

韩国光子技术及光产业的发展 方向及政策启示

叶 京*

(中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190)

摘 要:近年来,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,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。本文基于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启示建议。

关键词:光子技术;光产业;政策启示;发展方向;韩国

DOI:10.16507/j.issn.1006-6055.2020.12.006

Development Tendency and Policy Implications of Photonic Technologies and Photonics Industries in South Korea

YE Jing*

(Institutes of Science and Development Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: In recent years, South Korea's photonic technology has developed rapidly, with world-class LED manufacturing technology and information and communication technology (ICT) infrastructure. Meanwhile, due to the fusion of photonics industry market, the photonics industry of South Korea, as a high value-added core industry that improves the quality and functionality of pillar industries, has experienced new growth opportunities. Therefore, South Korea provides strong support in all aspects by formulating photonic technology and optical industry development roadmaps and policies. Based on the experience of South Korea in focusing on the development of photonics technologies and new markets, and the promulgation of the Industrial Promotion Law to provide legal protection, this study suggests that more attention should be paid to the medium and long-term planning and strategy formulation of photonic technology, the industrial development of technology integration applications, the infrastructure construction, and the localization of core technologies applications.

Keywords: Photonic Technologies; Photonics Industries; Policy Implications; Development Tendency; South Korea

近现代人类社会进程经历了蒸汽时代、电气时代和电子信息时代三大历史时期。进入 21 世纪,人们的生活、工作与信息的传输、重组、分析、处理、储存等密切相关,人类社会真正进入高度信

* E-mail: yejing@casisd.cn

息化时代^[1]。以高速度、高精度和大容量为特征的光子技术是近代科学技术发展及相应高科技产业的核心,光子学或光电子学的发展是近代高科技产业发展的基本推动力^[2]。随着信息流量和能源消耗剧增,光路交换、硅光子技术、光子芯片、石墨烯等光子技术的发展将为人类进入低碳信息社会奠定基础^[3]。在未来的信息化社会中,利用光子传输和处理信息的行业规模将会迅速增长。

因此,世界各国/地区纷纷发展光子技术,并将光产业作为推动 21 世纪经济发展的朝阳产业。2010 年,日本开始实施尖端研究开发资助计划 (Funding Program for World-leading Innovative R&D on Science and Technology, FIRST),包括以在 2025 年实现“片上数据中心”为目标的光电子融合系统基础技术开发 (Photonics-Electronics Convergence System Technology, PECST)^[4];2013 年,欧盟针对硅光子技术启动 4 年期欧盟针对制造的光子库和技术 (Photonic Libraries and Technology for Manufacturing, PLAT4M) 项目,目的是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;2014 年,美国建立“国家光子计划”(National Photonic Initiative, NPI) 产业联盟,明确将支持发展光学与光子基础研究及其早期应用研究计划开发。

近年来,韩国光子技术得到迅速发展,光产业作为韩国主要支柱产业(即电子、半导体、显示器、汽车、造船、新再生能源领域)中提高质量和功能的高附加值核心产业,因光融合产业市场的成长,高效率能源与绿色产业的扩大,以及信息技术、纳米技术、生物技术、医疗领域光子技术的利用,迎来了新的增长机遇,特别是光子技术在

LED/OLED 照明、显示屏等高效率能源技术领域发挥着重要的作用^[5]。

本文介绍了韩国光子技术领域的重要研究机构、光子技术研发动态和光产业市场发展情况,梳理了发展光子技术和光产业的战略规划与项目部署,总结了其发展重点与特点,并基于韩国发展光子技术与光产业的做法经验,为我国推进光子前沿技术和发展光产业提供参考借鉴。

1 韩国光子技术与光产业发展现状

1.1 光子技术领域的重要研究机构

韩国开展光子技术领域研究的主要机构集中在高校和科研院所。高校类包括首尔大学、高丽大学、延世大学、浦项工科大学和韩国科学技术院等;科研院所包括韩国光技术研究院、韩国科学技术研究院、韩国标准科学研究院、韩国机械加工和材料研究所、基础科学研究院等。

1)浦项工科大学,拥有韩国第四代光源 PAL-XFEL,是继美国和日本之后,第三个成功发出自由电子激光的装置。此外,还拥有①光子学实验室:研究领域为超材料、等离子激元及其器件应用、纳米制造和加工等;②阿秒科学技术中心:研究领域为阿秒科学与计量学、飞秒科学与 X 光技术、纳米科学,配备了原子物理阿秒激光设备、化学物理阿秒激光设备、表面/冷凝物质阿秒激光设备以及纳米成像阿秒激光设备;③激光加工和微尺度传热实验室:研究领域为激光加工、热物理性质、微尺度热传质、生物光子学等。

2)韩国光技术研究院,专门开展光子技术相关研究,研究成果包括①LED:用于 LED 封装的微型 LED 芯片、大量传输印刷和高品质显示的红/绿/蓝 LED 芯片等封装技术;②激光:1.3 kW 单模高功率连续波光纤激光器;③传感器:分布式

光纤传感器与监控系统;④Lens:红外光学材料和光透镜的下一代晶圆级光学模块;⑤无人驾驶车辆与安全:大型超亮 LED 信标的低杆照明确保夜间能见度;⑥信息通信技术(Information and Communication Technology, ICT)融合与显示:超高速大容量光互连模块、智能透射眼镜片光学模块、光学设计支持平台、全向光场全息显示、空间光学信息的获取/实现/测定/分析/评价;⑦医疗保健:共聚焦三维扫描、用于实时血管成像的高速光学相干断层成像、用于皮肤治疗的可拉伸光源补片系统、移动眼底诊断系统、基于带鱼视网膜 DNA 分析的诱鱼灯系统;⑧能源与环境:光伏和太阳能热系统、太阳能电池和能源网格系统、LED 照明实现自然光设计系统、应用高速亮度测量技术的 LED 污染环境影响评价系统、与自动遮阳结合的光传感器光控制集成系统^[6]。

1.2 韩国光子技术研发动态

1)研发红外辐射可视化技术,扩大红外传感器应用范围^[7]。2020 年 4 月,韩国科学技术研究院纳米光子学研究中心开发出一种多功能发光膜,可通过波长转换使近红外光可视化,将不可见的红外或紫外光转换为可见光,直观地查看包含在光中的数据,从而可以将红外或紫外光用于显示器或成像设备。现有的红外传感器只能收集一种类型的数据,但这项技术可用于一次性收集多类数据并将其可视化。由于这项技术在加工方面具有多种优势,例如可折叠性、可洗性和可转移到其他薄膜中,因此其应用可以扩展到各个领域,用于可折叠设备、可穿戴传感器和柔性波长转换成像设备。

2)开发“OLED 贴片”,利用光来治疗伤口^[8]。2018 年 3 月,韩国首尔大学和韩国科学技术院研究团队开发了可作为光生物调节技术

(Photobiomodulation, PBM)载体附着在皮肤上的有机发光二极管(OrganicLight-Emitting Diode, OLED)贴片。该贴片只有手掌大小,重量轻(0.82 克,厚 676 微米)、灵活(能沿半径为 20 毫米的曲线弯曲)、耐用(可运行 300 多个小时);温度始终保持在 40 摄氏度以下,避免了一级烧伤的风险;在组织再生方面效果显著,成纤维细胞增殖增加了 58%,成纤维细胞迁移增加了 46%,可通过刺激成纤维细胞的增殖和迁移,来帮助愈合伤口。这种贴片一旦商业化,患者将能够更方便地接受光线疗法。通过控制发射光的数量,还可以扩大产品的使用范围,包括皮肤再生,治疗皮肤癌、阿尔茨海默氏症和抑郁症等。

3)开发每秒传输 200 G 数据的“光通信”技术^[9]。2019 年 11 月,韩国电子通信研究院开发出核心技术,可解决 5G 商用化剧增造成的数据传输问题。该技术将一次能传送的数据量增加两倍(每秒发送 200 G 数据),消除了瓶颈现象;在移动回程网络和小规模城域网中开发出了世界上最小的收发器(将光传输和接收器作为一个模块制成的产品)和相关技术,大幅减少电力消耗和装备体积。同时,利用相关技术开发出 50 Gbps 的硅变速器和前端螺孔光收发器;利用必要的要素技术完成光传输和接收器的开发,将速度提升至 400 Gbps,并计划开发 2 KM 范围通信网中每秒传输 400G 数据的光收发器。

1.3 韩国光产业发展情况

根据韩国产业技术院 2019 年统计数据显示,全球光产业市场规模从 2018 年约 6145.29 亿美元增长到 6576.75 亿美元,年增长速度 7.3%,预计到 2021 年将达到 7638 亿美元。其中光源与光电元件产业占比最高,年增长 13.8%^[10]。

韩国光产业市场在 2018 年以 LED 照明、显

示、光通信等领域为中心,实现了 675 亿美元规模的增长,但 2019 年起增长势头有所减缓。原因是尽管韩国拥有世界级水平的 LED 制造技术、ICT 基础设施等,但由于产业结构以中小企业为主,海外低价产品引发市场竞争加剧、技术竞争力弱、大部分认证制度繁琐、专门人力不足等原因,光产业生态界基础非常薄弱。为此,韩国为推进光子技术和光产业的发展,从国家层面制定战略规划与项目部署。

2 韩国发展光子技术和光产业的战略规划与项目部署

韩国先后制定了《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。

2.1 国家光技术路线图

2010 年 12 月,韩国光学会发布《国家光技术路线图建设》报告^[11],制定了到 2025 年实现光产业强国全球第二的愿景,以及实现创造引领全球市场顶尖产品 20 个以上、确保世界光子技术的源头专利与国际标准率占 10% 以上、建设创新研发基础与全球网络等 3 个目标。

1)制定韩国光产业发展的基本推进方向,包括①通过光子技术创新和推广,实现全球光产业强国:确保世界最高水平光子技术,将未来光融合产业培育成新产业,重点推动光子技术领域的核心源头技术开发。②通过推广光融合技术创造新产业:发掘面向 2020 年光子技术新增长点;制定利用光子技术培育光融合产业的政策;为加强光融合产业的生态系统构建跨行业合作体系。③通过创新光子技术强化高效能源与绿色产业:利用高效 LED 照明、LED 显示、激光加工技术等减少

日常生活及产业现场的能源消费,利用太阳能高效能源社会做贡献。④通过增强光子技术水平提升光产业结构:加大突破性技术开发的投入;通过创新制造技术,降低成本,增强价格竞争力。⑤通过光科学基础技术确保核心源头技术开发:扩充创新光子技术的研发基础设施;加强核心源泉技术开发项目,确保掌握未来新技术;引领光子技术的全球标准工作;加强光学产业创新支撑机构全球认证评价功能;建设光科技人才培养体系,扩充创新人才供给。

2)部署推进以韩国光产业战略技术/产品为基础的大型项目。根据国际光产业与光子技术领域的分类趋势,分为 12 个具体领域(表 1)。汇集韩国国内专家的专业知识,通过技术分析,制定各领域的短期和中长期战略,提供产业发展模式。每个光产业领域都以产学研为中心,中长期支持开发未来型源头技术和战略产品的大型项目。考虑到光子技术发展和产品寿命等因素,要求战略技术/产品每年更新一次。

2.2 光融合技术综合发展计划

2019 年 12 月,韩国产业通商资源部发布了由相关部门联合制定的《光融合技术综合发展计划》^[12],对光子技术与光产业发展计划予以全方面的大力支持。此次综合发展计划制定了迈入光融合技术世界强国的愿景,以及到 2025 年实现韩国光融合产业全球市场占有率提升至 15%、出口额提高至 400 亿美元和技术水平提高到 90% 等 3 个目标。

1)制定发展光融合技术的主要内容。其中,中长期推进计划有掌握领先技术、强化产业基础、创造需求市场、激活产业生态体系、建立产业支柱体系等 5 大核心任务(表 2)。具体包括①为提高光融合技术竞争力,给有潜力的新技术设立研发

表 1 韩国光产业战略技术与产品

Tab.1 Strategic Technologies and Products of Photonics Industries in South Korea

具体领域	战略技术/产品
光通信 (Optical Communications)	节能 IP/WDM IDC/骨干网技术、智能 IDC 载波以太网技术、WDM-PON 技术、TDM-PON 技术、单片光集成技术
显示器 (Display)	LED 蓝光多功能复合光学膜片、高性能大面积显示技术、实感 3D 技术、柔性 AMOLED、柔性显示器商用化技术
精密光学仪器 (Precision Optical Instrument)	空间真空产业的核心检测技术、高倍长工作距离显微镜物镜、高分辨率大面积 PCB 曝光机、第 11 代 LCD 实时检测模块
太阳光能源 (Solar Energy)	混合太阳能电池的太阳能模拟器、下一代太阳能设备的热成像锁定 (Lock-in Thermography)、超高速激光钢轨切割片设备元件技术
半导体照明 (Solid-State Lighting)	用于 GaN 的大面积基板技术、高效、高显色 LED 照明光源、高分辨率 Micro-PL 映射器和光电流测量装置、基于中间视觉 (Mesopic Vision) 的主动式 LED 道路照明系统、高效/高亮度/高显度白色 OLED 技术、AC-LED 集成系统照明模块 (平台技术)
产业用激光与激光加工 (Industrial Laser and Laser Processing)	高功率半导体激光器线阵列技术、基于光纤的高功率绿色激光技术、基于大芯径光子晶体光纤的高重复频率激光脉冲技术、钢化玻璃激光高速切割和激光精密钻孔加工技术、激光调制光模块技术
生物医疗光学 (Bio and Medical Photonics)	高精度激光手术设备、用于光学医疗设备的波长可调谐激光器、用于光学相干断层成像术 (Optical Coherence Tomography, OCT) 和内窥镜的光学探针技术、下一代 3D 内窥镜系统、使用纳米材料的生物成像系统
安全与防卫产业 (Security and Defense)	用于水下光通信和监测的蓝绿激光技术、军用高能固体激光技术、军用高能光纤激光技术、用于空间监视的自适应光学技术、基于光子的太赫兹扫描技术
光学测量 (Optical Metrology)	用于水下探测的 3D 激光扫描仪、2 米大面积自由曲面形状测量技术、高速光谱成像技术、满足下一代半导体产业需求的纳米压印光学测量设备、合成孔径共聚焦荧光显微技术国产化、多波长共聚焦荧光显微技术国产化、分子振动模式的相干反斯托克斯拉曼散射显微成像技术、液体环境驱动的近场显微技术
光学原材料与零部件 (Optical Metrology)	用于夜视仪的红外光学摄像系统、利用 cast mold 的 Prisma/dynamic toric 型下一代隐形眼镜、用于手机镜头的耐热镜片 (Reflow Lens)、全高清闭路电视变焦镜头、非制冷红外图像传感器、无损耗低非线性色散受控光纤技术
下一代光子技术 (Next Generation Optical Technologies)	基于高非线性硅的等离子体集成光波导和量子信息处理与测量技术、无损耗超材料和 3D 光学伪装技术、阿秒精度信号产生和信号处理技术、基于激光的质子重离子癌症治疗装置、采用平行光学探针的 20 nm 级等离子体光刻装置技术
教育与研究 (Education and Research)	无

专项,针对对外依存度较高的核心技术进行国产化研发;②为克服因基础设施老化及地区侧重等导致的企业需求对接受限,计划在全国主要据点建设下一代光学仪器制造平台,结合已建成的基础设施,扩大对企业的支援服务;③为解决企业依靠进口微型 LED、5G 通信光学仪器等下一代光学仪器的问题,加大支持光学仪器实验室进行试生产、试验评价、验证等整个过程的相关项目;④

为创造光融合需求市场,利用韩国国内市场公共需求创造初期需求,并利用光融合产品共同品牌 (LUXKO)、海外试设等,通过增加国内企业产品出口,扩大进军全球市场的规模;⑤为解决企业经营困难问题并提升企业实力,培养 20 家光融合专门企业,加大产学研结合型专门人才培养,范围涵盖预备技能人才到硕博士人才。此外,LED 照明产品认证种类多达7种,将采用一站式系统进

表 2 综合发展计划具体任务

Tab. 2 Specific Tasks of the Comprehensive Development Program

核心任务	具体任务
掌握光融合领先技术	制定光融合技术中长期研发战略；加大前景新技术研发投入；推动对外依赖度高的核心技术国产化。
强化光融合产业基础	建设光融合产业定制型制造平台；增加企业利用基础设施帮扶服务。
创造光融合需求市场	利用国内公共需求进入初期市场支持抢占全球市场。
激活光融合产业生态	打造光融合企业的成长环境；加大产学研结合型人才培养；转换认证模式推动市场进入。
建立光融合产业支持体系	设立光融合技术振兴专门负责机构；建立光融合技术专门研究所；组建光融合技术研究协会。

行改善。

2)制定光融合技术中长期研发战略“2020—2027 年中长期研发路线图”。通过收集产学研专家的意见,选定光材料零部件、光精密、光通信、光图像信息、光成像信息、光融合照明、光医疗生物、光能源等 8 个光融合技术领域。从各技术领域的市场规模、自立度、成长性等方面考虑,设定研发推进方向,发掘重点支持课题(表 3)。

3)布局重点项目加大新技术研发投入。2021 年起设立前景新技术研发中长期项目“光融合定制型技术创新项目”。根据光融合技术研发路线图,推动门槛高、具有市场主导能力的前景领域开展成套型(材料—零部件—模块)研发(表 4)。

2.3 地区主力产业培育计划

光州市、韩国光技术院、韩国电子通信研究院和光子医疗保健(Photonics Care)产学研联合会、企业、大学、研究所、医院结合韩国最先进的光子医疗保健技术和基础设施,构建强有力的医疗保健光产业链,将重点放在新概念第四次产业革命融合技术开发上。

韩国光州市自 1999 年制定《光产业培育与集成化计划》后,尽管集中培养了地区三大主力产业之一的光产业。但有分析认为以光子技术为中心的光通讯、光信息等产业,以及利用光的所有产业在高附加值化和创造新需求等方面遇到困难^[13]。为此,2017 年光州市设立“光融合技术源泉技术开发平台建设项目”,培育光子医疗保健新产业,开发融合光子技术与医疗保健的基础技术。通过超连接、超智能、超实感技术与光子技术的融合,开发多种智能光子医疗仪器,提供所有形态的医疗保健新产业。项目时间为 2018—2022 年,总投入 7500 亿韩元,由韩国光技术院、韩国电子通信研究院负责光子医疗保健信息平台建设及新技术研发、定点医院服务示范型项目、光子学融合基础建设等。光州市旨在通过该项目掌握光子技术和培育光产业以应对第四次产业革命,并通过光产业加强产业链的协同作用,拉动地区相关产业发展。

表 3 光融合技术开发推进方向

Tab. 3 Development Directions of Photonic Technologies

主要领域	主要特征 ¹⁾			课题类型	研发推进方向
	市场规模	自立度	增长性		
光材料零部件 光精密	●	●	●	核心基础型	开发适用于整个融合领域的通用核心技术
光通信 光图像信息 光成像信息	●	●	●	持续增长型	开发 ICT、显示器、汽车等主力产业升级技术
光医疗生物 光融合照明 光融合能源	●	●	●	创新跳跃型	开发创造新市场的定制型融合产品与服务

1)●代表 25% ;●代表 50% ;●代表 75% 。

表 4 主要新技术研发课题

Tab.4 R&D Projects of the New Photonic Technologies

主要领域	前景新技术
下一代 LED	· 多波长近红外光源 · 可伸缩微型 LED 光源
超高功率、超高速 LD	· 50 Gbps 级超高速垂直共振表面发射激光器 (VCSEL) · 25 W 加工用超高功率激光二极管
智能光连接器	· 基于硅光子的 6G 高速无线光学器件 · 混合集成量子密码通信单光子模块
下一代光学仪器	· 高清可见光、近红外、中红外集成模块 · 150°以上超广角 3D 空间检测模块
融合照明	· 光谱可变更人体感知照明 · 用于高纬度地区作物种植的 LED 照明
光学医疗、生物	· 用于癌症治疗的可植入型微型 LED · 用于生物制品质量分类系统的波分技术

此外,借助 ICT、物联网 (Internet of Things, IoT) 技术等下一代新技术的网络基础开展光融合研究。随着项目被纳入韩国国政课题中,更多国家经费将支持推进项目实施。为此,光州市制定了发展路线图,计划到 2030 年,光子医疗保健产业累计销售额达到 2 万亿韩元,地区相关产业的累计销售额达到 6 万亿韩元,地区累计雇用人力达到 2 万人,指定 30 个新技术医疗服务及 3 家据点医院,培育 50 家全球优秀中小企业。根据发展路线图,第 1 阶段(2018—2021 年)将完成光子核心技术研发、光子医疗保健 IoT 体验馆建设、医疗平台源头技术研发等;第 2 阶段(2022—2023 年)将完成光子医疗保健产业链建设、基于超连接的医疗信息综合研发、城市城乡超连接智能服务、光子医疗保健 IoT 综合服务等;第三阶段(2024—2025 年)计划扩大支持企业战略培育项目、实施光子医疗保健平台示范项目、统一费用标准化及认证支持、智能信息基础综合平台等。

随着韩国考虑将光子医疗保健技术和电子技术相结合,目标市场领域也正在从医疗仪器扩大到健康美容用品。光子医疗保健新产业的技术开发方向包括皮肤科-皮肤再生、眼科-镭射视

力矫正手术、耳鼻喉科-耳鸣治疗、内科-荧光内视镜、心血管科-搭桥手术、外科-腹腔镜手术、牙科-光学龈上洁治术^[14]。

3 韩国发展光子技术和光产业的重点与特点

3.1 重点发展光融合技术

传统“光子技术”是对光进行生产、控制和利用,通过提升现有产品功能,拉动信息通信、电子、医疗等主力产业的发展。第四次产业革命时代的“光融合技术”则是通过与其他领域技术相结合,大幅提高产品附加值或创造新产品、新服务^[15]。

光融合技术的主要领域包括光材料零部件、光精密、光通信、光图像信息、光成像信息、光融合照明、光医疗生物、光能源等 8 个技术群分类(表 5)。韩国光技术院 2019 年数据(表 6)显示

表 5 光融合技术主要领域及产品

Tab.5 Main Fields and Products of Photonic Technologies

分类	技术领域描述	主要产品
光材料、零部件	实现高效率、高品质和特殊功能的下一代材料、元件和零部件	μLED、紫外线 LED 光纤激光
光精密	通过开发制造技术,实现高灵敏度、超小型、超精密测量和智能功能	运动、压力传感器 激光微加工机
光通信	实现随时随地可连接的超高速、大容量信息通信社会	5G 收发器 光学无线通信
光图像信息	实感图像、大容量信息储存与触摸情报识别等智能输入输出功能	全息图显示器 光学拾取磁盘
光成像信息	便携移动型光学仪器与人脸识别等安全技术智能化	热成像相机 3D 扫描仪
光融合照明	以人为主的智能节电感应型与动植物生长特殊功能	智能照明 特殊作物生长照明
光医疗、生物	利用特殊波长的环保型、非植入激光器治疗等智能医疗保健	体内植入光学治疗 光催化细尘分解器
光能源	通过生产转换成小型高效率独立光能源进行利用	光电极氢化物电池 航天器太阳能电池

表 6 光融合技术水平差距

Tab.6 Photonic Technology Gaps

国别	整体水平	光材料 零部件	光精密	光通信	光成像 信息	光图像 信息	光融合 照明	光医疗 生物	光融合 能源
美国	100	92	100	100	100	100	95	100	100
日本	93	100	95	86	87	94	90	89	91
欧盟	93	93	98	90	91	91	100	93	97
中国	77	86	79	80	80	74	78	68	77
韩国	83	81	86	81	83	90	88	76	81
韩国与最高技术 水平国家的差距	2.5 年	3.0 年	2.4 年	2.9 年	2.6 年	1.5 年	2.3 年	3.3 年	2.9 年

了美国、日本、欧盟、中国、韩国的光融合技术整体水平和 8 个技术领域水平,以及韩国光融合技术与最高技术水平(100)的差距。此外,从韩国的统计数据中可以看出,美国是光融合技术水平最强国家,我国光融合技术水平相较美国、欧盟、日本和韩国,整体偏弱且有一定差距。

3.2 重点发展光融合技术的未来新市场及应用场景

韩国通过重点发展光融合技术,大力发展未来汽车、光学医疗器械、数字全息图等 3 个未来新市场。未来汽车新市场面向实现自动驾驶技术,开发传感器网络、智能灯、目标识别与情境感知相机等产品;光学医疗器械新市场面向实现微创诊断与治疗技术,开发超光谱相机、体内植入型 LED 胶囊、多波长激光器等产品;数字全息图新市场面向实现超实感虚拟增强现实技术,开发 Micro LED、智能成像相机、超高速光通信等产品。

未来光融合技术的应用涵盖产业、生活、社会等 3 个场景。1)产业应用场景,通过创新制造业,迈入未来产业强国。将光精密、光通信等技术应用于智慧工厂,用机器完成从产品组装到质量检验;将光精密、光成像信息等技术应用于未来汽车,通过识别传递路况实现自动驾驶;将光成像信息、光通信等技术应用于无人机,作为日常生活、灾害现场中可行的运输手段。2)生活应

用场景,实现以人为主的健康便利生活。将光医疗生物、光精密等技术应用于生物健康,利用光进行安全便捷的健康管理;将光融合照明、光能源等技术应用于智慧城市,打造便捷连接的城市环境;将光材料零部件、光融合照明等技术应用于智慧农场,通过城市农场提供安全食材。3)社会应用场景,实现安全且可持续发展的社会。将光能源、光通信等技术应用于新能源产业,转换生产为新型清洁能源;将光材料零部件、光精密等技术应用于环境,通过利用光去除有害物质的干净环境;将光通信、光成像信息等技术应用于国防安全,通过实时远程侦察预防事故发生。

3.3 颁布《光融合产业振兴法》提供法律制度保障

2018 年 3 月,韩国国会发布的第 15506 号法律《关于支援光融合技术开发及基础建设的法律(光融合产业振兴法)》^[16]是将光融合产业培育成国家产业的法律基础和制度基础。其目的是为活跃光融合技术开发奠定基础,增强光融合技术竞争力。此外,重点是从法律层面定义了“光融合技术”:将控制利用能源、波动性、粒子性等特征的光子技术与电子、机械、通信等其他领域技术融合,开发新产品或提高产品性能的技术。

光融合产业振兴法共由 3 章 20 个条款组成,包括建立光融合产业培养计划、培养专业人才、

技术开发、标准化、国际合作、指定专门机构、指定光融合技术咨询机构研究所、培养非盈利法人等。其中第八条(培养专业人才)规定,产业通商资源部长官为培养振兴光融合技术所需的专业人才,可以采取下列措施:1)了解专业人才需求情况,制定中长期供求展望;2)设立支援专业人才培养机构;3)开发并推广培养专业人才教育计划;4)支持落实光融合技术相关资格制度以及专业人员供求;5)支持各级学校及其他教育机构实施光融合技术相关教育培训;6)培养其他专业人员的需要。

同时,依照法律建立振兴光融合技术的产学研支援体系,《光融合技术综合发展计划》指定韩国光产业振兴会为专门机构、韩国光技术院为专门研究所,并组成运营研究协议会。后续指定光融合照明(韩国照明 ICT 研究院)、电子融合(电子零部件研究院)、ICT 融合(韩国电子通信研究院),以及农业生命融合(全北大学)、汽车融合(岭南大学)、海洋融合(釜庆大学)等研究机构作为光融合技术专门机构。

4 启示与建议

本文介绍了韩国光子技术领域的重要研究机构、光子技术研发动态和光产业市场发展情况,梳理了发展光子技术和光产业的战略规划与项目部署,总结了发展的重点与特点。基于韩国发展光子技术与光产业的做法经验,为我国带来如下启示与建议。

1)重视光子技术与光产业发展的中长期规划与战略制定。光产业是未来融合技术的核心产业,有必要从国家层面对光技术进行培育和发展。世界主要发达国家均已认识到光子技术与光子产业的潜力,并将其作为国家基础产业制定

了政府层面的支持政策。韩国为推动光子技术和光产业的发展,从国家层面和地方层面均制定了具有宏观指导意义的路线图和技术发展规划。我国在光子技术和产业布局上缺乏整体指导,影响整体技术产业链的形成。有必要从国家层面进行整体产业和技术布局,聚焦并支持重点核心技术的相关研发,加大新兴光子产业的政策支持。

2)重视光子技术与其他技术融合应用的产业发展。考虑未来光子产业的应用需求前景,光子技术与绿色产业、信息技术、纳米技术、生物技术、医疗领域的融合应用,带来了新的增长机遇。韩国发展光子学的重点放在光融合技术上,通过与其他领域技术相结合,大幅提高产品附加值或创造新产品、新服务。例如光州市培育医疗保健光子学新产业,开发光子医疗融合技术,并扩大市场范围。我国有必要从应用需求层面考量,由需求牵引使能技术,才能更好地利用光子技术在其他领域发挥作用。

3)重视光子技术与光产业发展中的基础设施建设。光产业作为国家主要的未来支柱产业,没有培育和振兴光产业的法律基础,光产业的相关研究、投资、产业发展不活跃。韩国通过建立培育光产业的法制基础,为光产业系统的培育和发展奠定基础,增强光产业的竞争力,并通过培养研究人才和指定重点研究机构来扩充研究力量。我国有必要开展相关领域人才布局,形成人才梯队的全方位建设,提高硕博士科技人才的培养数量和质量,加强技术技能人才的培养和储备,以及保障人才供需平衡的平台建设。

4)重视推动对外依赖度高的核心技术国产化。由于日韩技术贸易争端,韩国在零部件原材料方面受到很大冲击,因此,从 2020 年起以材料、零部件、装备为对象,研究对外依存度、产业影响

力等,发掘核心技术并迅速推进研发,同时考虑核心产品的市场需求和紧迫性,在原有的“材料零部件装备技术开发项目”“超节电 LED 融合技术开发项目”等研发项目上增加新课题或新项目规划。我国也同样面对类似的状况,为能够更加独立自主掌握关键核心技术,缓解对外依赖度高的卡脖子问题,有必要设立国家专项进行攻关,做好核心技术储备并促进国产化。

参考文献

- [1] 姚淑娜,母小云,陶进前,等. 现代光学及光子技术的应用[J]. 北京联合大学学报(自然科学版),2007(2):27-31.
- YAO Shuna, MU Xiaoyun, TAO Jinqian, et al. Modern Optics and the Application of Photon Technology[J]. Journal of Beijing Union University(Natural Sciences) 2007(2):27-31.
- [2] 刘颂豪. 光子技术与光子产业[C]//光子科技创新与产业——长三角光子科技创新论坛暨 2006 年安徽博士科技论坛论文集. 合肥:科协论坛,2006:24-31.
- LIU Songhao. Photonic Technology and Photonic Industry[C]//Photonic Technology Innovation and Industry—Proceedings of the Yangtze River Delta Photonic Technology Innovation Forum and 2006 Anhui Doctoral Science and Technology Forum. Hefei:Science Association Forum,2006:24-31.
- [3] 简水生. 光子技术最新进展将为人类进入低碳信息社会奠定基础[J]. 光通信技术,2011,35(8):1-5.
- JIAN Shuisheng. Photon Latest Technologies will Develop the Basis of Low-carbon Information Society of Human Beings[J]. Optical Communication Technology,2011,35(8):1-5.
- [4] 高端装备发展研究中心. 光子芯片技术发展现状及趋势[EB/OL]. (2017-06-12)[2020-08-14]. https://www.sohu.com/a/148281541_628943.
- High-end Equipment Development Research Center. The Development Status and Trend of Photonic Chip Technology[EB/OL]. (2017-06-12)[2020-08-14]. https://www.sohu.com/a/148281541_628943.
- [5] 신용진. 광(Photonics)산업 동향 및 발전방안[J]. 광학과 기술,2015,19(2):43-49.
- SHIN Yongjin. Photonics Industry Trend and Development Plan[J]. Optical Science and Technology,2015,19(2):43-49.
- [6] 한국광기술원. 광기술원 홍보책자[R]. 광주광역시: 한국광기술원, 2018.
- Korea Photonics Technology Institute. Brochures [R]. Gwangju City: Korea Photonics Technology Institute,2018.
- [7] AHN Inhwan, YEO Seonju, JUNG Kinam, et al. A Multi-functional Highly Efficient Upconversion Luminescent Film with an Array of Dielectric Microbeads Decorated with Metal Nanoparticles[J]. Advanced Functional Materials,2020,30:1-11.
- [8] JEON Yongmin, CHOI Hyeryung, KWON Jeonghyun, et al. 22-4: Wearable Photobiomodulation Patch Using Attachable Flexible Organic Light-emitting Diodes for Human Keratinocyte Cells[J]. SID Symposium Digest of Technical Papers,2018,49:279-282.
- [9] 류은주. ETRI,1초에 200G 데이터 전송 ‘광통신’ 기술 개발[EB/OL]. (2019-11-26)[2020-05-20]. http://it.chosun.com/site/data/html_dir/2019/11/26/2019112601780.html.

- RYU Eunjoo. ETRI, Develop Optical Communications Technology, 200G Data Transmission in One Second[EB/OL]. (2019-11-26) [2020-05-20]. http://it.chosun.com/site/data/html_dir/2019/11/26/2019112601780.html.
- [10] 김한식. 세계 광융합산업 시장 7% 이상 증가 [EB/OL]. (2020-03-31) [2020-08-14]. <https://www.etnews.com/20200331000327>.
KIM Hansik. Global Optical Convergence Industry Market Increased by More Than 7% [EB/OL]. (2020-03-31) [2020-08-14]. <https://www.etnews.com/20200331000327>.
- [11] 한국광학회. 국가광과학기술 로드맵 구축[R]. 서울: 지식경제부, 2010.
Optical Society of Korea. National Optical Science and Technology Roadmap[R]. Seoul: Ministry of Knowledge Economy, 2010.
- [12] 한국산업통상지원부. 광융합기술의 글로벌 강국 도약을 위한 발판 마련 [EB/OL]. (2019-12-30) [2020-05-20]. <http://www.motie.go.kr/>.
Ministry of Trade, Industry and Energy. To Become a Global Optical Convergence Technology Powerhouse[EB/OL]. (2019-12-30) [2020-05-20]. <http://www.motie.go.kr/>.
- [13] 윤현석. 국정과제로 본 광주 미래 ⑤ 광융합 기술개발 플랫폼 구축 [EB/OL]. (2017-08-04) [2020-05-20]. <http://kwangju.co.kr/read.php3?aid=1501772400610495004>.
YOON Hyunseok. Gwangju Future as a National Project ⑤ Establishment of Optical Convergence Technology Development Platform [EB/OL]. (2017-08-04) [2020-05-20]. <http://kwangju.co.kr/read.php3?aid=1501772400610495004>.
- [14] 차원준. 광의료, 포토닉스케어로 변신해 ' 뜯다' [EB/OL]. (2017-10-13) [2020-05-20]. <http://www.bosa.co.kr/news/articleView.html?idxno=2070095>.
CHA Wonjun. Phototherapy, Transform into Photonics Care [EB/OL]. (2017-10-13) [2020-05-20]. <http://www.bosa.co.kr/news/articleView.html?idxno=2070095>.
- [15] 한국산업통상지원부. 광융합기술의 글로벌 강국 도약을 위한 발판 마련 [EB/OL]. (2019-12-30) [2020-05-20]. <http://www.motie.go.kr/>.
Ministry of Trade, Industry and Energy. To Become a Global Optical Convergence Technology Powerhouse[EB/OL]. (2019-12-30) [2020-05-20]. <http://www.motie.go.kr/>.
- [16] 한국산업통상지원부. 광융합기술 개발 및 기반 조성 지원에 관한 법률 [EB/OL]. (2018-09-21) [2020-05-20]. <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=204557&viewCls=lsRvsDocInfoR#>.
Ministry of Trade, Industry and Energy. Optical Convergence Technology Development and Infrastructure Support Laws[EB/OL]. (2018-09-21) [2020-05-20]. <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=204557&viewCls=lsRvsDocInfoR#>.