

全球3万多名受试者脑功能磁共振影像数据破译

人脑发育时间表是啥样的

□ 王欣



如果把人类的大脑发育过程看成走动的时钟,那么它“行走”的过程有什么规律可循?近日,北京师范大学贺永团队与合作者在《自然·神经科学》期刊发表了题为《脑的功能连接在人类全生命周期的变化》的成果论文。

他们通过全球132个研究中心的33250名受试者的脑功能磁共振影像数据,破译了从婴儿时期到老年时期的大脑发育规律,揭示了人脑内部建立功能连接的过程。这项研究为探索人类心智的形成、发展与衰老规律提供了宝贵数据,为全年龄段的脑健康数字化评估,以及脑疾病的精准诊疗提供了参考标准。

解码脑功能实现的核心密码

人脑的组成单位是神经元,神经元之间互相连接会形成突触,一定数量突触组成的神经通路就可以执行特定的脑功能。比如,我们看见一个字并把它读出来,大脑就需要从视神经到视皮层再到语言中枢的神经通路来完成。

婴儿刚出生时大约有860亿个神经元,但是互相之间并没有形成足够数量的突触,也就无法执行“读出”这一功能。之后,伴随着脑发育和后期的学习,这条神经通路上的突触连接开始“施工”,一个又一个神经元之间建立起可以传递大脑信号的突触。当整条神经通路上的突触连接数量充足且可以正常使用,就能完成某种特定的功能。

以往,科学家对于脑的功能连接的研究,要么通过实验动物来进行,其结果与人脑相差甚远;要么通过捐献的人类遗体来进行,由于样品量少,得到的数据也有限。

如今,磁共振等脑影像学技术的发展,以及AI算法的应用,使得科学家可以通过大量的脑功能磁共振影像数据,推算出人脑的突触连接数量和位置,从而为破译人脑发育的规律提供了可能。

不同年龄段,脑功能发育各有特点

研究人员将受试者的年龄范围分成了26个年龄段,并为每个年龄段创建了脑功能图谱,在国际上首次捕捉到了大脑功能演化的发育轨迹和关键时间点。

经过研究发现,婴儿出生时大脑的初级感觉运动系统的发育就已经达到成人水平的80%,而更为复杂的与记忆、推



理等高级认知相关的功能系统,需要到4至6岁时才能达到类似的成熟水平。

脑功能系统内部与功能系统之间整体的平衡,则要发育到25岁左右才逐渐成熟,之后保持相对稳定,到老年期开始下降。大脑功能连接的强度,即大脑不同区域之间的神经活动的关联程度,大约在38岁达到顶峰后才缓慢下降。

大脑越“训练”越强

这项研究中有趣的是,大脑中短距离连接的强度从年轻时开始慢慢减弱,而长距离连接到46岁左右才开始下

降。这说明人脑到了中年仍然具有很强的可塑性。

这时,你也许会想:我已经过了脑发育的关键时期,是不是无法变聪明,只能变得越来越笨呢?事实上,人脑的可塑性是持续终生的,只是幼年时期可塑性最强,随着年龄的增长逐渐减弱,并不会失去可塑性。

可塑性的大小,也和每个人的主观意愿及生活习惯密切相关。如果你每天努力生活,认真学习,就会刺激大脑建立新的突触连接,增强大脑的可塑性;而如果每天无所事事,或者胡思乱想,等于浪费了大脑可塑性的机会。这其中关键就在于要高效地使用大脑。

就像你阅读本文的过程,已经在刺激你的视觉、注意、情绪、学习、记忆等多种功能系统发生可塑性的变化。如果你愿意在阅读之后,深入思考,进一步探索自己的大脑,这种可塑性的变化就更显著。

对于我们而言,通过培养良好生活习惯和掌握认知方法,不断优化自己的大脑,再付诸行动,日积月累后将遇见一个更好的自己。

(作者系华中师范大学副教授、中国神经科学学会科普与继续教育委员会委员)

极限“压缩”光子 激光器研制已达原子级

□ 马仁敏

“十大进展”系列解读④

提起激光,大家恐怕都不陌生。从1960年美国科学家梅曼发明出世界上第一台激光器以来,激光已经走进了我们的日常生活,广泛应用于通信、医学成像与手术、传感和精密测量等领域,悄然改变着世界的模样。

那么,激光器到底可以做到多小呢?这个问题听起来简单,其实背后涉及到一个核心挑战:我们该如何“压缩”光子?这不仅是科学家追求的目标,也关系到未来能否研制出更小、更快、更强大的光子芯片和信息处理系统。

极限“压缩”光子的挑战:衍射极限

在信息技术的世界里,晶体管和激光器是两大核心元件。晶体管的微型化推动了电子芯片的飞速发展,并催生了广为人知的摩尔定律,即每隔约18个月,集成电路上可容纳的晶体管数量将翻一番。这一趋势使得最先进的晶体管的特征尺寸已达到纳米级别,如在手机和电脑芯片中能够集成超过百亿个晶体管,这赋予信息设备强大的信息处理能力。

与晶体管相比,缩小激光器的难度要大得多,这主要源于两者所依赖的微观粒子截然不同:晶体管依赖电子,而激光器依赖光子。在可见光和近红外

波段,光子的波长比晶体管中电子的德布罗意波长高出3个数量级。受衍射极限的制约,这些光子能够被压缩到的最小模式体积,比晶体管中的电子大约九个数量级——10亿倍。

构建纳米尺度激光器的核心挑战在于如何突破衍射极限,将光子的体积实现极限“压缩”。

克服这一挑战不仅能够显著推动光子技术的发展,还将催生许多全新的应用场景。设想一下,当光子能够像电子一样在纳米尺度上被灵活操控时,我们将能够用光直接观察到DNA的精细结构,大规模光电集成芯片的实现也将成为可能,进而将带来信息处理速度和效率的飞跃性提升。

构建新理论框架:将激光器研制推进至原子级别

为了突破光学衍射极限,实现对光子体积的极限“压缩”,团队提出了“奇点色散方程”,建立了介电体系中突破衍射极限的理论框架,并发明了一种制备特征尺寸小至1nm的光学纳腔的新方法。

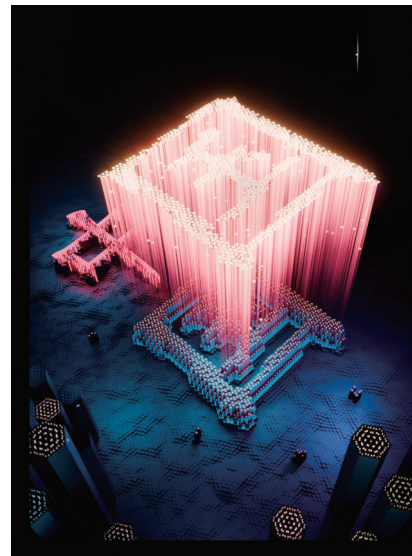
在此基础上,团队研制出目前已知模式体积最小的奇点介电纳米激光器,首次将激光器的特征尺度推进至原子级别。

这项研究为物质科学和生命科学等前沿领域提供了全新的相干光源。与传统激光器相比,纳米激光器具有能

“实现原子级特征尺度与可重构光频相控阵的纳米激光器”成果,入选了由国家自然科学基金委员会公布的2024年度“中国科学十大进展”。

基于纳米激光器阵列构建的有源光频相控阵,可实现激光器的相干“同步起舞”,按需输出“中”“国”等任意图形的相干激射图案。

(作者供图)



耗低、调制速度快等优势,未来有望在信息技术等领域得到广泛应用。

让纳米激光器“同步起舞”:实现有源光频相控阵

相控阵技术因其具备快速、无机结构的波束扫描能力,在探测、成像和通信等方面具有重要战略价值。然而,长期以来将相控阵拓展至光频段一直面临重大挑战,主要难点包括短波长带来的集成难度以及缺乏高效的相干控制机制。

为解决这一难题,团队进一步利用

纳米激光器构建出有源光频相控阵,实现了激光阵列的相干输出与精确调控。无需外部锁相,该系统可自发实现阵列内相位同步,按需输出“P”“K”“U”和“中”“国”等任意图形的相干激射图案。通过进一步调控各区域激光器的相对相位,还能精准控制整体发射方向,实现光频段的动态波束扫描。

这一有源光频相控阵技术有望突破当前光子器件集成的关键瓶颈,在微纳光源阵列、片上通信系统和智能感知等领域展现出广阔的发展前景。

(作者系北京大学教授)