

# 将数据载入DNA,可保存数十万年

■ 汤波

身处大数据时代,人们每分每秒都在产生着大量的数据。为了使珍贵的数据能长期可靠地保存,科学家想出将数据写入活细菌DNA中的方法,并在最近获得了实验的成功。

## DNA成为数据存储理想载体

众所周知,计算机的二进制语言只需要0和1两个符号,即可编码所有信息。而生命的本质也是一种语言,那就是由A、T、C、G四种碱基串联而成的DNA,四种碱基的顺序蕴藏着生命的信息。早在上世纪80年代末,就有人提出,或许可以将计算机的二进制数字语言转换成DNA的四种碱基语言,从而将数据信息存储在DNA上。读取时只要进行反向DNA测序即可。

相比于人类津津乐道的硅,DNA简直是数据存储的理想载体。首先,DNA的存储密度非常大。如果能够像大肠杆菌那样包装DNA,那么全世界的数据信息都可以储存在1公斤重、只占粉笔盒大小空间的一堆DNA中。其次,一般物理存储设备使用寿命往往不到10年,DNA则可将遗传信息完整保存100年以上;如果是在零下18℃以下的低温环境中,甚至可保存上万年、数十万年。再者,DNA存储过程耗能极少。要存储同样大小的信息,DNA的耗能量只相当于闪盘的亿分之一。

## 人工合成DNA尚有缺陷

当该想法被提出后,科学家就开始思考如何将二进制数字语言转换成DNA的四种碱基语言。

2012年,哈佛大学遗传学家乔治·丘奇团队确立的规则是,用碱基A、C编码二进制的0、G、T编码二进制的1。经过简单翻译,一本包含大约534万个单词的书籍、11张JPG图片、一段简短的计算机程序,全部被编码进不到亿分之一克的DNA微芯片中。这些文件大小相当于659KB。之后,研究人员利用反向



DNA测序技术进行解读,只略有瑕疵地发现了22个错误。几个月后,欧洲生物信息研究所采用另一种策略,同样将大小为739KB的文件写入人工合成DNA中,这次的读取正确率接近100%。

这两项研究让人们看到了DNA存储技术的希望,于是开启了研发的热潮。之后,存储数据的大小不断突破上限,从22MB到200MB,再到维基百科所有的数据。不过,人工合成DNA数据存储技术要实现商业化应用,还有一些重大问题要解决。

一是成本过高,目前人工合成存储1MB数据的DNA,需要3500美元,解码过程还需要额外支付1000美元。二是无论存储还是读取过程都需要专业设备,个人使用极不方便。三是DNA保存需要低温环境,否则时间一长就容易发生DNA降解,导致数据失真或丢失。

## 信息录入活细菌获成功

科学家这次将目光放在了活细菌的DNA上。

事实上,早在2017年,丘奇团队就开创性地利用“基因魔剪”CRISPR-Cas技术,将编码信息的DNA片段送入细菌体内。CRISPR-Cas系统可以对任何DNA序列进行精准修改,如将碱基A替换成碱基G,或者删除、插入、替换一段特异的DNA序列。

而这一次,哥伦比亚大学的研究人员则进一步发展了该方法。他们用电化学方法调控CRISPR系统,看它是否能成功行使功能。并且将需要存储的二进制信息先转换为DNA序列,插入环状质粒,然后再随质粒转入大肠杆菌体内。之后通过改变化学试剂的浓度,就可以改变细菌周围的电压,这时一些特定的环状质粒拷贝数会显著增加,CRISPR系统感知到这种变化,就会将质粒中的插入片段写入细菌基因组,在生物体内实现数据信息的自动存储。

为了研究该方法的可行性,研究人员将“hello world”录人大肠杆菌的DNA中,并测试它们繁衍80代后,所携带的信息是否仍然稳定,结果发现正确率达90%以上。之后,他们还将大肠杆菌混入土壤微生物中,对混合物进行测序,结果是仍然可以恢复存储的信息。

虽然活细菌存储数字信息的研究还有很多技术难题需要攻克。不过,随着众多科学家和大型企业的加入,这些技术难题将被一一解决,相信在不远的将来,DNA数据存储设备将随处可见。



图为福建省福清市拍摄的中核集团福清核电有限公司核电机组外景(无人机照片)。

中核集团1月30日宣布,全球第一台“华龙一号”核电机组福建福清核电5号机组已完成满功率连续运行考核,投入商业运行。  
新华社记者  
林善传 摄

## 在墨水中加入叶绿体 科学家开发出3D打印新方式

南加州大学的研究团队近日研发出一项新成果:通过在用于3D打印的墨水中加入叶绿体,使打印出的材料经光照后变得更坚固。

研究团队从菠菜中提取出叶绿体,然后将这些叶绿体加入到一种用于3D打印的墨水中,随后,科研人员将打印出的材料置于太阳光下。在这一过程中,材料会相应地产生纤维素,从而维持材料的形态,并使其变得更加坚固。

据该科研团队介绍,经过2-4小时的光照后,打印出来的材料就能够比之前坚固6倍。更值得一提的是,科学家还通过暴露材料的某些部分,来选择性地提高材料硬度。(本报综合)

## 携带角动量的电磁孤子研究获进展

■ 黄辛 李中鹏

中国科学院上海光学精密机械研究所强场激光物理国家重点实验室的研究人员提出了一种利用相对论强度的圆偏振激光与等离子体相互作用产生携带有轨道角动量的电磁孤子的方案,并揭示出其中的物理本质是光的自旋角动量转化为轨道角动量。

涡旋在自然界无处不在,从宇宙中的星系到木星的大红斑,从地球上的台风到液氦中的量子涡旋,其中包含复杂的非线性过程。涡旋不仅表现在物质结构中,而且还表现在电磁场的结构中,比如涡旋光。具有轨道角动量的涡旋光在显微成像、光通信、粒子操纵、光学捕获及光镊等领域发挥了重要作用。迄今为止,涡旋光主要通过螺旋相位板、相控天线阵列以及空间光调制器产生。另外,光子不仅可以携带轨道角动量,还具有与偏振相关的自旋角动量,利用一些光学元件可以实现光场的自旋角动量到轨道角动量的转化。另

一方面,电磁孤子作为激光等离子体相互作用中一种特殊现象被广泛研究。在电磁孤子结构中,入射激光能量被捕获在等离子体内,形成一个稳定的电磁波包的结构。如果对这种稳定的电磁结构加以调控,将会产生更多潜在的应用。

在这项研究中,研究人员发现将圆偏振激光入射到低密度等离子体中时,可以在等离子体内部实现自旋角动量到轨道角动量的转换,形成携带角动量的电磁孤子。在圆偏振激光进入到等离子体的过程中,在激光离轴处的等离子体会产生轴向震荡,正是这种轴向震荡在角动量转换过程中起到了重要作用。由圆偏振激光驱动的携带有角动量的电磁孤子揭示了诸如时空和偏振对称性破缺等特性,并为激光与等离子体相互作用及角动量转换提供了深入理解。

## 新技术实现 大面积制备钙钛矿LED

■ 桂运安

中国科学技术大学教授肖正国课题组近期使用基于气刀辅助的刮涂法,制备出大面积、高效率的钙钛矿LED,向商业应用迈出重要一步。

刮涂法是一种基于溶液法就能制备出大面积薄膜的方法,但是刮涂法制备钙钛矿薄膜的结晶过程不易控制,制备出来的钙钛矿LED的EQE(外部量子效率)最高仅为1.1%,其器件面积也非常有限。肖正国课题组以有机无机杂化钙钛矿为研究对象,通过降低钙钛矿前驱液的浓度,引入4-氟苯甲胺,并结合气刀辅助的方法,使薄膜结晶过程中形成更多的成核位点,从而制备出均匀致密的钙钛矿多晶薄膜,薄膜的表面粗糙度仅为0.8纳米。他们采用刮涂法制备出柔性钙钛矿LED,为制备大面积柔性光电子器件奠定基础。