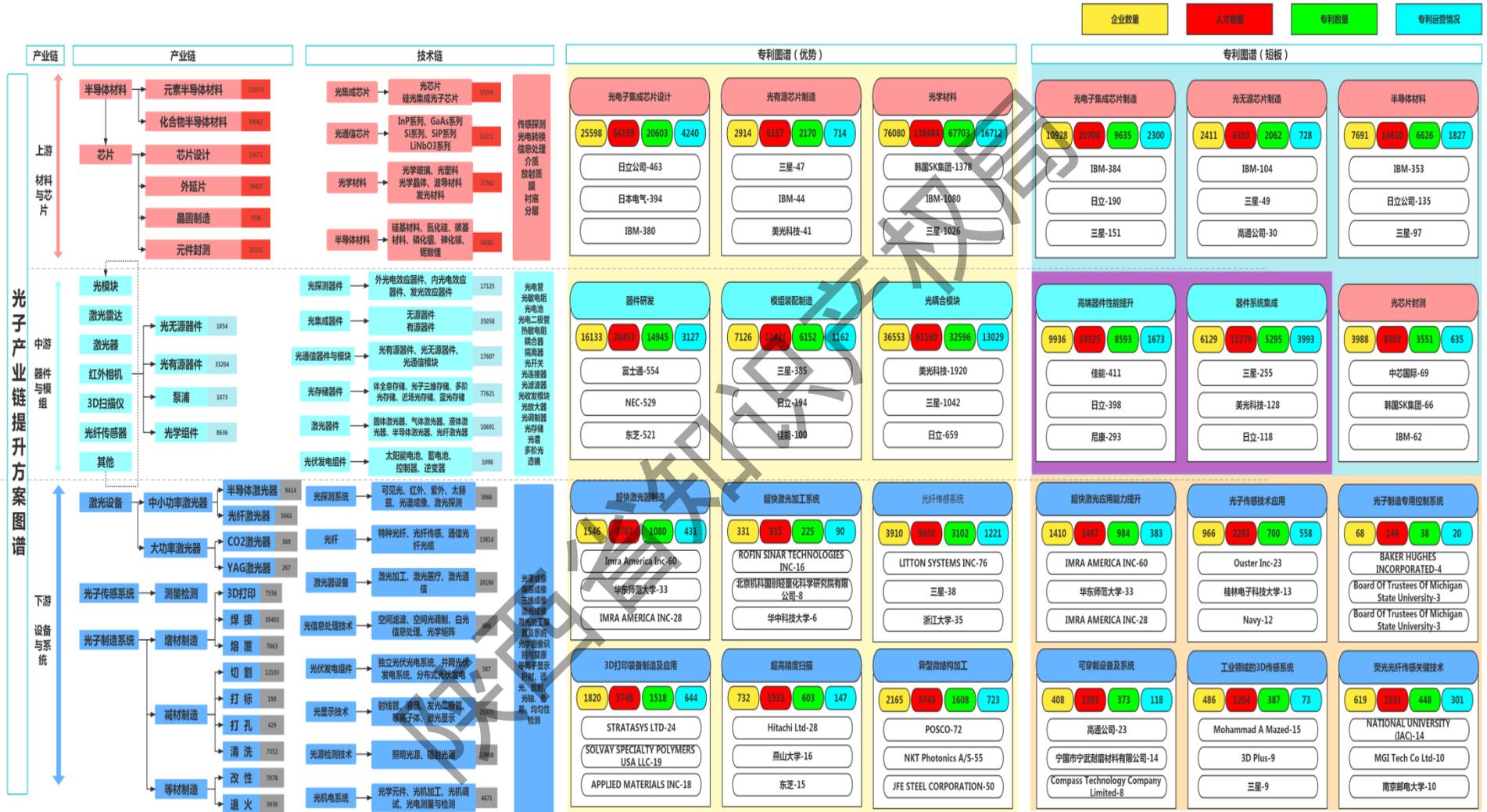


图2-35 光子产业链提升及强链、补链图谱

### 2.10 光子产业材料及芯片专利导航图谱数据检索统计

类目	技术点	企业数量	人才数量	专利数量	专利运营情况
材料与芯片	激光器	1927	4915	1498	457
	光电器件	556	1325	382	175
设计	有源	173	492	127	39
	二极管	225	629	156	54
	衬底	378	1027	288	110
结构	半导体衬底	366	682	235	84
	多膜结构	2048	5195	1418	438
材料	镓	369	950	248	70
	硅	1696	3982	1206	394
	氮	1001	2411	688	228
	铌酸锂	236	771	214	36
封测	发光器件封装	311	549	190	107
	专业测试	406	814	242	105
制造	晶片级器件制造工艺	1234	2726	796	428
	光耦合工艺	6395	13503	3849	2010

# 陕西省光子产业专利导航

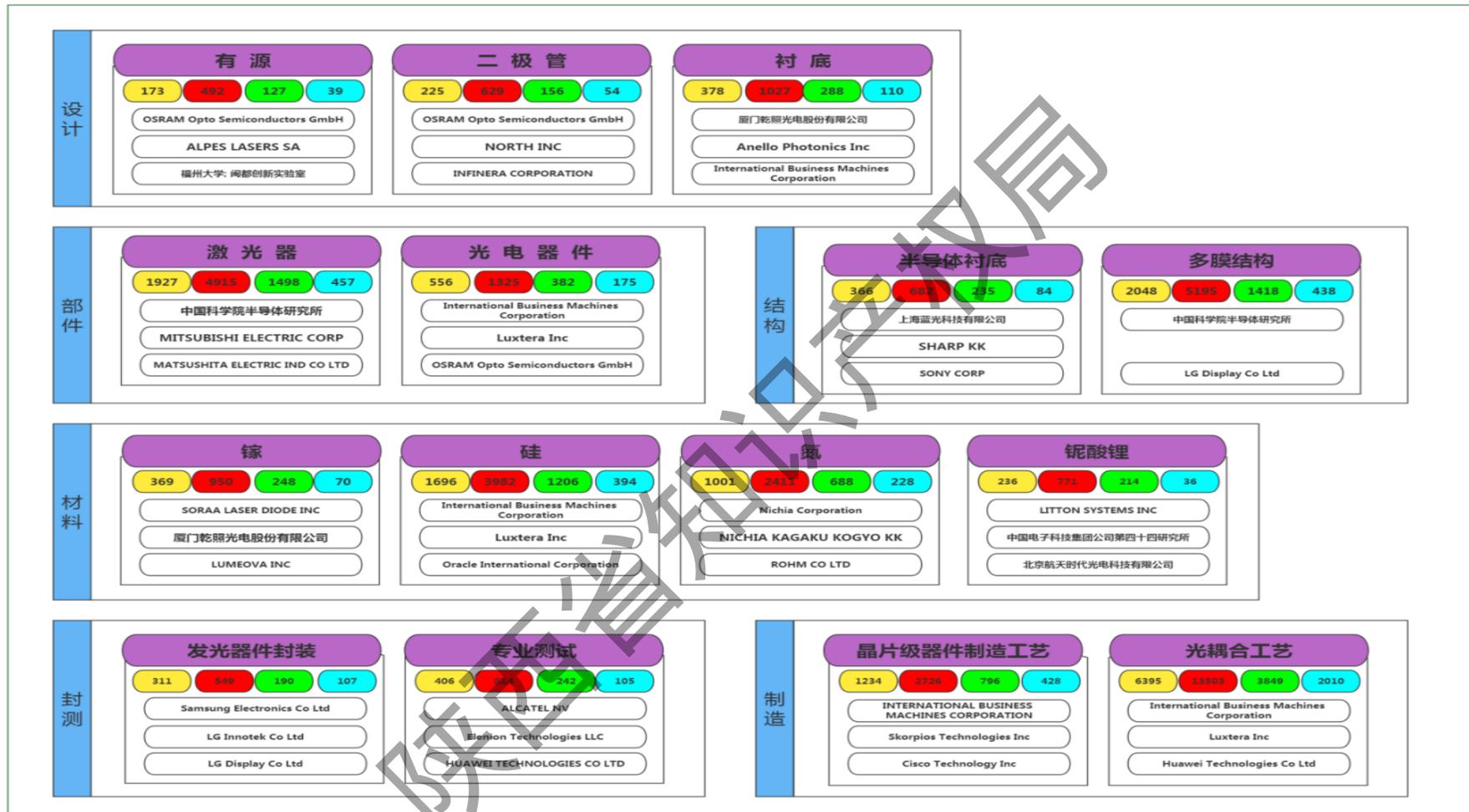


图2-36 光子材料与芯片产业图谱

### 2.11 小结

我国光子产业结构还不均衡，产业链上下游成熟度不一。主要表现为上游核心器件的缺失，国内相关厂商主要从事中低端产品的研发。上游产业链的薄弱使其难以为下游设备厂商提供有力的支持，绝大部分高端核心光器件及光模块产品被国外公司垄断，导致国内设备厂商毛利不高，发展受到掣肘。从产品结构来看，中国相关厂商的产品主要集中在中低端，高端、核心产品缺失，“空芯化”严重。关键器件芯片的薄弱导致我国光器件、组件以及模块均受到制约，供应链安全没有保障，已经成为限制我国光子产业长期发展的瓶颈。

截至检索日，我国光子产业共检出专利 129584 件，91937 个专利族，国内光子领域主要创新主体以军工集团为代表的国有企业和以中国科学院为代表的科研院所占据领先地位，近年来兴起的一些民营企业也表现不俗。

申请量排名前 10 的科研机构中，有 4 家科研机构的申请量超 500 项，主要集中在北京、上海、吉林、福建和陕西。各科研机构专利申请较活跃，发明申请占比均高于五成，专利有效性方面差距较为明显，有效占比最高的为中国科学院微电子研究所，超过六成。各研究机构对关系产业的研究侧重有所不同，中游器件和下游系统设备领域研究较普遍，是大多数科研机构研究的重点方向，申请量排名前 15 的高等院校中，有 5 家申请量超 600 项，在全国呈点状分布态势，北京、上海和南京均有两家高校。各高等院校专利申请较活跃，发明申请占比均高于五成，专利有效性方面除复旦大学有效性占比较低，其他高校都高于三分之一，有效占比最高的为华南理工大学，同时，各高等院校对光子产业的研究侧重有所不同，中游器件和下游系统设备领域研究较普遍，是大多数院校研究的重点方向，长三角地区目前拥有全国最大的光电产业集群，在研发、制造、应用等产业链各环节都走在全国前列。长三角地区拥有全国最大的液晶模组产业基地，分布在苏州、上海、南京等地，此外还拥有天马、龙腾光电、中电熊猫、三星（在建）等多条高世代液晶面板生产线。在江苏省，扬州拥有国家级的半导体照明工程产业化基地；苏州是我国最早承接 LCD 转移的城市之一；南京则拥有整机制造的优势，致力于打造液晶谷 121。为我国代表性光子领域产业联盟，涵盖了光子芯片、

## 陕西省光子产业专利导航

光显示、硅光子、光通信、光传感、照明、激光、光探测等领域。产业集群与产业联盟之间密切相关，相辅相成。

国内光子产业未来趋势主要表现在一是光子技术在尖端技术领域呈现出高速发展态势；二是光子技术会朝着集成化的方向不断发展。三是硅光电子技术是未来光子技术的重要发展方向；四是未来光子技术会拓宽应用范围，并具有更强的环境适应能力；五是光显示正朝 AMOLED、可挠式 OLED 方向发展；六是激光器不断提高速度和带宽，半导体激光器、全固化固体激光器、原子激光器竞相发展；七是近场控制是光存储的关键技术；八是光电探测器提高器件响应度，光电传输器件、光电连接器日趋小型化。

陕西省知识产权局

### 3 陕西光子产业发展定位研究

#### 3.1 陕西光子产业发展现状

根据赛迪研究院<sup>1</sup>对我国所有国家级产业园区生物医药产业发展水平做出的综合评估，2021年，我国生物医药产业百强园区东部地区占56席，中部地区占18席，西部地区占17席，东北地区占9席。陕西光子产业与北上广深及武汉、广州、成都等城市基本处于同一起跑线，且具有先发优势，与全球基本同步。特别是在特定关键核心技术等方面拥有部分领先优势。目前已经孵化培育了近百家光子技术企业，拥有以炬光科技、中科微精、奇芯光电、陕西源杰、唐晶量子、赛富乐斯、中科微光、卓镭激光、飞芯电子等为代表的一批领先企业，初步形成完整的光子产业链。

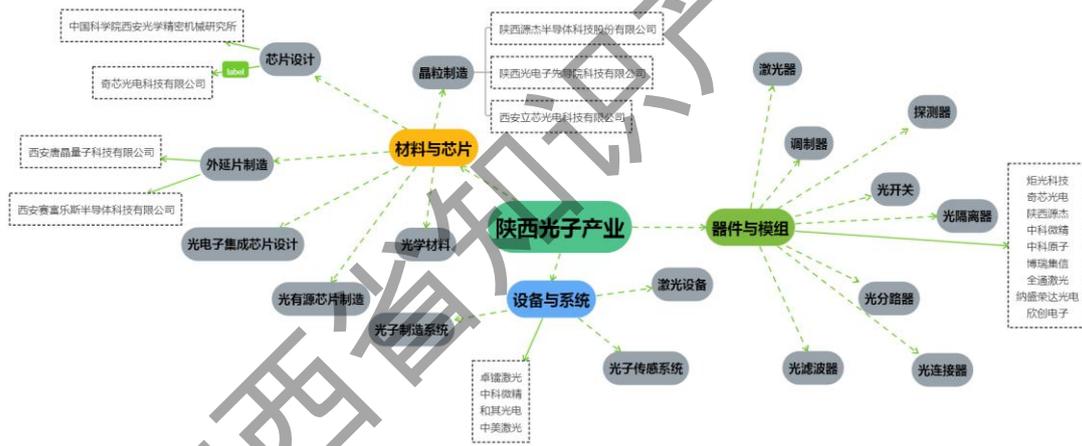


图 1-7 陕西光子产业链

材料与芯片方面。规模约 15 亿元，在芯片设计方面有西安光机所、奇芯光电，在外延片制造方面有唐晶量子、赛富乐斯，在晶粒制造方面有源杰半导体、光电子先导院、立芯光电等 20 余户代表机构和企业。在光电子集成芯片设计、光有源芯片制造和光学材料领域具有优势，其中赛富乐斯在全球首次实现了光电芯片核心材料半极性氮化镓的量产，唐晶量子是国内唯一具备量产能力的可商用大尺寸 VCSEL 外延企业，其 6 英寸外延片均匀度 < 1nm，达到国际一流水平。

<sup>1</sup> 参见赛迪研究院《2021 生物医药产业园区百强榜》

## 陕西省光子产业专利导航

器件与模组方面。规模约 20 亿元，包括激光器、调制器、探测器、光开关、光隔离器、光分路器、光连接器、光滤波器等分立器件以及集成光电子器件，陕西省基本涵盖上述所有器件领域，拥有炬光科技、奇芯光电、陕西源杰、中科微精、中科原子、博瑞集信、全通激光、纳盛荣达光电、欣创电子等 40 余户企业，在器件研发、模组装配制造领域具有优势，其中仅炬光科技就涵盖了光纤耦合模块、半导体泵浦源、传导冷却叠阵系列、水冷垂直叠阵系列、光纤耦合模块系列等 90 多款产品。

设备与系统方面，规模约 15 亿元，主要包括激光设备、光子传感系统和光子制造系统，拥有卓镭激光、中科微精、和其光电、中美激光等 20 余户企业，在超快激光器制造、超快激光加工系统、3D 打印装备制造及应用、光纤传感系统等领域具有优势，其中中科微精攻克了高精度三维可编程异型微结构扫描成形技术，实现了超高精度扫描及异型微结构加工，达到美国、德国等同类技术水平，解决了部分空天关重件制造能力无法满足设计需求的难题。

### 3.2 陕西光子产业布局与政策

陕西省对光子产业进行了顶层设计、战略布局，采用“政产学研用”新思路、新模式，大力组织推动光子产业双链融合发展。在“秦创原”启动大会上正式组建“陕西省光子产业共性技术研发平台”，瞄准光子产业链短板与前沿技术，为光子企业提供共性技术服务；成立“陕西省光子产业创新联合体”，整合光子企业及技术创新单位，通过聚焦支持“政产学研用”多方融合，带动光子技术全产业链集聚发展。2021 全球硬科技创新大会光子产业峰会发布了陕西省“追光计划”，“追光计划”依托陕西省光子技术与人才优势，聚焦先进激光与光子制造、光子材料与芯片、光子传感三大重点领域，以补链、强链为抓手，以西安高新区为主要承载地，加快培育壮大龙头企业，带动光子产业全产业链集聚发展，形成陕西光子产业发展全生态体系，打造出了全球光子技术原始创新高地、国家光子产业发展主阵地和具有全球影响力的光子产业生态高地。

陕西虽深居内陆，但在发展光子产业具有明显发展优势。一方面是科研优势，拥有西安光机所、西安电子科技大学、西北工业大学等一批光子学科健全、特色鲜明的高校院所，科研成果丰厚。另一方面，陕西光子产业集群已初具规模，在

## 陕西省光子产业专利导航

中科院西安光机所“西光模式”的推动下，已有 100 余家光子技术企业，初步形成了光子制造、光子信息、光子传感等产业集群。陕西在高折射率硅光芯片、微纳光波导、光栅耦合器和 VCSEL 激光器、半极性 GaN 光电芯片衬底材料处于国际领先水平。

光子产业将是未来整个信息产业的基石，也将迎来爆发式增长。我省推出“六个一”重点举措：建立一套“链长制”工作机制；设立一支光子产业补链强链基金，为光子企业提供金融助力；成立一个陕西光子先导创新中心，统筹布局，顶层规划；建设一个光子产业创新中试平台，为光子企业提供研发设计—小试中试—工艺代工的全面平台服务；打造一个光子产业发展空间载体，为光子产业集群提供空间承载；出台一套光子产业专项政策。

2021 年陕西光子产业头部企业西安炬光科技股份有限公司 IPO 首发近日顺利过会，科创板上市，成为陕西省第 68 家上市公司和第 9 家科创板企业。炬光科技是陕西“追光计划”的代表性企业，在陕西省委省政府推动的 23 条产业链中属于“光子产业链”的重要构成者。截止目前，陕西已形成了光子制造、光子信息、光子传感、生物光子等几大产业集群，已初具规模，并汇聚了一批全球光子产业领军人才。同时，陕西省承担中科院“大规模光子集成芯片”战略科技先导 B 专项，由“西光模式”的创建者、中科院西安分院院长赵卫担任首席科学家，带领团队完成了全球唯一基于硅基改性材料的光子集成平台开发，并成功实现了在陕的落地转化，陕西发展大规模光子集成芯片产业具备了良好基础。2023 年，助推 3-5 家公司科创板上市，打造光子集成与光子制造龙头企业，成为陕西省硬科技品牌，带动龙头光子企业在陕西设立总部，吸引光子企业在陕西设立研发中心，初步形成光子“航空母舰（上市企业）+附属舰队（小巨人企业、雏鹰企业）”为一体的光子产业集群，朝着千亿级产业规模目标迈进。

### 3.3 陕西光子产业创新发展定位

聚焦光电材料与芯片、先进激光与光电制造、光电传感、光电器件等发展方向，突出优势，补齐短板，以市场需求为导向，以龙头企业为依托，以重点



## 陕西省光子产业专利导航

宝鸡市	75
汉中市	41
渭南市	35
榆林市	27
铜川市	14
商洛市	11
安康市	10
延安市	7
合计	2059

我们选取了省内 175 家有代表性的光子企业(名单见附件)进行了具体分析,可以看到 2012 年光子产业处于萌芽期,相关企业较少,年增加不到 10 家,而 2012-2018 年光子产业企业发展迎来了爆发期,平均年增加 15 家左右,并且这段时期成立的企业都发展成了陕西光子行业的中流砥柱,多家企业已成功上市。2018 年以后,光子企业增加减缓,但也维持在 10 家以上,处于产业发展的成长期,镭杰半导体、维视莱康、中科中美、中科立德等优秀企业也在该时间段成立。



图 3-2 陕西光子产业重点企业发展趋势

# 陕西省光子产业专利导航

## 陕西光子产业相关企业发展趋势及专利技术图谱

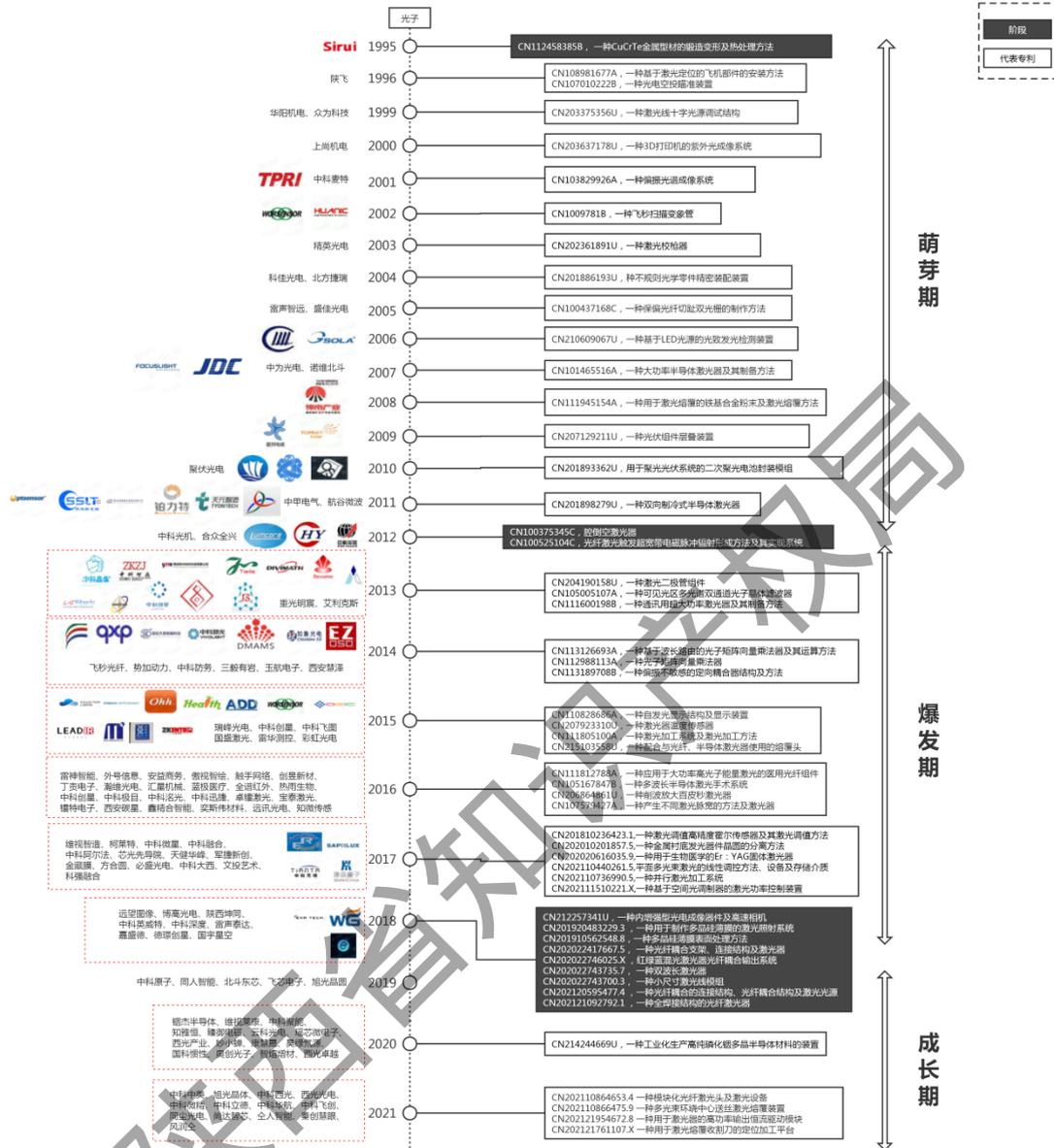


图 3-3 陕西光子产业重点企业发展趋势及重点专利图谱

尽管陕西光子产业企业众多，优势产业链发展布局已初见成效，但也不乏产业链短板，在做强优势产业链的同时积极的布局产业链短板成为未来产业发展的方向。分析发现，光子产业优势技术领域企业相对扎堆，产品重复且相互竞争严重，光子产业短板领域因研发成本高、回收投资慢的特点暂时发展相对缓慢。

### 3.3.1.2 陕西光子产业链优势与短板

陕西光子产业链与陕西光子企业发展、布局密不可分，陕西光子产业需要突

破的技术方向和关键技术也比较明晰，我们对光子产业链优势和短板，光子产业突破方向和关键技术、专利布局情况进行了分析。

### （一）材料与芯片方面

#### 1、优势领域：光电子集成芯片设计、光有源芯片制造、光学材料

突破方向和关键技术：空间激光通信收发一体光子集成芯片、大功率多结 VCSEL 外延片研制、高性能 HBT 射频外延片的国产化研制、高速 50G PAM4 DML 激光器芯片制造能力拓展、大功率 70mW DFB 激光器芯片制造能力拓展、紫外 LED 外延片、芯片制造能力提升、全彩转换的 Micro-LED 高清显示技术研发及产业化、高功率、高效率 808nm 半导体激光芯片产业化、低损耗和高折射率差大规模光子集成芯片制造工艺及技术研发。重点发展硅光子芯片、外延片，能量光子芯片、传感探测芯片、信息处理芯片、光计算芯片、光显示器件等各类光子产业底层芯片。

产业现状：当前国内的光子集成芯片多采用低折射率差低损耗（SiO<sub>2</sub>）材料或高折射率差高损耗（Si）材料，虽然低折射率差低损耗（SiO<sub>2</sub>）材料传输损耗低，但芯片尺寸大、集成度低；而高折射率差高损耗（Si）材料芯片尺寸小、集成度高，但传输损耗大，从而导致我国的高端光子集成芯片严重依赖进口。为了提升我国在光子集成芯片领域的竞争力，突破国外对我们的限制，亟需建立具有自有知识产权，兼具低损耗和高折射率差的特色半导体光子集成平台，切实解决光通信高速率、多功能、多通道和低功耗的应用需求。

空间激光通信设备是发展卫星互联网的重要支撑，而传统的空间激光通信设备存在体积大、质量重、功耗强、成本高、可靠性差等瓶颈问题，难以满足卫星互联网对星载设备批量化、低成本需求，导致作为支撑星间链路的空间激光通信技术突破发展势在必行。射频放大器芯片作为 5G 通信技术中的关键器件，主要应用于发射端。目前中国市场针对用于射频功率放大的高性能 HBT、HEMT 外延片的需求量飞速增加，国内也涌现出一批射频芯片生产龙头企业，但高稳定性的 HBT、HEMT 外延片供应几乎全部依赖于进口。

陕西在光电子集成芯片设计、光有源芯片制造和光学材料领域具有优势，其中赛富乐斯在全球首次实现了光电芯片核心材料半极性氮化镓的量产，唐晶量子是国内唯一具备量产能力的可商用大尺寸 VCSEL 外延企业，其 6 英寸外延片均

## 陕西省光子产业专利导航

匀度 <1nm，达到国际一流水平。

专利布局情况：

产业、产品名称	陕西省	国内	国外
	公开专利	公开专利	公开专利
光子集成芯片	16	469	358
大功率多结外延片	41	329	355
射频外延片	30	311	374
大功率激光器芯片	5	84	117
高速激光器芯片	4	119	164
LED 芯片、外延片	125	4827	5440
光有源芯片	10	153	732
Si 材料芯片	153	3612	7602
射频放大器芯片	23	845	954
硅光子芯片	3	290	1440
传感探测芯片	7	99	112
信息处理芯片	230	1430	6186
光计算芯片	1	149	434
光显示器件	101	5504	10031

依据专利布局情况：建议发展大功率激光器芯片、高速激光器芯片、LED 芯片、外延片，硅光子芯片、传感探测芯片、信息处理芯片（高端存储芯片）、光计算芯片（逻辑芯片、图形处理芯片、人工智能芯片、导航芯片），建设硅基氮化铝薄膜体声波谐振滤波器（FBAR）和大功率垂直结构 LED 芯片生产线，推进存储芯片等集成电路产业创新发展。

2、短板领域：光电子集成芯片制造、光无源芯片制造、半导体材料、光芯片封测

突破方向和关键技术：光计算、光路由与波分复用技术新突破、大功率、高频 VCSEL 芯片国产化量产工艺技术突破、大规模光电子集成器件与模块、基于 CVD 技术的 ZnSe 晶体材料研发、超低损耗光纤光缆技术与开发项目、先进硅基光子芯片制造技术突破。

产业现状：碳化硅、氮化镓材料是研制微电子器件、光电子器件的第三代半导体材料，具有耐高压、高频、高效、耐高温、抗辐射能力强等优越性能。目前氮化镓器件已广泛应用于 5G 通信基站射频收发单元、消费类电子快速充电器、电动汽车充电机 OBC 等领域。磷化铟已成为光电器件和微电子器件不可或缺的重要半导体材料。在光通信中，磷化铟在包括发射、探测、调制和混合等诸多功

## 陕西省光子产业专利导航

能中具有超高速传输的性能优势。通信领域的磷化铟晶圆市场预计 2021—2025 年期间的复合年增长率高达 40%，但在 2020 年以前该材料几乎全都依赖进口。我国芯片封装测试行业快速发展，芯片封测技术已经走在世界前列。2020 年市场规模达到 548.5 亿元，年复合增长率高达 14.5%。未来几年，行业的整体增速将维持在 30%以上。半导体产业配套封装制造材料主要包括光刻胶、IC 封装基板、环氧塑封料、键合丝等。2020 年全球半导体光刻胶以 ArF(193nm)光刻胶及 KrF(248nm)光刻胶占据市场主流，主要依赖进口。IC 封装基板为重要的半导体封装材料，主要处于 WB（引线键合）封装等中低端领域。环氧塑封料是用于半导体封装的一种热固性化学材料，是芯片封装关键材料，我国环氧塑封料企业以中低端市场为主，中高端产品基本依赖进口。半导体键合丝作为芯片和引线框架间的连接线，是半导体集成电路、分立器件、传感器、光电子等封装工艺中必不可少的基础原材料，随着国内半导体封装技术的发展和产品升级换代，国内键合丝企业的生产能力和技术水平不断提升，市场需求和发展空间亟待进一步拓展。

专利布局情况：

产业、产品名称	陕西省	国内	国外
	公开专利	公开专利	公开专利
晶体材料	64	3487	18193
光路由	6	375	2527
光计算	12	327	1048
碳化硅光电子器件	8	764	3205
氮化镓光电子器件	3	599	2704
磷化铟晶圆	2	896	2394
光刻胶	322	29244	272347
IC 封装基板	0	178	618
环氧塑封料	0	459	1185
半导体键合丝	11	359	1011

依据专利布局情况：建议发展芯片封测技术，封装制造材料包括光刻胶、IC 封装基板、环氧塑封料、键合丝等，开展碳化硅/氮化镓衬底和外延产品研发制备，实施碳化硅晶圆制造技术和关键设备研发及产业化项目。建设碳化硅器件制造线，实现碳化硅电力电子器件批量化生产。建设氮化镓器件制造线，实现氮化镓微波功率器件、电力电子器件、发光器件批量化生产。

（二）器件与模组方面。

1、优势领域：器件研发、模组装配制造

## 陕西省光子产业专利导航

突破方向和关键技术：光电倍增阵列器件性能提升、用于无掩膜光刻的超高分辨数字光学调制器性能提升、大视场高精度智能光学测量仪的研发与产业化、大功率固体激光器泵浦电源的研发及应用项目、小型化高可靠性全数字闭环光纤陀螺、TY421MEMS 陀螺航姿仪组合导航系统、高精度工业 3D 相机的研发及产业化、面向工业视觉的 MEMS 深度相机、超精密光学器件、光纤传感器技术

产业现状：

光器件分为有源器件和无源器件，光有源器件是光通信系统中需要外加能源驱动工作的可以将电信号转换成光信号或将光信号转换成电信号的光电子器件，是光传输系统的核心。包括光纤连接器、光分路器、光开关、光隔离器等；光无源器件是不需要外加能源驱动工作的光电子器件，包括光探测器、光调制器、光放大器、光纤耦合模块。中国光器件企业主要以中小企业为主，整体收入规模与发达国家相比较落后。其中，光有源器件的企业有光迅科技、海信宽带、华工科技、天孚通信和日海通讯等；光无源器件的主要参与者包括光迅科技、亨通光电、三环集团、仕佳光子和特发信息等。随着光模块在数据中心、5G、骨干网等应用场景的多样化，未来光模块的需求数量和封装形式也将大幅增加。陕西在器件研发、模组装配制造领域具有优势，光模块处在光通信产业链中游的关键节点。上游是光芯片、电芯片厂商，下游是运营商、设备商、云厂商等。其中仅炬光科技就涵盖了光纤耦合模块、半导体泵浦源、传导冷却叠阵系列、水冷垂直叠阵系列、光纤耦合模块系列等 90 多款产品。

专利布局情况：

产业、产品名称	陕西省	国内	国外
	公开专利	公开专利	公开专利
光纤连接器	9	375	2130
光分路器	17	322	1614
光开关	13	1088	5538
光隔离器	42	1954	6199
光探测器	63	2021	2656
光调制器	27	1194	7534
光放大器	17	1235	6878
光纤耦合模块	39	378	525

依据专利布局情况：建议发展光纤连接器、光分路器、光开关等产品，强化

# 陕西省光子产业专利导航

光纤耦合模块等产品、产业。

## 2、短板领域：高端器件性能提升、器件系统集成

突破方向和关键技术：宽动态量子倍增探测器自主研发、线光斑发射光源模组技术突破、百瓦级飞秒激光器及调制器产业化技术突破、外调制激光器替代及模块归一化技术新突破、高速解调型高精度远距离探测激光雷达系统、自动升降式红外热像仪的研发

### 产业现状：

高端光器件的特点是国内各产业需求的数量比较大，需求方对芯片的性能要求比较高，但供给较弱，主要依赖进口，有源芯片在模块中成本占比高。整个光高端器件的发展现状是系统强势，芯片弱势，在光通信系统设备方面发展强劲，处于优势地位。国内光模块生产厂商正在迅速崛起，目前产品已占全球 20% 的市场份额，但产品主要是中低端模块为主，高端模块正在迅速增长。专利布局情况：

产业、产品名称	陕西省	国内	国外
	公开专利	公开专利	公开专利
半导体激光器	1555	45888	76102
光纤激光器	700	20738	57938
二氧化碳激光器	68	5309	14298
固体激光器	483	13739	16696
准分子激光器	4	1553	12983
EUV 光源	1	674	5430
飞秒激光器	238	4636	6364
外调制激光器	6	152	248

依据专利布局情况：建议发展半导体激光器、光纤激光器、二氧化碳激光器、固体激光器等各种类型激光器及设备整机制造和应用。推进高端光源创新研发和应用场景打造，加快突破准分子激光器、EUV 光源等特种光源领域“卡脖子”技术。

### (三) 设备与系统方面，

1、优势领域：超快激光制造、超快激光加工系统、3D 打印装备制造及应用、光纤传感系统

突破方向和关键技术：高端固体激光器设计制造、超快激光超精细制造产能提升及应用拓展、超快激光智能化柔性成套装备短板技术、基于光谱吸收技术的

气体探测器、机器视觉、图像处理、工业 3D 打印、生物 3D 打印、高功率激光内腔熔覆设备研发及示范应用、面向空天动力的超快激光智能化柔性成套产线集成技术、基于光谱吸收技术的气体探测器、光电子智能仪表、光谱成像产品研发、光纤传感系统、高功率激光器稳定性及热处理工艺研究。

产业现状：超快激光因具有极短的作用时间和超强的峰值功率等特性，获得传统工艺无法比拟的超精细、无损伤、无材料选择性等加工优势，成为先进制造的重要发展方向，可解决航空、航天、电子等领域复杂三维构件的极端精细制造的“卡脖子”难题。光纤光栅是发展最为迅速的光纤无光源器件之一，具有高灵敏度、低损耗、易制作、性能稳定可靠、易与系统及其它光纤器件连接等优点。在土木工程和石油化工领域的光纤传感的应用占了整个传感检测领域的一半。国外油气煤炭巨头已经形成成熟的用于油气和煤炭开采的分布式光纤综合监测系统，对中国实行全面的技术封锁。

超快激光器通常指用于发射超短脉冲的锁模激光器，例如，持续时间为飞秒或皮秒的脉冲。更精确的叫法应为超短脉冲激光器。而超短脉冲激光器几乎都是锁模激光器，然而增益开关效应也可以产生超短脉冲。以下简要列出了最重要的超快速激光器的种类：

钛-蓝宝石激光器，通常是克尔透镜锁模，最短可以产生持续时间低至约 5fs 的脉冲。它们的平均输出功率通常为几百毫瓦，带有例如 80MHz 的脉冲重复频率和几十飞秒或更短，脉冲持续时间为几十飞秒或更短，导致一个极大的峰值功率。但钛-蓝宝石激光器需要来自一些绿光激光器的泵浦光，这使得它们更加复杂和昂贵。

存在各种基于例如掺镱（晶体或玻璃）或掺铬的激光晶体的二极管泵浦激光器。它们通常使用 SESAM 被动锁模。尽管二极管泵浦激光器的脉冲持续时间并不如钛-蓝宝石激光器的脉冲持续时间那样短，但二极管泵浦激光器在脉冲持续时间、脉冲重复率和平均功率（见下文）等方面都能覆盖很宽的参数区域。

基于掺杂稀土元素的玻璃光纤的光纤激光器也可以是被锁模的，例如，使用非线性偏振旋转或 SESAM。在平均功率，特别是峰值功率方面，它们比体激光器更受限制，但可以方便地与光纤放大器组合。

锁模二极管激光器可以是整体器件或外腔二极管激光器，并且可以是主动的，

## 陕西省光子产业专利导航

被动的或混合锁模。通常，锁模二极管激光器以适中的脉冲能量在高的（数千兆赫兹）脉冲重复率下工作。

超快激光振荡器可以是超快激光系统的一部分，其也可以包括一个超快放大器（例如光纤放大器），以增加峰值功率和平均输出功率。

陕西在超快激光器制造、超快激光加工系统、3D 打印装备制造及应用、光纤传感系统等领域具有优势，其中中科微精攻克了高精度三维可编程异型微结构扫描成形技术，实现了超高精度扫描及异型微结构加工，达到美国、德国等同类技术水平，解决了部分空天关键件制造能力无法满足设计需求的难题。

专利布局情况：

产业、产品名称	陕西省	国内	国外
	公开专利	公开专利	公开专利
超短脉冲激光器	79	1306	5162
固体激光器	483	13739	16696
钛-蓝宝石激光器	2	266	1274
泵浦激光器	46	1458	3332
光纤激光器	239	5800	10792
三维扫描、3d 打印	665	10317	20092

依据专利布局情况：建议增强发展三维扫描、3D 打印装备制造及应用光纤传感激光器、超快激光器（超短脉冲激光器）制造等领域。

2、短板领域：超快激光应用能力提升、光子传感技术应用、光子制造专用控制系统

产业现状：光电传感器技术以其非接触、快速、高精度等优点在大型建筑安全监测、液位监测等应用领域逐渐取代了电容式等传统传感器技术，其需求增长迅猛。其中光电位移传感器、光电倾角传感器被广泛应用于水电站大坝、水电站和公路铁路边坡的安全监测，光电液位传感器广泛应用于航空航天燃料液位测量，被列为中航集团重点项目。

专利布局情况：

产业名称	陕西省	国内	国外
	公开专利	公开专利	公开专利
射频驱动技术	87	1748	4166
飞秒激光冲击强化技术	127	1104	1656
激光立体成形 3D 打印技术	44	266	845

## 陕西省光子产业专利导航

产业名称	陕西省	国内	国外
	公开专利	公开专利	公开专利
光子制造控制系统	25	829	1865
荧光光纤传感技术	6	111	374
高效激光清洗技术	45	2619	3193
分布式光子传感技术	0	7	28

依据专利布局情况：建议面向惰性气体标准光源无电极射频驱动技术突破、钛合金飞秒激光冲击强化技术、激光立体成形金属 3D 打印设备关键技术与应用研究、光子制造专用控制系统自主可控开发、荧光光纤传感关键技术研究、基于自主光纤器件的高效激光清洗技术及设备研究、分布式光子传感技术研究与应用、光伏电站无人机智能巡检系统研究。

总体来看亟需解决的问题相对较多，产业结构优化的空间较大，仅仅依靠企业来解决这些问题还存在困难，需要更多的创新主体包括高等院校、科研机构的介入。

### 3.3.2 陕西省光子产业专利布局分析

陕西光子产业链专利布局比较优化，但与沿海兄弟省份还存在差距。

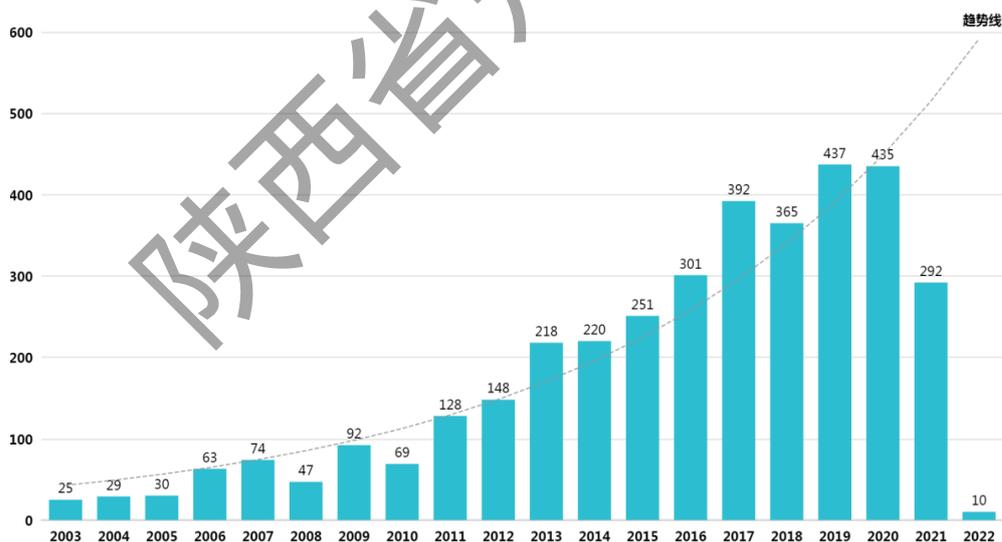


图 3-4 陕西省光子产业链企业专利整体趋势分析

陕西省光子产业专利在 2006 年之前申请量很少，从 2009-2021 年申请量一直在增长，表明该技术自 2009 年之后一直处于研发热点。

# 陕西省光子产业专利导航

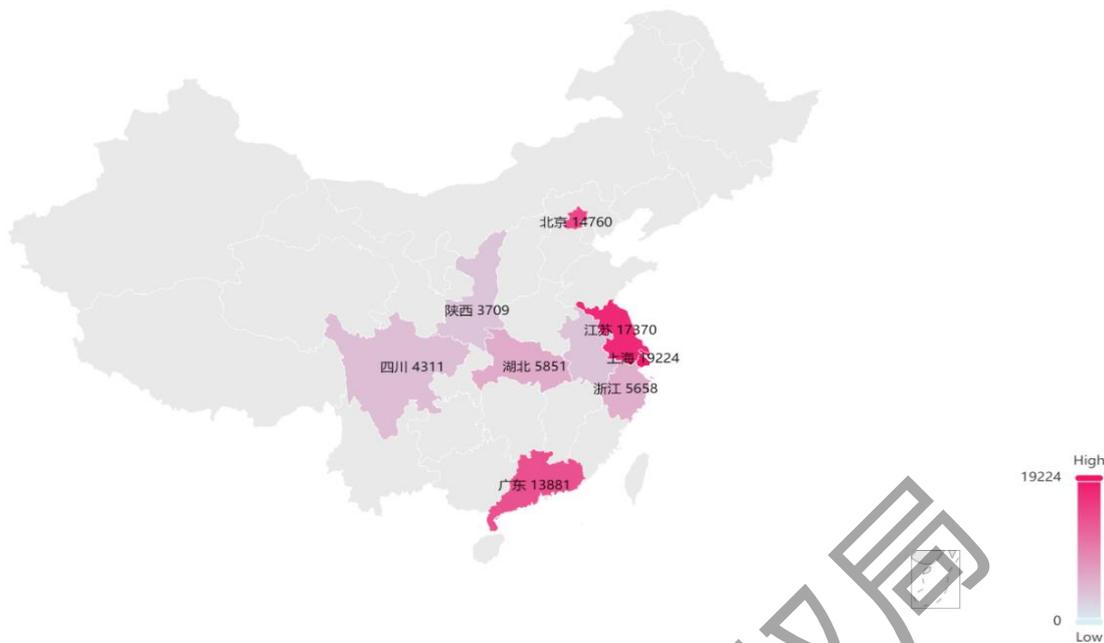


图 3-5 光子产业专利分布图

从国内光子产业主要对标省份看，陕西省光子产业专利申请全国排名第 9 位，3709 件（发明专利），与上海 19224 件，江苏 17370 件，北京 14760 件，广东 13881 件，光子产业专利发明专利数量差距较大。

表 3-2 陕西省地市光子产业专利分布

申请人地市	专利数量
西安市	2002
咸阳市	40
宝鸡市	8
汉中市	4
榆林市	3
渭南市	3
商洛市	2
铜川市	1

从全省光子产业各地市发明专利分布情况看，陕西省光子产业专利发明申请主要是在西安市（2002 件）其次咸阳市有部分专利（40 件），再次说明了我省光子产业技术分布的龙头企业以西安为主，向周边辐射的状态。

陕西省光子产业发明专利授权量及发明专利有效量全国排名均为第 8 位，从被引证专利数量看，陕西省光子产业发明专利被引证数量 23 件，处于全国第 8 位。

表 3-3 陕西省光子产业发明专利质量定位

申请人省市	发明专利授权量	发明专利有效量	被引证数量
上海	6421	5236	131

## 陕西省光子产业专利导航

申请人省市	发明专利授权量	发明专利有效量	被引证数量
北京	4619	3359	110
江苏	3253	2816	62
广东	2554	2110	50
湖北	1558	1358	28
浙江	1166	848	16
四川	1071	764	18
陕西	919	670	23

### 3.3.3 陕西省光子产业专利技术分析

人才是重要的创新资源，产业发展需要创新型人才的进入和推动。生物医药产业作为知识密集型产业，其发展离不开持续、高质量、全方位的人才供给。在产业发展中，要加大人才培养力度，迅速形成人才集聚效应，从而为创新发展提供智力资源支撑。本节将对陕西省生物医药产业人才的创新实力进行定位，从而能够提出更有针对性的人才培养建议。

#### （一）陕西省是中西部生物医药人才重镇

经统计，全国生物医药产业关键技术专利发明人约 9 万人，陕西光子产业链优势领域专利布局较多，整体发展趋势不断优化。

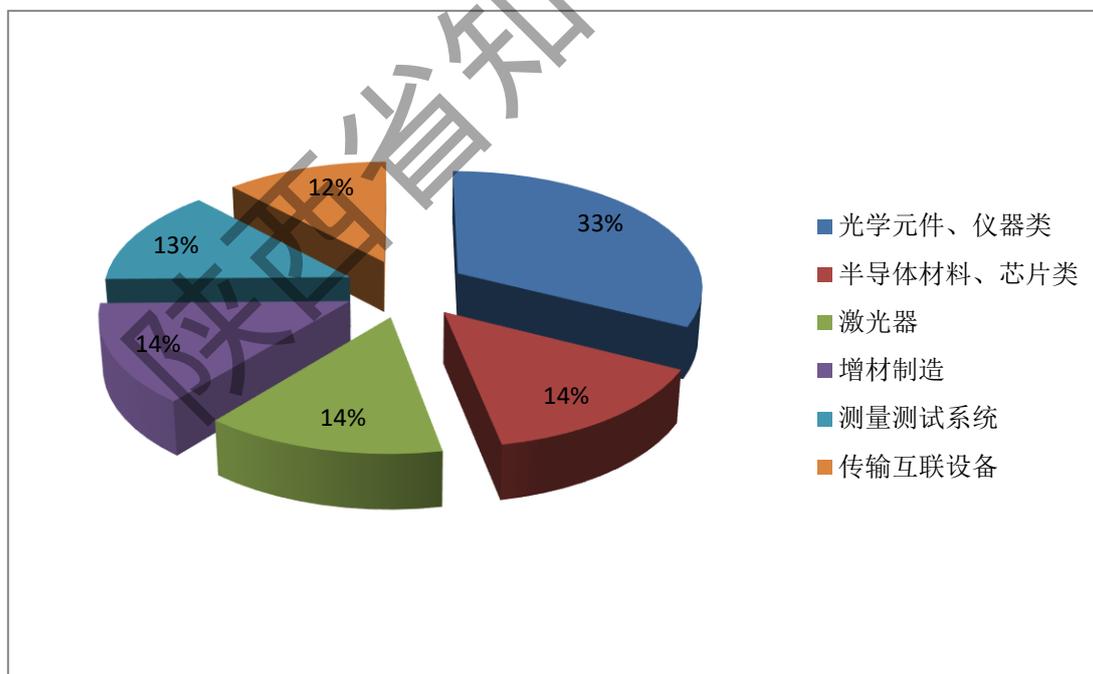


图 3-6 陕西省光子产业专利技术构成分析

目前从技术构成看，我省光子产业相关专利申请技术构成中，涉及光学元件、仪器设备类的专利最多 1857 件，其次为半导体材料，芯片类，进一步的细化，

## 陕西省光子产业专利导航

在应用领域主要是激光器、增材制造等相关技术，其次在测量测试系统，传输互联设备等领域也有所布局。

### 1、陕西省上游材料与芯片整体情况分析

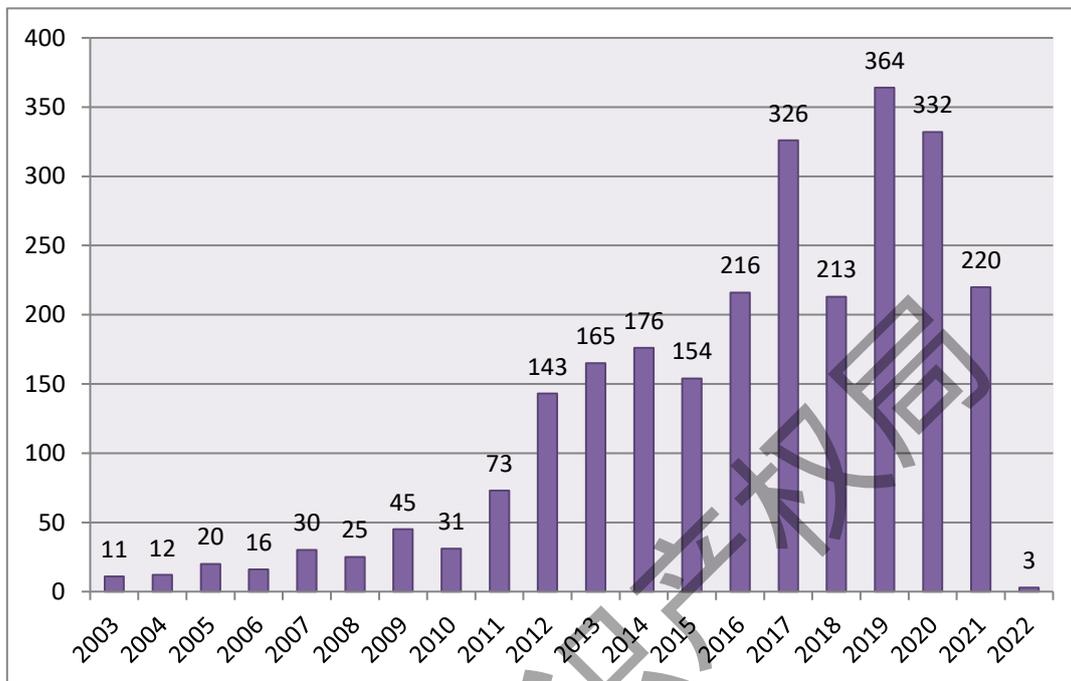


图 3-8 陕西省光子材料与芯片领域专利申请量趋势

可以看出，在 2010 年之前，该领域的专利申请量很少，每年都在 50 件以下，且申请量变化不大，此阶段该领域的竞争者数量也很少。从 2011 年开始相关的专利申请量急剧增加，由 2011 年的 73 件猛增至 2019 年的 364 件，此时，光子晶体光纤技术处于高速发展期的特征明显。这是因为随着研究的深入，光子材料在色散、非线性、单模特征等方面的奇异性能被人们逐步认识，相关研究机构和企业把光子材料潜在的应用作为其关注点，这在客观上成为推动光子材料领域专利申请量增加的因素。需要说明的是，截至 2022 年，2022 年的该领域专利申请公开量仅为 3 件，这是因为该领域的专利申请大部分为发明专利申请，而发明专利申请从申请到公开有一个滞后期。可以预见的是，随着研发投入的增加，该领域的专利申请量将会持续增长。

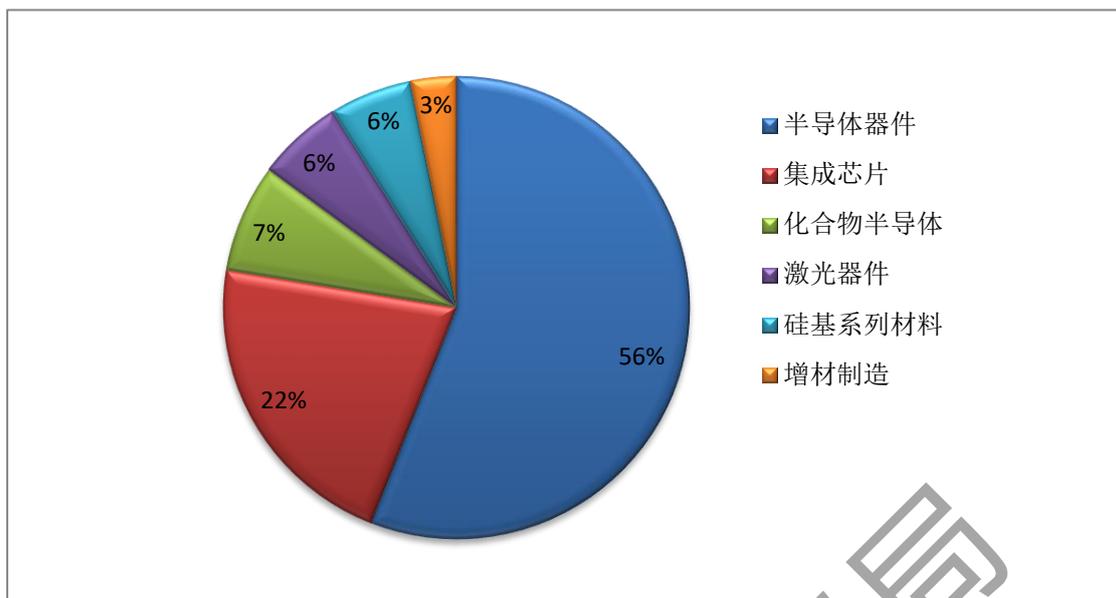


图 3-9 陕西省光子材料与芯片领域专利申请的技术构成分布

目前光子材料与芯片领域的主要研究内容按侧重点来分可以归为两个方向：高性能硅光子器件的研究——在微纳尺度实现原理和工艺创新，研制尺寸更小、性能更好的硅光子器件；大规模硅基光子集成研究——通过硅基片上集成方法和集成工艺的创新，实现多功能的光子芯片。需要指出的是，这两类研究仅仅是侧重点不同、实际上的界限并没有那么泾渭分明，比如硅基光子器件的研究通常也会考虑如何使其更有利于集成的问题，而对硅基光子集成芯片的研究同样离不开高性能器件的研制。这点从上图可以看出，集成芯片的专利和高性能器件的专利占比最多。

在芯片设计方面有西安光机所、奇芯光电，其中，西安奇芯光电科技有限公司成立于 2014 年 12 月 27 日，注册资本 516.5306 万元，主要从事光电子集成电路芯片、器件、模块及子系统的研发、生产和销售。公司拥有兼具高折射率差、超低损耗、微小尺寸、多层回路的光子集成核心技术，经过持续不断的技术积累，建立起独具特色的光子集成芯片设计和制造平台、光子集成器件封装平台、高速光器件和光模块综合测试平台，具备从光子芯片到光器件、光模块、子系统全系列产品的垂直整合能力。

奇芯光电公司产品具有多功能、多通道、超高密度和微小尺寸等特点，主要应用在 5G 高速通信、光纤到户、数据中心、云计算、大数据产业的光传输系统的应用领域，并提供全球领先的光传输解决方案。主营产品：芯片级光纤接入、

## 陕西省光子产业专利导航

数据中心产品, 含: Combo PON OLT、OTDR OLT、CWDM4 chip for 40G/100G、HB Micro ICR、100G TOSA & ROSA.

### 2、陕西省中游器件与模组整体情况分析

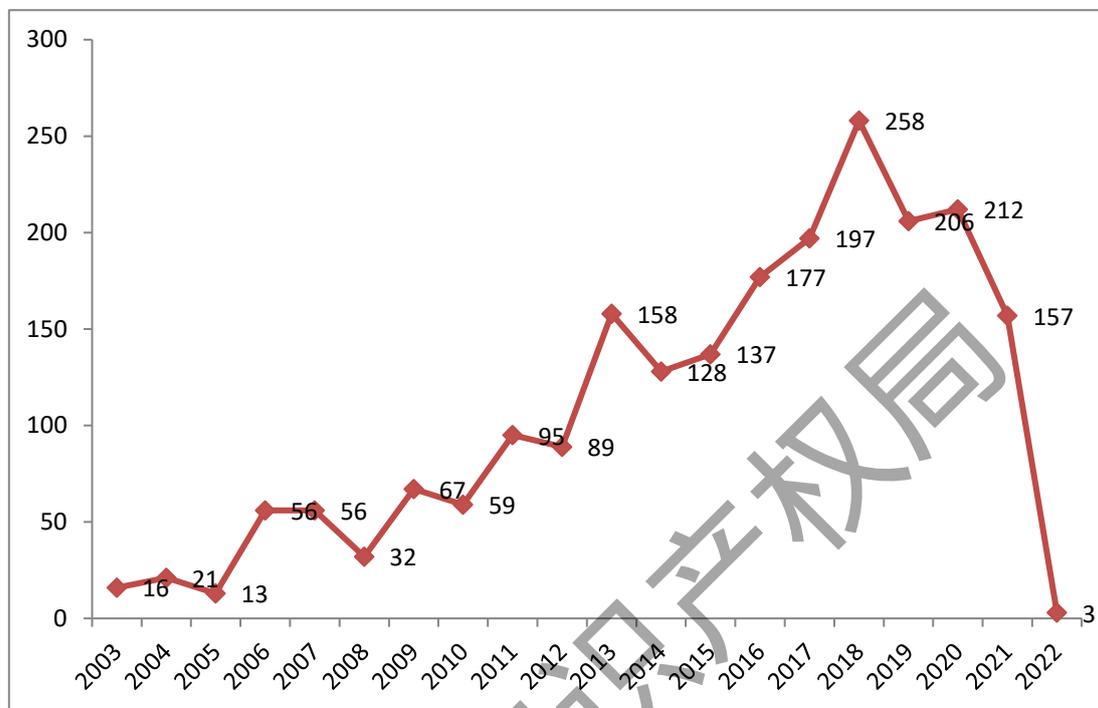


图 3-10 陕西省光子中游器件与模组领域专利申请量的年度分布

光子产业中游器件与模组领域专利申请量的年度分布情况。可以看出, 在 2010 年之前, 该领域的专利申请量很少, 每年都在 60 件以下, 且申请量变化不大, 此阶段该领域的竞争者数量也很少。由 2011 年的 95 件猛增至 2018 年的 258 件, 需要说明的是, 截至 2022 年, 2022 年的该领域专利申请公开量仅为 3 件, 这是因为该领域的专利申请大部分为发明专利申请, 而发明专利申请从申请到公开有一个滞后期。可以预见的是, 随着各国研发投入的增加, 该领域的专利申请量将会持续增长。

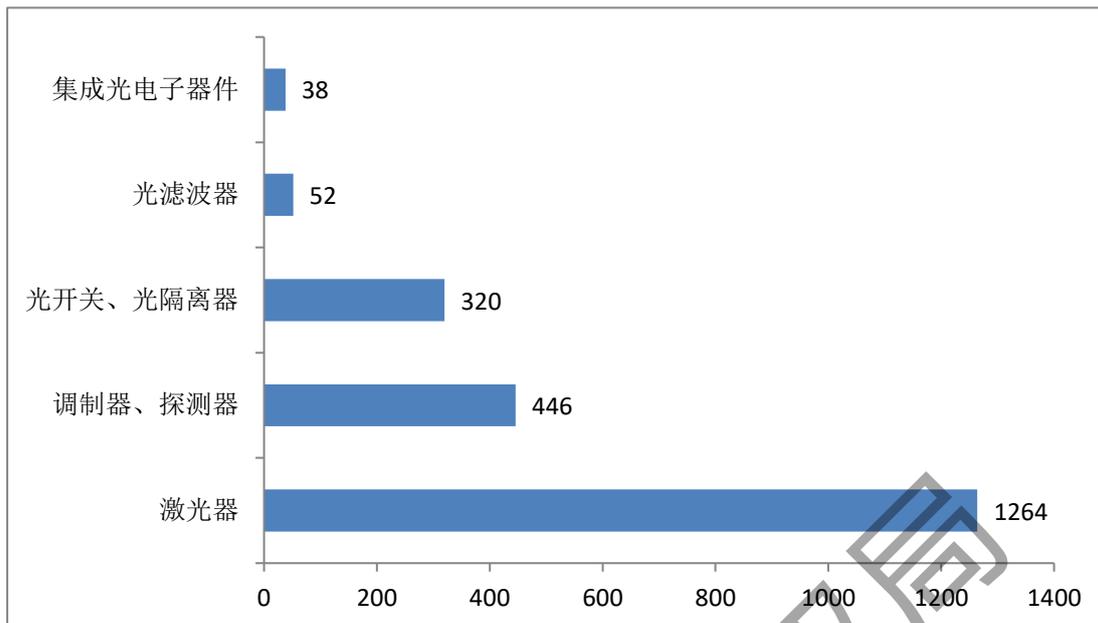


图 3-11 陕西省光子中游器件与模组领域专利申请的技术构成分布

目前陕西省器件与模组领域产品主要是激光器、调制器、探测器、光开关、光隔离器、光分路器、光连接器、光滤波器等分立器件以及集成光电子器件，其中的代表企业有炬光科技、奇芯光电、陕西源杰、中科微精、中科原子、博瑞集信、全通激光、纳盛荣达光电、欣创电子等 40 余户企业。

炬光科技成立于 2007 年 9 月，主要从事激光行业上游的高功率半导体激光元器件（产生光子）、激光光学元器件（调控光子）的研发、生产和销售，目前正在拓展激光行业中游的光子应用模块和系统（提供解决方案，包括激光雷达发射模组和 UV-L 光学系统等）的研发、生产和销售。目前，炬光科技已发展成为国内实力最强的高功率半导体激光器品牌，被中国光学学会激光加工专业委员会授予“高功率半导体激光产业先驱”称号。目前炬光科技拥有半导体激光、激光光学、汽车应用（激光雷达）、光学系统四大业务，在中国西安、东莞、海宁，德国多特蒙德拥有生产基地和核心技术团队，并已通过 ISO 14001、ISO 45001、ISO 9001:2015 和 IATF 16949 等质量管理体系认证。2021 年 12 月，炬光科技在上海证券交易所科创板成功上市（股票代码：688167）。现已形成共晶键合技术、热管理技术、热应力控制技术、界面材料与表面工程、测试分析诊断技术、线光斑整形技术、光束转换技术、光场匀化技术（光刻机用）和晶圆级同步结构化激光光学制造技术九大类核心技术。由炬光科技牵头制定的《半导体激光器总规范》《半导体激光器测试方法》两项国家标准已颁布实施，是国家首次对半导体激光

器进行国家标准的制定。

### 3、陕西省下游设备与系统构成整体情况分析

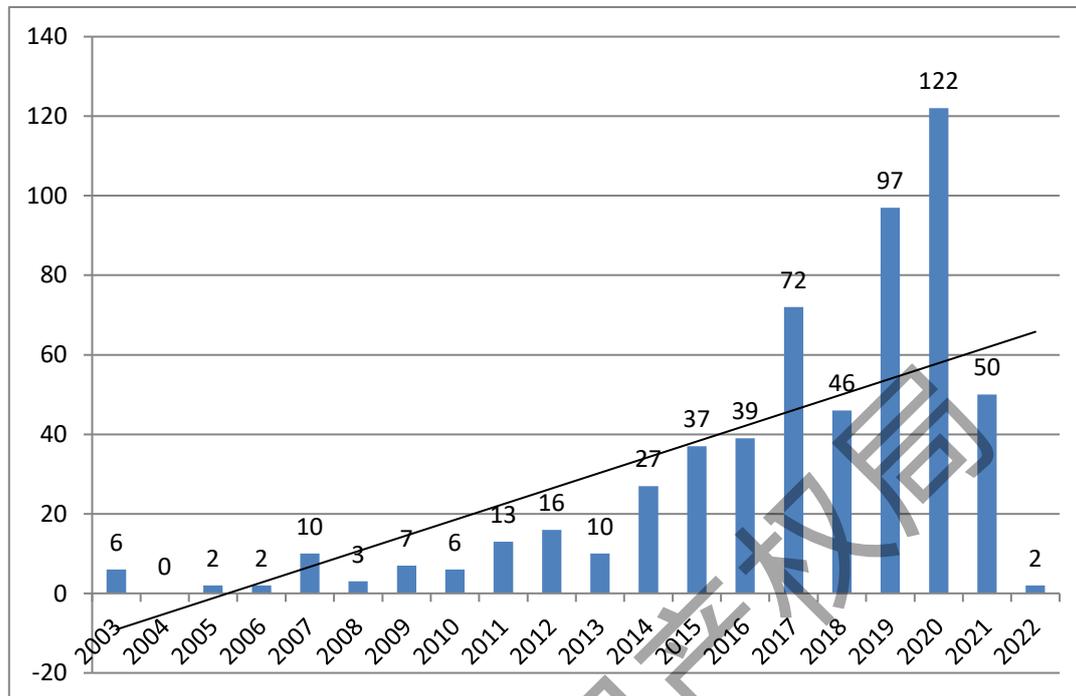


图 3-12 陕西省光子设备与系统领域专利申请量的年度分布

上图示出了设备与系统领域专利申请量的年度分布情况。可以看出，在 2014 年之前，该领域的专利申请量很少，每年都在 20 件以下，且申请量变化不大，此阶段该领域的竞争者数量也很少。由 2014 年的 27 件猛增至 2020 年的 122 件，可能与陕西西安高新区发布了《关于建设“四个高新”推动高质量发展的实施意见》，提出将全力打造世界级光电子产业集群，构筑半导体核心优势，做大智能手机产业规模，发展电路类元器件、连接类元器件、传感类元器件、光通信器件，与光机所共建光子孵化和加速平台有关，需要说明的是，截至 2022 年，2022 年的该领域专利申请公开量仅为 2 件，这是因为该领域的专利申请大部分为发明专利申请，而发明专利申请从申请到公开有一个滞后期。可以预见的是，随着各国研发投入的增加，该领域的专利申请量将会持续增长。

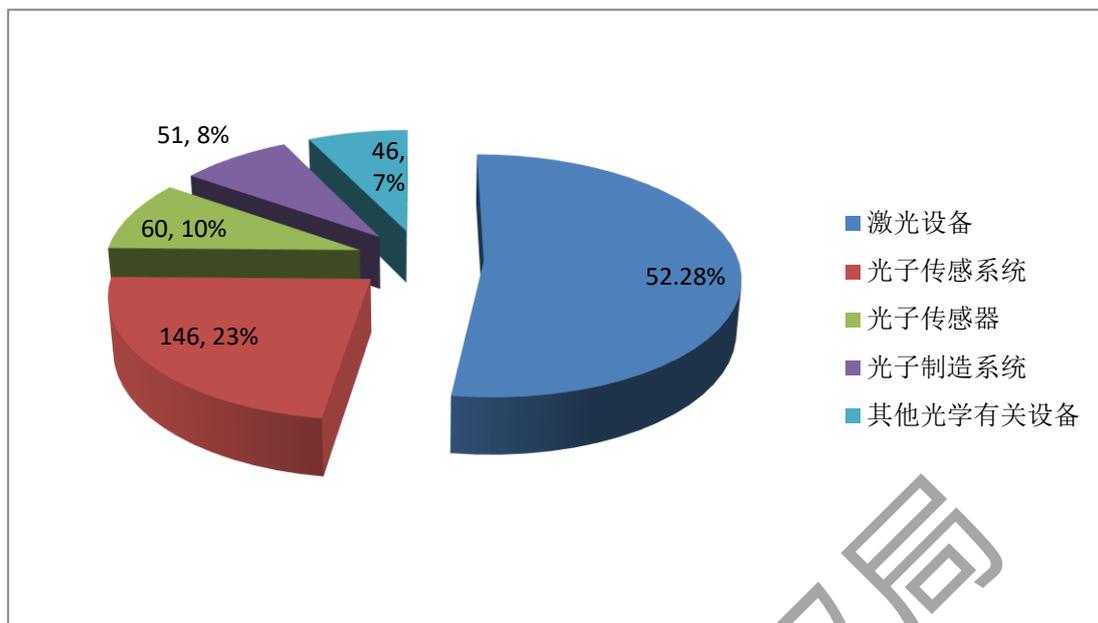


图 3-13 陕西省光子设备与系统领域专利申请的技术构成分布

目前陕西省光子设备与系统领域产品划分包括激光设备、光子传感系统和光子制造系统，拥有卓镭激光、中科微精、和其光电、中美激光等 20 余户企业，在超快激光器制造、超快激光加工系统、3D 打印装备制造及应用、光纤传感系统等领域具有优势，其中中科微精攻克了高精度三维可编程异型微结构扫描成形技术，实现了超高精度扫描及异型微结构加工，达到美国、德国等同类技术水平，解决了部分空天关键件制造能力无法满足设计需求的难题。

其中，西安中科微精光子制造科技有限公司成立于 2015 年，基于中科院西安光机所瞬态光学与光子技术国家重点实验室技术积累，依托“西光模式”孵化的硬科技企业，由西安光机所以及激光领域优秀团队共同组建，主要致力于高端激光超精细微加工装备的研发、生产、销售及代加工服务。作为国内超快激光高端智造装备的先导者，国内率先研制出三轴至七轴超快激光高端制造装备，填补国内空白，打破国外垄断，实现我国超快激光精密制造装备 0 到 1 的突破，成功应用于在研/预研的 10 余种主流型号发动机研制与生产，首次利用超快激光系统解决了发动机复杂结构高品质制造“卡脖子”难题。

### 3.3.4 陕西省光子产业创新主体分析

陕西光子产业创新主体创新能力较强，转化运用还需加强。陕西省光子产业

## 陕西省光子产业专利导航

创新主体共计 357 个，企业申请人 253 个，占到整个创新主体的 70%，可见陕西企业的具备创新能力的比较多。而 253 家企业仅申请专利 1428 件，平均每家企业拥有专利 5.6 件。36 家大专院校及 15 家科研机构申请专利 2210 件，平均每家拥有专利 41 件。由此可见大量的光子产业专利技术掌握在大专院校和科研机构手中，亟需转化。

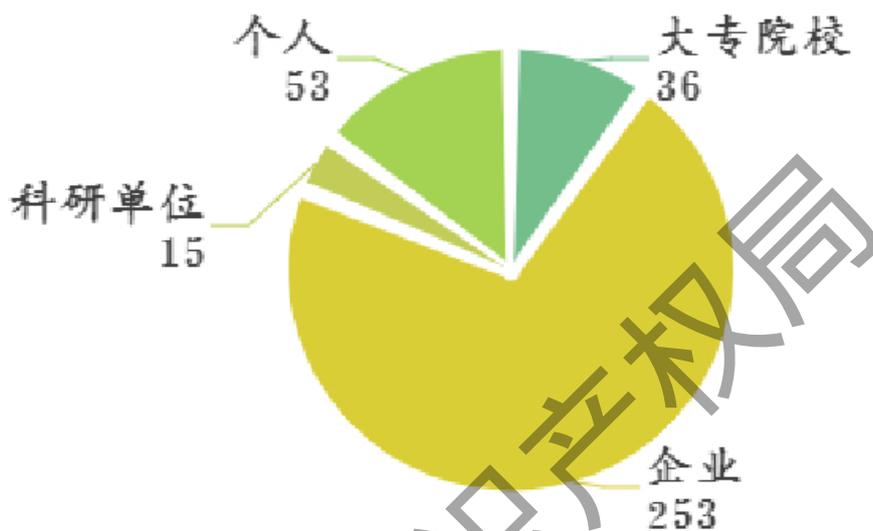


图 3-14 陕西光子产业创新主体类别

大专院校 企业 科研机构 个人 其它 机关团体

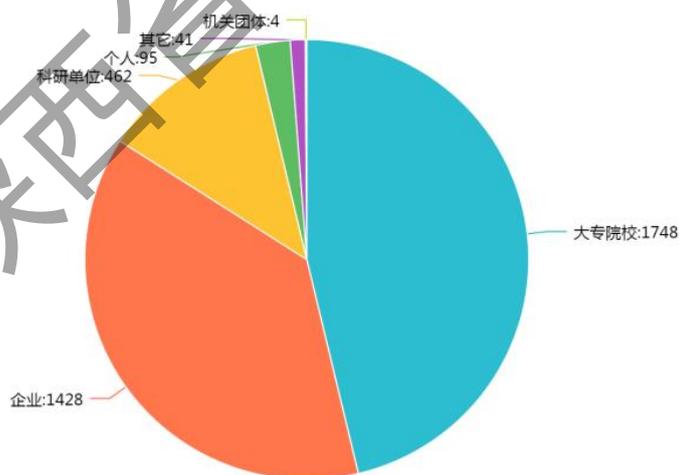


图 3-15 陕西光子产业创新主体申请专利情况

陕西省光子产业中，创新企业拥有的发明专利 919 件，全国排名第 8，其发明专利数量占全国光子产业发明专利比重为：4.1%，近五年复合增速为 3.7%，比全国增速（5.8%）低 2.1 个百分点。

## 陕西省光子产业专利导航

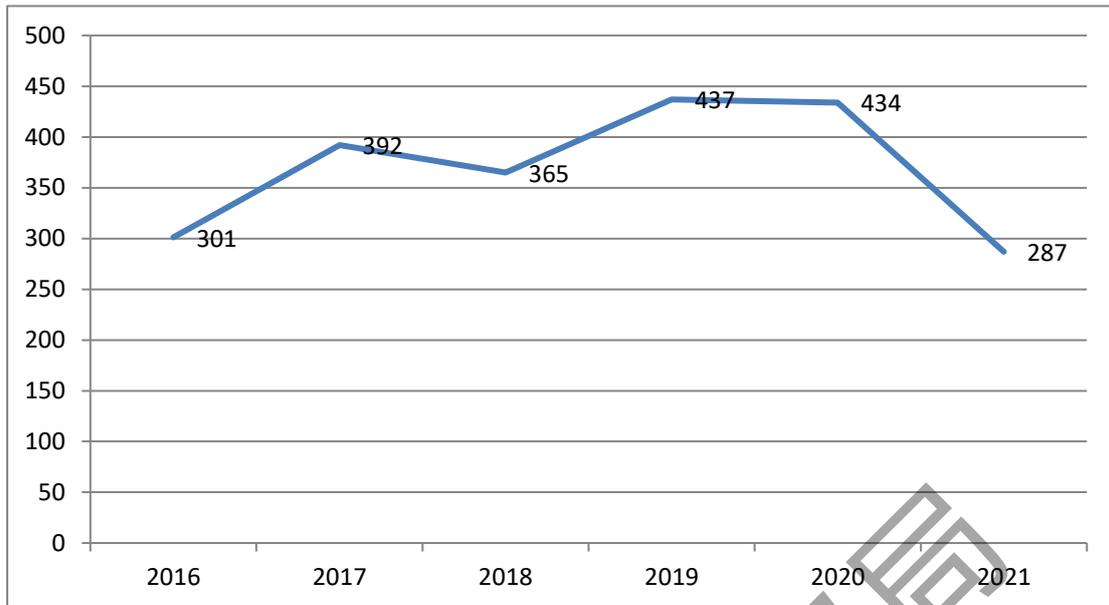


图 3-16 陕西省光子产业发明专利授权增长情况

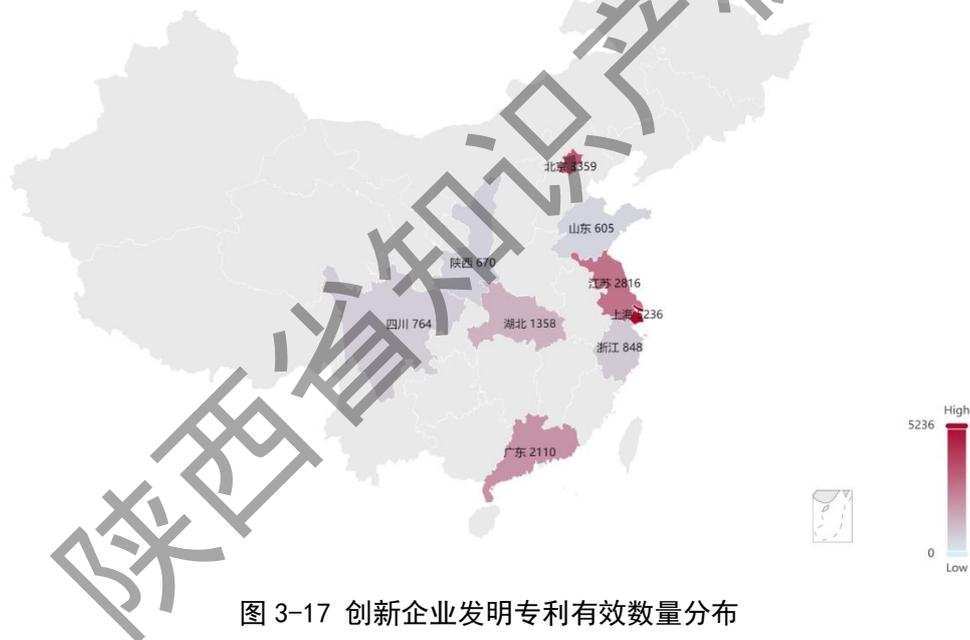


图 3-17 创新企业发明专利有效数量分布

表 3-4 国内创新企业发明专利有效数量分布表

申请人省市	专利数量
上海	5236
北京	3359
江苏	2816
广东	2110
湖北	1358
浙江	848
四川	764
陕西	670
山东	605

## 陕西省光子产业专利导航

陕西省光子产业中，陕西省有效发明专利 670 件，全国排名第 8，其发明有效专利数量占全国光子产业发明专利比重为：3.7%，有效数据中企业申请的数量 194 件，占陕西省光子产业有效发明专利总数量（670 件）的 29.8%，其中大专院校的光子产业发明专利数量 393 件，占陕西省光子产业有效发明专利总数量（670 件）的 58.6%，表明光子产业技术创新主体在高校。

陕西省光子产业中，共有创新龙头企业 15 家，高新技术企业 88 家，独角兽企业 5 家，7 家专精特新，21 家科技型中小企业，国家级科技企业孵化器 1 家，瞪羚企业 1 家。（详见附件）

表3-5 陕西省光子产业中创新龙头企业清单

序号	企业名称	地市	企业标签	产业领域	专利数量
1	中国科学院西安光学精密机械研究所	西安	科研机构	芯片、半导体	4430
2	西安唐晶量子科技有限公司	西安	独角兽企业	半导体激光器外延片	4
3	西安赛富乐斯半导体科技有限公司	西安	高新技术企业	4英寸半极性氮化镓材料	18
4	陕西源杰半导体科技股份有限公司	西安	高新技术企业、瞪羚企业	半导体激光器芯片	39
5	陕西光电子先导院科技有限公司	西安	众创空间	光电子集成电路	101
6	西安立芯光电科技有限公司	西安	高新技术企业、独角兽企业、专精特新企业	半导体激光芯片	73
7	西安炬光科技股份有限公司	西安	高新技术企业、国家级技术创新示范企业	激光光学器件、高功率半导体激光器件、光学应用模块、激光模块	524
8	西安奇芯光电科技有限公司	西安	高新技术企业、独角兽企业、专精特新企业	PIC（光子集成）芯片、器件、模块及子系统	72
9	西安中科微精光子科技股份有限公司	西安	高新技术企业、独角兽企业、专精特新企业	激光微细加工	174
10	西安博瑞集信电子科技有限公司	西安	高新技术企业、独角兽企业、专精特新企业	通信微系统设备及专用芯片	94

## 陕西省光子产业专利导航

序号	企业名称	地市	企业标签	产业领域	专利数量
11	西安欣创电子技术有限公司	西安	高新技术企业、陕西省隐形冠军企业、国家级专精特新小巨人企业	天线及射频芯片	22
12	西安卓镭激光技术有限公司	西安	高新技术企业	激光技术	19
13	西安和其光电科技股份有限公司	西安	高新技术企业、独角兽企业、专精特新企业	光纤传感测量设备	124
14	陕西中科中美激光科技有限公司	西安		半导体器件专用设备制造	15

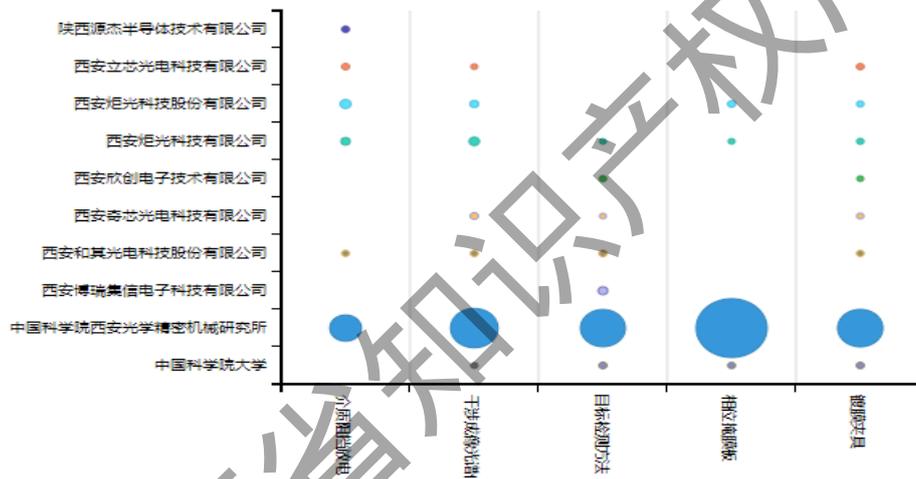


图3-18 陕西省光子产业中创新龙头企业专利技术聚类

从陕西省光子产业中创新龙头企业看，光学模组及激光系统技术是创新龙头企业共有发明专利最多的技术分支，中国科学院西安光学精密机械研究所拥有的发明专利数量最多。

陕西省光子产业呈现出“西光模式”的技术转化路线：即就是以西安光机所为技术载体不断探索“人才+技术+服务+资本”的创新创业模式。构建“研究机构+天使投资+创业平台+孵化服务”的创新生态体系，通过引进海外创新创业团队和投资孵化“硬科技”企业，初步形成光子制造、光子信息和生物光子三大产业集群。

从专利创新角度看，西安纳盛荣达光电科技有限公司、西安中科原子精密制造科技有限公司、陕西全通激光芯片技术有限公司这三家公司主要经营激光器及其芯片技术，目前没有专利申请，其中西安纳盛荣达光电科技有限公司已经注销。

## 陕西省光子产业专利导航

从创新链是产业链发展的动力之源，产业链依托创新链形成发展、升级提高的角度看，由于以上三家公司无专利技术创新，发展受限，有的公司已经注销。

本次分析注意到，中国科学院西安光学精密机械研究所投资（实际控制）企业 26 家，但近几年已注销吊销 14 家，仅 12 家企业正常经营，注销的 14 家均无专利申请。在一定程度上表征了：中小企业因创新能力不足，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，逐步给市场淘汰。要改善这些境况，一是需要企业加大创新投入、改善人才引进与激励机制，二是也需要得到当地政府和中共相关政策的支持。

表 3-6 西安光机所投资（实际控制）企业发展状况统计表

企业名称	登记状态	成立日期	企业类型	所属行业
西安科创商业运营管理有限公司	在业	2016-02-03	其他有限责任公司	商务服务业
西安中科尚诚商业运营管理有限公司	在业	2014-07-07	有限责任公司（自然人投资或控股的法人独资）	商务服务业
西安芯光先导院科技有限公司	在业	2017-01-16	其他有限责任公司	科技推广和应用服务业
西安中科西光光电科技有限公司	在业	2021-06-10	有限责任公司（自然人投资或控股的法人独资）	仪器仪表制造业
西安科佳光电科技有限公司	在业	2004-02-10	其他有限责任公司	零售业
西安中科光机投资控股有限公司	在业	2012-06-19	其他有限责任公司	科技推广和应用服务业
陕西光电子先导院科技有限公司	在业	2015-10-29	其他有限责任公司	软件和信息技术服务业
西安中科天塔科技股份有限公司	在业	2017-03-29	有限责任公司（国有控股）	科学研究和技术服务业
西安初创空间科技孵化器有限公司	在业	2015-10-16	其他有限责任公司	商务服务业
西安西光产业发展有限公司	在业	2020-06-28	有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）	仪器仪表制造业
西安中科芯光光电科技开发有限公司	注销	2019-07-05	有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）	零售业
陕西海汇防务股份有限公司	注销	2017-03-20	其他股份有限公司（非上市）	计算机、通信和其他电子设备制造业
陕西科园商务酒店有限责任公司	注销	2007-01-09	有限责任公司（自然人投资或控股的法人独资）	住宿业
陕西科园物业发展有限责任公司	注销	2001-08-31	其他有限责任公司	房地产业
西安泽远电子有限责任公司	注销	-	-	软件和信息技术服务业
西安科园宾馆有限责任公司	注销	2005-08-19	有限责任公司（自然人投资或控股的法人独资）	住宿业

## 陕西省光子产业专利导航

企业名称	登记状态	成立日期	企业类型	所属行业
西安信科光电医疗设备有限公司	注销	1998-12-16	中外合资经营（外资比例低于25%）	专用设备制造业
西安光机所奥华技术开发有限责任公司	注销	1996-10-29	有限责任公司（自然人投资或控股）	仪器仪表制造业
西安光机所技术开发总公司	注销	1994-05-05	全民所有制	电气机械和器材制造业
西安秦阳科工贸公司	注销	1993-03-12	内资企业法人	批发业
西安康源科工贸服务公司	吊销	1993-03-25	内资企业法人	家具制造业
西安特种电器件及设备工程技术研究中心	吊销	1999-02-09	全民所有制	-
中国科学院西安光机所医药器材厂	吊销	1990-01-08	全民所有制	零售业

举例详细介绍西安中科创星孵化器有限公司（以下简称“中科创星”）已先后孵化培育出上百家硬科技企业，其中包括一批鼎鼎有名的硬科技明星项目，如专注高密度光子集成领域的奇芯光电、国内领先的卫星创业公司九天微星、为国产大飞机 C919 提供雷电防护的爱邦电磁、为抗击疫情提供技术支撑的中科微精等。

而中科创星的背后是中科院西安光机所和西安高新区。中科创星的诞生，源于中科院西安光机所产业化团队与西安高新区推动科技成果转化的共有目标和共同需要。“中科创星成立的初衷是要做科技成果转化的‘一线搬运工’，在距离科技最近的位置上，为技术提高效率和转化生产力搭建一个桥梁。”中科创星合伙创始人、联席 CEO 李浩说。自成立以来，中科创星已经在光电芯片、人工智能、航空航天等国家科技发展的重点领域，投资孵化出一批高新技术企业，成为西安高新区硬科技产业大军的重要“兵源”。

近年来，中美贸易摩擦暴露了中国在芯片领域的短板。过去五年，中科创星完成了在芯片全产业链的投资布局，目前已经投资光电芯片企业超过 100 家，参与设立的陕西光电子集成电路先导技术研究院也是专门针对光电芯片企业的支撑服务平台。此外，中科创星根据国家科技发展需要，还在商业航天、新基建等多个领域进行投资布局。

从“西光模式”到中科创星科技成果转化探索之路，我们不能评判哪种模式好或优，每种发展模式都是当时产业发展的最优选择。建议有更多的科技孵化器、投资基金加入到光子产业发展，培育出更多的创新主体。

# 陕西省光子产业专利导航

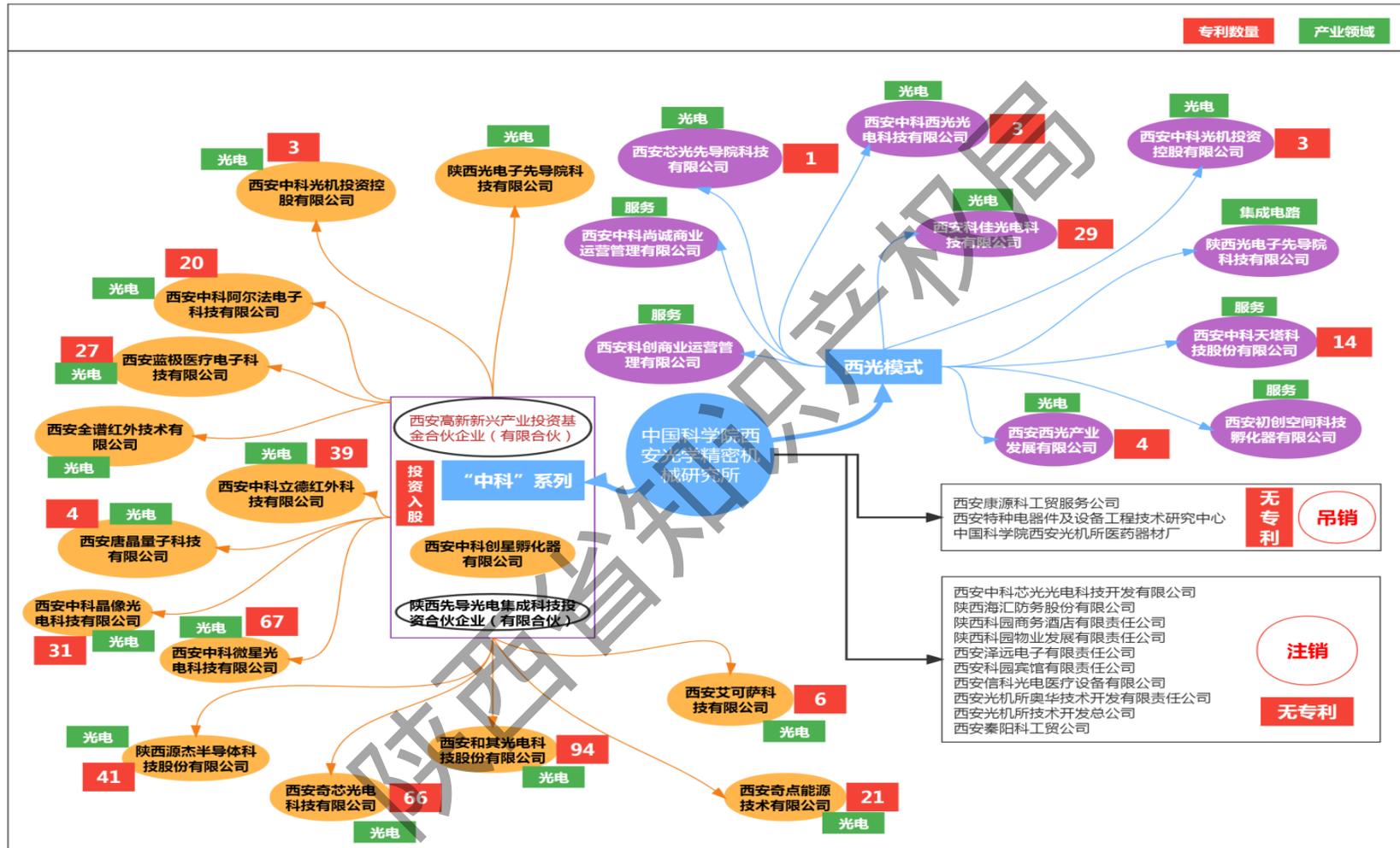


图 3-19 西光模式 and “中科”+创投发展模式对比分析

## 3.3.5 陕西省光子产业创新人才分析

西光子产业创新人才团队能力突出。陕西省光子产业创新人才前 10 名中，基本上分布在西安炬光科技有限公司、中国科学院西安光学精密机械研究所、西安电子科技大学、西北大学、西安交通大学、西安理工大学等企业和高校。

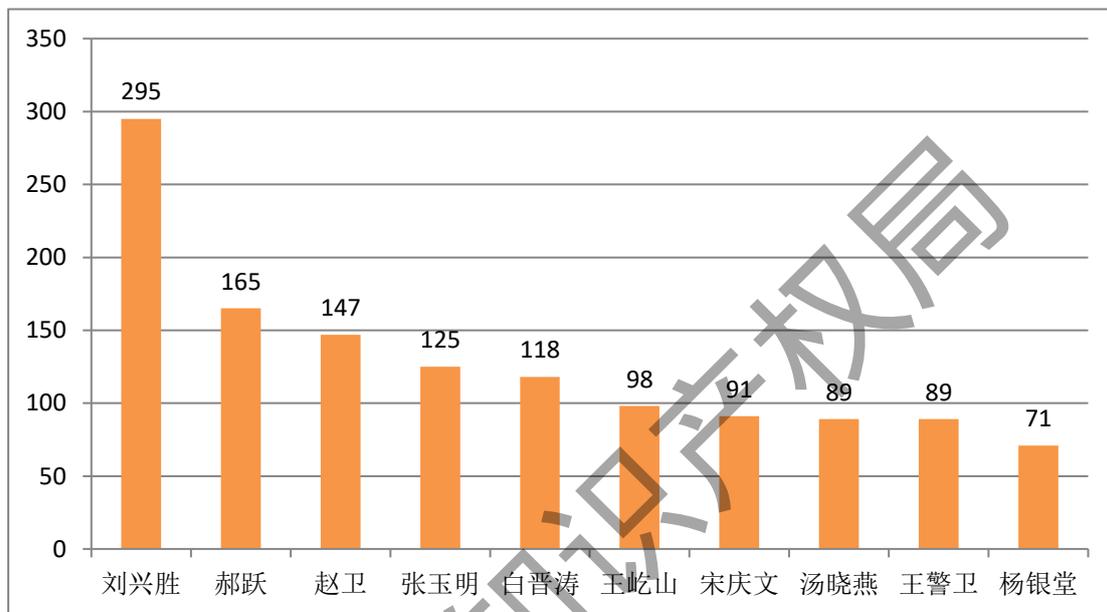


图 3-20 陕西省光子产业的创新人才前 10 名

陕西省从事光子产业的人才中，发明专利申请量较多的工程师是西安炬光科技有限公司刘兴胜，中国科学院西安光学精密机械研究所赵卫等。

陕西省光子产业高校的发明专利 1744 件，主要分布在西安电子科技大学 621 件、西安交通大学 300 件，西北大学 148 件，西安理工大学 140 件，科研单位主要是中国科学院西安光学精密机械研究所 462 件。

表3-6 陕西省光子产业高校的发明专利

申请人	专利数量	申请人城市
西安电子科技大学	621	西安市
西安交通大学	300	西安市
西北大学	148	西安市
西安理工大学	140	西安市
中国科学院西安光学精密机械研究所	462	西安市

其中西安光机所“西部交叉团队”重点实验室严绍辉团队长期从事微小尺度下特殊光场和粒子相互作用的理论和实验研究，包括矢量光场（包括偏振、相位等）的数学描述、传输和变换特性以及与微小粒子相互作用时所发生的能量

## 陕西省光子产业专利导航

、动量和角动量的传递机制，依托瞬态光学与光子技术国家重点实验室进行光子相关技术研发，申请发明专利51件，其团队成员包括：

表3-7 西安光机所“西部交叉团队”重点实验室

序号	青年学者	研究方向
1	王先华	用于原子干涉的小型低噪声双频窄线宽激光系统研究
2	王浩	基于高速目标在轨实时测量技术研究
3	孔德鹏	反谐振空芯THz波导纤维研究
4	李峰	高峰值功率大能量飞秒激光关键技术研究
5	李曼曼	手性光场的产生与应用研究
6	陈徐	新颖效应太赫兹超表面高效传感器研究
7	徐亮	复杂环境下共孔径变焦成像技术研究
8	高贵龙	高能电子倍增型全光固体超快成像技术
9	梅超	空间小型化光电导航技术研究
10	崔晓霞	轻质低膨胀高强度玻璃复合材料注浆成型研究
11	曾建华	凝聚态物质中的超快现象与波局域
12	缙永胜	皮秒时间分辨二维成像技术研究

表3-8 严绍辉团队典型专利

序号	标题	申请人	申请号	申请日
1	一种基于结构照明的彩色三维层析显微成像系统及方法	中国科学院西安光学精密机械研究所	CN201410849425.X	2014/12/30
2	COLOURED THREE-DIMENSIONAL TOMOGRAPHY MICRO-IMAGING SYSTEM AND METHOD BASED ON STRUCTURAL ILLUMINATION	XIAN INSTITUTE OF OPTICS AND PRECISION MECHANICS OF CAS	WOCN15095354	2015/11/24
3	一种深层散射介质中的三维成像系统及方法	中国科学院西安光学精密机械研究所	CN201210384895.4	2012/10/11
4	基于光栅衍射的大口径望远镜装置	中国科学院西安光学精密机械研究所	CN201310153851.5	2013/4/27
5	可实时测量的同步相移斐索干涉装置	中国科学院西安光学精密机械研究所	CN201210039555.8	2012/2/21
6	一种基于数字微镜器件的高速结构照明光学显微系统及方法	中国科学院西安光学精密机械研究所	CN201110448980.8	2011/12/28
7	高速宽视场相干反斯托克斯拉曼散射显微系统及方法	中国科学院西安光学精密机械研究所	CN201110033292.5	2011/1/30

## 陕西省光子产业专利导航

序号	标题	申请人	申请号	申请日
8	基于泽尼克相衬成像的相移干涉显微装置及方法	中国科学院西安光学精密机械研究所	CN201110110119.0	2011/4/29
9	使用同心双锥面镜实现全内反射荧光显微的系统与方法	中国科学院西安光学精密机械研究所	CN201010513282.7	2010/10/20

### 3.3.6 陕西省光子产业技术资本分析

陕西光子产业企业吸收投资能力一般，国资背景的创投机构参与较少。陕西光子产业发生股权投资的企业数量 132 家，其中，按投融资额度大小，西安炬光科技股份有限公司、华天科技（西安）有限公司、陕西斯瑞新材料股份有限公司受到资本市场关注度最高，投资最多的机构为西安中科创星科技孵化器有限公司。

表3-9 陕西省光子产业排名靠前的投资机构和投资次数

投资公司	投资次数
中科创星	21
西科天使基金， 中科创星	8
西科天使基金	5
公开发行	4
达晨财智	2
迈朴资本	2

表3-10 陕西省光子产业排名靠前的被投资企业和投资次数

企业	接受投融资事件数量
西安炬光科技股份有限公司	8
星展测控科技股份有限公司	8
西安知象光电科技有限公司	6
西安奇芯光电科技有限公司	5
西安希德电子信息技术股份有限公司	5
西安威尔罗根能源科技有限公司	4
西安知微传感技术有限公司	4
西安艾可萨科技有限公司	3
西安爱邦电磁技术有限责任公司	3
西安爱德华测量设备股份有限公司	3

从排名靠前的被投资企业和接受投融资事件数量看，西安炬光科技股份有限公司、星展测控科技股份有限公司、西安知象光电科技有限公司、西安奇芯光电科技有限公司、西安希德电子信息技术股份有限公司比较受到资本市场的关注。从专利数量看，这些企业专利数量比较多，例如：西安炬光科技股份有限公司 437 件专利，其中发明专利 149 件。在一定程度上反映了资本市场投融资时对高技术

的青睐。

### 3.4 陕西光子产业专利运营

#### (一) 优势与机遇

##### 1. 产业基础良好，形成多点发展格局

生物医药作为陕西省六大支柱产业之一，是陕西省持续做强做优的经济与创新发力点，截至检索日，陕西省生物医药领域相关专利申请量共 8612 件，授权专利 3638 件，授权量跻身生物医药产业全国十五强，位居第十二名。值得肯定的是，在西部地区十二个省份中，陕西省生物医药授权专利量排名第二，仅次于四川省。当前，陕西省生物医药产业整体创新实力已步入西部上游，全国中上游水平，但与东部沿海省份相比，仍有一定的差距。从全省产业布局来看，陕西省十个地级市与杨凌示范区均有生物医药产业专利申请。其中，西安市的专利申请最多，占陕西省专利申请总量的 66.4%，具有核心产业地位，咸阳市、杨凌示范区的创新实力也较强，专利申请量分别占全省的 8.0%、6.2%，其他如宝鸡、榆林、渭南、商洛、汉中、安康、延安等市也均有超过百件的专利申请量。纵观全省，目前已形成了以西安为核心，以咸阳、杨凌示范区、宝鸡、榆林、渭南、商洛、汉中、安康、延安等为支撑，辐射全省的生物医药产业多点发展体系。陕西光子产业专利运营能力相对较弱，大量的高校、科技机构手中的专利亟需转化。建议加快推进知识产权转化运用，充分发挥要素市场化配置在经济发展中的重要作用。落实专利开放许可制度，促进专利“一对多”快速许可。

#### 3.4.1 陕西省专利技术转移现状分析

全国光子产业涉及转让的专利共计 15618 件，其中陕西省光子产业涉及转让的专利 86 件，全国排名第 7 位，涉及激光器及高功率半导体激光光源系统的技术领域比较多。

## 陕西省光子产业专利导航

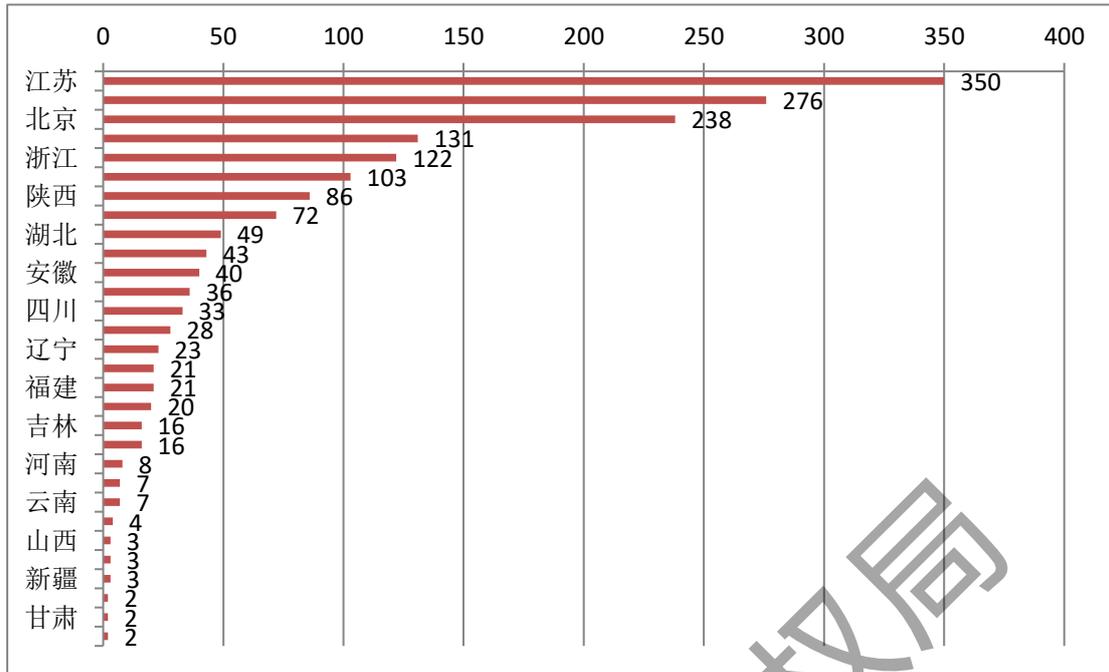


图 3-21 全国光子产业涉及转让专利数量分布

2020 年涉及转让的专利共计 15618 件，陕西省光子产业涉及转让的专利数量靠前的省市依次为江苏、广东、北京、湖南、浙江，其中陕西省光子产业涉及转让的专利 86 件，全国排名第 7 位，其中，主要涉及激光器及高功率半导体激光光源系统的技术，具体对应产品领域包括：碳化硅 MOSFET 器件、抗反射激光器、激光熔覆头、光纤输出激光器。

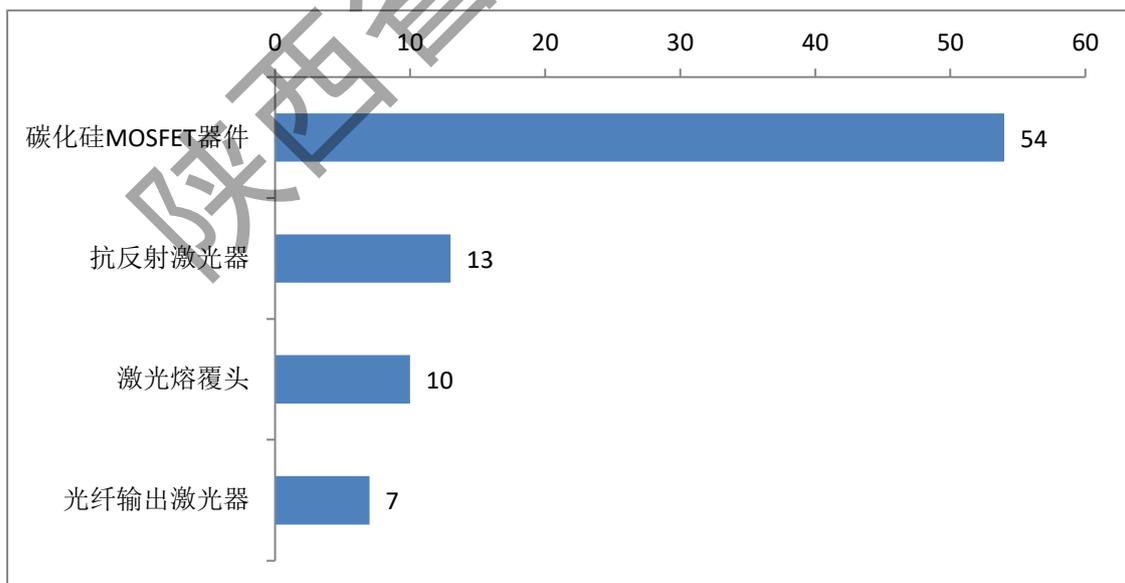


图 3-22 陕西省光子产业涉及转让专利技术领域分布

## 陕西省光子产业专利导航

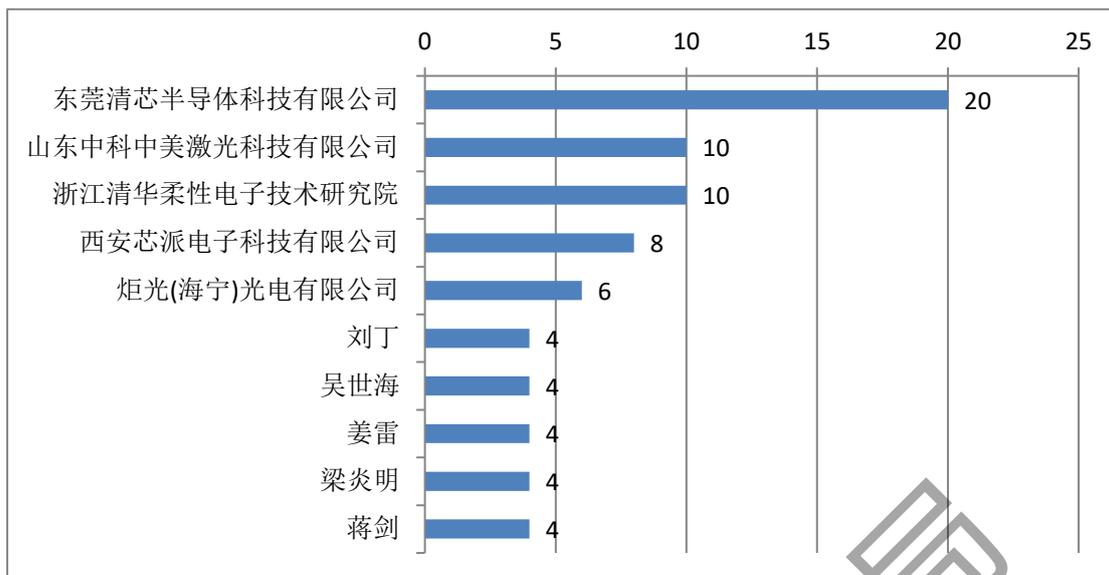


图 3-23 陕西省光子产业涉及受让专利权利人排名

陕西省光子产业涉及转让的专利 86 件，基本上将专利技术转让给东莞(20)，山东(10)，浙江(10)等省市，转让给外部省份占陕西专利技术转让的 50%。

### 3.4.2 陕西省专利许可现状分析

全国光子产业涉及许可的专利共计 1049 件，其中陕西省光子产业涉及许可的专利权 26 件，全国排名第 7。从全国许可专利的权利人看，主要是国外的企业许可专利给国内省市创新主体，例如。松下液晶显示器株式会社许可专利 109 件，株式会社日本显示器许可专利 109 件，太阳控股株式会社许可专利 18 件。

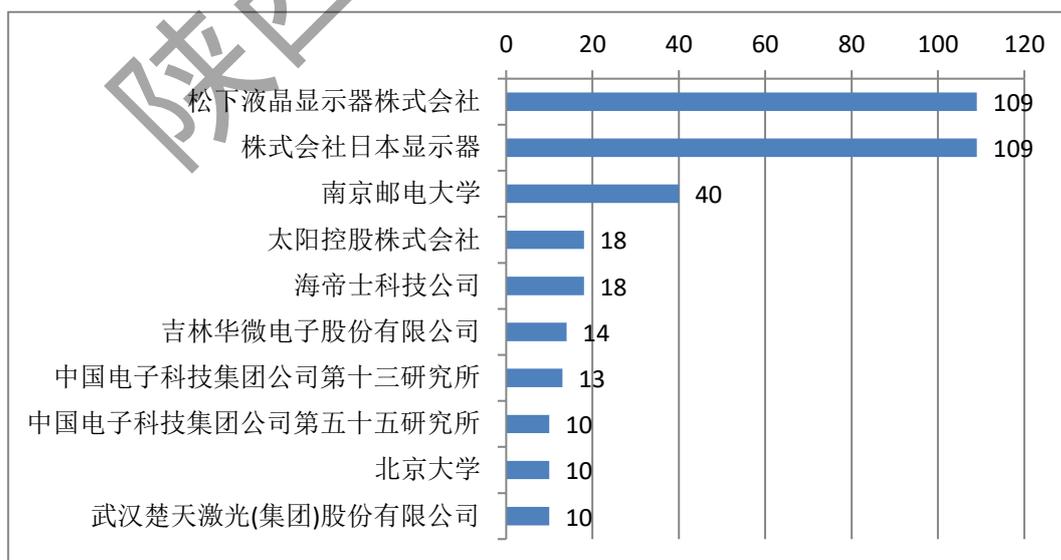


图 3-24 全国光子产业涉及专利许可申请人排名

## 陕西省光子产业专利导航

从光子产业许可专利省市分布看，陕西省排名第 5，许可专利件数 26 件，排名靠前的省份江苏 173 件，北京 93 件，广东 126 件，浙江 74 件。

表3-11 光子产业涉及专利许可数量分布省市

申请人省市	专利数量
江苏	173
广东	126
北京	93
浙江	74
上海	53
河北	31
湖北	26
陕西	26

表3-12 光子产业涉及被许可专利权人排名

被许可人	专利数量
京东方科技集团股份有限公司	127
江苏南邮物联网科技园有限公司	26
南京邮电大学南通研究院有限公司	20
太阳油墨(苏州)有限公司	18
南京中科煜宸激光技术有限公司	11
杭州博华激光技术有限公司	10
南京昕天卫光电科技有限公司	8
南通强生光电科技有限公司	8
深圳吉华微特电子有限公司	8
深圳市创益科技发展有限公司	8

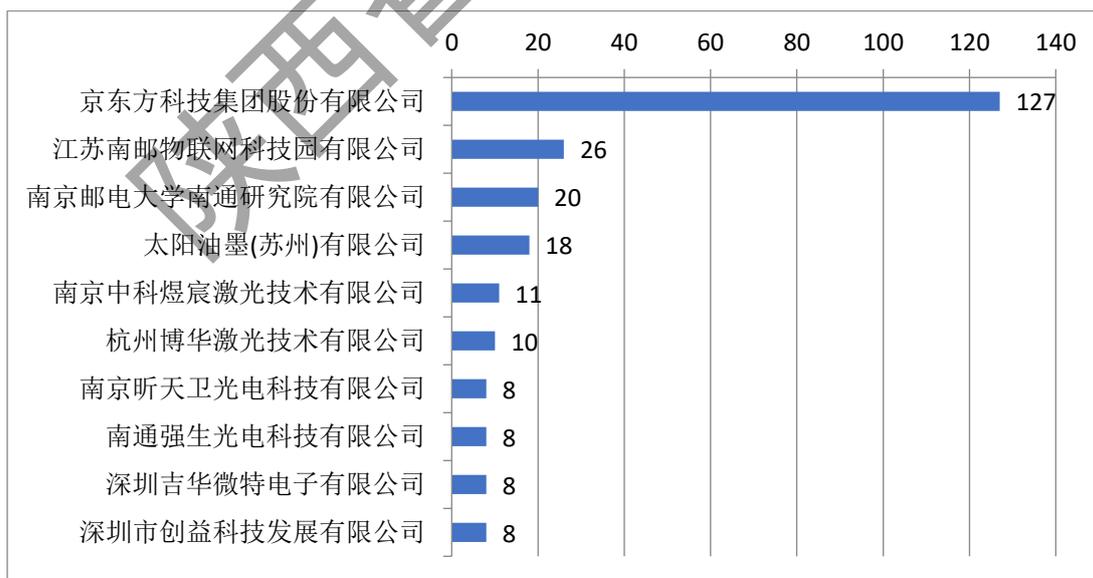


图3-25 光子产业涉及被许可专利权人排名

从专利技术被许可的情况看，排名靠前的创新主体主要是企业方，包括京东

## 陕西省光子产业专利导航

方科技集团股份有限公司被许可 127 件，江苏南邮物联网科技园有限公司被许可 26 件，南京邮电大学南通研究院有限公司被许可 20 件，同时对照全国光子产业涉及专利许可申请人排名看，主要是国外的企业许可专利给国内省市创新主体，例如。松下液晶显示器株式会社许可专利 109 件，株式会社日本显示器许可专利 109 件，太阳控股株式会社许可专利 18 件。

### 3.4.3 陕西省专利质押现状分析

全国光子产业专利质押件数 756 件，其中陕西省光子产业专利质押件数 48 件，全国排名第 7，陕西质押专利技术主要激光器及激光器半导体芯片领域。

表3-13 光子产业涉及专利质押数量分布省市

申请人省市	质押专利数量
江苏	114
广东	109
山东	85
浙江	81
湖北	75
北京	69
陕西	48
福建	26
上海	24
安徽	15

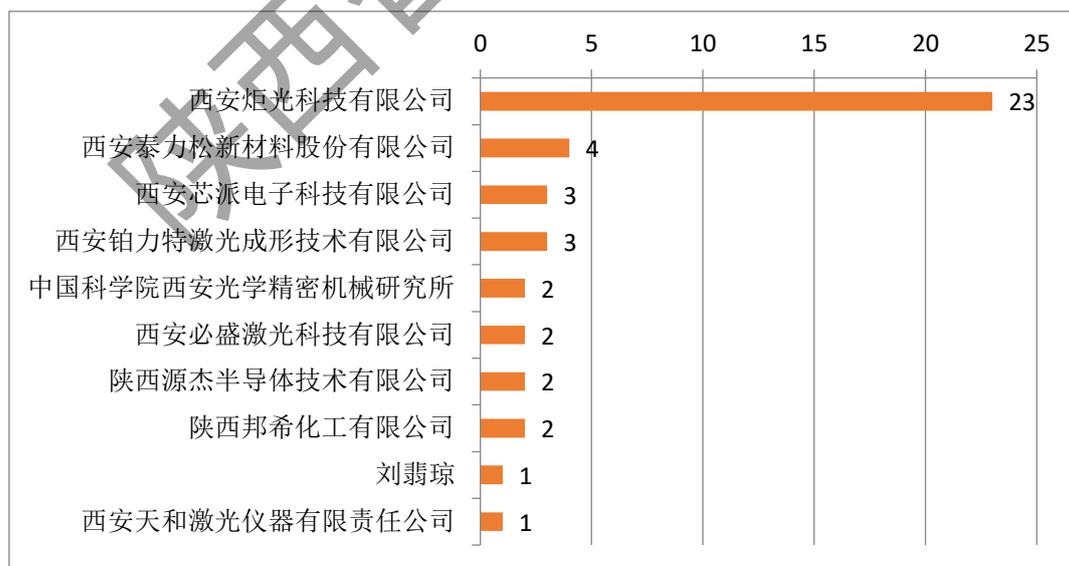


图3-26 光子产业涉及专利质押专利权人排名

## 陕西省光子产业专利导航

陕西省内光子产业按专利质押数量看，西安炬光科技有限公司质押数量比较多23件，西安泰力松新材料股份有限公司质押4件，西安炬光科技有限公司同时也是资本投融资次数最多的企业，从专利拥有量，专利质押，投融资数量看专利拥有量越多的企业，基本上也是陕西省高新技术企业，专精特新企业及资本投资热门企业。从一定程度上反映了专利技术在产业，产品发展中的作用。

### 3.4.4 陕西省专利诉讼现状分析

全国光子产业专利诉讼件数 85 件，陕西目前无专利诉讼的情况，进一步的国内涉及专利诉讼的企业合肥芯硕半导体有限公司 14 件，安图实验仪器(郑州)有限公司 4 件。从专利诉讼情况看一定程度上反映了目前国内技术还处于发展阶段，这点从全球光子产业专利诉讼分布图中可以看出，发生诉讼案件最多的是日本 8094 件，美国 2313 件及韩国 1788 件。

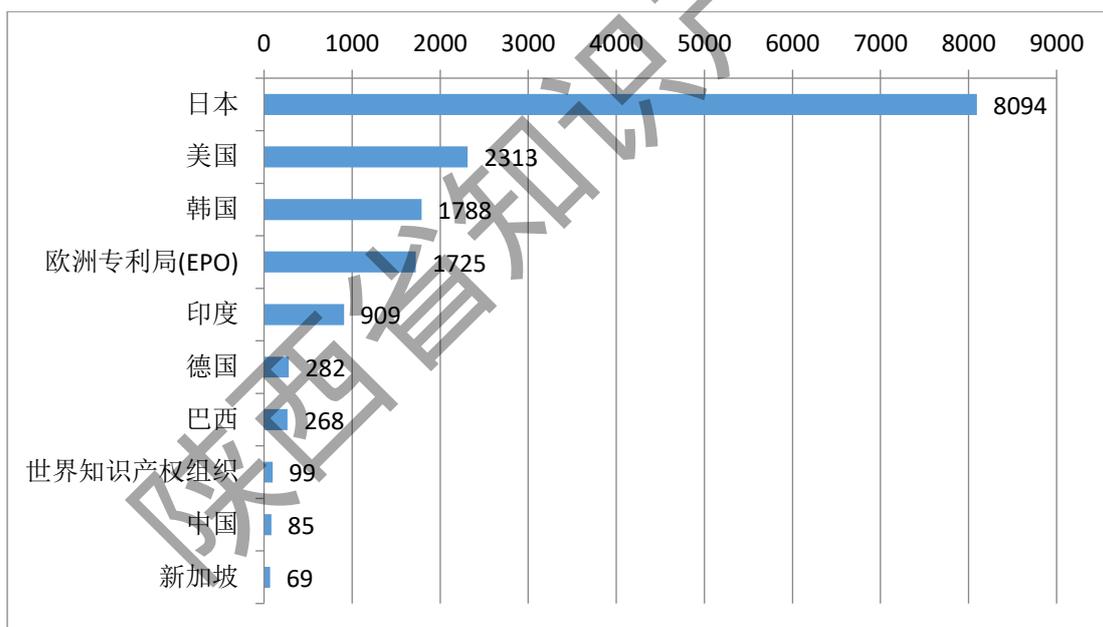


图3-27 全球光子产业专利诉讼分布

表3-14 国内光子产业涉及专利诉讼地域分布

申请人省市	诉讼专利数量
北京	19
安徽	15
广东	9
浙江	6
中国台湾	6
辽宁	4
河南	4

## 陕西省光子产业专利导航

上海	1
江苏	1

表3-14 光子产业涉及专利诉讼专利权人排名

企业名称	诉讼专利数量
合肥芯硕半导体有限公司	14
安图实验仪器（郑州）有限公司	4
沈阳大陆激光技术有限公司	4
海洋王照明科技股份有限公司	4
菲尼萨公司	4
杭州创元光电科技有限公司	3
滨松光子学株式会社	3
二极管构造技术股份有限公司	2
伊斯曼柯达公司	2
先进微装置公司	2

### 合肥芯硕半导体有限公司专利纠纷案例分析

表3-15 合肥芯硕半导体有限公司涉及纠纷的专利

序号	标题	申请人	申请号	申请日	专利类型
1	一种基准式双工作台装置	合肥芯硕半导体有限公司	CN201510397473.4	2015/7/7	发明申请
2	一种气体保护镜头	合肥芯硕半导体有限公司	CN201410479027.3	2014/9/18	发明申请
3	一种扫描式无掩膜光刻机的数据处理方法	合肥芯硕半导体有限公司	CN201110143145.3	2011/5/31	发明申请
4	直写式光刻系统中的图像灰度数据的压缩方法	合肥芯硕半导体有限公司	CN201210189194.5	2012/6/8	发明申请
5	同步信号触发扫描方式延迟时间测量方法	合肥芯硕半导体有限公司	CN201210122845.9	2012/4/24	发明申请
6	一种直写式光刻机的对准系统及对位标记精度提取方法	合肥芯硕半导体有限公司	CN201110130757.9	2011/5/20	发明申请
7	一种应用于直写式光刻机的灰阶曝光的方法	合肥芯硕半导体有限公司	CN201110091631.5	2011/4/13	发明申请

综合产业中发明专利数量、创新企业情况、创新人才分布以及在从排名靠前的被投资企业和接受投融资事件数量看，专利拥有量越多的企业，基本上也是陕西省高新技术企业，专精特新企业及资本投资热门企业。从一定程度上反映了专利技术在产业，产品发展中的作用。例如：西安炬光科技股份有限公司、星展测控科技股份有限公司、西安知象光电科技有限公司、西安奇芯光电科技有限公司、西安希德电子信息技术有限公司等公司专利拥有量较多，是资本投资热门企业。

## 陕西省光子产业专利导航

### 陕西省产业链强链补链延链路径建议

目前陕西的光学材料领域：例如光学晶体、非线性光学晶体，这些都是目前可以卡别人脖子的地方。

从陕西“追光计划”将聚焦先进激光与光子制造、光子材料与芯片、光子传感三大重点领域三大重点领域来看，在先进激光与光子制造领域，重点支持 CO<sub>2</sub> 激光器、半导体激光器、光纤激光器、固体激光器等各种类型激光器及设备整机的制造和应用。支持高端光源创新研发和应用场景打造，加快突破准分子激光器、EUV 光源等特种光源领域“卡脖子”技术。

在光子材料与芯片领域，抢抓电芯片集成电路技术发展瓶颈期机遇，面向新一代高速光通讯、光计算、光传感需求，聚焦光子材料与光子芯片研发制造，抢占新兴战略产业技术制高点。

在三大重点领域，还将实施补链强链延链计划。在补链层面，重点支持本地创新企业发展，为产业持续升级做好储备；在强链层面，支持本地具有一定规模的高成长企业发展，积极推动企业上市；在延链层面，引起一批具有关键核心技术的行业领军企业。

### 3.5 小结

陕西光子产业目前与北上广深及武汉、广州、成都等城市基本处于同一起跑线，且具有先发优势，与全球基本同步，特别是在特定关键核心技术等方面拥有部分领先优势。目前陕西省已经孵化培育了百余家光子技术企业，拥有以炬光科技、莱特光电、中科微精、奇芯光电等为代表的一批技术先进的企业，光子产业链已经初步形成。但在光子产业相关的国家标准制定方面参与的企业及科研机构较少，仅西安微电子技术研究所、西安隆基硅材料股份有限公司、陕西天宏硅材料有限责任公司等为数不多几家，参与制定标准较多的主要是上海、广东、浙江的企业。

# 4 陕西光子产业发展路径研究

## 4.1 陕西光子产业结构优化目标

聚焦先进激光与光子制造、光子材料与芯片、光子传感三大重点领域，以补链、强链为抓手，带动光子产业全产业链集聚发展，形成陕西光子产业发展全生态体系。陕西光子产业企业众多，优势产业链发展布局已初见成效，但也存在产业链短板，在做强优势产业链的同时积极地布局产业链短板成为未来产业发展的方向；光子产业优势技术领域企业相对扎堆，产品重复且相互竞争严重，光子产业短板领域因研发成本高、回收投资慢的特点暂时发展相对缓慢。

培育优势企业，提升品牌效应。建立光子产业知识产权优势企业培育库，加大培育和扶持力度，积极帮助协调解决发展难题、短板，鼓励重点企业通过兼并重组、资本运作等方式整合资源、扩大生产规模、增强核心竞争力，努力培育一批具有自主知识产权、产品附加值高、有核心竞争力的专精特新“小巨人”和制造业冠军。实施重点产品高端提升行动，引导企业建立以质量为基础的品牌发展战略，优化产品设计、改造技术设备、完善检验检测，推广先进质量文化与技术，丰富品牌内涵，提升品牌形象和影响力，培育高附加值知识产权优势企业。

以推进光电子产业“链长制”为统揽，按照强链、补链、固链、延链的要求，实施光电子产业高质量发展行动计划，完善产业链发展规划，编制产业创新发展路线图和时间表，强化资源整合和政策扶持，加大招商引资力度，定期研究解决企业发展遇到的瓶颈制约和突出问题，及时联络对接国内外优秀平台、联盟、创新团队。形成抓产业、抓链条的顶层设计、清晰思路、明确目标、重点任务和具体路径，推动光电子产业集群创新与发展壮大。

### 4.1.1 陕西光子产业存在问题分析

一、陕西光子产业链优势明显，但不乏短板，产业链各环节规模小，缺乏龙头企业带动。陕西光子产业技术强但规模不大，2020年产值约50亿元，近百家光子企业大部分在千万元产值体量，产值过亿的仅有炬光科技、中科微精、奇芯

## 陕西省光子产业专利导航

光电等不到 20 家企业，部分重点环节缺乏龙头企业，尚未形成共融共生的优势产业集群。企业融资规模较小，缺乏国有资本背景的创投机构参与。

二、多个前沿领域已形成优势产业布局，但双链协同有待加强。陕西省科教资源丰富，在高折射率硅光芯片、微纳光波导、光栅耦合器和 VCSEL 激光器等多个方面科研水平处于国际领先水平，但高校院所与企业、企业与企业之间，在技术创新、产品生产等方面，横向、纵向合作较少，各环节缺乏协同，未能形成协同发展的合力，亟待通过有效地引导支持，将技术储备转化为产业优势

人工智能 (AI)、5G、无人驾驶技术、物联网、无触点手势识别等产业和技术的发展如火如荼，而这些热门领域的发展必然会驱动相关光子技术与产业的发展。如交流机器人产业的发展与光子芯片与激光雷达息息相关，无人驾驶技术则与光学成像、激光雷达、硅光子技术等有着密切的联系，VR/AR 则离不开 3D 成像、3D 摄像头、液晶覆硅技术的发展，云计算极大促进高速光模块、光互连设备、硅光子、光子集成的需求，光学摄像机、光学传感器影响无触点手势识别的发展，5G 引发光传送网、光纤、光模块及光子芯片需求和发展，AI 使 3D 成像光学革命即将到来，光子相机是作战无人机发展的关键因素，信息化战争使光子集成应用范围不断拓展。

产业发展为技术研发及专利布局提供了明确的需求导向。但高校院所与企业、企业与企业之间，在技术创新、产品生产等方面，横向、纵向合作较少，各环节缺乏协同，未能形成协同发展的合力，亟待通过有效地引导支持，将技术储备转化为产业优势。

三、光子创新研发及代工平台缺失。随着我省光子产业快速发展，现有平台已经难以满足众多光子企业研发及生产需要。在研发平台方面，由于投入不足，现有设备已经难以满足企业日益新增的研发需求，陕西省光电子先导院能够提供小试中试服务，但在量产以及硅光加工线方面仍处于空白，制约光子企业产品大规模量产。

### 4.1.2 陕西光子产业结构优化及发展前景预测

陕西光子产业发展与北上广深及武汉、广州、成都等城市基本处于同一起跑

## 陕西省光子产业专利导航

线，且具有先发优势，与全球基本同步，特别是在特定关键核心技术等方面拥有部分领先优势。目前我省已经孵化培育了百余家光子技术企业，拥有以炬光科技、莱特光电、中科微精、奇芯光电等为代表的一批技术先进的企业，光子产业链已经初步形成。

光子技术是新一轮科技革命中人工智能、物联网、云计算、先进制造、高端装备等领域的重要突破技术，光子产业成为了 21 世纪最具战略性、基础性、先导性的新兴产业，目前正处于类似大规模集成电路发展初期的关键节点和创新红利的初始期与窗口期，中国已成为全球最大的光子市场，占据全球近 27% 的市场份额，中国光子产业近年来呈现出迅猛发展的态势，每年以 20% 以上的速度增长，持续发展潜力巨大。

按照围绕产业链部署创新链，围绕创新链布局产业链总体要求，依托陕西光子技术与人才优势，聚焦先进激光与光子制造、光子材料与芯片、光子传感三大重点领域，推动创新研发及代工平台建设，加快培育并引进优质光子企业，积极推动光子产业园区建设，集中力量打造以西安为重点的产业聚集区，做大做强产业规模，提升陕西光子品牌效应，带动光子全产业链集聚发展，形成陕西光子产业发展生态体系，打造国家光子产业发展主阵地和全球具有影响力的光子产业生态高地。

### 4.2 陕西光子产业支持培育和引进合作方案

产学研互动是我省光子产业从小到大、加速发展的基石。在 2021 年全球硬科技创新大会光子产业峰会上，陕西发布“追光计划”，这标志着我省将全力开展对光子产业的顶层设计、统一规划和整体部署，建设政、产、学、研、金多方融合的光子技术与产业先导创新中心，打造千亿元光子产业集群。

#### 4.2.1 整合企业、高校、科研组织等创新主体资源

我省承担了中科院“大规模光子集成芯片”战略科技先导 B 专项，该专项由中科院西安分院院长赵卫担任首席科学家，由其带领的团队完成了全球唯一基于硅基改型材料的光子集成平台开发，并成功实现技术在陕西落地转化，为我省发

## 陕西省光子产业专利导航

展大规模光子集成芯片产业提供了良好基础。陕西有西安交通大学、西北工业大学和西安电子科技大学等全国知名高等院校，为企业提供了丰富的科研资源，部分高校还与西安光机所共建有联合实验室。

一方面，充分利用“闭环”式的产业和创新生态体系，利用优势产业拉动研发和技术创新，形成技术推动产业发展、产业反哺科研的良性循环；另一方面，利用西安交通大学、西北工业大学和西安电大科技大学等丰富的本地科研资源，不断拓展横向、纵向合作网络，以产业化发展为最终目标，将这些技术“为我所用”，成为产业化的助推器。

### 4.2.2 建设高质量高层次人才队伍

光子人才储备优势巨大，并且高度重视人才引进及特殊人才保留。目前西安光机所共有在职人员 914 人，其中 40%左右为高级科技人员；中国科学院院士 1 人，中国工程院院士 2 人；国家千人计划入选者 6 人，“青年千人计划”入选者 1 人；中国科学院“百人计划”入选者 14 人，国家杰出青年科学基金获得者 1 人。西安光机所一直以来非常重视人才引进，为高端人才提供有竞争力的待遇水平，为特别优秀或研究所急需人才提供差异化薪酬福利待遇以及科研条件保障。

加强人才引进和培育。牵头各高校、院所做好人才创新创业扶持、人才引进培育、个人所得税减免、住房安居保障、子女教育与家庭健康、人才贡献表彰等各项人才服务，在全球范围内招引光子产业人才和创业团队，支持省内高校、科研院所与企业合作共建光子产业人才培养基地，建立校企人才对接机制。光子技术领域人才布局全面，高光谱成像、光子芯片、光传送网技术、全息图等未来发展方向拥有学术带头人。如赵卫团队侧重激光器及应用领域；胡炳樑和杨建峰团队侧重光探测系统；谢小平团队侧重激光通信；樊学武团队侧重光电测量与检测；张文富团队重点发展光集成技术；朱少岗团队侧重激光雷达技术；范文慧团队侧重太赫兹光谱技术与成像。

省外的长春光谷以中国科学院长春光学精密机械研究所、长春应用化学研究所、长春理工大学等科研单位、高校为代表，从事光电信息产业的科学研究，推动光电信息技术成果产业化。长春光谷依托科教资源设立了第一个光电领域博士

点和博士后流动站。厦门市光电显示产业集群是由传统电子企业或光学企业演变为新兴光电子产品企业而形成发展起来的。厦门光电产业取得了许多突出成绩。从产业链来看，厦门的光电产业已经形成了从外延、芯片、封装到应用的完整产业链。国家半导体发光器件应用产品质量监督检验中心、海西照明国际检测认证中心、厦门市创意照明应用设计中心等公共服务平台。这些有特色的平台、院所都是我们引进人才的一个方向。

面向深圳、武汉、苏州、成都等光子产业聚集区，加强招商引资力度，积极开展组团招商、驻点招商、小分队招商等活动，充分利用各种重大活动，谋划策划专题会、高层会见、展位展示、互动洽谈等活动，增强行业影响力，努力打造省内光子企业和机构品牌示范效应，吸引外地上下游配套企业及具有关键核心技术企业落户，实现以商引商。

### 4.3 陕西光子产业技术发展路径

#### 4.3.1 发力强化优势技术

依托我省光子产业在光电子集成芯片设计、光有源芯片制造、特种光学材料、细分领域器件研发、模组装配制造、超快激光器制造、超快激光加工、光纤传感等领域优势，实施重点产品高端升级行动，引导企业建立以质量为基础的品牌发展战略，优化产品设计、改造技术设备，完善检验检测，推广先进质量文化与技术，丰富品牌内涵，提升品牌形象和影响力。

**发挥优势：**在高折射率硅光芯片、微纳光波导、光栅耦合器和 VCSEL 激光器等多个方面科研水平处于国际领先水平，学科布局与科研进展对光探测、激光器及应用、光集成、光纤传感及特种光纤等重点产业提供了较好支撑。瞬态光学重点实验室、空间光学技术研究室、月球与深空探测技术研究室、光谱成像技术重点实验室和超快诊断技术重点实验室等都在进行光探测技术研究；瞬态光学重点实验室、特种光纤材料及器件研究中心、光子网络技术研究室等开展了激光器应用技术的研究；光电子集成电路先导技术研究室主要进行光集成技术的研发，并承担了先导 B 专项进行大规模光子集成芯片关键技术的攻坚克难；光纤惯性

## 陕西省光子产业专利导航

测量与传感工程中心、特种光纤材料及器件研究中心和信息光子学研究室进行光纤传感及特种光纤技术的研究。

**提前布局：**在多个相关未来前沿方向开展产业布局。在光电传感器、3D 成像、光子芯片等未来前沿方向已形成企业群；高光谱成像、光传送网、光模块、Nano-LEDs 等已成为多家企业的核心产品/技术；有多家企业从事激光雷达、片上光源等产业开发。

### 4.3.2 跟踪赶超成熟技术

发挥西安光机所、陕西光电子集成电路先导技术研究院、陕西省光电子技术重点实验室、陕西省信息光子技术重点实验室、新型半导体材料与器件重点实验室等平台科技支撑作用，与企业加强合作，瞄准产业链薄弱技术领域，加大重要产品和关键核心技术攻关力度，力争在半导体材料、高端器件、光无源芯片、光子制造专用控制系统等方面突破一批核心技术，攻关一批重要产品。

**材料：**深度拓展从高纯磷、高纯铟到磷化铟单晶、多晶、晶圆加工，再到功率器件的垂直产业链条分布，同时与澳威激光等下游企业开展紧密合作，实现产业链、供应链就地配套。

**第三代半导体外延片：**突破国外技术封锁，开展氮化镓外延片生产、氮化镓功率芯片、射频芯片、封装生产等产业化研究应用，填补国内高端氮化镓外延片的商用国产化技术空白，形成商用国产化替代。在 GaAs、GaN、InP 基 HBT、HEMT 外延片的均匀性、表面质量等核心工艺参数方面实现技术进步，以填补国内高端 HBT、HEMT 外延片的商用国产化技术空白，最终形成商用国产化替代。

**光芯片封装：**环氧塑封料是用于芯片封装的一种热固性化学材料，是芯片封装关键材料，我国环氧塑封料企业以中低端市场为主，中高端产品基本依赖进口，积极引进光刻胶、环氧塑封料、键合丝等项目。

**光电器件：**引进世界先进的精密蚀刻中试与批量生产线及配套湿法消光、光学镀膜生产线，形成生产能力。

**先进激光与光电制造：**通过持续加大科研和自主创新力度，逐步提高激光测量技术产品的测量精密度，实现从超大尺寸精密测量到微/纳米级精密测量，突

破我国高附加值激光测量仪器的空白。

**超快激光超精细制造：**开展超快激光精细制造工艺研究，重点突破面向石英等难加工硬脆材料的高效高精度无热化制造、基于光束调制和流场引导的高深径比微孔高效加工、面向复杂孔形和多层材料的激光一体化加工、基于扫描轨迹优化与能量智能调控的高表面完整性微孔加工等技术，实现在高端产品制造领域的推广和应用。

### 4.3.3 争取填补空白技术

按照“两步走”模式建设光子产业创新中试平台。第一阶段，依托陕西光电子先导院现有硬件平台，升级 iii-v 族化合物半导体工艺平台，支撑 GaN、GaAs、InP 等化合物半导体外延研发中试和发光芯片、探测芯片、射频芯片、功率芯片等第三代半导体芯片研发中试。第二阶段，争取对标 IMEC 建设一条国内先进的硅光平台（Fab 工厂），为企业提供流片和代工服务，吸引光子产业链上下游企业集聚，打造光子产业集群生态。

### 4.3.4 切实规避市场风险

抢抓科创板、创业板实施注册制等资本市场改革机遇，发掘和筛选一批符合国家产业政策、持续经营能力强、具有发展潜力的重点企业，建立拟上市企业库和企业上市梯队，推动各类股权投资、创业投资、风险投资机构参与企业股份制改造，指导帮助企业与中介机构衔接，进行上市辅导，集中力量扶持一批光子优质企业上市，提高企业对接资本市场的能力，加快培育壮大龙头企业，带动光子产业全产业链集聚发展。

## 4.4 陕西光子产业专利布局和运营目标及路径

从产业链发展到企业自身发展，都需要制定适当的专利运营战略，应从全球的视角以发展的眼光参与到市场活动中。

由于光子产业本身的发展水平，以及各领域的国内外企业的发展水平都分别处于不同的阶段，不同的企业定位决定了其在市场竞争中的着力点各不相同。通过之前对国内外创新主体、产业集群技术发展路线的分析，具体来看，西安光机

## 陕西省光子产业专利导航

所、炬光科技等公司针对核心专利进行了相对完善的布局，并将关键装置、工艺等技术方案进行了多重保护，形成了严密的技术脉络和专利保护体系。其他企业应避免与其冲突，合理使用技术链的上下游专利布局和外围专利布局策略，及时跟踪其发展态势，分析具体技术方案，制定自身研发计划，布局核心专利的改进型专利，开辟对抗、合作阵地，借鉴经验，避免弯路，加快步伐。

根据创新成果的市场预期建立合适的专利布局，并通过专利许可交易，在回收研发费用的同时，保证企业自己充分的市场占有率。因此陕西企业应借鉴“西光模式”的经验，在取得专利成果基础上，构成自由经营的战略，在商业竞争中给自己提供各种各样的实用战略。同时采用专利、技术及商业秘密等多重保护形式对自身的知识产权形成多方位的保护，以获取最大利益。

同时合理利用优先权、PCT 申请及分案申请制度应对专利审查和布局的挑战，争取更多专利授权。根据生产导向和市场导向原则对专利申请的目的地进行选择，合理利用当地资源和便利实施专利布局。培养企业高水平专利人才，加强与高水平专利代理服务机构的合作，选择深入理解本领域技术和相关法律的资深代理团队，建立专利申请和保护规范化流程，制定适合企业的专利申请和保护战略。