



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107361765 B

(45)授权公告日 2020.03.31

(21)申请号 201710335642.0

A61B 5/00(2006.01)

(22)申请日 2017.05.12

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107361765 A

CN 101810479 A, 2010.08.25,

CN 106539582 A, 2017.03.29,

CN 101869477 A, 2010.10.27,

CN 101259016 A, 2008.09.10,

WO 2016025724 A1, 2016.02.18,

(43)申请公布日 2017.11.21

(30)优先权数据

106114720 2017.05.04 TW

张鹏博, 王雪等. 癫痫发作瞬态带宽特征自

(73)专利权人 晶神医创股份有限公司

适应检测方法.《仪器仪表学报》.2016,第37卷

地址 中国台湾新竹县

(第2期),第1390-1396页.

(72)发明人 张家齐 林沛辰

朱勇, 初孟等. 一种基于经验模态分解的癫

(74)专利代理机构 北京科龙寰宇知识产权代理

痫棘波检测方法.《生物医学工程学杂志》.2008,

有限责任公司 11139

审查员 刘统

代理人 孙皓晨

(51)Int.Cl.

A61B 5/0476(2006.01)

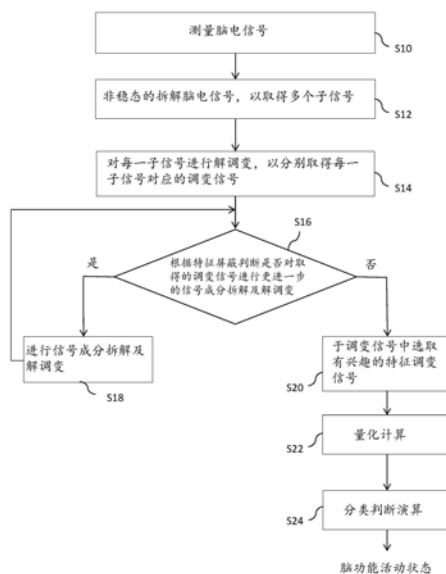
权利要求书2页 说明书5页 附图12页

(54)发明名称

脑波分析方法及其装置

(57)摘要

本发明公开了一种脑波分析方法及其装置,其是基于非线性波形分解技术将脑波信号的内生特征变化进行拆解,并通过解调变的演算抽取分离各成分的调变信号,包含频率调变及振幅调变,更参照一特征屏蔽决定是否针对抽取的调变信号进行更进一步的信号成分拆解及解调变,若否,即可依据特征屏蔽,取得代表脑波内生特征的多维度变化,进一步通过量化计算、分类判断的演算得到脑功能活动状态。本发明不但可以有效提高判别的准确率,更利用特征屏蔽的作用大幅减少计算复杂度与计算量。



1. 一种脑波分析方法,该方法用于处理至少一脑电信号,以产生一分析结果,其特征在于,该脑波分析方法包括下列步骤:

测量取得该至少一脑电信号;

利用非稳态拆解法拆解该脑电信号,以取得多个内生特征成分的子信号;

对每一该子信号进行解调变,以分别取得对应每一该子信号的调变信号;

进行重复迭代演算,根据一特征屏蔽判断是否对取得的该调变信号利用该非稳态拆解法进行进一步的信号成分拆解及解调变,该特征屏蔽设定为字符串形式、数列矩阵形式或多维度矩阵形式:

若是,则继续进行该信号成分拆解及解调变,并回到该重复迭代演算的步骤;及

若否,则直接进行下一步骤;

利用该特征屏蔽,于该调变信号中选取有兴趣的调变信号作为特征调变信号;以及

对该特征调变信号进行量化计算及分类判断演算,以取得对应该脑电信号的分析结果。

2. 如权利要求1所述的脑波分析方法,其特征在于,该脑电信号是利用一测量装置测量至少一待测者的脑波而得到。

3. 如权利要求1所述的脑波分析方法,其特征在于,该脑电信号为脑电波。

4. 如权利要求3所述的脑波分析方法,其特征在于,该脑电波为颅内脑电波或脑皮层电波。

5. 如权利要求1所述的脑波分析方法,其特征在于,该非稳态拆解法为经验模态拆解法。

6. 如权利要求1所述的脑波分析方法,其特征在于,该调变信号包含有频率调变成分与振幅调变成分。

7. 如权利要求1所述的脑波分析方法,其特征在于,该分析结果为脑功能活动状态。

8. 如权利要求1所述的脑波分析方法,其特征在于,该量化计算包括能量密度、瞬时频率或平均周期。

9. 如权利要求1所述的脑波分析方法,其特征在于,该分类判断演算是利用一分类模型进行计算判断,且该分类模型由个人历史与预训练参数组成。

10. 一种脑波分析装置,该装置用于处理至少一脑电信号,以产生一分析结果,其特征在于,该脑波分析装置包括:

至少一测量装置,其用于感测一待测者的脑波,以取得该至少一脑电信号;

一信号处理分析装置,其与该测量装置连接以接收该脑电信号,利用非稳态拆解法拆解该脑电信号,以取得多个内生特征成分的子信号,并对每一该子信号进行解调变,以分别取得对应每一该子信号的调变信号,再根据一特征屏蔽对取得的该调变信号利用该非稳态拆解法进行进一步的信号成分拆解及解调变,以进行重复迭代演算,并从该调变信号中选取有兴趣的调变信号作为特征调变信号,并对该特征调变信号进行量化计算及分类判断演算,以取得对应该脑电信号的分析结果,该特征屏蔽设定为字符串形式、数列矩阵形式或多维度矩阵形式;以及

一显示设备,电性连接该信号处理分析装置,以显示该分析结果。

11. 如权利要求10所述的脑波分析装置,其特征在于,该脑电信号为脑电波。

12. 如权利要求11所述的脑波分析装置,其特征在于,该脑电波为颅内脑电波或脑皮层电波。

13. 如权利要求10所述的脑波分析装置,其特征在于,该非稳态拆解法为经验模态拆解法。

14. 如权利要求10所述的脑波分析装置,其特征在于,该调变信号包含有频率调变成分与振幅调变成分。

15. 如权利要求10所述的脑波分析装置,其特征在于,该分析结果为脑功能活动状态。

16. 如权利要求10所述的脑波分析装置,其特征在于,该量化计算包括能量密度、瞬时频率或平均周期。

17. 如权利要求10所述的脑波分析装置,其特征在于,该分类判断演算是利用一分类模型进行计算判断,且该分类模型由个人历史与预训练参数组成。

18. 如权利要求10所述的脑波分析装置,其特征在于,还包括一储存单元,该储存单元电性连接该信号处理分析装置,用以储存该信号处理分析装置的计算处理信号数据与结果。

脑波分析方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种脑波分析技术,特别是关于一种可判断脑功能状态的脑波分析方法及其装置。

背景技术

[0002] 目前,脑波分析包含有波形分析(Waveform analysis)、时频分析(Time-frequency analysis)、乱度分析(Complexity measurement)等,其中,时频分析为一种重要的参考依据,但其计算结果用于评估脑功能状态(Brain activity)却常受限于频谱计算的限制,例如,数学基本假设、时频分辨率、失真及谐波影响等限制,导致其应用面上的可使用性大幅降低。另一方面,时频分析的解析过程往往仅能针对线性加法的演算结果进行分析,对于乘法则较无合适的方式能分析其特性。

[0003] 以发生癫痫时的脑波为例,现有技术中采用时频分析癫痫发作时的脑波,可以发现在癫痫发作时,脑波呈现的变化会包含有频率的变化(新增30~40Hz的震荡成分)、振幅的变化。但是,大部分的生理信号是由许多作用与机制(Mechanism)组合而成的,若将神经网络(Neuron network)转换成数学模型,其演算会包含加法与乘法,且神经元之间有分层(Layer)的结构;其中神经网络最终输出则为脑波测量设备测量到的脑波信号。而一般脑波分析技术目的在于解析“运作过程中的特征”或“对应的脑功能状态”,但是以现有的技术来说,难以对乘法的信号调变有很好的解析方法。

[0004] 目前已公开的专利亦各自存在有不同的不足。如美国专利US 6,480,743 B1,其公开了一种用以治疗神经疾病的适应性脑刺激的系统与方法,但此专利前案是采用半波分析取得参数,以设定治疗电刺激波形,其癫痫及参数设定主要依据原始脑波信号,导致其判断结果较易受到感测到的原始脑波信号的偏移影响。如美国专利US 8,131,352 B2公开了一种用于回馈控制式神经系统事件检测器中自动调整检测阈值的系统与方法,其是以原始脑波振幅特征为判断基础,并以一阈值作为参数调整的依据,但是采用信号振幅涵盖的特征信息相当广,较易因感测信号的偏移影响而产生误判的情形。如美国专利US 6,810,285 B2公开了一种使用植入装置进行感测和检测的方法与系统,其是通过波形分析(包含时间区间分析和特征撷取分析)侦测神经事件,其演算均基于脑波信号的原始波形,使得其判断结果较易受到干扰,且准确率也受限于部分神经功能的调节呈现于调变后的信号,无法通过原始波形的特征进行评估与估算。如中国台湾专利第I 487503号的自动睡眠分期装置,其是采用熵值分析作为判断脑波功能状态的依据,但此种方式仅能针对乱度变化进行估计,无法对应脑波时频特征的变化,且此前案前后各用了一次波形处理进行滤波与平滑化,但是在实际应用上,可能因失真而造成误判。

[0005] 有鉴于此,本发明遂针对脑功能状态评估的应用情境,建构创新的算法,可同时解析特定的“运作过程中的特征”及“对应的脑功能状态”,提出一种脑波分析方法及其装置,以解决存在于现有技术中的上述问题。

发明内容

[0006] 本发明的主要目的在于提供一种脑波分析方法及其装置,其同时针对不同频率调变与振幅调变等进行拆分与解析,以构成多层、多维度特征空间,来呈现脑功能活化状态的非稳态特征。

[0007] 本发明的另一目的在于提供一种脑波分析方法及其装置,其是通过特征屏蔽的设计,以大幅度简化现有技术在拆解信号上的计算复杂度,同时大幅缩减计算量,以提高其实现可行性。

[0008] 本发明的再一目的在于提供一种可以提高判别准确率的脑波分析方法及其装置。

[0009] 为了达到上述目的,本发明提出一种脑波分析方法,其先测量取得至少一脑电信号,并利用非稳态拆解法来拆解此脑电信号,以取得多个对应内生特征成分的子信号;再对每一子信号进行解调变,以分别取得对应每一子信号的调变信号;接着进行重复迭代演算步骤,其是利用一特征屏蔽判断是否对取得的调变信号进行更进一步的信号成分拆解及解调变:若是,则进行信号成分拆解及解调变,直至完成特征屏蔽所决定的信号成分拆解及解调变次数,若已完成信号成分拆解及解调变,则直接进行下一步骤,利用此特征屏蔽,于所有调变信号中选取有兴趣的调变信号作为特征调变信号,以便对此特征调变信号进行量化计算(Quantitation)及分类判断演算(Identification),以取得对应脑电信号的分析结果。

[0010] 其中,所述的调变信号包含有频率调变成分与振幅调变成分。

[0011] 本发明另外提出一种脑波分析装置,其包括有至少一测量装置以感测一待测者的脑波,以取得至少一脑电信号,并有一信号处理分析装置,其连接测量装置,以接收脑电信号,并利用前述的方法对脑电信号进行拆解及解调变,再根据特征屏蔽对取得的调变信号选择继续进行重复迭代演算或是从中选取有兴趣的特征调变信号,取得特征调变信号后并对所有特征进行量化计算及分类演算,进而获取对应此脑电信号的分析结果,再将此分析结果显示于一显示设备上,以供使用者参考。

[0012] 其中,脑波分析装置还包括一储存单元,该储存单元电性连接信号处理分析装置,用以储存所有计算处理的信号、数据与结果。

[0013] 下面通过具体实施例配合所附的图式详加说明,当更容易了解本发明的目的、技术内容及其所达成的功效。

附图说明

[0014] 图1为本发明提供的脑波分析装置的方块示意图;

[0015] 图2为本发明进行脑波分析的流程图;

[0016] 图3a为本发明测量到的原始脑波信号示意图;

[0017] 图3b为本发明拆解成多个内生特征成分的子信号示意图;

[0018] 图3c为本发明经过解调变后的频率调变部分与振幅调变部分的信号示意图;

[0019] 图3d为本发明经过3次拆解及解调变后的信号示意图;

[0020] 图3e为本发明利用特征屏蔽决定后的信号示意图;

[0021] 图3f为本发明于调变信号中所选取的有兴趣的特征示意图;

[0022] 图4a~图4e为利用本发明所取得的一实际范例,其是对癫痫发作时测量的脑电信号依序进行拆解、解调变的各步骤信号示意图,其中使用的特征屏蔽 $M=x(FM[2],AM[1(FM[1,2],AM[1,2]),2])$ 。

[0023] 附图标记说明:1-脑波分析装置;10-测量装置;12-信号处理分析装置;14-储存单元;16-显示设备;Layer 1-第一层调变信号;Layer 2-第二层调变信号;Layer 3-第三层调变信号;M-特征屏蔽。

具体实施方式

[0024] 本发明提出的方法与系统可对应神经网络的基本演算架构,其是基于非线性波形分解技术拆解出各调变的变化特征及多层次多维度的内生变化,提供一种多维度、低失真的神经功能分析技术,进而提高判断的准确率。

[0025] 首先请参考图1,其为本发明提供的脑波分析装置的方块示意图,如图所示,本发明提供的脑波分析装置1的架构主要包括有一测量装置10,用以测量一待测者的脑波并产生脑电信号,并有一信号处理分析装置12信号连接测量装置10,并同时电性连接一储存单元14及一显示设备16,信号处理分析装置12可为特殊应用集成电路(ASIC)、微控制器(MCU)或微处理器等,用以接收脑电信号,并进一步进行各种内生特征成分的运算,以取得对应前述脑电信号的分析结果,例如脑功能活动状态,处理分析期间使用的模型、数据或计算处理信号与结果等皆可储存在内建或外接的储存单元14中,显示设备16则可显示信号处理分析装置12输出的信息,最终还可显示脑功能活动状态的评估结果。

[0026] 在说明完本发明的装置的基本架构后,接续将完整说明本发明提供的脑波分析方法,请参考图2的脑波分析方法的流程图,并同时参考图1的脑波分析装置1,如图所示,一种脑波分析方法包括有下列步骤:首先,如步骤S10所示,利用测量装置10测量至少一待测者的脑波,以对应取得如图3a图所示的至少一脑电信号,其可以为脑电波(EEG)、颅内脑电波(iEEG)或脑皮层电波(EECoG),并将此脑电信号传送至信号处理分析装置12进行步骤S12~步骤S24的信号处理与分析。

[0027] 详言之,如步骤S12所示,利用非稳态拆解法,例如经验模态拆解法(Empirical mode decomposition, EMD),对脑电信号进行拆解,以取得多个内生特征成分的子信号,如图3b所示的成分1~成分7。接着如步骤S14所示,对每一子信号进行解调变,以利用正规化计算(Normalization)将代表不同内生特征成分的子信号进行拆解,以分别取得对应每一子信号的调变信号,当然此调变信号包含有频率调变成分与振幅调变成分,如图3c所示的第一层调变信号Layer 1,即每一子信号皆拆分为频率调变成分($W_k(t), k=1\sim 7$)与振幅调变成分($A_i(t), i=1\sim 7$)。再如步骤S16所示,进行重复迭代演算步骤,其是根据设定好的一特征屏蔽(feature mask)判断是否对取得的调变信号(包含频率调变成分与振幅调变成分)进行重复迭代演算,亦即判断是否对取得的调变信号进行更进一步的信号成分拆解及解调变:若否,则直接进行下一步骤S20;若是,则继续进行信号成分拆解及解调变,此部分的拆解与解调变的细节分别与步骤S12与步骤S14的方式相同,完成后即回到步骤S16,直至完成特征屏蔽所决定的信号成分拆解及解调变次数为止;其中,重复迭代演算的迭代次数(信号成分拆解及解调变次数),代表信号被拆分的层数,并依据信号的特性决定解析特征所需要的迭代次数,在本实施例中,会继续对第一层调变信号Layer 1的各成分依序再进行

第2次的拆解及解调变,以分别产生如图3c所示的第二层调变信号Layer 2以及图3d所示的第三层调变信号Layer 3。

[0028] 由于重复迭代演算的迭代次数及信号特性决定的特征成分,可设定特征屏蔽M来决定,如步骤S20所示,利用此特征屏蔽M,如图3e所示,于第一层调变信号Layer 1、第二层调变信号Layer 2以及第三层调变信号Layer 3的调变信号中选取有兴趣的调变信号作为供后续计算的调变信号,如图3f所示,以取得代表脑波内生特征的多维度变化。如步骤S22及步骤S24所示,对有兴趣的特征进行能量密度、瞬时频率或平均周期等的量化计算,再接续利用一分类模型进行及分类判断演算,此分类模型是由个人历史与预训练参数组成,如此,即可取得对应前述脑电信号的分析结果,亦即为脑功能活动状态,信号处理分析装置12在取得脑功能活动状态后即可将此结果显示于显示设备16上。

[0029] 在完整说明完本发明的精神后,接续通过图4a至图4b所示的一具体范例来说明本发明的技术内容,其中圈选出来的部分即代表特征屏蔽 $M=x(FM[2], AM[1(FM[1,2], AM[1,2]), 2])$ 决定圈选出来的特征,其中x为脑电信号,阿拉伯数字1、2为子信号,AM表示振幅调变,FM表示频率调变。首先,如图4a所示为癫痫发作时测量到的脑电信号,经过非稳态的拆解后得到如图4b所示的多个内生特征子信号,接续对每个子信号进行解调变,如图4c所示,以分为频率调变成分与振幅调变成分,并撷取其中的调变信号x(FM[2])和x(AM[1,2])作为后续运算的特征;其中对调变信号x(AM[1])进行下一阶段的拆解,以展开此调变信号的内生特征变化,如图4d所示,再继续进行解调变,以将其再分为频率调变成分与振幅调变成分,如图4e所示,并撷取其中的调变信号x(AM[1(FM[1,2])])和x(AM[1(AM[1,2])])作为后续运算的特征调变信号;根据特征屏蔽即可以取得所有有兴趣的特征调变信号,以进行后续运算处理。

[0030] 由于本发明的特征屏蔽主要用途在于决定信号成分拆解及解调变的次数与选取的特征调变信号的位置,前述具体范例将特征屏蔽设定为以字符串形式表示, $M=x(FM[2], AM[1(FM[1,2], AM[1,2]), 2])$ 。当然,本发明亦可将特征屏蔽设定为数列矩阵形式,奇数的矩阵维度为拆解后的子信号序列,偶数的矩阵维度为解调变后的调变信号序列,其数字代表该矩阵维度选取的特征调变信号,偶数的矩阵维度其顺序:FM在前、AM在后;如此即可将前述x(AM[1(FM[1,2])])和x(AM[1(AM[1,2])])标示为 $([2], [(1,2)[1,2]), 2])$ 。除此之外,本发明也可将特征屏蔽设定为多维度矩阵,例如多维度的布尔矩阵(Boolean, True/False, 缩写为T/F),详述如下:

[0031] 第一次拆解(一维序列、一次拆解得三个子信号)的格式为: $[() () ()]$,解调变成两个调变成分(二维序列,FM在前、AM在后)的格式: $[([], []) ([], []) ([], [])]$;

[0032] x(FM[2])标示为 $[([F], [F]) ([T], [F]) ([F], [F])]$,

[0033] x(AM[1,2])标示为 $[([F], [T]) ([F], [T]) ([F], [F])]$,

[0034] x(FM[2], AM[1,2]),标示为 $[([F], [T]) ([T], [T]) ([F], [F])]$;

[0035] 调变成分拆解(三维序列,拆解得三个子信号为例)格式:

[0036] $[((() () ()), (() () ())) ((() () ()), (() () ())) ((() () ()), (() () ()))]$,

[0037] 再迭代解调变成两个调变成分(四维序列,FM在前、AM在后)格式:

[0038] $[((([], []) ([], []) ([], [])), (([], []) ([], []) ([], [])) (([], []) ([], []) ([], [])), (([], []) ([], []) ([], [])) (([], []) ([], []) ([], []))]$,

[([], []) ([], []) ([], [])]]] ;

[0039] 选取的特征屏蔽,其部分可以表示如下:

[0040] $x(AM[1(FM[1,2])])$ 标示为 [([F], [([T], [F]) ([T], [F]) ([F], [F])]) ([F], [F]) ([F], [F])]],

[0041] $x(AM[1(AM[1,2])])$ 标示为 [([F], [([F], [T]) ([F], [T]) ([F], [F])]) ([F], [F]) ([F], [F])]],

[0042] 总和上述,前述 $x(FM[2], AM[1(FM[1,2], AM[1,2]), 2])$ 的范例,亦可表示成多维度矩阵的标示为 [([F], [([T], [T]) ([T], [T]) ([F], [F])]) ([T], [T]) ([F], [F])]]。

[0043] 因此,本发明的分析方式涵盖现有技术在波形、频谱的估计外,更提供内生性特征的演算,尤其是对于多层次迭加的神经网络(Multi-layer neuron network),有许多调变作用并未呈现于原始波形、频谱上,本发明不但可呈现其变化,用以提升判别准确率,更因为同时针对不同频率调变与振幅调变等,进行拆分与解析,以构成多层、多维度特征空间,足以呈现脑功能活化状态的非稳态特征。另外,通过本发明的特征屏蔽的设计,更可以大幅度简化现有技术在拆解信号上的计算复杂度,同时大幅缩减计算量,以增加其实现可行性。

[0044] 以上所述的实施例仅为说明本发明的技术思想及特点,其目的在使熟悉此项技术者能够了解本发明的内容并据以实施,当不能以之限定本发明的保护范围,即大凡依本发明所揭示的精神所作的均等变化或修饰,仍应涵盖在本发明的保护范围内。

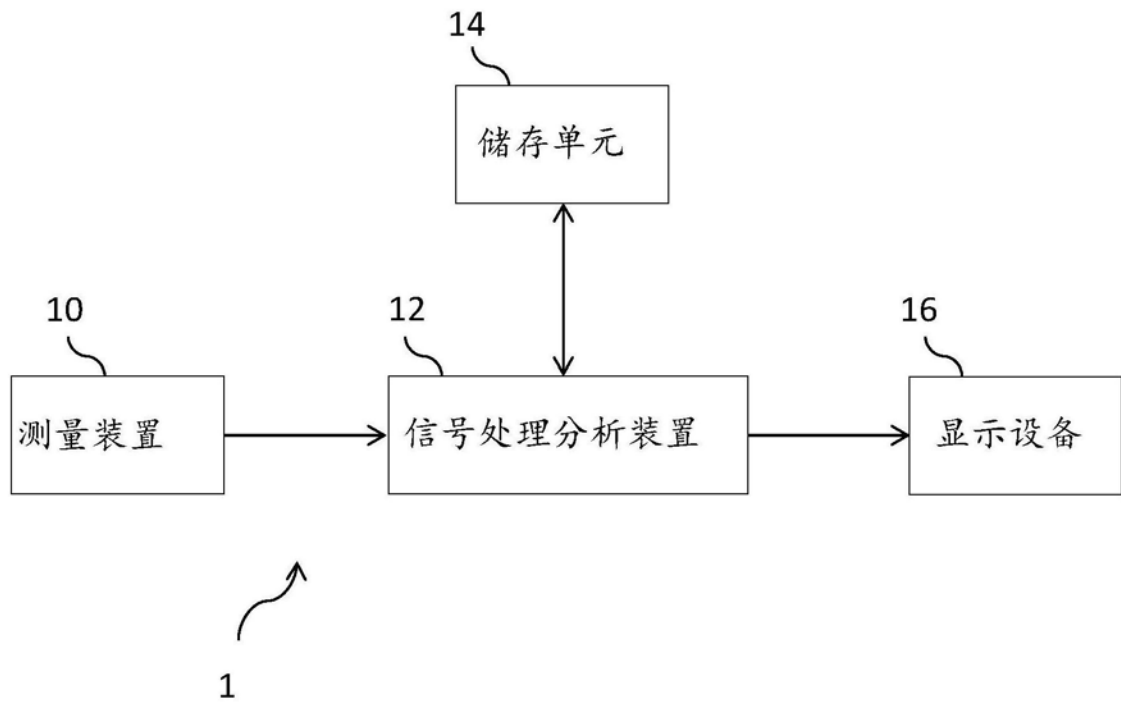


图1

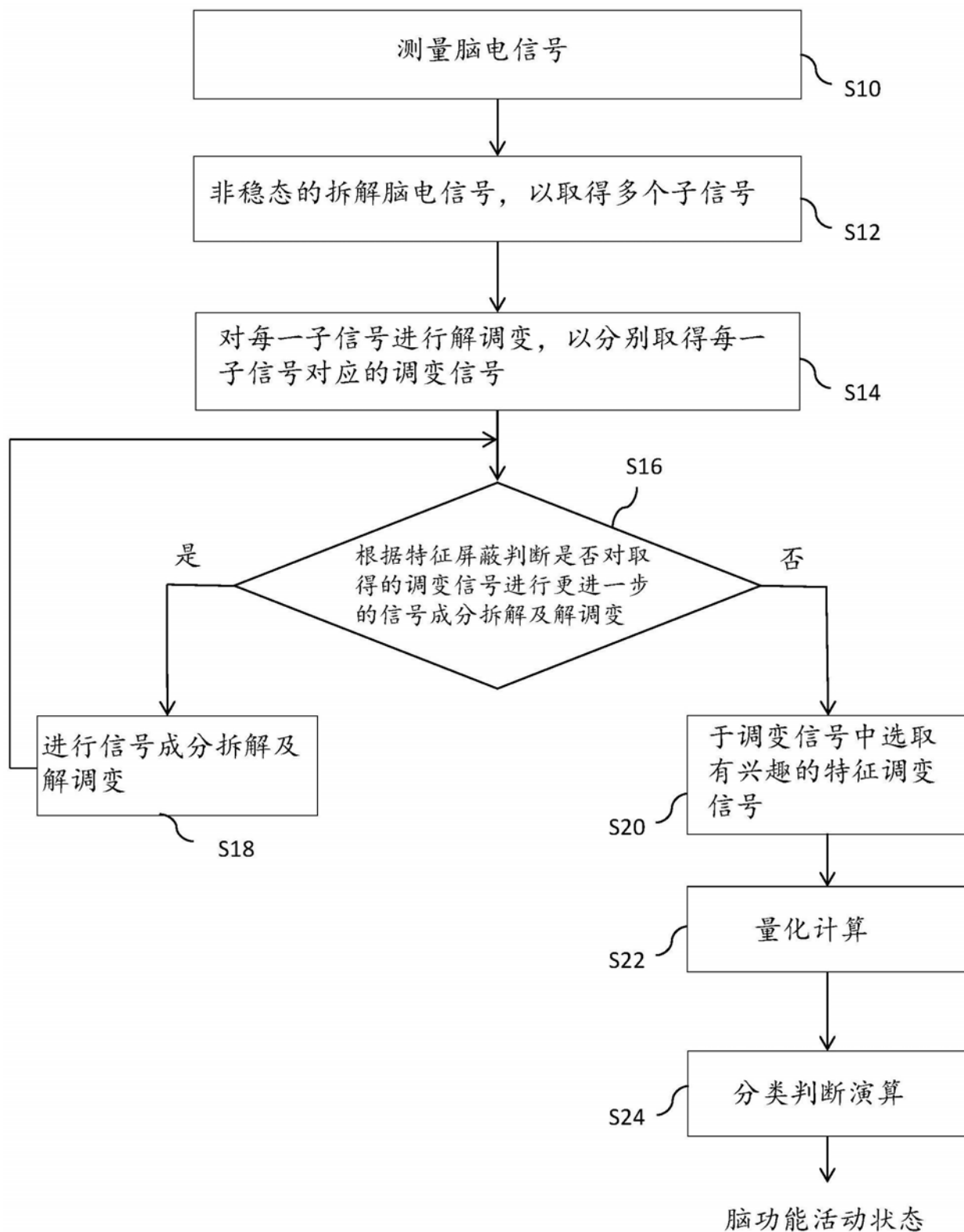


图2

原始脑波信号

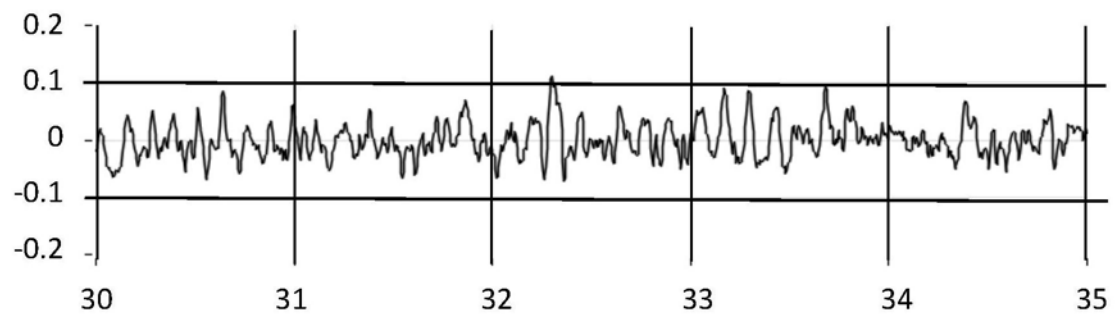
 $x(t)$ 

图3a

内生特征变化

$$\Sigma A_i(t)e^{jw_i(t)t}$$

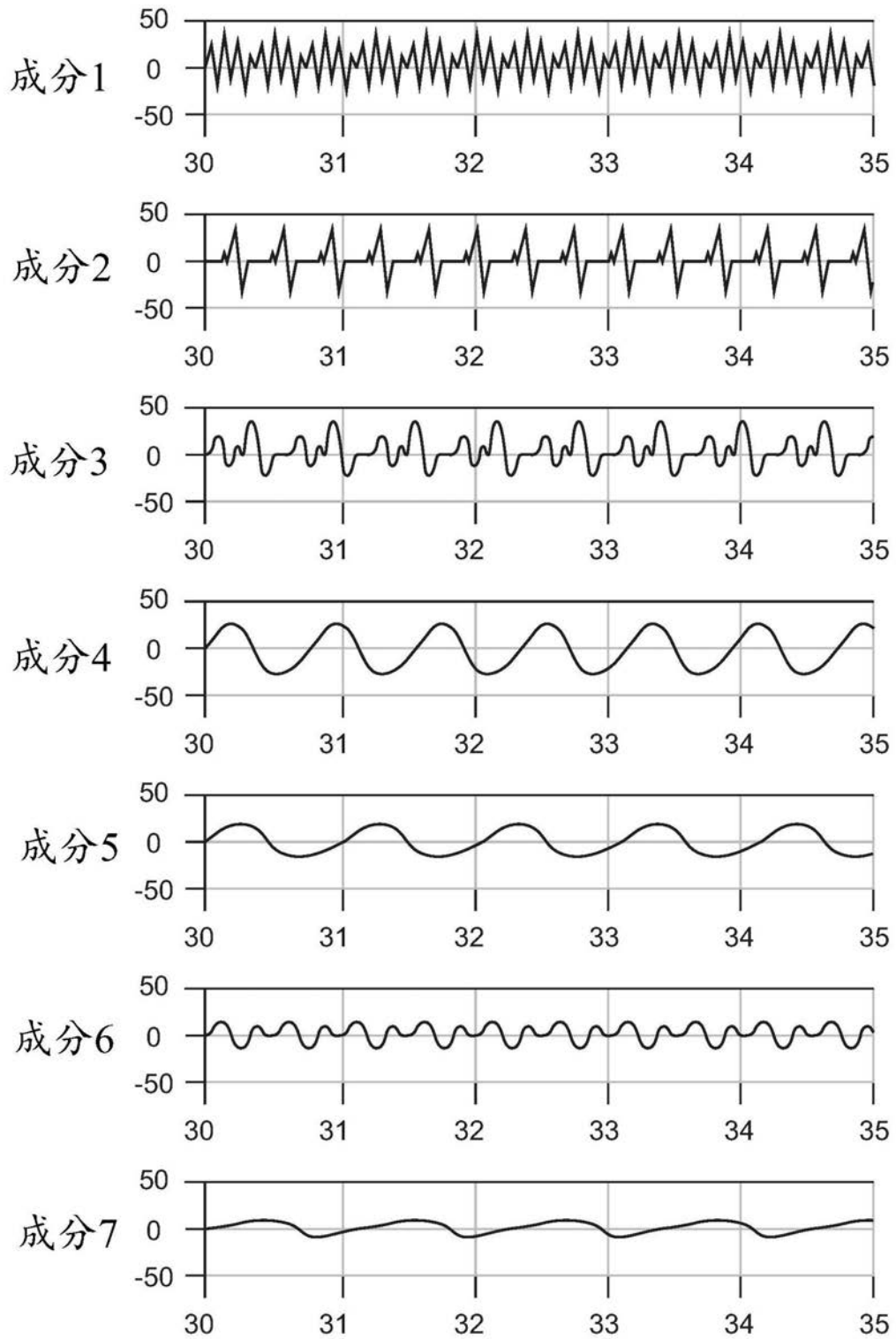


图3b

频率调变成分

振幅调变成分

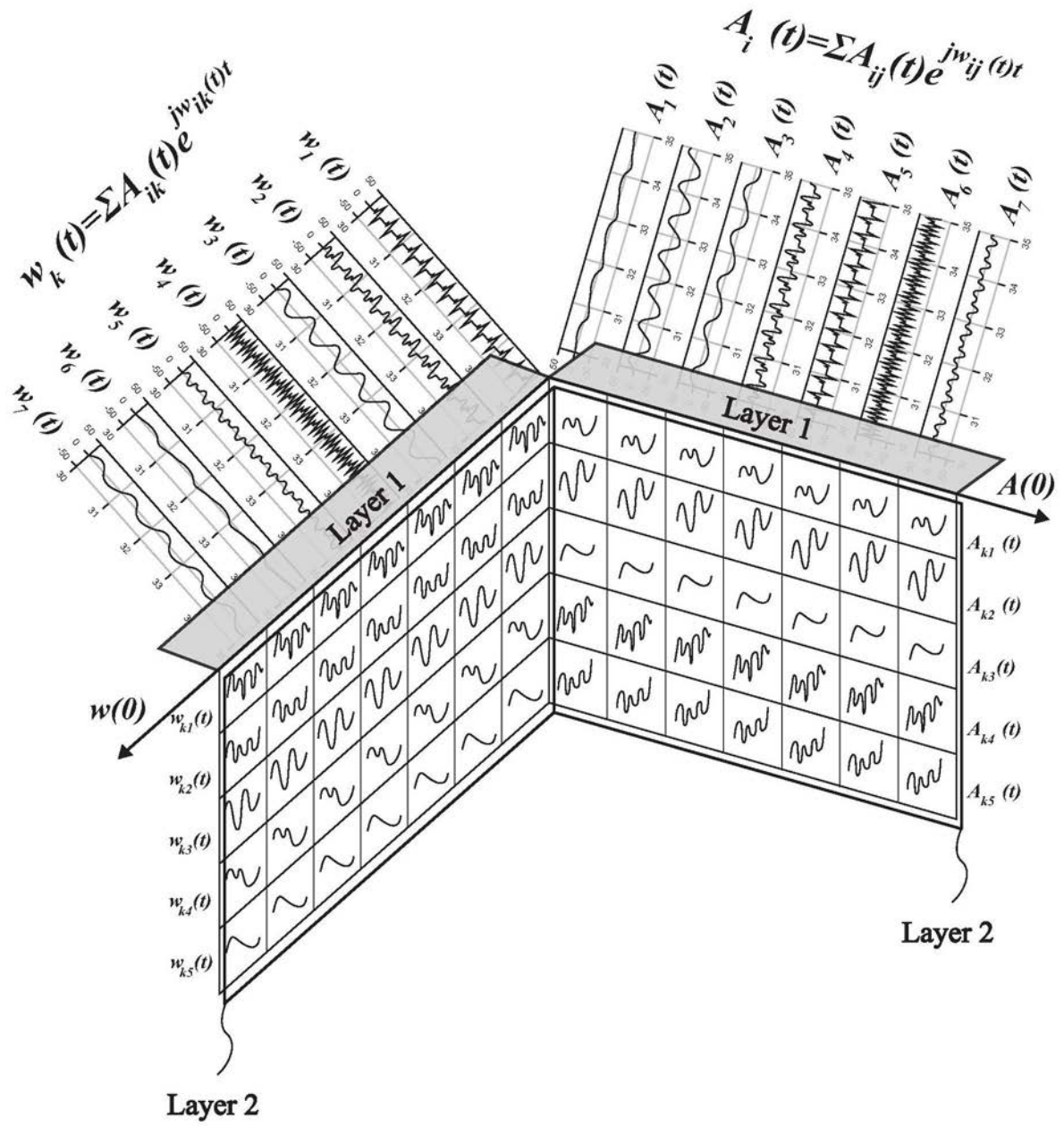


图3c

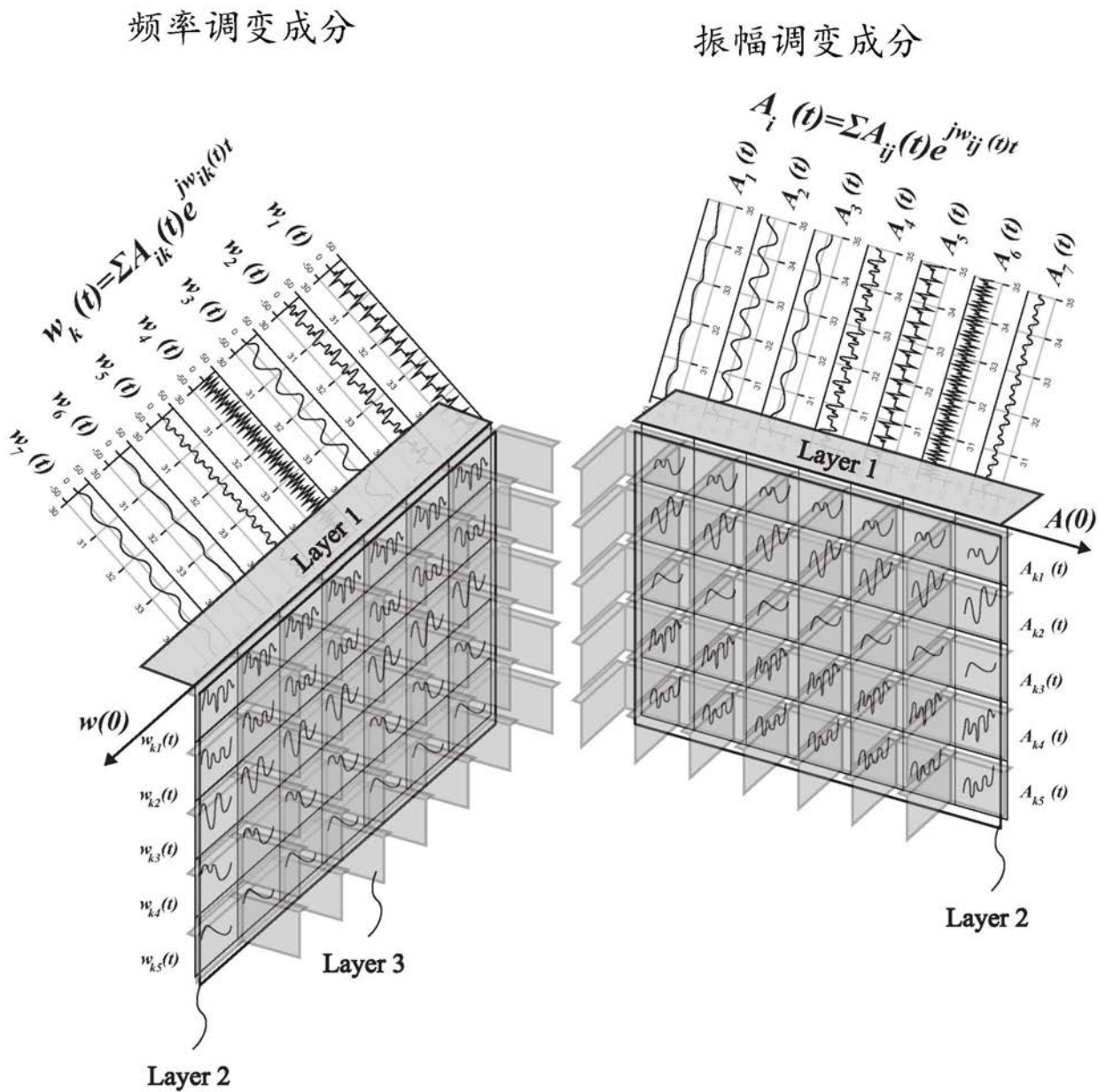


图3d

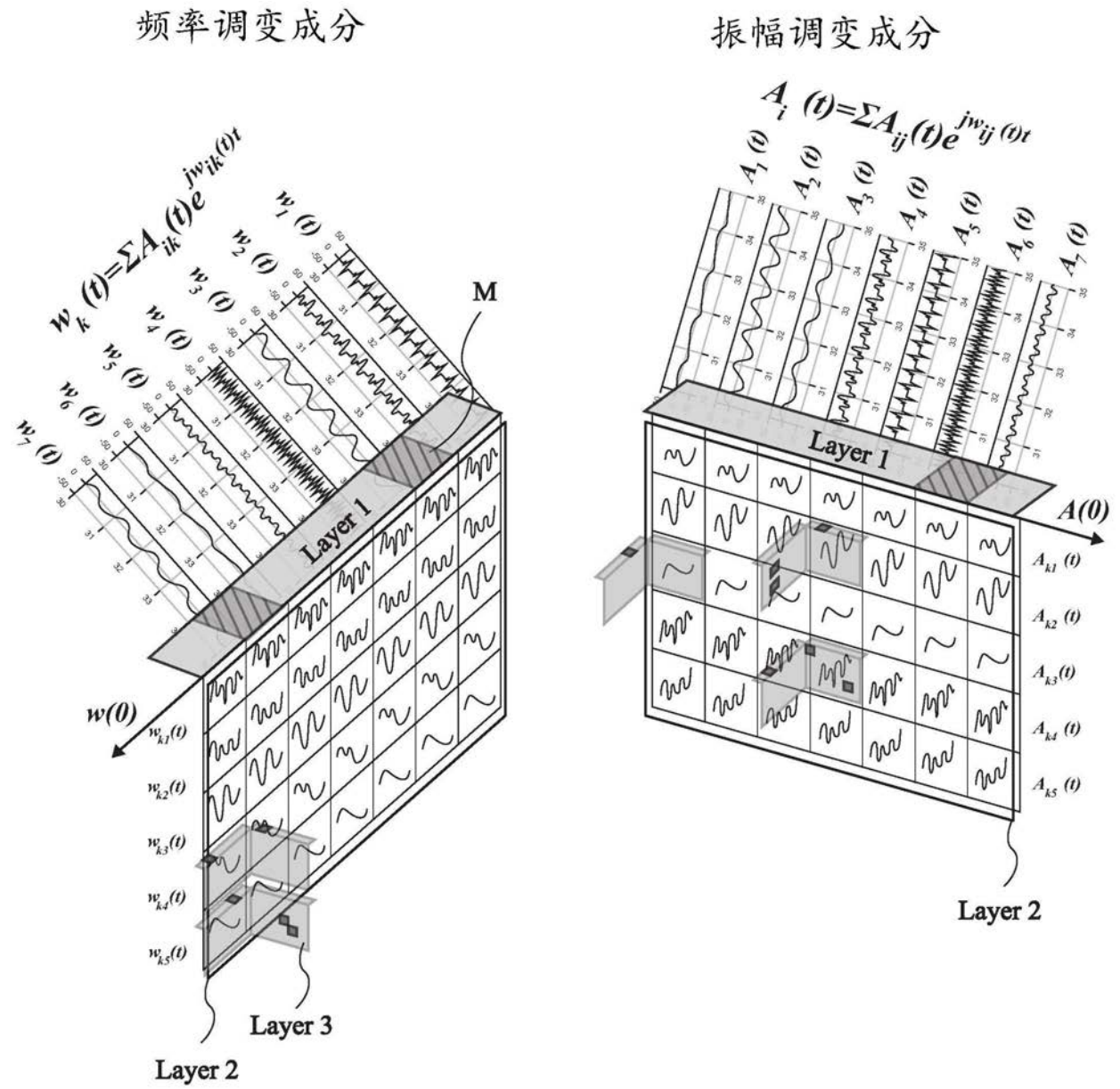


图3e

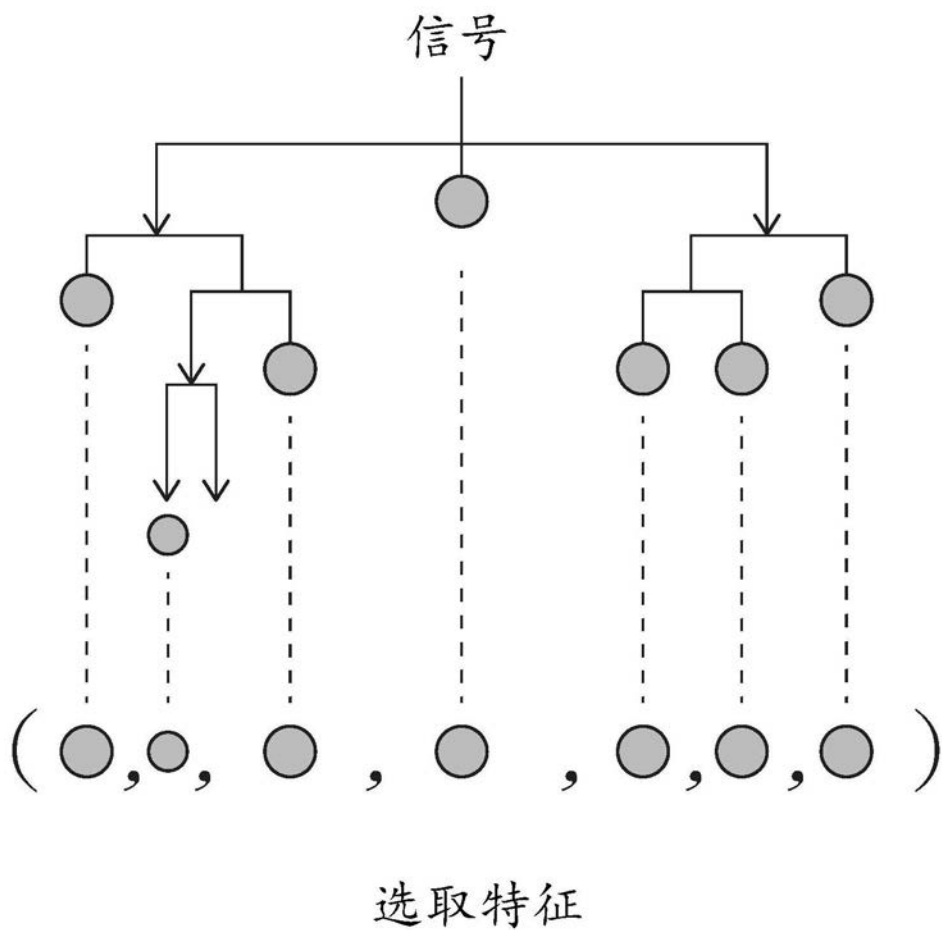


图3f

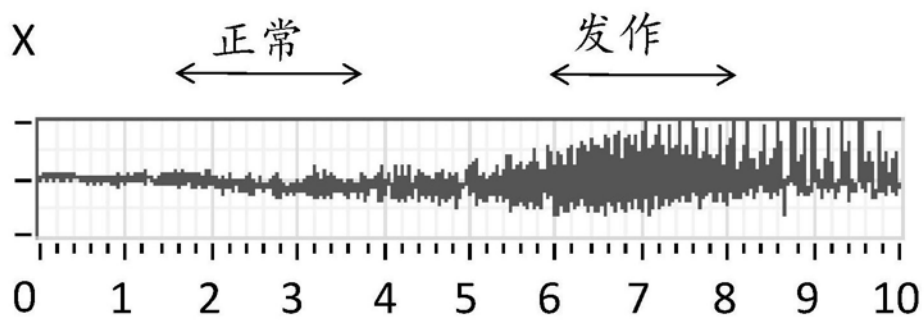


图4a

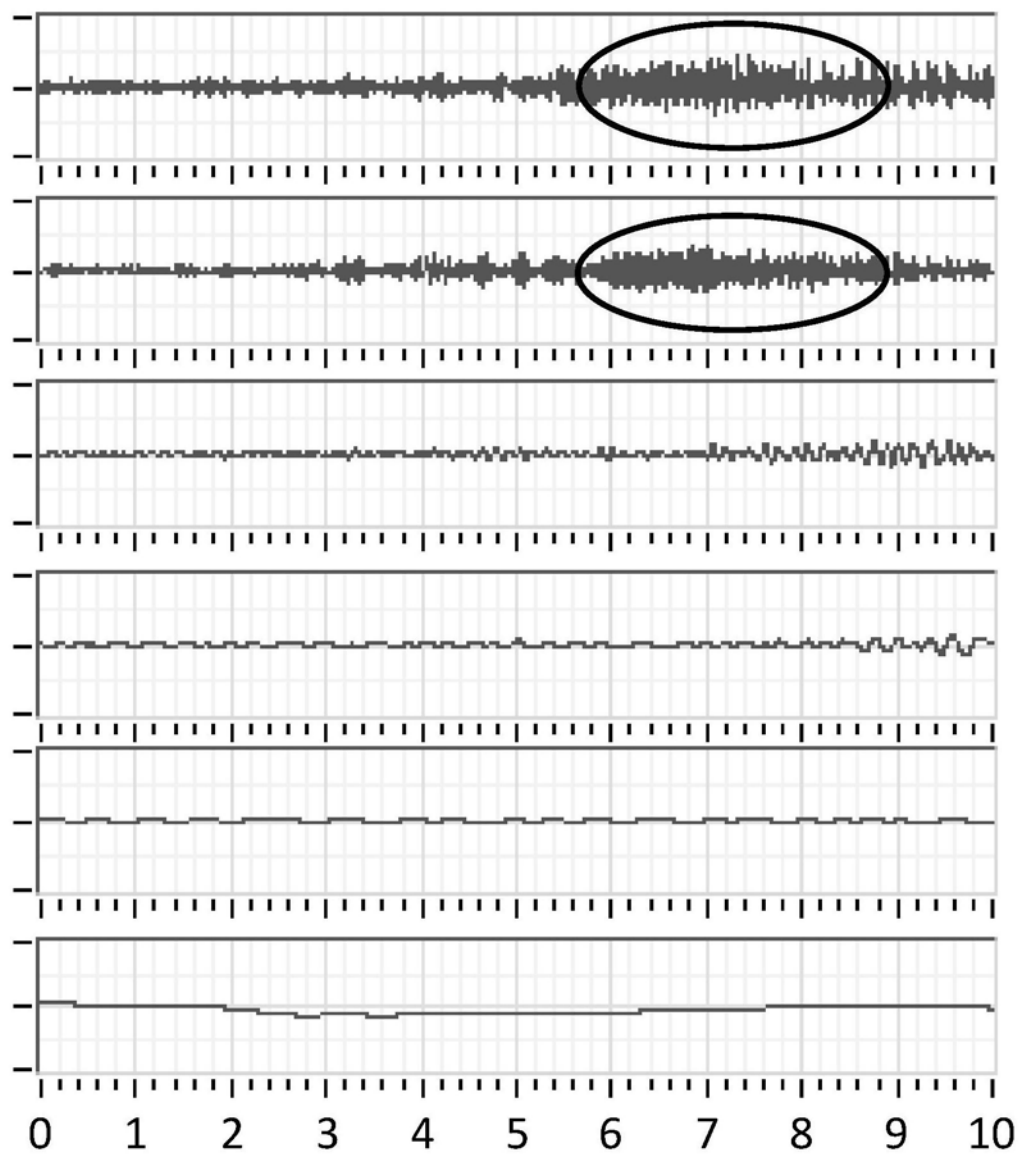


图4b

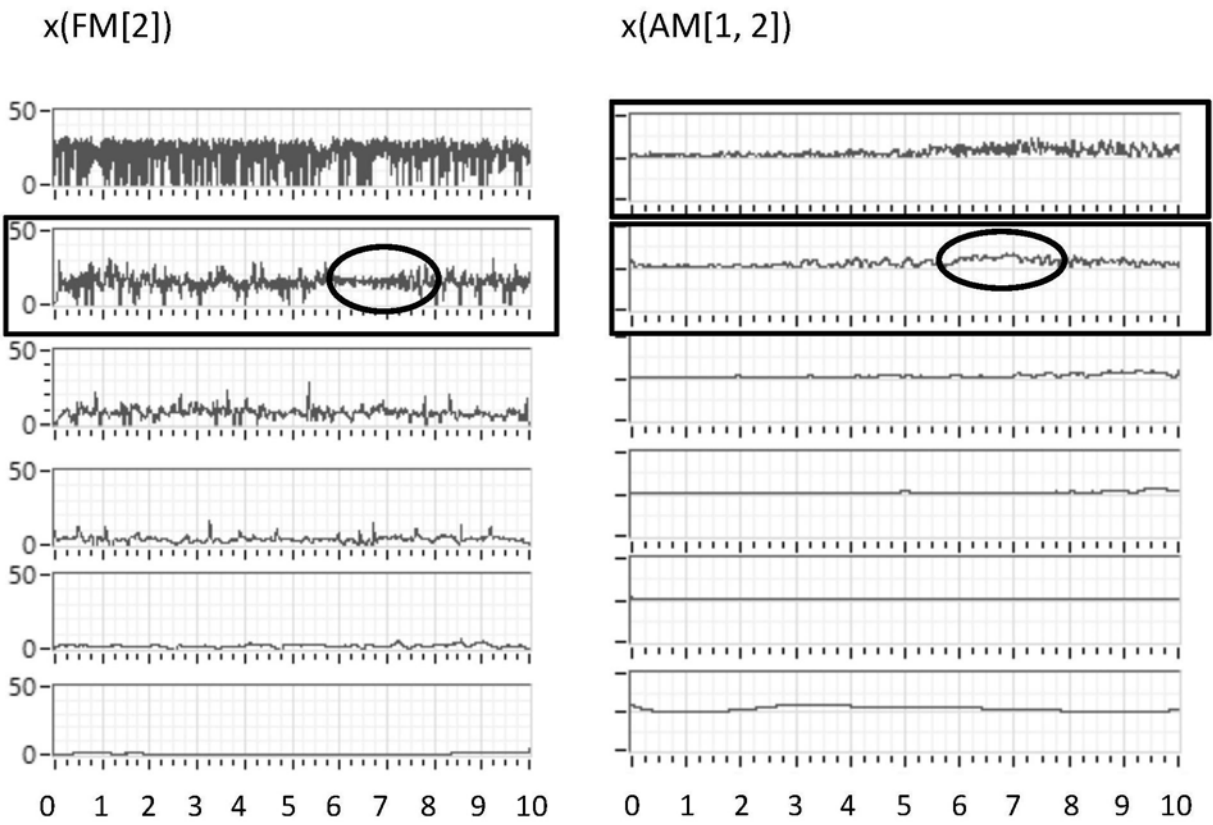


图4c

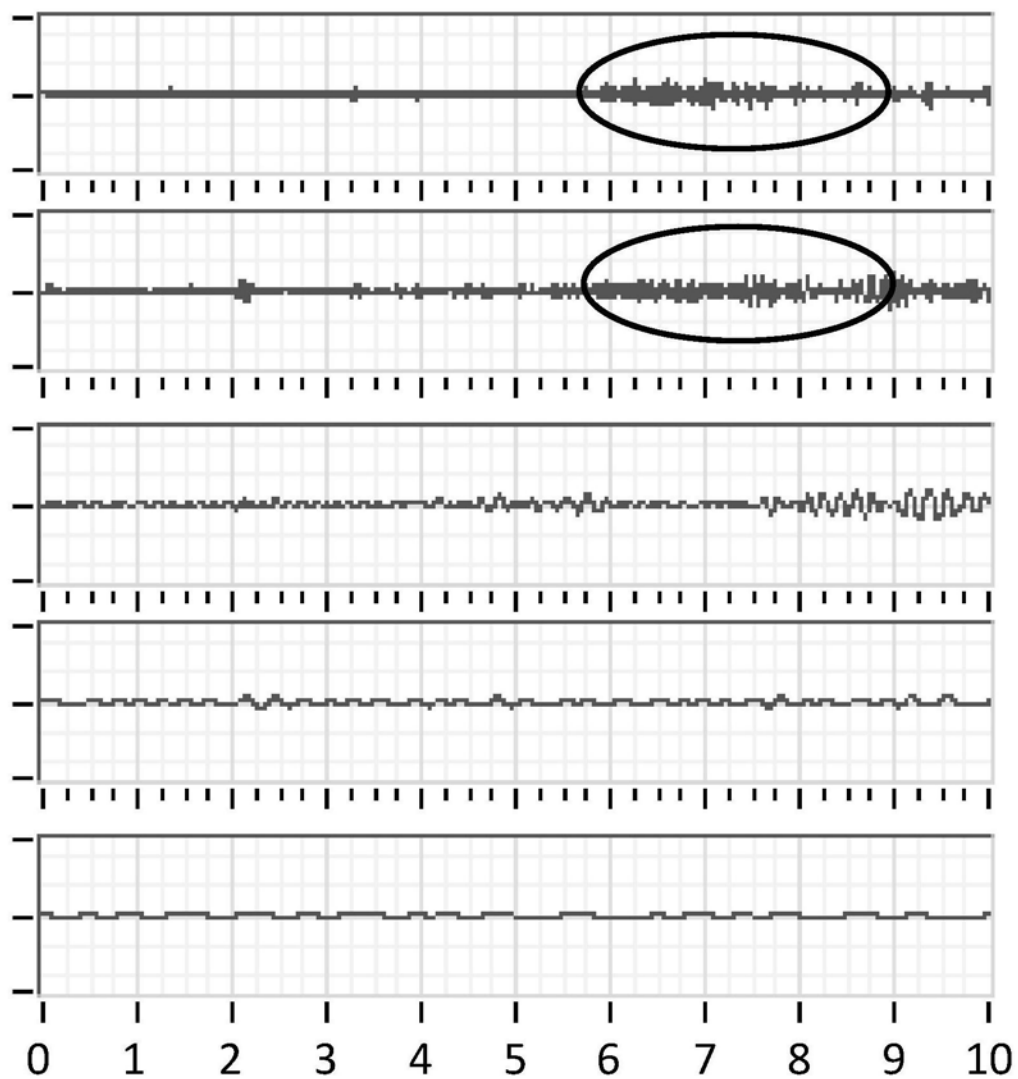


图4d

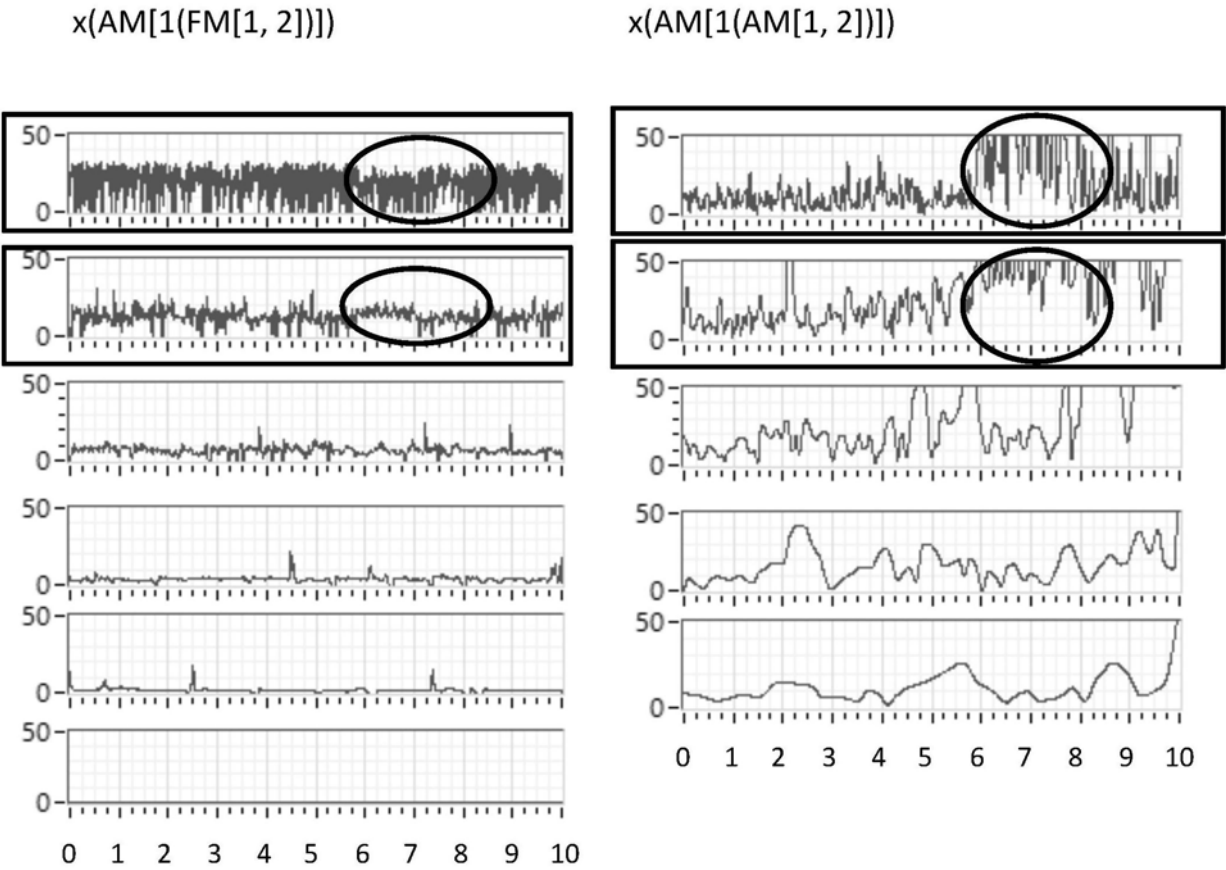


图4e

专利名称(译)	脑波分析方法及其装置		
公开(公告)号	CN107361765B	公开(公告)日	2020-03-31
申请号	CN2017110335642.0	申请日	2017-05-12
[标]发明人	张家齐 林沛辰		
发明人	张家齐 林沛辰		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/04012 A61B5/0476 A61B5/7235 A61B5/7264 A61B5/048 A61B5/4094 A61B5/7282 G16H40/63 G16H50/20 A61B5/7228 A61B5/742		
代理人(译)	孙皓晨		
审查员(译)	刘统		
优先权	106114720 2017-05-04 TW		
其他公开文献	CN107361765A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种脑波分析方法及其装置，其是基于非线性波形分解技术将脑波信号的内生特征变化进行拆解，并通过解调变的演算抽取分离各成分的调变信号，包含频率调变及振幅调变，更参照一特征屏蔽决定是否针对抽取的调变信号进行更进一步的信号成分拆解及解调变，若否，即可依据特征屏蔽，取得代表脑波内生特征的多维度变化，进一步通过量化计算、分类判断的演算得到脑功能活动状态。本发明不但可以有效提高判别的准确率，更利用特征屏蔽的作用大幅减少计算复杂度与计算量。

