

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种脑机接口装置和信息获取方法, 涉及物联网领域, 该脑机接口包括光源(100)、时域延迟模块(200)、波长相关分光模块(300)、传感网络(400)和传感前端(500); 其中光源(100)用于提供宽谱脉冲光列, 时域延迟模块(200)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(300)用于将多波脉冲光列分解为稀疏脉冲光列, 传感网络(400)用于将稀疏脉冲光列发送给传感前端(500)的传感点, 传感前端(500)用于通过传感点发送稀疏脉冲光列至目标大脑(600), 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(100), 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。

一种脑机接口装置和信息获取方法

5 本申请要求于 2021 年 12 月 27 日提交中国国家知识产权局、申请号 202111620144.3、
申请名称为“一种脑机接口装置和信息获取方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通
过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请实施例涉及物联网领域，尤其涉及一种脑机接口装置和信息获取方法。

10

背景技术

脑机接口 (Brain-Computer Interface, BCI) 近几年逐渐成为未来智能世界的重要使能
技术。例如，在元宇宙概念中，脑机接口成为其技术群中重要的组成部分。

15 时间分辨率和空间分辨率是 BCI 的主要技术指标。在非侵入式脑机中，功能近红外技术
(functional near infrared, fNIR) 的实现方式有较好的时间分辨率，但空间分辨率不足。
fNIR 通常使用一组近红外发射和接受传感器负责局部脑区的传感，在一个红外发射点周围设
置若干红外接受点。部分透过头骨入射大脑的红外光，经过脑组织散射，反向出射，被光电
探测器接收。为了提升空间分辨率，可以在每个红外发射端使用不同波长的红外激光器，不
同传感器点之间构成了并行的传感通信信道。

20 但上述方案的每个传感器点都使用不同的波长，这要求系统有波长控制机制，如果严格
控制和挑选激光器波长或温度波长控制，随着传感点数量增加，系统的实现成本急剧增加，
并使得系统的主机规模庞大。

发明内容

25 本申请实施例提供一种脑机接口装置，用于在保证脑机接口小型集成化的基础上实现脑
机接口的高空间分辨率。本申请实施例还提供了相应的信息获取方法。

30 本申请第一方面提供一种脑机接口装置，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；光源用于提供传感探测光，传感探测光包括多个宽谱脉冲光列，多个
宽谱脉冲光列的重复频率为第一重复频率，每个宽谱脉冲光列由多个不同波长的脉冲光组成；
时域延迟模块用于将多个宽谱脉冲光列转换为多个多波脉冲光列，每个多波脉冲光列包括多
35 个不同波长的脉冲光，多个不同波长的脉冲光的重复频率为第二重复频率，第二重复频率为
第一重复频率的 N 倍，N 为多个不同波长的脉冲光的波长种类数；波长相关分光模块用于将
多个多波脉冲光列分解为 N 个稀疏脉冲光列，每个稀疏脉冲光列包括多个相同波长的脉冲光，
多个相同波长的脉冲光的重复频率为第一重复频率；传感网络用于将 N 个稀疏脉冲光列发送
给传感前端的 N 个传感点；传感前端用于通过 N 个传感点发送 N 个稀疏脉冲光列至目标大脑，

以获取传感信息。

本申请中的光源为宽谱脉冲光源，时域延迟模块可以为光纤延迟线、色散模块或色散波导等，波长相关分光模块为分光器，传感网络为无源光纤网络（passive optical network, PON）。

5 本申请中的脑机接口装置采用功能红外技术（fNIR），fNIR 有较好的时间分辨率，但空间分辨率不足。本申请基于波分-时分复用技术，采用点到多点的 PON 网络架构，极大提升了传感点布局的空间密度，提升了 fNIR 的空间分辨率，并降低装置成本。

10 该第一方面，脑机接口装置包括光源、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。

15 在第一方面的一种可能的实现方式中，脑机接口装置还包括信号处理模块，信号处理模块用于将传感信息转换为传感数据。

该种可能的实现方式中，在脑机接口装置中还设置信号处理模块，用来处理传感前端收集到的传感信息，提升了方案的可实现性。

20 在第一方面的一种可能的实现方式中，传感信息为传感光信号，信号处理模块包括光电探测单元、模数转换单元和数据处理单元；光电探测单元用于将传感光信号转换为传感电信号；模数转换单元用于将传感电信号转换为传感数字信号；数据处理单元用于将传感数字信号转换为传感数据。

该种可能的实现方式中，信号处理模块包括多种处理单元，可以将传感信号转换为其他设备可以处理的传感数据，提升了方案的可实现性。

25 在第一方面的一种可能的实现方式中，传感前端还用于获取目标大脑的脑电波信号，模数转换单元包括高速模数转换子单元和低速模数转换子单元，高速转换子单元用于将传感电信号转换为第一传感数字信号，低速模数转换子单元用于将脑电波信号转换为第二传感数字信号，数据处理单元具体用于将第一传感数字信号和第二传感数字信号转换为传感数据。

30 该种可能的实现方式中，传感前端不仅提供传感信号，还提供脑电波信号，从而实现提供两种不同模态的信号，提升了对传感信号的处理精度和对复杂信号模式的识别能力。

在第一方面的一种可能的实现方式中，传感前端还包括电极单元，电极单元用于获取目标大脑的脑电波信号。

该种可能的实现方式中，传感前端通过电极单元获取脑电波信号，提升了方案的可实现性。

35 在第一方面的一种可能的实现方式中，低速模数转换子单元与传感网络连接，传感网络的材料和传感前端的材料为导电材料。

该种可能的实现方式中，传感前端直接通过传感网络获取脑电波信号，提升了脑机接口装置的小型集成化。

在第一方面的一种可能的实现方式中，波长相关分光模块包括光信号监控单元，光信号

监控单元用于将 N 个稀疏脉冲光列的光信号信息发送给信号处理模块，信号处理模块用于根据光信号信息调整光源提供的传感探测光。

该种可能的实现方式中，为光源设置了反馈机制，从而可以适配波长相关分光模块的滤波特性及稳定光源输出功率，提升了脑机接口装置的检测准确性。

5 在第一方面的一种可能的实现方式中，脑机接口装置还包括数据传输模块，数据传输模块用于将传感数据发送至上位机。

该种可能的实现方式中，在脑机接口装置中还设置数据传输模块，该数据传输模块为我无线通信模块，用来将传感数据发送至上位机，以供上位机对传感数据做进一步处理，提升了方案的可实现性。

10 在第一方面的一种可能的实现方式中，脑机接口装置还包括光放大器，光放大器用于增强宽谱脉冲光列的光功率。

该种可能的实现方式中，在脑机接口装置中还设置光放大器，增强了宽谱脉冲光列的光功率，提升了脑机接口装置的检测准确性。

15 在第一方面的一种可能的实现方式中，传感前端包括光纤接口，光纤接口用于接收 N 个稀疏脉冲光列，光纤接口和 N 个稀疏脉冲光列的照射方向平行。

该种可能的实现方式中，光纤接口和 N 个稀疏脉冲光列的照射方向平行，布局结构简单，提升了脑机接口装置的结构机械稳定性。

在第一方面的一种可能的实现方式中，传感前端还包括光束转向单元，光束转向单元用于改变 N 个稀疏脉冲光列的照射方向。

20 该种可能的实现方式中，光纤接口和 N 个稀疏脉冲光列的照射方向不平行，简化了传感前端与脑机接口装置的外部结构集成，以及简化了传感网络光纤的布局。

在第一方面的一种可能的实现方式中，传感前端包括皮肤触点，皮肤触点与目标大脑的接触面为球面、半球面或平滑曲面。

25 该种可能的实现方式中，皮肤触点与目标大脑的接触面为球面、半球面或平滑曲面，增强了用户的使用体验。

在第一方面的一种可能的实现方式中，皮肤触点的材料为柔性材料。

该种可能的实现方式中，皮肤触点的材料为柔性材料，进一步增强了用户的使用体验。

本申请第二方面提供一种信息获取方法，该信息获取方法应用于如上述第一方面或第一方面任意一种可能的实现方式中的脑机接口装置，该方法包括：控制光源提供传感探测光，
30 传感探测光包括多个宽谱脉冲光列，多个宽谱脉冲光列的重复频率为第一重复频率，每个宽谱脉冲光列由多个不同波长的脉冲光组成；控制时域延迟模块将多个宽谱脉冲光列转换为多个多波脉冲光列，每个多波脉冲光列包括多个不同波长的脉冲光，多个不同波长的脉冲光的重复频率为第二重复频率，第二重复频率为第一重复频率的 N 倍，N 为多个不同波长的脉冲光的波长种类数；控制波长相关分光模块将多个多波脉冲光列分解为 N 个稀疏脉冲光列，
35 每个稀疏脉冲光列包括多个相同波长的脉冲光，多个相同波长的脉冲光的重复频率为第一重复频率；控制传感网络将 N 个稀疏脉冲光列发送给传感前端的 N 个传感点；控制传感前端通过 N 个传感点发送 N 个稀疏脉冲光列至目标大脑，以获取传感信息。

本申请实施例中，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。

附图说明

- 图 1 为本申请实施例提供的一种脑机接口装置的一实施例示意图；
- 图 2 为本申请实施例提供的多个宽谱脉冲光列的示意图；
- 10 图 3 为本申请实施例提供的多个多波脉冲光列的示意图；
- 图 4 为本申请实施例提供的多个稀疏脉冲光列的示意图；
- 图 5 为本申请实施例提供的一种脑机接口装置的另一实施例示意图；
- 图 6 为本申请实施例提供的传感光信号的示意图；
- 图 7 为本申请实施例提供的一种脑机接口装置的另一实施例示意图；
- 15 图 8 为本申请实施例提供的一种脑机接口装置的另一实施例示意图；
- 图 9 为本申请实施例提供的一种脑机接口装置的另一实施例示意图；
- 图 10 为本申请实施例提供的传感前端结构的一实施例示意图；
- 图 11 为本申请实施例提供的传感前端结构的另一实施例示意图；
- 图 12 为本申请实施例提供的信息获取方法的一实施例示意图。

20

具体实施方式

下面结合附图，对本申请的实施例进行描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分的实施例，而不是全部的实施例。本领域普通技术人员可知，随着技术发展和新场景的出现，本申请实施例提供的技术方案对于类似的技术问题，同样适用。

25 本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的实施例能够以除了在这里图示或描述的内容以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，

30 而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

在这里专用的词“示例性”意为“用作例子、实施例或说明性”。这里作为“示例性”所说明的任何实施例不必解释为优于或好于其它实施例。

另外，为了更好的说明本申请，在下文的具体实施方式中给出了众多的具体细节。本领域技术人员应当理解，没有某些具体细节，本申请同样可以实施。在一些实例中，

对于本领域技术人员熟知的方法、手段、元件和电路未作详细描述，以便于凸显本申请的主旨。

本申请实施例提供一种脑机接口装置，用于在保证脑机接口小型集成化的基础上实现脑机接口的高空间分辨率。本申请实施例还提供了相应的信息获取方法。以下分别进行详细说

5

下面对本申请实施例涉及的概念进行解释：

脑机接口是人机界面技术（Human-Computer Interface, HCI）的深度发展。传统的人机交互技术需要借助媒介层软硬件实现，如计算机显示屏、可视化界面、鼠标等。而脑机接口则通过直接检测脑活动，实现对大脑意识的理解，并通过生物工程手段，如光遗传手段、大

10

脑电极等，实现干预，甚至参与大脑活动。非侵入式脑机接口指在头皮及意外区域设置脑信号传感装置，且避免任何外科手术的一种脑机传感方式。一种典型的非侵入式脑机结构如脑电波传感，即通过电学方法，采集脑电波，并通过脑电波模式分析，获取大脑活动信息。近红外成像技术（NIR）如今被广泛用于神经元成像。而在此基础之上发展起来的功能红

15

外技术（fNIR）可以检测神经元的活动，广泛应用于非侵入式脑机接口。fNIR 是通过血液中的血氧蛋白作为媒介，获取脑神经活动信息，具体的，人脑神经元活动需要消耗氧气。而血液中的氧气是通过血氧蛋白携带的。因此，大脑皮层活动程度越高，该区域内的血氧消耗越

20

大，血红蛋白（氧合血红蛋白 HbO 和脱氧血红蛋白 HbR）浓度越高。同时，血氧蛋白的浓度，即血红素浓度决定了近红外光的吸收率，即入射与散射的 NIR 光功率比值。因此，通过检测入射 NIR 光功率以及入射电周围通过脑组织的散射光功率，就可以分析出局部脑区皮层的活

动程度。

下面结合上述对脑机接口和 fNIR 概念的解释，对本申请实施例提供的脑机接口装置和信息获取方法分别进行详细说明。

如图 1 所示，本申请提供了一种脑机接口装置的一实施例包括：光源 100、时域延迟模块 200、波长相关分光模块 300、传感网络 400 和传感前端 500。

25

具体的，光源 100 用于提供传感探测光，其中传感探测光包括多个宽谱脉冲光列，多个宽谱脉冲光列的重复频率为第一重复频率，每个宽谱脉冲光列由多个不同波长的脉冲光组成；时域延迟模块 200 用于将多个宽谱脉冲光列转换为多个多波脉冲光列，其中每个多波脉冲光列包括多个不同波长的脉冲光，多个不同波长的脉冲光的重复频率为第二重复频率，第二重复频率为第一重复频率的 N 倍，N 为多个不同波长的脉冲光的波长种类数；波长相关分光模

30

块 300 用于将多个多波脉冲光列分解为 N 个稀疏脉冲光列，其中每个稀疏脉冲光列包括多个相同波长的脉冲光，多个相同波长的脉冲光的重复频率为第一重复频率；传感网络 400 用于将 N 个稀疏脉冲光列发送给传感前端 500 的 N 个传感点；传感前端 500 用于通过 N 个传感点发送 N 个稀疏脉冲光列至目标大脑 600，以获取传感信息。

35

可选的，本申请实施例中的光源 100 为宽谱脉冲光源，具体为 Kerr 光梳、锁模激光或其他宽谱光梳，如图 2 所示，该光源 100 提供的传感探测光包括多个宽谱脉冲光列，其中，多个宽谱脉冲光列的重复频率为第一重复频率 $1/T$ ，即光源 100 产生每个宽谱脉冲光列的时间间隔为 T，此外，每个宽谱脉冲光列都是由多个不同波长的脉冲光组成，即由离散的 N 种波长成分组成，N 为波长成分的种类数，且不同波长的相邻间隔是相等的。

可选的，本申请实施例中的时域延迟模块 200 可以为光纤延迟线、色散模块或色散波导等，本申请实施例中使用特定长度及特定色散系数的光纤延迟线作为时域延迟模块 200。光源 100 产生的传感探测光传输至时域延迟模块 200，多个宽谱脉冲光列经过时域延迟模块 200 通过色散产生走离，即不同波长的光信号在色散介质中传播速度不同，因而出现光信号走离，形成时间上交错的不同波长的脉冲光列，即形成多个多波脉冲光列，如图 3 所示，每个多波脉冲光列都包括多个不同波长的脉冲光，多个不同波长的脉冲光的重复频率为第二重复频率，第二重复频率为第一重复频率的 N 倍，即第二重复频率为 N/T ，时域延迟模块 200 产生每个不同波长的脉冲光的时间间隔为 T/N ， N 为多个不同波长的脉冲光的波长种类数， N 种波长依次交替出现。

10 可选的，本申请实施例中的波长相关分光模块 300 为分光器，具体为波分解复用器 (DEMUX)，时域延迟模块 200 产生的多个多波脉冲光列传输至波长相关分光模块 300，如图 4 所示，该波长相关分光模块 300 将多个多波脉冲光列分解为 N 个稀疏脉冲光列，其中每个稀疏脉冲光列都包括多个相同波长的脉冲光，多个相同波长的脉冲光的重复频率为第一重复频率 $1/T$ ，即波长相关分光模块 300 产生的每个相同波长的脉冲光的时间间隔为 T 。

15 可选的，本申请实施例中的传感网络 400 为无源光纤网络 (passive optical network, PON)，波长相关分光模块 300 产生的 N 个稀疏脉冲光列传输至传感网络 400，传感网络 400 存在 N 支光路，可选的，光路由光纤构成，具体为印刷聚合物波导或其他光波导，传感前端 500 包括 N 个传感点，传感前端 500 的每一支路光连接一个传感前端 500 的传感点，传感网络 400 通过 N 支光路将 N 个稀疏脉冲光列发送给传感前端 500 的 N 个传感点，即每支光路上传输的光信号都为同一波长，且形成的时间间隔为 T 的脉冲光，对于 N 支光路来说，彼此之间的脉冲光形成的时间间隔依次相差 T/N 。最后传感前端 500 通过 N 个传感点发送 N 个稀疏脉冲光列至目标大脑 600， N 个稀疏脉冲光列穿过目标大脑 600 的颅骨及各层组织，被脑皮层散射形成散射光，散射光携带着传感点附近区域脑区的脑神经活动程度信息，即传感信息，具体为血氧饱和强度信息，传感前端 500 收集这些传感信息，从而获取到目标大脑 600 的信息。

25 可选的，传感点包括发光端和收光端，发光端和收光端都作为一个单独的传感点，发光端和收光端一一对应，即传感前端 500 共包括 $2N$ 个传感点，其中发光端用于发送稀疏脉冲光列，收光端用于收集携带传感信息的散射光。

30 可选的，光源 100、时域延迟模块 200、波长相关分光模块 300、传感网络 400 和传感前端 500 之间都通过光纤连接来传导光信号。

示例性的， $N=4$ ，则每个宽谱脉冲光列都是由离散的 4 种波长成分组成，第二重复频率为 $4/T$ ，时域延迟模块 200 产生每个不同波长的脉冲光的时间间隔为 $T/4$ ，多个不同波长的脉冲光的波长种类数为 4，波长相关分光模块 300 将多个多波脉冲光列分解为 4 个稀疏脉冲光列，传感网络 400 存在 4 支光路，传感前端 500 包括 4 个传感点。

35 本申请实施例中，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。

如图 5 所示，本申请提供的一种脑机接口装置的另一实施例包括：光源 100、时域延迟模块 200、波长相关分光模块 300、传感网络 400、传感前端 500 和信号处理模块 700。

5 其中，信号处理模块 700 包括光电探测单元 710、模数转换单元 720 和数据处理单元 730，信号处理模块 700 用于将传感信息转换为传感数据。具体的，传感信息为传感光信号，光电探测单元 710 用于将传感光信号转换为传感电信号；模数转换单元 720 用于将传感电信号转换为传感数字信号；数据处理单元 730 用于将传感数字信号转换为传感数据。

更具体的，传感点的收光端 520 收集携带传感信息的散射光，即传感光信号，然后通过
10 传感网络 400 发送给光电探测单元 710，其中波分解复用器和 PON 可以集成为基于时分和波分复用的 PON (time and wavelength division multiplexed PON, TWDM-PON) 系统，即 PON 发送端 410，PON 发送端 410 通过 N 支光路和 N 个发光端 510 连接，从而实现点到多点组网，传感网络 400 和波分复用器 (MUX) 集成为 PON 接收端 420，PON 接收端 420 通过 N 支光路和 N 个收光端 520 连接，即该传感网络 400 包括 2N 支光路，MUX 将 N 支光路回传的传感光信号
15 进行收集，重新形成时间间隔为 T/N 的宽谱脉冲光列，如图 6 所示，此时每一支路携带了动态的传感信息，因此脉冲光列各脉冲强度高高低不一。可选的，光电探测单元 710 为光电二极管 (photo diode, PD)，PD 将宽谱脉冲光列转换为传感电信号，可选的，模数转换单元 720 为模数转换器 (analogue-to-digital conversion, ADC)，ADC 的采样率为 N/T，以 N/T 的采样频率将传感电信号转换为传感数字信号，可选的，模数转换单元 720 和光电探测单元 710
20 之间设置有放大电路，放大电路用于将传感电信号进行放大，最后数据处理单元 730 将传感数字信号转换为传感数据，可选的，数据处理单元 730 为数字信号处理单元 (digital signal process, DSP)，DSP 通过算法解析出各传感点的光强，通过结合传感点先验的空间信息以及结合人工智能系统和专家系统等，提取出不同空间和时间点的脑区活动强度，并抽象出大脑活动模式。

25 可选的，该脑机接口装置还包括光放大器，光放大器设置在时域延迟模块和波长相关分光模块之间，光放大器用于增强宽谱脉冲光列的光功率，光放大器为光纤放大器或半导体光放大器等。

可选的，如图 7 所示，一实施例中，传感网络的 PON 发送端和 PON 接收端可以集成复
30 为一个 PON 网络的收发端 430，并使用任意一种具有光互易性的波分复用器或波分解复用器。同时，在此基础上，传感前端的发光端和收光端也重构为收发一体的结构，即每个传感点都具有发光端和收光端的功能，即该传感网络 400 包括 N 支光路，传感前端 500 包括 N 个传感点，其中 PON 收发端 430 通过 N 支光路和 N 个传感点连接。

进一步的，波长相关分光模块 300 包括光信号监控单元 310，光信号监控单元 310 用于
35 将 N 个稀疏脉冲光列的光信号信息发送给信号处理模块 730，信号处理模块 730 用于根据光信号信息调整光源 100 提供的传感探测光，从而形成反馈机制，配波长相关分光模块 300 的滤波特性及稳定光源输出功率。脑机接口装置还包括数据传输模块 900，数据传输模块 900 用于将传感数据发送至上位机，可选的，数据传输模块 900 为无线通信模块，无线通信模块用于上传脑机接口装置采集的原始数据、预处理数据、状态信息等至上位机，同时，从上位机下载控制信号、预训练模型、设备参数等。

可选的，一实施例中，如图 8 和图 9 所示，传感前端 500 还用于获取目标大脑的脑电波信号，模数转换单元 720 包括高速模数转换子单元 721 和低速模数转换子单元 722，高速转换子单元 721 用于将传感电信号转换为第一传感数字信号，低速模数转换子单元 722 用于将脑电波信号转换为第二传感数字信号，数据处理单元 730 具体用于将第一传感数字信号和
5 第二传感数字信号转换为传感数据，从而实现多模态的信号，从而提升对信号的处理精度、提升对复杂信号模式的识别能力等。第一传感数字信号和第二传感数字信号复用一套数据处理单元 730，数据处理单元 730 仅将不同通道的信号输入视为不同模态的信号。可选的，数据处理单元 730 还包括各模态信号的独立或联合预处理模块。可选的，该信号处理模块 700 还包括中央处理器 740，中央处理单元 740 用于：调节光源 100 的波长和波长间隔；调节光放大器 800 增益；调节波长相关分光模块 300 频谱特性与光源频谱特性匹配；控制光电探测单元
10 710 的跨阻放大器模式；负责多模态信号的同步；上位机信息及数据解析；信号处理参数及超参数设置、计算和配置等。

具体的，获取脑电波信号具体可以有多种方式，下面分别进行说明：

一、通过电极单元：

如图 8 所示，传感前端 500 还包括电极单元 530，电极单元 530 用于获取目标大脑 600 的脑电波信号。具体的，电极单元 530 通过导线与低速模数转换子单元 722 连接，可选的，低速模数转换子单元 722 具体为 ADC 阵列，每个 ADC 对应一条导线，每条导线对应一个电极单元 530，每个电极单元 530 用于组成一个脑电通道来收集脑电波信号，低速模数转换子单元 722 将收集的模拟信号，即脑电波信号采样为数字信号，即第二传感数字信号。
15

二、通过传感网络：

如图 9 所示，低速模数转换子单元 722 与传感网络 400 连接，具体可以通过导线连接，导线和传感网络 400 的各支光路一一对应，传感网络 400 的材料和传感前端 500 的材料为导电材料，即传感网络 400 的各支光路和传感前端 500 都是导电的，可选的，使用导电聚合物制作传感前端 500 以及传感网络 400 各支光路的光纤或光纤外覆层。可选的，中央处理器 740
20 集成在信号处理模块 700 内部，而光电探测单元 710 作为中央处理器 740 需要调节的单元，集成在信号处理模块 700 外部。

此外，如图 10 和图 11 所示，对于传感前端的结构来说，传感前端包括光纤接口 503、光束空间调制单元 504、皮肤触点 505 及套筒 502 等，光纤接口 503 用于通过光纤 501 接收 N 个稀疏脉冲光列，皮肤触点 505 与目标大脑的接触面为球面、半球面或平滑曲面，可选的，
30 皮肤触点 505 的材料为柔性材料，也可以为柔性导电材料，传感前端有多种布局，可选的，如图 10 所示，光纤 501 与传感光方向重合，即光纤接口 503 和 N 个稀疏脉冲光列的照射方向平行。可选的，如图 11 所示，光纤 501 与传感方向不重合，此时传感前端还包括光束转向单元 506，光束转向单元 506 用于改变 N 个稀疏脉冲光列的照射方向，例如光纤接口 503 和 N 个稀疏脉冲光列的照射方向垂直。

可选的，该脑机接口装置还包括骨架作为装置的支撑，可选的，骨架为硬质骨架或柔性弹力可穿戴织物作为骨架。
35

如图 12 所示，本申请提供的一种信息获取方法的一实施例包括：

1201、控制光源提供传感探测光。

其中，传感探测光包括多个宽谱脉冲光列，多个宽谱脉冲光列的重复频率为第一重复频

率，每个宽谱脉冲光列由多个不同波长的脉冲光组成；

1202、控制时域延迟模块将多个宽谱脉冲光列转换为多个多波脉冲光列。

其中，每个多波脉冲光列包括多个不同波长的脉冲光，多个不同波长的脉冲光的重复频率为第二重复频率，第二重复频率为第一重复频率的 N 倍， N 为多个不同波长的脉冲光的波长种类数；

1203、控制波长相关分光模块将多个多波脉冲光列分解为 N 个稀疏脉冲光列。

其中，每个稀疏脉冲光列包括多个相同波长的脉冲光，多个相同波长的脉冲光的重复频率为第一重复频率；

1204、控制传感网络将 N 个稀疏脉冲光列发送给传感前端的 N 个传感点。

1205、控制传感前端通过 N 个传感点发送 N 个稀疏脉冲光列至目标大脑，以获取传感信息。

可选的，该信息获取方法的执行主体为脑机接口装置中的中央处理器。本申请实施例提供的信息获取方法的具体实施方式可以参照前述实施例对脑机接口装置实施例部分的描述，本申请实施例不再赘述。

本申请实施例中，通过控制光源提供宽谱脉冲光列，控制时域延迟模块将宽谱脉冲光列转换为多波脉冲光列，控制波长相关分光模块将多波脉冲光列分解为稀疏脉冲光列，控制传感网络将稀疏脉冲光列发送给传感前端的传感点，控制传感前端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。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上

或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（ROM，read-only memory）、随机存取存储器（RAM，random access memory）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

1. 一种脑机接口装置，其特征在于，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；

5 所述光源用于提供传感探测光，所述传感探测光包括多个宽谱脉冲光列，所述多个宽谱脉冲光列的重复频率为第一重复频率，每个所述宽谱脉冲光列由多个不同波长的脉冲光组成；

10 所述时域延迟模块用于将所述多个宽谱脉冲光列转换为多个多波脉冲光列，每个所述多波脉冲光列包括所述多个不同波长的脉冲光，所述多个不同波长的脉冲光的重复频率为第二重复频率，所述第二重复频率为所述第一重复频率的 N 倍， N 为所述多个不同波长的脉冲光的波长种类数；

所述波长相关分光模块用于将所述多个多波脉冲光列分解为 N 个稀疏脉冲光列，每个所述稀疏脉冲光列包括多个相同波长的脉冲光，所述多个相同波长的脉冲光的重复频率为所述第一重复频率；

所述传感网络用于将所述 N 个稀疏脉冲光列发送给所述传感前端的 N 个传感点；

15 所述传感前端用于通过所述 N 个传感点发送所述 N 个稀疏脉冲光列至目标大脑，以获取传感信息。

2. 根据权利要求 1 所述的脑机接口装置，其特征在于，所述脑机接口装置还包括信号处理模块，所述信号处理模块用于将所述传感信息转换为传感数据。

20 3. 根据权利要求 2 所述的脑机接口装置，其特征在于，所述传感信息为传感光信号，所述信号处理模块包括光电探测单元、模数转换单元和数据处理单元；

所述光电探测单元用于将所述传感光信号转换为传感电信号；

所述模数转换单元用于将所述传感电信号转换为传感数字信号；

所述数据处理单元用于将所述传感数字信号转换为传感数据。

25 4. 根据权利要求 3 所述的脑机接口装置，其特征在于，所述传感前端还用于获取所述目标大脑的脑电波信号，所述模数转换单元包括高速模数转换子单元和低速模数转换子单元，所述高速转换子单元用于将所述传感电信号转换为第一传感数字信号，所述低速模数转换子单元用于将所述脑电波信号转换为第二传感数字信号，所述数据处理单元具体用于将所述第一传感数字信号和所述第二传感数字信号转换为所述传感数据。

30 5. 根据权利要求 4 所述的脑机接口装置，其特征在于，所述传感前端还包括电极单元，所述电极单元用于获取所述目标大脑的脑电波信号。

6. 根据权利要求 4 所述的脑机接口装置，其特征在于，所述低速模数转换子单元与所述传感网络连接，所述传感网络的材料和所述传感前端的材料为导电材料。

35 7. 根据权利要求 2-6 中任一项所述的脑机接口装置，其特征在于，所述波长相关分光模块包括光信号监控单元，所述光信号监控单元用于将所述 N 个稀疏脉冲光列的光信号信息发送给所述信号处理模块，所述信号处理模块用于根据所述光信号信息调整所述光源提供的传感探测光。

8. 根据权利要求 2-6 中任一项所述的脑机接口装置，其特征在于，所述脑机接口装置还包括数据传输模块，所述数据传输模块用于将所述传感数据发送至上位机。

9. 根据权利要求 1-6 中任一项所述的脑机接口装置, 其特征在于, 所述脑机接口装置还包括光放大器, 所述光放大器用于增强所述宽谱脉冲光列的光功率。

10. 根据权利要求 1-6 中任一项所述的脑机接口装置, 其特征在于, 所述传感前端包括光纤接口, 所述光纤接口用于接收所述 N 个稀疏脉冲光列, 所述光纤接口和所述 N 个稀疏脉冲光列的照射方向平行。

11. 根据权利要求 10 所述的脑机接口装置, 其特征在于, 所述传感前端还包括光束转向单元, 所述光束转向单元用于改变所述 N 个稀疏脉冲光列的照射方向。

12. 根据权利要求 1-6 中任一项所述的脑机接口装置, 其特征在于, 所述传感前端包括皮肤触点, 所述皮肤触点与所述目标大脑的接触面为球面、半球面或平滑曲面。

10 13. 根据权利要求 12 所述的脑机接口装置, 其特征在于, 所述皮肤触点的材料为柔性材料。

14. 一种信息获取方法, 应用于如权利要求 1-13 中任一项所述脑机接口装置, 其特征在于, 所述方法包括:

15 控制所述光源提供传感探测光, 所述传感探测光包括多个宽谱脉冲光列, 所述多个宽谱脉冲光列的重复频率为第一重复频率, 每个所述宽谱脉冲光列由多个不同波长的脉冲光组成;

20 控制所述时域延迟模块将所述多个宽谱脉冲光列转换为多个多波脉冲光列, 每个所述多波脉冲光列包括所述多个不同波长的脉冲光, 所述多个不同波长的脉冲光的重复频率为第二重复频率, 所述第二重复频率为所述第一重复频率的 N 倍, N 为所述多个不同波长的脉冲光的波长种类数;

控制所述波长相关分光模块将所述多个多波脉冲光列分解为 N 个稀疏脉冲光列, 每个所述稀疏脉冲光列包括多个相同波长的脉冲光, 所述多个相同波长的脉冲光的重复频率为所述第一重复频率;

控制所述传感网络将所述 N 个稀疏脉冲光列发送给所述传感前端的 N 个传感点;

25 控制所述传感前端通过所述 N 个传感点发送所述 N 个稀疏脉冲光列至目标大脑, 以获取传感信息。

30

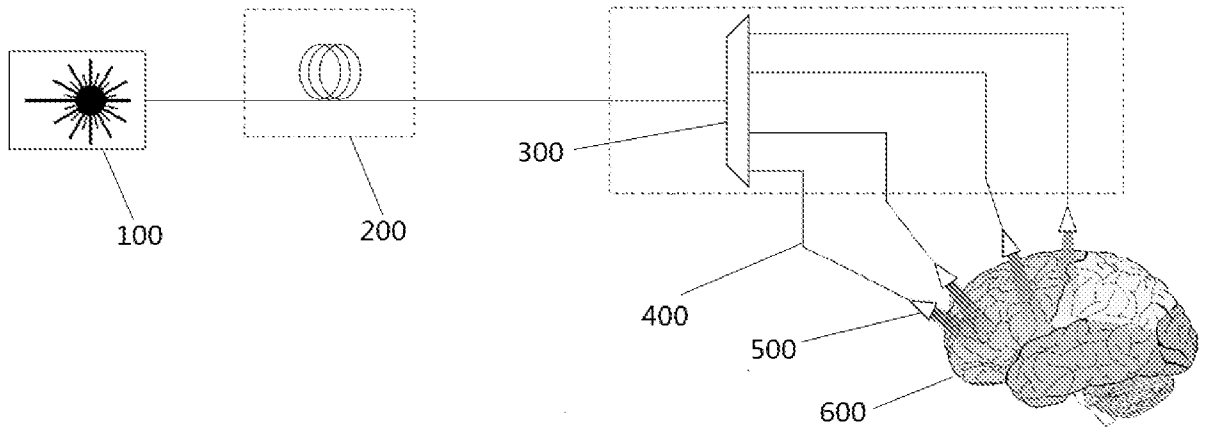


图 1

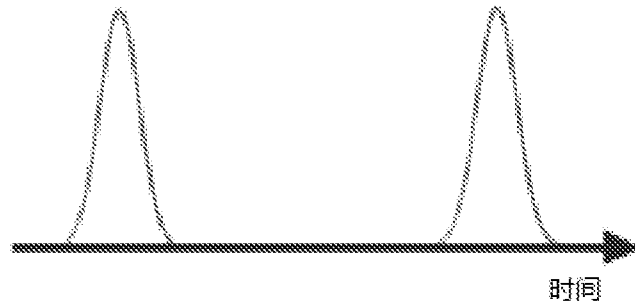


图 2

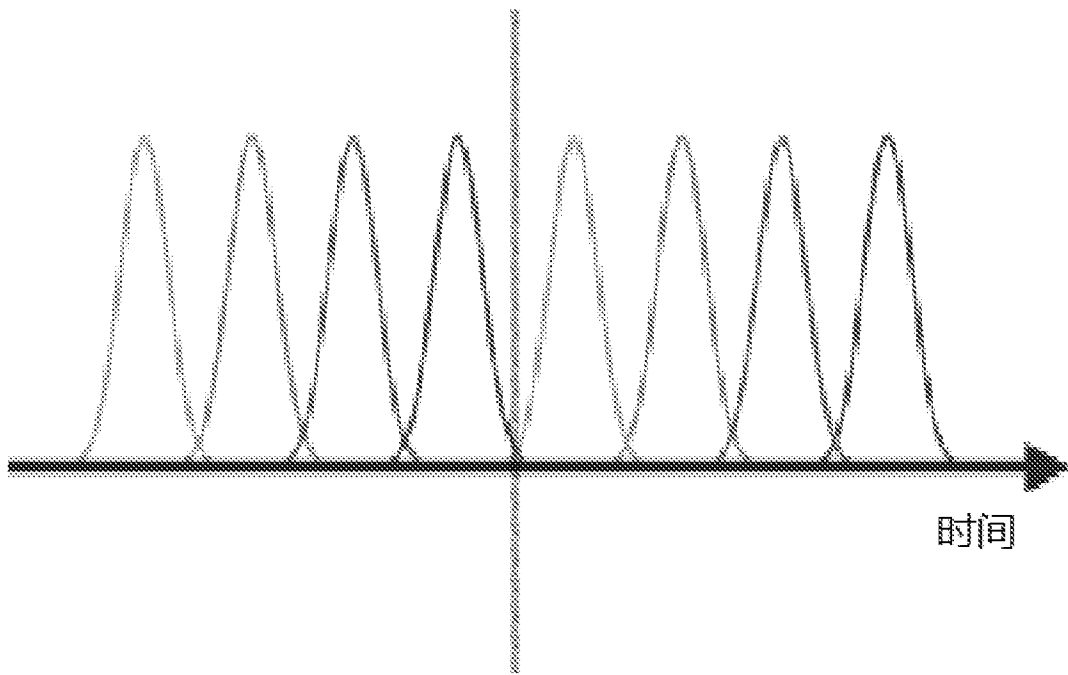


图 3

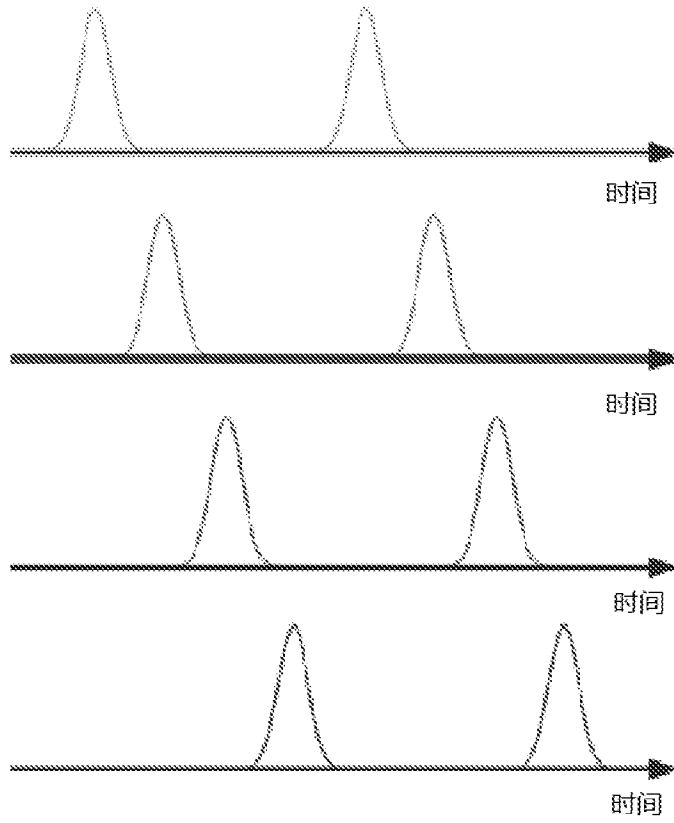


图 4

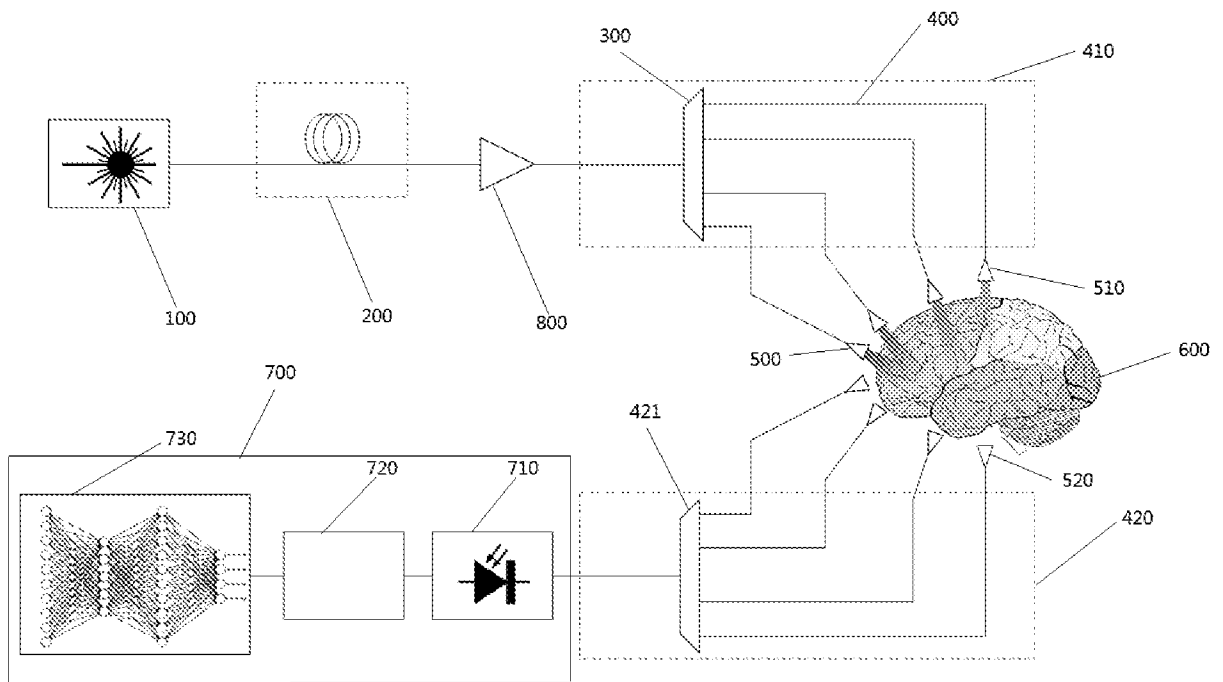


图 5

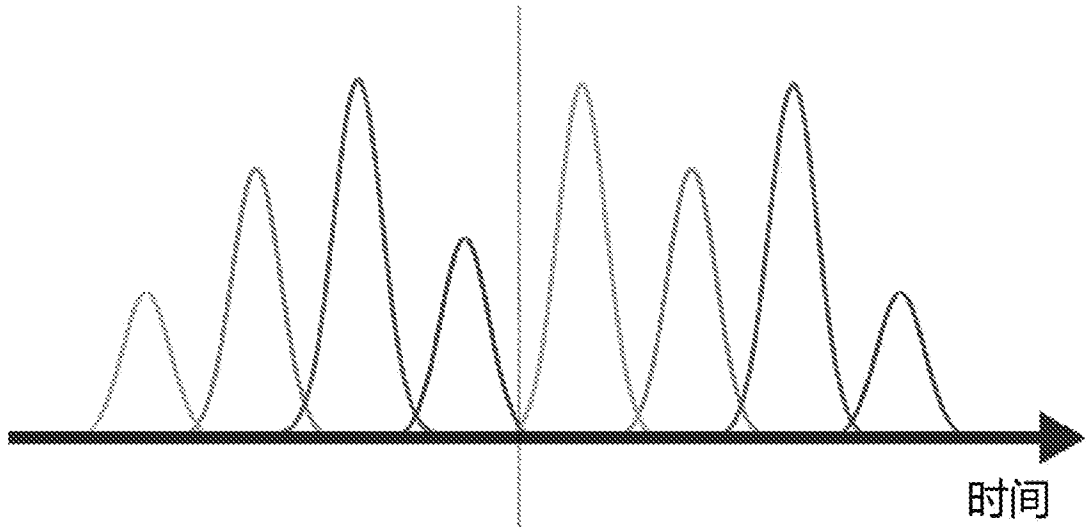


图 6

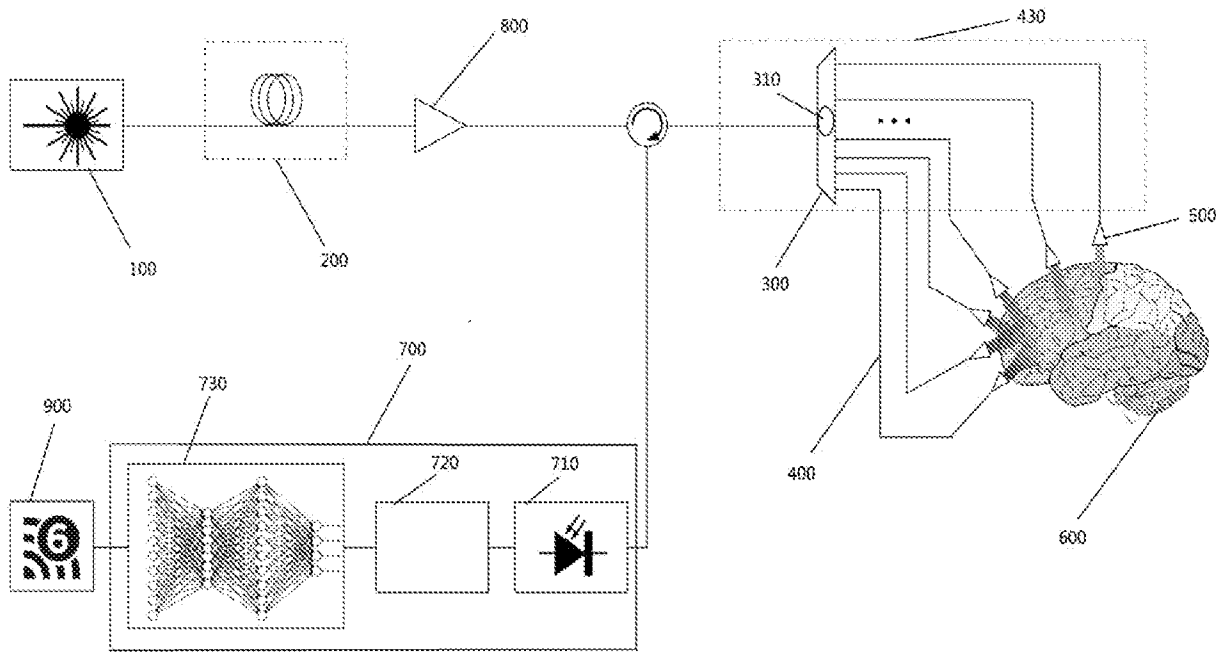


图 7

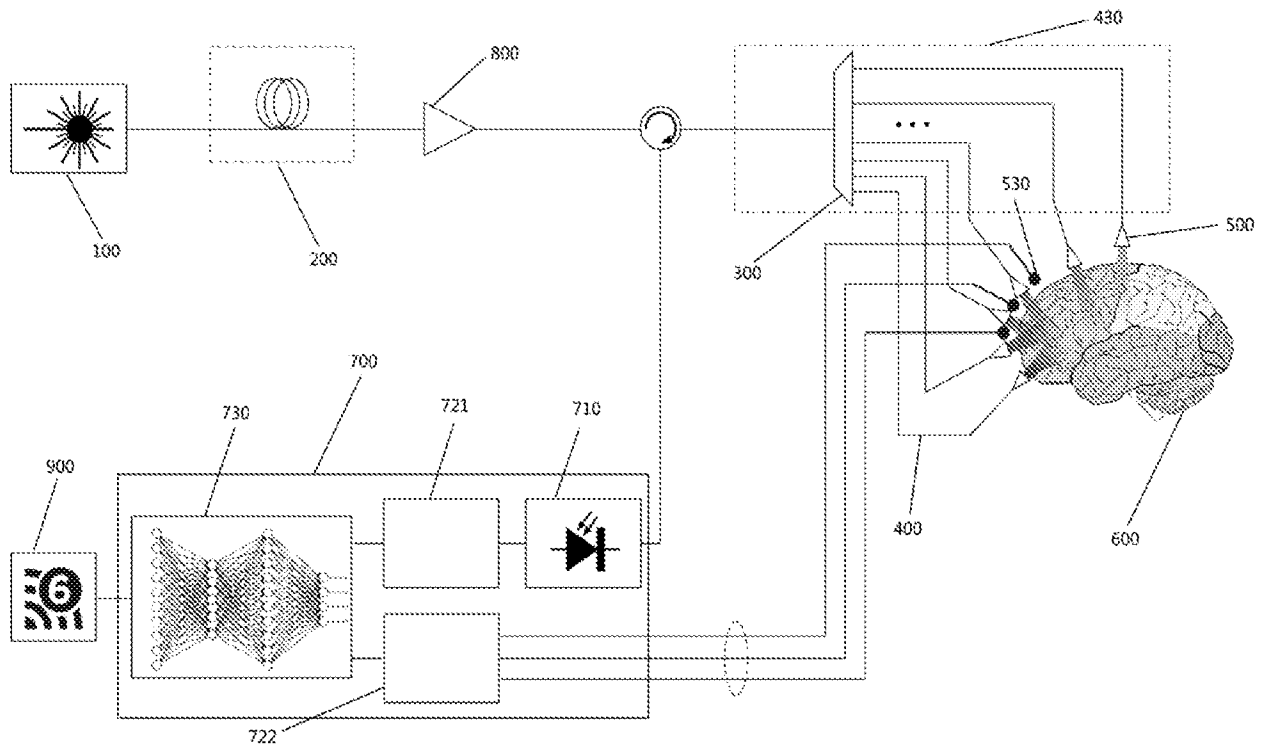


图 8

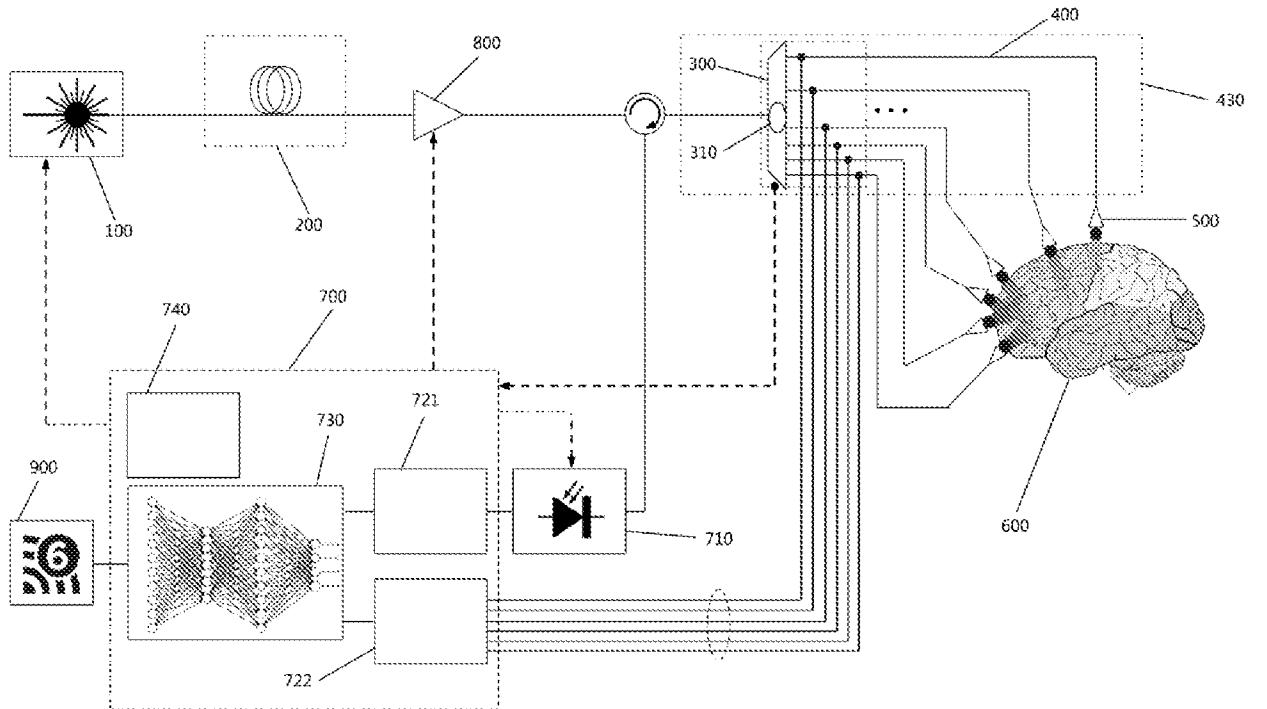


图 9

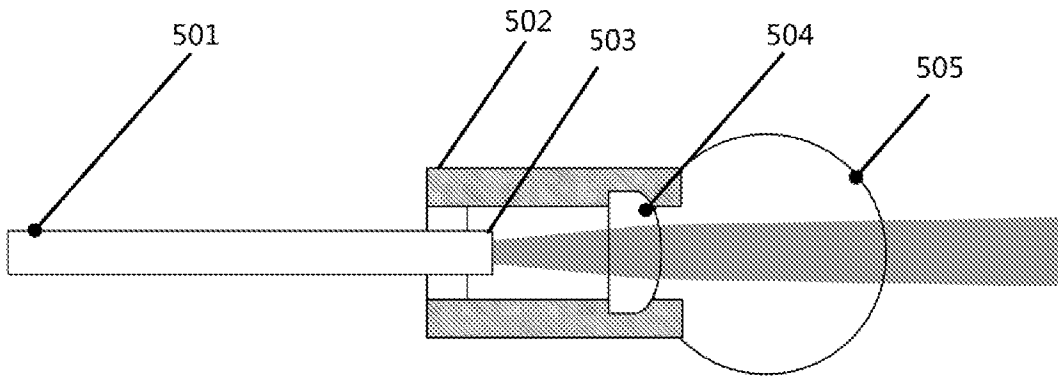


图 10

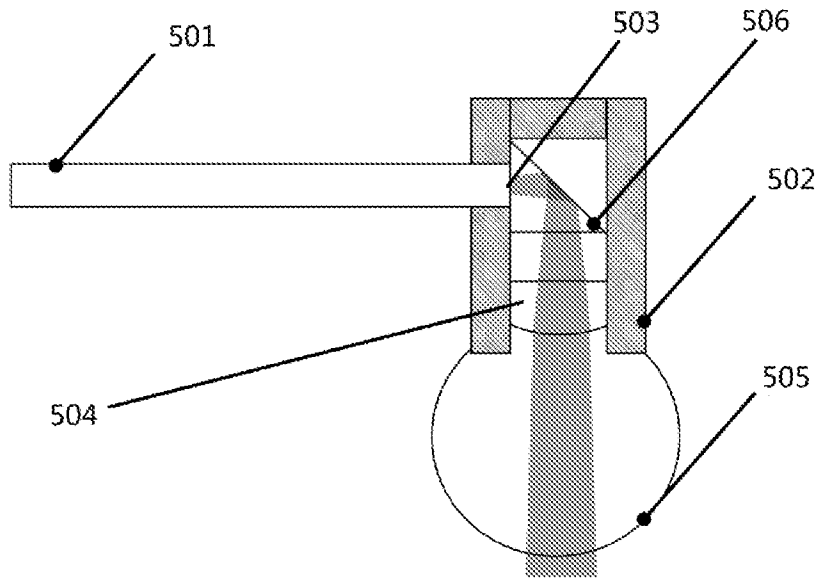


图 11

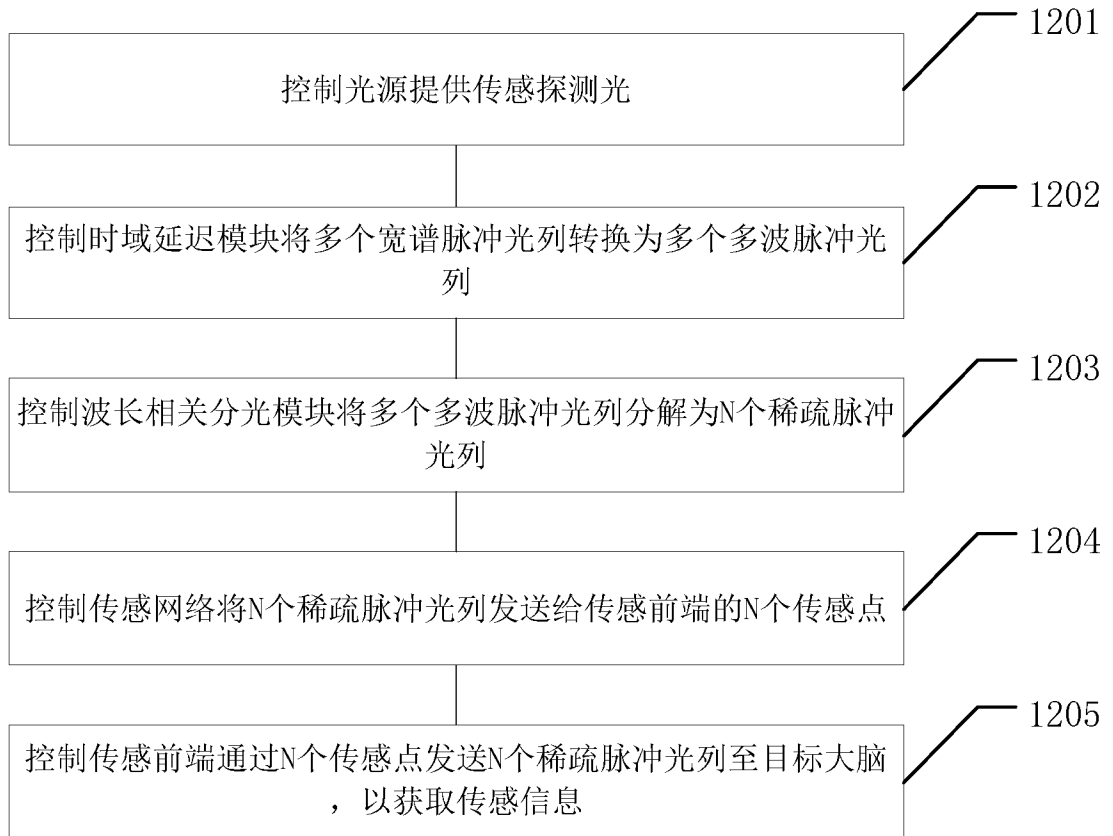


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/142182

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G06F3/01(2006.01)i;G01D5/353(2006.01)i;G01D5/36(2006.01)i;H04J14/08(2006.01)i;H04Q11/00(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06F,G01D,H04J,H04Q		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNTXT, ENTXTC, WPABSC, WPABS, ENTXT, VEN, CJFD: 华为, 物联网, 人机, 交互, 接口, 脑机, 宽谱, 脉冲, 光列, 时域, 延迟, 宽谱, 分光, 传感, 稀疏, 高空间, 分辨率, 光源, 波长, 电极, 脑电, 信号, 血氧, brain, machine, interface, synchronous, detect+, light, source, resolution, time, domain, pulse, delay, spectroscopy, high, sparse, sense, electrode, electricity, blood, oxygen, signal+, photoelectric		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 112842365 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 28 May 2021 (2021-05-28) description, paragraphs [0028]-[0049], and figures 2-5	1-14
Y	CN 101715153 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 26 May 2010 (2010-05-26) description, paragraphs [0019]-[0034], and figures 1-2	1-14
A	CN 112762970 A (RAN ZENGLING) 07 May 2021 (2021-05-07) entire document	1-14
A	WO 2021140247 A1 (NEXTMIND S.A.S.) 15 July 2021 (2021-07-15) entire document	1-10
A	CN 104363983 A (INSTITUTE OF AUTOMATION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 18 February 2015 (2015-02-18) entire document	1-14
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 March 2023		Date of mailing of the international search report 24 March 2023
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/142182

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 113268142 A (JIANGSU JICUI BRAIN-COMPUTER FUSION INTELLIGENT TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) 17 August 2021 (2021-08-17) entire document	1-14
A	US 10955918 B1 (FACEBOOK, INC.) 23 March 2021 (2021-03-23) entire document	1-14
A	CN 106092305 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 09 November 2016 (2016-11-09) entire document	1-14
A	CN 101853070 A (TIANJIN UNIVERSITY) 06 October 2010 (2010-10-06) entire document	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/142182

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	112842365	A	28 May 2021	None	
CN	101715153	A	26 May 2010	None	
CN	112762970	A	07 May 2021	None	
WO	2021140247	A1	15 July 2021	KR 20220119161 A	26 August 2022
				US 2023032492 A1	02 February 2023
				EP 4088174 A1	16 November 2022
				CN 114981759 A	30 August 2022
CN	104363983	A	18 February 2015	US 2017224246 A1	10 August 2017
				US 10595741 B2	24 March 2020
				WO 2016019526 A1	11 February 2016
CN	113268142	A	17 August 2021	None	
US	10955918	B1	23 March 2021	None	
CN	106092305	A	09 November 2016	US 2020182685 A1	11 June 2020
				US 10989587 B2	27 April 2021
				WO 2018035833 A1	01 March 2018
				EP 3483572 A1	15 May 2019
				EP 3483572 B1	23 June 2021
				JP 2019525181 A	05 September 2019
				JP 6695001 B2	20 May 2020
CN	101853070	A	06 October 2010	None	

A. 主题的分类 G06F3/01 (2006.01) i; G01D5/353 (2006.01) i; G01D5/36 (2006.01) i; H04J14/08 (2006.01) i; H04Q11/00 (2006.01) i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G06F, G01D, H04J, H04Q 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNTXT, ENTXTC, WPABSC, WPABS, ENTXT, VEN, CJFD; 华为, 物联网, 人机, 交互, 接口, 脑机, 宽谱, 脉冲, 光列, 时域, 延迟, 宽谱, 分光, 传感, 稀疏, 高空间, 分辨率, 光源, 波长, 电极, 脑电, 信号, 血氧, brain, machine, interface, synchronous, detect+, light, source, resolution, time, domain, pulse, delay, spectroscopy, high, sparse, sense, electrode, electricity, blood, oxygen, signal+, photoelectric		
C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 112842365 A (清华大学) 2021年5月28日 (2021 - 05 - 28) 说明书第[0028]-[0049]段和附图2-5	1-14
Y	CN 101715153 A (华中科技大学) 2010年5月26日 (2010 - 05 - 26) 说明书第[0019]-[0034]段和附图1-2	1-14
A	CN 112762970 A (冉曾令) 2021年5月7日 (2021 - 05 - 07) 全文	1-14
A	WO 2021140247 A1 (NEXTMIND S. A. S.) 2021年7月15日 (2021 - 07 - 15) 全文	1-10
A	CN 104363983 A (中国科学院自动化研究所) 2015年2月18日 (2015 - 02 - 18) 全文	1-14
A	CN 113268142 A (江苏集萃脑机融合智能技术研究所有限公司) 2021年8月17日 (2021 - 08 - 17) 全文	1-14
<input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2023年3月20日		国际检索报告邮寄日期 2023年3月24日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 郝玉兰 电话号码 (+86) 010-53962479

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	US 10955918 B1 (FACEBOOK, INC.) 2021年3月23日 (2021 - 03 - 23) 全文	1-14
A	CN 106092305 A (上海交通大学) 2016年11月9日 (2016 - 11 - 09) 全文	1-14
A	CN 101853070 A (天津大学) 2010年10月6日 (2010 - 10 - 06) 全文	1-14

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/142182

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	112842365	A	2021年5月28日	无			
CN	101715153	A	2010年5月26日	无			
CN	112762970	A	2021年5月7日	无			
WO	2021140247	A1	2021年7月15日	KR	20220119161	A	2022年8月26日
				US	2023032492	A1	2023年2月2日
				EP	4088174	A1	2022年11月16日
				CN	114981759	A	2022年8月30日
CN	104363983	A	2015年2月18日	US	2017224246	A1	2017年8月10日
				US	10595741	B2	2020年3月24日
				WO	2016019526	A1	2016年2月11日
CN	113268142	A	2021年8月17日	无			
US	10955918	B1	2021年3月23日	无			
CN	106092305	A	2016年11月9日	US	2020182685	A1	2020年6月11日
				US	10989587	B2	2021年4月27日
				WO	2018035833	A1	2018年3月1日
				EP	3483572	A1	2019年5月15日
				EP	3483572	B1	2021年6月23日
				JP	2019525181	A	2019年9月5日
				JP	6695001	B2	2020年5月20日
CN	101853070	A	2010年10月6日	无			