

量子点光电器件研发态势研究^①

孙慧娄^② 于 薇 苑朋彬

(中国科学技术信息研究所 北京 100038)

摘 要 量子点光电器件在未来显示、量子信息、新型储能等领域具有巨大的应用潜力,是各国抢占未来产业发展先机的重点布局方向之一。本文通过构建递进式研究框架,从宏观和微观层面对量子点光电器件的研发态势进行了全面深入的研究。研究表明,量子点光电器件目前处于技术成熟初期,研发热点集中于量子点显示器件领域,同时覆盖量子点光伏器件、光电探测器和激光器等方向;技术研发趋势聚焦于提升量子点光电器件效率和稳定性,并降低材料毒性;技术创新集中在中国、美国、韩国和日本,我国在该领域已经形成一定的研发优势,但仍存在短板,尚需政府和相关创新主体共同努力推动其持续发展。

关键词 量子点光电器件;显示器;激光器;光电探测器;光伏器件

量子点被称为“人造原子”,直径通常为 2~20 nm,是由多个原子以及原子层外配体构成的准零维半导体纳米晶^[1]。由于量子点的尺寸小于或等于激子波尔半径,其导带电子、价带空穴和激子在三维空间内受到束缚,载流子的运动受到限制,进而表现出类似原子的离散型电子能级结构^[2]。这一特性赋予量子点显著的量子限域效应,使其具备高光致发光量子产率、广泛可调带隙和窄发射带宽等优异的光电性能,在先进光电器件领域展现出巨大的应用潜力^[3-8]。

量子点光电器件的发展最早可追溯至 20 世纪 70 年代,研究人员发现量子结构半导体激光器具有波长可调谐和低阈值的特性^[9]。20 世纪 80 年代,由于缺乏高效可行的量子点制备技术,量子点光电器件的研究停留于理论阶段。直至 20 世纪 90 年代,随着有机热注入法等量子点合成方法的发展,量子点光电器件逐渐崭露头角,并于 1994 年由 Alivisatos 团队成功研制出量子点发光二极管原型器件^[10-11]。近年来,随着量子点合成技术、带隙工程和器件集成工艺的不断革新,量子点光电器件正为显示、

信息和能源等领域注入源源不断的创新动力^[12-15]。

目前,量子点光电器件已成为光电行业中不可或缺的研究方向,并形成了从上游量子点材料研发,到中游量子点薄膜、芯片、模组制造,直至下游量子点终端产品生产的完备产业链。全球主要经济体对其高度重视,并纷纷出台相关政策给予支持^[16-19]。鉴于量子点光电器件在光电产业的重要战略地位,从专利角度对其研发态势进行量化研究尤为关键和紧迫,这将有助于精准识别该领域的前沿研究热点和未来发展趋势,为政府决策和相关创新主体的技术布局提供坚实的数据支撑。

1 研究框架与数据来源

1.1 研究框架

本文构建了一个递进式研究框架,如图 1 所示。首先,综合运用文献计量学和专利技术共现分析网络等研究方法,从宏观层面分析量子点光电器件的发展趋势、创新主体竞争态势和技术领域分布情况,精准识别出量子点光电器件发展年份、研发国家、创

^① 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(ZD2024-10)资助项目。

^② 女,1994 年生,博士,助理研究员;研究方向:量子材料与先进制造领域情报研究;联系人,E-mail: sunhuilou@istic.ac.cn。
(收稿日期:2024-11-12)

新机构、专业人才、主题技术等的关键节点。在此基础上,依托节点信息,通过专利技术功效图和专利技术路线图从微观层面剖析量子点光电器件热点技术和核心技术的研发情况,深入挖掘技术壁垒和技术前沿,进而实现对量子点光电器件当前发展现状的掌握和未来发展方向的预测。该研究框架具有普适性和创新性,能够更加精确、全面、深入地挖掘特定技术发展过程中的关键信息,为相关决策者提供科学、精准的参考依据。

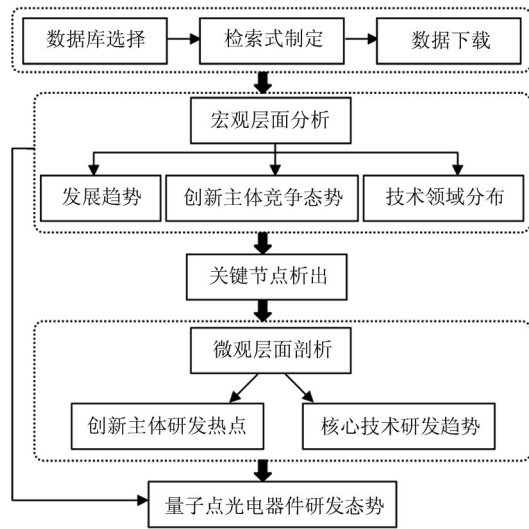


图1 量子点光电器件研发态势研究框架

1.2 数据来源

本文基于 Innography 数据库,采用关键词检索方法对量子点光电器件领域专利进行了检索和分析,检索式为“@ (abstract, claims, title) ((quantum dot optoelectronic devices) or (quantum dot optical devices) or (quantum dot electronic devices) or (quantum dot electro-optic devices) or (QD optoelectronic devices) or (QD optical devices) or (QD electronic devices) or (QD electro-optic devices))”,检索时间为1994年1月1日至2023年12月31日,经国际专利文献中心(International Patent Documentation, INPADOC)对同族专利进行处理,得到相关专利共11 711件,其中授权专利共5 442件,总体授权率为46.5%。

2 宏观层面研究

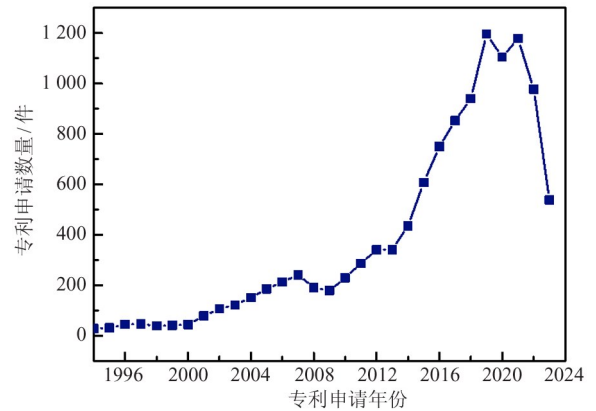
2.1 发展趋势

全球量子点光电器件专利申请数量的年度变化

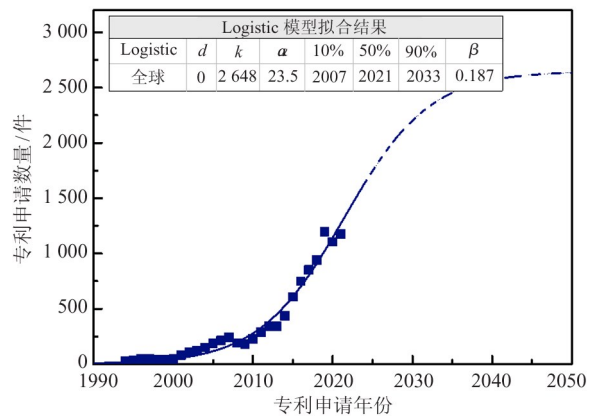
趋势如图2(a)所示,由于专利申请存在滞后性,2022和2023年的数据不完整,因此数值较低。在1994-2021年期间,全球量子点光电器件专利申请数量呈上升趋势,复合年均增长率为14.9%。如图2(b)所示,基于 Logistic 分析模型,利用 Loglet Lab 4 软件对专利数据进行拟合,预测了量子点光电器件的技术生命周期。Logistic 分析模型的计算如式(1)所示。

$$Y_t = f(t) = k / (1 + \alpha \times e^{-\beta t}) \quad (1)$$

式中: Y_t 为专利累计申请量, t 为时间, k 为技术生命周期的饱和点, α 为 S 曲线的成长率, β 为技术成长曲线的斜率。技术成长期、成熟期和衰退期的时间节点分别对应于专利申请数量达到 10% k 、50% k 和 90% k 的时间点^[20-21]。从图中可以看出,全球量子点光电器件的研发萌芽期为 1994-2007 年,这一时期量子点的合成工艺和量子点发光二极管原型器件的设计不够成熟,专利申请数量增长缓慢。2008



(a) 专利申请数量的年度变化趋势



(b) 技术生命周期

图2 量子点光电器件领域专利申请态势

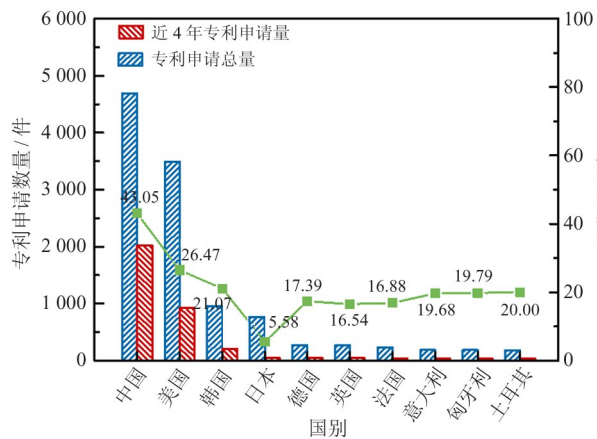
-2021 年,随着量子点显示器和量子点激光器逐步应用,产学研开始高度重视量子点器件的制造工艺,专利申请数量持续上升,进入成长期。目前,全球量子点光电器件的研发已迈入成熟初期,专利申请数量增长趋缓,并预计在 2034 年进入衰退期。

2.2 创新主体竞争态势

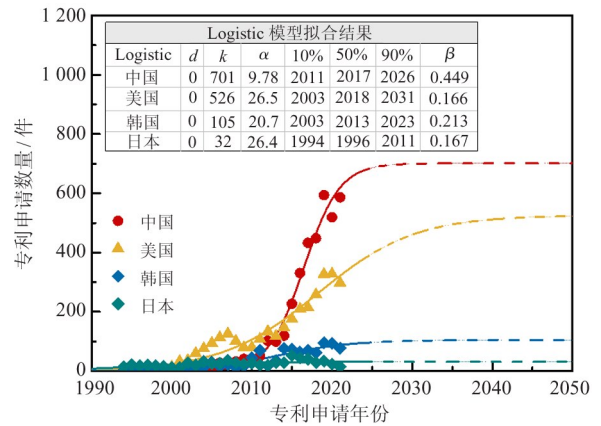
2.2.1 国家竞争态势

全球量子点光电器件相关专利来自 20 个国家,以专利申请总量和研发活跃度(近 4 年专利数量占总数量的比例)为衡量指标,对专利申请数量排名前 10 的国家展开研究^[22]。如图 3(a)所示,中国、美国、韩国和日本 4 个国家处于全球领先地位,合计专利申请量占全球 84.8%,是该领域的核心研发力量。其中,中国以 40.1% 的全球占比排名第 1,美国

以 29.8% 的全球占比排名第 2,韩国和日本分别以 8.3% 和 6.6% 的全球占比位列其后。在研发活跃度方面,中、美、韩三国依旧保持领先势头,而日本未能保持竞争力。为了定位核心研发国家在量子点光电器件领域的发展状态,分别对中、美、韩、日 4 国的技术生命周期进行了分析和预测,结果如图 3(b)所示。从图中可以看出,2000 年前,日本占据全球主导地位,但受经济泡沫等环境影响,其研发过早进入衰退阶段。2000 年后,美国和韩国加强研发投入,美国于 2009 年启动“固态照明计划”,专注推进量子点发光器件的研发,并于 2022 年对该计划进行了更新^[23],这让美国长期处于全球领先地位。2010 年后,我国迅速崛起,并在 2015 年超越美国成为全球领跑者。近年来,中国的专利申请增长趋势与全



(a) 专利申请数量全球排名前 10 位申请国家的专利申请总量和近 4 年专利申请量



(b) 核心研发国家的技术生命周期

图 3 量子点光电器件领域全球主要经济体竞争情况

球同步,正成为该领域专利产出的引领者。

2.2.2 机构竞争态势

全球量子点光电器件研发机构累计 2 713 个,专利申请数量排名前 20 的研发机构如图 4 所示。从国家分布来看,全球专利主要来自中国、日本、韩国、美国和德国 5 个国家,中国占比 35%,包括 5 家企业和 2 家科研院校;日本占比 35%,为 7 家企业;韩国占比 20%,为 4 家企业;美国仅 1 所大学,占比 5%;德国仅 1 家企业,占比 5%。从机构分布看,企业占比 85%,科研院校占比 15%,说明企业在量子点光电器件技术开发过程中占主导地位,其中包括量子点显示屏领域的领军企业三星、TCL、京东方、

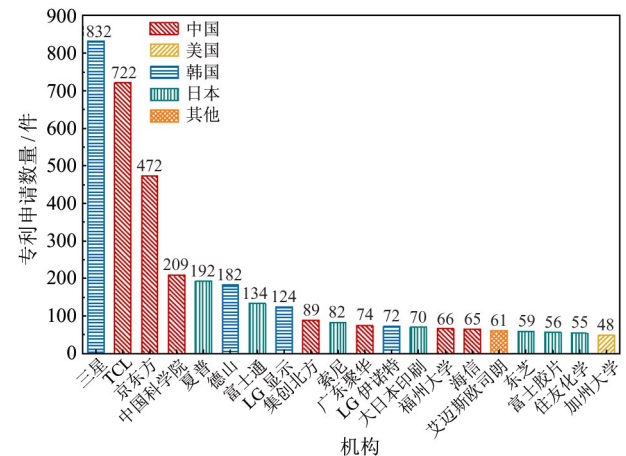


图 4 量子点光电器件专利申请数量全球排名前 20 位申请机构的专利申请情况

夏普、LG、索尼、海信和东芝,量子点显示驱动芯片领域的国内佼佼者集创北方,量子点印刷工艺方面的领跑企业广东聚华、大日本印刷和富士胶片,量子点激光器批量生产的先驱企业富士通,量子点传感器开发的代表企业艾迈斯欧司朗以及量子点材料供应商德山和住友化学。

2.2.3 人才竞争态势

根据分类评价原则及相关政策指导,科技人才常被划分为基础研究型和应用研究型两大类[24-25]。本文从专利评价指标的视角,对量子点光电器件领域应用型科技人才的竞争态势进行研究。如图5所示,专利申请数量全球排名前20的发明人全部来自于中国和韩国,中国占60%,韩国占40%,发明人所在机构集中在TCL、三星和德山。由于显示领域是当前量子点光电器件应用的核心阵地,因此各发明人侧重的技术方向差别较小,聚焦在量子点材料、量子点发光二极管、量子点薄膜和量子点印刷工艺领域。排名前10位的发明人中,TCL的核心研发人员Yang Yixing(杨一行)、Cao Weiran(曹蔚然)和Wu Longjia(吴龙佳)等人为量子点显示器件的产业化做出了重要贡献,解决了多项技术难题。三星的Eunjoojang和Jun Shin Ae专注于无镉量子点显示技术,特别是Eunjoojang因在该技术取得重大突破获得了三星最高荣誉奖项。德山公司的Lee Sun Hee和Mun Soung Yun专注于量子点器件空穴传输层材料的研究,不断提高量子点光电器件的效

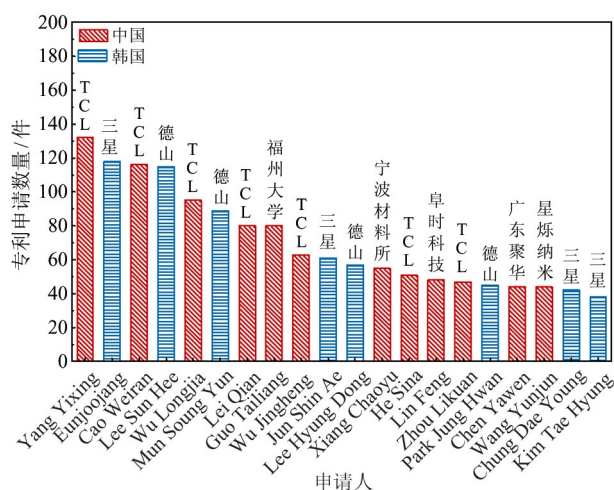


图5 量子点光电器件专利申请数量全球排名前20位发明人的专利申请情况

率。福州大学的Guo Tailiang(郭太良)教授带领团队解决了量子点材料依赖进口的问题,实现了我国在量子点核心技术上的自主可控。

2.3 技术领域分布情况

当前量子点光电器件的专利申请集中在量子点器件和量子点材料2个领域,总体占比达50.7%(表1)。量子点器件涉及有机材料固体器件(H01L 51/00)、光学调制器件(G02F 1/00)、发光器件(H01L 33/00)、光敏器件(H01L 31/00)、集成电路(H01L 27/00)、激光器(H01S 5/00)、电力电子器件(H01L 29/00)、光学分析技术(G01N 21/00)和半导体制造工艺或设备(H01L 21/00);量子点材料主要涉及发光材料(C09K 11/00)领域。为了深入分析各技术领域的相关性,如图6所示,本文以专利数量排名前10位的国际专利分类(International patent classification, IPC)组别为研究对象,通过统计量子点光电器件领域相关专利的IPC字段信息,利用Python构建共现矩阵,并借助Gephi软件对共现矩阵进行了可视化分析。共现网络图谱中,IPC节点的大小代表其度中心性大小,IPC节点间边的粗细代表其关联程度。经计算,该共现网络的直径约为3,平均度约为5.8,平均路径长度约为1.4,平均聚类系数约为0.7。从图中可以看出,该网络有29种技术共现方式,网络聚集程度高,节点间的距离较近,网络连接较为紧密。其中,发光器件、有机材料固体器件、光敏器件和集成电路的节点较大,处于网络的核心地位,说明量子点光电器件技术主要集中在这几个方向。在技术关联程度上,有机材料固体器件与集成电路的关联程度最高,其次是有机材料固体器件与发光材料,再次为发光器件与发光材料,说明发光材料、集成电路、有机材料固体器件、发光器件几个技术领域关联最为紧密,进一步反映出量子点光电器件上、中、下游技术间的流动与共享。

3 微观层面研究

3.1 创新主体研发热点

图7展示了量子点光电器件领域主要研发国家和研发机构在专利申请数量排名前10的IPC组别

表 1 量子点光电器件专利申请数量排名前 10 IPC 组别的分类注释

序号	IPC 分类号	分类内容	申请/件
1	H01L 51/00	使用有机材料或有机材料与其他材料的组合作为活性部分的固态器件	1 393
2	G02F 1/00	用于控制来自独立光源的光的强度、颜色、相位、偏振或方向的设备或装置,例如开关、门控或调制;非线性光学	1 018
3	H01L 33/00	至少有一个电位跃变势垒或表面势垒的专门适用于光发射的半导体器件;专门适用于制造或处理半导体器件或其部件的方法或设备;半导体器件零部件	765
4	C09K 11/00	发光材料	604
5	H01L 31/00	对红外辐射、光、较短波长电磁辐射、微粒辐射敏感,且专门适用于把这些辐射能转换为电能的,或专门适用于通过这些辐射进行电能控制的半导体器件;专门适用于制造或处理这些半导体器件或其部件的方法或设备;零部件	460
6	H01L 27/00	由在一个共用衬底内或其上形成的多个半导体或其他固态组件组成的器件	412
7	H01S 5/00	半导体激光器	378
8	H01L 29/00	专门适用于整流、放大、振荡或切换,并具有至少一个电位跃变势垒或表面势垒的半导体器件;具有至少一个电位跃变势垒或表面势垒,例如 PN 结耗尽层或载流子集结层的电容器或电阻器;半导体本体或其电极的零部件	371
9	G01N 21/00	利用光学手段,即使用红外线、可见光或紫外线来调查或分析材料	312
10	H01L 21/00	专门适用于制造或处理半导体或固体器件或其部件的方法或设备	226

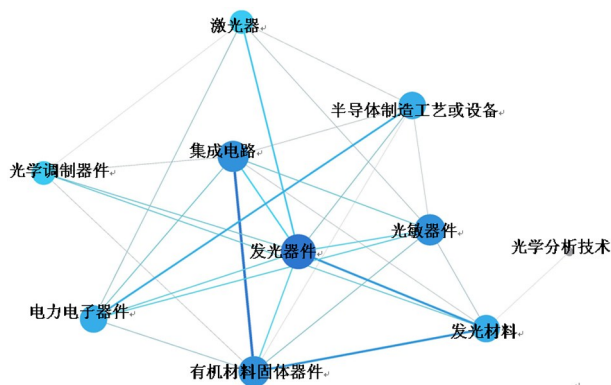


图 6 量子点光电器件专利申请数量排名前 10 IPC 组别的共现网络图谱

专利申请分布情况,通过对比分析能够识别出不同创新主体之间的专利布局差异,揭示它们在技术研发过程的战略取向和优劣势。从国家层面看,中国、美国和韩国重点布局在量子点显示器件领域,包括有机材料固体器件、光学调制器件、发光器件和发光材料,而日本侧重于量子点激光器件方向。中国在有机材料固体器件、光学调制器件、激光器件和光学分析技术的专利申请数量显著领先,美国在光伏器件、电力电子器件和半导体制造工艺或设备的专利数量领先,日本在激光器、电力电子器件和光伏器件的专利申请数量上占据显著优势。从机构层面看,

三星通过收购美国 QD Vision 公司在发光材料领域取得了领先地位。TCL 及其子公司华星光电专注于量子点有机材料固体器件,特别是发光层、电子传输层和空穴传输层等技术领域。京东方以光学调制器件研发为主,涵盖背光模组、滤光片和薄膜基底等。中国科学院在量子点激光器件领域的研究居于行业前列,特别是在量子点单光子源开发方向。夏普以有机材料固体器件研究为主,通过与美国 Nanosys 公司合作,研制出量子点电致发光显示面板样机。德山主要布局有机材料固体器件和发光材料 2 个领域,目前是三星的主要供应商。富士通及其子公司 QD Laser 在量子点激光器领域处于全球领先地位,成功开发并批量生产用于通信的量子点激光器。LG 显示通过收购 Nanosys 股份增强竞争力,聚焦有机材料固体器件和光学调制器件。集创北方侧重控制装置和电路以及数据处理技术,索尼则专注于量子点成像电子元件的研发。

3.2 核心技术研发趋势

为了进一步识别技术发展特征,本文利用 Innography 的核心专利挖掘功能,筛选出专利强度在 90 ~ 100 之间的 233 篇核心专利,并结合上文析出的技术发展周期、主要创新主体和技术领域分布情况的关键节点对这些核心专利进行解读和清洗,梳

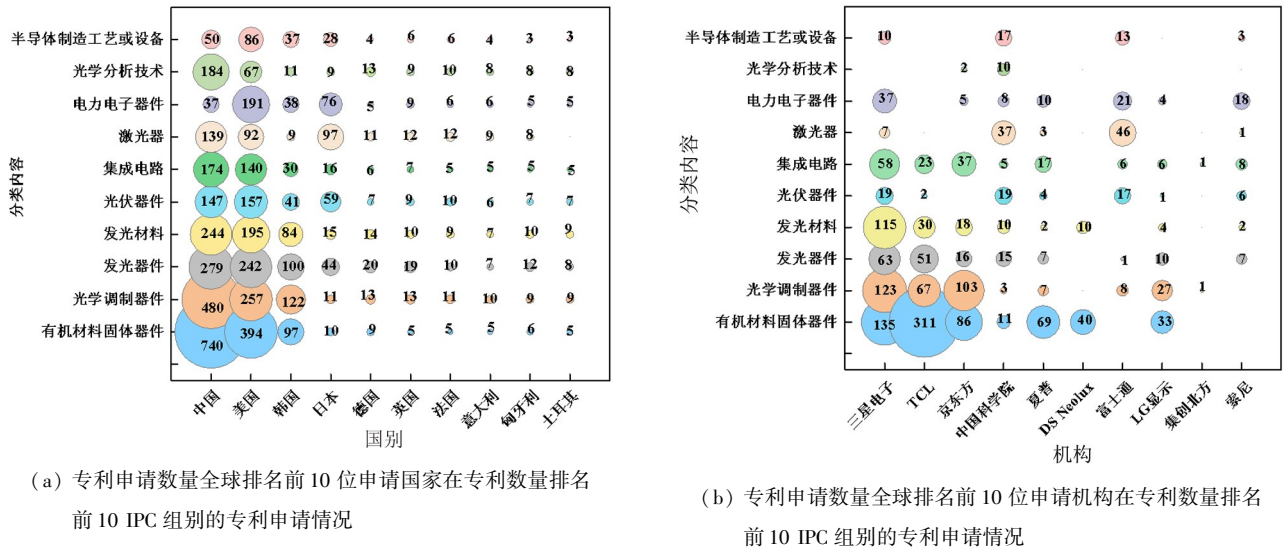


图7 量子点光电器件领域研发热点分布情况

理出量子点光电器件的技术发展路线图,如图8所示。值得注意的是,该技术发展路线图不仅揭示了宏观层面研究中析出的创新主体的技术布局,还通过聚焦于技术领域分布中的关键节点,识别出了一些在宏观层面上未被充分关注、但专利申请质量极高的创新主体,为研究技术研发态势提供了一个更

为全面和精细的视角。在技术发展萌芽期,2002年前,主要由富士通、Lumileds、三星电子开展量子点发光二极管原型器件的设计研究。2002年后,技术创新方向开始多元化,涉及量子点激光器、量子点显示器件、量子点光电探测器件和量子点光伏器件。量子点激光器的核心专利技术主要掌握在富士通手

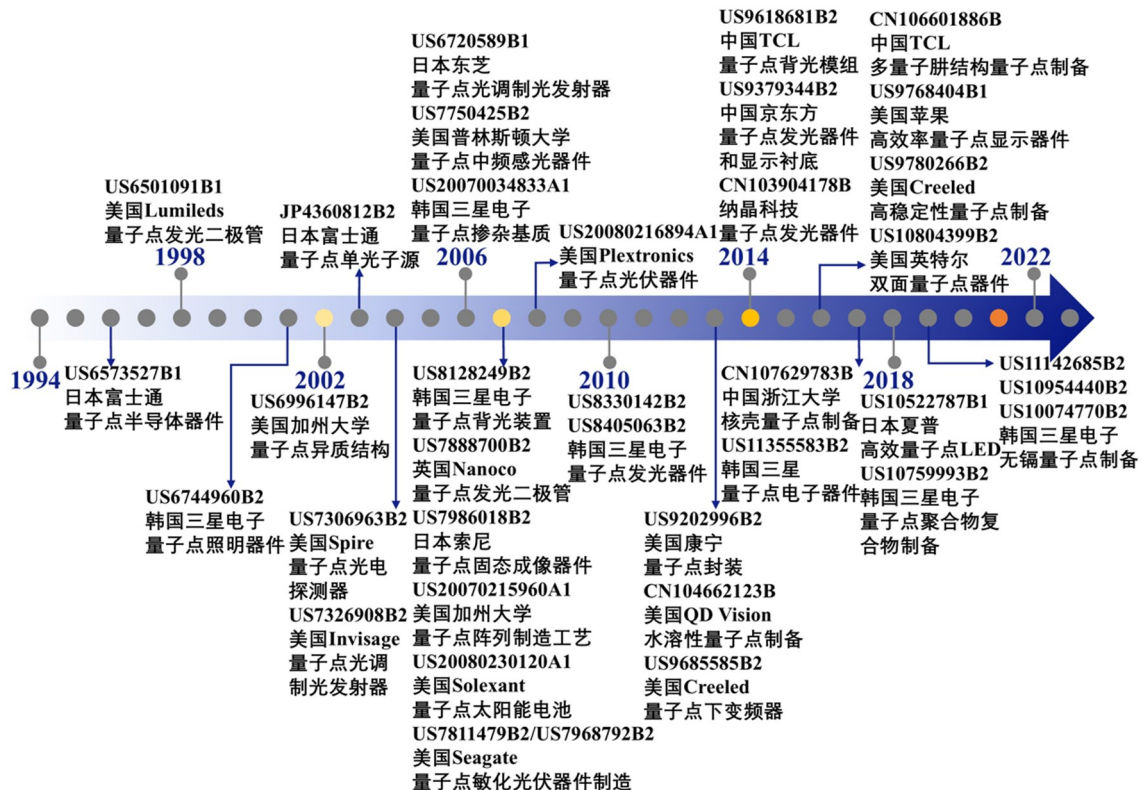


图8 量子点光电器件技术发展路线图

中,2003 年富士通开发了一种单光子生成装置,其设计和工作原理对于实现量子密钥通信具有重要意义。量子点显示器件的核心专利技术由三星电子、Nanoco、索尼公司、加州大学等拥有,覆盖量子点背光源显示技术的器件设计和制造等。量子点光电探测器的核心专利技术归属于 Invisage、Spire 和东芝,值得一提的是,Invisage 的创始人 Edward Sargent 教授在推动量子点光电探测器的商业化方面发挥了重要作用,开发了一系列具有高灵敏度、宽光谱响应范围和优异性能的基于量子点的先进光电探测器。量子点光伏器件的核心专利技术则由 Solexant、Seagate 和 Plextronics 公司控制,以量子点光伏器件的结构、制造方法以及如何使用量子点来提高太阳能电池的光电转换效率研究为主。在技术发展成长期,2008-2014 年,研究主要聚焦于解决量子点显示器件制造工艺中的瓶颈问题,涵盖量子点溶剂稳定性调控、模组设计和封装技术等,代表创新主体为三星电子、康宁、QD Vison、Creeled、TCL、京东方、纳晶科技。2015-2023 年,研究重点转向了如何提升量子点光电器件性能以实现大规模集成领域,特别是在发光效率、稳定性和毒性等问题上的突破,这一时期以三星电子、TCL、浙江大学、夏普、美国 Creeled、苹果、英特尔为主导。综合分析发现,量子点光电器件的核心专利主要由美国、日本、韩国和中国掌控,美国专利数量最多,覆盖领域最广,日本侧重激光器件和光电探测器件,韩国和我国则专注显示器件领域。当前的研究趋势聚焦于优化量子点光电器件的性能,以期满足大规模商业化生产和应用的要求。

4 结 论

本文以专利数据为基础,通过构建递进式研究框架,从宏观和微观 2 个层面对全球范围内量子点光电器件的研发态势进行了深入分析,并挖掘出未来的发展机遇以及我国在该领域存在的短板。当前,量子点光电器件的研发刚刚步入发展成成熟期,以量子点显示器件、激光器、光电探测器和光伏器件等领域的研究为主。核心专利的申请趋势表明,研发重点正转向于解决器件的效率、稳定性和潜在毒性

问题,以满足大规模集成和量产应用的需求。因而,有效解决上述问题,已成为全球创新主体争夺量子点光电器件相关未来产业领先地位的关键所在。

全球专利主要来自中、美、韩、日 4 国,中国在专利申请总量、研发活跃度和创新主体数量上处于全球领先地位。美国专利申请总量和研发活跃度紧随中国之后,且拥有的核心专利数量居世界首位,涵盖了几乎所有关键技术领域。韩国重点布局量子点显示器件,三星公司是该技术领域创新和产业化的领头羊。日本侧重量子点激光器的研发,在专利申请总量、核心专利数量乃至量产技术方面已走在世界前列。

尽管我国自 2015 年起在量子点光电器件领域实现了追赶甚至反超,但仍存在显著短板:核心专利储备相对薄弱,数量不及主要竞争对手国家;现有专利高度集中于量子点显示器件生产工艺,在量子点激光器、光电探测器及光伏器件等关键领域的布局明显不足,尤其在电力电子器件、半导体制造工艺与设备等核心技术上的专利覆盖尤为薄弱;创新主体结构失衡问题突出,量子点激光器、光电探测器及光伏器件等领域的专利申请主体以中国科学院等科研机构为主,缺乏类似日本 QD Laser 公司这样能够引领行业的标杆企业。针对上述现状,我国亟需加强政府引导和企业创新攻关力度。

参考文献

- [1] GARCIA DE ARQUER F P, TALAPIN D V, KLIMOV V I, et al. Semiconductor quantum dots: technological progress and future challenges[J]. *Science*, 2021, 373(6555):1-14.
- [2] KIM J, ROH J, PARK M, et al. Recent advances and challenges of colloidal quantum dot light-emitting diodes for display applications[J]. *Advanced Materials*, 2024, 36(20):1-25.
- [3] LITVIN A P, MARTYNYENKO I V, PURCELL-MILTON F, et al. Colloidal quantum dots for optoelectronics[J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2017, 5(26):13252-13275.
- [4] SERAVALLI L. Metamorphic InAs/InGaAs quantum dots for optoelectronic devices; a review[J]. *Microelectronic Engineering*, 2023, 276:1-13.
- [5] ZHANG J, ZHANG S, ZHANG Y, et al. Colloidal quantum dots: synthesis, composition, structure, and emerging optoelectronic applications[J]. *Laser and Photonics Reviews*, 2023, 17(3):1-50.
- [6] TETSUKA H. Nitrogen-functionalized graphene quantum-

- dots: aversatile platform for integrated optoelectronic devices[J]. *The Chemical Record*, 2020,20(5):429-439.
- [7] RAKSHIT S, PIATKOWSKI P, MORA-SERO I, et al. Combining perovskites and quantum dots: synthesis, characterization, and applications in solar cells, LEDs, and photodetectors[J]. *Advanced Optical Materials*, 2022, 10(14):1-33.
- [8] CHEN M, LU L, YU H, et al. Integration of colloidal quantum dots with photonic structures for optoelectronic and optical devices[J]. *Advanced Science*, 2021,8(18):2101560.
- [9] WU J, CHEN S, SEEDS A, et al. Quantum dot optoelectronic devices: lasers, photodetectors and solar cells[J]. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2015,48(36):1-28.
- [10] 黄启章, 孙思琦, 刘铭泽, 等. 面向显示应用的胶体量子点电致发光二极管: 进展与挑战[J]. *发光学报*, 2023,44(5):739-758.
- [11] 康振辉, 刘阳, 毛宝东. 量子点的合成与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2018:177-178.
- [12] 关小雅, 王洪哲, 申怀彬, 等. 面向显示应用的量子点发光器件研究进展[J]. *液晶与显示*, 2021,36(1):176-186.
- [13] 李汝劫, 唐利斌, 张玉平, 等. 红外量子点及其光电探测器研究进展[J]. *红外技术*, 2020,42(5):405-419.
- [14] 朱晓秀, 葛咏, 李建军, 等. 量子点增强硅基探测成像器件的研究进展[J]. *中国光学*, 2020,13(1):62-74.
- [15] AFTAB S, IQBAL M Z, HUSSAIN S, et al. Quantum junction solar cells: development and prospects[J]. *Advanced Functional Materials*, 2023,33(38):1-33.
- [16] 美国国家科学技术委员会. 关键和新兴技术清单[EB/OL]. (2022-02-28) [2024-11-21]. <https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2022/02/28/nstc-critical-emerging-technologies-list-update/>.
- [17] 韩国科学技术信息通信部. 国家战略技术培育方案[EB/OL]. (2022-10-28) [2024-11-21]. <https://cn.yna.co.kr/view/ACK20221028003200881>.
- [18] 陈迎春. 新型量子点光电器件专利分析[J]. *技术与市场*, 2019,26(1288):55-58.
- [19] 工业和信息化部. 新产业标准化领航工程实施方案[EB/OL]. (2023-08-03) [2024-11-21]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202308/content_6899527.htm.
- [20] 孙冉, 安璐, 李纲. 多特征融合的专利价值预测: 以5G技术为例[J]. *现代情报*, 2022,42(11):87-96.
- [21] ADAMUTHE A C, THAMPI G T. Technology forecasting: a case study of computational technologies [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019,143:181-189.
- [22] 周肖贝, 赵蕴华, 苑朋彬. 基于专利计量的清洁煤技术领域分析[J]. *全球科技经济瞭望*, 2016,31(7):66-76.
- [23] 美国能源部. 2022年固态照明研发机会[EB/OL]. (2022-02-02) [2024-11-21]. <https://www.energy.gov/eere/ssl/articles/doe-publishes-2022-ssl-manufacturing-status-opportunities>.
- [24] 薛雅, 张晖昱, 张宓之. 揭榜挂帅机制视角下的人才评价体系探析[J]. *科技管理研究*, 2024,44(5):132-139.
- [25] 张兰霞, 马金津. 科技人才评价机制模型的构建与运行[J]. *冶金经济与管理*, 2024,2:16-20.

Study on the research and development trends of quantum dot optoelectronic devices

SUN Huilou, YU Wei, YUAN Pengbin

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract

Quantum dot optoelectronic devices have great application potential in fields such as future displays, quantum information, and new energy, making them a strategic priority for nations seeking technological leadership. This paper constructs a progressive research framework and conducts a comprehensive study on the development trends of quantum dot optoelectronic devices from both macro and micro perspectives. The research finds that: quantum dot optoelectronic devices are currently in the early stage of technological maturity, and the R&D focus is primarily concentrated in the field of quantum dot display devices while also extending to areas such as quantum dot photovoltaic devices, photo detectors, and lasers; technological development trends focus on improving the efficiency and stability of quantum dot optoelectronic devices while reducing material toxicity; global leadership in quantum dot optoelectronic innovation is currently dominated by four countries: China, the United States, Korea, and Japan. China has developed its advantages in this field but still has shortcomings. It requires joint efforts from the government and relevant innovative entities to promote sustained development.

Key words: quantum dot optoelectronic devices, display, laser, photodetector, photovoltaic devices