

科技纵览

2013.07

IEEE
SPECTRUM

科技专业人士的杂志

FOR THE TECHNOLOGY INSIDER



电动汽车
真的
那么环保
吗？

ISSN 2095-4409



9 772095 440139

邮发代号：2-944 定价：25 元

 IEEE



44

信天翁飞行

信天翁能毫不费力地连续飞行好几个星期，这种飞行技术可能使智能飞行器在喷射气流上做冲浪运动。

作者：Johannes Traugott, Anna Nesterova, Gottfried Sachs

26

DNA 数据洪流

遗传学家正在被数据淹没。现在只有计算机科学家能够拯救他们。

作者：Michael C. Schatz, Ben Langmead

32

沟道改革

硅的时代不会长久了。人们将用新的材料代替硅来制作晶体管的核心部分。

作者：Richard Stevenson

38

电动汽车真的那么环保吗？

你会为了环保买一辆电动汽车吗？三思啊，你为这个星球所作的贡献远比你想象的小。

作者：Ozzie Zehner

封面插图：Smalldog Imageworks



08

评论

08 本刊视线

详细的信息可以提高认知,帮助人们更好地进行决策——或者让人们淹没在数据的洪流中。

作者: G. Pascal Zachary

04 幕后故事

06 撰稿人

24 反思

09

最新进展

09 星际 GPS

未来的航天器将由死星星光导航。

作者: Davey Alba

10 潮汐能卷土重来

12 石墨烯的竞赛

13 5G 电话的毫米波

16 大视野

19

资源导航

19 人物: 布雷·佩蒂斯

MakerBot 公司 CEO, 领导了

3D 打印的革命。

20 动手: 软件无线电

22 职业生涯: 工作在哪里?

23 抢先看: 盲文智能手机

80 数据: 测量全球能源碳强度

50

产业观察

50 3D 打印商业化

作者: 凯利·邓普斯基、
娜妮·韦伯

54 3D 打印让梦想狂欢

作者: 李大成、杜莹

58

本期关注

58 转基因大豆油致癌吗?

作者: 马爱平

62 “愚公”治沙

作者: 杨朝峰

68 社交网络“掘金者”

作者: 曹尔

72 下一代空管系统的 跨越式技术革命

作者: 王贞、杜莹

74 伽利略卫星信号的 跟踪与定位

作者: 陆明泉、姚铮、黄斌

76 聚光型高效屋顶 光伏发电系统

作者: 官成钢、刘文、吕辉、
黄楚云、陈立军

78 10 分钟完成交通事故现场 信息采集

作者: 邹争春、王贞

79 三人行, 必有美食

作者: 庄琰

在线资讯

Spectrum.ieee.org

大数据改变一切

在 IEEE Spectrum 的“技术对话”特别报道中,看 IBM 的沃森如何学习挖掘数以百万计的公共数据库,一家由律师开办的公司如何挖掘法庭数据,以及超市如何追踪顾客的行踪。甚至连“数据科学家”的定义都在改变,其他两个例子将为你展示这个变化。

科技资讯

科技专业人士 / 在线研讨会

可登录 spectrum.ieee.org/webinar 查看

- ▶ 南方公司的综合分布地理信息系统和企业资产管理概念证明
- ▶ 实现下一代信息娱乐系统承诺的挑战和解决方案
- ▶ 联合使用 MATLAB 和 COMSOL Multiphysics 来模拟和定制设计
- ▶ 基立福的诊断: 既顺从又灵活
- ▶ 新产品发布库

<http://spectrum.ieee.org/static/new-product-release-library>

▶ IBM 系统工程资源库

<http://spectrum.ieee.org/static/ibm-systems-engineering-resource-library>

▶ 白皮书图书馆

<http://spectrum.ieee.org/static/masterbond-whitepaper-library>

The Institute

可登录 theinstitute.ieee.org 查看

嗅觉影视就在这里

你希望能闻到在电视上看到的东两的气味吗? 两名会员最近展示了可嗅屏幕的原型机, 是一个液晶显示器, 可以配合屏幕上出现的物体释放气味。

探索星际

继续教育帮助 IEEE 会员 Peter T. Johnson 从一个小学的门卫变成了美国国家航空航天局 (NASA) 的仪表工程师。

车迷天下

今年的 IEEE 车辆技术会议将于 9 月份在拉斯维加斯举行, 将侧重于无线通信技术及其在手机、车辆和交通方面的应用。



牢记过去

从加强记忆到更为清晰的推理，对增强认知能力的不断追求成为目前创新不断的计算机工程领域最为活跃的动力。在世界各地，聪明的设计者正在不断提高存储空间、加强处理能力、扩大通信网络，来建立能够记录个人生活各方面数据的百科全书。一旦设计者做到了，那么记录下的个体意识，包括想法、回忆和情绪，都将被存储到云端。

你也许会问：“这对我来说意味着什么？”对于使用者来说，记录下个人生活或职业生涯重要时刻的行为可能会让人受益良多：第一次与突破性见解失之交臂的经历，也许能够在下一次遇到类似关键时刻时帮你一把。这些数据文档将带来一种全新形式的不朽：即使你死了，他人也可以继承你的数据文档，追踪这些组成你生前行为的足迹。

工程师也能受益。利用数十亿个体的思想集合，工程师对集体智慧进行统一管理，将能够创造出如同一个世纪前 H·G·威尔斯 (H. G. Wells) 和现在大数据倡导者所设想的“世界脑”。

谷歌发布的谷歌眼镜是一款视频记录设备，戴起来就像是一副眼镜。该设备很可能会使日常记录急剧增加。谷歌称，佩戴者可以定期将拍下的视频上传至云端，并且可以永久储存和编辑。只要简单地大声说出指令，就能够记录下一生中每天的精彩瞬间。

“信息超载”曾经指吸收外界信息时出现困难，而现在，我们正面临着因自身数据过多而窒息的危险。由于我们极度着迷于数字世界，“很多人都已经不能清楚地思考了。”硅谷的未来主义艺术家亚历克斯·苏希-

基姆·彭 (Alex Soojung-Kim Pang) 这样认为。彭在他的新书《分心成瘾》(The Distraction Addiction, 小布朗公司出版) 中主张，工程师可创造一种“冥想”的计算体验，使人“恢复精神集中度与专注度”，以帮助人们戒除不良习惯。

可叹的是，分心成瘾很可能会恶化。未来，谷歌眼镜和必然会出现的山寨眼镜将记录我们的外部生活，更便宜的传感器则会追踪我们内在的生理信息。当科学家都无法衡量吃多少盐会对身体造成伤害时，我们自己又怎么会理解个人生物学测定的意义？万一个人信息泄露了怎么办？对于军人和间谍来说，了解我们的生活也许就像读书一样方便。

尽管如此，我们却无法回头了，因为增强认知能力已经不可或缺。不管喜欢与否，我们是在和越来越精确的数字化设备抗争，而这些设备能够自动进行情绪模式识别，并

作出适当的反应（大部分情况下）。软件机器人能够辨识人脸、写故事、通过电话改地址，甚至是读懂 X 光。如果想保持自我决策能力，最好的方法就是扩大所接触的数据集的规模，这将在理论上提高推理质量，得到更好的决策。

让人们处于数字信息系统的中心显得前所未有的重要。例如，在全球反恐战争中，半自动的卫星和无人机监测系统能够迅速将获得的新数据与已有目标人物的特征数据进行比对，精确识别并追踪恐怖分子。而操作这样复杂的系统，需要失误率极低的增强型人才，因为失误会导致无辜的人失去生命。

要理性地做出更好的决策，主要取决于更好的侦察技术。侦察是人类特有的活动，有助于工程技术的发展。线索到处都是，但其意义却常常被忽略，或刚识别就被遗忘。而我们如果牢记一切，则可能会被过去困扰，因数字干扰而止步不前。但是，我们也可以得到新的力量来扬长避短。

作者：G. Pascal Zachary

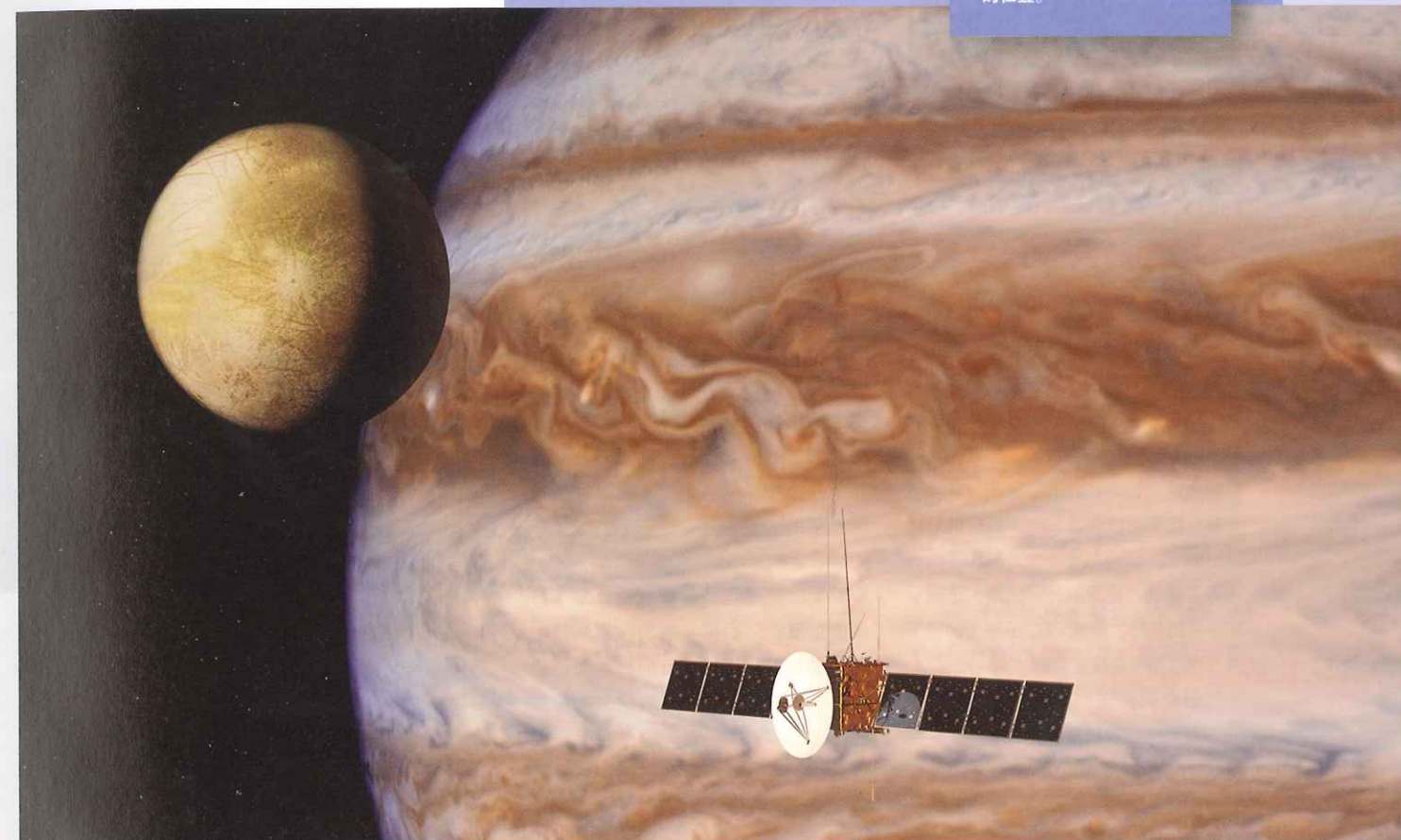
G. Pascal Zachary 是亚利桑那州立大学科学、政策和成果协会教授。

插图：Greg Mably

最新进展 NEWS



先驱者 10 号与 11 号携带了 14 个脉冲星的位置与周期信息，外星人可借此定位地球的位置。



星际 GPS 导航更近一步

地面模拟器建造完成，空间站测试已在计划中。

长期以来，人类一直利用星星来引导自己到达目的地。但是在地外探索的时代，人类可以使用脉冲星发出的 X 射线脉冲在深空中导航。不久前

银河系 GPS：未来飞往其他星球以及更遥远深空时将要采用的星际导航技术已经在测试中。木星冰月探测器 (上图) 仍将依靠传统的导航飞往木星。

美国国家航空航天局 (NASA) 科研团队研发的关键系统终于将使人们测试这一“星际 GPS”导航。该系统的一个版本最早将于 2017 年部署在国际空间站 (ISS)。

脉冲星导航“将使我们的后代能在太阳系以及更远的宇宙空间实现精确的自动导航，”协助开发这套系统的马里兰州 NASA 戈达德宇宙飞行中心导航与任务设计分部的工程师詹森·米切尔 (Jason Mitchell) 说，“也许在未来的常规太空探索中，我们将无须依赖于在地球上建造巨型基础设施。”

目前，空间导航主要依赖地面的跟踪站网络。当飞行器进入深空探索时，地面科研人员需要向它发送无线电波，然后飞行器再将无线电波返回地球。通过测量无线电波往返时间以及信号的多普勒频移，科学家就可以计算空间飞行器的位置。但是，飞行器距离地球越远，这一方法的实用性就越低。因此，如果空间探测器能够独立、精确地计算自身的位置，那么探测器的导航能力将大幅提升。



试验台上的脉冲星：它可以将X射线发射到探测器。这套关键系统正在测试星际GPS，将帮助航天器飞往太阳系以及更远的宇宙空间。来自NASA的系统开发人员包括（后排左起）Monther Hasouneh、John Gaebler、Harry Stello、Jennifer Valdez、Sam Price，以及（前排左起）Jason Mitchell和Luke Winternitz。

新系统依靠脉冲星起作用，这是一种特别的中子星，事实上是一种死星。这个极其致密的天体僵尸已经耗尽核燃料，然而它仍然高速自转，发出强大的电磁射线。这样自转的结果是，从地球上看来，这些射线像是从一个旋转的灯塔发出的光，忽明忽暗。这些亮和暗的脉冲有着精确、稳定的时间间隔，范围从几毫秒到几秒，就像GPS卫星上的原子钟，可以用于高精度导航。

研究人员说，将脉冲星导航比作GPS最能便于理解系统的原理。GPS系统是美国的24颗卫星组成的星群，能够向地面设备发送信号。GPS卫星同时发送自身位置与具体时间信息；接收器使用这些信息，结合光速，就能够计算出自身与卫星之间的距离。通过4个或更多卫星接收的数据，普通的GPS接收器的定位精度能达到15米以内。

同理，进入太空的航天器携带的探测器将接收多个脉冲星发出的X射线，并利用这些射线计算自身的位置。这种探测器称为X射线脉冲星自主导航（XNAV）接收器，能够探测脉冲星星光中的X射线光子。接收器会从每个脉冲星的星光中收集多个X射线光子，建立“光变曲线”。曲线的顶点会标注准确的时间。当你在太阳系穿行时，这些顶点之间的时间差会发生变化：部分射线

源的顶点时间间隔会缩短，部分会延长。航天器通过这种顶点记录模式就能够计算出自身的位置。

为测试这一系统，NASA的科研团队建造了戈达德X射线导航实验室测试平台（GXNLT），研究人员戏称为“试验台上的脉冲星”。该测试平台包括脉冲星处理软件及硬件、模块化X射线源以及内置探测器。通过这一平台，研究人员试图模拟星际GPS导航与脉冲星的结合。

“我们在电脑中模拟飞船的动力，根据设定的飞船运动轨迹模拟脉冲星模型。”戈达德导航工程师卢克·温特尼兹（Luke Winternitz）说。

向GXNLT输入空间飞行需要的轨迹后，飞行器电脑会查找模拟飞行中会遇到的所有脉冲星。然后，实验平台的模块化X射线源产生与脉冲星相同的X射线光子，探测器接收这些光子并进行时间标记。“模拟X射线源发射的光子包含轨道信息，编码在射线抵达的时间中。”米切尔解释说。电脑实时处理这些信息后估算出飞行器的位置，然后科学家将数据与他们预计的结果相比较。目前，地面试验显示这种导航系统在近地轨道的精度在1公里以内。不过试验的目标是使导航精确到数百米以内，即使在外太空也能达到这种效果。

NASA的科研团队对国际空间站轨道测试非常感兴趣。2017年，带有X射线导航的设备将装备在国际空间站上。

“在电脑中，国际空间站的轨道更容易编程。将位置信息作为时间的函数就能得出一个模型。”空间科学分部海军研究实验室天体物理学家保罗·雷（Paul Ray）说，“GXNLT的作用就是使脉冲星导航更接近现实。GXNLT并非模拟某种测量方式，而是在做真正的测量。当这套系统安装在空间站时，我们的信心会更大。系统将按我们的预期工作，软件能够处理数据，得出定位信息。”

作者：Davey Alba

蓄潮池发电的大反击

英国公司新颖的电厂设计能够消除人们对环境的担忧吗？



50年前的7月，法国电力公司开始在海上封闭拉朗斯河口。3年后，世界首个大型潮汐发电厂诞生。每天潮水两次冲刷河口，推动长750米的海堤内安装的水力发电机涡轮，功率最高能够达到204兆瓦。

但是3年建设过程中，由于没有潮汐，拉朗斯河的生态环境遭到了破坏，几乎所有的海洋动植物死亡，若要完全恢复需要10年的时间。由于生态破坏后遗症以及其他原因，拉朗斯潮汐电站成为近五十年内唯一此类大型电站。不过近年来，利用蓄水（大坝形成的蓄水池）发电又开始兴起。2011年，韩国正式启用了类似拉朗斯河的254兆瓦“拦河坝”式发电厂，英国、中国等国家也有类似的计划。

全球对可再生能源的需求推动了潮汐蓄水发电的复兴。鉴于潮汐的可靠性以及蓄水技术的可行性，潮汐发电具备独特的吸引力。用于潮汐发电的独立水下涡轮还在进行兆瓦级测试，拉朗斯潮汐电站自1967年起每年发电量已达500至600千兆瓦小时，每天能够稳定发电15小时。

无疑，潮汐观测站也证实了潮汐电站对生态环境的影响。潮汐在通过涡轮时降低了流速，改变了潮流和两旁海堤的海平面。

河口建设拦河坝的计划也引起了相同的担忧。

相比而言，由切尔滕纳姆市提议、坐落在英国威尔士斯旺西湾的250兆瓦潮汐泻湖发电站却没有遇到争议——至少目前还没有。正如公司的名字寓意一样，电厂的海堤建造了一个人工泻湖，并不会封闭河口。地球之友组织威尔士地区主管加雷斯·克拉布（Gareth Clubb）说，由于与海滨的连接河道较窄，泻湖对脆弱的潮间带的影响非常有限。“我们非常支持斯旺西湾潮汐泻湖电站，它打消了反对者对塞文河拦河坝的担忧。”克拉布说。

克拉布说泻湖发电站能够帮助英国应对海平面上升的威胁，缓解气候变化模型预测到的日益频繁的风暴。由于潮汐抵达海岸的时间不同，所以这套发电系统能够产生相对稳定的可再生能源。

泻湖电站技术指导汤·威格（Ton Fijen）预测说，斯旺西项目每兆瓦小时的发电成本与近海风力发电的成本相近——近海风力发电是目前最廉价的可再生能源。如果他的论断正确，环保主义人士也始终支持态度的话，潮汐发电将在取得飞跃进展的同时还能避免对世界的众多河口产生影响。

作者：Peter Fairley

二维世界

石墨烯开始面对激烈的竞争。

“二维世界”从来没有如此美妙。大约 10 年前，物理学家向人们展示了如何将石墨松散连接的石墨片剥离后获得石墨烯——一种二维碳结构材料。这种材料的电子特性拥有广阔的应用前景。但是石墨烯还不是最重要的。大量的二维结构正在引起人们的关注。许多如石墨烯一样的材料可以从三维材料获得；最近几个月科学家用其中一种材料——二硫化钼制造了柔性透明的晶体管以及逻辑芯片的基础构成部件。其他材料还包括扁平化的自然三维结构。例如在 4 月份，俄亥俄州立大学的团队宣布已经将锗改造成二维结构。锗是半导体产业的主要材料，改造后的二维结构传导电子的速度比三维结构更快。

本文介绍的都是二维领域前景最为广阔的材料。一部分材料可以用来制造更灵巧、功耗更低的晶体管，用于未来的逻辑与存储芯片。其他材料是光计算或未来其他应用的理想材料。部分材料可以与其他材料或者石墨烯协同工作，还有部分材料则是石墨烯的直接竞争者。

本文所列材料相互之间不是竞争关系。例如，其中不包括诸多可用于纳米级电绝缘体的金属氧化物。“科学家一直试图发现到底有多少种层状材料。粗略估算有 100 种（以上）。”都柏林三一学院物理学家乔纳森·克尔曼 (Jonathan Coleman) 说。“事实上，层状材料的数量很大，我们现在发现的仅仅是皮毛。”

作者：Rachel Courtland

石墨烯 (碳原子)

石墨烯诞生于 2004 年，是一层碳原子，拥有非常独特的属性。例如在低温状态及既定电压下，电子在石墨烯中穿行的速度比在硅元素中快 100 倍。在所有二维材料中，石墨烯的加工工艺是最成熟的。芯片制造商如今能够为整个晶圆加入石墨烯涂层，制造高速射频三极管。但是，用于制造逻辑芯片时会出现棘手的问题。硅元素与其他半导体存在带隙，即受原子束缚的电子在材料中自由运动必须克服的能量壁垒。天然石墨烯不存在能量壁垒，因此无法切断电流实现切换。也有办法可以实现小的带隙，如在石墨烯上再增加一层石墨烯，或者把石墨烯切割成纳米带。但是，这些方法可能降低电子的速度。不过这种材料在电子、光学以及蓄能方面的潜力已经足够大，欧盟委员会宣布在今年初投入 10 亿欧元，用于石墨烯的研发。

氮化硼 (BN)

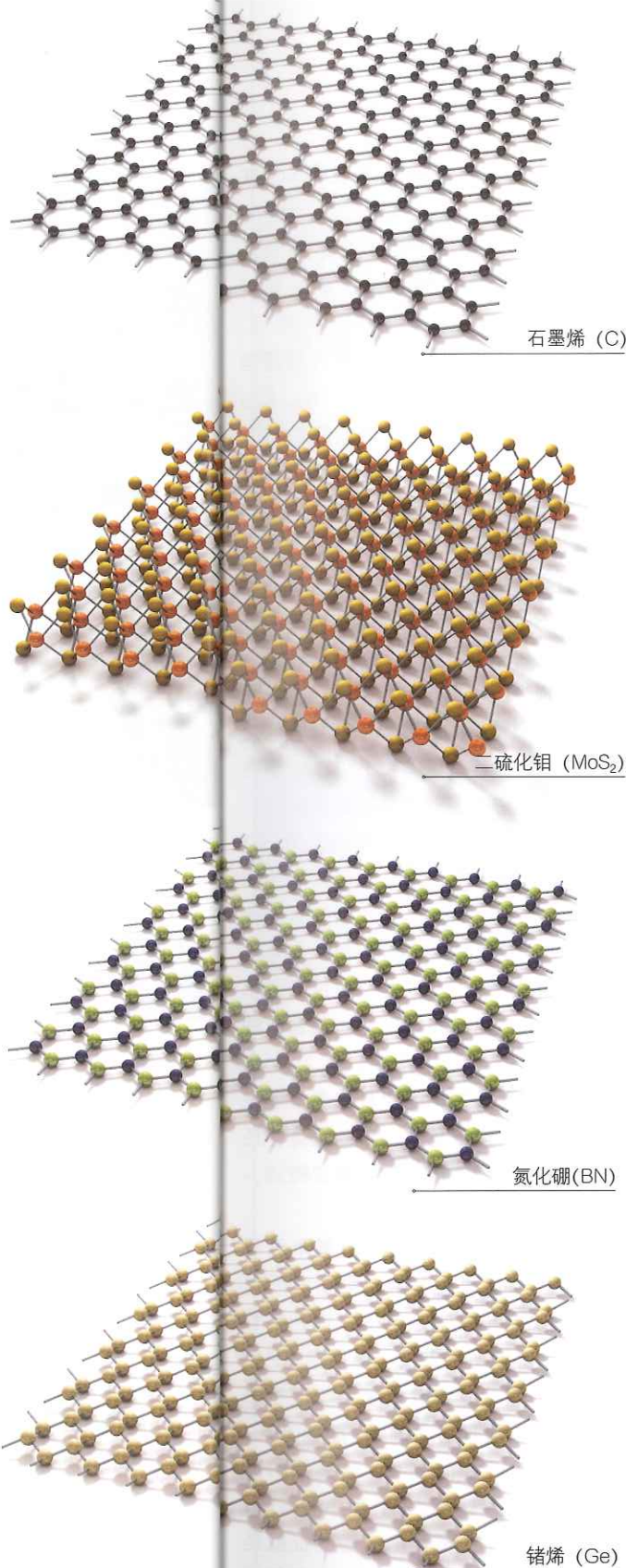
没有绝缘体就不会有半导体的存在。这就是氮化硼的作用。二维的氮化硼（硼原子和氮原子按六角形排列）是半导体。但是由于带隙太大，氮化硼无法实现电流开关，因此在由其他二维材料制成的设备中主要用作绝缘体。研究人员已经证明，他们能够实现由石墨烯带和氮化硼带交替排列的二维结构，未来可用于制造复杂的电路。

二硫化钼 (MoS_2) 与企业

由二硫化钼构成的材料层，分子由钼与硫组成，与石墨烯和硅相比具备自身特有的优势。作为半导体，二硫化钼的带隙使其成为天然的逻辑材料。此外， MoS_2 的带隙是“直接”带隙，因此能够随时发射和吸收光，这与硅是不同的。需要注意的是， MoS_2 仅仅是过渡族金属二硫化物中研究相对充分的一员。这一材料家族还包括碲化钼，由十五种过渡金属之一和硫族元素三大成员（硫、硒、碲）之一组成。目前，科研人员只研究了一小部分材料的二维电子特性。

硅树脂 (Si) 与锗烯 (Ge)

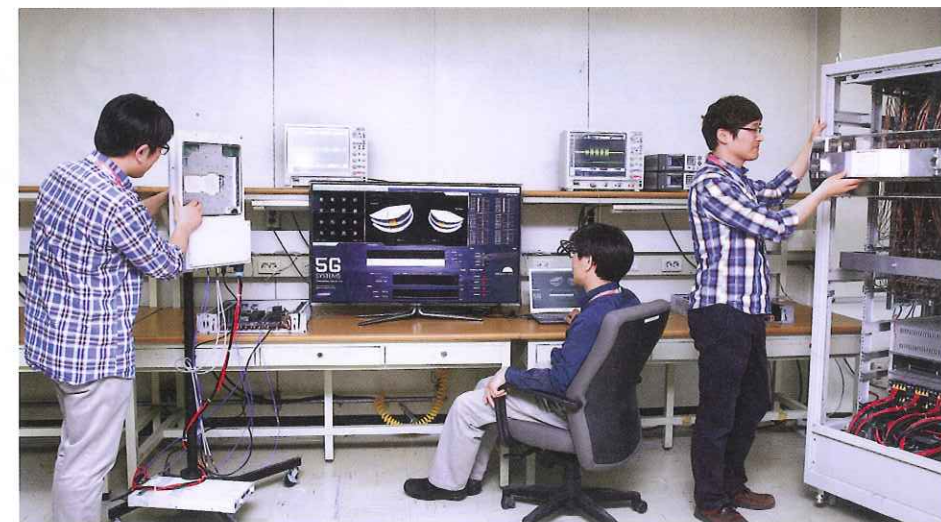
尽管石墨烯等材料的发现令人兴奋，但芯片制造商可能更倾向于使用二维的替代材料，使他们可以继续使用传统的半导体材料，不必担心晶圆厂受到污染。二维版的硅与锗即为硅树脂与锗烯。这两种材料在近两年才分离出来，研究也刚刚起步。其他如石墨烯的二维材料能够随时从块状材料中分离出来，其中的三维结构由二维层状材料松散堆叠而成。但是硅与锗不属于这种情况；它们的原子在三维结构中紧密相连。因此，扁平化以后会出现弯曲，导致电子特性不一致。



NEWS

5G 电话的未来

三星的毫米波收发技术在 2020 年可实现超高速移动宽带。



衣服、汽车、火车、拖拉机、人体传感器、追踪标签……分析人士称，10 年后，包括上述物品在内的 500 亿件商品将会接入移动网络。这些产品的数据量比现有移动设备高 1000 倍，数据传输速率是现有网络能力的 10 到 100 倍。随着运营商竞相推出 4G 设备，工程师们已经开始定义第五代无线标准。

“5G”技术是什么样子呢？现在还不确定，但是三星和纽约大学的工程师称他们正在研发一项极具前景的解决方案。这家韩国电子巨头宣布研发成功新的 5G 波束天线，能够在两公里范围内每秒传输 1G 的数据。该消息在业界掀起一阵波澜。虽然现在将其定义为 5G 为时过早，但是这项技术有助于为更加先进的移动应用和更加快速的数据传输打下基础。

三星技术引人注目的原因在于，天线运作在“毫米波”频率范围（3 至 300 千兆赫）及其附近。蜂窝网络总是占用低频率的频谱范围，波长为数十厘米（频率为数百兆赫）的电磁波能轻易地穿过障碍物和空气。但是这段频谱已经被严重占用，运营商能够利用的频段非常有限。同时，4G 网络可用的频谱数量也已经接近理论极限。

因此，部分工程师开始寻找无线电使用度不高、频率更高的频谱。三星的工程师估计政府管理部门能够为移动通信分配最多 100 千兆赫的毫米波频谱——是今天移动网络频谱的 200 倍。这部分频谱能实现带宽更高的频道和更快的数据传输速度。

超越 4G：三星工程师 Wongsuk Choi、Daeryong Lee、Byunghwan Lee（从左至右）在韩国水原实验室测试下一代蜂窝设备。

在固定、直线传播中使用毫米波的无线设备已经存在。不久，名为 WiGig 的新室内无线标准将能使屋内设备之间的数据传输达到数千兆比特。但是，工程师在大范围移动通信中一直没有使用毫米波是有原因的。

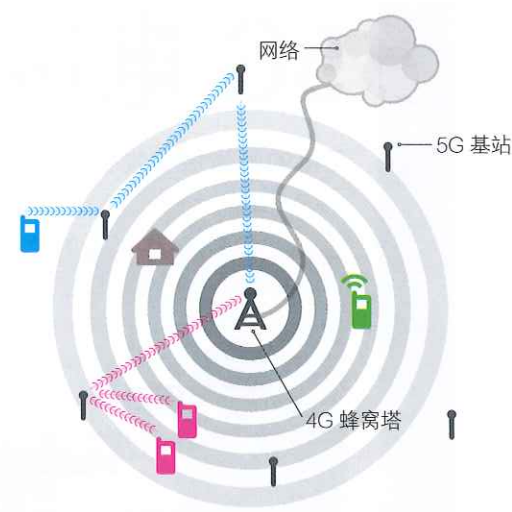
一方面，毫米波对固体材料的穿透性不高。此外，与低频波相比，毫米波在远距离传输过程中的能量损耗更大，因为气体、雨水与植物能够轻易吸收或分散毫米波。由于单独的毫米波天线的口径很小，因此发射和接受数据的功耗比蜂窝系统更高。

三星工程师们称他们的技术能够应对这些挑战。通过采用多天线阵列，工程师能使无线电能量集中在定向的窄波中，从而在提升传输效率的同时避免增加能耗。这种形成波束的阵列一直用于雷达和空间通信领域，如今得以被更多的领域采用。例如，高智发明公司的衍生公司 Kymeta 正在研发基于超材料的阵列，旨在为偏远地区或飞机等移动物体提供高速卫星宽带。

三星目前的产品原型有火柴盒大小，由 64 根天线组成的阵列与定制的信号处理元件连接。通过动态改变每个天线的信号相位，该接收器产生的波束仅为 10 度宽，并且能够迅速转向，如同一部灵活的探照灯。基站与移动无线电相连后能够持续扫描相互的波束，寻找最强的连接，通过反射绕过障碍。

“发射机与接收机协同工作，寻找最佳的波束路径。”三星达拉斯研发中心负责人法鲁克·汗 (Farooq Khan) 说。汗与他的同事皮周月 (音, Zhouyue Pi)、张建中 (音, Jianzhong Zhang) 在 2010 年申请的第一个专利描述了毫米波移动宽带系统。虽然今年发布的原型机的工作频率为 28 千兆赫，但三星的工程师们称他们的技术在 3 至 300 千兆赫的范围都可以应用。“我们的技术并不局限于 28 千兆赫。”皮周月说，“最终的部署情况取决于频谱的可用程度。”

在韩国水原三星高级通信实验室附近的室外试验中，原型发射机能够以 1Gb 每秒的速率向两个移动的接收机发送数据。接收机的移动速度为每小时 8 公里，与人跑步的速度相当。水原实验室负责人卢元一 (Wonil Roh) 说，



5G 波束规划: 可控毫米波能够实现数千兆位的移动连接。位于 4G 基站 (蓝色) 边缘的手机可以使用毫米波使信号绕开障碍物。由于波束互不重叠，移动电话可以使用相同的频率 (粉色)，不会出现干扰现象。接近 4G 发射塔的手机 (绿色) 可以直接连接。

通过使用“不高于现有 4G 基站”的发射功率，设备之间的视距内连接距离最高达到两公里，视距外连接距离则锐减至 200~300 米。

纽约大学理工学院无线通信专家西奥多·拉帕波特 (Theodore Rappaport) 在拥挤的纽约市以及德州奥斯汀市也获得相似的测试结果。在三星的资助下，拉帕波特正在纽约的实验室研究确定毫米波频道的物理特性。在最近的实验中，拉帕波特和他的学生使用像扩音器一样的喇叭天线，模拟波束形成阵列调整信号。通过测量不同配置下的两个喇叭接收器之间的路径损耗，他们推断，工作频率在 28 或 38 千兆赫的基站能够在 200 米半径内提供稳定的信号覆盖。

毫米波接收器可能无法完全替代现有的覆盖能力达 1 公里的蜂窝基站。但是拉帕波特指出，未来的基站的体积比今天的要小。在拥挤的城区，运营商已经开始部署被称为“小型基站”的集成基站，扩展信息容量。他说，毫米波技术不仅可以扩展信息容量，还为回程电缆提供了简单经济的替代方式。回程电路用来连接移动基站与运营商的核心网络。

“毫米波的优点是可用频谱很多，因此我们考虑建设的系统在使用频谱时，不仅可以连接基站与移动设备，还可以使基站与其他基站或交换机相连接。”拉帕波特说，“我们可以想象一种全新的蜂窝基础设施。”

其他无线通信专家对移动宽带大范围使用毫米波表示怀疑。“毫米波的应用还只是理论上的，需要实际论证。”爱立信的研究员、2020 年及未来的下一代无线移动通信系统 (METIS) 项目协调员阿菲夫·奥塞兰 (Afif Osseiran) 说。METIS 作为新成立的欧洲企业与大学组织，致力于在 2015 年初研发出最具潜力的 5G 解决方案。

奥塞兰说，METIS 正在考虑多种技术，包括新的数据编码与调制技术，更好的干涉管理、密集分层小型基站，以及高级接收机设计。他强调，5G 网络的关键特征就是使用许多多样化、协同工作的系统。“毫米波技术仅仅是一小部分而已。”他说。

作者: Ariel Bleicher

插图: Erik Vrielink



IEEE工程英语

针对专业技术人士的一个新的在线学习资源

讲英语，读英语和写英语，提高你的技术沟通技巧

- 通过最多可达45小时的网上互动课程来提高科技英语的关键技巧
- 通过免费的实力测验来甄别英语技能水平
- 在成功地通过了每一个级别的技能测验后，可以颁发个人证书
- 您的组织和团队可以很方便地通过桌面环境来访问系统

提供初级，中级和高级三个不同等级水平



为您的组织申请免费试用

www.ieee.org/english-for-engineering

IEEE
Advancing Technology
for Humanity