

上海科学技术情报研究所
上海市前沿技术发展研究中心
技术与创新支持中心(TISC)



专利与创新

PATENT AND INNOVATION

2024 年

第 06

脑机接口专利态势

编者按

2024 年 1 月 29 日，美国知名企业家埃隆·马斯克表示，他旗下的脑机接口公司“Neuralink”完成了首例脑机接口设备人体移植且患者恢复良好，该消息一经发布便引发全球关注。紧接着，清华大学发文称与宣武医院团队成功进行首例无线微创脑机接口临床试验，央视网 1 月 31 日对上述清华大学的项目进行了介绍，并表示我国脑机接口技术有望先于马斯克产业化。大脑植入脑机接口设备后，人类只需通过意念就能控制手机、电脑，并通过它们控制几乎所有设备。根据中国信通院 2023 年 12 月 26 日发布的《脑机接口技术发展与应用研究报告(2023 年)》，脑机接口技术有望在十年内走向成熟商用，该项技术如成功应用，将对人类的生活带来颠覆性的变革。

脑机接口自问世以来，始终位居研究焦点，2024 年 1 月 22 日，

《自然》杂志发布“2024 年值得关注的七项技术”，脑机接口 (Brain-computer interfaces) 技术位列其中。近年来，斯坦福大学、Neuralink、清华大学等领衔机构接连在脑机接口技术上取得了重大突破。除此之外，国内外脑机接口技术发展如何？笔者从专利视角切入，根据公开文献整理了成如下简报，便于读者了解。

目

录

总体专利态势.....	4
全球脑机接口专利增长快速，我国专利申请量居首.....	4
关键技术专利态势.....	6
植入式：发展迅速，中美领衔发展.....	6
非侵入式：半干电极或为未来主流技术.....	7
范式编码：全球专利申请激增，中美领衔.....	8
医学应用脑机接口：我国专利申请居首.....	9
领衔机构专利动态.....	10
HI LLC：超前布局大量无创光采集专利.....	10
Neuralink：解码模型无缝切换、特殊细胞直接移植.....	11
华为：传感器网络检测传输.....	13
斯坦福大学：无监督校准系统.....	14
欧洲发明家奖：植入式脑机接口助瘫痪患者进行思想交流.....	15

总体专利态势

全球脑机接口专利增长快速，我国专利申请量居首

从申请地区看，我国居首

近几年，全球脑机接口专利申请增长迅猛，呈指数发展趋势。从国内外发

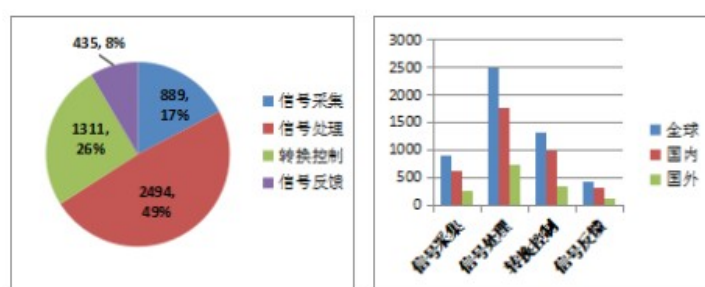


展趋势来看，国外起步较早，但从2013年开始，国内每年申请量反超国外，且后续发力迅猛，占据了全球申请的主导地位，其次为美国、韩国、印度和日本。

图1 全球及我国脑机接口专利申请趋势

技术构成看，信号处理申请量最多

从专利技术构成来看，脑机接口专利主要集中在对脑电信号的处理、建模、脑意图识别领域，占比约 49%；将脑电信号转换为特定外设控制指令的专利占比 26%；涉及脑电信号采集的专利占比 17%；利用声光电磁等刺激大脑，诱



发人体反应形成脑机交互的专利占比较少，约为 8%。此外，从不同类别的国内、外专利申请量来看，国内脑机接口以上各技术分支的专利申请量都较国外专利申请量多，占据优势地位。

图 2 脑机接口专利技术构成与分布

申请人类型看，国外以企业为主，我国以院校为主

对国内外专利申请人类型进行聚类发现，国内外脑机接口专利申请人类型

差别较大。国内主要申请人类别为大专院校，占比 63%，其次为企业和科研机构，个人申请量较少；国外主要申请人类别为企业，占比 39%，个人、科研机构和大专院校的申请量相当，约为 20%。对国内、外脑机接口主要申请人进行统计，分别梳理出排名前十的申请人。国内申请量前 10 位中有 9 所大学，1 家公司；国外申请量前 10 位中有 4 所大学，4 家公司，1 名个人和 1 家科研单位。国内主要申请人的专利申请量远远超出国外主要申请人的专利申请量。

图 3 脑机接口专利申请人分类

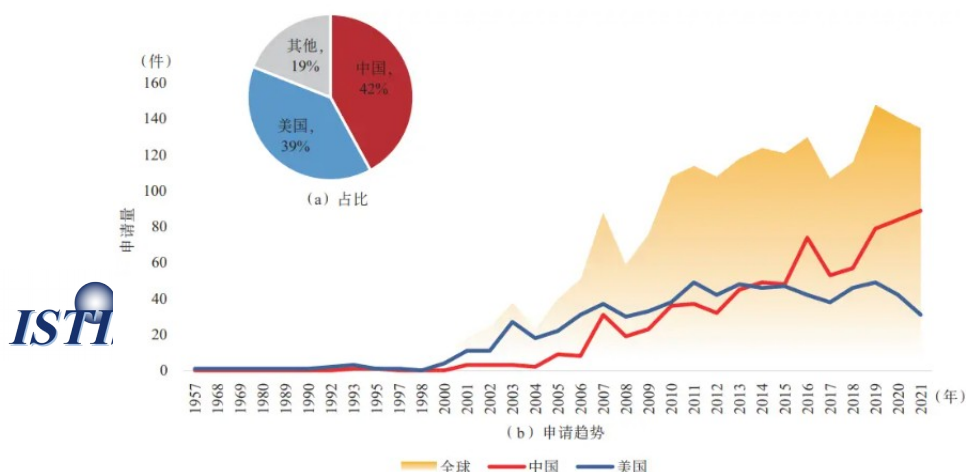
资料来源：刘义乐,李华芳.专利分析非侵入式脑机接口技术发展趋势[J].中国科技信息,2024,(01):31-34.

关键技术专利态势

植入式：发展迅速，中美领衔发展

植入式电极作为控制神经活动状态、记录神经元细胞电信号的一种电极器件，极大促进了脑机接口技术的发展。结合技术发展特点，以植入式电极为代表的植入式采集传感技术专利发展趋势可以划分为萌芽期、起步期和发展期三个阶段。如图 1 所示，中国和美国占有全球植入式电极专利的绝大部分份额，分别是 42%和 39%，这源于当前以中国和美国为主的植入式脑机接口电极技术正在蓬勃发展，技术创新日益活跃。

1957—1987 年是植入式电极发展的萌芽期。1957 年，Hubel 使用电化学刻蚀方法制备出机械强度明显强于玻璃毛细管电极的钨微丝电极，因为能穿透猫硬脑膜记录神经元和轴突电信号，在神经科学和神经工程领域产生深远影响。1967 年，Marg 首次提出用含有五根钨微丝的电极阵列记录多神经，从此



业界对神经元微探针的制备开展探索。在此阶段内，植入式微电极的形态多为金属丝和微吸管神经元探针，但由于电极制造缺乏配套产业支撑，制备工艺无法满足设计要求，从而导致此阶段专利量较少，一定程度限制了技术的进步。在此阶段全球的技术研发以美国为主，相关专利申请皆由美国申请人布局，中国在此阶段尚无专利布局。

图 4 植入式电极专利全球及中美申请占比和趋势

资料来源：周洁,王淳佳,张倩.专利视角下植入式脑机接口电极技术发展趋势分析[J].信息通信技术与政策,2023,49(03):61-67.

非侵入式：半干电极或为未来主流技术

根据脑电采集过程对大脑的侵入程度，脑机接口可分为侵入式、非侵入式与半侵入式。从脑机接口信号采集专利的申请发展趋势来看，非侵入式脑机接口技术发展较早，2011 年开始即进入飞速发展期；侵入式脑机接口发展平稳，2019 年之后出现爆发式增长；半侵入式技术则起步较晚，2019 年之后才引起人们的关注。非侵入式专利申请量占脑机接口信号采集专利总量的 50%，侵入

式专利申请量占比 41%，半侵入式脑机接口发展较慢，专利申请量占比 9%。

对国内、外脑机接口专利申请量进行统计，我国在非侵入式、侵入式、半侵入式 3 种类型的脑机接口专利申请量都较为突出，占据申请的优势。

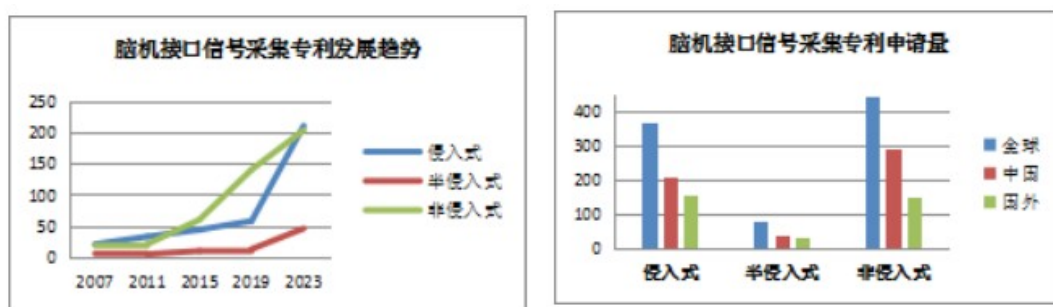


图 5 脑机接口信号采集专利分布

技术路线方面，非侵入式脑机接口是脑机接口信息采集技术的主要方向之一，国内申请人在专利方面有一定的积累，特别是国内综合实力较强的几家公司，在湿电极、半干电极、干电极等方面均有专利布局；半干电极技术虽然发展较晚，但其结合了湿电极和干电极的优点，未来具有广阔的前途，国内有实力的申请人应加大在该领域的投入，积极研发新型导电材料，抢占技术新高地。

专利运用转化方面，国内虽然占据专利申请量的优势，但在技术转化和产品实际研发方面还存在短板，近期，关于脑机接口技术在实验方面进展的报道，国外公司占比较多，国内脑机接口实验进度方面还有待推进，一方面国内相关主体应该加强技术沟通，形成专业联盟，及早推出自己的脑机接口标准，强化在该领域的话语权；另一方面国内舆论也要对该新事物有所包容，以科学的态度看待技术创新，允许一定范围内的尝试、挑战和失败。

资料来源：刘义乐,李华芳.专利分析非侵入式脑机接口技术发展趋势[J].中国科技信息,2024,(01):31-34.

范式编码：全球专利申请激增，中美领衔

2023年5月29日，脑机接口产业联盟发布了《脑机接口创新与知识产权研究报告》。该报告分析了脑机接口领域关键技术的专利创新动态，以专利视角揭示脑机接口的创新发展路径。其中，在范式编码技术方面，全球专利申请量近几年呈现急剧增长的发展趋势，当前范式编码技术专利主要来源于中国、美国、韩国和日本。在信号解码技术方面，中国和美国都是重要的脑机接口技

术原创地和目标市场所在地，脑机信号解码专利数量明显具有优势，其中，迁移学习方法近几年发展蓬勃，然而，随着用户以及政策对隐私问题的关注，如何在不泄露源用户隐私的前提下进行迁移学习是亟待解决的问题。

该报告也对相关领军企业的专利策略进行了分析。例如，马斯克旗下Neuralink，不仅围绕全部产品进行全面的知识产权保护，也非常善于利用专利规则，将临时申请优势发挥到极致，在成果发布前既抢占先机赚足了眼球，同时又避免核心技术过早泄露。

张倩建议，脑机接口企业和科研单位在技术研发创新的同时，也要重视知识产权保护。一是需要提升专利撰写质量，提高专利布局质量和授权概率；二是在重点技术分支方面持续跟进和创新，为适合自身发展的创新方向进行全面专利布局，借鉴领先企业的专利保护策略，将知识产权赋能企业价值发挥最大化。她强调，充分的专利储备不仅能保护创新，还可为创新主体带来更多优势，比如许可、质押等专利运营活动，能提升无形资产价值，带来经济效益。

资料来源：脑机接口产业联盟《脑机接口创新与知识产权研究报告》.2023.05.29

医学应用脑机接口：我国专利申请居首

中国生物技术发展中心统计了 2013 年—2022 年医学领域的脑机接口专利申请情况。中国是脑机接口医学应用专利公开数量最多的国家，为 602 件，高于美国（195 件）、韩国（119 件）等其他国家。Neuroolutions 公司（34 件）、天津大学（33 件）、华南理工大学（31 件）、加州大学系统（20 件）、清华大学（20 件）、西安交通大学（20 件）、中国科学院自动化研究所（18 件）、浙江大学（18 件）、斯坦福大学（15 件）、Neurable 公司（14 件）是申请脑机接口医学应用专利数量排名前十的机构。目前，脑机接口医学应用领域的技术研发国际上以企业为主；而我国以高校和研究机构为主，企业参与程度有待提高。

关于脑机接口医学应用的技术重点，具体如下：（1）神经状态监测与神经疾病干预方法：该类专利涉及稳态视觉诱发电位、运动想象、p300 事件相关电位等信号编码范式，基于多重信号开发混合脑机接口系统，完成情绪识别、注意力调控、神经功能刺激等操作，适用于注意力缺陷多动障碍、脑卒中、瘫

疾、阿尔茨海默病等神经与精神疾病的干预和辅助治疗。（2）新型电极与产品：近年来，神经电极向柔性化、微小型化发展，以增加脑机接口产品的便携性和适用范围。英国 Neurolutions 公司开发了一款头戴式脑电耳机，可测量大脑信号来治疗脑卒中（WOUS16061853）；上海交通大学开发的光电集成的一体化微针阵列式脑机接口器件，实现光电一体化集成，能够实现对单点同时进行光电刺激和电记录，并精确记录光刺激信号，有效提高记录神经信号的质量（CN114847957A）。（3）脑电数据处理算法和系统：运用机器学习算法能够对脑机接口采集的数据进行分类、特征提取、数据融合和编码等操作，例如基于频域图卷积神经网络的运动想象脑电信号分类方法（CN113476056A）、基于运动想象的混合脑机接口特征提取方法（CN114186608A）、基于小波变换的多模态脑机接口数据融合方法（CN114145752A）、基于位点等效增强的脑机接口解码方法（CN114415842A）、用于快速和稳定的皮层内脑机接口解码器的乘法递归神经网络（US10223634B2）等。上述机器学习算法为脑电信号的采集、传

输、分析提供了支撑。

资料来源：陈琪,袁天蔚,张丽雯等.脑机接口医学应用的研究现状与趋势[J].生

物医学工程学杂志,2023,40(03):566-572.

领衔机构专利动态

HI LLC：超前布局大量无创光采集专利

在无创采集脑信号的技术，即在光穿过头皮和颅骨并与大脑皮层相互作用之后，测量从头皮和颅骨发射出的光子强度方面。业界所用方法包括：功能近红外光谱成像法(fNIRS)、单光子计数法、拉曼散射法、双折射或光学活性测量法。其中 NIRS 设备可穿戴且便携，不易出现运动伪影，研究大脑活动不需静坐，是光采集手段中最为普及使用的方法。

国内外研发和生产制造 fNIRS 的厂商众多，如美国 Kemel、日本 Hitachi、我国丹阳慧创医疗设备有限公司等。荷兰科研设备供应商 Artinis Medical Systems 的 fNIRS 产品遍及 40 个国家的 350 所大学、诊所和公司，其产品通过 112 个 NIRS 通道和 128 个脑电图通道可同时测量脑组织中的电位、脑组织氧合和血容量变化，实现高时空分辨率下的大脑监测。

除了 fNIRS 之外，其他以光方式采集脑信号的技术手段鲜有产品诞生，值



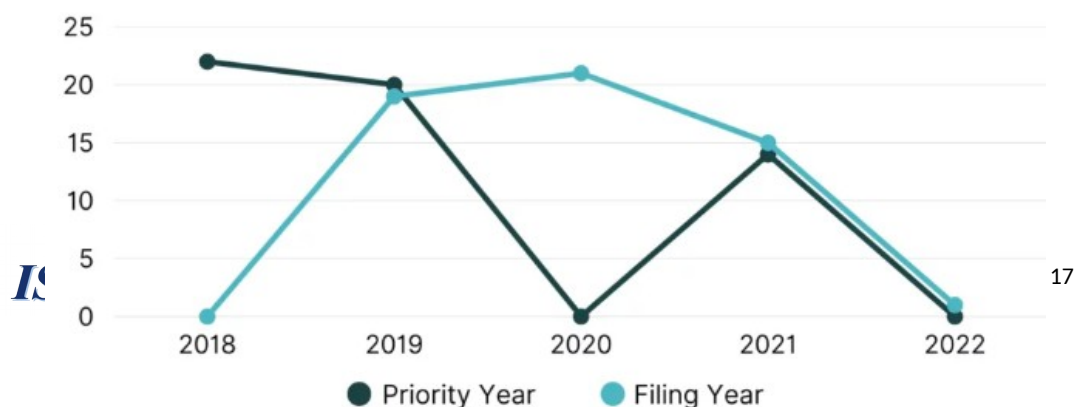
值得注意的是此类技术的专利已经超前布局。美国 HILLC 公司从 2017 年开始，持续对利用光子光学相干断层扫描、近红外脑电采集、单光子计数方法、拉曼散射方法、双折射和光学活性测量方法采集脑信号的技术申请大量专利，总量接近 500 件。保护的技术包括光子集成电路、光调制和解码方法、光电探测器、信号处理方法、数据压缩方法、降噪屏蔽方法、工艺制造方法、测量方法等对算法和硬件及系统全面进行知识产权保护。

图 6 HI LLC 的光采集专利各受理局申请趋势

资料来源：中国信息通信研究院.《脑机接口技术发展与应用研究报告（2023 年）》. 2023.12

Neuralink：解码模型无缝切换、特殊细胞直接移植

2023 年 5 月，由埃隆·马斯克(Elon Musk)共同创立的神经科技初创公司 Neuralink 取得了 FDA 批准其大脑植入物 Link 的人体试验，从而实现了一个



里程碑。这一进展标志着脑机接口(BCI)行业的一项重大成就，因为此前还没有其他 BCI 公司获得 FDA 的最终批准。Neuralink 于 2016 年成立，这家“开发植入式脑机接口”的 BCI 初创公司于 2018 年开始提交专利申请。其共有 56 项专利出版物：18 项（已授权）专利，35 项正在申请中，两项已失效，一项已被驳回。标题为“使用药筒的设备植入”的专利申请 US20210346687 被美国专利商标局以显而易见性为由驳回。这些专利属于 23 个独特的专利族。在这些专利族中，有 11 项已获授权，11 项正在申请中，还有一项已失效。该公司还在欧洲专利局、日本、韩国、加拿大和澳大利亚提交了申请。

图 7 Neuralink 专利申请情况

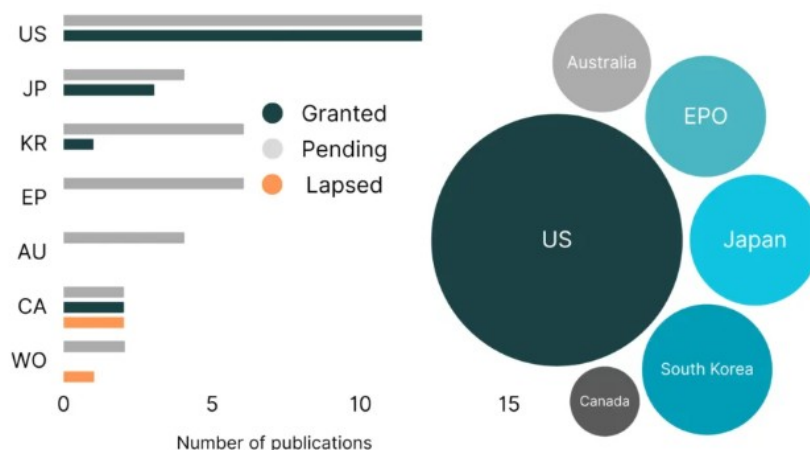


图 8 Neuralink 专利布局地区

关键专利一：具有用户界面 (UI) 感知控制器的脑机接口 (BMI)

(US11630516)

该发明涉及脑机接口 (BMI) 设备，该设备可以被受试者植入或佩戴以捕获和解码来自大脑的神经信号。

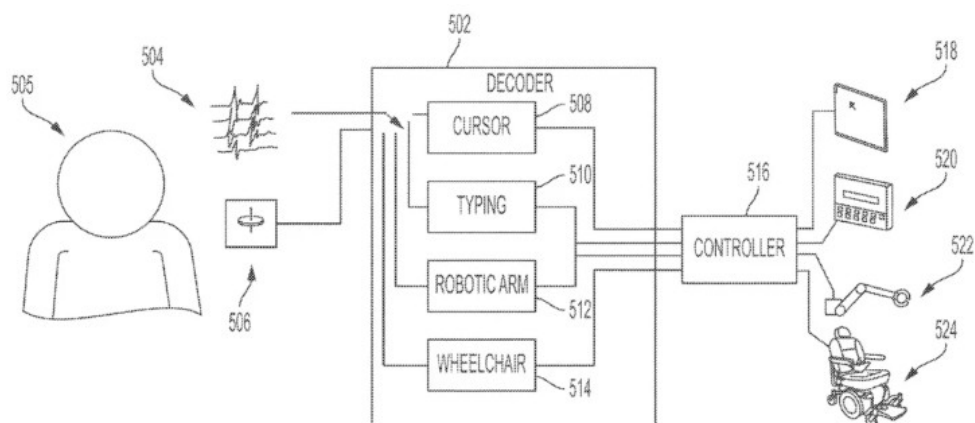
传统的脑机接口 (BMI) 在解码不同活动的神经信号方面面临挑战。现有系统可能非常适合一种类型的活动，但在另一种活动中表现不佳，从而使其通用性较差。发明描述了一种动态 BMI 系统，该系统可以根据受试者所从事的活动在不同的解码模型之间无缝切换。这种适应性是通过传感器检测活动变化并

将神经信号重新路由到最合适的解码模型来实现的。此外，该系统可以实时检测用户的挫败感或错误，并相应地调整其命令，从而提供更准确、响应更灵敏的界面。

关于活动检测。该系统可以确定受试者何时从一种活动切换到另一种活动（例如，从使用 GUI 切换到操作机械臂），并相应地调整其解码过程。

关于实时反馈。如果系统检测到错误或用户沮丧，它可以禁止命令、切换解码模型或发送取消命令来纠正操作。

关于数据压缩算法。根据检测到的活动，系统可以动态选择最合适的压缩算法来传输神经数据。



该专利 US11630516 于 2021 年 12 月 12 日提交，并于 2023 年 4 月 18 日获得授权。

图 9 Neuralink 具有用户界面 (UI) 感知控制器的脑机接口 (BMI)

关键专利二：基于细胞的脑机接口 (US20230077899A1)

该申请提出了一种将大脑与计算机连接的新方法。该系统不使用传统的侵入方法或外部传感器，而是将特殊细胞直接移植到大脑表面。由大量神经元细胞组成的皮质移植层被移植到大脑的大脑皮层上。这些移植的细胞与大脑整合，通过发出光或电信号对外部刺激做出反应，从而可能提供一种更精确和生物相容的方式来记录或刺激神经活动。然后可以记录这些信号，从而允许生物大脑

和计算机之间进行通信。

该专利申请 US20230077899A1 于 2021 年 12 月 8 日提交。

资料来源：**PAROLA ANALYTICS.**

<https://parolaanalytics.com/neuralink-patents/>. 2023.08.25

华为：传感器网络检测传输

2023 年 7 月，中国科技巨头华为宣布了针对脑部计算机界面（BCI）网络应用程序的开创性专利，该专利申请号为 CN116350174A（一种脑机接口装置和信息获取方法）。该专利概述了一种非侵入性系统，**该系统采用传感器网络来检测大脑信号，然后将其传输到外部设备。**该专利还揭示了一种分析这些信号以辨别用户意图的创新方法。这种关键的进步使用户能够通过思想控制外部设备。此外，该系统旨在适应能力，可满足各种用户的独特需求。

该专利涉及物联网领域，该脑机接口包括光源、时域延迟模块、波长相关分光模块、传感网络和传感前端；其中光源用于提供宽谱脉冲光列，时域延迟模块用于将宽谱脉冲光列转换为多波脉冲光列，波长相关分光模块用于将多波

脉冲光列分解为稀疏脉冲光列，传感网络用于将稀疏脉冲光列发送给传感前端的传感点，传感前端用于通过传感点发送稀疏脉冲光列至目标大脑，以获取传感信息，从而通过使用宽谱脉冲光和时域延迟技术获得了不同波长的探测光，无需设置多个光源，也不用增加对应的波长控制模块，从而在保证脑机接口小型集成化的基础上实现了脑机接口的高空间分辨率。

资料来源：**Medium.**

<https://haamidigitalconsultancy.medium.com/exciting-news-alert-huaweis-revolutionary-brain-computer-interface-patent-unveiled-181f7bcaf8eb>. 2023.07.03

斯坦福大学：无监督校准系统

斯坦福大学的专利申请 WO2024020571A1 提出了用于脑机接口(BCI)的无监督校准的系统和方法。一个实施例包括闭环重新校准(BCI)，其包括被配置成记录大脑活动的神经信号记录器和解码器，所述解码器包括处理器和存储器，其中所述存储器包含神经解码器模型、推断模型和解码器应用，所述解码器应用配置所述处理器以从所述神经信号记录器获得神经信号，使用所述神经

解码器模型将所述神经信号转换成用于通信地耦合到所述解码器的接口设备的命令，使用所述推断模型基于所述命令推断用户的预期目标，用推断出的预期目标对神经信号进行标注，并将标注后的神经信号作为训练数据重新训练神经解码器模型。

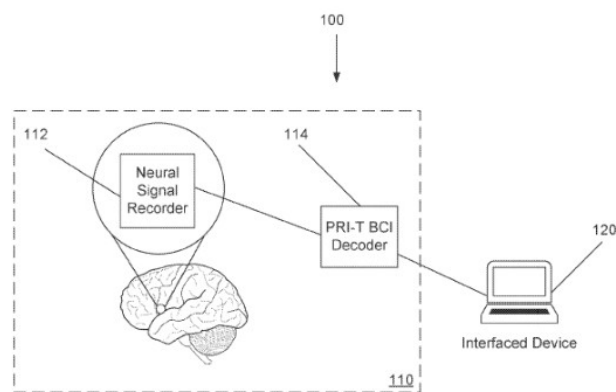


FIG. 1

图 10 斯坦福大学专利 WO2024020571A1

资料来源：WO2024020571A1，公开日：2024.01.25

欧洲发明家奖：植入式脑机接口助瘫痪患者进行思想交流

2023 年欧洲发明家奖中，来自澳大利亚的 Thomas Oxley 和 Nicholas Opie 入围，主要发明了 Stentrode，这是一种可植入的脑机接口（BCI），使瘫痪患者能够通过思想进行交流（EP3364915 B1）。

Stentrode 由微型支架和电极组成，电极通过颈静脉插入靠近大脑控制感觉和运动活动区域的血管中。通过颈静脉插入使外科医生能够到达大脑区域，而不必打开患者的头骨并进行侵入性大脑手术。该装置有回形针大小，设计成像纹身一样融入血管壁。

根据 Oxley 的说法，发明者有两个灵光乍现的时刻：“第一个时刻是我们能够将设备一直推过导管，并在大脑中打开。第二个时刻是，我们明确证明我们正在记录实际的大脑信号。”该植入物已在澳大利亚成功植入 4 人，在美国成功植入 3 人。它的潜在应用包括预防癫痫发作或控制震颤，治疗阿尔茨海默病和帕金森病、抑郁症、高血压、成瘾和强迫症。

Thomas Oxley 和 Nicholas Opie 创立了 Synchron，这是一家专注于开发神经接口技术的医疗设备公司。

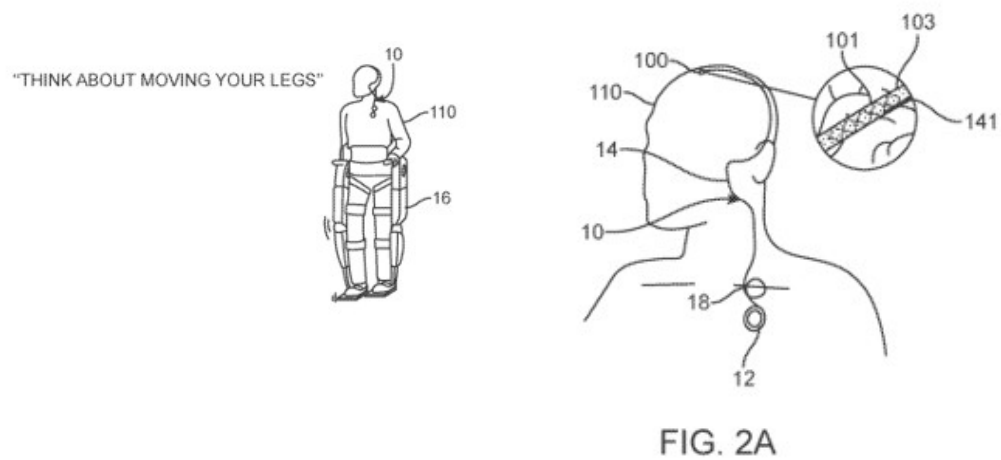


关于该技术，专利权人在 11 个国家和地区进行了专利布局。

图 11 脑机接口专利 EP3364915 B1 布局国家和地区

图 12 回形针大小的脑机接口装置通过颈静脉插入大脑 (EP3364915 B1)

资料来源：<https://www.epo.org/en/news-events/european-inventor-award/meet-the-finalists/thomas-oxley-and-nicholas-opie>. 2023.09.05



地址：上海市永福路 265 号

邮编：200031

编辑：杨四娟

责编：路炜

编审：林鹤

电话：021-64455555

邮件：istis@libnet.sh.cn

网址：www.istis.sh.cn