



面对集成度物理极限 光子芯片如何另辟蹊径

集成电路系列报道③

◎本报记者 崔爽

几十年来,英特尔联合创始人戈登·摩尔在1965年提出的摩尔定律,不仅成为计算机处理器的制造准则,某种程度上也被看作科技行业的

前进预言。

然而,自从1958年仙童半导体公司发明集成电路后,以硅为基础的电子芯片已经发展了几十年。

如今,电子芯片的承载能力已经逼近了物理理论的极限。

光子芯片的出现,被看作突破摩尔定律的有效途径之一。

力、容量及带宽均大幅度提升;光波的频率、波长、偏振态和相位等信息可以代表不同的数据,且光路在交叉传输时互不干扰。这些特性使得光子擅长做并行运算,与多数计算过程花在“矩阵乘法”上的神经网络相契合。

“总体而言,光子芯片具有高计算速度、低功耗、低时延等特点,且不易受到温度、电磁场和噪声变化的影响。”张思申说,光子芯片可以采用硅基半导体工艺来制造,形成光波导等无源器件。并且不追求工艺尺寸的极限缩小,突破了工艺的限制,有更多的性能提升空间。此外,光子芯片提供了全新的芯片设计架构思路,彻底颠覆原有的设计理念,有更多的设计创意空间。光子芯片可以与三五族化合物半导体形成的发光器件封装在一起来实现光电集成。未来将过渡到异质集成,实现真正的光电集成芯片。

张思申表示,光子计算芯片通常由一个电子芯片部分和光子传输部分来组成,电子芯片负责逻辑运算,读取传输由光波导来实现。而在未来的光子计算系统中,可以把光子芯片理解为电子芯片的“高速公路”,它帮助光子芯片分担包括线性计算、数据传输、内存读取等在内的这些相对耗时的操作。

“光子芯片是人工智能时代的基础设施,可以广泛应用于高速传输、远距离感知、人工智能计算处理领域。”张思申说。

他举例说明:在5G通信领域,光通信已经得到了相当广泛的应用,现在的云计算和数据中心中,已经大量采用了基于光子芯片的光收发模块,谷歌现在已经是全球最大的光器件采购商。在人工智能领域,光子芯片是一种光子计算架构与人工智能算法高度匹配的芯片设计,

可应用于自动驾驶、安防监控、语音识别、图像识别、医疗诊断、虚拟现实等关键人工智能领域,并已经得到了实际应用。在光计算方面,类脑光子芯片模拟人脑的计算,通过光子携带信息在模拟人脑的神经网络架构下处理数据,使芯片达到像人脑一样高速并行且低功耗的计算。包括IBM、英特尔,以及国内的一些企业和研究院所都在研发光CPU。“不过,硅基光电子产品的规模化商用还需时日,光计算市场还需要时间培育。”他坦言。

此外,在光感知方面,基于光子技术的激光雷达是当下的热点技术和应用方向,特别是在无人驾驶行业的应用,推动了行业的发展。在生物医药、纳米器件等的内部结构实现高分辨无损检测的新型计算显微关联成像装备中,光子芯片均可以发挥其高速并行、低功耗、微型化的优势。

并将其划分为原态(Naïve)和始发态(Primed),分别代表胚胎着床前后的两种状态。胚胎干细胞处于原态,而上胚层干细胞处于始发态。

2017年,英国剑桥大学干细胞研究所奥斯汀·史密斯教授首次提出,介于二者之间,可能存在一种新的中间状态。这种状态的细胞,应和早期着床时期的胚胎类似,它们既可嵌入到胚胎内细胞团,还可在体外进行原始生殖细胞诱导,这一状态被命名为始发前态(Formative)。但在本次研究之前,科学界还没有得到一种具备始发前态的主要特性的稳定细胞系。

“此次研究成功获得了这种理想中的细胞,可以让我们更好地研究干细胞,今后应用于科研和医学领域。”顾颖向科技日报记者介绍。

在这项研究中,科学家团队同时激活了3条信号通路,建立了具有始发前态特征的稳定细胞系,它同时具备原态和始发态的一些特征,可直接由原态转化而来,并且可以直接过渡到始发态。

“使用完全相同的培养条件,能够获得3个不同物种的干细胞是令人兴奋的,这意味着这种中间状态也许在物种之间更加保守。也许在不远的将来,我们能够获得来自不同物种的干细胞,这有助于我们从细胞及分子水平更好地了解物种间进化的差异。”论文第一作者于乐谦博士说。

值得注意的是,这种细胞系可以高效融合,



总体而言,光子芯片具有高计算速度、低功耗、低时延等特点,且不易受到温度、电磁场和噪声变化的影响。其不追求工艺尺寸的极限缩小,突破了工艺的限制,有更多的性能提升空间。

张思申

中科院星董事总经理

在空间激光通信领域,光子芯片是解决目前空间传输速率瓶颈问题的主要技术手段,另外还有星间互联网、6G通信、智能遥感测绘等国家战略安全和战略需求领域,而这些都是需要对大数据进行高速、低功耗、实时处理的。光子芯片在这些国家战略领域将起到非常重要的支撑作用。

电子芯片仍占主导地位

尽管光子芯片的优势明显,但张思申直言,目前在芯片领域,电子芯片仍占据主导地位。特别是存储领域,仍是内存芯片的天下,光存储还未实现量产突破。在传输相关领域,如光通讯上,光子芯片已经被大量使用,占主要地位。在逻辑运算领域,未来的趋势是光电集成的结合,还需要很长一段时间逐步替代,才能实现全光计算。“总体来说,目前只在个别计算和传输领域,光子芯片可以取代电子芯片的地位。”他说。

从工艺上看,光子芯片摆脱了对摩尔定律不断缩小工艺尺寸的依赖,从而降低了对先进工艺

的需求,一定程度上减轻了当前芯片发展的关键问题。“实际上我们可以看到,很多实现量产的高端光子芯片来自海外,这一现状需要我们国内的光子芯片企业不断努力,提高产品性能,提高国产化率。”张思申说。

“如今光子计算仍处于早期阶段,最大的挑战来自于对于光子计算芯片上光学器件密度的提升。在这一全新赛道上,我们虽然没有前路可以借鉴,但发展前景令人十分期待。光学计算已经在商业化道路上迈出了重要的一步,相信在未来的两三年内,我们可以看到光子计算芯片的应用,开启计算革命。”张思申说。

延伸阅读

布局光子芯片产业 各国均在路上

目前,全球多个国家出台政策,扶持光子产业发展。国外领先的半导体企业也都纷纷在光子芯片领域重金投入,以求在未来的竞争中占据主动地位。

2018年1月,工信部发布了中国光电子器件发展五年路线图(2018—2022),其中明确提及中国光通信器件产业目标:2022年中低端光电子芯片国产化率超过60%,高端光电子芯片的国产化率突破20%。

国内的华为、光迅、海信等公司都在光子芯片领域进行了布局。据张思申介绍,目前在光通讯中低端光子芯片领域我们实现自主供货,高端光子芯片也逐步走向成熟。近几年国内也出现了一些优秀的光子芯片初创公司,如陕西源杰半导体在国产激光芯片领域实现大规模量产,打破了国外垄断;曦智科技2019年4月发布了全球首款光子芯片原型板卡,并通过流片验证,计划从2021年起为AI云计算带来高效的量产产品。

中间态全能干细胞来了 拯救濒危动物或有新办法

◎本报记者 赵汉斌

近日,关于世界上仅剩两头北部白犀牛的报道引发了人们对于濒危动物的关注。如何拯救濒危动物,也一直是科学家们关注的热点,但真正想要做到通过人为方式保留濒危物种并非易事。

哺乳动物的早期胚胎发育是一个动态且复杂的过程,而胚胎着床后在子宫内的发育进一步增加了其研究难度。美国得克萨斯大学西南医学中心分子生物学系助理教授吴军博士团队与深圳华大生命科学研究院顾颖博士团队,在多个物种中培育出一种新型干细胞系,并在此基础上生成世界首例马鼠嵌合胚胎。这一发现加深了人们对干细胞研究领域的理解,有益于创建疾病模型和推动干细胞疗法,同时在异种器官移植和濒危动物保护方面具有极大的应用潜力。

4月初,吴军博士团队和顾颖博士团队接受科技日报记者采访,详细介绍了相关情况。

在多个物种间建立中间态稳定干细胞系

1981年,剑桥大学生物学家马丁·埃文斯和马修·考夫曼首次报道了鼠胚胎干细胞。其后,科学家们又成功分离出鼠的上胚层全能干细胞,

并转化为原始生殖细胞。根据其特性,科学家们将这种全新的全能干细胞命名为XPSCs。

生成嵌合胚胎的过程充满创新

“由受精卵发育而来的动物,在发育的过程中,一部分细胞会形成胚外组织,如胎盘;而另一部分细胞会发育成最终的胚胎。”顾颖介绍,在囊胚时期,这部分能够发育成胚胎的细胞在囊胚中约占10至20个。

在这个时候,如果将其他物种的干细胞注射到这些细胞附近,这些异种细胞就有可能随之一同发育,形成嵌合胚胎。

于乐谦介绍,整个技术过程存在诸多难点,包括技术、胚胎发育、细胞层面等。例如注射的细胞所处状态必须与胚胎所处时期相似,过早或过晚都会影响嵌合胚的形成。

他们使用完全相同的诱导培养条件,同时得到其他物种的XPSCs细胞系,并且从马和小鼠的胚胎中,分离出胚胎干细胞系。其中马的细胞系,是全球首次分离诱导的马胚胎干细胞及诱导全能干细胞,同时还产生了世界首例马鼠异种嵌合早期胚胎,证明马的多能干细胞系具有高效的物种间嵌合效率。

本研究在严格遵守伦理规定的情况下,在多个物种中首次成功建立了具有中间态特征的稳

定干细胞系,获得了首例马鼠异种嵌合早期胚胎。这意味着获得其他物种的嵌合胚胎成为可能,也为将来研究不同哺乳动物间体内胚胎发育的差异提供了技术基础,有助于从细胞及分子水平了解物种间进化差异。

“通过研究,我们发现始发前态细胞在物种间相对更加保守,这意味着通过始发前态细胞,或可更加高效地得到异种嵌合胚胎。”顾颖说,科学家团队通过不同的抑制剂和生长因子,来调控不同的信号通路,最终从鼠、马等哺乳动物中得到了稳定的始发前态细胞。这些细胞能够形成嵌合胚胎,并且在体外分化成原始生殖细胞。

“这种全新全能干细胞为研究哺乳动物多能性以及研究调控原始生殖细胞分化的分子机制开辟了新途径,而且我们的方法可能广泛适用于从其他哺乳动物物种中获得更多类似的干细胞。”吴军说。

利用这种全能干细胞可诱导原始生殖细胞的特点,将其用于濒危物种的保护与繁衍,是研究的另一重要亮点。

“在濒危动物保护领域研究方面,我们目前关注北部白犀牛的保育。”吴军介绍,2018年,世界上最后一头雄性北部白犀牛死亡引发全球关注,目前仅有两头雌性北部白犀牛存世。犀牛与马在进化上的差异很小,如果能够拿到北部白犀牛的干细胞,并分化成为原始生殖细胞,就为保存这一物种带来可能。

新知

超冷原子体系 首次实现理想外尔半金属态

科技日报讯(记者吴长锋)科技日报记者4月19日从中国科学院大学获悉,该校潘建伟、陈帅等与北京大学刘雄军等合作,在国际上首次利用超冷原子体系实现了三维自旋轨道耦合,并构造出有且仅有一对外尔点的理想外尔半金属能带结构。研究成果于4月16日以研究长文形式发表在国际学术期刊《科学》杂志上,同时还专门配发了评论文章。

外尔半金属是一类重要的拓扑物态,它是一种拓扑磁单极子,且总是成对出现,最早于1929年由德国科学家赫尔曼·外尔提出。有且仅有两个外尔点的外尔半金属—理想外尔半金属,是外尔半金属“家族”中最为基础的一员,但这种仅有两个外尔点的外尔半金属尚未实现。

通过超冷原子研究拓扑量子态,目前是量子模拟领域中一个活跃的方向,也一直是超冷原子量子模拟领域的重大挑战。实验上面临两个技术难题,一是怎样把二维形式的拉曼耦合拓展到三维结构;二是怎样利用传统的二维成像进行三维动量空间的探测。为此,科研人员设计了巧妙的光路,通过将光晶格“旋转”45°,并将相位锁定,准确构造出理论方案中三维结构的拉曼耦合,合成三维自旋轨道耦合,同时通过调节实验参量,合成了有且仅有两个外尔点的能带结构。此外,研究人员利用体系的对称性,通过再重构出三维动量空间的自旋纹理,找到外尔点;随后利用量子湮灭动力学提取出该平面能带的拓扑特征,进而确定外尔点的位置。两种方法互相佐证,印证了理想外尔半金属能带的实现。

《科学》杂志的审稿人对这一工作给予高度评价:“为冷原子体系研究外尔物理中的新奇现象打开了新的方向”“是领域中的重要进展,并为冷原子研究提供了新的工具”等。这项研究成果还可以推广到费米子体系,开展强关联拓扑物理的研究,有望极大推动量子模拟领域的发展。

绿孔雀种群急剧衰退 人类干扰是主因

科技日报讯(记者赵汉斌)绿孔雀被称为“百鸟之王”,是我国一级重点保护动物,被国际自然保护联盟评定为“全球性濒危”等级。科技日报记者4月18日从中科院昆明动物研究所获悉,该所鸟类学科组联合多个研究机构,发现种群基因组、气候和人为证据等方面的研究表明,人类干扰是绿孔雀走向濒危的主要因素。国际权威期刊《英国皇家学会学报B:生物科学》发表了这一研究成果。

绿孔雀体态优美、羽色华丽,是中国文艺作品中常见的主角,在东亚和东南亚的传统文化中也占有重要地位。绿孔雀曾广泛分布于中国南方至爪哇的广大区域,后来经历了剧烈的种群收缩,目前仅片段分布于我国云南和东南亚局部区域。虽然史书有关于人类猎捕绿孔雀的零星记载,但目前尚不清楚绿孔雀种群衰退过程中的主要致危因素,尤其是气候变化和人类活动在其中的相对作用。

“当前生物多样性正以空前的速度减少,严重威胁着人类福祉。如何更有效地开展生物保护,已成为全人类面临的共同课题。解析物种濒危机制,可望为有效保护策略的制定提供科学依据。”课题组负责人杨晓君研究员说,为了搞清楚这个问题,他们与中山大学等单位合作,组装了首个绿孔雀基因组,并开展了种群基因组重测序。他们还综合使用多种分析方法,揭示自约6000年前的新石器时代中期以来绿孔雀种群急剧衰退的过程。

深入的统计分析显示,数千年来,气候变化对绿孔雀分布变迁没有显著影响,但人类活动强度则与其有效种群数量、当前存活状态具有显著的负相关性。这些发现表明,自史前以来的人类干扰,是绿孔雀走向濒危的主要驱动因素。研究同时揭示,绿孔雀的现存种群存在严重近交现象,迫切需要加强栖息地保护和生态廊道建设,以维持其应对未来环境变化的进化潜力。

此次绿孔雀研究案例,综合了种群基因组学、历史标本信息、生态位模型和历史人类活动数据等多种信息,来探讨物种致危因素的分析框架,这个方法有望为保护生物学提供新思路。



视觉中国供图