

我们瞄准特定应用研制了一款 新型的可编程光量子计算芯片,能 够进行量子漫步可编程动态模拟, 从而支持实现图论问题量子算法, 未来可能应用在数据库搜索、模式 识别等领域。相对于通用量子计 算,这种专用光量子计算芯片有可 能可以率先实用化。

强晓刚

军事科学院国防科技创新研究院研究员



量子计算何时投入实用? 光子可能是个关键角色

邵龙飞 本报记者 张强

量子计算是世界科技前沿的一个重点研究方 向,5月7日,《科学》杂志发表潘建伟院士团队的研 究成果,其成功研制了目前国际上超导量子比特数 量最多的量子计算原型机"祖冲之号",并在此基础 上实现了可编程的二维量子行走。此前不久,由我 国科研人员主导的国际团队在国际权威期刊上发 表论文披露,他们研发出一款新型可编程光量子计 算芯片,实现了多种图论问题的量子算法求解,有 望应用在数据搜索、模式识别等领域。这是世界上 首款面向图论问题求解的光量子芯片。

那么,什么是量子计算?新型可编程光量子 计算芯片研制成功为什么能引起业内众多关注?

对此,记者采访了新型可编程光量子计算芯 片论文第一作者,军事科学院国防科技创新研究

量子计算:颠覆传统计算的新概念

量子计算是一种建立在量子力学基础上的 新型计算模型,其基本计算单元是量子比特。

强晓刚介绍,量子比特与我们熟悉的经典比 特不一样,经典比特要么是0要么是1,而量子比 特由于量子叠加性质,可以同时处在0或1的状 态。这样对一个处于叠加状态的量子比特进行操 控时,就相当于同时对0和1两个态进行了操控。

"以一枚硬币做比喻,经典的计算只存在于 '正面'和'反面',而量子计算则不仅于此。随着 量子比特数目的增加,这种量子比特的叠加性质 蕴含着巨大的计算潜力。"他说。

上个世纪80年代,美国物理学家费曼提出 用量子物理系统来构造计算机的想法。上世纪 90年代,能用于大数质因子分解的Shor算法和 能够实现快速搜索的 Grover 算法被先后提出, 分别展示了量子计算在密码破译、数据搜索方面

的巨大潜力。2000年之后,随着量子计算理论 的发展,量子计算机的硬件实现方面也在不断发 展,包括超导、离子阱、光子、量子点、拓扑等多种 物理体系的不同技术路线都在进步。近几年,谷 歌、IBM、微软、英特尔等高科技公司投入量子计 算技术的研究,甚至掀起"比特数大战",量子计 算硬件系统的系统规模、操控精度等方面都得到

"作为新兴的前沿技术,量子计算技术在国 防军事领域也同样具有巨大应用潜力。"强晓刚 表示,比如,量子计算可以快速地分解大数质因 子,这将对现有的密码系统产生威胁;可以快速 地实现数据搜索、完成线性方程组求解等,这可 以在军事大数据处理、战场智能规划等应用方面 发挥作用;在物理化学分子模拟方面也具有计算 优势,可以帮助设计寻找新的武器材料等。

光量子芯片:规模化量子计算的潜力途径

在实现量子计算的超导、离子阱、光子、量子 点、拓扑等多种物理体系中,光子系统具有抗外 界干扰能力强、操作精度高、可室温工作等特点, 发展非常快速。

光量子计算就是将量子比特信息编码在单 个光子上,通过对光子进行量子操控及测量来实 现量子计算。光量子计算芯片技术是采用传统 的微纳加工工艺在单个芯片上集成大量的光量

子器件来实现量子计算过程,具有高集成度、高 精确度、高稳定性等优势,是实现大规模可实用 化量子计算机非常有潜力的途径。

自2008年以来,光量子芯片技术迅速发展。 "2018年,我们首次实现了基于光子系统 的通用两比特光量子计算,就是采用了光量子 芯片技术。我们基于硅基集成光学技术研制 了通用两比特光量子计算芯片,集成了超过

200个光量子器件,能够实现任意的两比特量 子计算应用。这项工作成功地展示了硅基集 成光学技术在实现大规模光量子计算芯片方 面的潜力。"强晓刚介绍,"在之前的研究基础 上,我们瞄准特定应用研制了一款新型的可编 程光量子计算芯片,能够进行量子漫步可编程 动态模拟,从而支持实现图论问题量子算法, 未来可能应用在数据库搜索、模式识别等领 域。相对于通用量子计算,这种专用光量子计 算芯片有可能可以率先实用化。"

这里的量子漫步,又称量子行走,是量子计 算领域的一类重要计算模型。它是基于量子力 学基本原理,对应于经典的随机漫步所提出的, 是许多量子算法的理论内核。

"举例来说,在一维直线上从原点出发,每走 一步之前抛一枚硬币,如果硬币正面朝上,则向 左一步,反之则向右一步,不断重复这个过程,就 形成了一维直线上的经典随机漫步。而在量子 世界里,一个量子粒子具有量子叠加以及干涉等 性质,就可以同时向左和向右走,这样所形成的 量子漫步具有与经典随机漫步完全不同的性 质。利用量子漫步的这些独特性质就可能设计 出计算速度更快的量子算法。"他说。

强晓刚介绍:"在最近的研究工作中,我们所 实现的可编程光量子计算芯片能够对量子漫步 的演化时间、哈密顿量、粒子全同性、粒子交换特 性等要素进行完全调控,实现不同参数的量子漫 步过程,从而支持运行一系列基于量子漫步模型 的量子算法,比如图顶点搜索、图同构等图论问 题的量子算法。"

记者了解到,这款芯片在国际上首次实现了 多粒子量子漫步的可编程动态模拟,最大的亮点 有2个:一是它的可编程性,通过电学调控片上 元件来实现不同参数的量子漫步模拟,从而支持 基于量子漫步模型的不同量子算法运行;二是它 的可扩展性,与通用量子计算相比,所提出的芯 片架构相对简单,基于硅光技术能够更容易进行 扩展,来实现未来可实用化的光量子计算系统。

未来发展:机遇无限却任重道远

制,涉及物理、数学、电子、半导体、计算机等多学 科背景的前沿交叉领域,需要多学科深度融合、 团队集体合力。新型可编程光量子芯片就是由 来自军事科学院、国防科技大学、中山大学等科 研机构组成的联合团队共同完成的,集合了国内

将不断增长。但芯片上元件之间的串扰、噪声等 因素也随之逐渐增大,如何实现芯片计算过程中 的纠错容错是一项技术挑战。"强晓刚说,同时, 如何实现片上的多光子产生及操控也是需要解

器件设计、提升芯片研制水平,另一方面也可以 利用智能算法等从软件层面来补偿芯片噪声误 差等。"他说。

美国、英国、欧盟等都非常重视量子计算等

谷歌、IBM、微软、英特尔等企业在量子计算技术 方面投入了大量资源,在推动量子计算技术由基 础研究向工程化发展迈进方面取得了显著的成 效。我国在量子技术领域的布局、研究方面,也 走在了世界的前列。应该说中国在量子技术领 域已经占有一席之地,特别是在量子通信、光量 子计算等方向上处于国际先进水平。

记者注意到,不久前发布的《中华 国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035年远景目标纲要》,明确提出要瞄准人工智 能、量子信息、集成电路、生命健康、脑科学等前 沿领域,实施一批具有前瞻性、战略性的国家重 大科技项目。量子信息的重要性可见一斑。今 年教育部也新增了量子信息科学专业,这意味着 量子技术领域在人才培养、科研发展方面进入了

"对于我们从事量子计算领域研究的科研人 员来说,能够将国家需要和个人专业结合起来, 开展研究工作,非常令人振奋。"强晓刚说。

量子计算技术的研究,特别是光量子芯片研

外从事光量子计算领域研究的很多专家的力量。

决的另一技术挑战。 "解决这些挑战,一方面我们需要不断优化

量子信息技术的发展,特别是国外高科技企业如

海绵极易受到海洋其它生物的捕获和猎食,但却 能在残酷的海洋环境中安然生存,可能是依赖于 其独特的化学防御策略。目前,从海绵提取物中 分离得到的天然产物往往具有独特的结构骨架 或显著的生理功能,可应用于药物开发和作为有 机合成或半合成化学中间体,具有作为药物先导 物的巨大潜力。

海绵共生微生物也可以产生结构丰富多样 且具有重要药用开发潜力的次级代谢产物,通过 聚集在海绵体内或释放到环境中,在抵御捕食 者、抗病原微生物和防附着等方面发挥着不可或 缺的作用。此外,海绵的化学防御物质也可能来 源于共附生微生物群落分泌的代谢产物。许多 证据表明海绵共附生微生物,尤其是海绵共附生 放线菌,是化学结构多样且具有重要药用开发潜 力的次级代谢产物的真正生产者。目前,从海绵 中分离鉴定的放线菌种类繁多,包括Streptomyces、Saccharomonospora、Pseudonocardia 和 Nocardiopsis等。从海绵共附生放线菌中分离得到 的天然产物也表现出结构类型多样且生物活性 良好,包括吲哚生物碱、二酮哌嗪、聚酮和α-吡 喃酮等。

海绵共生放线菌来源的,结构新颖且活性 显著次级代谢产物的挖掘和发现具有一定的 价值和意义,值得科研工作者为之不断付出心 血和汗水。 (据微信公众号"中科院之声")



1亿年前的9个脚印 "暴露"恐龙移动速度

新华社讯 (记者冯源)距今约1亿年前,晚白垩世早期,一只恐龙生 活在炎热潮湿、植被茂盛的水网地带。它踩出的一串9个脚印,化作了珍 贵的恐龙足迹化石。

最近,浙江自然博物院金幸生团队与日本福井县立恐龙博物馆的同 行,在国际专业地学期刊《白垩纪研究》在线发表了对这片化石的研究成 果。他们的其中一项工作,就是为这只恐龙"测速"。

"交警可以从刹车时轮胎的摩擦痕迹推测车速,刑警可以从脚印推测 嫌犯的身高,我们也能根据恐龙足迹,推算出恐龙当时是在跑还是在走, 速度多快。"金幸生研究员说。

金幸生团队2019年在浙江义乌发现了这片化石,其足迹与四川伶盗 龙足迹相吻合。伶盗龙属于恐爪龙类,它们后脚第二脚趾的爪子特别大, 高高抬起,一般不着地。因此,恐爪龙行走时,后脚只有第三、四趾着地, 脚印是非常典型的二趾结构。

研究者测量了恐龙足迹的长宽、两趾间角度、单步长和复步长。金幸 生说,虽然恐龙不能复活,但是通过研究现生动物的行走方式,学界已有 一套较成熟的数学模型:用足迹长度推算出身高,再用身高和复步长推算

齿龙两类。两者后肢与身材比例不同,推算出的身高也不同。虽说足迹 与属于驰龙的伶盗龙一致,但是"本尊"不能简单定性为伶盗龙,科学家要

要解答测速"应用题",还要先做"选择题"。恐爪龙又分为驰龙和伤

如果它是驰龙,推算出的身高是51.8厘米,行走速度是每小时6.1公 里;如果它是伤齿龙,推算出的身高是65.6厘米,行走速度是每小时4.6公 里。总之,它当时是闲庭信步,既没在捕食,也没在逃命。

近年来,浙江自然博物院联合省内的县市博物馆及日本福井县立恐 龙博物馆,在浙江开展了大量野外考察,发现和保护了一批古生物化石。 金幸生说,浙江之前发现过蜥脚类、鸟类、非恐爪龙类兽脚类和翼龙类等 足迹化石,这是浙江首次发现恐爪龙类恐龙足迹化石。

电子自旋高速操控实现 高效低耗电子器件更"近"一步

科技日报讯 (洪恒飞 柯溢能 记者江耘)科技日报记者5月6日从浙 江大学获悉,该校物理学系郑毅研究员课题组与联合团队,首次在黑砷二 维电子态中发现了外电场连续、可逆调控的强自旋轨道耦合效应,实现了 对自旋的高速精准控制;同时在全新的自旋一能谷耦合的Rashba物理现 象中,发现了新奇的量子霍尔态。相关论文当天刊发于国际期刊《自然》。

电子是人们日常生活中熟悉的"陌生人":每个电子携带一份内禀的 电荷,其集体运动产生的电流驱动了照明、晶体管以及各种电子设备的运 行。然而作为一种基本粒子,电子还携带另外一个基本物理量,即自旋。 如何操控自旋,研制速度更快、能耗更低的电子器件是自上世纪90年代 以来科学和工程领域孜孜追求的目标。

常见的晶体管运行,通过场效应在沟道中注入和抽离电荷实现开 关。但作为与电荷具有同等内禀地位的自旋却极容易受到干扰,无法简 单地生成运动控制阀门。"要实现自旋驱动的电子器件,就必须先有效地 操控自旋的取向,进而可以用自旋阀门来控制电子的通过与否。"郑毅介 绍说,重元素二维材料体系使得电子自旋的高速精准控制成为可

郑毅团队在对薄层黑砷微纳器件的研究中,成功发现加入外电场时, 黑砷二维电子态系统的自旋轨道耦合效应可连续、可逆的打开和关闭。 这也为后续自旋器件的开发找到了一个控制电子通行的高速开关。

"该研究将对高效率、低能耗自旋电子器件研制提供坚实基础,对进 一步加深量子霍尔现象的理解,以及依托拓扑超导器件的量子计算研究 具有积极意义。"谈及应用前景,郑毅说,未来,科研人员有望利用自旋轨 道耦合实现高效的自旋调控,开发自旋场效应晶体管等电子元器件。

纳米尺寸垂直晶体管亮相 或解半导体器件性能提升难题

新华社讯 (记者谢樱 苏晓洲)记者5月7日从湖南大学获悉,刘渊教 授团队使用范德华金属集成法,成功展示了超短沟道垂直场效应晶体管, 其有效沟道长度最短可小于1纳米。这项"微观世界"的创新,为"后摩尔 时代"半导体器件性能提升增添了希望。日前,这一研究成果已发表在 《自然·电子学》上。

从21世纪初开始,商用计算机的主频便停滞不前,相关"摩尔定律" 已逼近极限——伴随电子器件缩小,沟道长度也缩短到十纳米级别,短沟 道效应更加显著。如何制造出更优性能与更低功耗的电子器件,成为"后 摩尔时代"全球半导体领域关注的焦点之一。

记者从湖南大学物理与微电子科学学院了解到,垂直晶体管具有天 然的短沟道特性,其研发有望作为一种全新的器件微缩方向。如能通过 进一步研究将真正的沟道物理长度缩小至10纳米甚至5纳米以下,未来 将可能不再依赖传统的高精度光刻技术和刻蚀技术。

刘渊教授团队采用低能量的范德华电极集成方式,实现了以二硫化 钼作为半导体沟道的薄层甚至单原子层的短沟道垂直器件。他们将预制 备的金属电极物理层压到二硫化钼沟道的顶部,保留了二维半导体的晶 格结构及其固有特性,形成理想的范德华金属一半导体界面。通过对垂 直器件进行微缩,垂直晶体管的开关比性能提升了两个数量级。

据了解,这种方法还可以运用到其他层状半导体作为沟道的器件上, 均实现了小于3纳米厚度的垂直场效应晶体管,证明了范德华电极集成对 于垂直器件微缩的普适性。这项研究有望为制造出拥有超高性能的亚3纳 米级别的晶体管,以及制备其他因工艺水平限制而出现不完美界面的范德 华异质结器件,为提升芯片性能提供了一种全新的低能耗解决方案。

该论文第一作者为湖南大学物理与微电子科学学院博士生刘丽婷, 刘渊教授为通讯作者。

小小的海洋放线菌竟是天然药物宝库

◎陈思强 张鑫雅

海洋环境具有高盐度、高压、低温和寡营养 等不同于陆地环境的特点,孕育了富饶的生物资 源。海洋生物在新陈代谢、生存方式、信息传递 和适应机制等方面具有显著的特点。而作为海 洋物种多样性关键组成部分的海洋微生物,在长 期的生物进化过程中也产生了与陆生生物不同 的基因多样性和代谢多样性,提高了海洋微生物 产生结构新颖且活性良好的药物先导化合物的 几率。其中,作为海洋微生物重要成员之一的海 洋放线菌能产生种类多样且活性独特的次级代 谢产物,一直被认为是海洋来源天然产物的重要

近日,中国科学院南海海洋研究所的研究 团队在美国化学会期刊《有机化学通讯》上发 表了新成果,从海绵放线菌 Nocardiopsis dassonvillei SCSIO 40065中发现了两个具有抑菌 和抗肿瘤生物活性的新颖硫代稠环生物碱类 化合物 dassonmycins,并阐明了其化学结构,具 有罕见的 6/6/6/6 多环稠合萘醌[2,3-e]哌嗪[1, 2-c]硫代吗啉新骨架。这一研究拓展了生物碱 类天然产物的结构类型,突显了海绵来源的放 线菌在发现新颖结构的活性天然产物方面具 有重要的研究价值。

海洋放线菌是海洋来源 天然产物的重要生产者

天然产物是生物体内产生的具有重要生理 功能或生物活性的化学成分,一般也被称为天然 有机化合物。结构新颖和活性作用独特的天然 产物是许多临床药物和新药先导化合物的重要 来源之一。

研究表明,海洋为人类提供了超过3万个结 构新颖或活性良好的天然产物,且呈现出逐年递 增的趋势。目前,已有18个海洋来源活性天然 产物或其衍生物先后被美国、日本等多个国家药 品监督管理部门批准作为抗肿瘤、抗病毒和抗菌 药物上市,包括头孢菌素C、阿糖胞苷、阿糖腺 苷、齐考诺肽、甲磺酸埃里克林、本妥昔单抗等。 此外,还有20余种海洋候选新药处于Ⅰ期、Ⅱ期 和Ⅲ期临床试验。我国科学家在海洋药物研发 领域也作出了巨大的贡献。

1928年,英国细菌学家 Alexander Fleming 从青霉菌中发现了具有抗革兰氏阳性菌的青霉 素,因此获得了1945年诺贝尔生理学或医学 奖。青霉素的发现成为了微生物代谢产物应用 于临床研究的一个里程碑,从此进入了从微生物 中寻找新型药物的新时代。1971年,中国科学 家屠呦呦从中药青蒿中发现并研制了用于治疗 疟疾的青蒿素,拯救了数百万人的性命。

次级代谢产物是微生物在一定生长时期产 生的,对微生物自身生命活动无明确功能的物 质。微生物的次级代谢产物是天然产物的重要 组成部分,是药物以及前体药物的重要来源之 一。近年来,新型疾病和耐药性致病菌的出现, 使已有抗生素药物的临床疗效不断减弱,开发作 用机制新颖或活性显著的药物显得愈发重要。 在海洋微生物中,海洋放线菌的次级代谢产物种 类丰富多样,结构复杂,几乎涵盖了所有化合物 类型。海洋放线菌作为活性先导化合物发现的 热门资源,吸引了广大科研人员的高度关注。从 海洋专属放线菌 Salinispora tropica 中分离得到 的 salinosporamide A,对多种肿瘤细胞株表现出 极强的细胞毒活性,并先后被美国FDA批准作 为治疗多发性骨髓瘤和恶性神经胶质瘤的孤儿 药进入Ⅲ期临床试验研究。从海洋疣孢菌 Verrucosispora sp.中发现的abyssomicin C具有良好 的抑制耐药性金黄色葡萄球菌生长的生物活性, 是文献报道的第一个具有抑制对氨基苯甲酸生 物合成活性的天然产物。

海绵共附生放线菌是海 洋放线菌的重要组成部分

海绵是一种最原始的多细胞动物,化石记录 最早可追溯到寒武纪时期,至今已发展到一万多 种。作为一种营固着生长的多孔滤食性生物体,