

石墨烯技术专利分析报告

Report on Patenting Activity of Graphene Technology

中国科学院宁波材料技术与工程研究所
中国石墨烯产业技术创新战略联盟

2013 年 10 月

石墨烯技术专利分析报告

作者：王国华 周旭峰 刘兆平

Report on Patenting Activity of Graphene Technology

Prepared by WANG Guohua, ZHOU Xufeng and LIU Zhaoping

特别感谢：

李义春 中国石墨烯产业技术创新战略联盟

刘桂菊 中国科学前沿科学与教育局

徐鹏景 中国科学院宁波材料技术与工程研究所知识产权部

王 慧 中国科学院宁波材料技术与工程研究所知识产权部

赵慧敏 中国科学院国家科学图书馆北京总馆

马廷灿 中国科学院国家科学图书馆武汉分馆

李 帆 北京墨烯控股集团股份有限公司

目 录

1、前言	1
1.1 研究内容及思路	1
1.2 数据来源及研究方法	2
2、石墨烯技术研究概述	3
2.1 石墨烯技术研究现状	3
2.1.1 制备研究	4
2.1.2 应用研究	5
2.2 主要国家/地区相关政策	8
2.2.1 美国	8
2.2.2 欧盟及成员国	9
2.2.3 日本	11
2.2.4 韩国	12
2.2.5 中国	12
3、石墨烯技术整体专利态势分析	14
3.1 石墨烯技术国际专利申请态势	14
3.2 石墨烯专利技术生命周期分析	14
3.3 石墨烯技术国际专利申请的技术布局	16
3.4 石墨烯专利国家/地区分布分析	18
3.4.1 受理量国家/地区分布	18
3.4.2 主要国家/地区的技术布局	20
3.5 石墨烯专利申请人分析	21
3.5.1 专利申请人概况分析	21
3.5.2 重要专利申请人	22
3.5.3 重要专利申请人合作关系	23
3.5.4 重要专利申请人专利申请保护区域分布	29
3.6 小结	31
4、石墨烯美国专利重点分析	32
4.1 石墨烯美国专利年度申请趋势分析	32
4.2 石墨烯美国专利申请来源国家/地区分析	32
4.3 石墨烯美国专利重要申请人分析	33
4.4 重点专利技术追踪与演进分析	35
4.4.1 US7658901	35
4.4.2 US2009110627-A1	37
4.4.3 US2009117467-A1	39
4.5 小结	43
5、石墨烯中国专利重点分析	44

5.1 石墨烯中国专利数量年度分布分析	44
5.2 石墨烯中国专利类型分布分析	45
5.3 石墨烯中国专利申请来源地分析	46
5.4 石墨烯中国专利申请法律状态分析	46
5.5 大学、企业、研究机构等各单元对比分析	48
5.5.1 专利申请人类类型及申请数量分析	48
5.5.2 各单元重要机构分析	50
5.5.3 重要申请人及合作关系分析	52
5.6 石墨烯中国专利深度分析	54
5.6.1 基于石墨烯制备技术的专利功效分析	54
5.6.2 基于石墨烯应用技术的专利功效分析	60
5.6.2.1 储能与光伏	62
5.6.2.2 电子信息	67
5.6.2.3 复合材料	70
5.6.2.4 生物医药	72
5.6.2.5 传感器	74
5.6.2.6 水处理	75
5.6.2.7 功能材料	77
5.6.2.8 结构材料	78
5.7 我国石墨烯技术研究的潜在知识产权风险分析	81
5.8 小结	82
6、结论与启示	84
6.1 结论	84
6.2 启示	87
附录	89
附录 1 国家/地区代码说明	89
附录 2 重点专利收录表	90

摘 要

石墨烯作为一种新型的二维纳米材料，是目前发现的唯一存在的二维自由态原子晶体。自 2004 年发现以来，石墨烯不仅在理论科学上受到了极大关注，并且由于其特殊的纳米结构以及优异的物理化学性能而在电子学、光学、磁学、生物医学、催化、储能和传感器等诸多领域展现出具有巨大的应用潜能，引起了科学界和产业界的高度关注。世界各国纷纷将石墨烯及其应用技术作为长期战略发展方向，以期在由石墨烯引发的新一轮产业革命中占据主动和先机。

近年来，围绕石墨烯的专利申请在全球范围内呈现出高速增长态势，已成为一个活跃的新兴热点领域。本报告以石墨烯相关专利为研究对象，旨在通过对石墨烯技术领域的专利分析，揭示该领域当前的专利活动特点，为我国在该领域的科技创新和产业化提供参考。报告从全球石墨烯技术研发背景的调研入手，通过文献资料调研分析，概述了全球石墨烯技术的最新研究进展，梳理了美国、欧盟、日本、韩国等主要国家/地区在石墨烯相关技术领域出台的政策规划和研究计划等；接着，从国际专利申请数量年度分布、专利技术生命周期、技术研发布局、主要竞争国家/地区、主要专利申请人等方面，分析了全球石墨烯技术的整体专利态势；在此基础上，对美国专利的申请数量年度分布、专利类型、法律状态以及申请来源地等进行了重点分析，并遴选出重点专利并对其进行追踪与演进分析；最后，对石墨烯在华专利进行了重点深入分析，对我国在石墨烯技术领域面临的知识产权风险进行了初步揭示。基于上述分析结果，报告最后就我国未来的石墨烯技术研发和专利申请与保护工作提出了一些建议。

关键词：石墨烯 专利分析 知识产权

1、前言

1.1 研究内容及思路

（1）研究内容

本研究报告以石墨烯及其相关技术为研究对象，在文献资料调研和专家咨询的基础上，利用 DII 等权威专利数据库，采用由浅到深的分析思路对石墨烯技术的整体发展态势、专利布局和重点技术进行了分析，以期客观展现石墨烯及其重点技术的专利保护现状，为我国石墨烯技术领域的科研创新提供支撑。

本报告的主要研究内容包括：

石墨烯领域的国际总体研发态势；

石墨烯领域涉及的技术方向；

石墨烯的关键技术及其知识产权保护情况；

我国在石墨烯研究中的优/劣势分析；

我国发展石墨烯相关技术的潜在风险。

（2）研究思路与报告结构

本研究报告从全球石墨烯技术研发背景的调研入手，分析全球石墨烯技术的整体专利态势，相关技术领域的布局，主要的竞争区域和申请人；在整体态势分析的基础上，对美国的石墨烯相关专利进行重点分析，并开展重点专利的遴选以及技术追踪与演进分析；然后对我国相关石墨烯专利进行重点深入分析，通过各研究单元的对比分析、石墨烯重要技术领域分析等，对我国在石墨烯技术领域面临的知识产权风险进行揭示。

基于上述研究和分析思路，本报告主要包括以下部分：

1) 石墨烯研究概述

主要通过文献资料调研分析，概述全球石墨烯技术的最新研究进展，梳理美国、欧盟、日本、韩国和中国在石墨烯相关技术领域出台的政策规划和研究计划等。

2) 石墨烯技术整体专利分析

包括国际专利申请态势分析、专利技术生命周期分析、技术研发布局分析、主要国家/地区对比分析、主要专利申请人对比分析等。

3) 石墨烯美国专利重点分析

包括年度申请趋势分析、主要申请来源国家/地区分析、重要申请人分析，以及重点专利的遴选和技术追踪与演进分析。

4) 石墨烯中国专利重点分析

包括年度分布分析、类型分布分析、法律状态分析、申请来源地分析和大

学、企业、中科院等各单元对比分析等概况分析，以及基于功效分析的我国石墨烯研究的潜在知识产权风险分析。

1.2 数据来源及研究方法

本研究报告主要分析了全球石墨烯专利技术发展态势，有助于国内了解全球在石墨烯专利技术领域的发展全貌。本研究报告采用汤森路透集团的德温特创新索引（DII）专利数据库作为检索来源。DII 收录来自世界 40 多个专利机构的 1 千多万件基本发明专利，3 千多万件专利，数据可回溯至 1963 年，并且所有的专利文献都以专利家族为单位进行组织的，可以对世界主要国家/地区进行比较全面的对比分析。针对中国专利进行深度分析时，则采用了宁波市知识产权服务平台专利数据库。整个研究报告完成过程中使用过的分析工具包括：TDA、Aureka、Thomson Innovation 和 Excel 等。

2、石墨烯技术研究概述

2.1 石墨烯技术研究现状

石墨烯(Graphene)是一种由碳原子构成的单层片状结构的新材料。一直以来,石墨烯被认为是假设性的结构,无法单独稳定存在,直至 2004 年,英国曼切斯特大学的安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫在试验中首次通过微机械剥离的方法成功得到了石墨烯,并因此获得了 2010 年的诺贝尔物理学奖¹。

石墨烯目前是最薄(0.335nm)却也是最坚硬的纳米材料,它几乎是完全透明的,吸收率仅为 2.3%,导热系数高达 5300 W/m·K,高于碳纳米管和金刚石等碳材料,石墨烯的电子导电性良好,常温下其电子迁移率高于 15000 cm²/V·s,而电阻率仅为 10⁻⁶ Ω·cm,为目前世上电阻率最小的材料。自 2004 年之后,关于石墨烯的研究报道层出不穷,在 Science、Nature 上的相关报道就有 400 余篇,其潜在应用领域包括场效应晶体管、柔性透明电极、触摸屏、印刷电子、新型复合材料、传感器、催化剂载体、基因测序、储能装置等。

石墨烯中各碳原子之间的连接非常柔韧,当施加外部机械力时,碳原子面就弯曲变形,从而使碳原子不必重新排列来适应外力,也就保持了结构稳定。美国哥伦比亚大学的研究小组经过大量试验,发现石墨烯是迄今为止世界上强度最大的材料,据测算如果用石墨烯制成厚度相当于普通食品塑料包装袋厚度的薄膜(厚度约 100 纳米),那么它将能承受大约两吨重物品的压力,而不至于断裂。同时,石墨烯是人类已知强度最高的物质,比钻石还坚硬,强度比世界上最好的钢铁还要高上 100 倍²。

美国伊利诺伊大学香槟分校的一项实验结果表明,石墨烯边缘的晶体取向会对其电性能产生相当重要的影响。研究者在清洁的半导体表面沉积纳米级石墨烯并将其切片,而后利用扫描隧道显微镜在原子级分辨率下探测了石墨烯的电子结构。结果显示,锯齿型边缘(zigzag edge)表现出了强边缘态,而椅型边缘(armchair edge)却没有出现类似情况。尺寸小于 10 nm、边缘主要是锯齿型的石墨烯片表现出了金属性,而不是先前预期的半导体特性。这项实验的结果表明,若要将石墨烯用于纳米电子器件,必须注重其边缘的工程控制,以获得统一的材料性能。在 5 nm 大小的一片石墨烯片上,只要有一小段边缘是锯齿型的,就会将材料由半导体变为导体³。

北京大学工学院先进材料与纳米技术系、北京大学应用物理与技术研究中心孙强教授研究组应用自旋极化的密度泛函理论,研究发现当氢原子吸附在石墨烯的部分碳原子上时,石墨烯的 π 键被破坏,导致每个没有被氢化的碳原子产生一个未配对的 2p 电子,它们之间长程交换耦合,形成稳定的铁磁性,其居里温度大约在 278 ~ 417 K。这比目前已知的方法更具有可控性和可操作性,它不但能保持石墨烯骨架结构的完整性和磁性的均匀分布,而且还能避免在组装

¹ 维基百科.石墨烯.<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9F%B3%E5%A2%A8%E7%83%AF>.

² Hongki Min, S. Adam, Young Jae Song, *et al.* Landau levels and band bending in few-layer epitaxial graphene. *Phys. Rev. B*, 2011, 83: 155430. (b) Young Jae Song, Alexander F. Otte, Young Kuk, *et al.* High-resolution tunnelling spectroscopy of a graphene quartet. *Nature*, 2011, 467: 185-189.

³ doi:10.1038/nmat2378, Kyle A. Ritter, Joseph W. Lyding, *Nature Materials*

nano-ribbon 的过程中所引起的磁性的猝灭⁴。

据美国能源部阿尔贡国家实验室的先进光子源（APS）和伊利诺斯大学厄本那一香槟分校的弗雷德里克·塞茨材料研究实验室开展合作，研究人员使用非弹性 X 射线进行的散射实验发现，石墨烯非常有效地屏蔽了库仑力的相互作用，让其中的电子表现得就像半金属中的一个简单的独立电子。他们的研究揭示了几个疑点，包括独立的石墨烯为何不能像预测的那样变成绝缘体。实验还演示了超快动力学研究的一种新途径，为了解材料的最基本属性开辟了新窗口⁵。

2.1.1 制备研究

目前制备石墨烯主要通过 Top-Down 和 Bottom-up 途径，其中 Top-Down 途径主要有机械剥离、液相剥离、化学氧化剥离等，尤其是化学氧化剥离；Bottom-up 途径主要包括化学气相沉积、外延生长、有机合成等；以及超临界流体等其他制备技术。

Top-Down 途径通常是以廉价的石墨或膨胀石墨为原料，通过微机械剥离法、液相剥离法来制备单层或多层石墨烯。这类方法原料易得，操作相对简单，合成的石墨烯的纯度高、缺陷较少、电学性能好，因此被广泛用于石墨烯的物理、物性和器件研究；氧化还原法一般先是用强质子酸对石墨进行处理，形成石墨层间化合物，然后加入强氧化剂对其进行氧化，具体方法包括：Hummers 法、Standenmaier 法、Brodie 法等。然后，利用化学液相还原、热还原、等离子体法还原、氢电弧放电剥离、超临界水还原、光照还原、溶剂热还原、微波还原等方法对氧化石墨烯进行还原。在此基础上人们不断加以改进，使得氧化还原法（含氧化-修饰-还原法）成为具有发展前途的合成石墨烯及其材料的方法之一。

除此之外，SiC 晶体外延生长、化学气相沉积、有机合成等 Bottom-up 途径途径也可用于制备高纯度石墨烯。SiC 晶体外延生长制备石墨烯主要利用硅的高蒸汽压，在高温和超高真空条件下使硅原子挥发，剩余的碳原子通过结构重排在 SiC 表面形成石墨烯层。该方法的优点是石墨烯的质量相对较高，缺点是制备条件苛刻，往往需要较高的真空度，成本较高，且产率相对较低；化学气相沉积（CVD）多以铜箔、镍膜等平面型金属作为生长基体，利用甲烷等含碳化合物作为碳源，通过其在基体表面的高温分解来生长石墨烯的方法。由于化学气相沉积工艺简单，所得石墨烯质量高，可实现大面积生长，并且较易于转移到各种基体上，因此被广泛用于纳电子器件和透明导电薄膜研究；有机合成法是一种自下而上组装合成石墨烯的方法，从具有精确结构的小分子出发，经精确控制的化学反应可以得到具有明确结构的石墨烯及其宏观体。目前以多环芳烃碳氢化合物为前驱体已经合成出石墨烯带、纳米石墨烯片、宏观石墨烯及其衍生的富碳材料。该方法的优点在于，可实现石墨烯在分子尺度的结构操控，可加工性强，但所得石墨烯的横向尺寸较小、产率较低。

以下列举了近年来在石墨烯制备方面的一些具体进展。

美国北伊利诺伊大学的研究人员称，发现了一种可大规模生产石墨烯的简单方法：通过在干冰中燃烧纯金属镁的方式就能够直接将 CO₂ 转化成多层石墨烯（厚度小于 10 个原子）。此前也有科学家进行过类似尝试，但却没有人真正仔细

⁴ <http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/2009941545195007237.shtm>

⁵ <http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/201011181120411113331.shtm>

地检查过这些碳结构⁶。

日本东北大学多元物质科学研究所与昭和电工利用乙醇等有机溶剂的超临界液体来剥离石墨烯。由于不进行氧化处理，因此“几乎没有氧及氢等杂质”。而且，此次还开发出了可连续剥离石墨烯的“流动反应器”⁷。

索尼开发出了在约 1000℃的工艺温度下同时使用 CVD 法和卷对卷方式的技术。具体做法是使电流直接流过石墨烯的触媒、同时也是 CVD 法基板的铜(Cu)箔，从而只对铜箔加热。这样便大幅降低了整个制造设备的热负荷。索尼接着将在铜箔上制造的石墨烯片材转印到了 PET 薄膜上，试制出了透明导电薄膜。该薄膜的薄膜电阻值仅为 200Ω/□，光吸收率为 2.9%⁸。

美国莱斯大学化学教授詹姆斯·图尔领导的科研小组首先将少量的蔗糖放置在一薄层铜箔上，然后在加热和低压下让这些蔗糖接触流动的氢气和氩气。10 分钟后，这些蔗糖缩减成纯净的单层石墨烯，调整气体的流动可控制石墨烯薄膜的厚度⁹。

韩国成均馆大学洪秉熙教授将一块铜箔盘绕在一个圆柱体上，并将其放置在特制的炉子中。碳原子携带着被加热的氢原子和甲烷流，遇到铜片后便在其上“安营扎寨”而成为一个统一的单层。然后，该铜箔“脱离”圆柱体，石墨烯被迁移到玻璃纤维聚酯板上，最后再将银电极印刷到该石墨烯块上。当该石墨烯同计算机中的控制软件相连通时，它就能被用作触摸屏¹⁰。

中国科学院化学研究所刘云圻课题组以金属钨和钼作为基底，利用液态铜的良好流动性及均匀性等特点消除了所得石墨烯的晶界，制备出了高质量大面积的单层石墨烯薄膜。另外，研究人员还通过控制生长参数及实验温度等条件，制备了规则排布的六角石墨烯片，单个规则六角石墨烯可以达到 100 微米以上¹¹。

2.1.2 应用研究

目前，石墨烯的研究和产业化发展持续升温，世界上各个国家都发布或资助了一系列相关研究计划和项目，促进石墨烯技术及其应用研究。如美国通过 NSF、英国通过 EPSRC、新加坡通过 NRF 等为此设立了专项研究项目。许多世界著名公司如 IBM 和 Intel 等也投入巨资进行相关研发。石墨烯优良的导电性使它在微电子领域具有巨大的应用潜力，它能够在显示器、有机太阳能电池、触摸屏生产中替代传统的脆弱的铟锡氧化物(ITO)电极。石墨烯的电子传输速度要比硅快数十倍，研究人员甚至将石墨烯看作是硅的替代品，能用来生产未来的超级计算机。

日本东芝公司利用涂覆工艺将石墨烯的出色阻隔性能和银纳米线的高导电性结合制成了具有高性能和高耐久性的透明导电膜。其薄膜电阻值为 4.9Ω/□，光透射率在 75%以上（波长为 550nm 时），薄膜的尺寸为 10cm 见方¹²。

美国 IBM 的研究人员采用单层石墨烯作为透明电极的有机 EL 元件，获得

⁶AmartyaChakrabarti, Jun Lu, Jennifer C. Skrabutenas, Tao Xu, Zhili Xiao, John A. Maguire, Narayan S. Hosmane. Conversion of carbon dioxide to few-layer graphene. *J. Mater. Chem.*, 2011, 21: 9491-9493.

⁷<http://china.nikkeibp.com.cn/news/nano/64254-20130114.html>

⁸<http://china.nikkeibp.com.cn/news/nano/62496-20120828.html>

⁹<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2011/2/243974.shtml>

¹⁰<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2010/7/234141.shtml>

¹¹<http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/20126111551110824807.shtml>

¹²<http://china.nikkeibp.com.cn/news/elec/64545-20130201.html>

了与采用 ITO 时几乎相同的发光特性。此前 IBM 的石墨烯开发产品以晶体管等微小主动元件为主，此次是首次公开采用大面积石墨烯作为电极的开发实例¹³。

江南石墨烯研究院、常州二维碳素科技有限公司联合无锡丽格光电科技有限公司和深圳力合光电传感器技术有限公司共同研发的手机用石墨烯电容触摸屏项目，完成了基于石墨烯薄膜的手机触摸屏模组的工艺流程调试，成功制成电容触摸屏手机样机，并完成了功能测试，推出了可以实现基本功能的石墨烯电容触摸屏手机。电容屏传感器整个触摸区域可以识别单指和双指触摸及进行画线动作，实现图片单指手势左右拖动及双指手势放大和旋转¹⁴。

美国伦斯勒理工学院的科学家们将单层碳原子种植在泡沫镍结构上，随后移除泡沫镍，留下一个类似泡沫的石墨烯结构。当将其暴露于空气中时，空气中的粒子会被吸收到泡沫表面，而且每个这样的粒子会用不同的方式影响石墨烯泡沫，对其电阻进行微小的改动。让电流通过其中并且测量电阻的变化，就能知道泡沫上依附的是什么粒子。科学家们让大约 100 毫安的电流通过该泡沫，结果发现，这种石墨烯泡沫能够导致粒子解吸，也就是说，粒子自动从传感器上剥落下来，清除这些粒子，传感器就可以重复使用¹⁵。

美国哥伦比亚大学一项新研究证明石墨烯具有卓越的非线性光学性能，并据此开发出一种石墨烯—硅光电混合芯片。在这种由光驱动的混合芯片上存在电子和热响应，能发射出无线电信号，并可通过激光进行调制。在使用不同光学频率对无线电信号进行调制后，石墨烯—硅混合芯片能够产生完美的无线电谐振，且其所需功率比其他科学家用纯硅电路实现的低 50 倍¹⁶。

IBM 的研究人员展示了一种由石墨烯材料制作而成的场效应晶体管 (FET)，其截止频率可达 100GHz。该石墨烯晶体管的频率性能远超过相同栅极长度的最先进硅晶体管的截止频率 (40GHz)¹⁷。

麻省理工学院电子工程和计算机科学系副教授 Tomas Palacios 日前宣布，他使用石墨烯材料制成了只需要单个晶体管的倍频器，能够输出纯净的高倍频信号，同时能效也非常高。在现有技术条件下，产生 4、5GHz 以上的频率难度都相当高。而石墨烯倍频器可以让系统运行在 500GHz 到 1000GHz 的范畴内。虽然目前该设备还处在实验室阶段，但在一两年内就有望实现应用¹⁸。

英国曼彻斯特大学海姆和诺沃肖洛夫领导的研究小组对石墨烯进行氟化处理，获得了一种新材料。这种新材料同时具有石墨烯和特氟龙两种材料的优点。它像特氟龙那样化学性质稳定和耐高温，可以用于生产不粘锅和密封垫圈等产品，同时它又像石墨烯那样具有很高的强度和可用于生产半导体的电学性能¹⁹。

中科院兰州化学物理研究所固体润滑国家重点实验室研究人员利用氧化石墨烯表面的活性环氧基、羧基与氨基的化学作用，将其组装到 3-氨丙基三乙氧基硅烷自组装薄膜 (APTES-SAMs) 修饰的单晶硅基底表面，然后进行热还原处理，

¹³<http://china.nikkeibp.com.cn/news/flat/62971-20121003.html>

¹⁴<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2012/1/258462.shtm>

¹⁵<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2011/11/256102.shtm>

¹⁶<http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/201272512113213325221.shtm>

¹⁷<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2010/2/228229.shtm>

¹⁸<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2009/3/217738.html>

¹⁹<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2010/11/239954.shtm>

得到了还原的石墨烯氧化物。对制备的样品进行摩擦学性能表征,发现所获得的薄膜具有较低的摩擦系数和优异的抗磨损性能²⁰。

上海应用物理所物理生物学实验室的研究人员探索了氧化石墨烯的抗菌特性,发现氧化石墨烯纳米悬液在与大肠杆菌孵育 2 小时后,对其抑制率超过 90%,进一步的实验结果表明氧化石墨烯的抗菌性源于其对大肠杆菌细胞膜的破坏。更重要的是,氧化石墨烯不仅是一种新型的优良抗菌材料,而且对哺乳动物细胞产生的细胞毒性很小。此外,通过抽滤法能够将氧化石墨烯制备成纸片样的宏观石墨烯膜,也能有效地抑制大肠杆菌的生长²¹。

美国宾夕法尼亚大学的研究小组利用电子束技术,在石墨烯膜上烧灼出纳米大小的小孔,在电场的作用下,微小的 DNA 链就可以穿过这些孔洞。通过电子测量手段检测 DNA 的易位,再根据 DNA 的 4 个碱基各自独特的“电子签名”,就可以快速完成 DNA 测序。此外,为了使石墨烯纳米孔设备更加经久耐用,研究小组还在石墨烯层之上覆盖了一个只有几个原子层厚的超薄氧化钛层,从而形成了一个更洁净、更易湿润的表面,使 DNA 更容易穿过,同时帮助降低了纳米孔的噪音水平²²。

美国伦斯勒理工学院宣布,在用基于石墨烯的“纸”试制锂离子充电电池负极时发现,在能量密度相当的情况下,输出密度提高到了石墨电极的 10 倍²³。

美国德州大学奥斯汀分校的 Rodney Ruoff 利用 KOH 对石墨烯进行化学修饰重构,形成多孔结构,得到的超级电容的储能密度接近铅酸电池²⁴。

麻省理工学院材料科学与工程学院副教授杰弗里·格罗斯曼通过精确控制多孔石墨烯的孔径并向其中添加其他材料的方法,改变石墨烯小孔边缘的性质,使其能够排斥或吸引水分子。这样这种特制的石墨烯就如同筛子一样能快速地滤掉海水中的盐,而只留下水分子。计算机模拟结果显示,这种石墨烯筛子的性能非常优秀,能够快速地完成海水淡化过程²⁵。

美国莱斯大学和俄罗斯莫斯科国立罗蒙诺索夫大学的研究人员发现,原子厚度的氧化石墨烯薄片能快速地吸附在天然和人造的放射性核素上,并凝结成固体。这种薄片能够溶于液体之中,也能轻易地大批量生产。氧化石墨烯会在导入模拟核废物的数分钟内凝固,迅速聚集最致命的毒素废物,这一过程也将跨越多个 pH 值²⁶。

沈阳材料科学国家(联合)实验室的成会明采用泡沫金属作为生长基体,利用 CVD 方法制备出具有三维连通网络结构的泡沫状石墨烯体材料。研究发现,这种石墨烯体材料完整地复制了泡沫金属的结构,石墨烯以无缝连接的方式构成一个全连通的整体,具有优异的电荷传导能力、~850 m²/g 的比表面积、~99.7% 的孔隙率和~5 mg/cm³ 的极低密度。基于石墨烯泡沫独特的三维网络结构,科研人员采用原位聚合的方法制备出石墨烯泡沫/硅橡胶复合材料,发现在石墨烯添

²⁰Langmuir 2010, 26 (20), 15830-15836

²¹<http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/20108201631267511682.shtml>

²²<http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/20109110473013211268.shtml>

²³ACS Nano, 2012, 6 (9), pp 7867-7878.

²⁴Yanwu Zhu, ShanthiMurali, Meryl D. Stoller, *et al.* Carbon-Based Supercapacitors Produced by Activation of Graphene. *Science*, 2011, 332 (6037): 1537-1541.

²⁵<http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/20127101048274325127.shtml>

²⁶<http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/2013111112762027544.shtml>

加量仅为~0.5 wt%的条件下，复合材料的电导率可达~10 S/cm，比基于化学氧化剥离法制备的相同添加量的石墨烯复合材料的电导率提高了 6 个数量级，也高于基于高质量碳纳米管的复合材料的电导率。而且，这种复合材料具有很好的柔韧性和稳定性，在弯折和拉伸等条件下仅有很小的电阻变化（如 50%拉伸应变条件下的电阻变化<20%），在应力释放后可迅速恢复其原有形貌和电阻值，因此是一种理想的弹性导体材料，在柔性显示器、可穿戴式移动通讯设备和人造皮肤等柔性电子方面具有广阔的应用前景²⁷。

在最近几年，各国科研人员积极探索了石墨烯在不同领域的应用，取得了一系列创新性的研究成果。目前对石墨烯的应用研究正处于高速发展时期，世界各国都在石墨烯技术领域投入大量资源，以期能在未来的石墨烯产业化中占有一席之地。

2.2 主要国家/地区相关政策

石墨烯的研究和产业化发展持续升温，美国、欧盟、日本等国家都发布或资助了一系列相关研究计划和项目，促进石墨烯技术及其应用研究。

2.2.1 美国

2002-2013 年间，美国国家自然科学基金会（NSF）关于石墨烯的资助项目有近 500 项。重点项目包括复合材料的研究（2008-2014，资助金额 2 千万美元）、石墨烯电子器件开发（2008-2014，资助金额 850 万美元）、场效应晶体管、存储器件开发（2011-2015，资助金额 170 万美元）、石墨烯连续制备工艺（2013-2017，资助金额 150 万美元）、生物传感器（2007-2014，资助金额 140 万美元）等²⁸。

2013 年，美国国家科学基金会与美国加州大学签署了为期三年、价值 36 万美元的研发合同，以支持对石墨烯热性能的进一步研究，为先进电子和光学器件带来全新散热技术。亚历山大·巴兰丁教授、罗杰·雷克教授和阿肖克教授将共同参与该名为“二维性能和三维能力：设计石墨烯热性能”的项目。他们将研究在扭曲的石墨烯层中压缩声子耦合的可能性，以进行高热量传输。声子是晶格震动的能量量子，可在石墨烯中携带热量²⁹。

美国国防部（DoD）及其下属机构美国国防高级研究计划署（DARPA）等开展了多项石墨烯研究项目，重点开发下一代更小、更快的电子器件、在太赫兹和新型量子器件中的应用等。

2008 年 7 月，DARPA 发布碳电子射频应用项目（Carbon Electronics for RF Applications, CERA），项目投资 2200 万美元，研究周期为 2008-2012 年。IBM 研究人员 Yu-ming Lin 与 Phaedon Avoris 开发的新款石墨烯晶体管，截止频率达 155GHz，沟道长度约为 40 纳米，超越 2010 年 2 月的截止频率达 100 GHz，沟道长度为 240nm 的成果。这也是这种非硅电子材料迄今为止所能达到的最高频率。该成就是美国国防部高级研究计划署(DARPA)赞助的碳电子射频应用(CERA)项目取得的里程碑式进步，也是开发下一代通信设备工程的一部分³⁰。

²⁷Nature Materials DOI: 10.1038/NMAT3001, (2011)

²⁸<http://www.nsf.gov/awardsearch/simpleSearchResult?queryText=graphene+>

²⁹<http://www.cnnnews.com.cn/2013/0808/38823.shtml>

³⁰<http://news.mydrivers.com/1/124/124287.htm>

2009 年, DoD 开展了多学科大学研究计划 (Multidisciplinary University Research Initiative, MURI), 研究期间为 2009-2013 年, 总经费为 750 万美元。该计划中包括美国空军石墨材料基础研究 (Fundamental Graphene Material Studies) 和功能石墨烯材料研究和器件概念项目 (2009 年启动), 美国海军 Tailoring Electronic Bandgap of Nanostructure Graphene (2009 年启动) 和陆军的新型 2-D 氧化物和氮化物 (Novel 2-d oxides and nitrides) (2011 年启动) 等³¹

美国俄亥俄州研究商业化资助项目 (Ohio Research Commercialization Grant Program, ORCGP)³²资助美国纳米技术仪器 (Nanotek Instruments) 公司约 35 万美元, 用于应用于锂离子电池的纳米石墨烯复合电极的商业化生产。纳米石墨烯复合材料具有较大容量 (>2000 毫安小时/克), 是石墨实际容量的 6-8 倍。实验已经证明这种材料 300 多个充放电循环后, 还能够保持其结构的完整性和良好性能。这种复合阳极材料可用于电动车等能源存储应用的锂离子电池。商业化周期为 2009 年 4 月 28 日至 2011 年 4 月 28 日。

2013 年 8 月, 密歇根理工大学的科学家通过锂氧化物与一氧化碳反应得到一种独特蜂巢状结构的三维石墨烯, 该三维石墨烯电极的光电转换效率达到 7.8%, 与铂电极 8% 的转换效率相当, 而石墨烯的价格却很低廉, 有望取代铂在太阳能电池中的应用。该项目得到美国化学学会石油研究基金 (PRF-51799-ND10) 和美国国家科学基金会 (NSF - CBET - 0931587) 的资助³³。

在美国国家科学基金会 (NSF) 资助下, 拉马尔大学的科研团队开发出一种新型磁性石墨烯纳米复合材料 (MGNCs), 在酸性溶液中, 当 pH 值在 1 至 3 之间, 而不是在中性和碱性条件下快速清除铬 (VI)。使用这种新型材料的吸附时间仅为几分钟, 明显快于传统的吸附剂, 需要数小时甚至数天这个新的进程。也符合美国环境保护署 (EPA) 对低浓度铬污染物的处理要求。并且, 通过使用磁铁, 可以快速实现对吸附剂和重金属的回收³⁴。

2.2.2 欧盟及成员国

欧洲是石墨烯的诞生地, 十分注重在这一领域提前布局。欧盟委员会认为, 从长期看, 石墨烯材料可能同钢铁、塑料一样重要, 有可能代替硅成为信息技术的基础材料, 还可能在能源、交通和医疗领域发挥重要作用。

2008 年 1 月欧盟 FP7 框架计划发布了石墨烯基纳米电子器件项目 (Graphene-based Nanoelectronic devices)³⁵。该项目为 FP7 的联合研究项目, 参加的组织机构由德国 AMO 有限公司、意大利大学纳米电子研究组 (IUNET)、英国剑桥大学半导体物理组 (UCAM DPHYS)、法国原子能机构 (CEA) 的 LETI 和法国 STMicroelectronics SAS、爱尔兰科克大学 (University College Cork) 大学的 Tyndall 纳米研究所等组成。项目经费为 239 万欧元, 研究期间为 2008 年 1

³¹Scott Dudley. Graphene: a US military funding perspective. http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/graphene-presentations/4-4-dudley-22032011_en.pdf.

³²Ohio Third Frontier Commission. Ohio Research Commercialization Grant Program. <http://thirdfrontier.com/OhioResearchCommercializationGrantProgram.htm>.

³³<http://www.mtu.edu/news/stories/2013/august/story94626.html>

³⁴<http://www.nsf.gov/eng/cbet/achieve/1417/2012/guo.htm>

³⁵European Commission. Graphene-based Nanoelectronic devices (GRAND). http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FP7_PROJ_EN&ACTION=D&DOC=480&CAT=PROJ&QUERY=011aa1a08403:95e9:2883a2ab&RCN=85307.

月 1 日至 2010 年 12 月 31 日。FP7 框架计 2010 年启动了悬浮石墨烯纳米结构项目，研究期间为 2010 年 10 月 1 日至 2013 年 9 月 30 日，研究总经费为 389 万欧元。FP7 框架计 2011 年启动了石墨烯的纳米级应用项目，研究期间为 2011 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日，总经费为 505 万欧元。FP7 框架计 2011 年还启动了用于超级电容的石墨烯电极项目，研究期间为 2011 年 6 月 1 日至 2014 年 5 月 31 日，总经费为 494 万欧元。

欧洲研究理事会（ERC）的石墨烯物理性能和应用研究项目³⁶研究经费为 177.5 万美元，研究周期为 3 年，负责机构为英国曼彻斯特大学物理与天文学院。该项目有三个主要方向，首先重点研究石墨烯隔膜和独特的一维性能；第二是模拟无质量相对论粒子的石墨烯电荷载体，第三是石墨烯晶体管的应用研究。

欧洲科学基金会（ESF）2009 年 6 月启动了欧洲石墨烯项目（EuroGRAPHENE）³⁷，旨在扩大石墨烯研究在科学和创新方面的影响力，共有 19 个国家的 20 个基金资助机构参与该项目的资助。欧洲石墨烯项目是一个 4 年期的项目计划（2009 年 6 月至 2014 年 6 月），需要欧洲范围内广泛而有深度的合作。主要研究内容包括石墨烯有机超分子功能复合材料、石墨烯纳米结构约束、外延石墨烯晶体管、石墨烯基系统自旋电子学、高性能射频晶体管的 SiC 晶圆石墨烯、光电石墨烯器件等。

2013 年 1 月，欧盟委员会将石墨烯列为“未来新兴技术旗舰项目”之一，从 2013 年开始，旗舰项目将协调来自欧洲 17 个国家学术界和产业界的 126 个研究组，计划在 30 个月内投入 5400 万欧元。在项目启动后将通过公开征集的方式进一步扩大产学研联盟，计划再吸引 20 至 30 个研究组，以加强该计划在工程领域的研究实力。诺基亚作为石墨烯旗舰联盟（Graphene Flagship Consortium）的一员，已经从欧盟的未来与新兴技术组织(FET)获得了 13.5 亿美元研究经费，该经费将主要用于石墨烯柔性透明导电薄膜的研究³⁸。

NanoMaster 是一个受欧盟第七框架计划支持的项目，旨在“发展知识型加工方式以提高石墨烯产能，扩大石墨烯增强型热塑性色母粒和化合物产能，最终实现其在欧洲地区的产业商业化。”参与项目的公司包括英国材料开发商 Net Composites；荷兰消费性电子产品巨头飞利浦；瑞士石墨烯材料供应商 Timcal；西班牙研究机构 Aimplas 及意大利化合物生产商 Lati Industrial。NanoMaster 项目的目标是将生产石墨烯基材料中所用到的塑料量减少 50%，产品重量也相应减少 50%，同时又能利用到石墨烯的导电性和导热性³⁹。

德国科学基金会(DFG)⁴⁰2009 年 7 月宣布开展“石墨烯”新兴前沿研究项目，项目时间跨度为 6 年。该项目的目的是提高对石墨烯性能的理解和操控，以建立新型的石墨烯基的电子产品。基金资助领域主要包括：适合石墨烯基电子设备的制备；石墨烯电子、结构、机械、振动等性能表征与操控；石墨烯纳米结构制备和表征及性能操控；石墨烯与衬底材料、栅极材料相互作用的理解和控制；输运

³⁶ERC. <http://erc.europa.eu/index.cfm?fuseaction=page.display&topicID=294>.

³⁷European Science Foundation. Maximizing the Impact of Graphene Research in Science and Innovation (EuroGRAPHENE). <http://www.esf.org/index.php?id=5452>.

³⁸<http://www.people.com.cn/24hour/n/2013/0624/c25408-21942354.html>

³⁹http://www.cnsb.cn/html/news/907/show_907699.html

⁴⁰DFG. http://www.dfg.de/aktuelles_presse/information_fuer_die_wissenschaft/schwerpunktprogramme/info_wissenschaft_47_09.html

研究（如声子和电子传输、量子传输、弹道输运、自旋运输）、新型装置示范（如场效应器件、等离子器件、单电子晶体管）以及石墨烯的理论研究（如石墨烯电子和原子结构、电子声子运输、自旋、石墨烯机械和振动性能、纳米结构、器件模拟）等。2010 年 DFG 启动了优先研究项目——石墨烯（SPP1459）⁴¹，包括 38 个研究项目，前 3 年预算经费为 1060 万欧元⁴²。

2011 年英国在《促进增长的创新与研究战略》中将石墨烯确定为今后重点发展的四项新兴技术之一，并宣布将投入 5000 万英镑支持石墨烯研发和商业化应用研究。同时，英国工程和自然科学研究委员会、英国技术战略委员会将投入约 1000 万英镑，建立一个以新兴技术探索和市场开发为核心的创新中心，致力于开发、应用、探索新的石墨烯技术，以真正实现石墨烯在商业上的应用。2012 年 12 月，英国政府又追加 2150 万英镑资助石墨烯的商业化探索研究。在该笔投资中，剑桥大学获得了 1200 多万英镑的资助，用于研究石墨烯灵活的电子和光电子应用，包括触摸屏等。帝国理工大学获得了 450 多万英镑的资助，用于设备和工程研究，石墨烯的这些性质可用于多功能涂层、纤维复合材料和三维网络等。剑桥大学的 Clare Gray 教授和曼彻斯特大学的 Robert Dryfe 教授正在探索石墨烯在能源存储应用方面的潜在用途：超级电容器和电池。宝洁和 Dyson 公司将和杜伦大学的 Karl Coleman 教授合作，探索石墨烯复合材料特别是最细、最强材料的潜在应用领域⁴³。

2013 年 6 月英国剑桥大学石墨烯研究中心和塑料逻辑公司（Plastic Logic）签署战略合作协议，建立产业和学术研究联合项目，促进石墨烯在柔性塑料电子产品中的商业应用。塑料逻辑公司向石墨烯研究中心捐赠了大型沉积设备，为加速发展石墨烯的生产规模提供保障。这项研究计划目前包括以下三个主要项目：（1）为塑料背板开发一种透明的高电导率石墨烯层，以推动不易碎液晶显示器和柔性有机发光二极管显示器的发展，美国经济咨询公司环球通视（IHS）于 2013 年预测其市场价值在 2020 年将达到 400 亿美元；（2）开发用石墨烯类材料作有源层的新颖晶体管，为目前可获得的塑料电子产品的性能带来阶跃性的变化，同时保持极限的器件柔性；（3）提升塑料逻辑公司在塑料电子产品的产业化和批量生产方面的能力，实现用于柔性电子产品的石墨烯的商业化，比如说开发柔性塑料传感器新市场中的关键高价值部分，国际市场研究机构 IDTechEx 于 2011 年预测其总体市场价值在 2020 年将达到 22 亿美元⁴⁴。

2.2.3 日本

日本科学技术振兴机构（JST）2007 年就开始了对石墨烯/硅材料及器件技术的开发项目（Development of Graphene-on-Silicon Material/Device Technologies）的资助。该项目的负责机构为日本东北大学。该项目主要是开发“石墨烯/硅材料”工艺技术，并在此基础上开发先进的辅助开关器件和等离子共振赫兹器件（plasmonresonant terahertz devices, PRGOS）。这项研究将能实现电荷传输无时间（carrier-transit-time-free）、超高速、大规模集成的器件技术。JST 和产业综合

⁴¹European Commission. http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/graphene-2020-workshop-agenda_en.html

⁴²DFG. SPP 1459 Graphene Projects. <http://www.spp1459.uni-erlangen.de/about-spp-1459/projects.shtml>.

⁴³http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201302/t20130204_99496.htm

⁴⁴科学研究动态监测快报 2013.7.15 第 14 期（总第 164 期）第 8 页

技术研究所对绝缘体基板表面石墨烯吸附机理项目进行资助⁴⁵。

经济产业省 2011 年实施的低碳社会实现之超轻、高轻度创新融合材料项目，重点支持了碳纳米管和石墨烯的批量合成技术⁴⁶，研究期间为 2011 年-2016 年，研究经费为 9 亿日元。

日本东北大学石墨烯合成项目组制定了详细研究计划（2013-2017），通过 2012 年前期的努力，在对 CNT 合成技术、GO/CMG 合成技术、CVD 合成技术、以及精密 G 原子层化反应的深入研究基础上，争取到 2014 年可以开始提供样品，到 2017 年可以设计出产品制造设备⁴⁷。

2.2.4 韩国

近年来，韩国政府积极支持本国科研机构和公司开展石墨烯技术研发及商业化应用研究。2007 至 2009 年间，韩国教育科学技术部等部门累计资助了 90 项相关研究项目，经费达到 1870 万美元。2012 至 2018 年间，韩国原知识经济部预计将向石墨烯领域提供 2.5 亿美元的资助，其中 1.24 亿美元用于石墨烯技术研发，1.26 亿美元用于石墨烯商业化应用研究⁴⁸。

2013 年，韩国产业通商资源部（MOTIE）宣布，将整合韩国国内研究机构与企业力量以协助企业将石墨烯的应用产品与相关技术商业化，并计划在未来 6 年 4230 万美元，2013 年下半年将投入 360 万美元。包括韩国科学技术院在内的 41 家研究机构将与 6 家企业形成石墨烯联盟，在聚焦领域由特定的企业或研究机构牵头完成相关项目，如三星（触摸面板）、韩国电子通信研究院（OLED 面板）、SANGBO（复合薄膜）、CHANGSUNG（电磁屏蔽涂层）和浦项制铁（防腐涂层）等。韩国政府希望借此打造每年 17 万亿韩元（约合 153 亿美元）市场，创造 3.4 万个就业机会，并形成 25 家全球领先企业⁴⁹。

2.2.5 中国

目前，我国在石墨烯基础研究方面已经十分突出。据悉，截至 2012 年年底，我国发表的石墨烯论文数量已经超过美国，名列世界首位，专利数量也仅次于美国。英国科技策略机构剑桥知识产权公司(Cambridge IP)的数据显示，截至 2012 年底前英国企业和院校的石墨烯相关专利共有 54 个，中国的相关专利数量是其 40 倍，美国是其 30 倍⁵⁰。

2007-2013 年间，中国国家自然科学基金会（NSFC）关于石墨烯的资助项目有 1096 项。主要集中于 2010-2013 年，重点项目包括：可见光响应的新型石墨烯-TMDs 基纳米复合材料光催化处理水体中难降解有机污染物的机理研究，项目研发经费 83 万，研究周期为 2014 年 1 月至 2017 年 12 月；新型碳基复合材料，研发项目经费 100 万，研发周期为 2014 年 1 月至 2016 年 12 月；钛酸锂/石墨烯负极材料的可控合成及其电化学性能研究，项目研发经费 83 万，研发周期为 2014 年 1 月至 2017 年 12 月；高效石墨烯/半导体纳米结构异质结光伏电池的研究，

⁴⁵JST. 絶縁体基板表面へのグラフェンの吸着機構を理論的に解明（ポストシリコンに向けての一步）. <http://www.jst.go.jp/pr/announce/20111207/index.html>.

⁴⁶METI. <http://www.meti.go.jp/information/downloadfiles/c110301a02j.pdf>

⁴⁷<http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/innovation/nanowg/7kai/siry03-1-4.pdf>

⁴⁸<http://www.escn.com.cn/2013/0625/886258.html>

⁴⁹http://www.news365.com.cn/xwzx/gd/201306/t20130607_1215079.html

⁵⁰http://www.eeworld.com.cn/xfdz/2013/0828/article_25135.html

研究经费 80 万，研发周期为 2014 年 1 月至 2017 年 12 月等⁵¹。

2013 年 7 月，在中国产学研合作促进会的支持下，由清华大学、中科院金属研究所、南京科学纳米技术有限公司、中科院宁波材料技术与工程研究所、北京现代华清材料科技发展中心等单位发起成立中国石墨烯产业技术创新战略联盟。目前中国石墨烯产业技术创新战略联盟已陆续在无锡、青岛、深圳和宁波建立 4 个产业创新基地。该联盟的成立，对提升我国石墨烯产品在全球的整体竞争力将起到重要的推动作用⁵²。

⁵¹<http://isisn.nsfc.gov.cn/egrantweb/>

⁵²<http://news.hexun.com/2013-07-22/156371638.html>

3、石墨烯技术整体专利态势分析

3.1 石墨烯技术国际专利申请态势

通过对 DII 专利数据库进行检索,共检索到石墨烯相关专利(族)4056 件⁵³。

我们知道,石墨烯相关研究已有较长时间,但一直被认为是假设性的结构,无法单独稳定存在。直至 2004 年,英国曼彻斯特大学的科学家安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫成功地在实验中从石墨分离出石墨烯,才证实它可以单独存在。两人也因在二维石墨烯材料研究中的开创性实验,共同获得了 2010 年诺贝尔物理学奖。

图 3-1-1 给出了石墨烯相关专利数量的年度(基于专利申请年)变化趋势。从图 3-1-1 可以看出,石墨烯相关专利的申请在上世纪末就已出现,但随后发展较为缓慢。直到 2006 年后,专利申请数量才开始出现实质性的大幅增长。特别是在安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫因对石墨烯的研究共同获得 2010 年诺贝尔物理学奖以后,全球石墨烯专利申请数量开始急剧增长⁵⁴,表明石墨烯相关专利技术进入快速发展轨道。

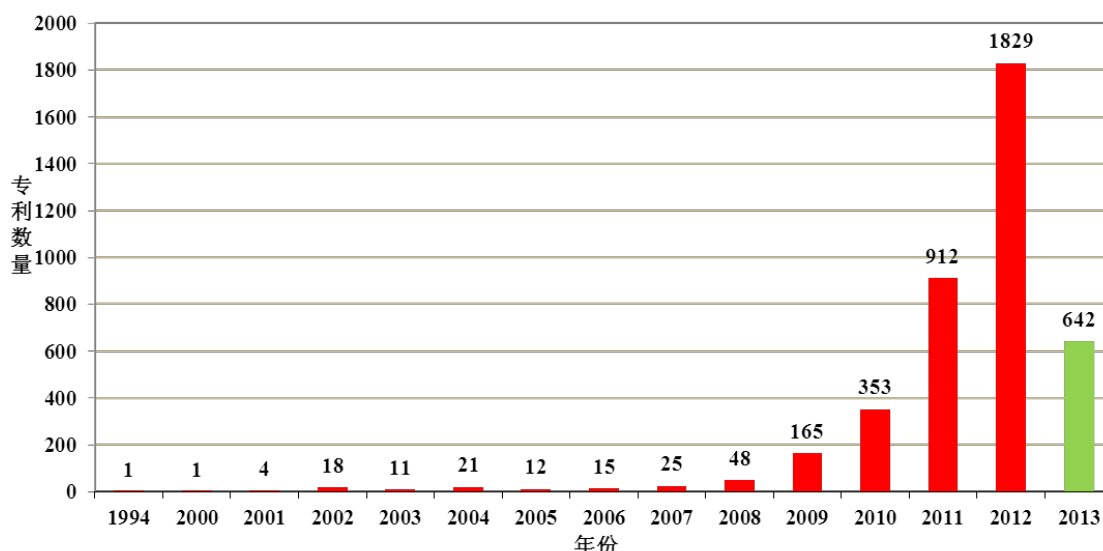


图3-1-1 石墨烯专利申请数量的年度分布

3.2 石墨烯专利技术生命周期分析

一种技术的生命周期通常由萌芽(产生)、成长(发展)、成熟、瓶颈(衰退)几个阶段构成(参见表 3-2-1)。通过分析一种技术的专利申请数量及专利申请人数的年度变化趋势,可以分析该技术处于生命周期的何种阶段,进而可为研发、生产、投资等提供决策参考。

⁵³ 数据检索日期为 2013 年 9 月 02 日。

⁵⁴ 由于专利从申请到公开到数据库收录,会有一定时间的延迟,图中近两年,特别是 2013 年的数据会大幅小于实际数据,仅供参考。所以,本文后面部分涉及年份的分析,如没有特殊说明,都是截至 2012 年。例如,“近 3 年”一般是选取“2010-2012”。

表3-2-1 技术生命周期主要阶段简介

阶段	阶段名称	代表意义
第一阶段	技术萌芽	社会投入意愿低，专利申请数量与专利权人数量都很少
第二阶段	技术成长	产业技术有了一定突破或厂商对于市场价值有了认知，竞相投入发展，专利申请数量与专利权人数量呈现快速上升
第三阶段	技术成熟	厂商投资于研发的资源不再扩张，且其他厂商进入此市场意愿低，专利申请数量与专利权人数量逐渐减缓或趋于平稳
第四阶段	技术瓶颈	相关产业已过于成熟，或产业技术研发遇到瓶颈难以有新的突破，专利申请数量与专利权人数量呈现负增长

基于石墨烯相关专利的历年申请数量和机构申请人数量，图 3-2-1 绘出了石墨烯相关专利技术的发展进程。结合文献调研和图 3-1-1，我们可以认为：2008 年之前为石墨烯相关专利技术的萌芽阶段；2009 年之后石墨烯相关专利技术开发进入快速成长阶段，并有望在 2013 年之后进入技术成熟阶段。目前，已有部分企业开始石墨烯技术的产业化开发。

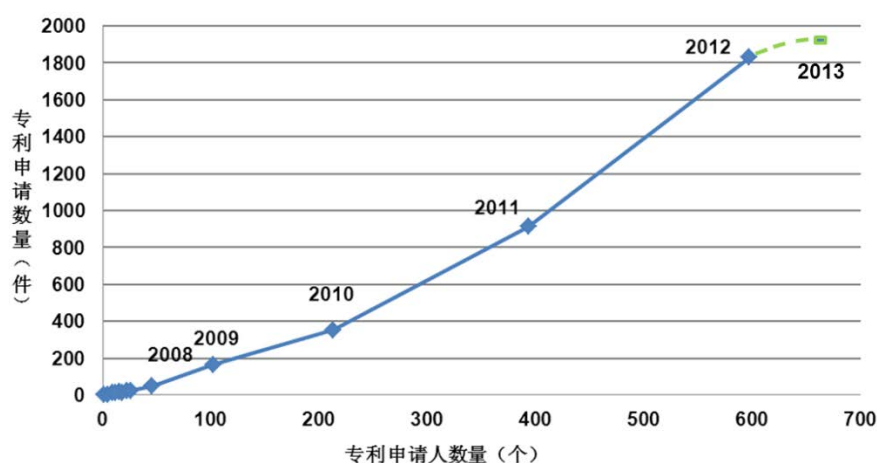


图3-2-1 石墨烯专利技术生命周期图

图 3-2-2、图 3-2-3 分别给出了石墨烯专利技术发明人及相关技术条目（基于 IPC 大组⁵⁵）的年度变化情况⁵⁶。从图 3-2-2 可以看出，从 2009 年开始，每年都有大量的新增发明人进入石墨烯相关技术领域；从图 3-2-3 可以看出，近年来，该领域每年都有大量的新技术条目涌现。这说明石墨烯相关技术正在处于技术成长阶段，全球相关技术研发投入在快速增长，推动石墨烯技术应用范围不断扩大。因此，结合图 3-2-1，可以预测，在未来几年中，全球石墨烯专利申请数量将会继续稳定增长态势。

⁵⁵ 国际专利分类号体系的等级结构为：部（1 位，字母）大类（2 位，数字）小类（1 位，字母）-大组（3 位，数字）/小组（2-3 位，数字），例如 A01B-063/10、A01B-063/111 等。

⁵⁶ 由于专利从申请到公开，到数据库收录，会有一定的时间延迟，图中近两年的数据会小于实际数据，仅供参考。

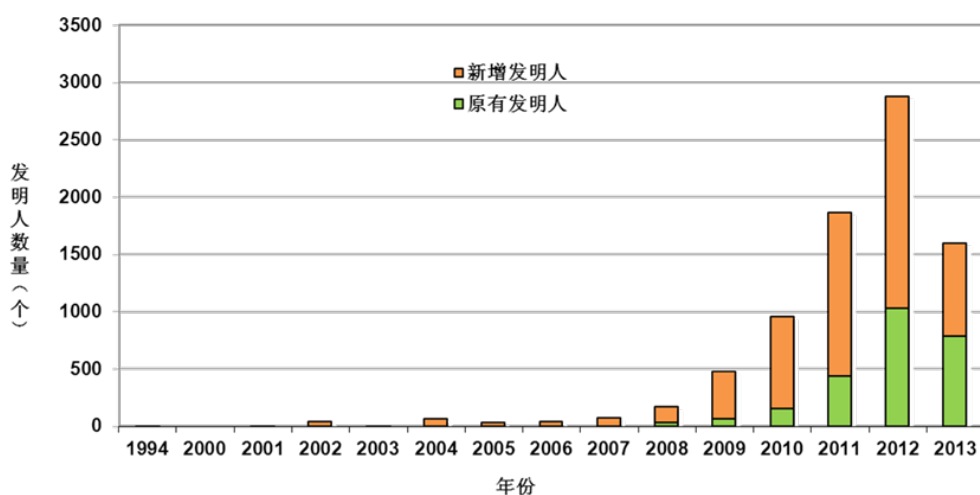


图3-2-2 石墨烯专利新发明人的时序分布

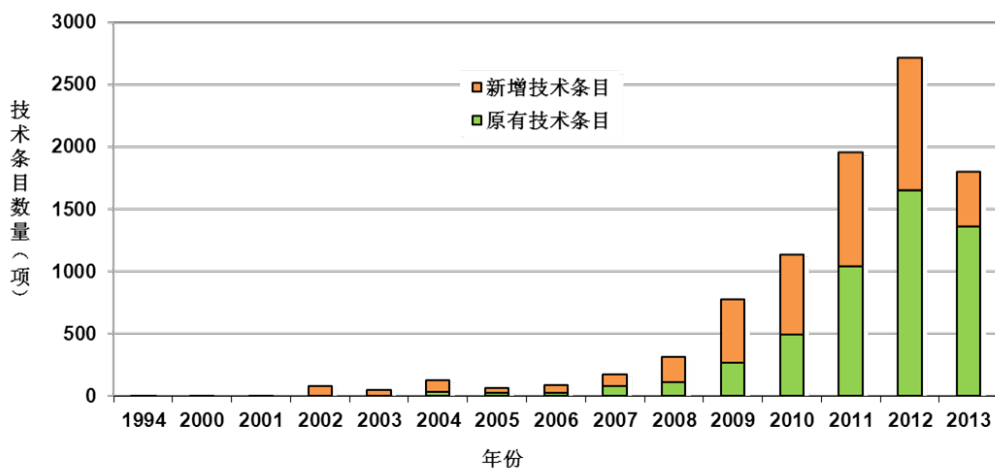


图3-2-3 石墨烯专利新技术条目的时序分布

3.3 石墨烯技术国际专利申请的技术布局

国际专利分类号（IPC）包含了专利的技术信息，通过对石墨烯相关专利进行基于 IPC 的统计分析，可以了解、分析石墨烯专利主要涉及的技术领域和技术重点等。

表 3-3-1 列出了石墨烯专利申请量前 25 位专利技术领域（基于 IPC 大组）及其申请情况。可以看出，石墨烯专利技术主要集中在以下几个方向：（1）石墨烯的制备，例如氧化还原法、化学气相沉积（CVD）等，主要分类号包括：C01B-031/04、C01B-031/02、C01B-031/00、B82Y40/00、B82Y30/00、C23C-016/26、H01L21/20 等；（2）石墨烯用于制备半导体器件、光电器件及场发射晶体管等，主要分类号包括：H01L-021/02、H01L-021/336、H01L-029/789、H01L-029/78 等；（3）用于制备石墨烯复合材料及薄膜等，主要分类号包括：H01M 4/62、B05D5/12；（4）石墨烯用于锂离子电池电极等，主要分类号包括：H01B1/24、H01M4/583 等。

表3-3-1 石墨烯专利申请量居前17位的技术领域及其申请情况

IPC 分类 (大组)	申请量 (件)	技术领域	涉及年份	近 3 ⁵⁷ 年 申请量占 总量百分 比
C01B31/04	775	石墨	2001 - 2013	78%
C01B31/02	631	碳的制备；纯化	2000 - 2013	77%
B82Y40/00	366	纳米结构的制造或处理	2006 - 2013	92%
B82Y30/00	342	用于材料和表面科学的纳米技术	2007 - 2013	90%
C01B31/00	322	碳；其化合物	2001 - 2013	25%
C08K3/04	219	碳	2002 - 2013	79%
B82B3/00	212	通过操纵单个原子、分子或作为孤立单元的极少量原子或分子的集合的纳米结构的制造或处理	2002 - 2013	74%
H01B1/04	174	主要由碳硅化合物、碳或硅组成的	2004 - 2013	81%
C23C16/26	153	仅沉积碳	2001 - 2013	89%
H01L21/02	140	半导体器件或其部件的制造或处理	2004 - 2013	36%
H01L21/336	135	带有绝缘栅的	2007 - 2013	83%
B82Y99/00	126	本小类其他组中不包括的技术主题	2009 - 2013	96%
H01L29/786	125	薄膜晶体管	2002 - 2013	76%
B32B9/00	112	实质上由不包含在组 B32B 11/00 至 B32B 29/00 的特殊物质组成的层状产品	2002 - 2013	68%
H01L29/78	108	由绝缘栅产生场效应的	2002 - 2013	86%
H01G 9/042	102	以材料为特征的	2002 - 2013	93%
B82B 1/00	99	通过操纵单个原子、分子或作为孤立单元的极少量原子或分子的集合而形成的纳米结构	2002 - 2013	63%
H01L29/06	93	按其形状区分的；按各半导体区域的形状、相对尺寸或配置区分的	2002 - 2013	72%
H01M 4/62	87	在活性物质中非活性材料成分的选择，例如胶合剂、填料	2002 - 2013	84%
H01L21/20	84	半导体材料在基片上的沉积，例如外延生长	2007 - 2013	71%

⁵⁷ “近 3 年”指的是“2010-2012”，后同。

B05D5/12	83	获得具有特殊电性能的涂层	2004 - 2013	72%
H01L29/66	83	按半导体器件的类型区分的	2002 - 2013	45%
H01M4/583	80	碳质材料，例如石墨层间化合物或 CF_x	2007 - 2013	90%
H01B1/24	78	包含碳硅化合物、碳或硅的导电材料	2003 - 2013	59%
H01B13/00	75	制造导体或电缆制造的专用设备或方法	2009 - 2013	91%

利用 Aureka 平台的 Thememap 功能，对石墨烯专利技术的研发布局进行了分析（图 3-3-1）。可以看出，石墨烯专利的热点技术领域包括：（1）氧化石墨烯的制备；（2）石墨烯用作锂离子电池电极材料、太阳能电池电极材料等；（3）石墨烯用于制备薄膜晶体管；（4）石墨烯用于传感器；（5）石墨烯用于制作半导体器件；（6）石墨烯用于制备复合材料，例如复合催化剂等；（7）石墨烯用于制备透明显示触摸屏、透明电极等；（8）石墨烯用于结构材料；（9）制备石墨烯的装置等。



图3-3-1 石墨烯专利技术总体研发布局

3.4 石墨烯专利国家/地区分布分析

3.4.1 受理量国家/地区分布

图 3-4-1 给出了石墨烯相关专利受理数量排名前 10 位国家/地区（专利受理机构，基于同族专利国）的排名情况。可以看出，石墨烯相关专利受理数量最多的国家/地区依次是：中国、美国、韩国、日本、欧专局、德国、法国、俄罗斯、中国台湾。而这些国家地区也是石墨烯相关专利的主要申请国家。尤其是中国，其专利受理数量大幅领先于随后其他各国家/地区。

图 3-4-2 给出了石墨烯相关专利受理量居前 10 位国家/地区（基于同族专利国）的专利数量的年度分布情况。结合图 3-4-1 可以看出，近年来，通过世界知

识产权组织申请的专利数量呈现快速上升趋势。在检索到的 4056 件石墨烯专利族中，申请了 PCT 专利的有 623 件，即所有石墨烯专利中采用了 PCT 申请途径的占到了 15.4%，这也从一定程度上说明石墨烯专利技术的相关申请人正在积极进行全球布局⁵⁸。另外，美国、日本和韩国石墨烯相关专利受理起步很早，年度变化趋势与全球总体趋势基本一致，但近年来专利数量上升较慢。中国与韩国是石墨烯专利领域的后起之秀，特别是中国，受理的石墨烯相关专利基本上集中在近 3 年，在专利申请总量上已经远远超越美国和日本。

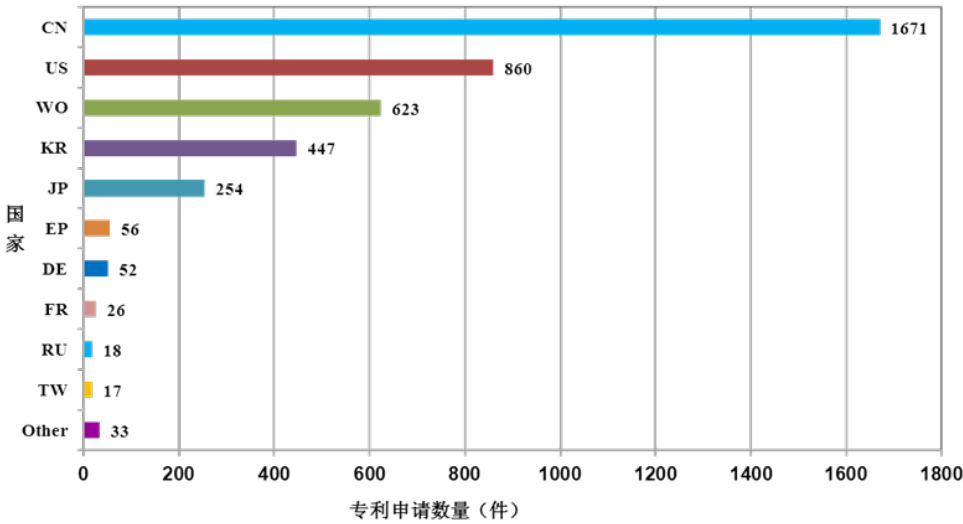


图3-4-1 石墨烯专利受理量居前10的国家/地区

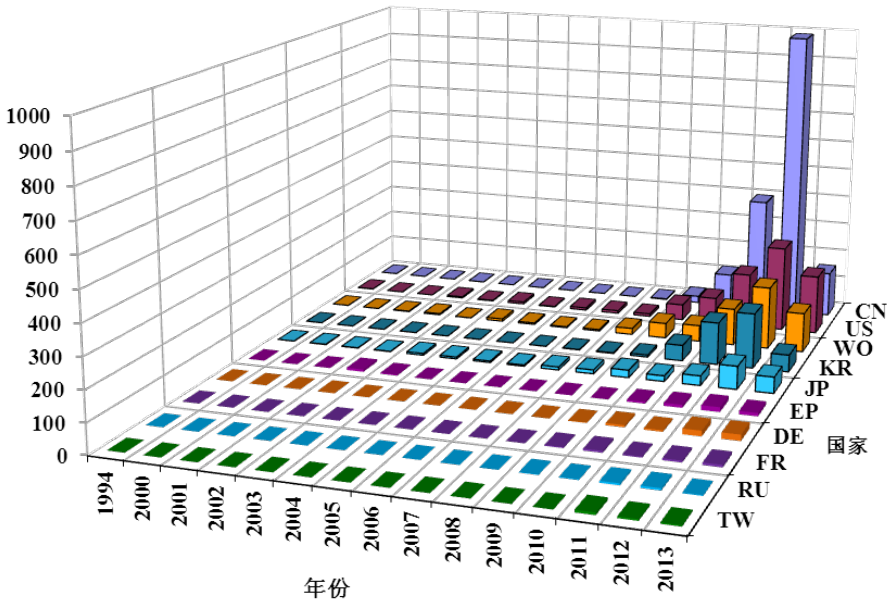


图3-4-2 石墨烯专利受理量居前10的国家/地区受理量年度分布

⁵⁸ 《专利合作条约》(Patent Cooperation Treaty, PCT) 是《巴黎公约》之下的一个有关国际专利申请的专门条约，目前已有 142 个成员国。PCT 专利申请量和拥有量是衡量一个国家/地区、企业自主创新能力和国际市场竞争力的重要指标，能够反映出一个国家或地区经济运行的质量和国际竞争力。因此，发达国家/地区和跨国公司都把 PCT 专利申请看作其知识产权体系下全球战略的重要组成部分。

3.4.2 主要国家/地区的技术布局

图 3-4-3、表 3-4-1 给出了石墨烯优先权专利数量多于 10 件的 9 个国家/地区（中国、美国、韩国、日本、欧专局、德国、法国、俄罗斯、中国台湾，基于优先权国）在石墨烯领域的技术布局情况（IPC 代码含义见表 3-3-1）。可以看出，主要国家/地区技术构成相似度较高，专利大都分布在 C01B 31/04、C01B 31/02、B82Y-040/00、B82Y-030/00、C01B 31/00、C08K 3/04、B82B 3/00、H01B 1/04 等领域，即石墨烯材料的制备以及半导体器件的开发等领域。具体来看，美国（1238 件）、中国（1072 件）、日本（324 件）和韩国（347 件）4 个最重要国家/地区的技术布局如下：

（1）美国主要集中在 C01B 31/04、C01B 31/02、B82Y-040/00、B82Y-030/00、C01B 31/00、C08K 3/04、B82B 3/00、H01B 1/04、C23C 16/26、H01L 21/02、H01L 21/336、B82Y-099/00、H01L 29/786、B32B 9/00、H01L 29/78、H01L 29/06 等领域。美国在石墨烯专利布局方面比较全面；

（2）中国主要集中在 C01B 31/04、C01B 31/02、B82Y-040/00、B82Y-030/00、C01B 31/00、C08K 3/04、C23C 16/26、H01G 9/042 等领域，即主要集中在石墨烯材料的制备及其在锂离子电池电极中的应用，并且申请数量远超其他国家，但是在制备半导体器件方面的专利相对较少；

（3）日本主要集中在 C01B 31/04、C01B 31/02、C01B 31/00、H01L 21/336、H01L 29/786、H01L 29/06 等领域。尤其是 B82B 3/00（薄膜晶体管）领域处于领先地位。

（4）韩国主要集中在 C01B 31/04、C01B 31/02、C01B 31/00、C08K 3/04、B82B 3/00、H01B 1/04、C23C 16/26、B82B 1/00 等领域，特别是在 B82B 3/00（纳米器件）领域的专利仅次于美国。同样，韩国在石墨烯制备方面的专利远低于美国和中国。

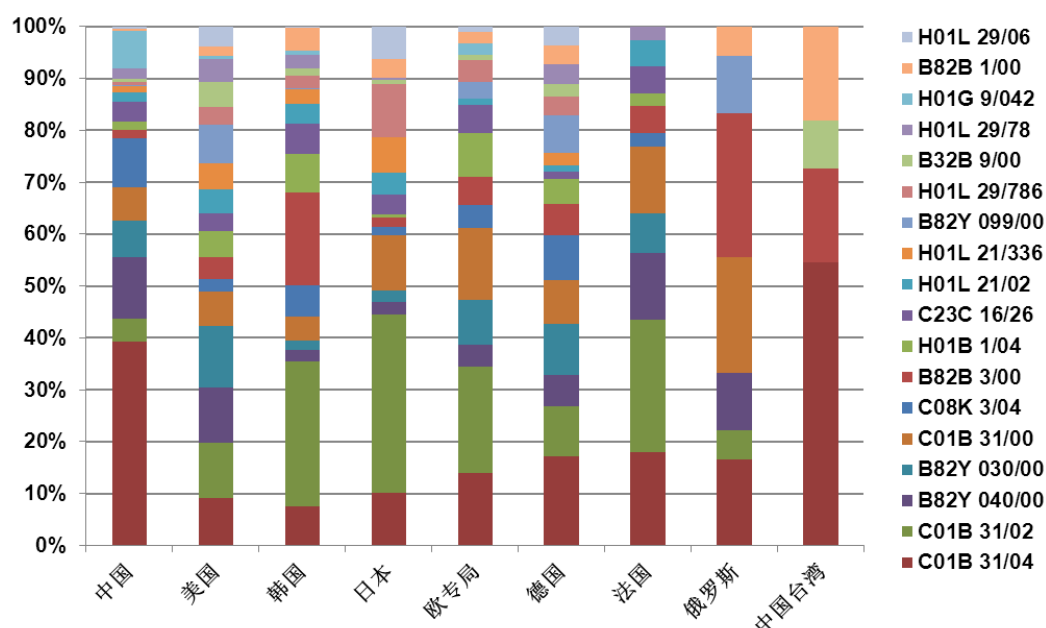


图3-4-3 主要国家/地区在石墨烯领域的技术布局

表3-4-1 主要国家/地区在石墨烯领域的技术布局

	中国	美国	韩国	日本	欧专局	德国	法国	俄罗斯	中国台湾
C01B 31/04	421	113	26	33	13	14	7	3	6
C01B 31/02	48	131	97	111	19	8	10	1	0
B82Y-040/00	127	133	8	8	4	5	5	2	0
B82Y-030/00	74	147	6	7	8	8	3	0	0
C01B 31/00	69	81	16	35	13	7	5	4	0
C08K 3/04	103	31	21	5	4	7	1	0	0
B82B 3/00	17	51	62	6	5	5	2	5	2
H01B 1/04	16	64	26	2	8	4	1	0	0
C23C 16/26	41	41	20	12	5	1	2	0	0
H01L 21/02	20	58	13	14	1	1	2	0	0
H01L 21/336	12	62	10	22	0	2	0	0	0
B82Y-099/00	3	93	1	0	3	6	0	2	0
H01L 29/786	6	42	8	33	4	3	0	0	0
B32B 9/00	7	58	5	3	1	2	0	0	1
H01L 29/78	21	55	9	1	0	3	1	0	0
H01G 9/042	79	8	3	0	2	0	0	0	0
B82B 1/00	4	23	15	12	2	3	0	1	2
H01L 29/06	4	47	1	20	1	3	0	0	0

3.5 石墨烯专利申请人分析

3.5.1 专利申请人概况分析

图 3-5-1 给出了石墨烯专利技术不同级别的专利申请人的数量及其专利持有量的分布情况。从图中可以看出，专利申请量在>20 件、6-20 件、2-5 件、1 件范围的专利申请人的数量及所占比例分别为 35 个（3%）、122 个（11%）、310 个（28%）、652 个（58%），他们的专利持有量所占比例分别为 35%、30%、20%、15%。这说明石墨烯相关技术开始进入技术成熟期阶段，少数大型机构在石墨烯专利技术的申请的数量方面开始逐渐具有明显优势。

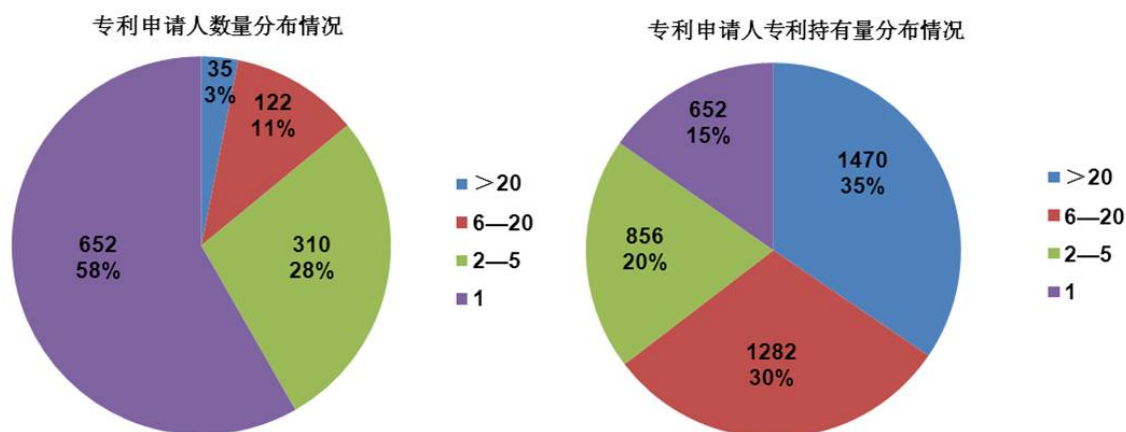


图3-5-1 石墨烯专利申请人数量及其专利持有数量分布

从全球石墨烯专利申请人的类型构成（见图 3-5-2，专利申请数量 ≥ 2 ）来看，企业在所有专利申请人中所占比例仅为 41%，大学、个人、研究机构申请人分别占到了 35%、8%、15%。而在一个相对成熟的行业或技术领域，企业专利一般占专利总量的 80%左右，这也表明石墨烯仍是一个新兴的技术领域。从石墨烯专利申请人专利持有量来看，个人申请人持有的专利数量仅有 4%，在所有专利申请人中所占比例最低，大学和研究机构所占比例分别为 42%和 17%，公司所占比例为 37%，这表明石墨烯技术正在逐渐向商业化应用方向发展。

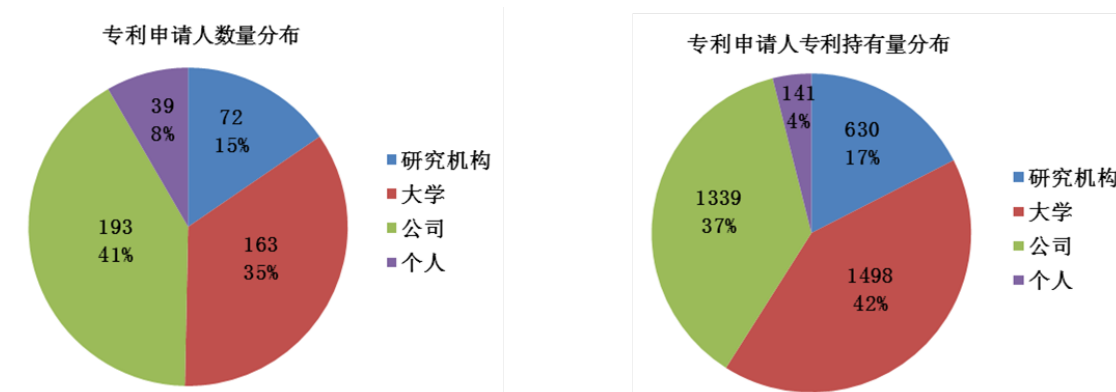


图3-5-2 石墨烯专利申请人类型构成

3.5.2 重要专利申请人

图 3-5-3 给出了专利申请数量不少于 20 件的前 39 个申请人，其中 3 个申请人来自美国，分别是美国 IBM 公司、美国沃尔贝克材料公司和加利福尼亚大学；5 家来自日本，分别是日本半导体能源实验室、富士通公司、日本东芝公司和日本积水化学株式会社；8 家来自韩国，分别是韩国三星、韩国高级科技学院、韩国成均馆大学、韩国首尔大学、韩国电子通信研究院、UNIST 研究院、韩国延世大学和韩国 LG 伊诺特；1 家来自瑞典（诺基亚公司）；来自中国的申请人数量占比最高，多达 23 个申请人，其中 3 家是公司，分别为海洋王照明科技有限公

司、鸿海精密仪器有限公司和常州碳元技术有限公司，其余 20 个申请人主要是高校和中国科学院，分别为浙江大学、南京大学、北京化工大学、清华大学、上海交通大学、天津大学、东南大学、西安电子科技大学、北京大学、上海大学、成都电子科技大学、哈尔滨工业大学、东华大学、复旦大学、湖南大学、常州大学、中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所、中科院化学研究所、中国科学院宁波材料技术与工程研究所和中科院上海硅酸盐研究所。

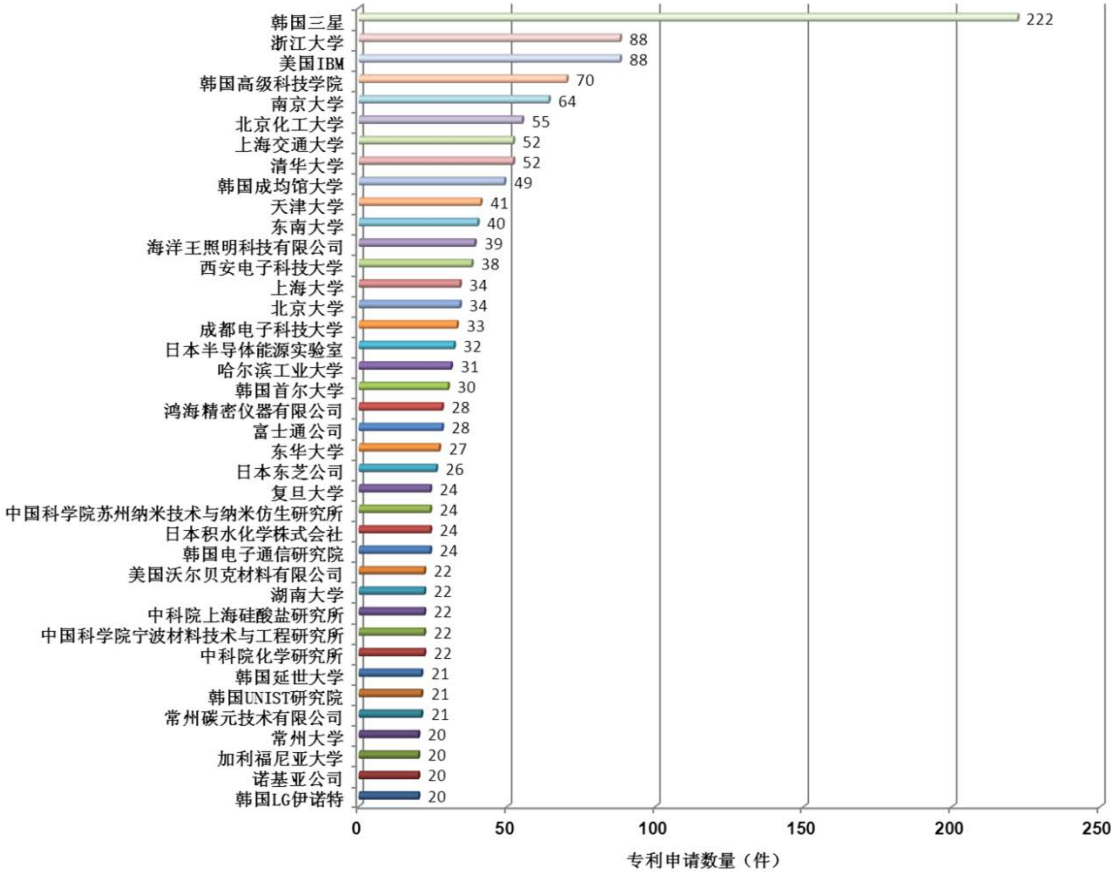


图3-5-3 石墨烯技术重要专利申请人

3.5.3 重要专利申请人合作关系

图 3-5-4 和表 3-5-1 给出了石墨烯技术前 60 个申请人之间的合作申请关系。目前，专利申请人之间的合作主要集中在：（1）韩国三星（SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD）和韩国高级科技学院（KOREA ADV INST SCI&TECHNOLOGY）、汉阳大学产学合作基金会（UNIV HANYANG IUCF-HYU）、韩国延世大学（UNIV YONSEI IND ACADEMIC COOP FOUND）、韩国成均馆大学（UNIV SUNGKYUNKWAN FOUND CORP COLLABORATI）和韩国首尔大学（SNU R&DB FOUND）之间。此外，除与三星之间有合作关系外，韩国延世大学（UNIV YONSEI IND ACADEMIC COOP FOUND）还分别与梨花学堂学术工业基金（UNIV EWha IND COLLABORATION FOUND）有 2 件合作专利，与岭南大学学术工业基金（UNIV YEUNG NAM IND ACADEMIC COOP FOUND）有 1 件合作专利；韩国成均馆大学（UNIV SUNGKYUNKWAN

FOUND CORP COLLABORATI) 与格雷菲尼北京科技有限公司 (GRAPHENE BEIJING TECHNOLOGY CO LTD) 有 4 件合作专利, 与成均馆大学产研合作基金 (UNIV RES&BUSINESS FOUND SUNGKYUNKWAN) 有 1 件合作专利, 与 ELPINANOYEONGUSO CO LTD 有 1 件合作专利; 韩国首尔大学 (SNU R&DB FOUND) 与首尔大学学术工业合作基金 (UNIV SEOUL IND ACADEMIC COOP FOUND) 有 1 件合作关系。

(2) 法国自然科学研究中心 (CENT NAT RECH SCI) 与法国巴黎第六大学 (UNIV CURIE PARIS VI P&M)、法国原子能委员会 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE)、巴黎综合理工大学 (ECOLE POLYTECHNIQUE) 和 ECOLE POLYTECHNIQUE ETAB PUBLIC A CARACT 之间。

(3) 美国普林斯顿大学 (UNIV PRINCETON) 与美国巴特尔研究所 (BATTELLE MEMORIAL INST)、美国沃尔贝克材料有限公司 (VORBECK MATERIALS CORP) 之间; 两外除与美国普林斯顿大学有 1 件合作专利外, 美国沃尔贝克材料有限公司 (VORBECK MATERIALS CORP) 还与 KORDSA GLOBAL ENDUSTRIYEL IPLIK VE KORDB 美国科赛全球公司之间有 1 件合作专利。

(4) 韩国 LG 伊诺特 (LG INNOTEK CO LTD) 与 韩国 UNIST 研究院、KUMOH NAT INST TECHNOLOGY IND ACAD COOP 韩国金乌国立科技学院印第安纳学术合作组织和韩国 LS 电线株式会社 (LS CABLE&SYSTEM LTD) 之间; 另外, 除与韩国 LG 伊诺特 LG INNOTEK CO LTD 有 1 件合作专利外, UNIST 研究院还与 UNIV ULSAN FOUND IND COOP 之间有 1 件合作专利。

(5) 株式会社 G S I 科立思 (GSI CREOS CORP) 与英国克利斯有限公司 (COLITH CO LTD)、日本克塔适有限公司 (KOTASHI CO LTD) 和 SHINATACHINOMOI CO LTD 之间。

(6) 德克萨斯大学 (UNIV TEXAS SYSTEM) 与美国太阳能电池股份公司 (SOLARNO INC)、美国纳米技术仪器公司 (NANOCOMPOSITES INC)、德州仪器股份公司 (TEXAS INSTR INC)、美国格拉斐尔股份公司 (GRAPHEA INC) 之间。

(7) 韩国陶瓷科技能源研究所 (KOREA INST CERAMIC ENG&TECHNOLOGY) 与极东密封件有限公司 (KD SEAL TECH CO LTD)、地理环境科技有限公司 (GEO RIM TECH CO LTD) 之间。

(8) 清华大学与鸿海精密仪器有限公司之间; 南开大学与天津大学、北京化工大学之间。

总体来看, 石墨烯专利技术主要申请人之间的合作关系相对较少, 主要集中在韩国公司与高校以及美国公司与高校之间。中国申请人之间的合作关系比较重要的是清华大学与鸿海精密仪器有限公司之间, 一共有 14 件合作专利。

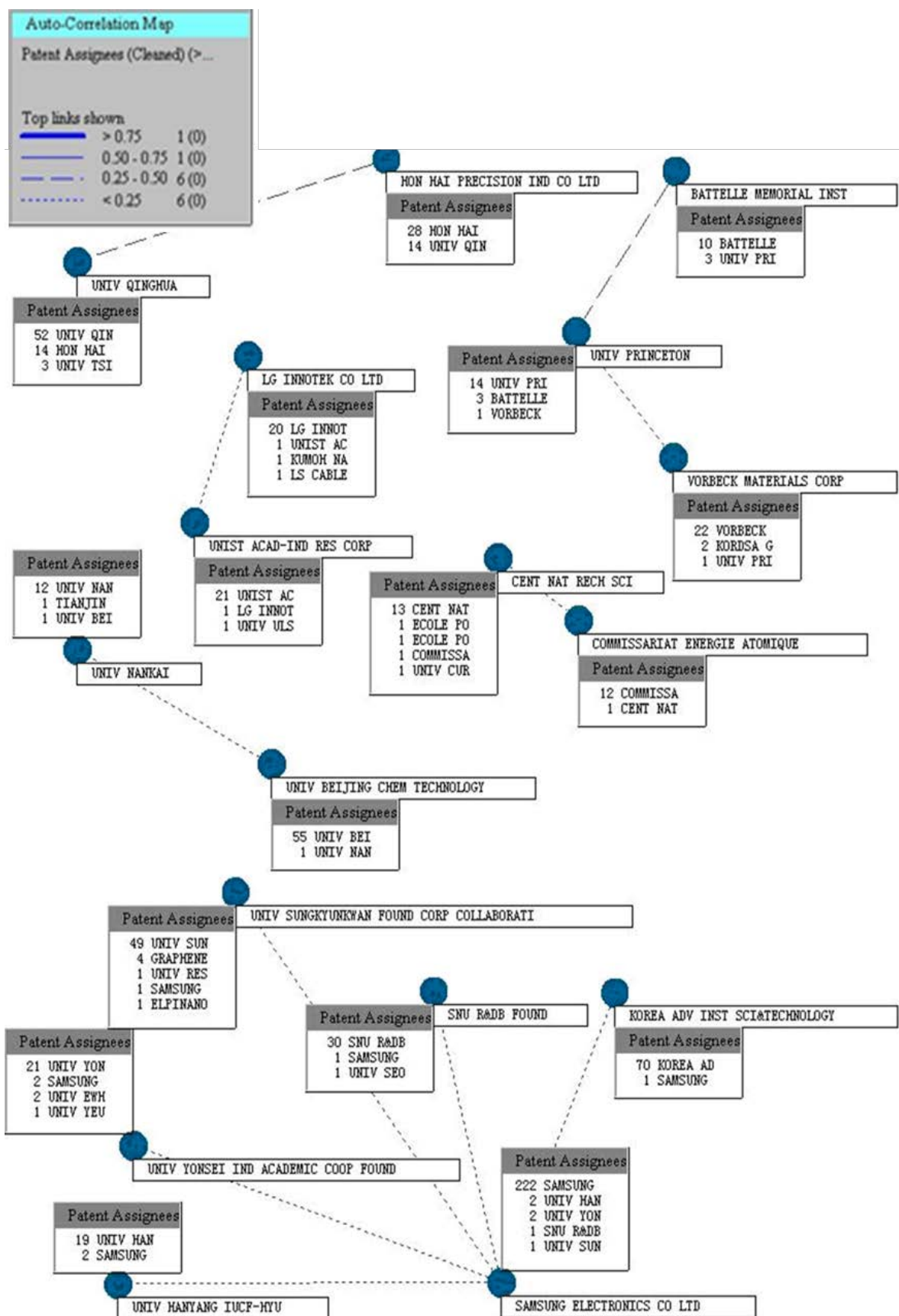
结合专利申请信息和文献资料调研, 可以发现, JANG B Z (Bor Z. Jang)、ZHAMU A (Aruna Zhamu)、GUO J (Jiusheng Guo) 均为美国纳米技术仪器公司的重要发明人。其中, Bor Z. Jang 和 Aruna Zhamu 是该公司的联合创始人。同时, Bor Z. Jang 也是美国莱特州立大学工程与计算机学院院长, 材料工程教授。Aruna

Zhamu 也是美国纳米技术仪器公司下属安格斯特朗材料股份有限公司 (Angstrom Materials, Inc.) 的总裁兼首席技术官。AKSAY I A (Ilhan A. Aksay) 则是美国普林斯顿大学的化学和生物工程学教授, 同时也是美国沃尔贝克材料公司 (VORBECK MATERIALS CORP) 的顾问及董事⁵⁹。该公司也是全球最重要的石墨烯商业化生产公司之一。

韩国机构在石墨烯技术研发方面的合作非常活跃, 其中比较重要的机构是韩国三星电子和韩国成均馆大学。韩国三星目前已经发表多项应用石墨烯的触摸面板和高速晶体管等研究成果, 并且计划于 2012 年推出配备有该石墨烯制触摸面板的便携终端。三星曾于 2010 年 6 月宣布与韩国成均馆大学 (Sungkyunkwan University) 共同制作出了 30 英寸 (对角线约 76cm) 的石墨烯片。这一消息令全球震惊。这是因为实现数十厘米对角线大小的石墨烯片一直是人们的梦想。此前制出的最大石墨烯片最大仅能达到对角线为数毫米至一厘米⁶⁰。

⁵⁹ <http://www.vorbeck.com/team.html>

⁶⁰ <http://china.nikkeibp.com.cn/news/nano/54851-20110118.html>



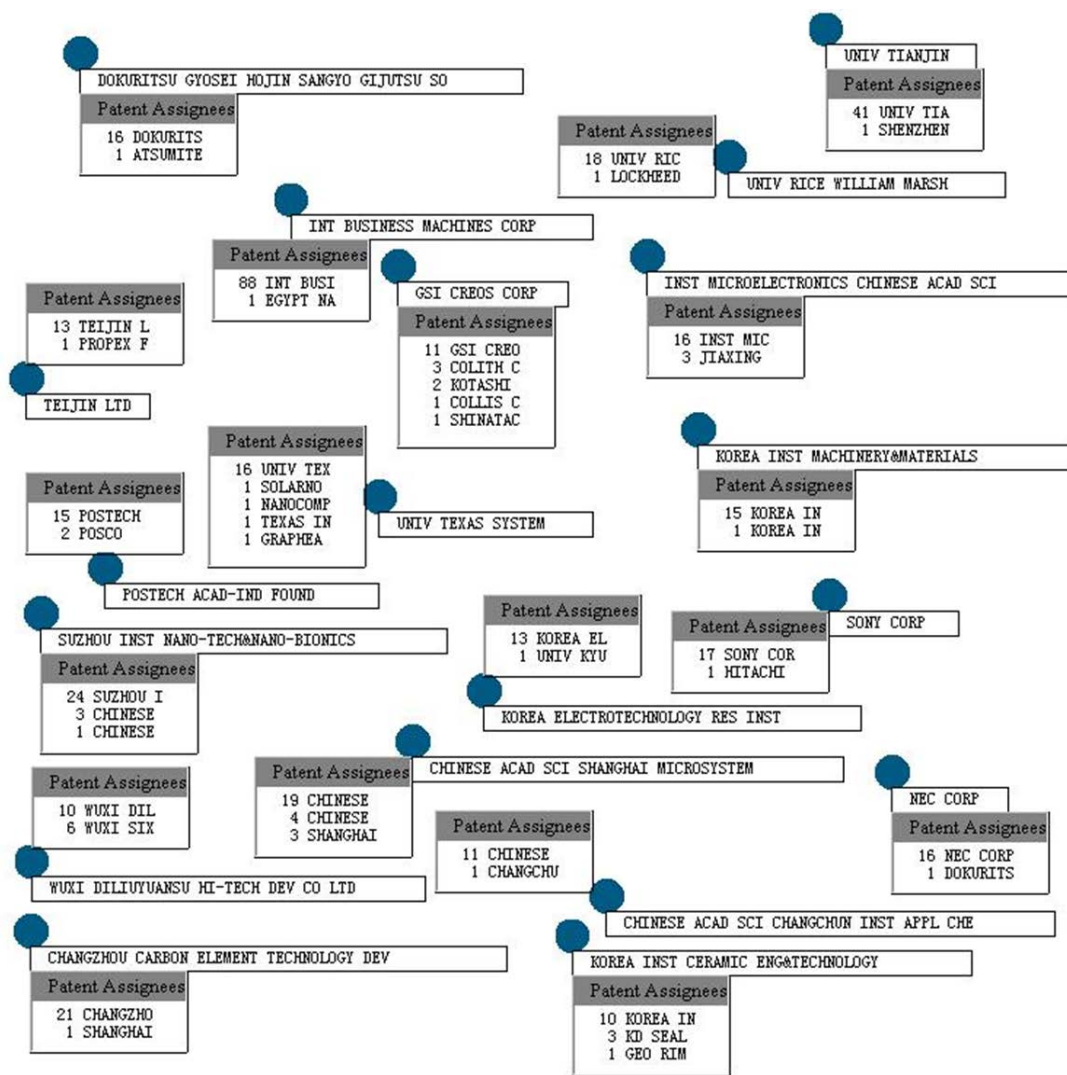


图3-5-4 石墨烯技术重要专利申请人合作申请关系

表3-5-1 石墨烯技术重要专利申请人合作申请关系

申请人	合 作 专 利 数	合 作 者 数 量	主要合作者及次数统计	合 作 次 数
			合作者	
韩国三星（222）	7	5	KOREA ADV INST SCI&TECHNOLOGY 韩国高级科技学院（70）	1
			UNIV HANYANG IUCF-HYU 汉阳大学产学合作基金会（19）	2

			UNIV YONSEI IND ACADEMIC COOP FOUND 韩国延世大学（21）	2
			UNIV SUNGKYUNKWAN FOUND CORP COLLABORATI 韩国 成均馆大学（49）	1
			SNU R&DB FOUND 韩国首尔大学（30）	1
法国自然科学研究中心（13）	4	4	UNIV CURIE PARIS VI P&M 法国巴黎第六大学（3）	1
			COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE 法国原子能委员会（12）	1
			ECOLE POLYTECHNIQUE 巴黎综合理工大学（2）	1
			ECOLE POLYTECHNIQUE ETAB PUBLIC A CARACT（1）	1
美国普林斯顿大学（14）	4	2	BATTELLE MEMORIAL INST 美国巴特尔研究所（10）	3
			VORBECK MATERIALS CORP 美国沃尔贝克材料有限公司（22）	1
韩国 LG 伊诺特（20）	2	2	UNIST ACAD-IND RES CORP UNIST 研究院（21）	1
			KUMOH NAT INST TECHNOLOGY IND ACAD COOP 韩国金乌 国立科技学院印第安纳学术合作组织（7）	1
			LS CABLE&SYSTEM LTD 韩国 LS 电线株式会社（1）	1
株式会社 G S I 科立思（11）	6	3	COLITH CO LTD 英国克利斯有限公司（3）	3
			KOTASHI CO LTD 日本克塔适有限公司（2）	2
			SHINATACHINOMOI CO LTD（1）	1
德克萨斯大学（16）	4	4	SOLARNO INC 美国太阳能电池股份公司（2）	1
			NANOCOMPOSITES INC 美国纳米技术仪器公司（1）	1
			TEXAS INSTR INC 德州仪器股份公司（5）	1
			GRAPHEA INC 美国格拉斐尔股份公司（3）	1
韩国陶瓷科技能源研究所（10）	4	2	KD SEAL TECH CO LTD 极东密封件有限公司（3）	3
			GEO RIM TECH CO LTD 地理环境科技有限公司（2）	1
清华大学（52）	2	17	鸿海精密仪器有限公司（28）	4

			清华大学（深圳）研究生院（3）	3
南开大学（12）	2	2	天津大学（41）	1
			北京化工大学（55）	1

3.5.4 重要专利申请人专利申请保护区域分布

表 3-5-1 给出了石墨烯重要专利申请人（申请数量大于 20 件）专利申请的保护区分布情况。可以看出，美国 IBM 公司、韩国三星公司、韩国高级科技学院、韩国成均馆大学、日本半导体能源实验室、韩国首尔大学、日本富士通公司、东芝公司、日本积水化学株式会社、美国沃尔贝克材料有限公司、诺基亚公司等公司不仅在专利申请数量上具有优势，而且在世界其他主要国家都对其石墨烯专利申请了专利保护。而我国机构虽然在专利申请数量上表现很好，但是基本上都以国内申请为主，除了中国鸿海精密仪器有限公司、清华大学、北京化工大学、浙江大学外，基本都没有对其石墨烯专利申请国外保护。

表3-5-1 重要专利申请人专利申请的保护区分布

	US	WO	CN	JP	KR	EP	DE	TW	GB	CA	IN
韩国三星	141	16	29	41	210	18	1	4			
美国 IBM	87	20	7	6	3	2	9	10	10	1	
浙江大学	1	1	88						1		
韩国高级科技学院	33	20	2	4	66	1					
南京大学			64								
北京化工大学		2	55								
清华大学		1	51	15				9			
上海交通大学		1	51								
韩国成均馆大学	18	14	1	2	49	2					
天津大学			41								
东南大学		3	40								
海洋王照明科技有限公司			39								
西安电子科技大学		1	38								
北京大学			34								

上海大学			34								
成都电子科技大学			33								
日本半导体能源实验室	27	10	8	28	7		1	7			
哈尔滨工业大学			31								
韩国首尔大学	6	7	2	2	30		2				
日本富士通公司	5	7	2	24		3					
中国鸿海精密仪器有限公司	19		16	13				15			
东华大学			27								
东芝公司	18	1	3	25	7			4			
韩国电子通信研究院	21		1		23						
日本积水化学株式会社	1	8	1	23	1	2		2			
中科院苏州纳米所			24								
复旦大学			24								
中科院化学所			22								
中科院宁波材料所			22								
中国科学院上海硅酸盐研究所			22								
湖南大学			22								
美国沃尔贝克材料有限公司	17	13	2	1	3	5					1
常州碳元技术有限公司		1	21								
韩国 UNIST 研究院	3	5	1		20	1					
韩国延世大学	5			1	21						
韩国 LG 伊诺特	2	8			18			1			
诺基亚公司	18	19	5		1	4	2	3	1	1	
加利福尼亚大学	15	8									
常州大学			20								

注：表中国家/地区代码对应如下，US-美国；WO-世界知识产权组织；CN-中国；JP-日本；KR-韩国；EP-欧专局；DE-德国；TW-中国台湾；CA-加拿大；FR-法国；IN-印度；GB-英国

3.6 小结

本章基于 DII 专利数据，对石墨烯技术整体专利态势进行了分析。通过本章的分析，可以看出：石墨烯相关专利的申请在上世纪末就已出现，但随后发展较为缓慢。直到 2006 年后，专利申请数量才开始出现实质性的大幅增长。特别是在安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫因对石墨烯的研究共同获得 2010 年诺贝尔物理学奖以后，全球石墨烯专利申请数量开始急剧增长。从石墨烯专利技术发明人及相关技术条目的年度变化情况来看，该领域每年都有大量新增发明人和新技术条目出现。这也进一步证实石墨烯正处于快速发展阶段。

从基于国际专利分类号和文本聚类的分析来看，目前石墨烯专利技术的热点主要集中在：（1）石墨烯的制备；（2）石墨烯用作锂离子电池电极材料、太阳能电池电极材料等；（3）石墨烯用于制备半导体器件；（4）石墨烯用于制备复合材料等；（5）石墨烯用于制备触摸屏、透明电极；（6）石墨烯用于传感器；（7）石墨烯用于结构材料。

目前，石墨烯相关专利受理数量最多的国家/地区依次是：中国、美国、韩国、日本、欧专局、德国、法国、俄罗斯、中国台湾。而这些国家地区也是石墨烯相关专利的主要申请国家。尤其是中国，其专利受理数量大幅领先于随后其他各国/地区。从专利保护区域分布来看，美国、日本、韩国等国家的重要申请人等不仅在专利申请数量上具有优势，而且在世界其他主要国家都对其石墨烯专利申请了专利保护。而我国机构虽然在专利申请数量上具有优势，但基本上以国内申请为主，很少对其石墨烯专利申请国外保护。

从石墨烯专利申请人的类型来看，企业在所有专利申请人中所占比例仅为 41%，大学、个人、研究机构申请人所占比例分别 35%、8%、15%。从重要专利申请人的国别分布情况来看，专利申请数量不少于 20 件的共有 39 个申请人，其中 3 个申请人来自美国，5 家来自日本，8 家来自韩国，1 家来自瑞典（诺基亚公司）；来自中国的申请人数量占比最高，多达 23 个。

从石墨烯重要专利申请人之间的合作关系来看，韩国机构之间的合作特别活跃，其中的主导机构则是韩国三星电子和韩国成均馆大学；美国机构之间的合作关系也相对较多，其中比较重要的机构是普林斯顿大学、沃尔贝克材料有限公司、美国纳米技术仪器公司等；中国比较重要的合作关系主要是清华大学与鸿海精密仪器有限公司之间。

4、石墨烯美国专利重点分析

在检索到的 4160 件专利(族)中,申请了美国专利的有 1835 件,约占 44.1%。凡是重视全球市场的企业,在规划其专利布局时,一般都会投入技术较为先进、市场需求较高的美国市场。同时,通过分析所检索到的 4160 件专利(族)的被引用情况,发现:已被引用专利(族)总计 756 件,其中申请了美国专利的有 452 件;被引次数在 5 次及以上的专利(族)总计 171 件,其中申请了美国专利的有 146 件。

本数据来源于德温特数据库,检索时间为 2013 年 9 月 24 日。本部分在前述总体态势分析的基础上,基于这些新检索的数据,从年度分布、来源国分布、重要申请人分布等方面,对石墨烯美国专利进行重点分析。

4.1 石墨烯美国专利年度申请趋势分析

图 4-1-1 给出了美国(基于申请年)石墨烯专利申请数量的年度分布情况。可以看出,虽然美国石墨烯专利的申请与受理始于上世纪 90 年代初,但是增长一直缓慢,直到 2008 年后,申请数量开始出现大幅增长,近 90%的专利申请都是集中在 2009 年以后。这与全球石墨烯专利申请数量的总体变化趋势是基本一致的,也进一步表明,石墨烯仍是一个相对较新的技术领域。

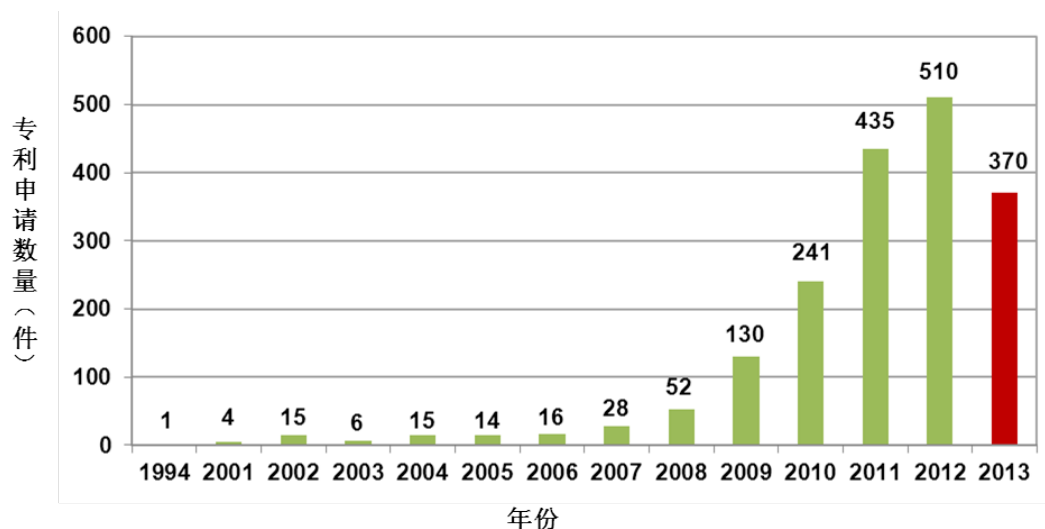


图4-1-1 USPTO受理的石墨烯专利数量的年度变化趋势

4.2 石墨烯美国专利申请来源国家/地区分析

从石墨烯美国专利申请的来源国家/地区(基于第一发明人国别)分布情况(见图 4-2-1)来看,在检索到的 1835 件石墨烯美国专利申请中,有 1234 件申请来自美国国内,占 67.2%;其余 601 件申请来自美国以外的其他国家地区,占 32.8%,主要来源于以下国家/地区:世界知识产权组织(467 件)、欧专局(51 件)、德国(35 件)、韩国(24 件)、法国(9 件)、中国(9 件)、日本(5 件)、西班牙(1 件)、英国(1 件)等。结合后续分析,可以看出,石墨烯各主要技术国家/地区目前都正积极地在美国进行着专利布局。

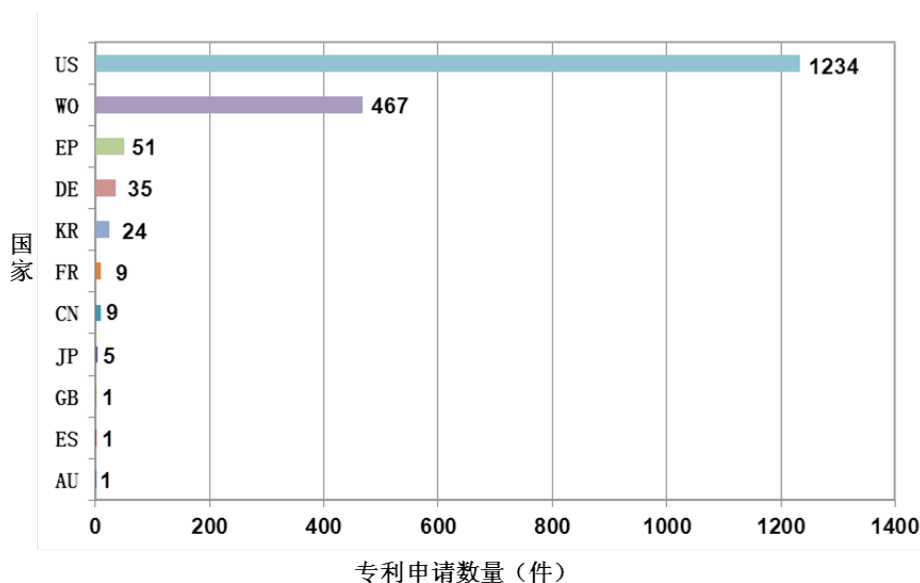


图4-2-1 石墨烯美国专利申请来源国家/地区构成

图 4-2-2 给出了各国家/地区在美国石墨烯专利申请数量的年度变化情况。可以看出，除了美国申请人外，其他国家地区则大都是在 2008 年才开始在美国申请石墨烯专利，且大部分都是通过世界知识产权组织进行申请。

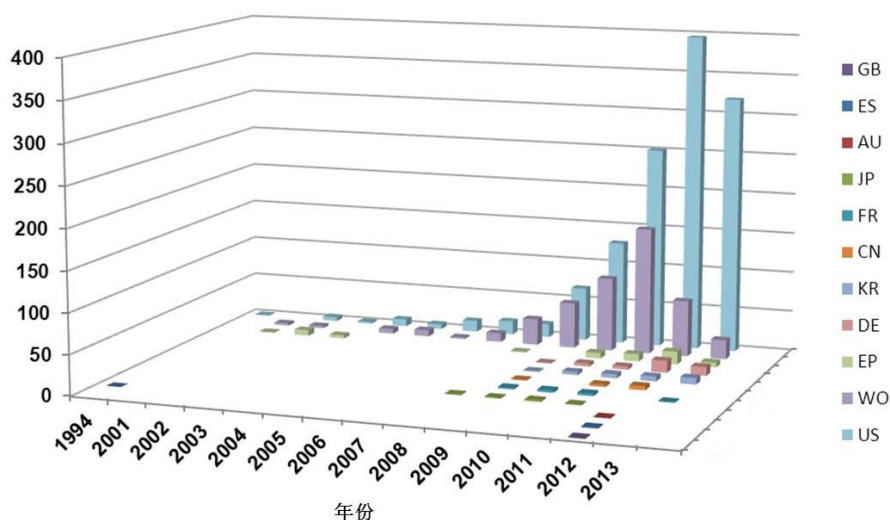


图4-2-2 主要国家/地区在美国石墨烯专利申请数量的年度分布

4.3 石墨烯美国专利重要申请人分析

图 4-3-1 给出了石墨烯美国专利申请数量较多的前 26 位专利申请人。可以看出，美国申请人和国外申请人数量基本上各占一半，其中有 1 个人是：ZHAMU A（美国纳米技术仪器公司的重要发明人）。外国机构有 12 个，分别是韩国的三星电子、韩国科学技术研究院、韩国电子通信研究院和成均馆大学；日本的日本半导体能源实验室、东芝公司和索尼公司；中国的鸿海精密仪器有限公司和清华大学；德国的拜耳公司和巴斯夫公司；芬兰的诺基亚公司。

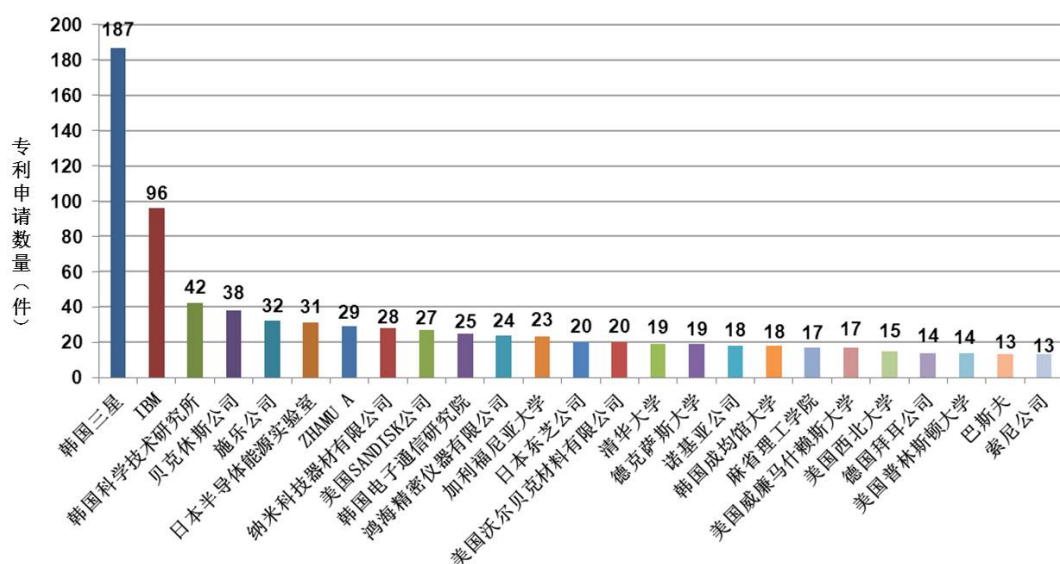


图4-3-1 石墨烯美国专利重要申请人

从前 26 位专利申请人的专利申请数量的年度变化情况（见图 4-3-2）来看，美国纳米科技器材有限公司和 IBM 是进入石墨烯技术领域较早的美国机构，其他机构主要是在 2007 年以后才开始在美国申请石墨烯专利的。但比较特殊的是德克萨斯大学、韩国成均馆大学、巴斯夫公司、德国拜耳公司、美国西北大学、美国威廉马什赖斯大学、美国沃尔贝克材料有限公司、加利福尼亚大学、美国 SANDISK 公司、纳米科技器材有限公司在 2012 年的专利申请数量较前一年有所下降，而韩国三星、IBM 和韩国科学技术研究所等机构的专利申请数量则保持持续增长。

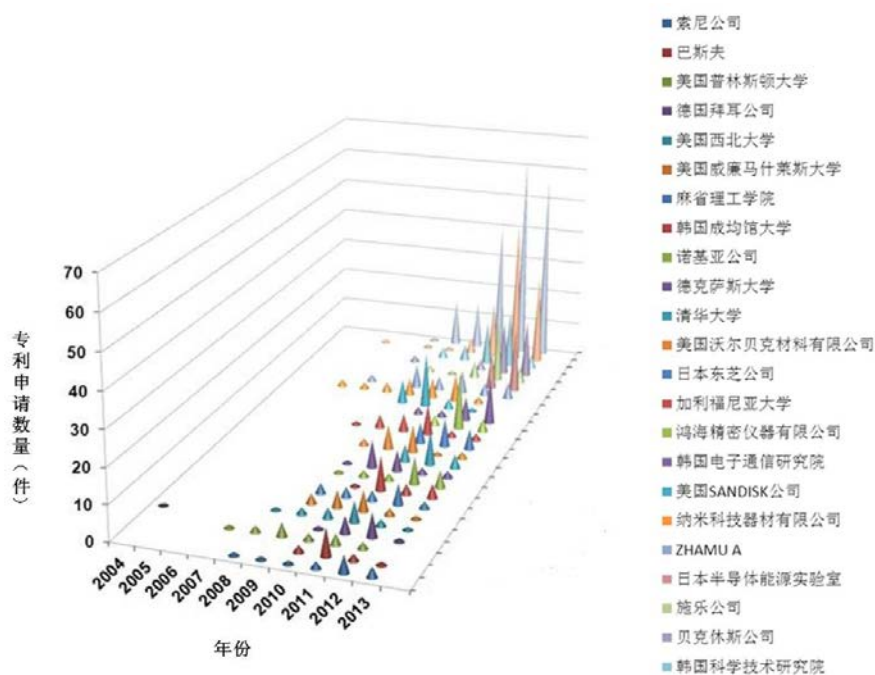


图4-3-2 石墨烯美国专利重要申请人申请数量的年度分布

4.4 重点专利技术追踪与演进分析

通过对从 DII 数据库中检索到的 1835 件美国专利的统计分析,综合考虑被引次数、申请保护区域、是否为 PCT 申请或三方专利以及对标题和摘要信息的判读,筛选出了 50 多件重点专利(专利列表详见“附录 2 重点专利收录表”)。通过对专利详细信息的进一步解读,从中选取了三件专利技术,利用 Aureka 和 Thomson Innovation 的引证分析功能,对它们进行技术追踪与演进分析,揭示它们的技术发展脉络和演进方向。

4.4.1 US7658901

US7658901 (Thermally exfoliated graphite oxide, US7658901-B2, 授权前公开号 US2007092432-A1) 是美国普林斯顿大学于 2005 年 10 月 14 日申请的一件专利,已于 2010 年 2 月 9 日取得 USPTO 的授权,Ilhan A. Aksay 教授是其发明人之一。该专利已经授权给美国国家自然科学基金会(NSF)和美国国家航空航天管理局(NASA)。该专利还通过 PCT (WO2007047084-A2) 途径在欧专局(EP1934139-A2)、印度(IN200802672-P1)、中国(CN101287679-A)、韩国(KR2008059571-A)、日本(JP2009511415-W)、加拿大(CA2623451-A1)和中国台湾(TW200732251-A)申请了保护。其中,在我国的申请目前仍处于实质审查阶段(公告日 2008 年 12 月 10 日),在日本的申请目前已经授权(JP5198272-B2,公告日 2013 年 5 月 15 日)。

该专利技术主要是关于热膨胀制备石墨烯方法及其应用。该专利技术首先将石墨浸渍到强氧化溶剂中得到氧化插层石墨,然后清洗、干燥、高温膨胀得到热剥离型石墨烯(表面积为 $300\text{m}^2/\text{g} \sim 2600\text{m}^2/\text{g}$)。

该专利主张保护的材料用途包括:高分子复合材料的填料、电池电极材料、柔性电极、超级电容器材料、贮氢材料、传感器、吸附材料、油墨、润滑剂、电磁屏蔽、吸油材料等。

该专利在多个国家地区申请了保护,本文选择其美国申请的公开公告文献(US2007092432-A1)和授权公告文献(US7658901-B2)用于专利技术追踪与演进分析。该专利申请引用了 13 件专利文献,7 件非专利文献。其中,US2007092432-A1 的被引频次为 67 次,US7658901-B2 的被引次数为 19 次(基于 Thomson Innovation 的数据,检索时间为 2013 年 9 月 24 日)。

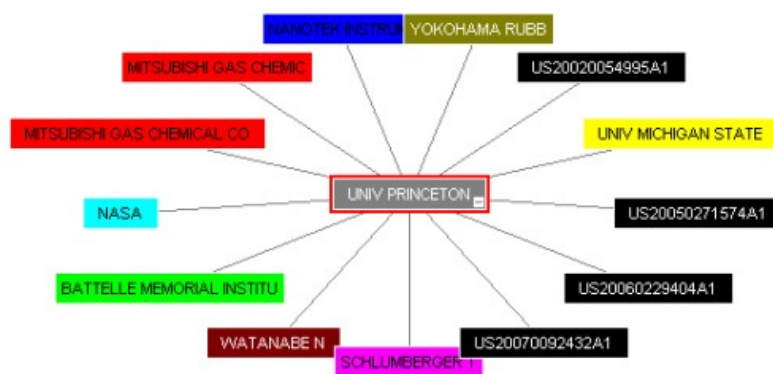


图 4-4-1 US7658901-B2 所引用的专利(技术追踪)

（1）技术追踪分析

图 4-4-1 是 US7658901-B2 的后引情况（基于专利申请人）。可以看出，该专利引用了美国纳米技术仪器公司、三菱瓦斯化学株式会社、NASA、巴特尔纪念研究所等机构的关于石墨烯制备、氟化石墨烯、吸油材料、改性橡胶、聚合物增强等方面的 13 件在先专利（详见表 4-4-1）。引用的 7 篇论文也主要是关于石墨烯制备和应用方面的。

表4-4-1 US7658901-B2引用的专利文献

专利文献号	专题名称	申请机构
US7071258B1	Nano-scaled graphene plates	美国纳米技术仪器公司
US6828015B2	Composite containing thin-film particles having carbon skeleton, method of reducing the thin-film particles, and process for the production of the composite	三菱瓦斯化学株式会社
US6596396B2	Thin-film-like particles having skeleton constructed by carbons and isolated films	三菱瓦斯化学株式会社
US5876687A	Elemental metals or oxides distributed on a carbon substrate or self-supported and the manufacturing process using graphite oxide as template	NASA
US4987175A	Enhancement of the mechanical properties by graphite flake addition	巴特尔纪念研究所
US4753786A	Method for producing graphite fluoride	WATANABE N
US20070142547A1	Polymeric Composites, Oilfield Elements Comprising Same, and Methods of Using Same in Oilfield Applications	斯伦贝谢公司
US20070092432A1	Thermally exfoliated graphite oxide	-
US20060229404A1	Pneumatic tire having a rubber component containing exfoliated graphite	-
US20050271574A1	Process for producing nano-scaled graphene plates	-
US20040127621A1	Expanded graphite and products produced therefrom	密歇根州立大学
US20020054995A1	Graphite platelet nanostructures	-
JP2006225473A	Rubber composition for tire and pneumatic tire using the same	横滨橡胶有限公司

（2）技术演进分析

图 4-4-2 是 US2007092432-A1 的前引情况（基于专利申请人）。图 4-4-3 是 US7658901-B2 的前引情况（基于专利申请人）。可以看出，普林斯顿大学在其后续专利中大量引用了这件专利，对该专利进行了大量的外围保护。此外，美国纳

米技术仪器公司、陶氏全球技术有限公司、沃尔贝克公司、密歇根大学、斯伦贝谢科技股份有限公司等机构在其专利中也引用了普林斯顿大学的这件专利。从专利的技术方案来看，后续施引专利的技术领域主要集中在石墨烯的制备、化学修饰、复合材料、传感器、润滑材料、导电油墨/墨水、聚合物增强、透明电极、太阳能电极、橡胶改性、锂离子电池等方面，因此该专利可视为石墨烯制备领域中的一件核心关键专利。

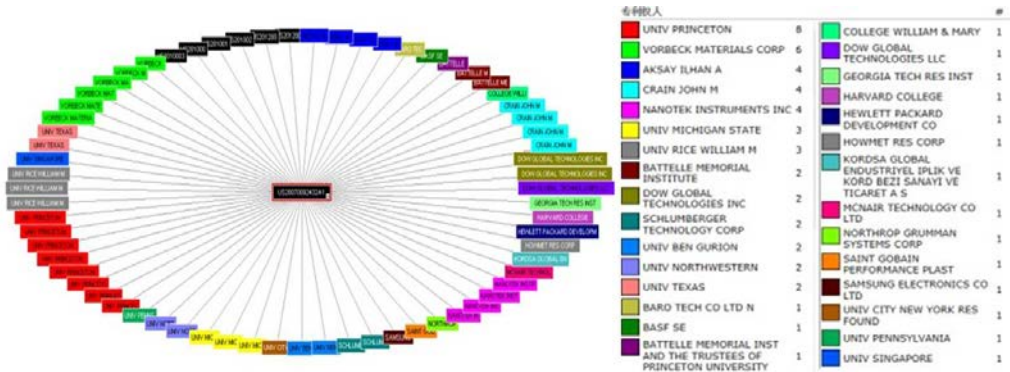


图4-4-2 引用US2007092432-A1的专利（技术演进）

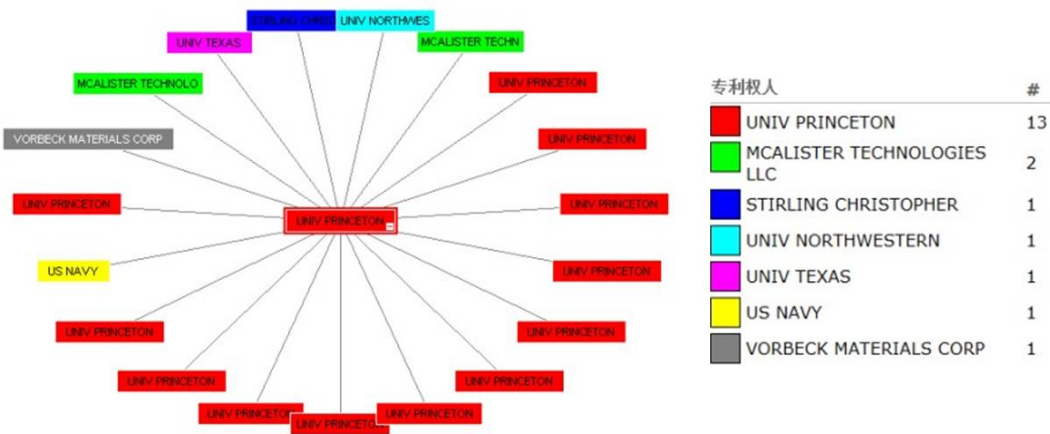


图4-4-3 引用US7658901-B2的专利（技术演进）

4.4.2 US2009110627-A1

US2009110627-A1（Graphene sheet and method of preparing the same）是韩国三星公司于2008年7月8日申请的一件专利，已于2011年8月2日取得USPTO的授权（US7988941-B2），发明人：CHOI JSHIN H、YOON S、CHOI J Y、SHIN H J、YOON S M。该专利还在中国（CN101423209-A）、韩国（KR2009043418-A）、日本（JP2009107921-A）、德国（EP2055673-A1）申请了保护。其中，在韩国的申请目前已经授权（KR923304-B1，公告日2009年10月23日）。

该专利技术主要是关于化学气象沉积（CVD）制备大尺寸石墨烯的方法。该专利技术方案如下：首先将沉积一层催化剂金属膜（镍、铜、钴、铁等）的硅基底放置在一个腔室中，然后通入一氧化碳、乙烯或乙炔等气体，在热处理条件

下催化剂表面会生长石墨烯片，自然冷却后，将该基板在盐酸中浸渍除去催化剂膜从而将石墨烯片与基片分离开。

该专利在多个国家地区申请了保护，本文选择其美国申请的公开公告文献（US2009110627-A1）用于专利技术追踪与演进分析。该专利申请引用了 7 件专利文献，6 件非专利文献。被引频次为 28 次（基于 Thomson Innovation 的数据，检索时间为 2013 年 9 月 24 日）。

(1) 技术追踪分析

图 4-4-4 是 US2009110627-A1 的后引情况（基于专利申请人）。可以看出，该专利引用了加州大学、佳能公司、催化材料有限责任公司、PETOCA 公司等机构的关于碳纳米管制备、碳纤维制备、纳米石墨片制备等方面的 7 件在先专利（详见表 4-4-2）。引用的 6 篇论文也主要是关于碳纳米管制备、纳米石墨片制备方面的。

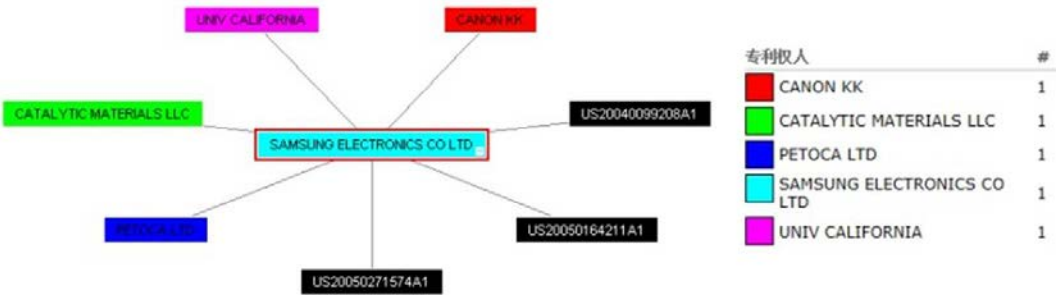


图4-4-4 US2009110627-A1所引用的专利（技术追踪）

表4-4-2 US2009110627-A1引用的专利文献

专利文献号	专题名称	申请机构
WO20060939892A2	Preparation of graphitic articles	加州大学
JP2003081699A	Method and apparatus for manufacturing fiber essentially consisting of carbon and electron releasing element using this fiber	佳能公司
US20050271574A1	Process for producing nano-scaled graphene plates	-
US6800584B2	Gold catalysts supported on graphitic carbon nanostructures	催化材料有限责任公司
US20040099208A1	Method for forming carbon nanotubes	-
US20050164211A1	Carbon nanotube molecular labels	-
US5698341A	Carbon material for lithium secondary battery and process for producing the same	PETOCA 公司

(2) 技术演进分析

图 4-4-5 是 US2009110627-A1 的前引情况（基于专利申请人）。可以看出，三星公司在其后续专利中大量引用了这件专利，对该专利进行了大量的外围保护。此外，韩国庆熙大学、德州大学、加州大学、埃及纳米技术中心、德州仪器、高温物理有限责任公司等机构也引用了三星公司的这件专利。从专利的技术方案来看，后续施引专利的技术领域主要集中在化学气象沉积制备石墨烯、非气相碳源制备石墨烯薄膜、在非催化剂表面直接生长石墨烯薄膜、制造石墨烯的设备、薄膜晶体管、透明电极、太阳能电池、催化剂等方面，因此该专利可视为石墨烯制备领域中的一件核心关键专利。

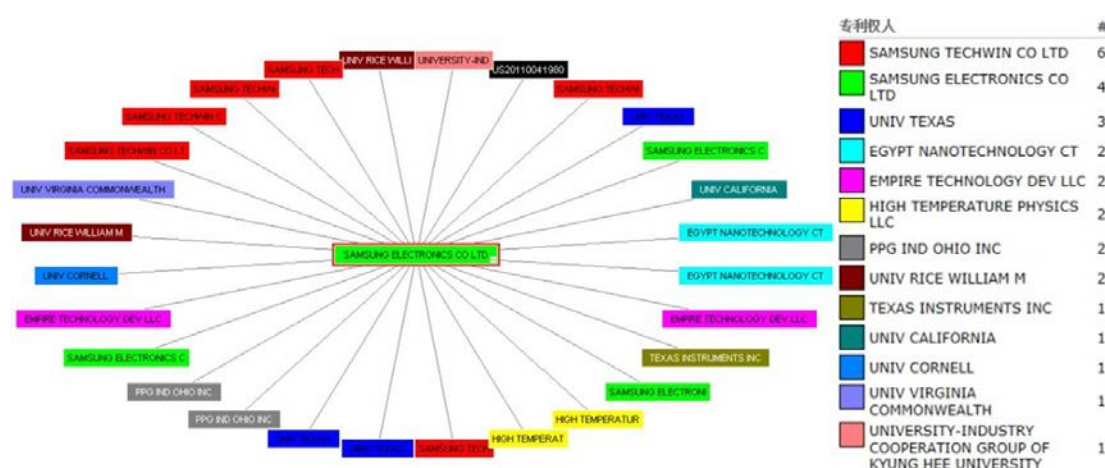


图4-4-5 引用US2009110627-A1的专利（技术演进）

4.4.3 US2009117467-A1

US2009117467-A1（Nano grapheme platelet-based composite anode compositions for lithiumion batteries）是 ZHAMU A 于 2007 年 11 月 5 日申请的一件专利，已于 2010 年 6 月 29 日取得 USPTO 的授权（US7745047-B2），发明人：JANG B Z、ZHAMU A、JAMU A、JANG B J。该专利还通过 PCT（WO2009061685-A1）途径在中国（CN101849302-A）、韩国（KR2010088667-A）、日本（JP2011503804-W）申请了保护。其中，在韩国的申请目前已经授权（KR1266022-B1，公告日 2013 年 5 月 21 日）。

该专利技术主要是将纳米石墨烯（GNPS）作为导电添加剂应用于锂离子电池正极材料（钴酸锂，镍酸锂，锰酸锂，磷酸铁锂和/或磷酸钒锂等）和/负极材料（硅，锗，锡，铅，铋，铟，锌，铝和镉的合金或金属间化合物等）中以改善锂离子二次电池的充放电性能。

该专利在多个国家地区申请了保护，本文选择其美国申请的公开公告文献（US2009117467-A1）用于专利技术追踪与演进分析。该专利申请引用了 28 件专利文献，7 件非专利文献。被引频次为 37 次（基于 Thomson Innovation 的数据，检索时间为 2013 年 9 月 24 日）。

(1) 技术追踪分析

图 4-4-6 是 US2009117467-A1 的后引情况（基于专利申请人）。可以看出，该专利引用了日本夏普公司、加州大学、美国高级微粉有限责任公司、日本佳能公司、迈阿密无机专家公司、GrafTech 国际控股公司、美国韦恩州立大学、3M 公司、NASA 等机构关于锂离子电池制造方法、负极活性物质的制造方法、电极结构、涂布方法、薄膜电极、超级电容器电极、石墨插层剥离方法等方面的 28 件在先专利（详见表 4-4-3）。其中，引用的 7 篇非专利文献也主要是关于锂离子二次电池电极材料的制备以及电池结构方面的论文。

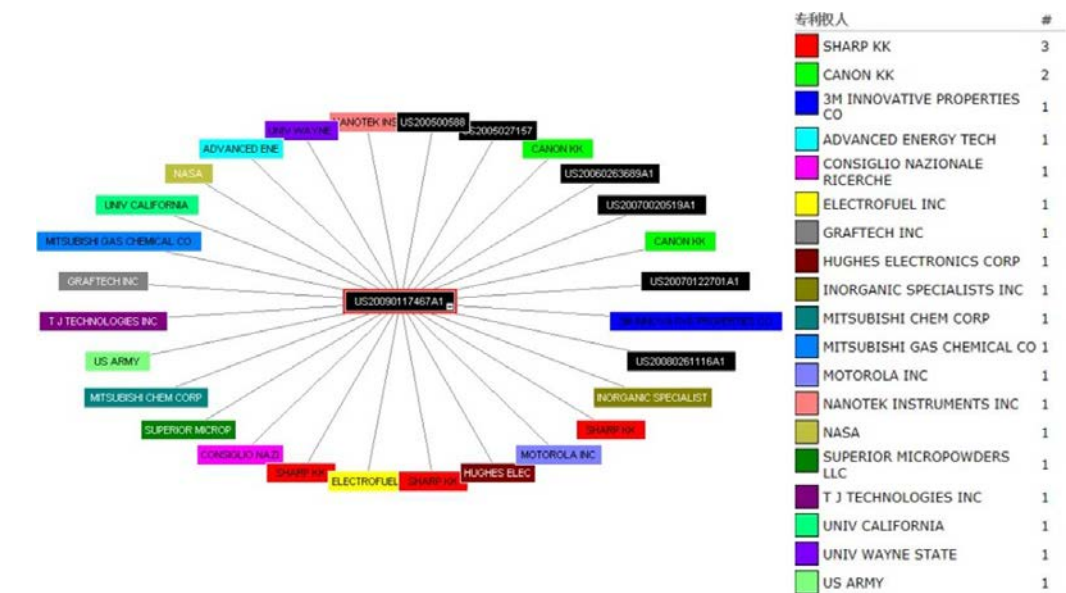


图4-4-6 US2009117467-A1所引用的专利（技术追踪）

表4-4-3 US2009117467-A1引用的专利文献

专利文献号	专题名称	申请机构
US5965296A	Nonaqueous secondary battery and a method of manufacturing a negative electrode active material	日本夏普公司
US6007945A	Negative electrode for a rechargeable lithium battery comprising a solid solution of titanium dioxide and tin dioxide	加拿大 Electrofuel 公司
US6040092A	Nonaqueous secondary battery	日本夏普公司
US6872330B2	Chemical manufacture of nanostructured materials	加州大学
US6103393A	Metal-carbon composite powders, methods for producing powders and devices fabricated from same	美国高级微粉有限责任公司
US20060237697A1	Electrode material for rechargeable lithium battery, electrode structural body comprising said electrode material, rechargeable lithium battery having said electrode structural body, process for the production of	日本佳能公司

	said electrode structural body, and process for the production of said rechargeable lithium battery	
US20070020519A1	Anode active material, manufacturing method thereof and lithium battery using the anode active material	-
US20090068553A1	Silicon modified nanofiber paper as an anode material for a lithium secondary battery	迈阿密无机专家公司
US6555271B1	Anode for lithium-ion battery	GrafTech 国际控股公司
US7157517B2	Method of delaminating a graphite structure with a coating agent in a supercritical fluid	美国韦恩州立大学
US20070148544A1	Silicon-Containing Alloys Useful as Electrodes for Lithium-Ion Batteries	3M 公司
US5344726A	Carbon anode for secondary battery	夏普公司
US7094499B1	Carbon materials metal/metal oxide nanoparticle composite and battery anode composed of the same	美国国家航空和宇宙航行局 (NASA)
US20050058896A1	Non-aqueous electrolyte secondary battery	-
US6316143B1	Electrode for rechargeable lithium-ion battery and method of fabrication	美国陆军
US6524744B1	Multi-phase material and electrodes made therefrom	TJ 科技公司
US7623340B1	Nano-scaled graphene plate nanocomposites for supercapacitor electrodes	Nanotek 仪器公司
US5635151A	Carbon electrode materials for lithium battery cells and method of making same	摩托罗拉公司
US6087043A	Lithium-ion rechargeable battery with carbon-based anode	意大利国家研究理事会
US6596396B2	Thin-film-like particles having skeleton constructed by carbons and isolated films	三菱瓦斯化学公司
US7105108B2	Graphite intercalation and exfoliation process	先进能源技术公司
US20060263689A1	Anode active material and battery	-
US5908715A	Composite carbon materials for lithium ion batteries, and method of producing same	休斯电子公司

US6143448A	Electrode materials having carbon particles with nano-sized inclusions therewithin and an associated electrolytic and fabrication process	三菱化学株式会社
US20050271574A1	Process for producing nano-scaled graphene plates	-
US20070031730A1	Electrode material for anode of rechargeable lithium battery, electrode structural body using said electrode material, rechargeable lithium battery using said electrode structural body, process for producing said electrode structural body, and process for producing said rechargeable lithium battery	佳能公司
US20070122701A1	Anode material, andoe and battery	-
US20080261116A1	Method of depositing silicon on carbon materials and forming an anode for using lithium ion batteries	-

(2) 技术演进分析

图 4-4-7 是 US2009117467-A1 的前引情况（基于专利申请人）。可以看出，三星公司和巴特利纪念研究所在其后续专利中大量引用了这件专利，对该专利进行了大量的后续改进。此外，清华大学、索尼公司、普林斯顿大学、杜邦公司等机构在其专利中也引用了 ZHAMU A 的这件专利。从专利技术方案来看，后续施引专利的技术领域主要集中在超导电纳米粒子/粉末、含有纳米金属颗粒和超导电性纳米粒子的锂电池，纳米石墨烯复合增强锂离子电池电极、生产石墨烯的方法、铅酸电池等方面，因此该专利可视为石墨烯制备领域中的一件核心关键专利。

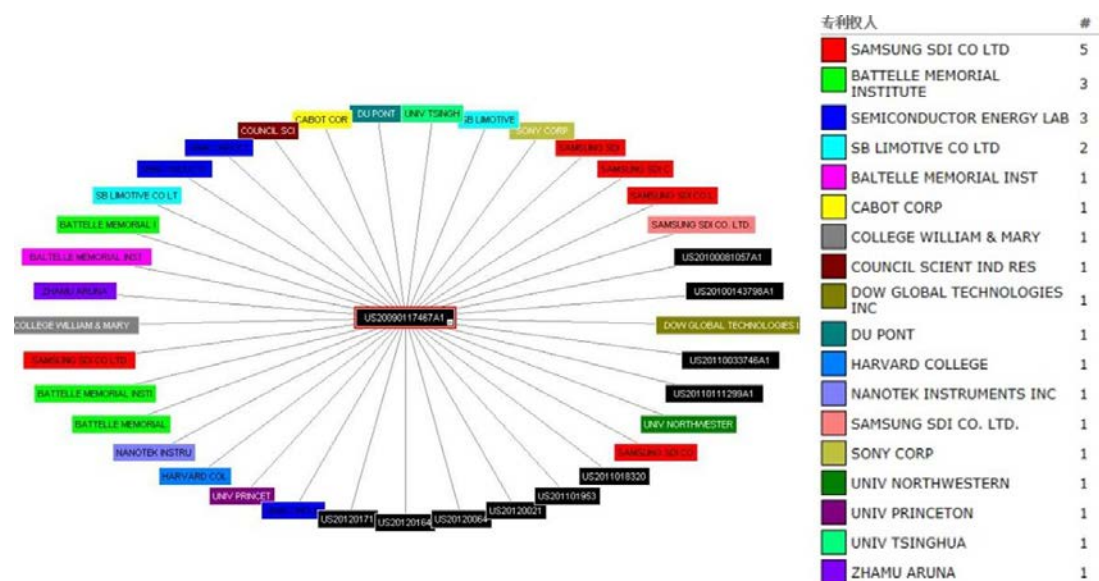


图4-4-7 引用US2009117467-A1的专利（技术演进）

4.5 小结

在第 3 章整体态势分析的基础上，本章基于 DII 专利数据库的检索结果，对石墨烯美国专利进行了重点分析。

石墨烯美国专利的年度申请趋势与全球石墨烯专利申请数量的总体变化趋势基本一致，所有石墨烯美国专利申请中，67.2%来自美国国内，32.8%来自美国以外的其他国家地区，主要是通过世界知识产权组织的途径在美国申请；石墨烯美国专利数量较多的前 26 位申请人中来自美国国内和国外的申请人各占一半，重要机构包括韩国的三星电子、IBM、韩国科学技术研究院、贝克休斯公司、施乐公司、日本半导体能源实验室、美国纳米技术仪器公司等。

5、石墨烯中国专利重点分析

考虑到专利申请的语言问题以及数据收录的及时性等问题，利用中国科学院专利在线分析系统对石墨烯中国专利进行了重新检索，共检索到石墨烯中国专利申请 3177 件，发明数量 3045，实用新型 132 件，其中 PCT 发明专利 267 件，PCT 实用新型专利 2 件，数据检索时间为 2013 年 8 月 21 日。

5.1 石墨烯中国专利数量年度分布分析

图 5-1-1 给出了我国受理（基于申请年）和公开（基于公开/公告年）的石墨烯专利申请数量的年度分布情况。可以看出，我国石墨烯专利的申请与受理始于本世纪初，自 2008 年起，我国石墨烯专利申请数量才开始快速增长，特别是 2011 年和 2012 年，专利申请数量分别达到 903 件和 1274 件⁶¹，表明石墨烯技术在我国日益受到重视。结合图 5-1-1 分析，可以看出，近些年来，国外申请人在我国也在进行石墨烯专利方面的布局，但是绝对数量较少，尤其是自 2010 年后，国内申请人在石墨烯专利申请数量出现爆炸性的增长，远远高于石墨烯 PCT 专利的申请数量，需要注意的是在 2012 年国外申请人在石墨烯专利申请数量上有所下降。这说明随着中国政府、科研机构以及相关企业对石墨烯相关技术的重视，国内正在迎来石墨烯研发的高潮，有可能使得中国在世界石墨烯产业发展的过程中占据主动地位。

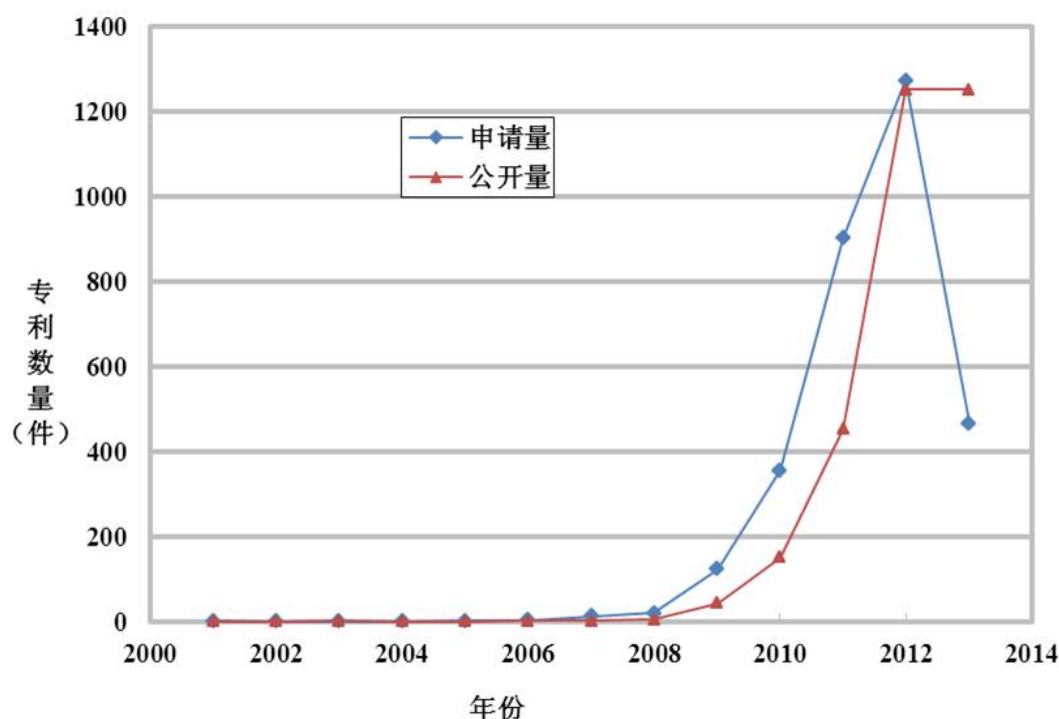


图 5-1-1 我国受理的石墨烯专利数量的年度变化趋势

⁶¹ 注：由于专利从申请到公开，会有一定的时间延迟，图中近两年数据，特别是申请量数据会小于实际数据，仅供参考。

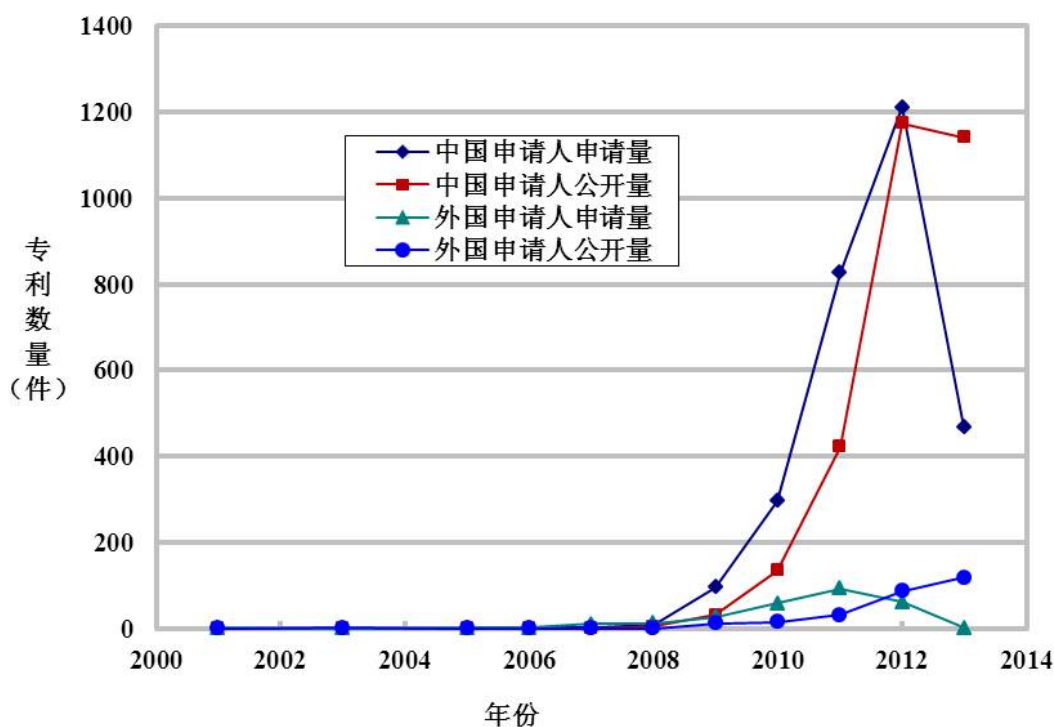


图 5-1-2 国内外申请人在我国申请的的石墨烯专利数量年度变化趋势

5.2 石墨烯中国专利类型分布分析

检索到的 3177 件石墨烯中国专利（申请）中，发明专利 3045 件，占 95.8%（其中 PCT 发明申请 269 件，占全部的 8.8%），实用新型专利 132 件，仅占 4.2%。结合专利类型的年度（基于申请年）变化趋势（图 5-2-1）可以看出，截至目前，我国受理的石墨烯专利申请一直是以发明专利为主，近年来也开始逐渐出现大量实用新型专利申请，这也在一定程度上表明，目前石墨烯技术已经在某些领域向产业化方向发展。

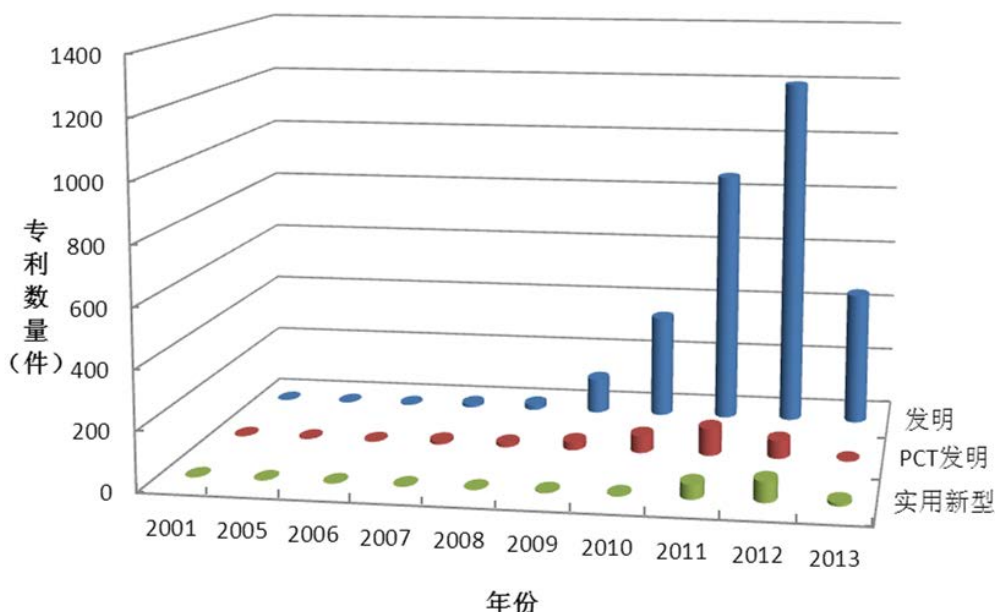


图 5-2-1 我国受理石墨烯专利类型的年度变化趋势

5.3 石墨烯中国专利申请来源地分析

在检索到的 3177 件石墨烯中国专利申请中，国内申请 2908 件，占 91.6%；其余 269 件为国外申请，占 8.4%，主要来源于以下国家/地区：美国（68 件）、日本（59 件）、韩国（55 件）、中国台湾（29 件）、德国（17 件）、芬兰（8 件）、新加坡（5 件）等（见图 5-4-1）。通过前面的分析可以看出，美国、日本、韩国、中国台湾地区、德国等是全球石墨烯专利数量最多的一些国家。全球石墨烯各主要技术国家/地区都已在我国进行了专利布局，但是总体数量不多。

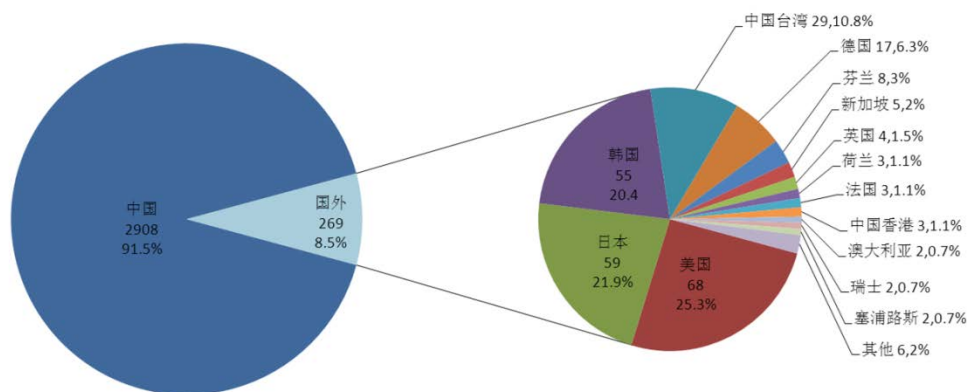


图 5-3-1 石墨烯中国专利申请来源国家/地区构成

5.4 石墨烯中国专利申请法律状态分析

表 5-4-1 给出了国家知识产权局受理的 3177 件石墨烯专利申请（包含 269 件石墨烯 PCT 专利申请）的法律状态⁶²概况。可以看出，未决专利申请占到了

⁶² 法律状态检索自中国科学院专利在线分析系统 (<http://www.casip.ac.cn/index.html>)，数据检索时间为 2013 年 08 月 21 日。

77.5%，授权专利已占到 18.7%，撤回包括无权专利占 3.74%；而石墨烯中国 PCT 专利申请的绝对数量虽然不多，但是撤回专利占到 3.9%，表 5-4-2 给出各国在华石墨烯专利法律状态一览这主要是因为石墨烯仍然是一个新兴的技术领域，但是随着新技术的产生发展，导致某些早期专利失去原有价值，从而促使相关专利持有人选择撤回某些原始专利。

表5-4-1 石墨烯中国专利法律状态一览

法律状态	专利数量	所占比例
专利申请尚未授权	2463	77.5%
专利授权	594	18.7%
撤回	91	2.9%
驳回	19	0.6%
未缴	6	0.2%
放弃	4	0.15%

表5-4-2 各国在华石墨烯专利法律状态一览

国家/地区	专利数量	未决申请	撤回专利	授权专利	驳回专利
中国	2908	2227	81	571	19
美国	68	55	5	8	
日本	59	54	2	3	
韩国	55	49	2	4	
台湾	29	25		4	
德国	17	15		2	
芬兰	8				
新加坡	5				
英国	4				
荷兰	3			1	
法国	3				
香港	3				
意大利	3				
澳大利亚	2				
瑞士	2			1	

塞浦路斯	2		1	1	
西班牙	1				
奥地利	1				
波兰	1				
瑞典	1				
比利时	1				
印度	1				

5.5 大学、企业、研究机构等各单元对比分析

5.5.1 专利申请人类型及申请数量分析

根据专利申请人性质的不同，可以将专利申请人分为：大学、企业、研究机构、个人等。经过数据清洗，检索到的 3177 件石墨烯中国专利共有 721 个申请人。结合石墨烯中国和国外专利申请人的具体情况，我们将这些申请人分为大学、企业、研究机构以及个人等单元（见图 5-5-1）。可以看出，在我国国内申请人的数量及所占比例分别为：企业 233（39.9%）、大学 183（31.3%）、个人 91（15.6%）、其他研究机构 45（7.7%）、中国科学院 32（5.5%）；在我国国外申请人的数量级所占比例分别为：企业 87（63.5%）、研究机构 23（16.8%）、大学 21（15.3%）、个人 6（4.4%）。

图 5-5-2 和 5-5-3 对大学、企业、中国科学院、其他研究机构以及个人等单元的专利申请人数量和专利申请数量进行了对比。结合图 5-5-1，可以看出，虽然中国科学院申请人数仅占 5.5%，但是其专利申请数量却占到 12.2%，大学申请人数量仅占 31.3%，但其专利申请数量却占到 60%；其中需要注意的是，企业和个人的专利申请数量分别占到 19.6%和 5.1%，这说明石墨烯的研究仍然以高校和研究机构为主，但是在某些领域已经开始向产业化方向快速发展。

国外申请人当中，企业的申请数量占到 63%，研究机构和大学分别占 20%和 12.5%，结合图 5-5-1-1，可以看出，来华申请人以企业为主，但是在石墨烯专利布局方面相对于中国申请人并没有明显的优势。

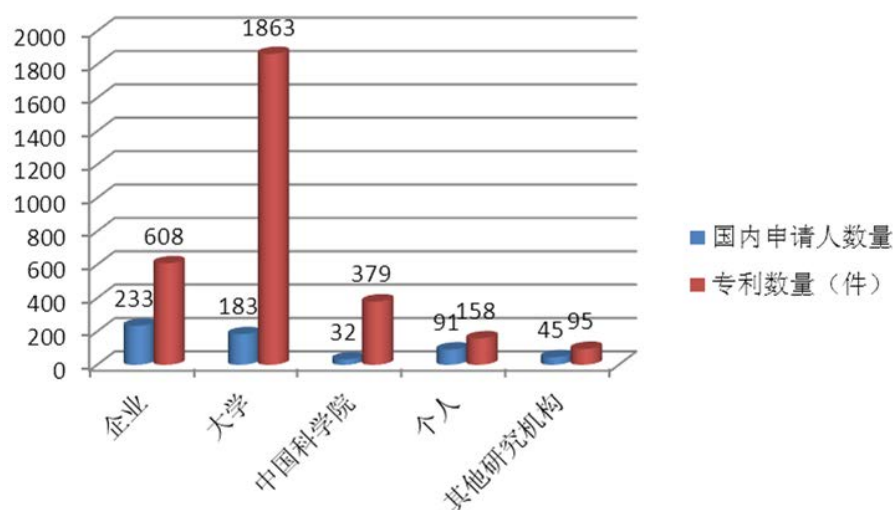


图5-5-1 石墨烯中国专利申请人类型构成

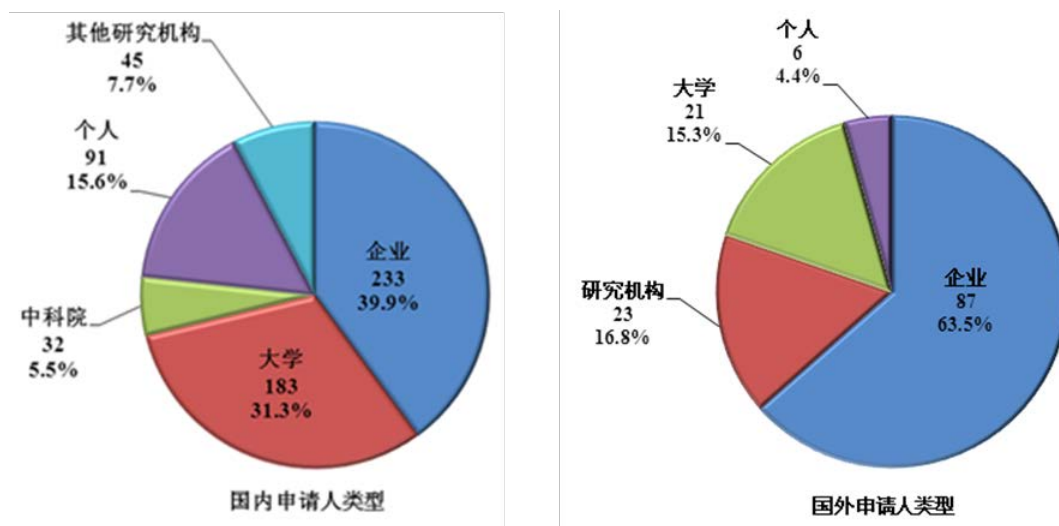


图5-5-2 国内申请人各单元专利申请人数量、申请数量对比

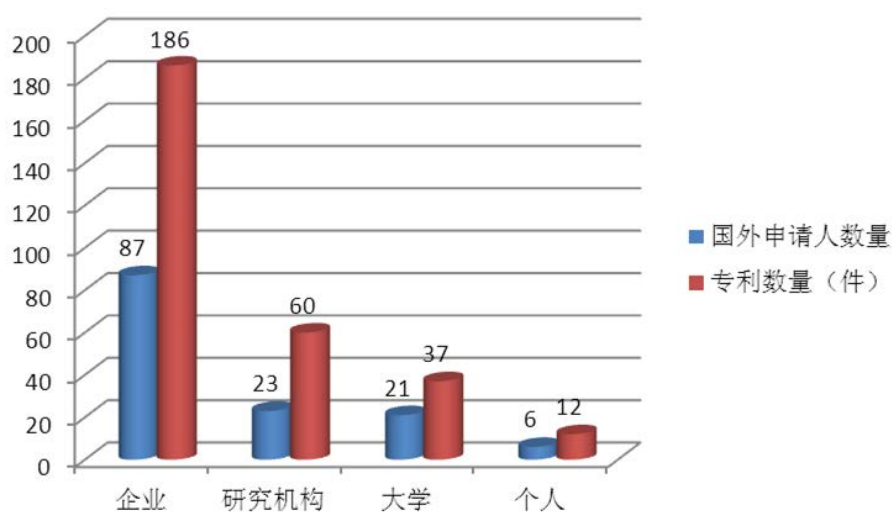


图5-5-3 国外申请人各单元专利申请人数量、申请数量对比

5.5.2 各单元重要机构分析

表 5-5-2 给出了大学、企业、中科院及其他研究机构等各单元的重要机构的专利申请情况。可以看出，国内申请人当中专利申请数量较多的大学包括浙江大学、西安电子科技大学、上海交通大学、清华大学、东南大学、北京大学等。总体来看，大学单元的专利申请数量较多，专利申请数量最多的前 10 个机构的专利申请数量占大学单元的专利申请总量的 52.4%；企业申请人当中申请专利数量较多的包括海洋王照明科技股份有限公司、鸿富锦精密工业（深圳）有限公司、泰州巨纳新能源有限公司、京东方科技集团股份有限公司、常州第六元素材料科技股份有限公司、无锡力合光电传感技术有限公司、无锡第六元素高科技发展有限公司等。结合图 5-5-1 可以看出，企业单元的专利申请人数量最多，专利申请数量相对较少，这说明企业在石墨烯专利申请方面比较积极，但是研发实力相对不足；中国科学院系统的石墨烯专利的分布也比较分散，专利申请数量较多的机构包括中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所、中国科学院上海硅酸盐研究所、中国科学院上海微系统与信息技术研究所、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、中国科学院化学研究所；专利申请数量较多的其他国外研究机构有三星株式会社、株式会社半导体能源研究所、国际商业机器公司、诺基亚公司等。

表5-5-2 大学、企业、中科院及其他研究机构各单元重要机构

机构名称	专利数量（件）	百分比（%） ⁶³
大学		
浙江大学	108	5.8%
西安电子科技大学	82	4.4%
上海交通大学	80	4.3%
清华大学	76	4.1%
东南大学	64	3.4%
北京大学	53	2.8%
电子科技大学	51	2.7%
哈尔滨工业大学	49	2.6%
复旦大学	43	2.3%
同济大学	43	2.3%
天津大学	41	2.2%
上海大学	40	2.1%
东华大学	38	2.0%

⁶³ 注：指的是占本单元所有专利申请数量的百分比。

江苏大学	34	1.8%
常州大学	33	1.7%
北京化工大学	33	1.7%
湖南大学	31	1.6%
济南大学	28	1.5%
南京理工大学	26	1.4%
南京大学	23	1.2%
企业		
海洋王照明科技股份有限公司	116	19.1%
鸿富锦精密工业（深圳）有限公司	29	4.8%
泰州巨纳新能源有限公司	20	3.3%
京东方科技集团股份有限公司	18	3.0%
常州第六元素材料科技股份有限公司	16	2.6%
无锡力合光电传感技术有限公司	11	1.8%
无锡第六元素高科技发展有限公司	11	1.8%
无锡力合光电石墨烯应用研发中心有限公司	10	1.6%
深圳贝特瑞	10	1.6%
上海锦众信息科技有限公司	8	1.3%
常州碳元科技发展有限公司	7	1.1%
国家电网公司	7	1.1%
中芯国际集成电路制造有限公司	6	1.0%
上海杰远环保科技有限公司	6	1.0%
中国科学院		
中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所	41	10.8%
中国科学院上海硅酸盐研究所	39	10.3%
中国科学院上海微系统与信息技术研究所	37	9.8%
中国科学院宁波材料技术与工程研究所	37	9.8%
中国科学院化学研究所	29	7.7%

中国科学院微电子研究所	24	6.3%
中国科学院金属研究所	20	5.3%
国家纳米科学中心	19	5.2%
中国科学院物理研究所	18	5.1%
中国科学院山西煤炭化学研究所	14	3.7%
中国科学院长春应用化学研究所	11	2.9%
中国科学院半导体研究所	10	2.6%
中国科学院上海应用物理研究所	10	2.6%
中国科学院电工研究所	8	2.1%
国外重要申请人		
三星株式会社	37	13%
株式会社半导体能源研究所	19	6.7%
国际商业机器公司	10	3.5%
诺基亚公司	7	2.5%
普林斯顿大学理事会	6	2.4%

5.5.3 重要申请人及合作关系分析

表 5-5-3 给出了石墨烯专利技术在产学研方面比较活跃的机构。可以看出：目前在石墨烯技术合作方面比较活跃的组织包括上海交通大学和上海中聚佳华电池科技有限公司、上海飞机制造有限公司、中国海洋石油总公司等；清华大学和鸿富锦精密工业(深圳)有限公司、中国平煤神马能源化工集团有限责任公司、中北大学、北京三星通信技术研究有限公司；中国科学院上海硅酸盐研究所和盘固水泥集团有限公司、常州盘石水泥有限公司等。国外机构有三星电子株式会社和首尔大学校产学协力团、韩国科学技术院、成均馆大学校产学协力团；普林斯顿大学理事会和沃尔贝克材料有限公司、巴特尔纪念研究院。这说明在石墨烯产业化方面国内外都有相关的产学研合作。

表5-5-3 重要申请人及合作关系

申请人	专 利	合 作	合 作	主要合作者及次数统计	
				合作者	合 作

	数	专 利 数	者 数 量		次 数
上海交通大学	81	7	6	上海中聚佳华电池科技有限公司	3
				上海飞机制造有限公司	1
				中国海洋石油总公司	1
				上海驿度数码科技有限公司	1
				中海油新能源投资有限责任公司	1
				平顶山市东方碳素有限公司	1
清华大学	76	30	4	鸿富锦精密工业（深圳）有限公司	27
				中国平煤神马能源化工集团有限责任公司	1
				中北大学	1
				北京三星通信技术研究有限公司	1
中国科学院上海硅酸盐研究所	37	5	3	盘固水泥集团有限公司	2
				常州盘石水泥有限公司	2
				中国科学院上海微系统与信息技术研究所	1
常州大学	33	8	5	常州江工阔智电子技术有限公司	2
				常州合润新材料科技有限公司	2
				苏州科技学院	2
				南京理工大学	2
				常州药物研究所有限公司	1
三星电子株式会社	25	3	3	首尔大学校产学协力团	1
				韩国科学技术院	1
				成均馆大学校产学协力团	1
华东理工大学	20	2	2	上海纳米技术及应用国家工程研究中心有限公司	1
				瓮福（集团）有限责任公司	1
北京理工大学	15	2	3	山西北方兴安化学工业有限公司	1
				德州金月生化有限公司	1
				北京北方世纪纤维素技术开发有限公司	1

北京航空航天大学	15	3	2	中国人民解放军空军油料研究所	2
				格雷菲尼（北京）科技有限公司	1
普林斯顿大学理事会	6	3	2	沃尔贝克材料有限公司	2
				巴特尔纪念研究院	1
华侨大学	4	4	3	厦门凯纳石墨烯技术有限公司	3
				福建凯立特种石墨有限公司	1
中国人民解放军总后勤部军需装备研究所	1	1	1	江苏中益特种纤维有限公司	1

5.6 石墨烯中国专利深度分析

在前面分析的基础上，我们从以下方面对检索到的 3177 件石墨烯中国专利进行了逐件解读：（1）将涉及石墨烯制备技术的专利划分为 Top-Down、Bottom-Up 和装备三大类，并分别对其进行了标注，例如机械剥离、液相剥离、化学气象沉积、外延生长等；（2）将涉及石墨烯应用方面的专利划分为储能、传感器、电子信息、复合材料、生物医药、结构材料等八大应用领域，并对具体应用进行了标注，例如超级电容器、锂离子电池、柔性透明器件、半导体器件、电子封装、药物载体、气凝胶、碳纤维、催化剂、导电/导热材料、吸波材料、磁性材料、润滑材料等。

5.6.1 基于石墨烯制备技术的专利功效分析

（1）制备技术分析

从制备技术来看（图 5-6-1），目前石墨烯制备技术专利一共有 545 件，制备方法主要是通过 Top-Down 和 Bottom-up 途径，其中 Top-Down 途径的专利申请数量 208 件，主要有机械剥离、液相剥离、化学氧化剥离等，尤其是化学氧化剥离，该方法申请的专利共 134 件，占整个 Top-Down 途径的 64%；Bottom-up 途径的专利申请数量有 187 件，主要包括化学气象沉积、外延生长、有机合成等；另外制备方法中还包括利用碳纳米管（13 件）、碳纤维（1 件）等原料制备石墨烯，通过超临界流体（6 件）、溶剂热（2 件）、高温电解碳酸盐（1 件）等方法制备石墨烯。石墨烯装备方面的专利一共有 92 件，包括通过 29 件通过 Bottom-up 途径制备石墨烯薄膜以及 33 件转移石墨烯薄膜的方法和设备和 30 件以石墨为原料通过 Top-Down 途径制备石墨烯的相关设备。

从图 5-6-2 可以看出，虽然石墨烯装备方面申请的专利总量不多，但是近三年，石墨烯装备方面的专利申请数量与石墨烯制备方法专利申请数量的增长趋势保持一致，说明石墨烯规模化制备的技术正在快速发展。

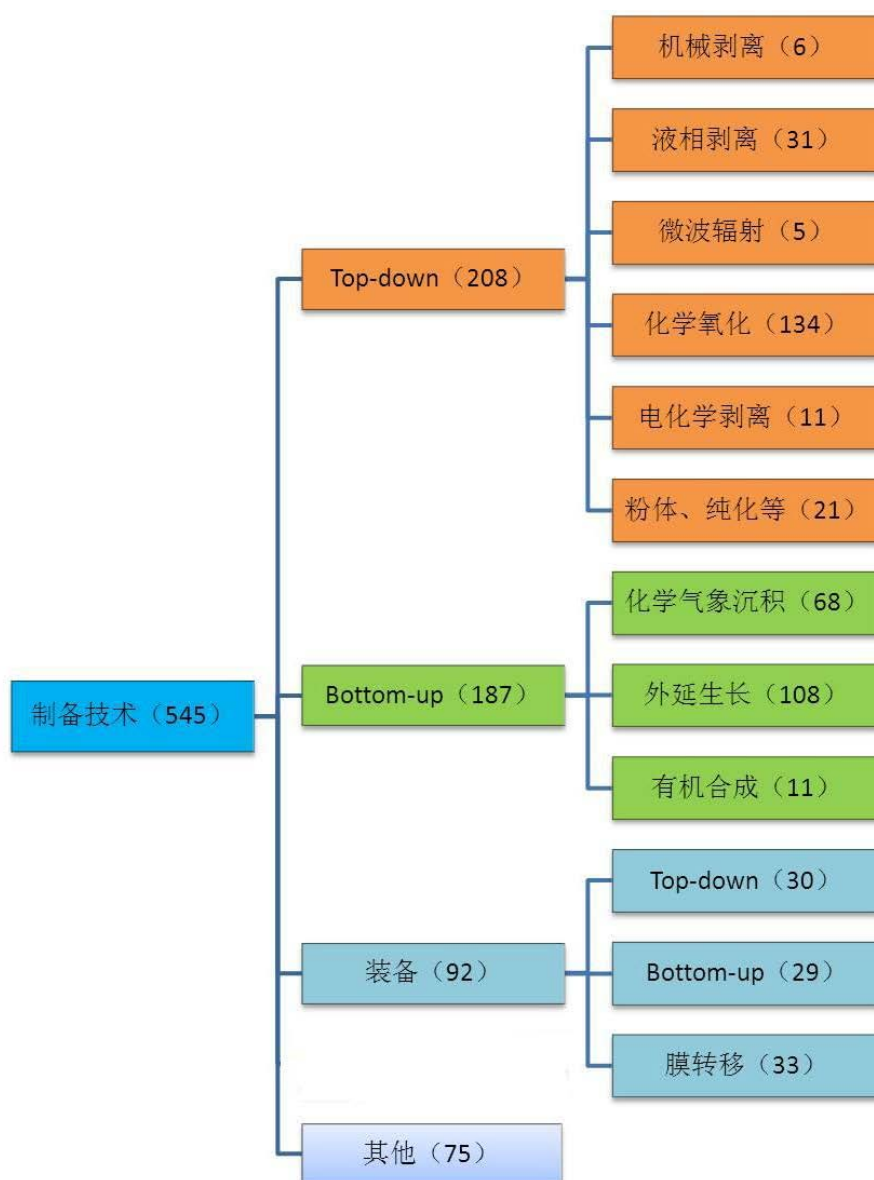


图 5-6-1 石墨烯制备技术分类

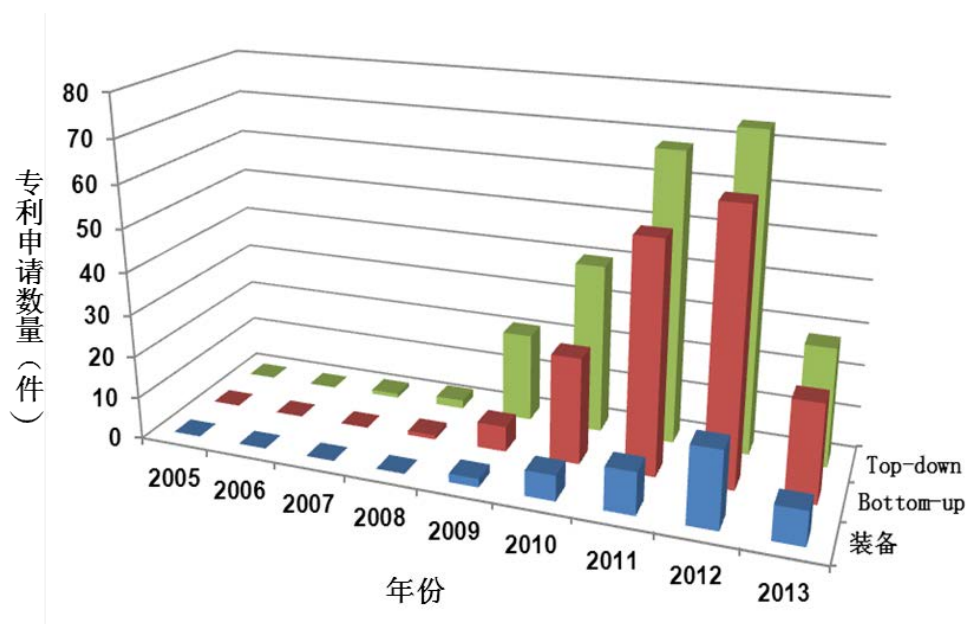


图 5-6-2 石墨烯制备技术年度变化情况

（2）重要申请人分析

表 5-6-1 给出了 Top-Down 途径专利的重要申请人，可以看出通过 Top-Down 途径制备石墨烯的专利集中于高校和中科院，并且主要以氧化石墨烯制备以及还原处理为主，同时涉及少量液相剥离、电化学剥离和粉体制备等方法；企业申请人中比较重要的是海洋王照明科技股份有限公司和常州第六元素材料科技股份有限公司，这两家公司专利技术以氧化石墨的还原处理为主；另外，国外申请人主要也是以氧化石墨烯制备以及还原处理为主。

表 5-6-2 给出了 Bottom-up 途径专利重要申请人，可以看出通过 Bottom-up 途径制备石墨烯的专利集中于高校和中科院，主要是以化学气相沉积和 SiC 基底外延生长的途径制备石墨烯，其中尤其是西安电子科技大学和中科院上海微系统与信息技术研究所申请的专利最多，国外申请人则主要是以除 SiC 基底以外的其他基底外延生长方法为主。

表 5-6-3 给出了石墨烯设备专利重要申请人，可以看出 Bottom-up 和 Top-Down 途径制备石墨烯的设备主要以企业为主，而石墨烯薄膜的转移设备则仍然以高校和研究所为主。

表 5-6-1 Top-Down 途径专利重要申请人

机构名称	专利数量（件）	技术方案
大学		
同济大学	8	GO 制备（3）、化学还原（1）、绿色还原（4）

哈尔滨工业大学	5	绿色还原 (1)、机械剥离 (1) 粉体制备 (2)、分散液 (1)
上海大学	5	GO 制备 (1)、绿色还原 (3) 液相剥离 (1)
清华大学	4	电化学剥离 (2)、GO 制备 (2)
上海交通大学	4	GO 制备 (1)、绿色还原 (3)
中南大学	4	电化学剥离 (1)、GO 制备 (1) 绿色还原 (1)、热剥离 (1)
华侨大学	3	热剥离 (1)、液相剥离 (2)
天津大学	3	GO 制备 (2)、微波辐射 (1)
武汉大学	3	绿色还原 (1)、热剥离 (2)
中国科学技术大学	3	GO 制备 (1)、化学还原 (1) 绿色还原 (1)
复旦大学	3	绿色还原 (1)、粉末 (1)
企业		
海洋王照明科技股份有限公司	9	电化学剥离 (1)、GO 制备 (1) 绿色还原 (1)、热剥离 (2) 微波辐射 (2)、液相剥离 (2)
常州第六元素材料科技股份有限公司	7	绿色还原 (2)、热还原 (4) 微波辐射 (1)
中国科学院		
中科院宁波材料技术与工程研究所	6	化学还原 (1)、绿色还原 (1) 热还原 (1)、分散液 (1) 粉体 (1)、微波辐射 (1)
中科院山西煤炭化学研究所	6	绿色还原 (1)、热还原 (3) 液相剥离 (2)
中科院上海硅酸盐研究所	5	GO 制备 (1)、热还原 (1) 分散液 (1)、粉体 (1) 液相剥离 (1)

中科院金属研究所	4	化学还原（1）、绿色还原（1） 热还原（1）、液相剥离（1）
中科院上海微系统与信息技术研究所	4	热还原（1）、粉体（2） 分散液（1）
国家纳米科学中心	3	绿色还原（1）、机械剥离（1）
中科院苏州纳米技术与仿生研究所	3	电化学剥离（1）、化学还原（1）、液相剥离（1）
国外重要申请人		
东丽纤维研究所（中国）有限公司	5	绿色还原（5）
德国拜耳	1	分散液（1）
法国国家科学研究中心	1	机械剥离（1）
积水化学工业株式会社	1	电化学剥离（1）
曼彻斯特大学	1	G0 制备（1）
美国威廉马歇莱斯大学	1	G0 制备（1）

表 5-6-2 Bottom-up 途径专利重要申请人

机构名称	专利数量（件）	技术方案
大学		
西安电子科技大学	48	化学气相沉积（2）、SiC 基底外延生长（42）、其他基底外延生长（4）
北京大学	4	化学气相沉积（2）、其他基底外延生长（1）、有机合成（1）
浙江大学	4	化学气相沉积（4）
哈尔滨工业大学	3	化学气相沉积（2）、其他基底外延生长（1）
武汉大学	3	化学气相沉积（1）、SiC 基底外延生长（2）
企业		
海洋王照明科技股份有限公司	5	化学气相沉积（4） 其他基底外延生长（1）
常州第六元素材料科技股份有限公司	4	化学气相沉积（2）

		其他基底外延生长（2）
中国科学院		
中科院上海微系统与信息技术研究所	14	化学气相沉积（8） 其他基底外延生长（6）
中科院化学研究所	7	化学气相沉积（7）
中科院物理研究所	6	化学气相沉积（2）、SiC 基底外延生长（3）、 其他基底外延生长（1）
中科院上海硅酸盐研究所	3	化学气相沉积（1）、其他基底外延生长（1）、有机合成（1）
中科院微电子研究所	3	化学气相沉积（1） SiC 基底外延生长（2）
国外重要申请人		
格尔德殿工业公司	3	其他基底外延生长（3）
台湾宋健民	3	其他基底外延生长（3）
韩国三星	2	化学气相沉积（1）

表 5-6-3 石墨烯设备专利重要申请人

	机构名称	专利数量（件）
Bottom-up 设备	徐明生	7
	无锡力合光电石墨烯应用研发中心有限公司	3
	彭鹏	2
	苏州德龙激光股份有限公司	2
	浙江大学	2
	重庆绿色智能技术研究院	2
	吴江市华诚电子有限公司	2
	韩国三星	1
	索尼公司	1
	成均馆大学校产学协力团	1
Top-down	泰州巨纳新能源有限公司	5

设备	同济大学	4
	贵州新碳高科有限责任公司	3
	海洋王（东莞）照明科技有限公司	3
	中科院化学研究所	2
	台湾中央研究院	1
	韩国新正直技术株式会社	1
膜转移	西安电子科技大学	8
	成都电子科技大学	2
	中科院微电子研究所	2
	东南大学	2
	浙江大学	2
	北京大学	2
	韩国三星	3

5.6.2 基于石墨烯应用技术的专利功效分析

从石墨烯的应用领域来看（见图 5-6-3、图 5-6-4、图 5-6-5），石墨烯应用研究方面的专利申请共 2415 件，主要集中在储能（锂离子电池、超级电容器、燃料电池等）与光伏、复合材料（催化剂、导电/导热材料、吸波材料等）、电子信息（柔性透明器件、半导体器件、电子封装等）、传感器（生物及化学传感器、物理传感器）等八大领域，其中申请量较多的主要有储能（专利申请量 608 件，占总申请量的 25%）；复合材料（专利申请量 661 件，占总申请量的 27%）；电子信息（专利申请量 518 件，占总申请量的 21%）。近年来，石墨烯在生物医药领域、水处理、功能和结构材料方面的应用也在逐渐受到关注。

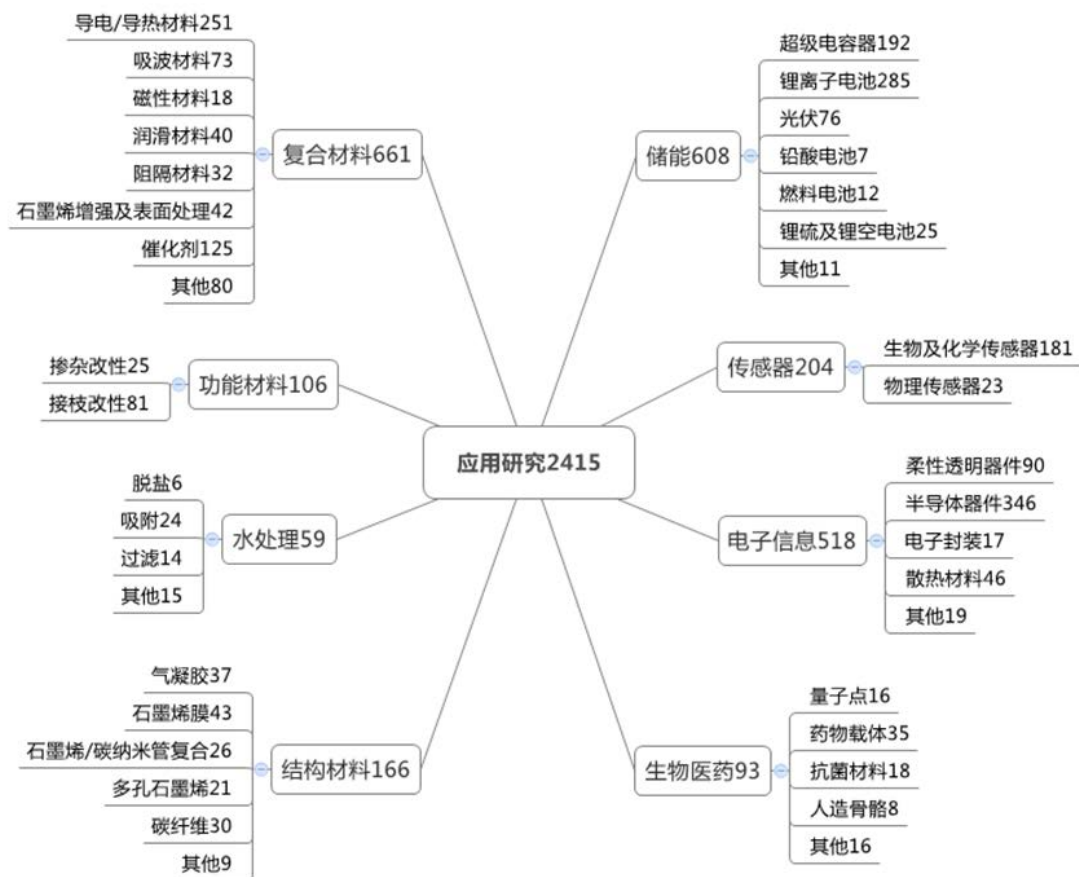


图 5-6-3 石墨烯应用技术分类

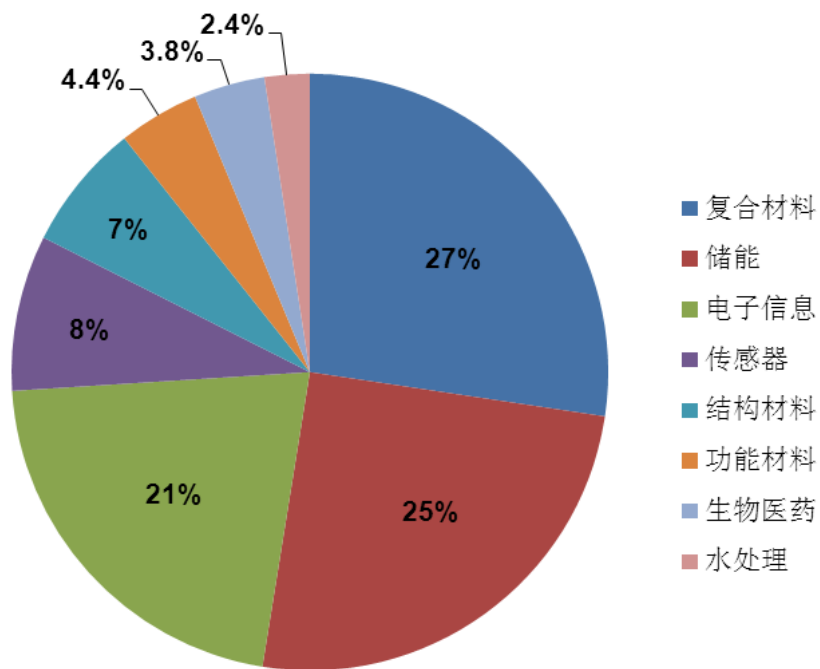


图5-6-4 石墨烯专利应用技术类型构成

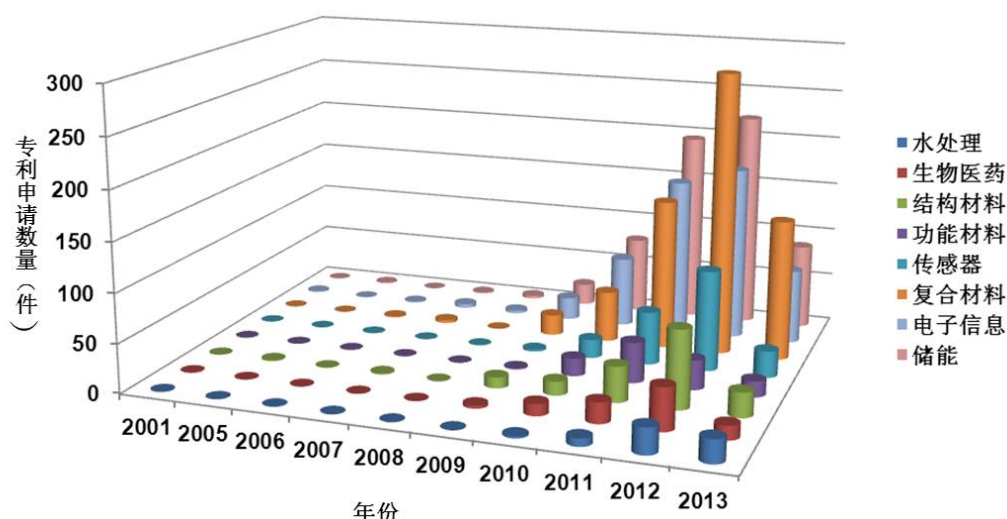


图5-6-5 石墨烯应用技术年度变化情况

5.6.2.1 储能与光伏

从储能与光伏领域来看（见图 5-6-6），石墨烯方面的专利申请共 608 件，主要集中在锂离子电池、超级电容器、太阳能电池、铅酸电池、燃料电池等领域，其中申请量较多的主要有锂离子电池（专利申请量 285 件，占总申请量的 46.9%）；超级电容器（专利申请量 192 件，占总申请量的 31.6%）；太阳能电池（专利申请量 76 件，占总申请量的 12.5%）。

石墨烯在超级电容器领域的应用专利主要分布在石墨烯/导电高分子复合材料、石墨烯/金属氧化物复合材料、石墨烯/碳（碳纳米管）复合材料以及掺杂改性等方面。结合表 5-6-4，可以看出石墨烯在超级电容器领域的应用专利重要申请人主要集中于高校；其次是中国科学院；企业除了海洋王照明科技股份有限公司申请数量较多（33 件）和常州第六元素材料股份有限公司（4 件）外，其他申请人的申请数量则相对较少；国外申请人在中国申请的专利数量也非常少。

石墨烯在锂离子电池中的应用目前是一个热点，申请的专利主要集中在石墨烯复合正极材料（磷酸铁锂、磷酸锰锂、磷酸钒锂和硅酸锰锂等共 73 件专利）、石墨烯复合负极材料（硅、锡基合金、钛酸锂、二氧化钛、金属氧化物和金属硫化物等共 167 件专利）、集流体（10 件）以及导电添加剂（12 件）等方面。结合表 5-6-5，可以看出在锂离子电池技术领域高校、企业、中科院以及国外申请人都比较多的专利申请。其中，浙江大学申请的专利主要是石墨烯/金属硫化物负极材料（19 件）、石墨烯/金属氧化物负极材料（9 件）等，上海交通大学申请的专利主要是石墨烯/金属氧化物负极材料（4 件）、石墨烯/磷酸铁锂（3 件）等，海洋王照明科技股份有限公司申请的专利主要是石墨烯复合正极材料（10 件）、石墨烯/硅复合负极材料（8 件）等，中科院申请的专利则主要集中于石墨烯/磷酸铁锂、集流体、导电添加剂等方面；国外申请人则主要集中于石墨烯/硅复合负极材料、石墨烯/金属氧化物复合负极材料和石墨烯/正极材料等方面。

另外，石墨烯在光伏、铅酸电池以及燃料电池等领域也有相对较多的应用。

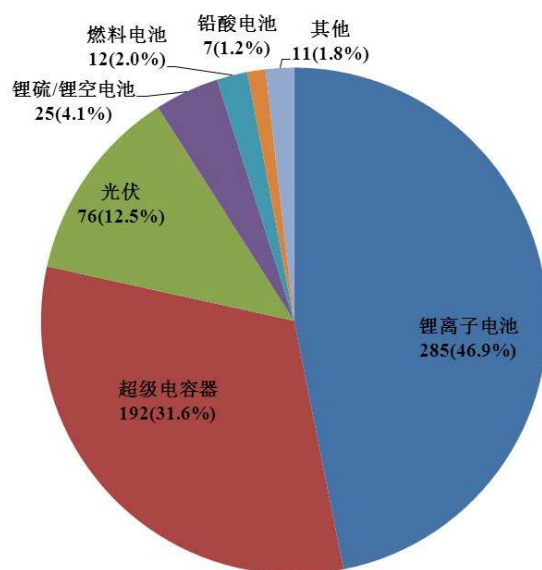


图5-6-6 石墨烯储能与光伏专利类型构成

结合表5-6-6，可以看出石墨烯在光伏领域的专利申请主要是薄膜电极、石墨烯在铅酸电池中主要是与电极材料进行复合，燃料电池则主要是集中于质子交换膜材料等。

表5-6-4 超级电容器重要专利申请人

机构名称	专利数量 (件)	技术方案
大学		
南京理工大学	9	石墨烯/导电高分子(4)、石墨烯/氢氧化钴(1)、石墨烯/二氧化锰(3)、石墨烯/钼酸钴(1)
浙江大学	8	石墨烯/氧化镍(1)、石墨烯/钨(1)、石墨烯/金属氧化物(1)、双电层(4)、石墨烯/氢氧化镍(1)
北京航空航天大学	6	石墨烯/导电高分子(6)
江南大学	6	石墨烯/导电高分子(2)、石墨烯/镍铝双合金(2)、石墨烯/二氧化锰(1)、石墨烯/锌铝氧化物(1)
东华大学	5	石墨烯/二氧化锰(2)、石墨烯/银(1)、双电层(1)、石墨烯/氢氧化镍(1)
上海大学	5	石墨烯/氧化镍(1)、石墨烯/氧化铜(1)、石墨烯/四氧化三钴(1)、石墨烯/二氧化锰(1)、石墨烯/碳微球(1)

吉林大学	4	石墨烯/氢氧化镍（1）、双电层（1）、石墨烯/氢氧化钴（2）、
武汉工程大学	4	石墨烯/导电高分子（3）、双电层（1）、
西北师范大学	4	石墨烯/导电高分子（2）、石墨烯/碳微球（1）、石墨烯/钴铝氢氧化物（1）
中国科学技术大学	4	双电层（1）、石墨烯/导电高分子（1）、氮掺杂（1）、石墨烯/二氧化锰（1）
企业		
海洋王照明科技股份有限公司	33	双电层（6）、石墨烯/导电高分子（8）、石墨烯/碳纳米管（2）、石墨烯/非晶碳（3）、氮掺杂（3）、硼掺杂（1）、锂离子电池电容器（9）、石墨烯/二氧化锰（1）、
常州第六元素材料股份有限公司	4	氮掺杂（1）、石墨烯/氢氧化镍（1）、多孔石墨烯（1）、固体电解电容器（1）
成都市华森电子信息产业有限责任公司	2	双电层（2）
江苏苏美仑智能科技有限公司	2	石墨烯/钴硫化物（2）
上海奥威科技开发有限公司	2	双电层（1）、锂离子电池电容器（1）
武汉国墨新材料技术有限公司	2	双电层（1）、石墨烯/导电高分子（1）
中国第一汽车股份有限公司	2	石墨烯/二氧化锰（1）、锂离子电池电容器（1）
中国科学院		
中国科学院电工研究所	5	石墨烯/导电高分子（2）、石墨烯/氧化钪（1）、双电层（1）、锂离子电池电容器（1）
中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所	4	石墨烯/氢氧化物（2）、石墨烯/二氧化锰（1）、石墨烯/导电高分子（1）
中国科学院宁波材料技术与工程研究所	3	石墨烯/导电高分子（1）、石墨烯/非晶碳（1）、双电层（1）
国外重要申请人		
巴特利纪念研究院	1	石墨烯/金属氧化物（1）
独立行政法人物质・材料研究机构	1	石墨烯/碳纳米管（1）
国立大学法人东京农工大学	1	石墨烯/氧化钪（1）

韩国科学技术院	1	膜式超级电容器（1）
---------	---	------------

表5-6-5 锂离子电池重要专利申请人

机构名称	专利数量 (件)	技术方案
大学		
浙江大学	35	石墨烯/金属硫化物负极材料（19）、石墨烯/金属氧化物负极材料（9）、石墨烯/合金负极材料（1）、石墨烯负极（2）、
上海交通大学	11	石墨烯/金属氧化物负极材料（4）、石墨烯负极（2）、石墨烯/硅负极材料（2）、石墨烯/碳微球（1）、石墨烯/磷酸铁锂（3）
上海大学	8	石墨烯/金属氧化物负极材料（4）、石墨烯/磷酸铁锂（1）、石墨烯/合金负极材料（1）、石墨烯/硅酸锰锂（1）、石墨烯/磷酸钒锂（1）
天津大学	7	石墨烯负极（2）、导电添加剂（1）、石墨烯/铝负极材料（1）、石墨烯/正极材料（1）、石墨烯/硅负极材料（1）、石墨烯/磷酸铁锂（1）
北京化工大学	4	导电添加剂（1）、石墨烯/金属氧化物负极材料（2）、石墨烯改性碳负极材料（1）
华南理工大学	4	石墨烯/钛酸锂（1）、石墨烯/金属氧化物负极材料（1）、石墨烯/合金负极材料（2）
清华大学深圳研究院	4	石墨烯/钛酸锂（1）、石墨烯/金属氧化物负极材料（1）、石墨烯/碳负极材料（1）、石墨烯/硅（1）
清华大学	3	石墨烯/金属氧化物负极材料（2）、集流体（1）
企业		
海洋王照明科技股份有限公司	24	石墨烯/正极材料（10）、石墨烯/钛酸锂（1）、石墨烯/硅（8）、集流体（2）、石墨烯/合金负极材料（2）、石墨烯/金

		属氧化物负极材料（1）
上海锦众信息科技有限公司	5	石墨烯/金属氧化物负极材料（1）、石墨烯/钛酸锂（1）、石墨烯/合金负极材料（3）
常州第六元素材料股份有限公司	3	石墨烯改性石墨负极材料（1）、石墨烯/磷酸铁锂（1）、石墨烯/二氧化钛（1）
上海中聚佳华电池科技有限公司	3	石墨烯/铁酸锰（1）、石墨烯/金属氧化物负极材料（2）
江苏乐能电池股份有限公司	2	石墨烯/磷酸铁锂（2）
深圳市贝特瑞新能源材料股份有限公司	2	导电添加剂（1）、石墨烯/正极材料（1）
深圳市德方纳米科技有限公司	2	石墨烯/正极材料（2）
中国科学院		
中国科学院宁波材料技术与工程研究所	7	石墨烯/磷酸铁锂（3）、导电添加剂（1）、集流体（2）、石墨烯改性石墨负极材料（1）
中国科学院过程工程研究所	4	石墨烯/正极材料（1）、石墨烯/磷酸铁锂（1）、石墨烯/锰酸锌（1）、石墨烯/钛酸锂（1）
中国科学院金属研究所	4	石墨烯/钛酸锂（1）、石墨烯/二氧化钛（1）、石墨烯/金属氧化物负极材料（2）、集流体（1）
中国科学院上海硅酸盐研究所	3	石墨烯/磷酸铁锂（2）、石墨烯/金属氧化物负极材料（1）
国外重要申请人		
株式会社半导体能源研究所	15	石墨烯/硅（6）、导电添加剂（1）、石墨烯/正极材料（8）
巴特尔纪念研究院	3	石墨烯/金属氧化物负极材料（3）
巴莱诺斯清洁能源控股公司	2	石墨烯负极（1）、石墨烯/正极材料（1）
巴斯夫欧洲公司	2	石墨烯/金属氧化物负极材料（2）
纳米技术仪器公司	2	粘结剂（1）、导电添加剂（1）
富士重工业株式会社	1	石墨烯/碳复合负极材料（1）

表5-6-6 储能其他技术分支重要专利申请人

机构名称	专利数量 (件)	技术方案
光伏		
中国科学院上海硅酸盐研究所	7	石墨烯/陶瓷薄膜电极(1)、背接触电极(3)、石墨烯/量子点复合薄膜电极(1)、石墨烯/铜纳米线复合薄膜电极(1)、石墨烯/无机纳米微粒复合电极(1)
东南大学	6	石墨烯/纳米半导体薄膜电极(2)、石墨烯/纳米金属薄膜(1)、石墨烯/氧化锌电极(1)、石墨烯薄膜电极(2)
清华大学	4	薄膜电极(4)
成都电子科技大学	3	薄膜电极(3)
上海大学	3	石墨烯/硫化镉电极(2)、薄膜电极(1)
同济大学	3	有机太阳能电极材料(1)、石墨烯/二氧化钛电极(1)、石墨烯/碳纳米管电极(1)
香港中文大学	3	背电极层(1)、栅电极(1)、导电窗口层(1)
中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所	3	薄膜电极(1)、石墨烯/半导体多结级联太阳能电池(1)、石墨烯/金属复合电极(1)
铅酸电池		
哈尔滨工业大学	2	铅碳电极(2)
浙江南都电源动力股份有限公司	2	铅碳电极(2)
燃料电池		
财团法人工业技术研究院	1	质子交换膜(1)
通用汽车环球科技运作公司	1	SS 双极板(1)
现代自动车株式会社	1	复合电解质膜(1)

5.6.2.2 电子信息

从石墨烯在电子信息领域的专利构成来看(见图 5-6-7),石墨烯在电子信息方面的专利申请共 518 件,主要集中在半导体器件、柔性透明器件、散热、电子

封装等领域，其中申请量较多的主要有半导体器件（专利申请量 346 件，占总申请量的 67%）；柔性透明器件（专利申请量 90 件，占总申请量的 17.4%）；散热（专利申请量 46 件，占总申请量的 8.9%）；另外还包括声学（9 件）和电子显微镜（10 件）领域的应用。

石墨烯在半导体器件领域的具体应用主要集中在场效应晶体管（104 件）、发光器件（41 件）、光电转换（39 件）、激光器（29 件）、石墨烯图案化（35 件）、存储器（15 件）、通信（6 件）、介电材料（5 件）和其他半导体器件（71 件）；石墨烯在柔性透明器件领域的具体应用主要集中在薄膜电极（73 件）、触摸屏（11 件）等方面；石墨烯在散热方面的具体应用主要集中在散热膜/涂层（30 件）、散热涂料（5 件）等方面。结合表 5-6-7，可以看出，电子信息领域专利申请数较多的申请人主要集中在高校和中科院，并且以半导体器件以及柔性透明器件的专利申请为主，另外还涉及到少量电子封装和散热材料方面的专利申请。

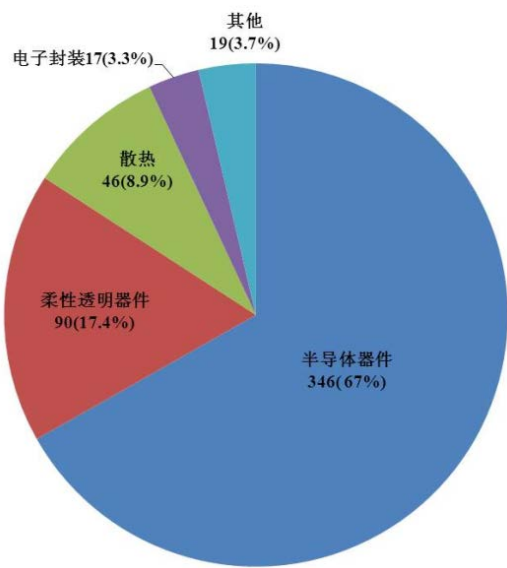


图5-6-7 石墨烯电子信息专利类型构成

表5-6-7 电子信息重要专利申请人

机构名称	专利数量 (件)	技术方案
大学		
清华大学	32	电子封装（1）、发声装置（7）、柔性透明器件（6）、透射电镜微栅（5）、半导体器件（13）、
成都电子科技大学	29	电子封装（1）、柔性透明器件（3）、半导体器件（25）
西安电子科技大学	25	半导体器件（25）
北京大学	22	半导体器件（22）

东南大学	14	柔性透明器件（1）、电镜探针（1）、半导体器件（12）
复旦大学	14	半导体器件（14）
北京工业大学	13	半导体器件（12）、柔性透明器件（1）
南京邮电大学	12	半导体器件（12）
上海交通大学	8	半导体器件（3）、散热材料（2）、柔性透明器件（3）
天津大学	7	电子封装（1）、散热材料（1）、柔性透明器件（1）、半导体器件（4）
福州大学	6	柔性透明器件（1）、半导体器件（5）
厦门大学	5	半导体器件（5）
企业		
京东方科技集团股份有限公司	17	半导体器件（13）、柔性透明器件（4）
泰州巨纳新能源有限公司	8	半导体器件（8）
无锡力合光电薄膜	8	柔性透明器件（8）
常州碳元科技发展有限公司	7	半导体器件（1）、散热材料（6）
上海集成电路研发中心有限公司	4	半导体器件（4）
深圳力合光电传感技术有限公司	4	半导体器件（1）、柔性透明器件（3）
中芯国际	4	半导体器件（4）
重庆启越涌阳电子科技有限公司	3	半导体器件（3）
中国科学院		
中国科学院上海微系统与信息技术研究所	12	半导体器件（12）
中国科学院微电子研究所	12	半导体器件（12）
国家纳米科学中心	7	柔性透明器件（4）、半导体器件（3）
中国科学院半导体研究所	7	半导体器件（6）、拉曼表征系统（1）
中国科学院物理研究所	7	半导体器件（7）
中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所	6	半导体器件（3）、显微镜探针（1）
中国科学院化学研究所	3	半导体器件（3）
中国科学院金属研究所	3	半导体器件（3）

重庆绿色智能研究院	3	柔性透明器件（3）
国外重要申请人		
三星电子株式会社	21	散热材料（1）、半导体器件（20）
国际商业机器公司	8	柔性透明器件（1）、半导体器件（6）、散热材料（1）
诺基亚公司	3	柔性透明器件（1）、半导体器件（2）
索尼公司	3	柔性透明器件（1）、半导体器件（2）

5.6.2.3 复合材料

从石墨烯在复合材料领域的专利构成来看（见图 5-6-8），石墨烯在复合材料方面的专利申请共 661 件，主要集中在导电/导热材料、催化剂、吸波材料、阻隔材料、磁性材料等领域，其中申请量较多的主要有导电/导热材料（专利申请量 251 件，占总申请量的 38%）；催化剂（专利申请量 125 件，占总申请量的 18.9%）；吸波材料（专利申请量 73 件，占总申请量的 11%）；另外还包括石墨烯/纳米金（银）复合材料（25 件）和相变材料（5 件）等领域的应用。

石墨烯在导电/导热材料领域的具体应用主要集中在导电聚合物（23 件）、导电纤维（4 件）、导电陶瓷（3 件）、导电油墨（7 件）以及抗静电材料（13 件）等方面；石墨烯在催化剂领域的具体应用主要包括燃料电池催化剂（74 件）、污水处理-光催化（116 件）、有机合成（23 件）、催化制氢（9 件）、锂空电池催化剂（8 件）、燃烧催化剂（5 件）、光催化杀菌（5 件）以及废气脱硝处理（5 件）等方面；石墨烯在阻隔材料领域的具体应用包括防腐蚀（24 件）、阻燃材料（10 件）等方面；石墨烯在增强/表面处理领域的具体应用包括石墨烯改性聚合物（104 件）以及石墨烯改性无机材料（20 件）。

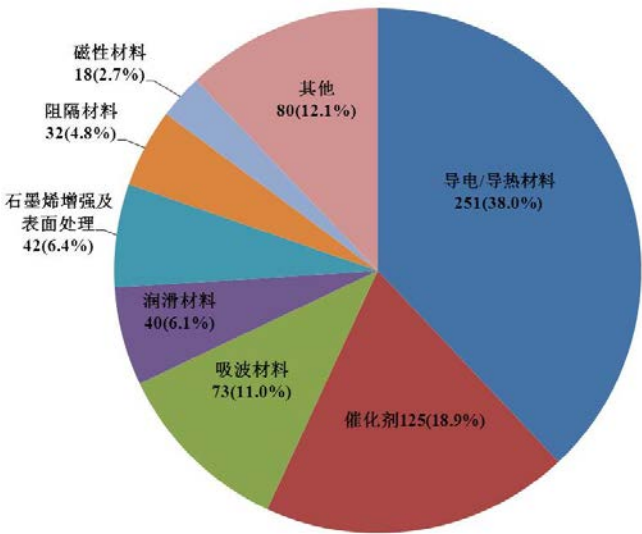


图5-6-8 石墨烯复合材料专利类型构成

结合表 5-6-8，可以看出，石墨烯复合材料专利重要申请人中，高校申请的

专利主要集中在磁性材料、催化剂树脂/高分子聚合物以及导电/抗静电等领域；企业申请的专利主要集中在防腐、增强、抗静电、润滑等领域；中科院及其他研究机构申请的专利主要集中在催化剂、增强聚合物、增强无机物等领域；国外机构申请的专利则主要集中在增强树脂/橡胶、防腐等领域。

表5-6-8 复合材料重要专利申请人

机构名称	专利数量 (件)	技术方案
大学		
浙江大学	20	磁性材料(3)、燃料电池催化剂(5)、有机合成催化剂(3)、光催化(1)、导电纤维(2)、润滑(1)、聚合物纤维增强(4)、密封胶(1)
东华大学	19	磁性材料(7)、润滑(3)、聚合物纤维增强(2)、吸波材料(1)、光催化(6)
上海交通大学	18	磁性材料(1)、燃料电池催化剂(1)、光催化(4)、导电聚合物(2)、润滑(1)、石墨烯增强碳膜(1)、石墨烯增强金属复合物(2)、石墨烯增强高分子聚合物(5)、吸波材料(1)
江苏大学	17	燃料电池催化剂(3)、光催化(11)、润滑(3)
哈尔滨工业大学	17	磁性材料(3)、光催化(4)、喷墨打印(2)、润滑(2)、阻尼器件(1)、吸波材料(1)、增强树脂(4)
北京化工大学	13	燃料电池催化剂(2)、光催化(2)、脱硝催化剂(1)、导电树脂(1)、抗静电轮胎(1)、石墨烯增强橡胶(5)、增强树脂(1)
南京理工大学	12	燃料电池催化剂(3)、光催化(5)、增强橡胶(2)、增强高分子聚合物(1)、阻燃材料(1)
常州大学	11	磁性材料(1)、光催化(5)、导电高分子(3)、抗静电层(1)、增强高分子(1)
企业/研究所		

北京化工大学常州先进材料研究所	14	燃料电池催化剂（9）、锂空电池催化剂（5）
中国电力科学研究院	7	导线（7）
合肥云荣机电科技	5	耐腐蚀涂层（5）
海洋王照明	3	燃料电池催化剂（2）、导电高分子（1）
上海亿霖润滑材料	3	润滑（3）
湖南元素密码石墨烯研究院	2	光催化（2）
南京科孚纳米技术	2	导线（1）、防腐涂料（1）
四川省金路树脂	2	石墨烯增强聚氯乙烯（2）
泰州巨纳新能源	2	石墨烯增强聚氯乙烯（1）、汽车面漆（1）
中国科学院		
中科院上海硅酸盐研究所	5	光催化（1）、导电陶瓷（3）、增强混凝土（1）
中科院理化技术研究所	3	有机合成催化剂（1）、燃料电池催化剂（1）、增强环氧树脂（1）
中科院宁波材料所	3	光催化（1）、导电涂料（1）、导电油墨（1）
中科院山西煤炭化学所	2	燃料电池催化剂（2）
中科院长春应用化学研究所	3	增强环氧树脂（1）、增强硅胶（1）、增强聚乳酸（1）
国外重要申请人		
积水化学工业株式会社	3	增强树脂（3）
普林斯顿大学理事会	1	增强橡胶（1）、抗静电涂料（1）、隔绝气体（1）
POSCO 公司	2	导电树脂（1）、防腐涂层（1）
三星电机株式会社	2	绝缘层（1）、增强树脂（1）

5.6.2.4 生物医药

从石墨烯在生物医药领域的专利构成来看（见图 5-6-9），石墨烯在生物医药方面的专利申请共 93 件，主要集中在药物载体、抗菌材料、量子点、人造骨骼等领域，其中申请量较多的主要有药物载体（专利申请量 35 件，占总申请量的 37.6%）；抗菌材料（专利申请量 18 件，占总申请量的 19.4%）；量子点（专利申请量 16 件，占总申请量的 17.2%）；另外还包括声学（9 件）和电子显微镜（10

件）领域的应用。



图5-6-9 石墨烯生物医药专利类型构成

结合表 5-6-9，可以看出，生物医药领域专利申请数量较多的机构主要集中在高校和中科院。其中，高校的专利申请以药物载体、量子点、抗菌材料为主；中科院的专利申请以药物载体、细菌培养、DNA 方面的应用为主。

表5-6-9 生物医药重要专利申请人

机构名称	专利数量 (件)	技术方案
大学		
上海交通大学	6	量子点（3）、心电电极（1）、药物载体（1）、DNA 切割（1）
郑州大学	4	药物载体（4）
复旦大学	3	量子点（2）、药物载体（1）
江苏大学	3	抗菌材料（1）、人造骨骼（1）、药物载体（1）
上海师范大学	3	药物载体（3）
南京大学	3	抗菌材料（1）、量子点（1）、药物载体（1）
重庆大学	3	抗菌材料（1）、生物电极（2）
中国科学院		
中国科学院纳米技术与纳米仿生研究所	6	细胞培养（2）、药物载体（4）

中国科学院上海应用物理研究所	6	抗菌材料(3)、DNA 稳定剂(2)、DNA 复制(1)
----------------	---	------------------------------

5.6.2.5 传感器

从石墨烯在传感器领域的专利构成来看（见图 5-6-10），石墨烯在传感器方面的专利申请共 204 件，主要集中在生物/化学传感器（专利申请量 181 件，占总申请量的 88.7%）和物理传感器（专利申请量 23 件，占总申请量的 11.3%）。

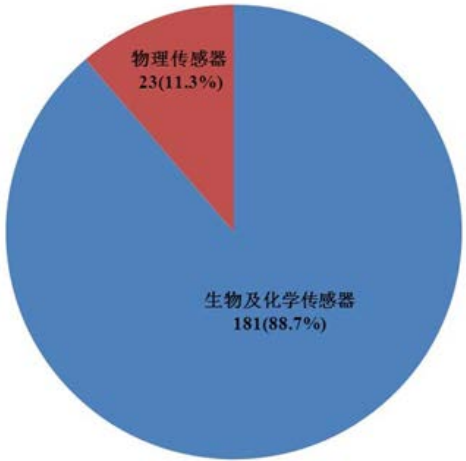


图5-6-10 石墨烯传感器专利类型构成

结合表 5-6-10，可以看出，生物医药领域的中国重要申请人集中于高校，并且以生物/化学传感器为主，专利申请多集中在农药残留物检测、温度/湿度传感器、气体传感器等方面；国外重要申请人在物理传感器领域有较多专利申请，主要有光探测器件、压电传感器和热电转换等。

表5-6-10 生物医药重要专利申请人

机构名称	专利数量（件）	技术方案
大学		
济南大学	13	农药残留物检测(3)、多巴胺检测(1)、环境雌激素检测(1)、多环芳烃检测(1)、肿瘤标志物检测(3)、抗生素检测(2)、双酚 A 检测(1)、黄曲霉毒素检测(1)
东南大学	9	温度/湿度传感器(2)、生物分子传感器(1)、湿度传感器(2)、气体传感器(1)、生物分子传感器(1)、紫外光照射量检测(2)

苏州大学	5	气体传感器（4）
浙江大学	4	湿度传感器（2）、离子浓度检测（1）、气体传感器（1）
哈尔滨工业大学	3	气体传感器（2）、温度传感器（1）
江南大学	3	葡萄糖球菌检测（1）、有机磷检测（1）、多环芳烃检测（1）
同济大学	3	葡萄糖检测（1）、有机磷检测（1）、温度传感器（1）
中国农业大学	3	有机磷农药检测（3）
企业		
泰州巨纳新能源有限公司	3	气体传感器（3）
广州盈思传感科技有限公司	1	重金属检测
无锡百灵传感技术有限公司	1	气体检测
中国科学院		
中国科学院宁波材料科学与技术研究所	2	水体有机物检测（2）
国外重要申请人		
诺基亚公司	2	光探测（1）、压电传感器（1）
国际商业机器公司	1	光探测
英飞凌科技股份有限公司	1	生物化学传感器
富士通株式会社	1	热电转换
法国原子能及替代能源委员会	1	气体传感器

5.6.2.6 水处理

从石墨烯在水处理领域的专利构成来看（见图 5-6-11），石墨烯在水处理方面的专利申请共 59 件，主要集中在吸附（专利申请量 33 件，占总申请量的 56%）；过滤（专利申请量 15 件，占总申请量的 25.4%）；脱盐（专利申请量 6 件，占总申请量的 10.2%）。

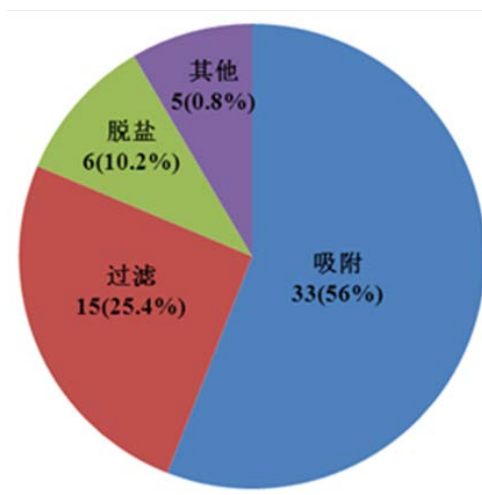


图5-6-11 石墨烯水处理专利类型构成

结合表 5-6-11，可以看出，水处理领域的重要申请人集中于高校，专利申请以有机物吸附、重金属吸附、过滤分离等技术方案为主方面；中科院和企业也有少量专利申请，主要是吸附有机物/重金属、脱盐等。

表5-6-11 水处理重要专利申请人

机构名称	专利数量 (件)	技术方案
大学		
山东大学	5	有机物吸附（4）、铅吸附（1）
湖南大学	3	重金属吸附（3）
武汉工程大学	3	重金属吸附（2）、水体有机物吸附（1）
大连理工大学	3	过滤分离（2）、吸油（1）
上海大学	3	脱盐（3）
浙江大学	3	过滤分离（3）
济南大学	2	重金属吸附（2）
清华大学	2	有机磷吸附（1）、过滤分离（1）
山西大学	2	水体有机物吸附（2）
浙江工商大学	2	过滤分离（2）
企业		
常熟南师大发展研究院有限公司	1	脱盐（1）

中国科学院		
中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所	1	吸附重金属（1）
中国科学院金属研究所	1	吸附有机物（1）

5.6.2.7 功能材料

从石墨烯在功能材料领域的专利构成来看（见图 5-6-12），石墨烯在功能材料方面的专利申请共 106 件，主要集中在石墨烯接枝改性（专利申请量 81 件，占总申请量的 76.4%）；石墨烯掺杂改性（专利申请量 25 件，占总申请量的 23.6%）。

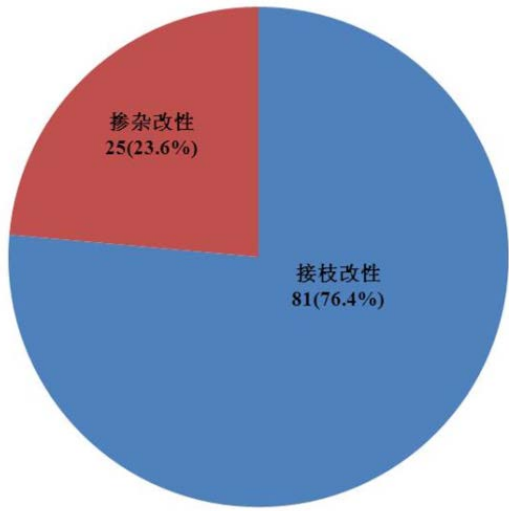


图5-6-12 石墨烯功能材料专利类型构成

结合表 5-6-12，可以看出，功能材料领域的专利申请相对比较活跃，重要申请人集中于高校，专利申请多集中在接枝改性、氮掺杂、氟掺杂等方面；国外申请人则以掺杂改性为主。

表5-6-12 功能材料重要专利申请人

机构名称	专利数量 (件)	技术方案
大学		
华南理工大学	6	氮掺杂（2）、苯并唑功能化（1）、不饱和羧酸功能化（1）、环氧树脂复合（1）、聚醚胺功能化（1）
南京大学	5	氮掺杂（3）、硅烷偶联剂修饰（1）、巯基修饰（1）
浙江大学	5	氮掺杂（1）、巯基修饰（1）、甘油醚接枝（1）、叠氮基修饰（1）、聚乙烯接枝（2）

南京理工大学	4	超分子杂化（2）、聚苯乙烯接枝（1）、羟基化（1）
苏州大学	4	原子掺杂（1）、聚乙二醇修饰（2）、聚合物接枝（1）
北京大学	3	氮掺杂（1）、酰胺基修饰（1）、共价化学修饰（1）
黑龙江大学	3	氮掺杂（1）、高分子接枝（1）、环糊精修饰（1）
南京师范大学	3	羧基化改性（3）
天津工业	3	有机小分子修饰（1）、氟化石墨烯（1）、聚乳酸功能化（1）
企业		
海洋王照明	13	氮掺杂（8）、离子液体修饰（1）、氟化石墨烯（4）
杭州格蓝丰纳米科技有限公司	1	氟化石墨烯（1）
中国科学院		
中科院长春应化所	2	烯醇化合物修饰（1）、离子液体功能化（1）
中科院化学研究所	2	氮掺杂（1）、卤化石墨烯（1）
中科院上海硅酸盐研究所	2	硼掺杂（1）、氨基修饰（1）
国外申请人		
曼切斯特大学	1	氟化石墨烯（1）
蒙特克莱尔州立大学	1	配位集团修饰（1）
莫纳什大学	1	凝胶修饰（1）
三星电子株式会社	1	硼氮掺杂（1）
希尔莱特有限责任公司	1	原子掺杂（1）
新加坡国立大学	1	空穴掺杂（1）

5.6.2.8 结构材料

从石墨烯在结构材料领域的专利构成来看（见图 5-6-13），石墨烯在结构材料方面的专利申请共 166 件，主要集中在石墨膜材料（专利申请量 43 件，占总申请量的 25.9%）；石墨烯气凝胶（专利申请量 37 件，占总申请量的 22.3%）；碳纤维（专利申请量 30 件，占总申请量的 18.1%）；石墨烯/碳纳米管（专利申请量 26 件，占总申请量的 15.7%）；多孔石墨烯（专利申请量 21 件，占总申请量的 12.7%）。



图5-6-13 石墨烯结构材料专利类型构成

结合表 5-6-13，可以看出，结构材料领域的专利申请相对比较活跃，高校专利申请集中于气凝胶、石墨烯/碳纳米管复合材料、石墨烯增强碳纤维、石墨烯碳纤维等领域；企业专利申请集中于多孔石墨烯、石墨烯/碳纳米管复合材料等领域；中科院专利申请以多孔石墨烯、石墨烯增强碳纤维以及气凝胶为主；国外申请人则以石墨烯增强碳纤维、石墨烯碳纤维、气凝胶为主。

表5-6-13 结构材料重要专利申请人

机构名称	专利数量 (件)	技术方案
大学		
清华大学	11	多孔石墨烯（2）、氧化石墨烯修饰碳纤维（1）、石墨烯/碳纳米管复合材料（8）
哈尔滨工业大学	8	气凝胶（1）、高分子复合碳化膜（1）、纳米纸（1）、氧化石墨烯修饰碳纤维（3）、石墨烯导电膜（2）
北京理工大学	7	气凝胶（5）、石墨烯纤维（2）
天津大学	7	气凝胶（2）、铜/石墨烯复合薄膜（1）、石墨烯/碳纳米管复合材料（2）、氧化石墨烯薄膜（2）
天津工业大学	7	石墨烯/碳纳米管复合材料（1）、石墨烯增强碳纤维（6）
东南大学	6	气凝胶（5）、碳修饰薄膜（1）

浙江大学	6	气凝胶（1）、石墨烯增强碳纤维（1）、石墨烯碳纤维（4）
北京大学	4	多孔石墨烯（1）、石墨烯纸（1）、石墨烯纳米带（1）、石墨烯互联结构（1）
上海交通大学	4	气凝胶（1）、氧化石墨烯膜改性（3）
成都电子科技大学	3	多孔石墨烯（1）、高分子/石墨烯复合薄膜（1）、石墨烯/碳纳米管复合材料（1）
东华大学	3	石墨烯增强碳纤维（3）
复旦大学	3	气凝胶（1）、疏水膜（1）、高分子增强膜（1）
南京邮电大学	3	气凝胶（1）、导电膜（1）、石墨烯/碳纳米管复合（1）
企业		
海洋王照明	7	多孔石墨烯（2）、石墨烯纸（1）、石墨烯/碳纳米管复合材料（3）、氧化石墨烯膜（1）
常州第六元素	7	多孔石墨烯（7）
中国科学院		
中科院宁波材料技术与工程研究所	7	多孔石墨烯（3）、石墨烯增强碳纤维（3）、石墨烯管（1）
中科院上海硅酸盐研究所	6	气凝胶（4）、导电膜（1）、石墨烯管（1）
国家纳米科学中心	3	氧化石墨烯膜（2）、石墨烯/碳纤维复合材料（1）、
中科院金属研究所	3	气凝胶（2）、氧化石墨烯膜（1）
中科院山西煤炭化学研究所	3	气凝胶（1）、石墨烯增强碳纤维（1）、氧化石墨烯膜（1）
国外重要申请人		
泰科电子公司	2	气凝胶（2）
帝人芳纶有限公司	1	石墨烯碳纤维（1）
罗尔股份有限公司	1	石墨烯增强碳纤维（1）
仁济大学	1	石墨烯/碳纳米管复合材料（1）
三星电子株式会社	1	树脂涂层（1）
株式会社物产纳米技术研究所	1	石墨烯碳纤维（1）

5.7 我国石墨烯技术研究的潜在知识产权风险分析

本部分从专利申请数量、申请人数量两方面，对国外、国内申请人在我国申请的石墨烯专利分布状况进行对比，分析了我国在石墨烯技术领域存在的潜在知识产权风险⁶⁴。

从表 5-6-7 可以看出，我国在石墨烯应用于储能、传感器、水处理、结构材料、复合材料、生物材料和功能材料七大领域的总体知识产权风险都较低，而在电子信息领域的知识产权风险处于中等。具体来看：（1）在电子信息领域，我国在半导体器件、柔性透明器件、电子封装、散热等方面的知识产权风险处于中等，在电子显微镜领域的知识产权风险较低；（2）在复合材料应用领域，我国在导电/导热材料方向的知识产权风险处于中等，而在催化剂载体、吸波材料、润滑材料、阻隔材料等方面的知识产权风险相对较低；（3）在储能、光伏、传感器、水处理、生物医药、结构材料和功能材料领域总体知识产权风险都较低，这可能是由于外国机构尚未在我国开展相关专利布局，或申请的专利尚未公开。

表5-6-7 我国石墨烯技术领域潜在知识产权风险分析

申请量		石墨烯在华专利总量：3177 件。其中，国内申请 2908 件，国外申请 269 件。																			
应用领域		储能							传感器			水处理				结构材料					
		总体	超级电容器	锂离子电池	光伏	铅酸电池	燃料电池	锂硫/锂空电池	总体	生物化学传感器	物理传感器	总体	脱盐	吸附	过滤	总体	气凝胶	石墨烯膜	石墨烯/碳纳米管	多孔石墨烯	碳纤维
国外	申请数量（件）	47	5	30	6	0	3	2	6	3	3	0	0	0	0	7	2	1	1	0	3
	申请人数量（个）	20	5	11	4	0	3	2	5	3	2	0	0	0	0	6	1	1	1	0	3
国内	申请数量（件）	560	187	258	70	8	9	23	104	87	17	59	6	24	14	159	35	42	25	21	27
	申请人数量（个）	180	72	108	40	6	6	18	57	46	15	37	4	19	11	59	21	28	14	12	11
我国知识产权风险情况		较低风险							较低风险			较低风险				较低风险					
		较	较	较	较	较	较	较	较	较	较	较	较	较	较	较	较	较	较	较	较

⁶⁴ 由于主要是分析了在华专利，所以将风险等级分为：较高风险、中等风险和较低风险三个等级。

		低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	
申请量		石墨烯在华专利总量：3177 件。其中，国内申请 2908 件，国外申请 269 件。																					
应用领域		复合材料								电子信息						生物医药					功能材料		
		总体	导电 导热材料	吸波材料	磁性材料	润滑材料	阻隔材料	增强及表面 处理	催化剂	总体	柔性透明 器件	半导体器件	电子封装	散热材料	显微镜	总体	量子点	药物载体	抗菌材料	人造骨骼	总计	掺杂改 性	接枝改 性
国 外	申请 数量 (件)	33	8	1	1	2	5	9	5	77	16	52	2	9	0	0	0	0	0	0	6	2	4
	申请 人数 量 (个)	26	8	1	1	2	4	11	4	39	15	23	1	9	0	0	0	0	0	0	6	2	4
国 内	申请 数量 (件)	548	65	17	38	30	37	114	246	7431	303	1537	15	37	10	93	16	35	18	8	100	23	77
	申请 人数 量 (个)	186	39	14	24	22	26	59	95	1226	44	77	12	27	6	50	11	23	14	7	62	20	42
我国知识 产权风险 情况		较低风险								中等风险						较低风险					较低风险		
		较 低	中 等	较 低	较 低	较 低	较 低	较 低	较 低	中 等	中 等	中 等	中 等	中 等	较 低	较 低	较 低	较 低	较 低	较 低	较 低	较 低	较 低

5.8 小结

本章基于国家知识产权局的数据，对在我国申请的石墨烯专利进行了重点深入分析。

从专利数量的年度分布情况来看，我国石墨烯专利申请数量从 2008 年才开始快速增长，尤其是 2011 和 2012 年，石墨烯专利申请数量出现爆炸性增长；从国内、国外申请人的年度变化情况来看，国外申请人在我们申请的专利数量一致较少，增长缓慢；从专利类型来看，截至目前，我国受理的石墨烯专利申请一直是以发明专利为主；从来源国来看，91.5%的专利申请来自国内，剩余 8.5%主要来自美国（68 件）、韩国（55 件）、日本（59 件）等；从法律状态来看，未决专

利申请占到了 77.5%，已取得授权的专利仅占 18.7%。

从专利申请人类型来看，大学和企业目前是我国石墨烯专利申请的主力军。大学单元的申请人数量占全部的 31.3%，专利申请数量占全部的 60%；企业单元的申请人数量占比 39.9%，专利申请数量占全部的 19.6%；中国科学院的申请人数量和专利申请数量所占比例分别为 5.5%和 12.2%；其他研究机构和个人单元的申请人数量和专利申请数量所占比例都较少。来华申请人以企业为主，申请数量占到 63%，研究机构和大学分别占 20%和 12.5%。

从专利申请人合作关系来看，在石墨烯产业化方面国内外都有相关的产学研合作。目前比较重要的合作关系包括上海交通大学和上海中聚佳华电池科技有限公司、上海飞机制造有限公司等；清华大学和鸿富锦精密工业(深圳)有限公司、中国平煤神马能源化工集团有限责任公司等；中国科学院上海硅酸盐研究所和盘固水泥集团有限公司、常州盘石水泥有限公司等。国外机构有三星电子株式会社和首尔大学校产学协力团、韩国科学技术院等；普林斯顿大学理事会和沃尔贝克材料有限公司、巴特尔纪念研究院等。

从石墨烯制备技术来看，目前石墨烯制备方法主要是通过 Top-Down 和 Bottom-up 途径，其中 Top-Down 途径主要有机械剥离、液相剥离、化学氧化剥离等；Bottom-up 途径主要包括化学气相沉积、外延生长、有机合成等；另外石墨烯装备方面的专利包括通过 Bottom-up 途径制备石墨烯薄膜以及转移石墨烯薄膜的方法和设备和以石墨为原料通过 Top-Down 途径制备石墨烯的相关设备。

从石墨烯应用领域来看，石墨烯应用研究方面的专利申请主要集中在储能（锂离子电池、超级电容器、燃料电池等）与光伏、复合材料（催化剂、导电/导热材料、吸波材料等）、电子信息（柔性透明器件、半导体器件、电子封装等）、传感器（生物及化学传感器、物理传感器）等八大领域，其中申请量较多的主要有储能、复合材料和电子信息领域。近年来，石墨烯在生物医药领域、水处理、功能和结构材料方面的应用也在逐渐受到关注。

从国内外对比来看，目前国内专利申请人在所有技术点都进行了大量的专利布局。国外申请主要集中在半导体器件、柔性透明导电器件等电子信息领域、导电/导热材料、增强及表面处理等复合材料领域和锂离子电池、超级电容器等储能领域。

从知识产权风险来看，我国在石墨烯应用于储能、传感器、水处理、结构材料、复合材料、生物材料和功能材料七大领域的总体知识产权风险都较低，而在电子信息领域的知识产权风险处于中等。

6、结论与启示

6.1 结论

本报告在调研全球石墨烯技术研发背景的基础上,分析了全球石墨烯技术的整体专利态势,并对美国和中国专利分别进行了有针对性的重点深入分析,以期客观展现石墨烯技术领域的专利布局现状,为我国就该领域的科研决策提供数据支持。通过前述分析,可以看出:

(1) 石墨烯相关专利的申请始于上世纪末,自 2010 年开始全球石墨烯专利申请数量开始急剧增长,并且每年都有大量的发明人和新技术条目出现。可以预测,在未来几年中,石墨烯技术的产业化应用将会进入快车道发展期。

(2) 目前,石墨烯专利技术的研究热点主要包括石墨烯的制备、石墨烯用作各种电池的电极材料、石墨烯用于制备半导体器件、石墨烯用于制备复合材料、石墨烯用于制作存储器件等。

(3) 目前,全球石墨烯相关专利的申请与受理主要集中在中国、美国、韩国、日本、欧专局以及德国等国家/地区,其中在中国境内的专利申请受理数量远超其他国家/地区。从专利保护情况来看,在美国、日本和韩国等国家境内的专利申请人多为企业,并且这些企业在中国其他国家都在积极进行专利申请;而在我国境内的石墨烯专利申请人多数是国内的高校和研究所,其在中国专利布局方面还很薄弱。

(4) 从全球石墨烯专利申请人的类型构成来看,企业在所有专利申请人中所占比例为 41%,大学、研究机构、个人申请人所占比例分别 35%、15%和 8%,这进一步表明石墨烯仍是一个新兴的技术领域,距离实现大规模的商业化仍有一段距离。从重要专利申请人的国别分布情况来看,专利申请数量不少于 20 件的共有 39 个申请人,其中 3 个来自美国,5 个来自日本,8 个来自韩国,1 个来自瑞典(诺基亚公司),而来自中国的申请人数量占比最高,多达 23 个,其中高校、研究院所共有 20 个,而企业仅有 3 家。

(5) 石墨烯美国专利的年度申请趋势与全球石墨烯专利申请数量的总体变化趋势基本一致。在所有石墨烯美国专利申请中,67.2%来自美国国内,32.8%来自美国以外的其他国家地区,其中来自其他国家的申请主要是通过世界知识产权组织的 PCT 途径向美国专利商标局(USPTO)提出。石墨烯美国专利数量较多的前 26 位申请人中来自美国国内和国外的申请人各占一半,重要机构包括韩国的三星电子、IBM、韩国科学技术研究院、贝克休斯公司、施乐公司、日本半导体能源实验室和美国纳米技术仪器公司等。

(6) 石墨烯中国专利的申请数量从 2008 年开始快速增长,绝大多数的专利申请和受理都集中在 2010-2012 年。从石墨烯中国专利的来源国来看,91.5%的专利申请来自国内,剩余 8.5%主要来自美国、韩国、日本等国家。2006 年以前的全部石墨烯中国专利申请均来自美国和日本。

(7) 从基于中国境内的石墨烯制备专利来看,目前石墨烯制备技术主要有两个途径: Top-Down 和 Bottom-up 途径。

Top-Down 途径制备石墨烯：国外申请人申请的专利主要涉及到绿色还原、机械剥离、电化学剥离、石墨烯分散液等，并且优先权日多集中在 2009 年，属于基础专利；国内申请人以高校和研究机构为主，其中涉及与国外申请人相同技术领域的专利申请日期大都在国外主要申请人之后，属于改进专利。而在液相剥离和石墨烯粉体制备技术领域，尚未检索到国外申请人在国内公开的专利申请文件，相对而言国内申请人在上述技术领域具有一定的优势。

Top-Down 途径制备石墨烯的装备：国外(地区)申请人中台湾中央研究院（申请日：2012.1.16）涉及电化学剥离及过滤清洗；韩国新正直技术株式会社（韩国优先权日：2009.8.11）涉及氧化还原制备及热剥离石墨烯；国内申请人中泰州巨纳新能源有限公司、贵州新碳高科有限责任公司、海洋王（东莞）照明科技有限公司等机构的专利申请主要集中于氧化还原制备及微波或热剥离制备，但是申请时间晚于韩国新正直技术株式会社，属于改进发明；同济大学涉及电化学剥离，时间晚于台湾中央研究院，属于改进发明；而中科院化学研究所在高温高压下进行有机插层剥离的专利申请于 2011.11.24，国外机构在我国尚未有相关专利公开。

Bottom-up 途径制备石墨烯：国外申请人在该领域申请的专利较少，相比较而言，我国申请人在化学气相沉积及外延生长方面具有较大优势，但是申请人主要集中在高校和中科院，企业参与力度很小，建议国家相关部分在政策方面加强引导和支持，推动在该技术领域的产学研合作。

Bottom-up 途径制备石墨烯薄膜装备：国外申请人中韩国三星（韩国优先权日：2011.3.24，2011.6.28）、韩国成均馆大学产学研协力团（韩国优先权日：2009.10.16）和日本索尼公司（日本优先权日：2011.7.6），主要是化学气相沉积生长石墨烯薄膜以及卷对卷连续生长石墨烯薄膜，并且申请日较早，属于本领域的基础专利。而国内申请人主要集中在使用化学气相沉积法卷对卷连续生长石墨烯薄膜、化学气相沉积生长石墨烯薄膜以及石墨烯生长支架、手机触摸屏用石墨烯透明导电薄膜切割等下游领域，并且申请时间都在 2011 年 12 月以后。从中可以看出国内中国申请人的专利主要以改进发明以及相关外围专利为主，虽然总体申请数量较多，企业和个人参与较多，但是申请人比较分散且相互间缺乏合作关系，在产业化方面具有一定的潜在风险。

Bottom-up 途径制备的石墨烯薄膜转移技术：国外申请人中韩国三星涉及石墨烯薄膜的转移（韩国优先权 2009.11.12、2010.8.11）及设备（韩国优先权 2011.11.19）。国内申请人在石墨烯薄膜转移方面的申请人绝大部分是高校和研究机构，企业几乎没有参与，其中除成都电子科技大学在 2010 年 1 月 15 日有两件石墨烯薄膜转移专利外，其他申请人在石墨烯薄膜转移领域的专利申请日都在韩国三星之后，并且没有大规模转移石墨烯薄膜的设备专利。我国在石墨烯薄膜转移方面具有一定的优势，但是需要加强在大规模转移石墨烯薄膜设备方面的专利布局。

（8）从石墨烯应用技术领域的中国知识产权风险来看，目前国内专利申请人在石墨烯的储能、传感器、电子信息、生物医药、复合材料、水处理、功能材料、结构材料等八大领域，都进行了广泛布局。国外申请人的专利布局则主要集中在半导体器件、柔性透明导电器件等电子信息领域。具体知识产权风险分析如下：

1、储能

在超级电容器方面，国外申请人中巴特尔纪念研究院（美国优先权日：2009.9.3）涉及石墨烯/金属氧化物，日本物质・材料研究机构(2010.12.2)涉及石墨烯/碳纳米管复合材料，国立大学法人东京农工大学(日本优先权日 2004.6.11)涉及石墨烯/氧化钨复合材料。上述专利申请时间较早，属于该领域的基础专利。国内申请人虽然在石墨烯/金属氧化物、石墨烯/氧化钨、石墨烯/碳材料方面有大量专利申请，但是都属于基于国外相关专利的改进发明，国内申请人在石墨烯/导电高分子、石墨烯掺杂改性等领域具有优势。

在锂离子电池方面，国外申请人中巴特尔纪念研究院（美国优先权日：2009.7.28）涉及石墨烯/金属氧化物，巴莱诺斯清洁能源控股公司（欧专局优先权日：2009.5.26、2010.10.22）涉及石墨烯改性锂离子电池正极和负极材料，巴斯夫欧洲公司（欧洲优先权日 2010.5.14）涉及石墨烯/金属或金属氧化物复合材料，纳米技术仪器公司粘结剂（美国优先权日：2007.11.5）导电添加剂、富士重工业株式会社（日本优先权日：2006.9.6）涉及石墨烯/碳复合负极材料。上述专利申请时间较早，属于该领域的基础专利。国内申请人则在石墨烯集流体、石墨烯/金属硫化物复合材料等领域具有优势。

另外，在太阳能电池和铅酸电池领域，国内申请人不仅申请时间较早，而且数量也比较多，在这两个领域具有较大优势，在燃料电池的质子交换膜方面，国外申请人占据主动位置。

总体来看，我国在石墨烯储能技术领域，超级电容器和锂离子电池领域专利申请数量较多，并且企业参与较多。因此，国内在上述领域具有一定的优势，但是也潜在一些知识产权方面的风险。另外，我国在太阳能电池和铅酸电池领域的技术优势明显，但是在燃料电池质子交换膜方面，国外申请人占主导地位。

2、复合材料

在复合材料领域，国内申请人在催化剂、增强树脂、吸波材料、磁性材料、抗静电材料、润滑材料等领域都有大量的专利申请，而国外申请人仅在增强树脂、抗静电涂料等领域有少量专利申请。

3、电子信息

在电子信息领域，国外申请人中主要是韩国三星和国际商业机器公司申请较多，主要集中在半导体器件和柔性透明器件，并且在该领域的专利申请数量在持续增长，说明国外申请人对该领域的重视。国内申请人则在半导体器件、柔性透明器件、散热材料、发声装置、透射电镜微栅、电子封装等领域都有大量专利申请。综合来看，国内在电子信息领域的知识产权风险处于中等。

4、结构材料

在结构材料领域，国外申请人中美国泰科电子公司（美国优先权 2008.12.4）涉及石墨烯和氧化石墨烯气凝胶、荷兰帝人芳纶有限公司(欧洲优先权日：2010.4.28)涉及石墨烯制备碳纤维、株式会社物产纳米技术研究所(日本 2004.3.31)涉及具有石墨烯结构的碳纤维、罗尔股份有限公司(美国优先权日：2006.5.2)涉及石墨烯增强碳纤维，上述专利申请时间较早，属于该领域的基础专

利。我国申请人在多孔石墨烯、石墨烯膜材料领域具有优势地位,但是在气凝胶、石墨烯制备碳纤维、石墨烯增强碳纤维领域虽然有大量的制备方法专利,但是也潜在一些知识产权方面的风险。

此外,我国在水处理、传感器、生物医药和功能材料领域具有较大的优势,国外申请人尚未在中国进行专利布局,建议相关部门加大政策扶持力度,进一步加强我国在该领域的领先地位。

6.2 启示

从前文多个角度的分析都可以看出,石墨烯目前是一个非常热门的技术领域,全球各主要国家/地区都对其提供了大量研发资金的支持,促使新技术和新产品不断涌现,石墨烯相关技术正逐步从科学研究向到产业化方向迈进。我国对石墨烯相关专利申请的重视相对较晚,但近年来增长非常迅速,截至 2012 年,我国受理的石墨烯专利申请数量已经跃居全球第一,从石墨烯制备技术到储能、传感器、电子信息、生物医药、复合材料、水处理、功能材料、结构材料等八大应用领域的相关技术点都拥有了大量的专利申请。

在石墨烯制备技术方面,我国在绿色还原、机械剥离、插层剥离、电化学剥离、热还原或微波还原氧化石墨烯等 Top-Down 途径制备石墨烯方面的专利申请多数属于在国外专利基础上的改进专利。在液相剥离、石墨烯粉体制备技术上国内申请人相对具有一定优势;在 Top-Down 途径制备石墨烯的装备方面,国外申请人主要涉及电化学剥离剂过滤清洗、氧化石墨烯制备及热剥离制备石墨烯等方面,并且在这些技术领域的首次专利申请时间要早于国内申请人,中科院化学研究所有 2 件在高温高压下进行有机插层剥离的设备专利,目前尚未检索到国外机构在我国相关技术领域的专利申请公开文件,因此在液相剥离石墨烯方面,我国具有一定的优势。对于 Bottom-up 途径,国外申请人在该领域申请的专利较少,相比较而言,我国申请人在化学气相沉积及外延生长方面具有较大优势。但是在石墨烯卷对卷连续生长石墨烯薄膜的设备以及石墨烯薄膜的转移技术方面,国外申请人的专利申请数量虽然较少,但是掌握着原始专利,而国内申请人的专利申请则集中在石墨烯薄膜制备的改进以及手机触摸屏用石墨烯透明导电薄膜切割等下游技术领域。在石墨烯薄膜转移技术领域,国内申请人除电子科技大学在 2010 年 1 月 15 日有两件石墨烯薄膜转移专利外,其他申请人在石墨烯薄膜转移领域的专利申请日都在韩国三星之后,并且没有大规模转移石墨烯薄膜的设备专利,我国在石墨烯薄膜转移方面具有一定的优势,但是需要加强在大规模转移石墨烯薄膜设备方面的专利布局。

总体来看,无论是 Top-Down 途径还是 Bottom-up 途径制备石墨烯及相关设备,虽然国内专利申请数量较多,但申请人基本以高校和研究机构为主,企业参与力度很小,申请人比较分散且相互间缺乏合作关系,在产业化方面具有一定的潜在风险。建议国家相关部分在政策方面加强引导和支持,推动在该技术领域的产学研合作。

在石墨烯的应用技术方面,我国在储能领域的锂离子电池和超级电容器专利申请数量较多,并且企业参与较多,国内在上述领域具有一定的优势,但是也潜在一些知识产权方面的风险;另外,我国在太阳能电池和铅酸电池领域的技术优

势明显，但是在燃料电池质子交换膜方面，国外申请人占主导地位。在复合材料领域，国内申请人在各个主要应用领域都有大量的专利申请，而国外申请人仅在增强树脂、抗静电涂料等领域有少量专利申请。在电子信息领域，国内申请人在散热材料、发声装置、透射电镜微栅、电子封装等领域具有相对优势，而在半导体器件、柔性透明器件方面的知识产权风险处于中等。在结构材料领域，国外申请人主要集中在气凝胶和石墨烯增强或制备碳纤维等方面，并且掌握有相关基础专利，我国申请人虽然在气凝胶、石墨烯制备碳纤维、石墨烯增强碳纤维领域虽然有大量的制备方法专利，但是也潜在一些知识产权方面的风险。我国申请人的优势领域集中在多孔石墨烯、石墨烯膜材料等方面。此外，我国在水处理、传感器、生物医药和功能材料领域具有较大的优势，国外申请人尚未在中国进行专利布局，建议相关部门加大政策扶持力度，进一步加强我国在该领域的领先地位。

目前，美国、日本、韩国和欧洲的石墨烯相关技术研发多以大型企业为主体，产学研合作较为活跃且联系紧密，在优势领域具有一定的技术垄断实力。相对来说，在我国石墨烯相关技术的研发仍以大学和科研机构为主，企业在推动石墨烯产业化方面虽然比较积极，且已经申请相当数量的专利，但是申请人多为研发力量薄弱的中小企业，这也造成了国内石墨烯相关专利布局较为松散的现象。同时在专利申请文件的撰写上，国外的专利申请文件在撰写上往往包含很宽的保护范围，这一点也是不容忽视的。对此，我国相关机构应该呼吁各申请人加大在知识产权风险较低领域的专利布局，同时加强重点专利通过 PCT 申请进入国际取得保护，以确保我国在石墨烯相关技术领域的优势。国家相关部委一方面继续加大对石墨烯相关研发的支持力度，设立更多应用导向型研发项目，另一方面力争确立以企业为主体，市场为导向，产学研相结合的国家技术创新体系，通过政府支持与市场引导两方面相结合，两条腿走路的模式，快速发掘石墨烯潜在的巨大商业价值，从而推动国石墨烯产业的迅速健康发展。

附录

附录 1 国家/地区代码说明

国家代码	对应国家/地区	国家代码	对应国家/地区
AR	阿根廷	JP	日本
AU	澳大利亚	KR	韩国
AT	奥地利	LU	卢森堡
BE	比利时	MX	墨西哥
BR	巴西	NL	荷兰
CA	加拿大	NZ	新西兰
CN	中国	NO	挪威
CZ	捷克共和国	WO	专利合作协定
CS	捷克和斯洛伐克	PH	菲律宾
DK	丹麦	PT	葡萄牙
EP	欧洲专利	RO	罗马尼亚
FI	芬兰	RU	俄罗斯联邦
FR	法国	SG	新加坡
DD	东德	SK	斯洛伐克
DE	德国	ZA	南非
HU	匈牙利	SU	前苏联
IN	印度	ES	西班牙
TP	国际技术公告	SE	瑞典
IE	爱尔兰	CH	瑞士
IL	以色列	TW	中国台湾
IT	意大利	GB	英国

附录 2 重点专利收录表

发明名称	来源国/组织	专利权人	美国专利公开公告号	被引次数	保护区域	PCT 申请或三方专利	IPC 小类数量
Thermally exfoliated graphite oxide	US	PRUDHOMME R K	2007092432	51	US; WO; EP; IN; CN; CA; TW; JP	PCT+ 三方专利	3
Graphite nanofibers and their use	EP	NIPPON SHINKU GIJUTSU KK	6812634	47	EP; JP; US; KR; TW; DE	三方专利	18
Electrically conductive compositions and method of manufacture thereof	US	CLARK D C	2004211942	38	US; WO; EP; KR; JP; CN	PCT+ 三方专利	10
Graphene sheet and method of preparing the same	US	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD	2009110627	34	US; EP; CN; KR; JP	三方	15
Functional graphene-rubber nanocomposites	WO	UNIV PRINCETON	2010096597	31	WO; EP; KR; CN; JP; US; IN	PCT+三方	11
Devices including grapheme layers epitaxially grown on single crystal substrates	US	PFEIFFER L N	2007187694	31	US; WO; KR; EP; JP; IN; CN	PCT+三方	18
Double-walled carbon nanotubes and methods for production and application	WO	FULLERENE INT CORP	2012107610	27	WO; EP; KR; JP; DE; US; CA	PCT+三方	13
Patterned thin film graphite devices and method for making same	US	DEHEER W A	2004253820	26	US; WO; EP	PCT	11
Large-area single-and few-layer grapheme on arbitrary substrates	WO	MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY	2010021708	25	WO; US	PCT	9
Functional grapheme-polymer nanocomposites for gas barrier applications	WO	UNIV PRINCETON	2010096595	25	WO; EP; IN; KR; CN; JP; US	PCT+三方	15
Nano grapheme platelet-based composite anode compositions for lithiumion batteries	US	ZHAMU A	2009117467	25	US; WO; KR; CN; JP	PCT	15

Graphene sheet and process of preparing the same	US	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD	2009068471	23	US; WO; KR; EP; CN	PCT	7
Semiconductor device using grapheme and method of manufacturing the same	WO	NEC CORP	2010102292	20	WO; US; JP	PCT	14
Carbon nanotube powder,carbon nanotubes,and processes for their production	CN	BAYER MATERIALSCIENCE AG	2009124705	20	CN; DE; WO; US; EP; KR; IN; JP; TW; RU; ES	PCT+三方	19
Anisotropic thermal solution	WO	GRAFTECH INC	2002157818	22	WO; US; EP; AU	三方	6
Graphite composites and methods of making such composites	US	GRAFTECH INC	2004034151	22	US; WO; AU; DE	PCT	10
Low density lightning strike protection for use in airplanes	WO	GOODRICH CORP	2009227162	20	WO; EP; CN; US	PCT	17
Carbon fiber product,composite using the same,conductive resin,and method of adjusting length of carbon fiber product	EP	GSI CREOS CORP	2002136882	20	EP; US; CN; JP; DE	三方	13
Process for the preparation of graphene	WO	UNIV WOLLONGONG	2010303706	19	WO; AU; EP; US; JP; CN	PCT+三方	5
Catalytically grown carbon fiber field emitters and field emitter cathodes made therefrom	WO	DU PONT DE NEMOURS & CO E I	2003222560	19	WO; EP; AU; KR; US; CN; JP	PCT+三方	3
Multilevel nonvolatile memory device containing a carbon storage materlal and methods of making and using same	WO	SANDISK 3D LLC	2009257265	17	WO; US; TW; JP; CN	PCT	17
Functionalised grapheme oxide	WO	UNIV SINGAPORE NAT	2011052813	14	WO; KR; US	PCT	10
Graphite article having predetermined anisotropic characteristics and process therefor	WO	GRAFTECH INC	2002164483	13	WO; US; EP; AU	PCT	3
Functional anchors connecting grapheme-link carbon to metal	WO	CALIFORNIA INST OF TECHNOLOGY	2009029221	12	WO; US	PCT	6

Ultrathin carbon fibers	JP	BUSSAN NANOTECH RES INST INC	2006062715	12	JP; WO; US; KR; CN; EP; IN; CA; RU	PCT+三方	6
High-resolution molecular sensor	WO	HARVARD COLLEGE	2010327847	14	WO; EP; US	PCT	6
Electric double-layer capacitor	WO	ADVANCED CAPACITOR TECHNOLOGIES INC	2006164790	13	WO; JP; EP; US; CN; KR	PCT+三方	8
Electrically conductive compositions and method of manufacture thereof	US	ELKOVITCH M D	2004232389	13	US; WO; EP; CN; JP; DE	PCT+三方	8
Reduced grapheme oxide film	WO	US SEC OF NAVY	2009235721	12	WO; US	PCT	15
Methods for preparation of grapheme nanoribbons from carbon nanotubes and compositions, thin films and devices derived therefrom	WO	UNIV RICE WILLIAM MARSH	2010105834	11	WO; US; TW; EP; KR; JP	PCT+三方	13
Nanocomposite of grapheme and metal oxide materials	WO	BATTELLE MEMORIAL INST	2010081057	11	WO; US; CA; KR; EP	PCT	29
Double patterning method	WO	SANDISK 3D LLC	2009258318	10	WO; US; TW	PCT	9
Reverses leakage reduction and vertical height shrinking of diode with halo doping	US	SANDISK 3D LLC	2009268508	10	US; WO; TW	PCT	12
Graphene shell and process of preparing the same	US	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD	2009068470	10	US; WO; KR	PCT	10
Synthesis of grapheme sheets and nanoparticle composites comprising same	WO	UNIV NORTH CAROLINA	2011186789	9	WO; US	PCT	13
Highly efficient process for manufacture of exfoliated graphene	WO	DOW GLOBAL TECHNOLOGIES INC	2011014111	9	WO; EP; KR; CN; JP; US	PCT+三方	4
Probes, methods of making probes and applications of probes	WO	REVEO INC	2007082459	8	WO; US; KR	PCT	14
Porous electrically conductive carbon material and uses thereof	WO	MAX PLANCK GES FOERDERUNG WISSENSCHAFTEN	2009269667	9	WO; KR; EP; CN; US; JP	PCT+三方	16

Thin-film transistor,carbon-based layer and method of producing thereof	WO	CARBEN SEMICON LTD	2011042649	8	WO; EP; US	PCT	8
High thermal conductivite element,method for manufacturing same,and heat radiating system	WO	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	2006035085	8	WO; US; JP; CN	PCT	12
Carbon-based interface layer for a memory device and methods of forming the same	US	SANDISK 3D LLC	2010006811	8	US; WO; TW; KR; CN; JP	PCT	17
Method of depositing silicon on carbon materials and forming an anode for use in lithium ion batteries	US	BURTON D J	2008261116	8	US; WO; EP; JP	PCT+三方	16
Double patterning method	WO	SANDISK 3D LLC	2009258501	7	WO; US; TW	PCT	10
Gas-phase functionalization of surfaces including carbon-based surfaces	WO	HARVARD COLLEGE	2010320437	7	WO; US	PCT	12
Graphite-based photovoltaic cells	WO	WISCONSIN ALUMNI RES FOUND	2010132773	7	WO; AU; KR; EP; CA; EX; IN; CN; US; JP; MX	PCT+三方	9
High performance batteries with carbon nanomaterials and ionic liquids	US	ADA TECHNOLOGIES INC	2009246625	7	US; WO	PCT	10
Negative electrode active material for an electricity storage device and method for manufacturing the same	EP	FUJI JUKOGYO KK	2008220329	7	EP; JP; CN; US; KR	三方	16
Nanocarbon composite structure having ruthenium oxide trapped therein	WO	UNIV TOKYO AGRIC & TECHNOLOGY	2008048153	7	WO; EP; CN; KR; US; JP	PCT+三方	9
Process and apparatus for producing single-walled carbon nanotube	WO	CARBON NANOTECH RES INST INC	2006073275	7	WO; AU; US; JP	PCT	6
Elctrode material for electric double layer capacitor and electric double layer capacitor	EP	GSI CREOS CORP	2002141140	7	EP; US; JP; CN	三方	4

using the same							
Graphene and grapheme oxide aerogels	WO	TYCO ELECTRONICS CORP	2010144904	6	WO; US; EP; CN; JP	PCT+三方	7
High yield preparation of macroscopic grapheme oxide membranes	WO	UNIV PENNSYLVANIA	2012107593	6	WO; US	PCT	10
Large area deposition and doping of grapheme, and products including the same	US	GUARDIAN IND CORP	2011030991	6	US; WO; TW; EP; KR; MX; CN; JP	PCT+三方	9

后记

本报告是受中国石墨烯产业技术创新战略联盟的委托，由中国科学院宁波材料技术与工程研究所专业从事石墨烯技术研究的数位科研人员经过近两个月的努力独立完成的。王国华负责了专利数据检索、分析以及全文初稿撰写工作。本报告得到了联盟秘书长李义春博士以及中国科学与前沿科学与教育局刘桂菊副局长等的大力指导，也得到了中国科学院宁波材料技术与工程研究所知识产权部和中国科学院国家科学图书馆相关人士的热心帮助。同时，致力于开拓石墨烯产业的北京墨烯控股集团股份有限公司也为本报告提出了不少意见和建议。本报告还得益于参考了之前若干石墨烯专利分析报告。在此，本报告作者对关心和支持过本报告撰写领导、同事、朋友和社会各界表示诚挚的感谢。

本报告虽然是建立在大量的现有石墨烯技术专利数据的基础上而形成的，但由于作者经验不足以及专业能力所限，对专利数据的梳理、分类、分析和总结归纳上，难免出现疏漏和不准确的描述。此外，由于石墨烯技术发展迅猛，有众多技术专利正在申请、审查中，因此本文所依据现有专利数据得出的相关结论难免出现片面和与现有真实的石墨烯技术进展出现一定的偏差。在此，本报告作者敬请大家谅解。

作者

2013 年 10 月