



情报杂志

Journal of Intelligence

ISSN 1002-1965, CN 61-1167/G3

《情报杂志》网络首发论文

题目: 特征分析视角下核心技术动态趋势识别——以光刻技术为例
作者: 杨武, 王爽
网络首发日期: 2021-09-29
引用格式: 杨武, 王爽. 特征分析视角下核心技术动态趋势识别——以光刻技术为例
[J/OL]. 情报杂志.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1167.G3.20210929.1410.018.html>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

特征分析视角下核心技术动态趋势识别^{*}

——以光刻技术为例

杨 武 王 爽

(北京科技大学经济管理学院 北京 100083)

摘 要: [目的/意义] 核心技术动态趋势的识别是技术创新的重要环节。[方法/过程] 该文从技术核心特征分析视角出发,运用专利指标和合成指数法,构建核心特征测度指标模型和测度指数,结合聚类方法和网络可视化分析,分三个时期,对光刻核心技术动态趋势进行识别分析。[结果/结论] 光刻核心技术主要聚焦在图纹面的照相制版工艺,半导体器件,光学元件、系统或仪器和摄影、放映或观看用的装置或设备,其在 2001–2020 年间均保持了较高的核心性;2007–2013 年光刻核心技术结构出现较大变动,纳米结构的应用成为核心技术;2014–2020 年光刻技术整体上处于技术深化期,核心技术结构进一步稳固;此外,光刻技术之间存在核心–边缘结构特征,核心技术彼此之间关联较强,并与边缘技术相关联,而边缘技术彼此之间关联性较弱。本文研究有利于为技术创新决策提供科学支撑。

关键词: 技术核心特征;核心技术识别;技术动态趋势;光刻技术;技术网络可视化

中图分类号: G353.1;F204

Dynamic Trend Identification of Core Technology from the Perspective of Characteristic Analysis: A Case Study of Lithography

Yang Wu Wang Shuang

(School of Economics and Management, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083)

Abstract: [Purpose/Significance] The identification of the dynamic trend of core technology is an important task in technological innovation. [Method/Process] In this paper, from the perspective of technology core feature analysis, patent index and composite index method are used to construct core feature measure index model and measure index. Combined with clustering method and network visualization analysis, the dynamic trend of lithography core technology is identified and analyzed in three periods. [Result/Conclusion] The core technology of lithography mainly focuses on the photographic plate making process, semiconductor devices, optical elements, systems or instruments, and devices or equipment for photography, projection or viewing, which have maintained a high core during 2001–2020. The structure of the core lithography technology changed greatly from 2007 to 2013, and the application of nanostructure became the core technology. From 2014 to 2020, lithography technology as a whole is in the period of technological deepening, and the core technology structure is further stable. In addition, there is a core–periphery structure among lithography technologies, and the core technologies are strongly correlated with each other, and the edge technologies are weakly correlated with each other. The research in this paper is helpful to provide scientific support for technological innovation decision-making.

Key words: technology core characteristics; core technology identification; technology dynamic trend; lithography technology; technical network visualization

0 引 言

随着技术密集型产品的不断涌现和技术密集型产业的快速发展,技术创新竞赛已成为现代市场竞争中的焦点。鉴于技术发展趋势的迅速变化和资源的有限

性,技术创新规划被认为是至关重要的^[1]。在规划技术创新时,最重要的步骤包括识别核心技术和了解技术趋势^[2],这有利于在竞争激烈的行业中尽早抓住技术机会,实现技术突破和获得技术领先。

因此,大量研究聚焦于产业核心技术识别。例如,

基金项目:国家自然科学基金面上项目“我国专利密集型产业破解国外技术锁定的机理、路径与对策研究”(编号:72074019)研究成果之一。

作者简介:杨 武(ORCID:0000-0003-0376-9141),男,1961 年,博士,博士生导师,研究方向:技术创新管理;王 爽(ORCID:0000-0003-4782-793X),女,1997 年,硕士研究生,研究方向:技术创新管理。

Hsu et al. (2015) 利用专利聚类方法建立了生物制氢领域相关技术之间的相互引用矩阵,识别出核心技术领域^[3]。Kim and Bae (2017) 基于专利聚类形成技术集群,识别健康保健行业技术集群的核心性^[4]。Kwon and Geum (2020) 等利用技术积累、技术生命周期、技术保护范围等专利指标,识别单一技术领域内的核心技术^[2]。伊惠芳等(2018)结合 LDA 模型和战略坐标图方法,进行石墨烯领域专利核心技术主题的识别^[5]。由上述可以看出,现有对核心技术识别的研究依赖于基于专利数据构建量化模型,侧重于不同量化模型的构建和应用,而忽视了对核心技术“质”的分析。任何事物都具有质与量两个方面,研究主要依赖于量化研究,其研究结果可能会偏离事物的本质^[6]。学者们指出,科学研究,特别是社会科学研究要注重“质”“量”合一,不可偏废^[6-8]。定量与定性相结合的研究方法被应用于多个学科,例如,新兴技术识别^[9],高等教育竞争力评价^[10],核心网站评价识别^[11]。核心技术包含“质”和“量”两方面,核心技术“质”的研究中,主要为对核心技术理论和特性的研究。例如,余江等(2019)对关键核心技术的特性进行分析,并在此基础上系统反思我国关键核心技术突破的挑战与瓶颈^[13]。张杰(2019)对当前中国关键核心技术创新不足或缺位的分布特征和障碍因素进行了归纳和分析^[14]。韩凤芹(2021)通过总结国外经验,分析关键核心技术的特点及战略意义^[15]。

基于以上分析,本文尝试引入特征分析视角,归纳总结**核心技术特征**,并系统性地把技术评价指标与核心技术特征相关联,通过构建特征测度模型,基于定性和定量相结合的方法识别核心技术。同时,本文首次以光刻技术为例进行核心技术识别,这对把握光刻技术发展形势,实现核心技术突破和光刻技术自主可控具有重要意义。

1 理论基础

1.1 技术核心特征

核心技术在一个技术领域中具有难以替代的地位,能够影响甚至决定众多技术的发展,并对经济产业的发展具有支撑作用^[16]。现有许多研究都讨论了技术核心特征,总结起来可以分为三类。其一为技术的核心基础性,该观点认为核心技术是承载着基础科学研究的核心性成果^[17-18]。黄鲁成等(2020)认为核心技术具有基础性特征,是技术系统赖以生存的基础^[19]。余江等(2019)认为核心技术通常具有高研发投入、长研发周期以及知识缄默性的特征^[13],这些特性表明核心技术科学基础水平要优于一般技术,并具有难以被后续技术超越的创新研发难度。陈瑞真等(2019)具有相似的观点,认为核心技术是科

学研究的核心产物,是突破性的原创技术,其他人在短时间内无法模仿和超越^[17]。

其二为技术的核心体系性,该观点认为核心技术是整个技术体系发展的基础和关键组成部分,对于技术体系发展的轨道方向具有整体控制作用^[19-20]。此观点强调核心技术所处的技术体系和创新生态环境。Adomavicius et al. (2007) 认为技术创新是一个交互过程,以核心技术为基础的周边技术(互补技术)扎根于此创新生态环境^[21],围绕核心技术形成产业技术体系是核心技术发挥作用的必要条件。黄鲁成等(2020)认为核心技术在领域内具有难以替代性、影响力强和技术主导性的特点,能够影响甚至决定技术系统中众多技术的发展方向^[19]。Song et al. (2018) 有相似的观点,认为核心技术是会对其他技术产生重大影响的技术^[22]。

其三为技术的核心竞争性。该特征认为核心技术是企业核心能力的重要组成部分,也是核心能力转化为竞争优势的关键所在,蕴含巨大经济效益和战略意义^[23-24]。此观点强调核心技术形成的竞争优势。吴画斌等(2019)认为在动态环境中,具有核心技术的企业比竞争对手更具有优势,表现出更好的灵活性^[24]。Karimi and Walter (2015) 认为核心技术是企业实现跨产业升级、战略转型的关键资源^[25]。Frishammar et al. (2015) 认为核心技术体现企业的价值,有利于吸引企业间技术合作^[26]。洪勇和苏敬勤(2007)从产业与技术协同的角度提出核心技术链概念,认为对支撑产业活动效益和发展具有关键作用的少数核心技术形成核心技术链^[27]。

综上,核心基础性、核心体系性和核心竞争性共同构成核心技术的特征,并各自体现不同的方面。核心基础性体现核心技术的科技水平,强调了核心技术是科学研究的核心产物,极具研发难度并难以被超越。核心体系性体现核心技术的技术影响,突出了核心技术高度的影响力和广泛的应用范围,对技术体系发展方向的整体控制作用。核心竞争性体现核心技术的市场表现,强调了核心技术的市场竞争优势和蕴含的经济效益。因此,本文将基于技术的**核心体系性、核心基础性和核心竞争性**三个核心特征,构建量化测度模型,对各专利技术进行测度评价,进而识别出核心技术。

1.2 专利指标与核心技术识别

由于专利是技术创新的直接产出,现有研究主要依赖于基于专利的方法来识别核心技术^[2,4]。一件专利包含技术特征、权利要求书、申请信息、引证信息、分类信息和所有人信息等技术和经济要素。基于专利的内容信息,大多研究通过构建和使用不同的专利指标或综合利用多个专利指标对核心技术进行识别。例如,马瑞敏等(2017)利

用四年内被引频次、同族专利数、专利宽度、权利要求数和科学关联度五个指标构建基于支持向量机的核心专利预测模型^[28]。Kwon and Geum (2020) 等通过技术积累、技术生命周期、技术保护范围、技术覆盖范围等专利指标构建基于机器学习的核心技术识别模型^[2]。汪庆等(2020)利用 RCI 值、技术重心指数识别创新主体内部核心技术^[29]。Kim and Seol (2012) 使用关联规则挖掘和分析网络过程等综合方法,利用专利数据和专利指标识别核心技术,并在对专利信息进行共分类的基础上,测度了专利信息的共现性、相关性和交叉影响^[30]。Noh et al. (2016) 采用了平均前向引证频次、引用滞后调整后的前向引证频次和同族专利数量三个专利指标构建测度模型来识别核心技术^[9]。Song et al. (2018) 利用影响性、适用性和可持续性三个标准从专利文献耦合中识别新兴技术,并衡量每种技术的技术和市场特征^[22]。

基于上述分析,本文借鉴以往核心技术识别方法,运用专利指标,构建核心技术特征测度计量模型,以实现了对核心技术的准确识别。

2 研究方法

2.1 研究框架 本文的研究框架如图 1 所示。首先,基于技术核心特征,构建技术核心特征测度模型。其中,运用反映核心技术特征的 9 个专利指标,建立测度指标模型。运用客观熵值法对指标模型中的各指标进行赋权,通过合成指数法,构建核心特征测度指数,用于评价各专利特征,并筛选出核心专利。第二,基于国际专利分类号 (IPC),运用专利聚类的方法构建专利-IPC 矩阵,结合网络可视化分析识别出各时期核心技术及核心技术动态趋势。最后,以光刻技术为案例,进行研究分析。

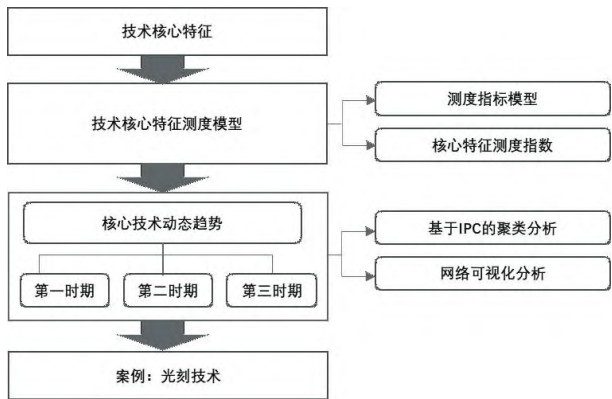


图 1 研究框架

2.2 技术核心特征测度模型

2.2.1 核心特征测度指标模型 目前,关于核心技术识别的研究忽视了与核心技术“质”的分析相结合,本文认为核心技术识别测度指标构建应当基于核

心技术的核心基础性 (Foundational)—核心体系性 (Systematic)—核心竞争性 (Competitive) 三个特征维度,本文称之为 FSC 三维模型体系。建立 FSC 分析模型后,在各维度上进行指标体系设计,并找到科学反映相关维度的因素和可量化的指标进行综合测度,如图 2 所示:

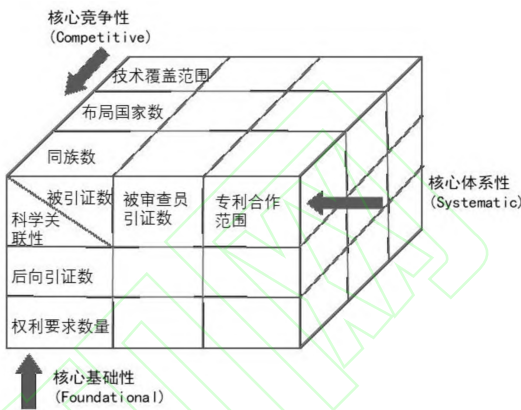


图 2 FSC 模型体系示意图

a. 维度一:核心基础性。核心技术是科学研究的核心性成果。核心基础性体现一项技术的科学研究水平和技术质量的高低,是核心技术的内在特征。基于 Verhoeven et al. (2016)^[31]、Lee et al. (2018)^[32] 以及 Trappey et al. (2012)^[33] 的研究,科学关联度指标反映专利的科研基础和科研水平,后向引证数量测度技术积累程度,权利要求数量指标反映专利内含的科研成果和技术成果。因此,本文选取的核心基础性特征测度指标包括科学关联度、后向引证数量和权利要求数量。

b. 维度二:核心体系性。核心技术具有高度影响力,对技术体系发展的轨道方向起整体控制作用。核心体系性体现一项技术的技术影响。基于 Ernst (2003)^[34]、Kwon and Geum (2020)^[2] 以及 Grimaldi and Cricelli (2019)^[35] 的研究,专利的技术影响可以通过延伸专利和后继专利的范围来直接量化,另外,专利合作范围指专利合作申请人数量,体现专利科研合作体系,是技术影响的间接表现。因此,本文选取的核心体系性指标主要包括被引证数,被审查员引证数以及专利合作范围。

c. 维度三:核心竞争性。核心技术是企业市场竞争优势的关键所在。核心竞争性体现一项技术的市场效益。基于 Harhoff et al. (2003)^[36]、Lee et al. (2018)^[32], 以及 Lanjouw and Schankerman (2004)^[37] 的研究,专利市场效益体现在专利的市场占有程度和市场潜力两方面。专利同族数量和布局国家数指标直接体现专利的市场扩散和占有程度。技术覆盖范围体现技术的产业领域分布,反映技术的市场潜力。因此,选取的核心竞争性指标包括专利同族数量、布局国家

数以及技术覆盖范围。

2.2.2 核心特征测度指数 首先,本文采用客观赋值方法熵值法对指标体系的各指标进行赋权,共分为四步。

第一,设共有 m 项评价指标, n 年的数据来源,构成数据矩阵:

$$X = (X_{ij})_{n \times m} \tag{1}$$

第二,计算第 j 项指标下的第 i 个被评价对象的指标值的比重:

$$F(x_{ij}) = X_{ij} / \sum_{i=1}^n X_{ij} \tag{2}$$

第三,计算第 j 项指标的熵值:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n f_{ij} \times \ln f_{ij}, k = 1 / \ln n \tag{3}$$

第四,计算各个指标的权重

$$w_j = (1 - e_j) / \sum_{i=1}^n (1 - e_j) \tag{4}$$

最后,本文采用合成指数法,对 9 个指标的数值和权重进行组合,以“核心特征测度指数”对各专利技术进行测度评价,即:

$$C\,CI_i = \sum_{j=1}^m w_j \times x_{ij} \tag{5}$$

其中, $C\,CI_i$ —技术 i 的核心特征测度指数; w_j —各指标的组合权重; x_{ij} —标准化的指标值

核心特征测度指数是一个量化评价指数,核心特征测度指数得分高的专利,其具有较强的核心性。本研究将基于专利核心特征测度指数得分筛选核心专利。

2.3 聚类分析 专利的技术领域在专利文件中使用专利分类号来表达。国际专利分类(IPC)是由世界知识产权组织(WIPO)制定的,它采用分层技术结构,包含部,大类,小类,大组和小组五个层次^[38]。在研究文献中,技术小类被最广泛地用于代表专利技术领域^[39-40],基于此,本文使用 IPC 小类号对核心专利的技术特征进行描述。

专利通常包含多个专利分类号,拥有相同专利分类号的专利同属于一个技术领域。因此,基于专利的 IPC,通过关联矩阵,可以对同属于一个技术领域的专利进行聚类,如表 1 所示^[41]。本文通过对得出的核心专利进行聚类,结合网络可视化分析,得到核心技术。

表 1 专利-IPC 矩阵

	IPC 1	IPC 2	IPC 3	...	IPC n
专利 1	0	1	1	...	0
专利 2	1	0	0	...	1
专利 3	0	0	1	...	1
...
专利 m	1	0	1	...	0

3 实证分析

3.1 数据

3.1.1 案例—光刻技术 基于上文提出的方法,本文对光刻技术进行实例研究。光刻技术是半导体制造中最复杂、最关键的工艺,也是关乎国家经济安全的“卡脖子”技术。在芯片光刻机制造领域,荷兰阿斯麦(ASML)公司及其战略联盟在最先进的 EUV 光刻机领域一直垄断着不同时期的高端产品和技术。从 1978 年第一代光刻机工艺节点 1500nm 技术开始,沿着 800m、500nm、350nm、250nm、180nm、130nm、90nm、65nm、45nm、32nm、22nm、14nm,一直到 7nm,阿斯麦联盟不仅垄断了各阶段的核心技术,而且对整个光刻机工艺节点技术路径上的核心技术进行了垄断。虽然我国可以购买低端的光刻机产品,但在高端产品上由于美国的阻扰,将我国已经缴款引进该高端光刻机扣押了近 2 年,使我国陷入“引进-落后-再引进-再落后”的恶性循环中。当前,我国光刻技术领域正面临严峻挑战,加快解决光刻“卡脖子”问题,不仅涉及企业生存、产业升级、行业发展,而且关乎国家经济安全。本文选择以光刻技术为例进行核心技术识别,这把握光刻技术发展形势,识别技术机会,破解我国光刻“卡脖子”困局具有重要意义。

近些年,光刻方式在技术方面表现出了持续的改进,其光刻工艺节点和光源波长不断缩小,随之芯片制造的规格变得越来越小^[43]。如图 3^[42-45]所示,2006 年以前,干式微影光刻技术占据主导,从 g-line 技术、i-line 技术发展到 KrF 技术,光刻工艺节点缩小至 130nm,但随之,干式微影技术发展遇到瓶颈。2006 年,ArFi 浸没式扫描光刻机的推出,利用光通过液体介质后光源波长缩短来提高分辨率,将光刻技术延伸到 45nm 节点,具有颠覆性意义。2013 年,ASML 推出 EUV 光刻机 NXE:3300B,使 7nm 工艺制程成为可能。据此,为了分析光刻核心技术动态趋势,本文依据各时期光刻主导技术的不同,分三个阶段对 2001 到 2020 年光刻技术进行分析,分别为,2001 年到 2006 年,2007 年到 2013 年,2014 年到 2020 年,如表 2 所示。

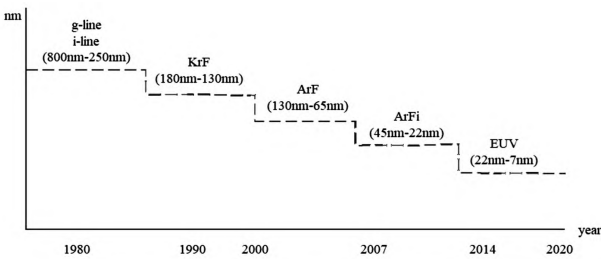


图 3 光刻技术发展进程

表 2 光刻主导技术时期分布

时期	年份	主导技术
1	2001– 2006	KrF 和 ArF
2	2007– 2013	ArFi(浸没式)
3	2014– 2020	EUV

3.1.2 数据来源与选取 本文基于 INNOJOY 全球专利数据库,选择光刻技术发明授权专利,申请年设定在 2001 至 2020 年。为了减少无效专利的影响,选取 9 个核心特征指标均大于零的专利数据,经同族合并后,最终获得 4240 个专利家族,符合数据要求。本文采用极差标准化法对数据进行标准化处理,进而避免各指标属于不同的量纲带来的差异。同时,本文使用 STATA 和 UCINET 软件进行数据和网络可视化分析。

3.2 测度结果 运用上文构建的方法,使用光刻技术专利数据,得到测度指标体系中各指标权重值,如表 3 所示。运用数据标准化数值和指标权重,得出 4240 个专利的核心特征测度指数,由于篇幅所限,表 4 中只列出排名前 30 的专利及其 CCI 数值。

表 3 光刻技术核心特征测度指标体系

测度指标	专利指标	权重
核心基础性	科学关联性	0.17
	后向引证数	0.10
	权利要求数量	0.03
核心体系性	被引证数	0.13
	被审查员引证数	0.10
	专利合作范围	0.20
核心竞争性	同族数	0.09
	布局国家数	0.10
	技术覆盖范围	0.08

表 4 CCI 得分(前 30)

序号	申请号	CCI	序号	申请号	CCI
1	US25478408	0.3357	16	US49568602	0.1341
2	US201715662107	0.2906	17	US44968503	0.1338
3	US70580503	0.2633	18	US67262003	0.1318
4	US71511603	0.2394	19	US80371204	0.1312
5	US201314422960	0.2116	20	US78491104	0.1309
6	US33520502	0.1698	21	US70789404	0.1302
7	US63892703	0.1655	22	US201815904347	0.1294
8	US92134804	0.1641	23	US57222509	0.1294
9	US75281801	0.1633	24	US67763903	0.1288
10	US11595405	0.1548	25	US81481504	0.1206
11	US201313945201	0.1548	26	US82660204	0.1199
12	US201213675685	0.1455	27	US21078002	0.1196
13	US201815922913	0.1448	28	US201715846827	0.1182
14	US19441402	0.1417	29	US81618904	0.1182
15	US201414161072	0.1347	30	US201815904377	0.1161

专利 CCI 值越高,核心性越强。参照 Noh et al.

(2016)^[9] 及 Park et al. (2016)^[46] 中基于指标得分排名百分比选取核心专利的方法,综合考虑专利核心特征指数得分及其分布(表 5 及图 4),本研究设定 CCI 排名前 5% 的专利为核心专利,得到光刻技术领域 212 个核心专利,用于后续分析。

表 5 CCI 描述性统计

指标	CCI	指标	CCI	指标	CCI
Obs	4,240	Mean	0.0309	P90	0.0590
Max	0.3357	P99	0.1011	Skewness	2.3379
Min	0.0005	P95	0.0701	Kurtosis	19.4993

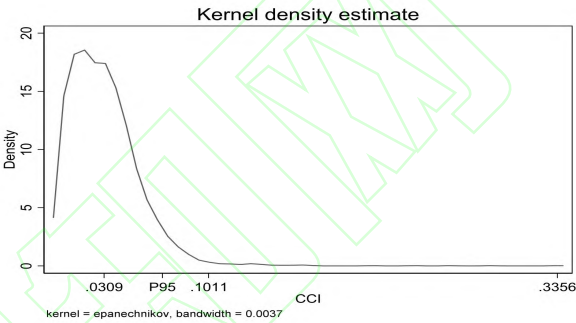


图 4 CCI 密度函数图

基于光刻技术划分的三个时期,得到各时期核心专利分布,第一时期核心专利 111 件,第二时期 60 件,第三时期 41 件,如表 6 所示。基于各时期核心专利,本文将运用聚类分析和网络可视化方法分析光刻核心技术动态趋势。

表 6 光刻技术的各时期核心专利分布

时期	年份	核心专利数量
1	2001– 2006	111
2	2007– 2013	60
3	2014– 2020	41

3.3 光刻核心技术动态趋势

3.3.1 第一时期:2001–2006 年 通过对第一时期的 111 项核心专利聚类,发现它们共分属于 77 个技术领域(IPC),专利–IPC 网络图,如图 5 所示。其中,蓝色圆形节点代表专利,红色方形节点代表技术领域,箭头连线表示一件专利分属的不同技术领域。同时,红色节点的大小代表此项技术的核心程度,通过所属这一技术领域的核心专利数量来衡量。由网络图可知,相对其他技术而言,有 8 项技术有更高的核心性,它们与更多的核心专利相关联,处于网络相对中心地位。这 8 项核心技术分别为 G03F(图纹面的照相制版工艺)、H01L(半导体器件)、G02B(光学元件、系统或仪器)、G03B(摄影、放映或观看用的装置或设备)、G21K(粒子或电离辐射的处理技术;照射装置;γ 射线或 X 射线显微镜)、G03C(照相用的感光材料)、B29C(塑料的成型或连接)和 G06F(电数字数据处理)技术。这表明,2001–2006 年,这 8 项技术是研发和应用

热点并且进步较大。另外,G03F 和 H01L 具有明显的核心优势地位。G03F 主要分布在曝光及其设备和用于图纹面的照相制版原版,例如掩膜,光掩膜;H01L

中具体技术分布主要是为进一步的光刻工艺在半导体之上制作掩膜。这三项技术是光刻中最核心和基础的技术。

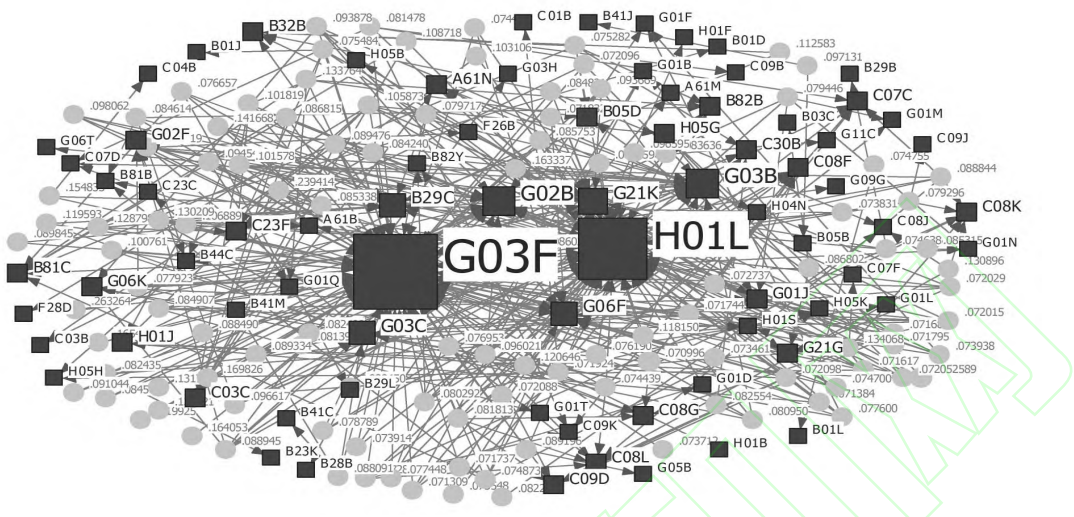


图5 专利—IPC 网络图(2001-2006)

3.3.2 第二时期:2007-2013 年 第二时期共有 60 件核心专利聚类到 65 个技术领域 (IPC)。这一时期的专利-IPC 网络图如图 6 所示,其中的节点和连线等含义与图 5 一致。基于网络图,可以明显地看出,在这一时期,有 5 项核心性突出的技术为核心技术,分别为 G03F,H01L、B82Y、G02B 和 G03B 技术。这 5 项技术拥有更多核心专利,是这一时期的研究的重点并且取得较大进步的技术。与第一时期相比,G03F 技术仍然处于最核心的地位,但其他核心技术有了较明显的变化。H01L 技术的核心性虽然仅次于 G03F,但在 2001-2006 年两项技术核心性相别不大,在 2007-2014 年,G03F 核心性明显地高于 H01L。这表明,G03F(图

纹面的照相制版工艺)在这一时期技术突破更加明显,这也是由于,在 2006 年之后,浸没式步进扫描光刻机的推出和发展,此光刻技术突破了之前干式微影技术的瓶颈。此外,在 2007-2014 年,B82Y(纳米结构的特定用途或应用)技术被应用于光刻,并成为研究和应用的一个核心重点,其具体技术分布在用于信息加工、存储或传输的纳米技术,例如量子计算或单电子逻辑和用于材料和表面科学的纳米技术,例如纳米复合材料。G21K、G03C、B29C 和 G06F 四项技术在 2007-2013 年中,虽然仍有核心专利出现,但核心性显著下降,不再是核心技术。

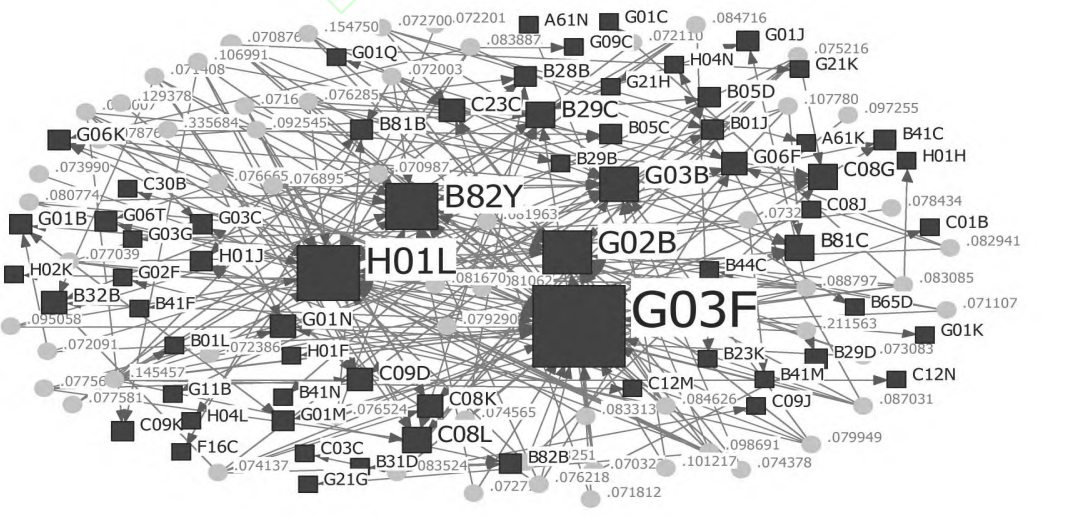


图6 专利—IPC 网络图(2007-2013)

3.3.3 第三时期:2014-2020 年 通过对第三时期的 41 件核心专利聚类,发现属于 64 个技术领域 (IPC)。专利-IPC 网络图(2014-2020)如图 7 所示,

其中的节点和连线等含义与图 5 一致。基于网络图,可以发现,2014-2020 年的核心技术分布较 2007-2014 年并无显著的结构性变动。G03F 和 H01L 是最基础

的核心技术。G02B(光学元件、系统或仪器)和 G03B(摄影、放映或观看用的装置或设备)技术紧随其后,但在第三时期 G03B 的核心程度高于 G02B,与第二时期状况相反。B82Y 在第三时期仍被重点关注,是技

术核心。由于这一时期 EUV 光刻技术的发展,G21K(粒子或电离辐射的处理技术;照射装置;γ 射线或 X 射线显微镜)技术核心程度也较高。

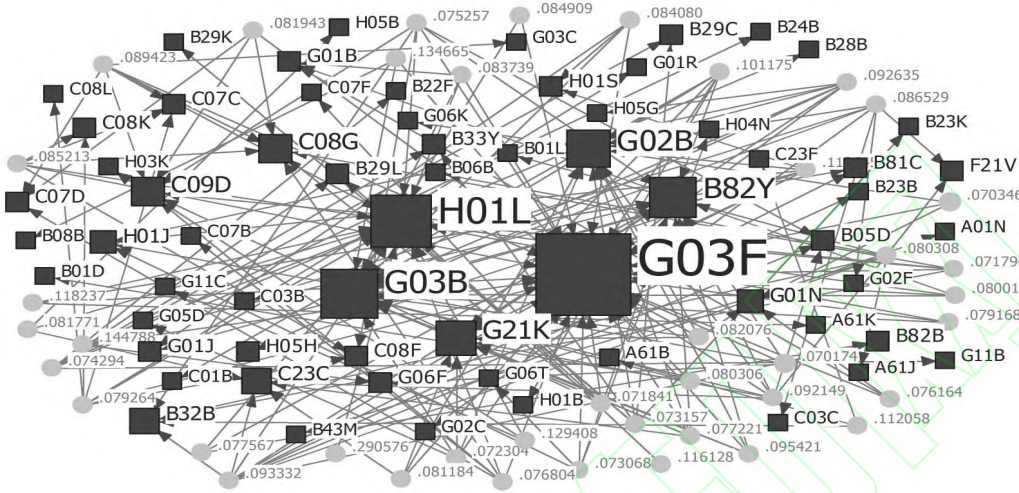


图 7 专利—IPC 网络图(2014–2020)

3.3.4 核心技术动态趋势 2001–2006、2007–2013 和 2014–2020 年三个时段共识别出 9 项光刻核心技术。由表 7 可知,G03F、H01L、G02B 和 G03B 四项技术在三个时期均为核心技术,G03C、B29C 和 G06F 三项技术在 2007 年后已属于相对较为成熟的技术,核心

性明显降低,在第二和第三时期未进入核心技术行列。B82Y 技术在第一时期只有 2 项核心专利与之相关,到二、三时期成为研究和应用热点,核心程度明显提高,成为这两个阶段的核心技术。

表 7 IPC 名称及各时期核心技术分布

序号	IPC	名称	是否为核心技术		
			第一时期	第二时期	第三时期
1	G03F	图纹面的照相制版工艺,例如曝光及其设备、掩膜	√	√	√
2	H01L	半导体器件	√	√	√
3	G02B	光学元件、系统或仪器	√	√	√
4	G03B	摄影、放映或观看用的装置或设备	√	√	√
5	G21K	粒子或电离辐射的处理技术;照射装置;γ 射线或 X 射线显微镜	√		√
6	G03C	照相用的感光材料	√		
7	B29C	塑料的成型或连接	√		
8	G06F	电数字数据处理	√		
9	B82Y	纳米结构的特定用途或应用;纳米结构的测量或分析;纳米结构的制造或处理		√	√

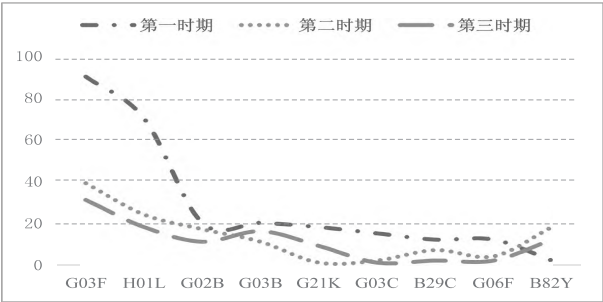


图 8 光刻核心技术变化趋势

从三个时期的光刻核心技术变化趋势图(见图 8)来看,2001–2006 年是光刻技术研发基础重点时期,有 8 项技术在这一时期核心研发成果最多。2007–2013

年为技术变革期,除了四项基础核心技术外,其他技术核心出现较大程度的变化,其中,纳米结构被应用于光刻,并成为研发核心。2014–2020 年光刻技术整体上处于技术深化期,技术结构未有显著变化,各项核心技术取得进一步发展。

3.3.5 核心技术关联网 为了进一步了解光刻各技术之间的关联,本文使用 212 件核心专利和它们相关的 112 项技术(IPC)构建技术共类关联网,如图 9 所示。图中节点代表各项技术,节点之间的连线表示两项技术之间存在关联,线的粗细代表两项技术之间的关联强度,关联强度通过两项技术共类的核

- [4] Kim G, Bae J. A novel approach to forecast promising technology through patent analysis [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017, 117: 228–237.
- [5] 伊惠芳, 吴红, 马永新, 冀方燕. 基于 LDA 和战略坐标的专利技术主题分析——以石墨烯领域为例 [J]. *情报杂志*, 2018, 37(5): 97–102.
- [6] 许加明, 陈友华. 数据质量、前提假设与因果模型——社会科学定量研究之反思 [J]. *社会科学研究*, 2020(2): 130–139.
- [7] 陈雯. 社会科学研究中质与量的方法选择 [J]. *重庆社会科学*, 2009(3): 115–118.
- [8] 邱忠霞, 胡伟. 我国社会科学定量研究方法问题的反思 [J]. *学术论坛*, 2016, 39(11): 142–148.
- [9] Noh H, Song Y K, Lee S. Identifying emerging core technologies for the future: Case study of patents published by leading telecommunication organizations [J]. *Telecommunications Policy*, 2016, 40(10/11): 956–970.
- [10] Wen Xin, Yin Yan'na, Xu Jian. Evaluation and Analysis of Competitiveness of Regional Higher Education in China Based on Individual Advantage Characteristic [J]. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 2018, 18: 5.
- [11] 石玉华, 邓汝邦. 社会科学核心网站的评价标准与方法 [J]. *情报资料工作*, 2005(6): 42–47.
- [12] Guo B, et al. Establishment of the characteristic evaluation index system of secondary task driving and analyzing its importance [J]. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2019, 64: 308–317.
- [13] 余江, 陈凤, 张越, 等. 铸造强国重器: 关键核心技术突破的规律探索与体系构建. *中国科学院院刊*, 2019, 34(3): 249–253.
- [14] 张杰. 中国关键核心技术创新的特征、阻碍和突破 [J]. *江苏行政学院学报*, 2019(2): 43–52.
- [15] 韩凤芹, 史卫, 陈亚平. 以大战略观统领关键核心技术攻关 [J]. *宏观经济研究*, 2021(3): 111–119, 159.
- [16] 罗吉利, 李孟军, 姜江, 等. 基于证据推理的核心技术识别方法研究 [J]. *情报杂志*, 2015, 34(1): 38–43, 31.
- [17] 陈瑞真, 黄玉凤, 袁红梅. 基于科学—技术可视化桥接图谱的核心技术深度挖掘——以中药领域为例 [J]. *情报理论与实践*, 2019, 42(2): 134–139, 163.
- [18] 戚筠, 唐恒, 石俊国. 基于小世界网络特性的核心技术识别研究——以石墨烯为例 [J]. *情报杂志*, 2020, 39(2): 50–55.
- [19] 黄鲁成, 刘春文, 吴菲菲, 等. 基于 NPCIA 的核心技术识别模型及应用研究 [J]. *科学学研究*, 2020, 38(11): 1998–2007.
- [20] 罗天雨. 核心专利判别方法及其在风力发电产业中的应用 [J]. *图书情报工作*, 2012, (24): 96–101.
- [21] Adomavicius G, Bockstedt J, Gupta A, et al. Technology roles and paths of influence in an ecosystem model of technology evolution [J]. *Information Technology and Management*, 2007, 8(2): 185–202.
- [22] Song, K., Kim, K., Lee, S. Identifying promising technologies using patents: A retrospective feature analysis and a prospective needs analysis on outlier patents [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018, 128: 118–132.
- [23] 吴菲菲, 李睿毓, 黄鲁成, 等. 跨产业技术溢出识别与效应测度研究——以无人机技术为例 [J]. *科学学与科学技术管理*, 2018, 39(6): 84–98.
- [24] 吴画斌, 许庆瑞, 李杨. 创新引领下企业核心能力的培育与提高——基于海尔集团的纵向案例分析 [J]. *南开管理评论*, 2019, 22(5): 28–37.
- [25] Karimi J, Walter Z. The Role of Dynamic Capabilities in Responding to Digital Disruption: a Factor-Based Study of the Newspaper Industry [J]. *Journal of Management Information Systems*, 2015, 32(1): 39–81.
- [26] Frishamma J., Ericsson K., Patel P. C. The dark side of knowledge transfer: Exploring knowledge leakage in joint R&D projects [J]. *Technovation*, 2015, 41/42: 75–88.
- [27] 洪勇, 苏敬勤. 发展中国家核心产业链与核心技术链的协同发展研究 [J]. *中国工业经济*, 2007(6): 38–45.
- [28] 马瑞敏, 尉心渊. 技术领域细分视角下核心专利预测研究 [J]. *情报学报*, 2017, 36(12): 1279–1289.
- [29] 汪庆, 朱钦磊, 杨芳. 基于多维度专利指标分析的优势技术领域识别研究 [J]. *情报杂志*, 2020, 39(1): 70–75.
- [30] Kim C, Seol H. On a Patent Analysis Method for Identifying Core Technologies [J]. *Intelligent Decision Technologies*, 2012: 441–448.
- [31] Verhoeven D, Bakker J, Veuglers R. Measuring technological novelty with patent-based indicators [J]. *Research Policy*, 2016, 45(3): 707–723.
- [32] Lee C, Kwon O, Kim M, et al. Early identification of emerging technologies: A machine learning approach using multiple patent indicators [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018, 127: 291–303.
- [33] Trappey A J C, Trappey C V, Wu C Y, et al. A patent quality analysis for innovative technology and product development [J]. *Advanced Engineering Informatics*, 2012, 26(1): 26–34.
- [34] Ernst, H. Patent information for strategic technology management [J]. *World Patent Information*, 2003, 25(3): 233–242.
- [35] Grimaldi M, Cricelli L. Indexes of patent value: a systematic literature review and classification [J]. *Knowledge Management Research & Practice*, 2019, 18(2): 214–233.
- [36] Harhoff D, Scherer F M, Vopel K. Citations, family size, opposition and the value of patent rights [J]. *Research Policy*, 2003, 32(8): 1343–1363.
- [37] Lanjouw J O, Schankerman M. Patent quality and research productivity: Measuring innovation with multiple indicators [J]. *The Economic Journal*, 2004, 114(495): 441–465.
- [38] WIPO. Guide to the international patent classification (IPC) (2019) [EB/OL]. [2020-12-10]. <https://www.wipo.int/classifications/ipc/ipcpub>.
- [39] Sasaki H, Sakata I. Identifying potential technological spin-offs using hierarchical information in international patent classification [J]. *Technovation*, 2021, 100: 102192.
- [40] Son S, Cho N W. Technology fusion characteristics in the solar photovoltaic industry of south korea: A patent network analysis using IPC co-occurrence [J]. *Sustainability*, 2020, 12(21): 9084.

- [41] Altuntas S, Erdogan Z, Dereli T. A clustering-based approach for the evaluation of candidate emerging technologies[J]. *Scientometrics*, 2020, 124(2):1157–1177.
- [42] 庞玉莲, 邹应全. 光刻材料的发展及应用[J]. *信息记录材料*. 2015, 16(1): 36–51.
- [43] 袁琼雁, 王向朝. 国际主流光刻机研发的最新进展[J]. *激光与光电子学进展*. 2007(1):57–64.
- [44] 杨 武, 陈 培, Gad David. 专利引证视角下技术轨道演化与技术锁定识别——以光刻技术为例[J/OL]. *科学学研究*:1–21[2021–05–19]. <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20210425.004>.
- [45] Geum Y, Jeon J, Seol H. Identifying technological opportunities using the novelty detection technique: a case of laser technology in semiconductor manufacturing [J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2013, 25(1):1–22.
- [46] Park I, Park G, Yoon B, et al. Exploring promising technology in ICT sector using patent network and promising index based on patent information[J]. *ETRI Journal*, 2016, 38(2):405–415.
- [47] Zhang Y, Zhang C. Citation networks and the emergence of knowledge core[J]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2015, 27(12):3203–3216.