



预测癫痫发作、盲人“重获”光明、不动手就能打电话 复旦自研脑机芯片将在三个领域改变生活

实验室中,几只头戴电极帽的小鼠灵活游走,与此同时,实验人员的电脑上同步显示出五颜六色的波段——小鼠大脑发出的极为微弱的脑电信号,就这样被完整记录下来。能够实现这一切的玄机,藏于电极帽中的一块大小不足指甲盖的芯片中。

值得一提的是,该项目研发成功前,国际上在该领域尚未有成熟先例。在IEEE国际电路与系统2019年会上,复旦团队发表的无线脑机接口芯片设计论文荣获“生物医疗方向最佳论文奖”。2020年,他们再度在这一国际顶级科技会议上获得“学生最佳论文奖”。

该项目在单芯片上集成64个信号采集通道,实现了4米范围内64通道全带宽神经信号的24小时不间断记录。与国外同类商用产品相比,功耗降低了10倍,重量不足3克,成本仅为同类产品的一半。

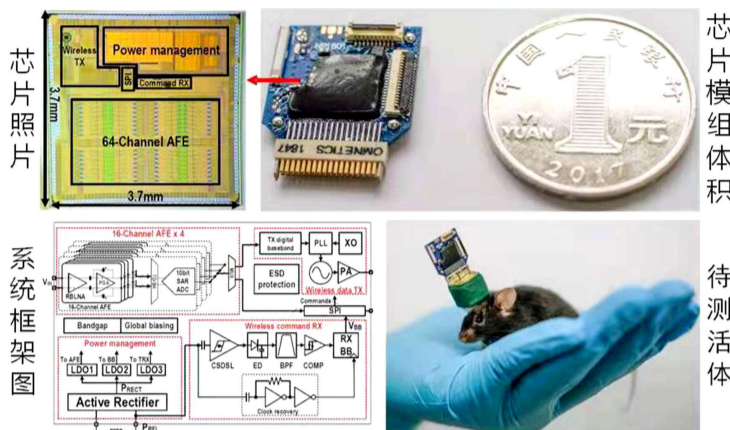
这款芯片厉害在哪?

认知大脑被称为生命科学最后的疆域。近年,中、美、欧等国家和地区纷纷启动脑科学计划。采集并分析大脑活动的电信号,是研究大脑的一种重要手段,而脑机接口芯片,是相关科研仪器的核心部件。

该芯片研发团队核心成员吕良剑介绍,研究项目启动的2016年,国内脑科学和类脑研究水平已经很高,但拥有自主知识产权的国产科研仪器却很稀缺,大部分实验仪器依赖进口,这促使他们想要自主研发一款国产脑活动记录仪器。

在上海市科委基础研究重大项目支持下,复旦大学类脑芯片与片上智能系统研究院和华东师大脑功能基因组学国家重点实验室合作,根据神经科学家确定的各类指标需求,开始研发“芯片式无线脑活动记录系统”。系统由神经电极阵列、无线脑机接口芯片、接收机、计算软件等组成,用于采集、储存和分析实验动物的脑部神经元活动信号。其中,芯片是最为核心的部件。

“无线”是这款芯片区别于市面同类产品的最大优势。直到现在,用于脑科学实验的脑机接口系统大都需要在实验室动物上安装记录装置,而装置又需通过电缆与外部记录系统相连。这种连接方式一方面限制了生物体的活动范围,另一方面,线的纠缠与旋转容易产生作用力,导致生物体脑部损伤。无线脑机接口芯片成功摆脱了线的束缚,允许生物体自由活动,更接近自然状态。无线充电能够以类似公交卡读卡器的方式对设备进行充电。团队首先在无线数据和无线能量同时传输核心技术取得原创突破,研究



基于自主开发芯片与系统的在体动物实验

结果在被业界誉为“芯片奥林匹克”的顶会国际固态电路会议上2018、2019连续两年发表。

“低功耗+长续航”是该芯片的另一大特点。许多无线技术芯片功耗较大,使得电池连续使用时间很短,有的芯片使用一枚40毫安时的纽扣电池仅能连续工作一两个小时,中途频繁更换电池会打断监测过程,干扰生物体自然状态。而这款芯片能够实现24小时连续工作,对生物体进行长时间、不间断的数据监测。这是由于团队重点优化了芯片的电路设计,降低了其功耗。研发团队也放弃现有的一些功耗较大的无线传输协议,自己定义新的通讯协议,并通过降低电压将功耗优化至2.3mW,同时优化信号处理,解决了信号记录稳定性和抗干扰等问题。

“轻量化”是一大突破。实验装置太重会对小鼠活动产生较大负重,影响其活动。为此,团队把大部分功能都集成在芯片上,降低了对外部器件的要求,使整颗芯片面积小于16平方毫米,模组体积小于3立方厘米,总重量不超过3克。这种集成也在一定程度上降低了芯片制造的材料成本。

如何走原创之路?

这一重大原创科研成果背后,是一支“少而精”的本土团队,项目中难度最大的芯片设计人员共七人,包括封装、生物信号采集、生物医学等在内,团队也仅二十余人。

项目伊始,团队立足于前沿性原创探索研究,也与成熟商业产品对标,旨在发表高水平学术论文的同时,真正的产出高质量的无线脑机接口芯片。为支撑这样的重大研发项目,类脑芯片与片上智能系统研究院还组建了来自顶尖企业、具有丰富实战经验的工程团队。

看似“酷炫”的芯片研发,实际上包含许多重复而枯燥的工作,需要高度的细心与耐心,任何一个微小的错误都会导致整个系统失效,因此,每次定型流片都是

对团队的巨大考验。流片前的一个月,研发人员往往需要反复验证,解决所有系统漏洞,甚至住在实验室,忙得不知白天黑夜。“大家凭着一股干劲努力去做好事情。”芯片团队核心成员叶大蔚表示。

比如今年初的这次流片,正值春节,兼有疫情影响,芯片代工临时要求提前三周交付设计文件,吕良剑和叶大蔚带领设计团队,两三个星期,这支团队几乎都没怎么睡觉,流片前,团队做了反复检验,力保流片成功。“虽然流片工作非常辛苦,但获得满满成就感。”一年级博士生李思柔说道,“研究生第一年就参与到流片工作中,在老师和学长的指导下,独立负责芯片中的一部分,在课程任务之外还能参加这么前沿的项目研发,对我来说是个难得的机会。”

参与芯片版图工作的微电子学院博士研究生徐荣金说:“在流片时间节点临近时,成员们都会互相帮忙,共同战斗到最后一刻,尽管有人已完成分内工作。正是依靠细致的验证工作和高效的团队合作,我们每次流片效果都较理想。”

尽管芯片已经历过数次迭代,相关论文数次斩获国际权威奖项,但吕良剑表示,芯片的优化工作仍将继续,团队也会继续开展脑科学相关领域的研究。“从一开始就侧重交叉学科研究,希望通过跨学科的碰撞,去做一些突破性、革命性、对于人类有价值的事。”吕良剑坦言。

未来应用广泛

脑机接口芯片是集成电路领域近年的国际研究热点。研究的相关应用已慢慢走近人们的生活,特别是医疗领域。例如,基于类脑芯片可实现神经元识别与脑功能图谱描绘,还可进行脑血管病智能筛查等医疗工作。

据悉,2016年至今,这款芯片已流片4次。以它为核心部件的无线脑机接口系统正在接受上海脑科学家的测试,有望在不久的将来投入商用,成为我国脑科

学与类脑研究的利器。复旦类脑芯片与片上智能系统研究院助理研究员徐玲介绍,未来,这款芯片的应用场景将集中在三个领域:认知障碍疾病的治疗、运动康复,以及硬件设备控制。

目前,研究院正与复旦大学附属中山医院合作开展灵长类动物实验,将电极植入猴子脑内,无线采集多通道的脑电信号供脑科学家研究,旨在了解癫痫病的发病机理,并对其实现预防和手术治疗。此外,抑郁症、狂躁症、帕金森病、阿尔茨海默病等精神类疾病,也有望通过相关研究得到辅助治疗。

视觉感知和运动感知研究方向,目前是脑机信号研究中的热点。将芯片植入盲人视网膜下,使得盲人“重获光明”;通过想象“挥手”的感觉,瘫痪病人可将脑内信号通过芯片传递给电脑,从而操纵机械臂进行活动,等等。

而被人们接受度更高的非植入式芯片,则可应用在更多人的日常生活中。近年可以预见的一个应用是脑机芯片与智能硬件的结合,例如,通过非植入芯片将脑电信号传递到手机等智能设备上,完成“确认”“返回”“拨打电话”等简单的命令,这意味着,今后可能只需在脑中想象某个功能,无需动手操作即可实现。

而所谓科幻电影中的机器“读心术”,即依赖脑电波的解码就能将脑电波与文字语言对应起来,需大量的采集和训练,“我们的研究路径正在向这一方向努力”,青年研究员邹乔莎表示,“在复旦大学我们能同时和脑科学家、临床医生进行合作,有丰富的数据,这样优越的研究环境,在国外顶尖的实验室也很难拥有。”

在今年春天举行的第八届中国(上海)国际技术进出口交易会上,经由专业观众投票产生的上交会“十大人气项目评选”结果出炉。在一众优秀展品中,这款“全无线侵入式64通道脑机接口芯片模组”项目脱颖而出,摘得“镇馆之宝”称号。

文/吴若凝 殷梦昊 摄/成钊

延伸阅读

利用脑机接口技术(Brain-computer interfaces, BCI)进行意念操控,已经不是什么新鲜事。早在2009年的热门电影中,前海军战士就能“用意念控制”阿凡达;前不久,四肢瘫痪了30年的罗伯特用“大脑意念”控制机械臂给自己喂食蛋糕……脑机接口技术正越来越多地给瘫痪患者带来方便。

对于许多瘫痪患者来说,虽然大脑中命令运动的神经信号没有传递到肌肉或做出动作,但大脑中依然存在这些神经信号。BCI通过使用植入大脑的电极检测这些命令信号,并将其中继到使用AI进行解码的计算机中。在这种方式下,瘫痪患者可以想象在计算机上移动光标,然后计算机将为他们完成操作。

不可否认,脑机接口已经越来越作为一项成熟的技术进入人们的生活。在未来,脑机接口或可通过与环境的交互实现重症瘫痪患者多种功能的替代,也可促进大脑重塑以恢复运动功能,减轻残疾程度以改善患者生活质量。

不过,以往脑机接口设备都要通过有线系统将脑电波信号传输到计算机,如果改用无线技术,那难度可就大多了。

王纲怀先生捐赠铜镜“止水映人间”开展

5月28日,王纲怀先生铜镜捐赠仪式暨“止水映人间——王纲怀先生捐赠铜镜展”开幕。展出的118面铜镜皆由王纲怀捐赠。捐赠人王纲怀为著名“三槐王氏”的后代,生于沪、长于沪,毕业于清华大学,热衷于铜镜的收藏与研究,三十多年来著述颇丰。他慷慨捐赠珍藏,为复旦大学博物馆建设添砖加瓦,助力校园文化建设和育人工作。

本展览由校博物馆、文物与博物馆学系联合主办。

“止水映人间”展览通过“长河浮镜”“铜华纹章”“镜象晏然”“镜照尘寰”及“止水逢缘”五个部分,描绘了古代铜镜包罗的社会万象,揭秘其蕴含的情感志趣和社会变迁,讲述了人与镜的前世今生。策展团队以文博系2017级、2018级本科生为主体。他们在院系教师的指导下,完成了从研究、布展、宣传到文创设计等一系列工作,充分践行了文博专业产学研用一体化特色。

本次展览将持续至今年9月30日。展览期间将为观众献上丰富多彩的主题活动。线上展览也即将推出,让不能亲临现场的观众也能欣赏铜镜之美、了解铜镜故事。来源:校博物馆