



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106175755 A

(43)申请公布日 2016. 12. 07

(21)申请号 201610843335.9

(22)申请日 2016.09.21

(71)申请人 广州视源电子科技股份有限公司

地址 510530 广东省广州市广州黄埔区云
埔四路6号

(72)发明人 赵巍 胡静 韩志

(74)专利代理机构 广州华进联合专利商标代理
有限公司 44224

代理人 潘桂生

(51)Int.Cl.

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

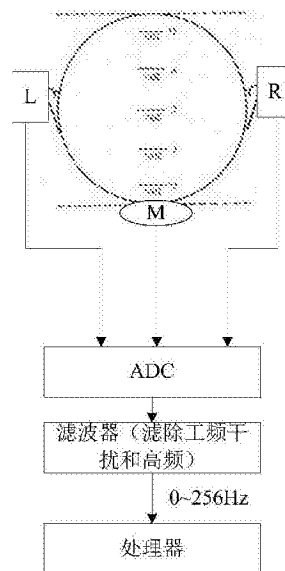
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器

(57)摘要

本发明涉及一种用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,包括:脑电电极、参考电极、模数转换器、滤波电路以及处理器;所述脑电电极、参考电极分别连接模数转换器,并依次通过所述模数转换器和滤波电路连接至处理器;所述脑电电极用于检测用户在睡眠中的脑电信号;所述模数转换器将脑电信号转换为数字信号,所述滤波电路对脑电信号进行低频滤波后输入至处理器;所述处理器,用于对脑电信号进行小波分解和重建出低频脑电信号,从所述低频脑电信号上提取脑电波;从该脑电波中检测K综合波与 δ 波并统计数量;在数量超过预设的数量阈值时判定所述用户当前处于睡眠状态。本发明可以避免脑电信号受到干扰对检测结果的影响,具有更高的准确率。



1. 一种用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,其特征在于,包括:脑电电极、参考电极、模数转换器、滤波电路以及处理器;

所述脑电电极、参考电极分别连接模数转换器,并依次通过所述模数转换器和滤波电路连接至处理器;

所述脑电电极用于检测用户在睡眠中的脑电信号;所述模数转换器将脑电信号转换为数字信号,所述滤波电路对脑电信号进行低频滤波后输入至处理器;

所述处理器,用于对脑电信号进行小波分解和重建出低频脑电信号,从所述低频脑电信号上提取脑电波;从该脑电波中检测K综合波与δ波并统计数量;在数量超过预设的数量阈值时判定所述用户当前处于睡眠状态。

2. 根据权利要求1所述的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,其特征在于,所述脑电电极设置在用户的额头位置;所述参考电极设置在用户的耳垂;所述滤波电路输出0-256Hz频段的信号。

3. 根据权利要求1所述的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,其特征在于,在提取脑电波时,所述处理器,用于从低频脑电信号的波形上找出局部极小值点,并将其标记为波谷;将相邻两个波谷之间最大的局部极大值点标记为波峰;根据波形上每个左波谷-波峰-右波谷对的高度判断出脑电波。

4. 根据权利要求3所述的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,其特征在于,所述处理器,进一步用于计算每个左波谷-波峰-右波谷对的高度;若左右两个波谷的高度差小于预设的差值阈值,则将该波形判为一个脑电波;若左右两个波谷的高度差大于差值阈值,且左波谷-上升支波峰的高度小于波峰-下降支右波谷的一半,则将该波形判为一个脑电波;若左右两个波谷的高度差大于差值阈值,且上升支的高度大于下降支的一半,则抛弃右波谷并在波形上寻找接下来的第二个波谷,重新进行判断。

5. 根据权利要求3所述的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,其特征在于,所述处理器采样如下公式从脑电波中检测K综合波与δ波:

$$w_k = \text{true}, \text{if} \begin{cases} height_{EOG}^{trough_lef :trough_right} < height_thre_{EOG} \\ 1 < (p_{trough_right} - p_{trough_left}) / fs < 2 \\ amp_{EEG}^{trough} < trough_thre_{EEG} \\ amp_{EEG}^{peak} > peak_thre_{EEG} \end{cases}$$

$$w_\delta = \text{true}, \text{if} \begin{cases} height_{EOG}^{trough_lef :trough_right} < height_thre_{EOG} \\ 0.5 < (p_{trough_right} - p_{trough_left}) / fs < 2 \\ height_{EEG}^{trough_lef :trough_right} > height_thre_{EEG} \end{cases}$$

式中, p_{trough_right} 与 p_{trough_left} 分别表示左右波谷数据点的坐标, fs 为脑电波的采样率, $height_{EEG}^{trough_lef :trough_right}$ 与 $height_{EOG}^{trough_lef :trough_right}$ 分别表示脑电信号与眼电信号在区间 $[p_{trough_right}, p_{trough_left}]$ 上的最大值减最小值的取值, $peak_thre_{EEG}$ 与 $trough_thre_{EEG}$ 分别表示K综合波的波峰阈值与波谷阈值, $height_thre_{EEG}$ 表示δ波的幅度阈值; w_k 表示K综合波, w_δ 表示δ波, true表示判断结果为真, if表示满足的条件。

6. 根据权利要求1至5任一项所述的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器, 其特征在于, 所述处理器, 还用于在检测到K综合波与 δ 波的时间窗口内, 对信号的幅度进行检测, 当信号的幅度超过预设幅度阈值, 则判定检测到的K综合波与 δ 波属于伪阳性结果。

7. 根据权利要求6所述的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器, 其特征在于, 所述预设的幅度阈值为75微伏。

8. 根据权利要求4所述的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器, 其特征在于, 所述差值阈值为10微伏。

9. 根据权利要求5所述的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器, 其特征在于, 所述K综合波的波峰阈值与波谷阈值分别为+100微伏与-100微伏, δ 波的幅度阈值为75-150微伏。

10. 根据权利要求1所述的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器, 其特征在于, 当K综合波的数量大于等于1个, 或者 δ 波数量大于等于5个时, 判定用户当前处于睡眠状态。

用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器

技术领域

[0001] 本发明涉及辅助睡眠技术领域,特别是涉及一种用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器。

背景技术

[0002] 目前市面上已经有一些设备来帮助人们入睡,提高睡眠质量。睡眠状态分析是了解用户睡眠质量的重要手段,而在此过程中,需要对用户睡眠状态进行检测,以准确知道用户是否睡着。

[0003] 一般情况下,检测睡眠状态是通过训练识别模型来对脑电信号进行识别,多导睡眠图利用多种生命体征对睡眠进行分析,在这些体征信号中,脑电处于核心地位;利用脑电波4种节律: δ 波(1-3Hz), θ 波(4-7Hz), α 波(8-12Hz), β 波(14-30Hz)的频率特性。由于脑电信号的个人特异性很强,并且脑电的强度很弱(脑电为微伏级别,心电为毫伏级别),在信号采集时极易被外界信号所干扰。

[0004] 因此,利用计算机对脑电信号进行睡眠分析研究时,一般是对脑电信号进行小波分解与重构,得到脑电信号的四种基本频段(δ 波频段、 θ 波频段、 α 波频段和 β 波频段)的信号,通过信号特征的提取进行睡眠状态识别,这种手段容易受到干扰影响,导致训练出来的识别模型进行睡眠状态检测时,准确率较低。

发明内容

[0005] 基于此,有必要针对上述问题,提供一种用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,有效地提高睡眠状态识别的准确率。

[0006] 一种用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,包括:脑电电极、参考电极、模数转换器、滤波电路以及处理器;

[0007] 所述脑电电极、参考电极分别连接模数转换器,并依次通过所述模数转换器和滤波电路连接至处理器;

[0008] 所述脑电电极用于检测用户在睡眠中的脑电信号;所述模数转换器将脑电信号转换为数字信号,所述滤波电路对脑电信号进行低频滤波后输入至处理器;

[0009] 所述处理器,用于对脑电信号进行小波分解和重建出低频脑电信号,从所述低频脑电信号上提取脑电波;从该脑电波中检测K综合波与 δ 波并统计数量;在数量超过预设的数量阈值时判定所述用户当前处于睡眠状态。

[0010] 上述用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,通过脑电电极采集脑电信号,通过模数转换和滤波电路处理后,由处理器对脑电信号进行小波分解和重建低频脑电信号,通过从脑电信号中提取脑电波并检测K综合波与 δ 波的数量,在该数量超过设定阈值时判定用户当前的睡眠状态。该检测器可以避免脑电信号受到干扰对检测结果的影响,具有更高的准确率。

附图说明

- [0011] 图1为一个实施例的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器的结构示意图；
[0012] 图2是K综合波的波形示意图；
[0013] 图3是 δ 波的波形示意图；
[0014] 图4为判断为脑电波的波形示意图；
[0015] 图5是非眼快动睡眠S2期的脑电信号上K综合波的检测结果示意图；
[0016] 图6是非眼快动睡眠S3期的脑电信号上 δ 波的检测结果示意图；
[0017] 图7为处理器检测睡眠状态算法的流程图。

具体实施方式

- [0018] 下面结合附图阐述本发明的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器的实施例。
- [0019] 参考图1所示,图1为一个实施例的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器的结构示意图,包括:脑电电极、参考电极、模数转换器、滤波电路以及处理器；
- [0020] 所述脑电电极、参考电极分别连接模数转换器,并依次通过所述模数转换器和滤波电路连接至处理器；
- [0021] 所述脑电电极用于检测用户在睡眠中的脑电信号;所述模数转换器将脑电信号转换为数字信号,所述滤波电路对脑电信号进行低频滤波后输入至处理器；
- [0022] 所述处理器,用于对脑电信号进行小波分解和重建出低频脑电信号,从所述低频脑电信号上提取脑电波;从该脑电波中检测K综合波与 δ 波并统计数量;在数量超过预设的数量阈值时判定所述用户当前处于睡眠状态。
- [0023] 上述用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,通过脑电电极采集脑电信号,通过模数转换和滤波电路处理后,由处理器对脑电信号进行小波分解和重建低频脑电信号,通过从脑电信号中提取脑电波并检测K综合波与 δ 波的数量,在该数量超过设定阈值时判定用户当前的睡眠状态。该检测器可以避免脑电信号受到干扰对检测结果的影响,具有更高的准确率。
- [0024] 在一个实施例中,所述脑电电极设置在用户的额头位置;所述参考电极设置在用户的耳垂。如图1所示,图中,脑电电极即图中的“M”,参考电极设置在用户的耳垂,即图中“R”和“L”。为了适应于脑电信号的处理,滤波电路滤波后,输出0-256Hz频段的信号至处理器。
- [0025] 对于睡眠状态分析的功能,主要通过处理器来进行,基于处理器实现的功能,可以在处理器中配置相应的算法模块。
- [0026] 处理器检测睡眠状态的算法流程包括(1)~(4),具体如下:
- [0027] (1)对脑电信号进行小波分解,并根据预设的低频段的小波系数重建脑电信号,得到低频脑电信号;
- [0028] 在对用户进行辅助睡眠等睡眠状态分析中,处理器通过控制用户佩戴的脑电电极,采集用户在睡眠过程中产生的脑电信号;在采集脑电信号时,处理器可以控制以30s为一帧进行采集,对每帧脑电信号进行后续处理。
- [0029] 为了避免高频噪声的干扰同时保留信号的基本信息,我们在较低频段上对脑电信

号进行分析。为了计算的方便,可以选择 θ 波的频率上限($0\sim 8\text{Hz}$)进行小波分解和重建,在此,首先对脑电信号进行小波分解,并根据低频段的小波系数重建脑电信号,然后在重建的低频脑电信号上提取脑电波;上述预设的低频段,可以选取 $0\sim 4\text{Hz}$,如果单一针对于K综合波处理时,可以取 $0\sim 2\text{Hz}$ 频段,或者先识别出K综合波,然后设置 $0\sim 4\text{Hz}$ 频段,识别出 δ 波,再将两种波的检测结果结合起来。

[0030] (2)从重建的所述低频脑电信号上提取脑电波;

[0031] 在此,处理器执行算法功能是根据波形特征,从重建的低频脑电信号上提取脑电波。参考图2和图3所示,图2是K综合波的波形示意图,图3是 δ 波的波形示意图;可见K综合波是一种具有高波幅的复合双相或者多相的慢波,持续时间约为 $0.5\sim 1\text{s}$,波幅约为 $200\sim 300$ 微伏(μV); δ 波活动的频率为 $1\sim 3\text{Hz}$,波幅约为 $20\sim 200$ 微伏。在此,通过小波分解与低频重构后,需要从低频脑电信号中提取出脑电波。

[0032] 作为一个实施例,结合K综合波的在波形上具有复合双相或者多相且波幅较高的特点,在此将其简化成具有高波峰、深波谷、持续时间为 $1\sim 2\text{s}$ 左右的脑电波。 δ 波具有波幅较高、频率较低的特点,将其简化成具有高振幅、持续时间为 $0.5\text{s}\sim 2\text{s}$ 左右的脑电波。

[0033] 在一个实施例中,在提取脑电波时,所述处理器,用于从低频脑电信号的波形上找出局部极小值点,并将其标记为波谷;将相邻两个波谷之间最大的局部极大值点标记为波峰;根据波形上每个左波谷-波峰-右波谷对的高度判断出脑电波。

[0034] 参考图4所示,图4为判断为脑电波的波形示意图,在判断过程中,首先计算每个左波谷-波峰-右波谷对的高度,然后分为以下三种方式:

[0035] ①若左右两个波谷的高度差小于预设的差值阈值,则将该波形判为一个脑电波;具体的,如图4(a)所示,如果两个波谷的高度差小于阈值时(如 10 微伏),判为一个脑电波。

[0036] ②若左右两个波谷的高度差大于差值阈值,且左波谷-上升支波峰的高度小于波峰-下降支右波谷的一半,则将该波形判为一个脑电波;具体的,如图4(b)所示,如果两个波谷的高度差大于阈值,且左波谷-波峰(上升支)的高度小于波峰-右波谷(下降支)的一半,则将其判为一个脑电波。

[0037] ③若左右两个波谷的高度差大于差值阈值,且上升支的高度大于下降支的一半,则抛弃右波谷并在波形上寻找接下来的第二个波谷,重新进行判断;具体的,如图4(c)所示,如果两个波谷的高度差大于阈值,且上升支的高度大于下降支的一半,则抛弃右波谷并寻找接下来的第二个波谷,重新进行计算和判断。

[0038] (3)根据K综合波和 δ 波的波形特征,从所述脑电波中检测K综合波与 δ 波;

[0039] 如上所述,K综合波是一种具有高波幅的复合双相或者多相的慢波,持续时间约为 $1\sim 2\text{s}$,波幅约为 $200\sim 300$ 微伏。在低频段的脑电信号上提取出脑电波后,根据K综合波与 δ 波的波形特点来检测K综合波与 δ 波。

[0040] 在此,处理器可以根据K综合波和 δ 波脑电波的波形特征,先设定K综合波和 δ 波的幅度阈值,结合提取的脑电波的采样率,从脑电波中检测K综合波与 δ 波。

[0041] 在一个实施例中,处理器可以采用如下公式从脑电波中检测K综合波与 δ 波:

[0042]

$$w_k = \text{true}, \text{ if } \begin{cases} \text{height}_{\text{EOG}}^{\text{trough_lef:trough_right}} < \text{height_thre}_{\text{EOG}} \\ 1 < (p_{\text{trough_right}} - p_{\text{trough_left}}) / fs < 2 \\ \text{amp}_{\text{EEG}}^{\text{trough}} < \text{trough_thre}_{\text{EEG}} \\ \text{amp}_{\text{EEG}}^{\text{peak}} > \text{peak_thre}_{\text{EEG}} \end{cases} \quad (1)$$

[0043]

$$w_\delta = \text{true}, \text{ if } \begin{cases} \text{height}_{\text{EOG}}^{\text{trough_lef:trough_right}} < \text{height_thre}_{\text{EOG}} \\ 0.5 < (p_{\text{trough_right}} - p_{\text{trough_left}}) / fs < 2 \\ \text{height}_{\text{EEG}}^{\text{trough_lef:trough_right}} > \text{height_thre}_{\text{EEG}} \end{cases} \quad (2)$$

[0044] 式中, $p_{\text{trough_right}}$ 与 $p_{\text{trough_left}}$ 分别表示左右波谷数据点的坐标, fs 为脑电波的采样率, $\text{height}_{\text{EOG}}^{\text{trough_lef:trough_right}}$ 与 $\text{height}_{\text{EEG}}^{\text{trough_lef:trough_right}}$ 分别表示脑电信号与眼电信号在区间 $[p_{\text{trough_right}}, p_{\text{trough_left}}]$ 上的最大值减最小值的取值, 一般 $\text{height}_{\text{EOG}}^{\text{trough_lef:trough_right}}$ 的取值75-150mV之间, 可以根据测量统计得到, $\text{peak_thre}_{\text{EEG}}$ 与 $\text{trough_thre}_{\text{EEG}}$ 分别表示K综合波的波峰阈值与波谷阈值, $\text{height_thre}_{\text{EEG}}$ 表示 δ 波的幅度阈值; w_k 表示K综合波, w_δ 表示 δ 波, true 表示判断结果为真, if 表示满足的条件。

[0045] 另外, K综合波的波峰阈值与波谷阈值可以分别取+100微伏与-100微伏, δ 波的幅度阈值可以取75-150微伏。

[0046] 由于是在小波分解后的脑电信号上而非原始脑电信号上进行检波, 因此K综合波与 δ 波的幅度阈值可较临床标准适当降低。例如K综合波的波峰的阈值 $\text{peak_thre}_{\text{EEG}}$ 与波谷的阈值 $\text{trough_thre}_{\text{EEG}}$ 可以分别设为正负100微伏, δ 波的幅度阈值 $\text{height_thre}_{\text{EEG}}$ 为75至150微伏; 上述阈值设置经过验证, 能够得到较好的检测效果。

[0047] 作为一个实施例, 对于上述检测到的K综合波与 δ 波, 为了避免眼电信号造成的干扰, 在检测到K综合波与 δ 波的时间窗口内, 对信号的幅度进行检测, 当信号的幅度超过预设幅度阈值(例如75微伏), 则判定检测到的K综合波与 δ 波属于伪阳性(false positive)结果, 并不是真正的K综合波与 δ 波, 丢弃该检测结果, 排除眼电伪迹的干扰, 后续不做统计。

[0048] 根据不同节律的脑电波和眼球运动特征, 除了清醒阶段以外, 睡眠可以分成非眼快动睡眠(No Rapid Eye Movement Sleep, NREM sleep)和眼快动睡眠(Rapid Eye Movement Sleep, REM sleep)周期。其中非眼快动睡眠又可以分为4个时期: S1期(完全清醒至睡眠之间的过渡阶段), S2期(浅睡阶段), S3期(中等深度睡眠), S4期(深睡期)。

[0049] 参考图5所示, 图5是非眼快动睡眠S2期的脑电信号上K综合波的检测结果示意图; 图5(a)中波动较大的波形为原始脑电信号, 波动较小的波形为低频段重建的脑电信号; 图5(b)中波形部分是低频段重建的脑电信号, 圆圈部分为检出的K综合波。

[0050] 参考图6所示, 图6是非眼快动睡眠S3期的脑电信号上 δ 波的检测结果示意图; 图6(a)中波动较大的波形为原始脑电信号, 波动较小的波形为低频段重建的脑电信号; 图6(b)中波形部分是低频段重建的脑电信号, 圆圈部分为检出的 δ 波。

[0051] (4)统计检测到K综合波与 δ 波的数量, 当所述数量超过预设的数量阈值时, 判定用

户当前处于睡眠状态；

[0052] 在此,处理器可以根据检测到K综合波与 δ 波的数量,判断用户当前是否处于睡眠状态;可以通过预设一个数量阈值进行比较,其中,如果K综合波的数量大于等于1个,或者 δ 波大于等于5个,判定用户当前处于睡眠状态。

[0053] δ 波的阈值与 δ 波的长度和被分析的脑电信号长度有关。 δ 波的持续时间一般为0.5~2秒,设其均值为1.5秒。脑电信号检测的时间窗口长度一般为30秒,即以30秒为一帧进行分析。S3期时, δ 波的时间应当大于20%,即大于6秒,由此可以算出 δ 波的数量应该大于4个。所以当 δ 波的数量超过5个时,可以认为用户处于睡眠状态。

[0054] 本发明实施例的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,具有较高的准确性。实验证明,在多例利用脑电信号进行的睡眠状态检测中,检测的准确率达到了95%以上。

[0055] 参考图7所示,图7为处理器检测睡眠状态算法的流程图,包括如下步骤:

[0056] s1:采集脑电信号(可能含眼电信号);

[0057] s2:脑电信号小波分解;

[0058] s3:重建低频段信号(0-4Hz);

[0059] s4:从低频段信号中检测脑电波;

[0060] s5:脑电波中检测K综合波与 δ 波;

[0061] s6:去除眼电干扰,统计K综合波与 δ 波的数量;

[0062] s7:判断K综合波与 δ 波的数量是否超阈值,若是,判定为睡眠状态,若否,判定为非确定状态。

[0063] 本发明的用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器,只针对睡眠状态进行判断。如果输出结果为“是”,即当前状态为睡眠状态。如果输出结果否,则当前状态为非确定的状态(既不是睡眠状态,但也不能认为是清醒状态),通过调整参数,就能得到一个很高的准确率。相对于传统方法是将输出信号归类为睡眠周期的某一个阶段的方案,本发明的方案检测睡眠状态准确性更高。而且对于部分干扰较严重的信号,检出率尽管可能较低,但是也不会影响到准确率。而传统方案在这种情况下,其准确率容易会受到较大的影响。

[0064] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0065] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

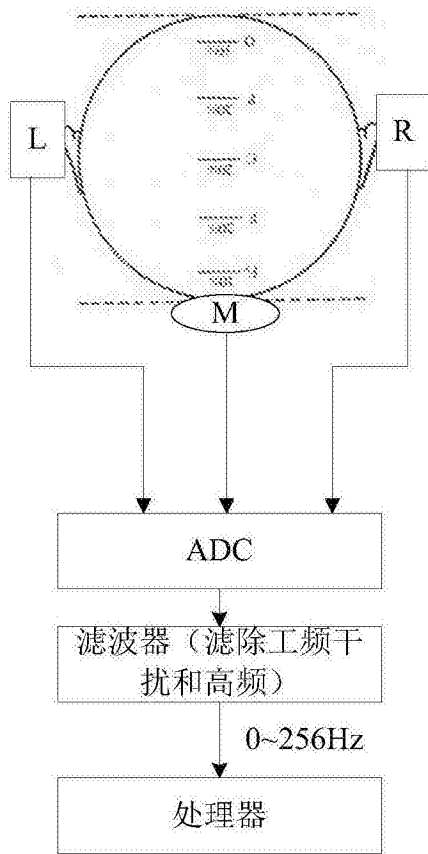


图1

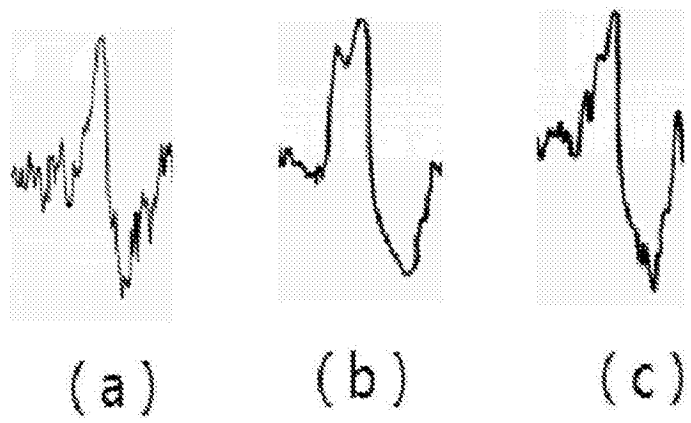


图2

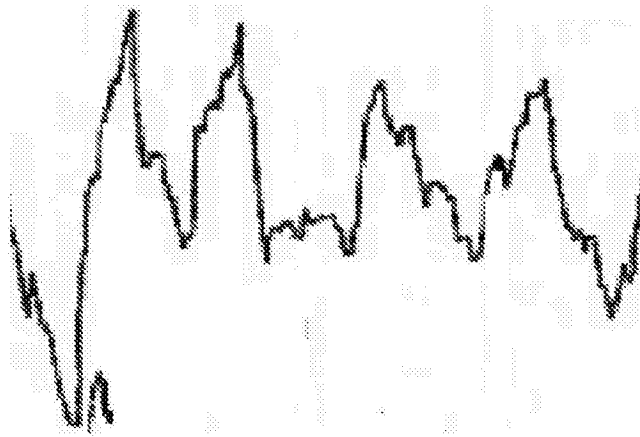


图3

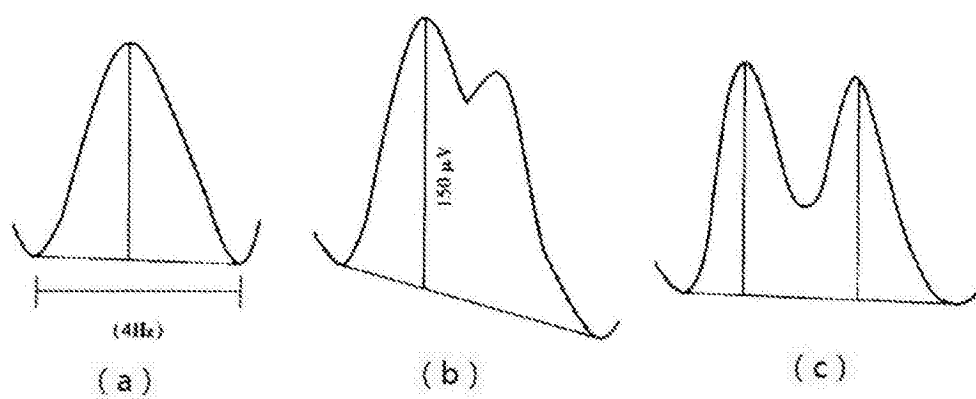


图4

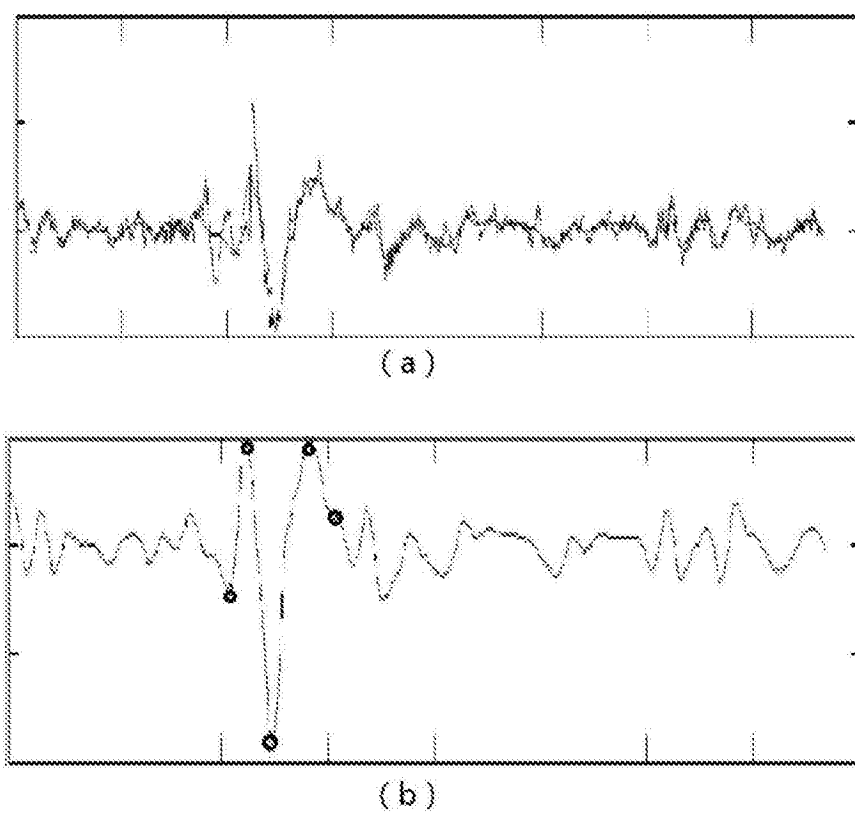


图5

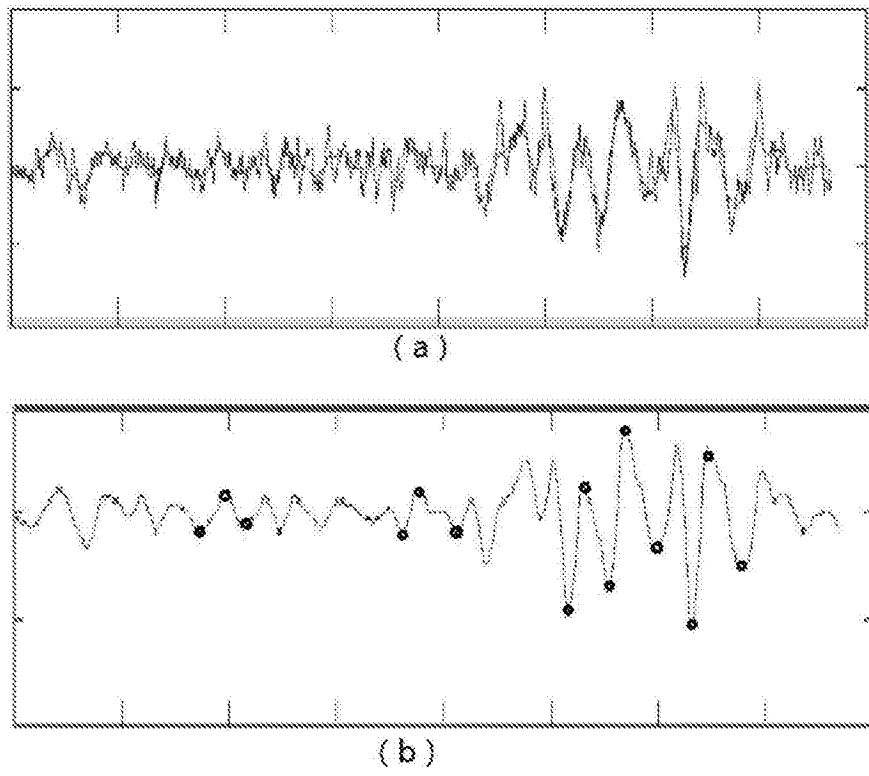


图6

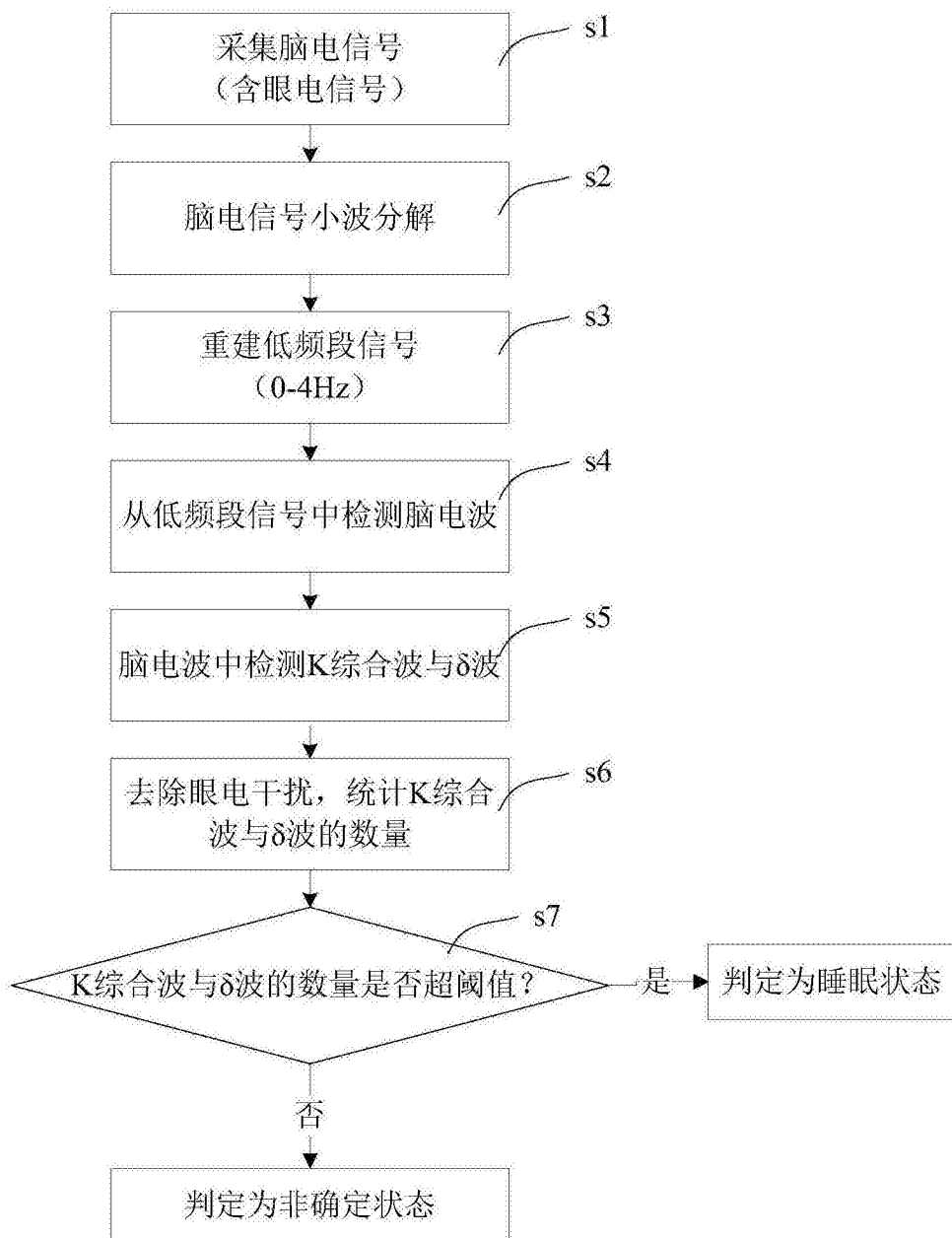


图7

专利名称(译)	用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器		
公开(公告)号	CN106175755A	公开(公告)日	2016-12-07
申请号	CN201610843335.9	申请日	2016-09-21
[标]申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技股份有限公司		
[标]发明人	赵巍 胡静 韩志		
发明人	赵巍 胡静 韩志		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0476 A61B5/4809 A61B5/7235		
代理人(译)	潘桂生		
其他公开文献	CN106175755B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种用于睡眠状态分析的睡眠状态检测器，包括：脑电电极、参考电极、模数转换器、滤波电路以及处理器；所述脑电电极、参考电极分别连接模数转换器，并依次通过所述模数转换器和滤波电路连接至处理器；所述脑电电极用于检测用户在睡眠中的脑电信号；所述模数转换器将脑电信号转换为数字信号，所述滤波电路对脑电信号进行低频滤波后输入至处理器；所述处理器，用于对脑电信号进行小波分解和重建出低频脑电信号，从所述低频脑电信号上提取脑电波；从该脑电波中检测K综合波与δ波并统计数量；在数量超过预设的数量阈值时判定所述用户当前处于睡眠状态。本发明可以避免脑电信号受到干扰对检测结果的影响，具有更高的准确率。

