

欧盟石墨烯旗舰项目概况及最新进展

俞 阳

(中国科学技术部火炬高技术产业开发中心, 北京 100045)

摘 要:为加强欧盟未来新兴技术领域的研发创新, 鼓励跨学科、大规模产学研合作, 提升整体科研竞争力, 欧盟于 2013 年 1 月起对“石墨烯旗舰项目”进行为期 10 年的研发资助。本文对欧盟“石墨烯旗舰项目”的研究目标、研发重点、研发机构、研发经费、运行管理和最新进展进行了分析和研究, 希望能为我国相关部门制定我国石墨烯研发和应用战略提供参考, 为我国研发机构和研发人员开展石墨烯技术研究, 推动石墨烯技术在我国相关领域的应用起到一定的借鉴作用。

关键词: 欧盟; 石墨烯; 石墨烯旗舰项目; 石墨烯研发机构

中图分类号: TB383-1(196.2) **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2015.05.002

“石墨烯旗舰项目”是迄今为止欧盟最大的研发资助项目之一, 于 2013 年 1 月正式启动。作为首批欧盟未来新兴技术 (FET) 十年期旗舰项目, 预算资金达 10 亿欧元^[1], 凸显了欧盟着眼于抢占石墨烯技术发展制高点的雄心。

1 背景

石墨烯是一种由碳原子以 $2p_2$ 杂化轨道排列, 组成六角形蜂巢状的二维晶体平面薄膜。2010 年, 英国曼彻斯特大学安德列·海姆 (Andre Geim) 教授和科斯提亚·诺沃洛甫教授 (Kostya Novoselov) 从石墨中分离出石墨烯, 从而证实石墨烯可以单独存在而获得当年的诺贝尔物理奖。石墨烯是迄今为止世界上发现的最薄、最坚硬、电阻率最小、导热性能高、高度透明、柔韧性优异的纳米材料。其抗拉强度为 42N/m , 强度极限约为普通钢的 100 倍, 电阻率仅为 $106\Omega \cdot \text{cm}$, 比银的电阻率还低。导热系数 5300W/mk , 高于金刚石; 可见透光率 97.7%, 几乎完全透明。石墨烯的超级优良性能使其可广泛应用于电子通讯、航空航天、新能源、新材料等众多领域。可开发出新一代集成电路

电子器件、晶体管、超级电容、透明触摸屏、液晶显示屏、光板、太阳能电池、生物器件等。石墨烯有望替代“硅”而成为 21 世纪最神奇的新材料, 其市场应用前景极为广阔^[2]。

石墨烯项目是欧盟未来新兴技术 (FET) 旗舰计划项目之一, 经过专家组的严格筛选和反复论证, 于 2013 年 1 月正式启动。石墨烯项目资金总额为 10 亿欧元。欧盟计划投入项目总额的 50%, 通过欧盟研发框架计划 (FP7, 2013) ICT 计划和地平线 2020 (2014—2020) 计划进行连续 10 年的资助。其余资金由有关大学、成员国、私有机构和企业筹措^[3]。石墨烯项目立项目标高远, 所需资源庞大, 涉及领域广泛, 能够极大地促进欧盟和成员国以及区域计划的协调互补, 增进科研人员长期广泛的国际合作。对欧盟科学、技术和产业转型将产生革命性影响, 可以极大地促进产学研合作, 提高创新能力, 提升欧盟整体竞争力。

2 项目概况

石墨烯 (Graphene) 旗舰项目由位于瑞典哥德堡的查尔姆斯理工大学 (Chalmers University of

作者简介: 俞阳 (1961—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为科技政策、科技管理、信息通讯技术及应用。

收稿日期: 2015-05-19

Technology) 杰瑞·肯纳特(Jari Kinaret)教授担任主任,负责总体协调,带领各研发团队组成研发联盟,开展有关研发活动^[4]。石墨烯旗舰项目设有执行委员会(EB)和管理团队(Administrative And Management Team)。执行委员会共有16名成员,由主任、12个科研工作组的组长以及3名成员组成,执行委员会设主席一名,由英国剑桥大学的安德拉·福海瑞(Andrea Ferrari)教授担任。管理团队由创新、传播、管理、科研管理和协调五个工作组的10位负责人组成。石墨烯项目还设有战略咨询理事会(SAC),共有9名成员。参与石墨烯研究的科研机构和企业研发组织共76个,主要研究人员136名,分别来自17个欧盟国家。其中,知名企业包括:诺基亚、飞利浦、阿尔卡特朗讯、泰利斯、意法半导体、空客、爱思强(Aixtron)、牛津仪器(Oxford Instruments)。

石墨烯旗舰项目第一阶段的研发周期为30个月,目标是把实验室研究的石墨烯和相关层状材料转化为应用,推动众多产业领域的变革,促进欧洲经济增长和创造就业,为投资者带来新机会^[5]。

石墨烯旗舰项目的实施将引发新一轮规模空前的联合技术研发和创新活动。项目将针对石墨烯的独特性能展开研究,涉及环节包括材料生产、元件开发和系统集成等所有环节。研发重点集中在:快速电子和光学设备、柔性电子产品、轻量级功能组建、先进电池等。同时,此项研究将带动新的计算模式以及在医疗领域的创新应用。例如:电子纸、可弯曲的个人通讯设备、轻型节能飞机、人工视网膜等。项目通过招标形式,组成众多研究联盟,以加强工程开发的力量。

3 研发领域

3.1 研发机构

石墨烯旗舰项目启动时,共有76个学术机构和产业研发集团参与,分别来自17个欧盟国家(见表1)。按成员国国别分布为:奥地利(2个)、比利时(1个)、丹麦(1个)、芬兰(3个)、法国(6个)、德国(14个)、希腊(3个)、爱尔兰(2个)、意大利(7个)、波兰(1个)、葡萄牙(1个)、西班牙(12个)、瑞典(5个)、瑞士(5个)、荷兰(4个)、土耳其

(1个)、英国(8个)。其中,大学及研究机构61个,企业研发组织14个。

3.2 研发领域和运行管理

石墨烯旗舰项目的研发运行由16个工作组(Work Packages,简称:WPs)完成。其中,前11个为研发工作组,后5个为运行管理工作组。具体研发领域和管理职能如下:

3.2.1 材料(Materials)

主要研究大规模生产基于石墨烯的产品新技术,大量获取高质量均匀石墨烯,按需定制石墨烯性能。

3.2.2 健康和环境(Health and Environment)

进行纳米安全性研究,尺寸小及石墨烯独特的物理化学特性对人类健康和环境具有潜在危险。识别和解决任何可能的安全性和毒性问题不仅是石墨烯应用于ICT、复合材料等领域的关键,同时,也能探索石墨烯在生物医学方面应用的可能性,如:细胞和皮肤的纳米直接接口装置。

3.2.3 石墨烯和石墨烯之外的二维材料基础科学(Fundamental Science of Graphene and 2D Materials Beyond Graphene)

主要研究可能制约石墨烯所具有的电子和光电应用潜力的基本机制,开发第二代基于石墨烯的纳米结构电子器件,该电子器件可超越互补式金属氧化物半导体场效应晶体管(CMOS)。石墨烯之外的二维材料研究是增强石墨烯特性的关键。

3.2.4 高频电子(High Frequency Electronics)

研发基于石墨烯的高频电子技术,显著提高技术性能。建立清晰、详细的发展路线图,发展下一代高性能石墨烯电子器件。

3.2.5 光电子(Optoelectronics)

建立新的石墨烯光学和光电子学领域,整合发展基于石墨烯的电子和光学器件,如:激光器、光开关和波导,光频转换器、放大器、调制器、光检测器、纳米光子元件、超材料和太阳能电池。石墨烯独特的光学性能将使许多现有材料不具备的新功能得以实现。在长距离光通信、芯片间和芯片内光互联、无线通讯、安全和监控应用、环境监测等领域进行创新技术研究。

3.2.6 自旋电子学(Spintronics)

发挥出石墨烯自旋电子学的最大潜力,研究开

表 1 欧盟石墨烯研发机构

序号	国家	数量	研 发 机 构
1	奥地利	1	Varta Micro Innovation, Vienna University of Technology
2	比利时	1	Catholic University of Louvain
3	丹麦	1	Technical University of Denmark
4	芬兰	3	Aalto University, Nokia Finland, VTT Technical Research Centre of Finland
5	法国	6	CEA French Alternative Energies And Atomic Energy Commission, CNRS National Centre For Scientific Research, ESF European Science Foundation, Thales, University of Lille 1, University of Strasbourg
6	德国	14	Alcatel Lucent, AMO, Chemnitz University of Technology, University of Kiel, Dresden University of Technology, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nuremberg, Hamburg University of Technology, Max Planck Society, Philips Technology GmbH, RWTH Aachen University, University of Bremen, University of Freiburg, University of Hamburg, University of Regensburg
7	希腊	3	FORTH Foundation For Research And Technology-Hellas, Technological Educational Institute of Crete, University of Ioannina
8	爱尔兰	2	Trinity College Dublin, University College Dublin
9	意大利	7	CNR National Research Council, FBK Bruno Kessler Foundation, IIT Italian Institute of Technology, Polytechnic University of Milan, Polytechnic University of Turin, ST Microelectronics, University of Trieste
10	波兰	1	Institute of Electronic Materials Technology
11	葡萄牙	1	University of Minho
12	西班牙	12	Airbus, Autonomous University of Barcelona, Avanzare, CIC energiGUNE, CIC NanoGUNE, CSIC Spanish National Research Council, Graphenea, Grupo Antolin, ICFO Institute of Photonic Sciences, ICN Catalan Institute of Nanotechnology, Repsol, University of Castilla-La Mancha
13	瑞典	5	Chalmers University of Technology, Chalmers Industrial Technology, Karolinska Institute, Linköping University, Umeå University
14	瑞士	5	EMPA Swiss Federal Laboratories For Materials, Science And Technology, ETH Swiss Federal Institute of Technology Zurich, University of Basel, University of Geneva, University of Zurich
15	荷兰	4	Delft University of Technology, Philips, Radboud University Nijmegen, University of Groningen
16	土耳其	1	Sabanci University
17	英国	8	Aixtron Ltd, Lancaster University, Nokia UK, NPL National Physical Laboratory, Oxford Instruments, University of Cambridge, University of Manchester, University of Oxford

数据来源：欧盟委员会报告。

发高效的室温自旋注入和侦测技术，以及石墨烯自旋电子装置旋转门控和自旋操作技术。探索使用不同材料研究石墨烯器件的自旋运输技术，对实验结果与理论模型进行验证比较，对石墨烯自旋电子器件进行功能论证。

3.2.7 传感器 (Sensors)

探索不同的方法，对石墨烯在各种传感应用方面进行论证，如：压力传感器和麦克风、质量和力

传感、微波电子传感器和（单分子）生物传感器。悬浮石墨烯薄膜是传感器研究的核心。

3.2.8 柔性电子 (Flexible Electronics)

柔性电子是电子产业发展的重要平台。这一技术将使保形的、可靠的、甚至透明的电子器件应用成为可能。石墨烯作为薄而柔软的超强薄膜和极为良好的导体，是柔性电子领域最自然的选择。柔性电子研究对于开发石墨烯的商业化应用将发挥重要

作用，其研究领域涉及所有的供应链环节，从基础材料，如：油墨和石墨烯基片，到元件开发，再到最后的柔性系统集成。

3.2.9 能源 (Energy)

评估石墨烯应用于日常生活所需的各种能源领域，包括：光伏发电、储能、燃料电池和储氢，开发能量转换和存储设备，探索新的基于石墨烯材料的研究路线，更好地满足能源应用需求。

3.2.10 纳米复合材料 (Nanocomposites)

对石墨烯片材从原子规模转换到中等或宏观级别进行研究（连续层或块状材料）。

3.2.11 生产 (Production)

研究评估大规模生产石墨烯的各类指标，包括：规模度、重复性和生产成本等。

3.2.12 创新 (Innovation)

对石墨烯创新活动进行管理、协调和支持。包括四个方面：

——收集、存储和传输在项目研发过程中产生的有关发明、专利申请和授权等信息。

——与中小企业保持联系。

——与风险投资企业联系以支持对石墨烯初创企业的投资。

——对“地平线 2020”旗舰项目阶段的研发成果知识产权管理和企业家管理进行实施推动。

3.2.13 传播 (Dissemination)

开发用于确保项目成员有效合作的交流平台。扩大石墨烯的知识和新创意的传播，促进相关行动计划和全球科技产业的合作。为成员国和欧盟的决策者了解项目进展、面临的挑战和机遇提供支持。组织石墨烯有关国际科技交流活动，举办“石墨烯周”。

3.2.14 管理 (Management)

负责石墨烯旗舰项目的管理，包括：法律、道德、财务和行政管理，维护石墨烯联盟协议，组织联盟新成员的竞标等，确保石墨烯项目目标的有效实现。

3.2.15 科研管理 (Research Management)

负责对石墨烯旗舰项目的科研活动进行管理。对整体研究工作和各工作组的进展进行监督，参加各类工作会议和有关国际会议。

3.2.16 协调 (Alignment)

负责石墨烯项目研发有关的协调工作。

3.3 研发资金

石墨烯旗舰项目分为二个阶段：第一阶段为欧盟第七研发框架计划（FP7，2013 年 10 月 1 日至 2016 年 3 月 31 日）支持的 30 个月起始阶段，此阶段欧盟资助资金总额为 5 400 万欧元^[6]。第二阶段为“地平线 2020”（H2020，2016 年 4 月 1 日起）计划，预计欧委会每年资助 5 000 万欧元。

FP7 阶段，依据两项政策工具——项目合作支持行动（CP-CSA）和欧洲研究区网络加（ERANET+）实施石墨烯旗舰项目。H2020 阶段，将由欧委会和成员国共同对项目进行单一资助^[7]。

4 最新进展

目前，石墨烯旗舰项目的研究正稳步进行中。2014 年 8 月，爱尔兰科学家乔纳森·科尔曼（Jonathan Coleman）教授带领的研究团队发现了通过把石墨烯添加到橡胶带中制造可穿戴传感器的方法。石墨烯使不导电的橡胶具有导电性，从而开辟了众多应用前景。石墨烯-橡胶传感器可用于医疗、汽车等众多行业，如：血压和血糖检测、呼吸监测、敏感气囊、机器人等。未来将对经济社会发展和人类生活水平的改善产生重大影响。

为加强全球石墨烯科研人员及产业届的交流与合作，石墨烯旗舰项目定期举行“石墨烯周”活动。2014 年的石墨烯周于 2014 年 6 月 23-27 日在瑞典哥本哈根举行。活动期间，主办机构宣布了石墨烯旗舰计划参与机构的最新数据，比项目起始阶段增加了两倍。在 9 000 万欧元的石墨烯研发招标中，有 66 个新成员加入到了石墨烯联盟中，目前，项目参与机构超过 140 家，分别来自 23 个国家。下一届的“石墨烯周”将于 2015 年 6 月 22-26 日在英国曼彻斯特举行。活动得到了英国曼彻斯特大学、英国国家石墨烯研究所和曼彻斯特市政府的共同支持。“石墨烯周”期间将举行各种专题会议、研讨会、学术交流活动，旨在针对石墨烯科学、技术和应用，相关二维材料和异质结构等进行研讨，致力于解决以下几方面的问题：

——石墨烯基础物理及相关二维材料

——石墨烯化学与生物学研究

——石墨烯和相关二维材料在电子、光电子、

——自旋电子学和传感器领域的应用

——石墨烯在能源领域的应用，包括：光伏、储能、燃料电池和氢储存

——基于石墨烯的纳米复合材料：最新的科学研究和应用

——石墨烯相关的健康和环境研究

——石墨烯在生物医学领域的总体应用

——大规模石墨烯生产

5 结语

石墨烯旗舰项目是欧盟投入巨资支持的研发项目，吸纳了全球杰出的科学家和技术专家，采取开放式合作研究的模式，集中力量攻克重大科学难题，抢占石墨烯技术发展制高点，致力于为人类健康和经济社会发展奠定坚实基础。

石墨烯旗舰项目的实施，可以整合欧盟和全球的研发资源和资金，形成研发合力，逐步扭转欧盟长期存在的资金小而散、项目重叠化的局面，有助于促进欧洲整体研发实力的提升^[8]。项目注重在科学驱动和行业应用之间架起桥梁，鼓励科学家和企业合作与联合创新，对于促进科研成果转化，推

动企业创新和产业变革具有极大的推动作用，值得我们借鉴。■

参考文献：

- [1] European Commission.FET through the keyhole.2013-07-27.
- [2] European Commision.http://grapheme-flagship.eu.
- [3] European Commission.Future & Emerging Technologies (FET).2012-09.
- [4] European Commission.EU-funded researcher create world-first graphene-rubber sensors.2014-08-20.http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news.
- [5] European Commission.Commission announces huge new influx of partners to the Graphene Flagship Project.2014-06-23.
- [6] European Commission.The Seventh Framework Programme Competitive Call For Consortium Extension Call Content. 2013-11-29.
- [7] European Commission.European Challenges and Flagships-2020 and Beyond.2009-07.
- [8] European Commission.Science Beyond Fiction – Future and Emerging Technologies.2011-05.

The Overall Situation and Progress of Graphene Research in EU

YU Yang

(Torch High Technology Industry Development Center, Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100045)

Abstract: The EU begun to fund the Graphene research project in 2013 so as to enhance the research and innovation on emerging technologies, to encourage interdisciplinary and large scale cooperation between industry, university and research institutes, as well as enhance its overall competitiveness. This article analyzes and studies the general situation, research focus areas and progress of Graphene projects of EU, hoping to provide some useful information and ideas to the Chinese researchers and related departments.

Key words: EU; Graphen; Graphen research project; Graphene research institute