



(10) **DE 11 2013 004 467 B4** 2024.10.17

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2013 004 467.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2013/070750**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/041913**
(86) PCT-Anmeldetag: **31.07.2013**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **20.03.2014**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **28.05.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.10.2024**

(51) Int Cl.: **A61B 5/0245** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2012-201910 13.09.2012 JP

(73) Patentinhaber:
**OMRON HEALTHCARE CO., LTD., Muko-shi,
Kyoto, JP**

(74) Vertreter:
**VOSSIUS & PARTNER Patentanwälte
Rechtsanwälte mbB, 81675 München, DE**

(72) Erfinder:
**Fujii, Kenji, c/o OMRON HEALTHCARE Co., Ltd.,
Muko-shi, Kyoto, JP; Kobayashi, Tatsuya, c/o
OMRON HEALTHCARE Co., Ltd., Muko-shi, Kyoto,
JP; Ogura, Toshihiko, c/o OMRON HEALTHCARE
Co., Ltd, Muko-shi, Kyoto, JP; Sawanoi, Yukiya, c/
o OMRON HEALTHCARE Co., Ltd., Muko-shi,
Kyoto, JP**

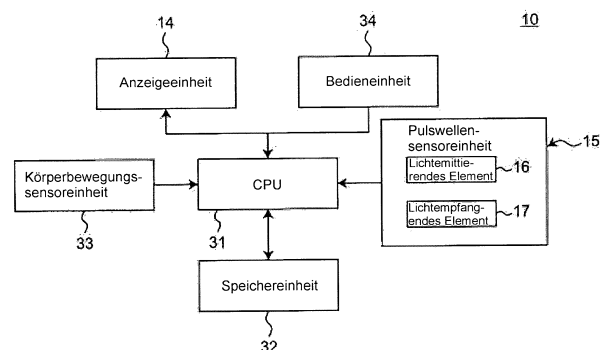
(56) Ermittelter Stand der Technik:

EP 1 334 693 A1

(54) Bezeichnung: **Pulsmessvorrichtung, Pulsmessverfahren und Pulsmessprogramm**

(57) Hauptanspruch: Pulsmessvorrichtung, die aufweist:
eine Datengewinnungseinheit (CPU 31), die konfiguriert ist, um ein Pulswellensignal, das einen Puls ausdrückt, durch Erfassen einer Pulswelle einer Messtestperson unter Verwendung eines Pulswellensensors (15) zu erhalten;
eine Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit, die konfiguriert ist, um ein Betätigungsintensitätssignal, das eine Intensität (WL_a, WL_b, WL_c) der Betätigung der Messtestperson ausdrückt, durch die Erfassung der Bewegung in der Messtestperson unter Verwendung eines Körperbewegungssensors (33) zu erhalten;
eine Speichereinheit (32), die konfiguriert ist, um das Pulswellensignal zu speichern;
eine Frequenzumwandlungseinheit, die konfiguriert ist, um ein Frequenzspektrum des Pulswellensignals durch Umwandeln des in der Speichereinheit (32) gespeicherten Zeitdomänen-Pulswellensignals in eine Frequenzdomäne zu ermitteln;
eine Suchbereichfestlegungseinheit, die konfiguriert ist, um einen Suchfrequenzbereich (SR1, SR2a, SR2b, SR2c) zum Suchen nach einer Intensitätsspitze entlang einer Frequenzachse des Frequenzspektrums festzulegen;
eine Spitzenextraktionseinheit, die konfiguriert ist, um eine Intensitätsspitze aus dem Frequenzspektrum in dem fest-

gelegten Suchfrequenzbereich (SR1, SR2a, SR2b, SR2c) zu extrahieren; und
eine Pulsfrequenzberechnungseinheit, die konfiguriert ist, um eine Pulsfrequenz (BPM) der Messtestperson basierend auf einer Frequenz der extrahierten Intensitätsspitze zu ermitteln,
wobei die Suchbereichfestlegungseinheit den Suchfrequenzbereich (SR1, SR2a, SR2b, SR2c) basierend auf einer Betätigungsintensität (WL_a, WL_b, WL_c), die durch das Betätigungsintensitätssignal angezeigt wird, ändert, wobei die Frequenzumwandlungseinheit, die Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit, ...



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Diese Erfindung betrifft Pulsmessvorrichtungen und betrifft insbesondere Pulsmessvorrichtungen, die eine Pulsfrequenz durch Erfassen einer pulsierenden Bewegung in einem Blutgefäß einer Messtestperson messen.

[0002] Diese Erfindung betrifft auch Pulsmessverfahren und Pulsmessprogramme und betrifft insbesondere Pulsmessverfahren und Pulsmessprogramme zum Messen einer Pulsfrequenz durch Erfassen der pulsierenden Bewegung in einem Blutgefäß einer Messtestperson.

Hintergrundtechnik

[0003] Eine Vorrichtung, die eine Pulsfrequenz (Herzfrequenz) einer Messtestperson durch Wickeln eines Gurts, an dem ein elektrokardiographischer Sensor befestigt ist, um den Brustbereich der Messtestperson misst und den Herzschlag der Messtestperson elektrokardiographisch misst, kann als eine herkömmliche Vorrichtung zum Messen eines Pulses der Messtestperson angegeben werden.

[0004] Es gibt auch eine Vorrichtung, die eine Pulsfrequenz im Gegensatz zu der vorstehend erwähnten Vorrichtung, die den Herzschlag einer Messtestperson elektrokardiographisch erfasst, durch Erfassen der pulsierenden Bewegung in einem Blutgefäß der Messtestperson in einer nicht-elektrokardiographischen Weise misst.

[0005] Eine Vorrichtung, die eine Pulsfrequenz einer Messtestperson durch fotoelektrisches Erfassen der pulsierenden Bewegung in einem subkutanen Blutgefäß der Messtestperson unter Verwendung eines fotoelektrischen Sensors erfasst, kann als ein Beispiel für die letztere Art von Vorrichtung gegeben werden (siehe zum Beispiel JP H10-234684 A).

[0006] In der letzteren Art von Vorrichtung wird ein Signal, das eine pulsierende Bewegung in dem subkutanen Blutgefäß der Messtestperson ausdrückt (ein Pulswellensignal) erhalten, und die Pulsfrequenz wird basierend auf dem zyklischen Wesen von Schwankungen in dem Pulswellensignal mit der Zeit gemessen.

[0007] Die EP 1 334 693 A1 betrifft ein Gerät zur Messung der Bewegungsintensität, das die Bewegungsintensität für eine aktuell durchgeführte Bewegung anhand der Oberwellenkomponente einschließlich der Grundwellenkomponente der Pulswellenform ermittelt. Das Gerät umfasst Erfassungsmittel zum Erfassen der Pulswellenform der Pulswellenkomponente, Speichermittel zum Spei-

chern der von den Erfassungsmitteln erfassten Pulswellenkomponente, wenn der Benutzer ruht, Schätzmittel zum Schätzen der Bewegungsintensität auf der Grundlage der in den Speichermitteln gespeicherten Pulswellenform der Pulswellenkomponente und der von den Erfassungsmitteln während der Bewegung erfassten Pulswellenform sowie Benachrichtigungsmittel zum Benachrichtigen über die von den Schätzmitteln ermittelte Bewegungsintensität. Die Messung der Bewegungsintensität basiert auf der Verzerrung der Herzschlagfrequenzkomponente der Pulswellenform oder auf dem Typ der Pulswelle.

Technisches Problem

[0008] Jedoch ist es mit einer Vorrichtung, die ein Verfahren verwendet, in dem die Pulsfrequenz der Messtestperson durch Erfassen der pulsierenden Bewegung in dem subkutanen Blutgefäß der Messtestperson nicht-elektrokardiographisch, wie etwa fotoelektrisch, gemessen wird, schwierig, die Pulsfrequenz korrekt zu messen, wenn die Messtestperson sich zum Beispiel betätigt.

[0009] Der Grund dafür ist, dass, wenn die Messtestperson sich während der Messung betätigt, das Blutgefäß aufgrund der Betätigung eine Beschleunigung erfährt, und sich als ein Ergebnis Unregelmäßigkeiten in dem Blutstrom ergeben. Diese Unregelmäßigkeiten werden dem Pulswellensignal als äußere Störkomponenten überlagert. Dies macht es schwierig, den Zyklus der zeitlichen Schwankungen, die durch die pulsierende Bewegung verursacht werden, aus dem Pulswellensignal zu extrahieren.

[0010] Wenn die Messtestperson sich indessen betätigt, wird eine Sensoreinrichtung, die an einem Teil des Körpers der Messtestperson befestigt ist, auch eine Beschleunigung erfahren, was zu einem Phänomen führt, bei dem die Sensoreinrichtung die Position relativ zu diesem Teil des Körpers verlagert, sich sogar zeitweise von dem Teil des Körpers trennt, und so weiter. Dieses Phänomen erscheint ebenfalls als eine äußere Störkomponente, die dem Pulswellensignal überlagert wird. Ein derartiges Phänomen ist ein anderer Grund für die Schwierigkeit beim Extrahieren des Zyklus der zeitlichen Schwankung, der durch die pulsierende Bewegung verursacht wird, aus dem Pulswellensignal.

[0011] In dem Pulswellensignal ist es, wie vorstehend erwähnt, äußerst schwierig, zwischen Schwankungen in der Signalstärke, die durch die pulsierende Bewegung in dem Blutgefäß verursacht wird, und Schwankungen in der Signalstärke, die von äußeren Störkomponenten verursacht werden, zu unterscheiden. Folglich war es in dem Fall, in dem ein Verfahren zum Messen einer Pulsfrequenz durch nicht-elektrokardiographisches Erfassen der

pulsierenden Bewegung in dem subkutanen Blutgefäß der Messtestperson, wie etwa fotoelektrisches, verwendet wird, notwendig, dass die Messtestperson während der Messung in Ruhe bleibt, um zu verhindern, dass die vorstehend erwähnte äußere Störkomponente dem Pulswellensignal überlagert wird.

[0012] Dies hat die Brauchbarkeit der Pulsmessvorrichtung, die Vielfalt anwendbarer Messbedingungen und Messumgebungen und so weiter begrenzt.

[0013] Folglich ist es eine Aufgabe dieser Erfindung, eine Pulsmessvorrichtung bereitzustellen, die fähig ist, die Pulsfrequenz einer Messtestperson selbst in dem Fall, in dem die Messtestperson nicht in Ruhe ist, korrekt zu messen.

[0014] Es ist eine weitere Aufgabe dieser Erfindung, ein Pulsmessverfahren, das fähig ist, die Pulsfrequenz einer Messtestperson selbst in dem Fall, in dem die Messtestperson nicht in Ruhe ist, korrekt zu messen, und ein Pulsmessprogramm, das fähig ist, einen Computer zu veranlassen, ein derartiges Pulsmessverfahren auszuführen, bereitzustellen.

Lösung für das Problem

[0015] Diese Aufgaben werden mit einer Pulsmessvorrichtung, einem Pulsfrequenzmessverfahren und einem Pulsfrequenzmesscomputerprogramm gemäß vorliegender Erfindung gelöst.

[0016] Eine Pulsmessvorrichtung gemäß einem Aspekt dieser Erfindung umfasst eine Datengewinnungseinheit, die konfiguriert ist, um ein Pulswellensignal, das einen Puls ausdrückt, durch Erfassen einer Pulswelle einer Messtestperson unter Verwendung eines Pulswellensensors zu erhalten, eine Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit, die konfiguriert ist, um ein Betätigungsintensitätssignal, das eine Intensität der Betätigung der Messtestperson ausdrückt, durch die Erfassung der Bewegung in der Messtestperson unter Verwendung eines Körperbewegungssensors zu erhalten, eine Speichereinheit, die konfiguriert ist, um das Pulswellensignal zu speichern, eine Frequenzumwandlungseinheit, die konfiguriert ist, um ein Frequenzspektrum des Pulswellensignals durch Umwandeln des in der Speichereinheit gespeicherten Zeitdomänen-Pulswellensignals in eine Frequenzdomäne zu ermitteln, eine Suchbereichfestlegungseinheit, die konfiguriert ist, um einen Suchfrequenzbereich zum Suchen nach einer Intensitätsspitze entlang einer Frequenzachse des Frequenzspektrums festzulegen, eine Spitzenextraktionseinheit, die konfiguriert ist, um eine Intensitätsspitze aus dem Frequenzspektrum in dem festgelegten Suchfrequenzbereich zu extrahieren, und eine Pulsfrequenzberechnungseinheit, die konfiguriert ist, um eine Pulsfrequenz der Messtestperson basierend auf einer Frequenz der extrahierten Inten-

sitätsspitze zu ermitteln; wobei die Suchbereichfestlegungseinheit den Suchfrequenzbereich basierend auf einer Betätigungsintensität, die durch das Betätigungsintensitätssignal angezeigt wird, ändert.

[0017] Beachten Sie, dass in der vorliegenden Spezifikation die Datengewinnungseinheit das Pulswellensignal direkt von dem Pulswellensensor erhalten kann oder das Pulswellensignal von dem Pulswellensensor statt dessen in einem Server (mit einer Speichereinheit) vorübergehend speichern kann und dann das Signal von dem Server oder ähnlichem erhalten (indirekt erhalten) kann. Außerdem kann die Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit das Betätigungsintensitätssignal direkt von dem Körperbewegungssensor erhalten oder statt dessen das Betätigungsintensitätssignal von dem Körperbewegungssensor vorübergehend in einem Server (mit einer Speichereinheit) speichern und dann das Signal von dem Server oder ähnlichem erhalten (indirekt erhalten).

[0018] Hier bezieht sich „Pulsfrequenz“ auf eine Anzahl von Pulsen pro Zeiteinheit (zum Beispiel Pulsschläge pro Minute (BPM), was die Anzahl von Pulsen pro Minute ist).

[0019] In der Pulsmessvorrichtung gemäß diesem Aspekt der Erfindung erhält die Datengewinnungseinheit das Pulswellensignal, das den Puls ausdrückt, durch Erfassen der Pulswelle der Messtestperson unter Verwendung des Pulswellensensors. Die Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit erhält das Betätigungsintensitätssignal, das die Intensität der von der Messtestperson durchgeführten Betätigung durch Erfassen der Bewegung in der Messtestperson unter Verwendung des Körperbewegungssensors. Die Speichereinheit speichert das Pulswellensignal. Die Frequenzumwandlungseinheit ermittelt ein Frequenzspektrum des Pulswellensignals durch Umwandeln des in der Speichereinheit gespeicherten Zeitdomänen-Pulswellensignals in die Frequenzdomäne. Die Suchbereichfestlegungseinheit legt den Suchfrequenzbereich zum Suchen nach der Intensitätsspitze entlang der Frequenzachse des Frequenzspektrums fest. Die Spitzenextraktionseinheit extrahiert die Intensitätsspitze aus dem Frequenzspektrum in dem festgelegten Frequenzbereich. Die Pulsfrequenzberechnungseinheit ermittelt die Pulsfrequenz der Messtestperson basierend auf der Frequenz bei der extrahierten Intensitätsspitze. Dann ändert die Suchbereichfestlegungseinheit den Suchfrequenzbereich basierend auf der von dem Betätigungsintensitätssignal angezeigten Betätigungsintensität.

[0020] Hier bedeutet das Festlegen des Suchfrequenzbereichs zum Suchen nach der Intensitätsspitze entlang der Frequenzachse des Frequenzspektrums durch die Suchbereichfestlegungseinheit

das Entfernen einer Frequenzkomponente, die durch die Betätigung der Messtestperson erzeugt werden, und harmonischer Komponenten aus dem Frequenzbereich, in dem die Spitzenextraktionseinheit die Intensitätsspitze extrahiert. Die Betätigung der Messtestperson beeinflusst auch ihren eigenen Puls. Zum Beispiel neigt die Pulsfrequenz der Messtestperson dazu, zu steigen, wenn die Messtestperson sich stark betätigt. Die Pulsfrequenz der Messtestperson neigt auch dazu abzunehmen, wenn die Messtestperson die Intensität ihrer Betätigung verringert. Folglich kann durch Vorhersagen einer Tendenz in Schwankungen in der Pulsfrequenz basierend auf der Betätigungsintensität, die durch das Betätigungsintensitätssignal angezeigt wird, und Ändern des Suchfrequenzbereichs sichergestellt werden, dass aus dem Pulswellensignal (eine Grundfrequenzkomponente davon) die Frequenzkomponente, die durch die pulsierende Bewegung in dem Blutgefäß der Messtestperson erzeugt wird, in dem Suchfrequenzbereich vorhanden ist. Daher kann die Pulsfrequenz der Messtestperson, selbst wenn die Messtestperson sich nicht in Ruhe befindet, korrekt berechnet werden.

[0021] In der Pulsmessvorrichtung gemäß vorliegender Erfindung wiederholen die Frequenzumwandlungseinheit, die Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit, die Suchbereichfestlegungseinheit, die Spitzenextraktionseinheit und die Pulsfrequenzberechnungseinheit das vorstehend erwähnte Verfahren mit einem vorgegebenen Zyklus, und in dem Fall, in dem die Pulsfrequenzberechnungseinheit in einem ersten Zyklus einen ersten Wert als die Pulsfrequenz der Messtestperson berechnet hat, legt die Suchbereichfestlegungseinheit einen Wert, der in einem vorgegebenen Verhältnisbereich relativ zu dem ersten Wert vorhanden ist, als den Suchfrequenzbereich für einen zweiten Zyklus, der auf den ersten Zyklus folgt, fest.

[0022] In der Pulsmessvorrichtung gemäß vorliegender Erfindung wird in dem Fall, in dem in dem ersten Zyklus der erste Wert als die Pulsfrequenz der Messtestperson berechnet wurde, ein Wert, der in dem vorgegebenen Verhältnisbereich relativ zu dem ersten Wert vorhanden ist, als der Suchfrequenzbereich für den zweiten Zyklus, der auf den ersten Zyklus folgt, festgelegt. Folglich ist es sicher, dass (eine Grundfrequenzkomponente) die Frequenzkomponente, die durch die pulsierende Bewegung in dem Blutgefäß der Messtestperson in dem Suchfrequenzbereich erzeugt wird, in dem Suchfrequenzbereich in dem zweiten Zyklus ebenfalls vorhanden ist. Daher kann die Pulsfrequenz der Messtestperson, selbst wenn die Messtestperson nicht in Ruhe ist, korrekt berechnet werden.

[0023] In der Pulsmessvorrichtung gemäß einer Ausführungsform legt die Suchbereichfestlegungs-

einheit in dem Fall, in dem eine Betätigungsintensität, die von der Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit in einem vierten Zyklus, der auf einen dritten Zyklus folgt, erhalten wird, größer als eine Betätigungsintensität ist, die in dem dritten Zyklus erhalten wird, einen Frequenzbereich, der in Richtung einer höheren Frequenz als der Suchfrequenzbereich für den dritten Zyklus verschoben ist, als den Suchbereich für den vierten Zyklus fest.

[0024] In der Pulsmessvorrichtung gemäß dieser Ausführungsform wird in dem Fall in dem die Betätigungsintensität, die in dem vierten Zyklus erhalten wird, größer als die Betätigungsintensität ist, die in dem dritten Zyklus erhalten wird, ein Frequenzbereich, der in Richtung einer höheren Frequenz als dem Suchfrequenzbereich für den dritten Zyklus verschoben ist, als der Suchfrequenzbereich für den vierten Zyklus festgelegt. Dadurch ist es sicherer, dass (eine Grundfrequenzkomponente) die Frequenzkomponente, die durch die pulsierende Bewegung in dem Blutgefäß der Messtestperson in dem Suchfrequenzbereich erzeugt wird, auch in dem Suchfrequenzbereich in dem vierten Zyklus enthalten ist. Folglich kann die Pulsfrequenz selbst in dem Fall, in dem sich die Betätigungsintensität der Messtestperson geändert hat, korrekt berechnet werden.

[0025] In der Pulsmessvorrichtung gemäß einer Ausführungsform legt die Suchbereichfestlegungseinheit den Suchfrequenzbereich für den vierten Zyklus derart fest, dass er den gleichen Spektralraum wie der Suchfrequenzbereich für den dritten Zyklus hat.

[0026] Beachten Sie, dass der „Spektralraum des Suchfrequenzbereichs“ in der vorliegenden Spezifikation sich auf einen Absolutwert der Differenz zwischen einer Frequenz, die einer oberen Grenze des Suchfrequenzbereichs entspricht, und einer Frequenz, die einer unteren Grenze des Suchfrequenzbereichs entspricht, bezieht. Die Einheit für diese Frequenz kann BPM oder etwas ähnliches sein.

[0027] In der Pulsmessvorrichtung gemäß dieser Ausführungsform kann die Last der Verarbeitung, die durch die Vorrichtung durchgeführt wird, erleichtert werden.

[0028] Ein Pulsfrequenzmessverfahren gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Messen einer Pulsfrequenz einer Messtestperson, das von einer vorstehend erwähnten Pulsmessvorrichtung ausgeführt wird, und umfasst einen Datengewinnungsschritt, um ein Pulswellensignal, das einen Puls der Messtestperson ausdrückt, unter Verwendung eines Pulswellensensors zu erhalten, einen Speicherschritt zum Speichern des Pulswellensignals in einer Speichereinheit, einen Frequenzumwandlungsschritt zum Ermitteln

eines Frequenzspektrums des Pulswellensignals durch Umwandeln des in der Speichereinheit gespeicherten Zeitdomänen-Pulswellensignals in eine Frequenzdomäne, einen Betätigungsintensitätsgewinnungsschritt, um ein Betätigungsintensitätssignal, das eine Intensität der von der Messtestperson durchgeführten Betätigung ausdrückt, unter Verwendung eines Körperbewegungssensors zu erhalten, einen Suchbereichfestlegungsschritt zum Festlegen eines Suchfrequenzbereichs zum Suchen nach einer Intensitätsspitze entlang einer Frequenzachse des Frequenzspektrums, einen Spitzenextraktionsschritt zum Extrahieren einer Intensitätsspitze aus dem Frequenzspektrum in dem festgelegten Suchfrequenzbereich, und einen Pulsfrequenzberechnungsschritt zum Ermitteln der Pulsfrequenz der Messtestperson basierend auf einer Frequenz der extrahierten Intensitätsspitze; wobei der Suchbereichfestlegungsschritt einen Schritt zum Ändern des Suchfrequenzbereichs basierend auf einer Betätigungsintensität, die durch das Betätigungsintensitätssignal angezeigt wird, umfasst.

[0029] Gemäß dem Pulsfrequenzmessverfahren gemäß diesem anderen Aspekt der Erfindung kann durch Ändern des Suchfrequenzbereichs basierend auf der Betätigungsintensität, die durch das Betätigungsintensitätssignal angezeigt wird, sichergestellt werden, dass in dem Pulswellensignal (eine Grundfrequenzkomponente der) die Frequenzkomponente, die durch die pulsierende Bewegung in dem Blutgefäß der Messtestperson erzeugt wird, in dem Suchfrequenzbereich vorhanden ist. Daher kann die Pulsfrequenz der Messtestperson, selbst wenn die Messtestperson nicht in Ruhe ist, korrekt berechnet werden.

[0030] Ein Pulsfrequenzmesscomputerprogramm gemäß noch einem anderen Aspekt der Erfindung ist ein Programm, um zu bewirken, dass ein Computer das vorstehend erwähnte Pulsfrequenzmessverfahren ausführt.

[0031] Gemäß dem Pulsfrequenzmesscomputerprogramm gemäß diesem anderen Aspekt der Erfindung kann bewirkt werden, dass ein Computer das vorstehend erwähnte Pulsmessverfahren ausführt.

Vorteilhafte Ergebnisse der Erfindung

[0032] Wie aus dem Vorstehenden offensichtlich, kann gemäß der Pulsmessvorrichtung und dem Pulsfrequenzmessverfahren gemäß diesen Aspekten der Erfindung durch Ändern des Suchfrequenzbereichs basierend auf der Betätigungsintensität, die durch das Betätigungsintensitätssignal angezeigt wird, sichergestellt werden, dass in dem Pulswellensignal (eine Grundfrequenzkomponente der) die Frequenzkomponente, die durch die pulsierende Bewegung in dem Blutgefäß der Messtestperson erzeugt

wird, in dem Suchfrequenzbereich vorhanden ist. Daher kann die Pulsfrequenz der Messtestperson, selbst wenn die Messtestperson nicht in Ruhe ist, korrekt berechnet werden.

[0033] Außerdem kann gemäß dem Pulsfrequenzmesscomputerprogramm gemäß einem Aspekt der Erfindung bewirkt werden, dass ein Computer das vorstehend erwähnte Pulsfrequenzmessverfahren ausführt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1A ist eine schematische Perspektivansicht des Äußeren einer Pulsmessvorrichtung gemäß einer Ausführungsform dieser Erfindung.

Fig. 1B ist eine schematische Querschnittansicht der Pulsmessvorrichtung gemäß einer Ausführungsform dieser Erfindung.

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das den funktionalen Aufbau der Pulsmessvorrichtung darstellt.

Fig. 3 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für den Schaltungsaufbau einer Pulswellensensoreinheit zum Messen eines Pulswellensignals in der Pulsmessvorrichtung darstellt.

Fig. 4 ist ein Diagramm, das einen Betriebsfluss zeigt, der von der Pulsmessvorrichtung durchgeführt wird.

Fig. 5A ist ein Diagramm, das ein Beispiel für ein Pulswellensignal (eine Zeitdomäne) darstellt.

Fig. 5B ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Wechselstromkomponente in einem Pulswellensignal (Zeitdomäne) darstellt.

Fig. 6 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Pulswellensignal-Wechselstromkomponente (eine Frequenzdomäne) darstellt.

Fig. 7(a) ist ein Diagramm, das ein Beispiel für zeitliche Änderungen in der Betätigungsintensität einer Messtestperson darstellt, und **Fig. 7(b)** ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einer Pulsfrequenzberechnungszeit und einem Zeitbereich einer Pulswellensignal-Wechselstromkomponente, die in der Berechnung der Pulsfrequenz zu jeder Zeit verwendet wird, darstellt.

Fig. 8 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für einen Suchfrequenzbereich darstellt, der basierend auf der Betätigungsintensität geändert wird.

Beschreibung von Ausführungen

[0034] Hier nachstehend wird eine Ausführungsform der Erfindung unter Bezug auf die Zeichnungen im Detail beschrieben.

[0035] Fig. 1A und 1B stellen den Aufbau einer Pulsmessvorrichtung gemäß einer Ausführungsform schematisch dar. Fig. 1A ist eine schematische Perspektivansicht des Äußeren der Pulsmessvorrichtung gemäß der Ausführungsform, und Fig. 1B ist eine schematische Querschnittansicht der gleichen Pulsmessvorrichtung. Beachten sie, dass zu Beschreibungszwecken eine Seite eines Hauptkörpers 10, die sich in Richtung einer (nicht gezeigten) Messfläche befindet, als eine „untere Oberflächen-seite“ bezeichnet wird, während eine Seite des Hauptkörpers 10 auf der Seite entgegengesetzt zu der Messfläche als eine „obere Oberflächen-seite“ bezeichnet wird.

[0036] Eine Pulsmessvorrichtung 1 umfasst den Hauptkörper 10 und ein Band 20. Wie in Fig. 1A und 1B dargestellt, kann die Pulsmessvorrichtung 1 den Hauptkörper durch Wickeln des Bands 20 um eine Messfläche 3 (zum Beispiel das Handgelenk) einer Messtestperson wie eine Armbanduhr an dem Handgelenk der Messtestperson befestigen.

[0037] Der Hauptkörper 10 der Pulsmessvorrichtung 1 umfasst eine untere Oberfläche 13, die in engem Kontakt mit der Messfläche 3 der Messtestperson ist, und eine Kontaktoberfläche mit der Messfläche bildet, und eine obere Oberfläche 11, die auf der zu der unteren Oberfläche 13 entgegengesetzten Seite angeordnet ist. Der Hauptkörper 10 hat eine vertiefte Form w, wobei die Größe des Hauptkörpers 10 in einer Ebenenrichtung, die der unteren Oberfläche 13 folgt, kleiner aufgebaut ist (siehe Fig. 1B).

[0038] Der Hauptkörper 10 der Pulsmessvorrichtung 1 umfasst eine Messeinheit 15, die auf der Seite der unteren Oberfläche 13 angeordnet ist, und ist aus einem Pulswellensensor, der den Puls der Messtestperson misst, und einer Anzeigeeinheit 14, die auf der Seite der oberen Oberfläche 11 angeordnet ist und Informationen in Bezug auf den von der Messeinheit 15 gemessenen Puls anzeigt, aufgebaut. Die auf der Seite der unteren Oberfläche 13 angeordnete Messeinheit 15 ist ein optischer Sensor, der ein lichtemittierendes Element 16, wie etwa eine Leuchtdiode, die Messlicht (zum Beispiel Infrarotlicht oder nahes Infrarotlicht) emittiert, und ein lichtempfangendes Element 17, wie etwa eine Fotodiode oder einen Fototransistor, umfasst. Das lichtemittierende Element 16 wirkt als eine lichtemittierende Einheit, die die Messfläche mit Licht mit einer gegebenen emittierten Lichtintensität bestrahlt. Indessen wirkt das lichtempfangende Element 17 als eine Lichtempfangseinheit, die von der Messfläche reflektiertes Licht oder transmittiertes Licht empfängt.

[0039] Wenn der Hauptkörper 10 in engem Kontakt mit der Messfläche 3 angeordnet ist und ein subkutanes Blutgefäß (zum Beispiel eine Arterie) in der Messfläche mit dem von dem lichtemittierenden Ele-

ment 16 emittierten Messlicht (zum Beispiel Infrarotlicht oder nahes Infrarotlicht) bestrahlt wird, wird das abgestrahlte Licht von roten Blutzellen, die in der Arterie fließen, reflektiert, und das reflektierte Licht wird von dem lichtempfangenden Element 17 empfangen. Die Menge des reflektierten Lichts, das von dem lichtempfangenden Element 17 empfangen wird, ändert sich abhängig von der pulsierenden Bewegung in der Arterie. Folglich kann die Pulswelleninformation erfasst werden, und die Pulsfrequenz kann von der Messeinheit 15 gemessen werden. Wenngleich die Messeinheit 15 in Fig. 1B derart angeordnet ist, dass sie den Kontakt mit der unteren Oberfläche 13 herstellt, sollte bemerkt werden, dass der Aufbau derart sein kann, dass die Messeinheit 15 innerhalb des Hauptkörpers 10 angeordnet ist und ein räumlicher Abschnitt, der zwischen der in dem Hauptkörper 10 angeordneten Messeinheit 15 und der unteren Oberfläche 13 des Hauptkörpers 10 kommuniziert, bereitgestellt ist. Wenngleich die in Fig. 1A und 1B dargestellte Pulsmessvorrichtung 1 außerdem eine Art ist, in der die Messeinheit 15 aus dem lichtemittierenden Element 16 und dem lichtempfangenden Element 17, das in der Nachbarschaft des lichtemittierenden Elements 16 angeordnet ist und von der Messfläche 3 reflektiertes Licht empfängt, aufgebaut ist, kann die Vorrichtung eine Art sein, in der die Messeinheit 15 aus dem lichtemittierenden Element 16 und dem lichtempfangenden Element 17, das dem lichtemittierenden Element 16 zugewandt ist und transmittiertes Licht, das durch die Messfläche 3 gegangen ist, erfasst, aufgebaut ist.

[0040] Die Pulsmessvorrichtung 1 umfasst die Messeinheit 15, die aus einem fotoelektrischen Sensor aufgebaut ist, als einen Pulswellensensor, und somit kann die Pulswelleninformation, die den Puls umfasst, mit einem einfachen Aufbau genau erfasst werden.

[0041] Die Anzeigeeinheit 14 ist auf der Seite der oberen Oberfläche 11 oder mit anderen Worten einer oberen Fläche des Hauptkörpers 10 angeordnet. Die Anzeigeeinheit 14 umfasst einen Anzeigebildschirm (zum Beispiel eine Flüssigkristallanzeige (LCD) oder eine Elektrolumineszenz- (EL-) Anzeige). Die Anzeigeeinheit 14 zeigt Informationen in Bezug auf den Puls der Messtestperson (zum Beispiel die Pulsfrequenz) und so weiter auf dem Anzeigebildschirm an. Die Steuerung des Anzeigebildschirms wird durch eine (später erwähnte) Steuereinheit 31 (eine CPU) ausgeführt, die als eine Anzeigesteuer-einheit wirkt.

[0042] Das Band 20 zum Befestigen des Hauptkörpers 10 an der Messfläche 3 der Messtestperson umfasst einen Hauptkörperhalteabschnitt 21, um den Hauptkörper 10 in engem Kontakt zu halten, und einen Wickelabschnitt 25 zum Wickeln um die Messfläche.

[0043] In dem Hauptkörperhalteabschnitt 21 ist eine Öffnung ausgebildet, um ungefähr zu der äußeren Größe der vertieften Form w in dem Hauptkörper 10 zu passen, und der Hauptkörper 10 ist in der Fläche, die der vertieften Form w entspricht, mit dem Band 20 in Eingriff.

[0044] Ein Schnallenelement 22, das zu einer ungefähr rechteckigen Form gebogen ist, ist an einem Ende des Hauptkörperhalteabschnitts 21 befestigt. Ein Endabschnitt 24 des Wickelabschnitts 25 wird durch ein Loch 23 in dem Schnallenelement 22 geführt, um von der Messfläche 3 nach außen gewandt zu sein, und wird dann zurück geklappt.

[0045] Eine relativ lange Oberflächenbefestigung der aufnehmenden Seite, die sich in einer längeren Richtung erstreckt, ist auf einer Außenoberfläche (einer Oberfläche entgegengesetzt zu einer Innenoberfläche, die den Kontakt mit der Messfläche 3 herstellt) in einer Fläche des Wickelabschnitts 25 neben dem Endabschnitt 24 bereitgestellt, und die Oberflächenbefestigung der aufnehmenden Seite greift in einer entfernbaren Weise mit der Oberflächenbefestigung 26 der aufzunehmenden Seite ein, die an dem Endabschnitt 24 angebracht ist.

[0046] Der Körper 10 wird auf diese Weise durch das Band 20 in engem Kontakt mit der Messfläche 3 gehalten.

[0047] Fig. 2 stellt einen Funktionsblockaufbau der Pulsmessvorrichtung 1 dar. Der Hauptkörper 10 der Pulsmessvorrichtung 1 umfasst die Steuereinheit (CPU) 31, eine Speichereinheit 32, die Anzeigeeinheit 14, eine Bedieneinheit 34, die Pulswellensensoreinheit 15 und eine Körperbewegungssensoreinheit 33. Die Pulsmessvorrichtung 1 kann ferner eine (nicht gezeigte) Kommunikationseinheit umfassen. In diesem Fall kann die Pulsmessvorrichtung 1 eine Datenkommunikation mit einer (nicht gezeigten) externen Vorrichtung ausführen.

[0048] Die Steuereinheit 31 umfasst eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU) ebenso wie eine Hilfschaltung davon und steuert die verschiedenen Einheiten, die die Pulsmessvorrichtung 1 aufbauen, und führt verschiedene Arten von Verfahren gemäß Programmen und Daten, die in der Speichereinheit 32 gespeichert sind, aus. Mit anderen Worten verarbeitet die Steuereinheit (CPU) 31 Daten, die von der Bedieneinheit 34, der Pulswellensensoreinheit 15, der Körperbewegungssensoreinheit 33 und der (nicht gezeigten) Kommunikationseinheit eingegeben werden, und speichert die verarbeiteten Daten in der Speichereinheit 32, zeigt die verarbeiteten Daten auf der Anzeigeeinheit 14 an, gibt die verarbeiteten Daten aus der Kommunikationseinheit aus und so weiter.

[0049] Die Speichereinheit 32 umfasst einen RAM (Direktzugriffsspeicher), der als ein Arbeitsbereich verwendet wird, der von der Steuereinheit (CPU) 31 benötigt wird, um Programme auszuführen, und einen ROM (Nur-Lese-Speicher) zum Speichern von grundlegenden Programmen, die von der Steuereinheit (CPU) 31 ausgeführt werden sollen. Ein Halbleiterspeicher (eine Speicherkarte, ein Festkörperlaufwerk (SSD)) oder ähnliches kann als ein Speichermedium in einer Hilfsspeichereinheit zur Ergänzung eines Speicherbereichs in der Speichereinheit 32 verwendet werden. Die Speichereinheit 32 kann zeitlich nacheinander das Pulswellensignal (und insbesondere eine Wechselstromkomponente davon), das den Puls der Messtestperson, wie er von der Pulswellensensoreinheit 15 erfasst wird, ausdrückt, auf der Basis Messtestperson für Messtestperson speichern.

[0050] Die Bedieneinheit 34 umfasst zum Beispiel einen Leistungsschalter, der gehandhabt wird, um die Pulsmessvorrichtung 1 ein- oder auszuschalten, und einen Bedienschalter, der gehandhabt wird, um die Messtestperson auszuwählen, für die ein Messergebnis, das auf einer Basis Messtestperson für Messtestperson erhalten wird, in der Speichereinheit 32 gespeichert werden soll, oder die Art der Messung, die ausgeführt werden soll, auszuwählen. Beachten Sie, dass die Bedieneinheit 34 auf der oberen Oberfläche 11 des Hauptkörpers 10 (siehe Fig. 1A) oder einer Seitenoberfläche 12 (Fig. 1A) bereitgestellt werden kann.

[0051] Auf diese Weise kann die Pulsmessvorrichtung 1 als eine unabhängige Vorrichtung aufgebaut werden. Jedoch macht es die Bereitstellung der (nicht gezeigten) Kommunikationseinheit möglich, die Vorrichtung auch auf einem Netzwerk zu verwenden.

[0052] Die Kommunikationseinheit wird verwendet, um von der Steuereinheit (CPU) 31 erzeugte Daten, in der Speichereinheit 32 gespeicherte Daten und so weiter über ein Leitungs- oder drahtloses Netzwerk an einen Server zu senden, um von einer (nicht gezeigten) Steuereinheit des Servers erzeugte Daten, in einer (nicht gezeigten) Steuereinheit des Servers gespeicherte Daten und so weiter zu empfangen und ähnliches. Hier ist „Server“ ein allgemeines Konzept, das neben einem normalen Server zum Beispiel ein ortsfestes Endgerät, wie etwa einen PC, ein mobiles Endgerät, wie etwa ein Mobiltelefon, ein Smartphone, ein PDA (persönlicher digitaler Assistent), ein Tablet oder eine Fernbedienung für eine AV-Vorrichtung, wie etwa einen Fernseher, ebenso wie einen Computer, der in einer AV-Vorrichtung, wie etwa einem Fernseher, bereitgestellt ist, umfasst.

[0053] Beachten Sie, dass ansprechend auf eine Benutzerbedienung, die durch den Leistungsschalter

der Bedieneinheit 34 vorgenommen wird, von einer (nicht gezeigten) Leistungsquelle Leistung an die verschiedenen Einheiten in der Pulsmessvorrichtung 1 geliefert wird.

[0054] Fig. 3 stellt ein Beispiel für den Schaltungsaufbau der Pulswellensensoreinheit 15 in der Pulsmessvorrichtung 1 dar. Die Pulswellensensoreinheit 15 umfasst eine Pulswellensensorsteuerung 41, die durch den Betrieb unter der Steuerung der CPU 31 Betriebe der Pulswellensensoreinheit 15 steuert.

[0055] Die Pulswellensensorsteuerung 41 treibt das lichtemittierende Element 16 durch Steuern einer Impulsantriebsschaltung 42 mit Impulsen an. Mit anderen Worten steuert die Impulsantriebsschaltung 42 einen Lichtemissionszustand (Frequenz und Betriebszyklus) des lichtemittierenden Elements 16 durch Schalten eines NPN-Transistors basierend auf einem Antriebsimpuls, der von der Pulswellensensorsteuerung 41 geliefert wird.

[0056] Die Pulswellensensorsteuerung 41 steuert auch die emittierte Lichtintensität (das heißt einen Antriebsstrom) des lichtemittierenden Elements 16 durch Steuern einer Emissionslichtintensitätssteuerschaltung 43. Mit anderen Worten steuert die Emissionslichtintensitätssteuerschaltung 43 durch Ändern des Widerstandswerts eines variablen Widerstands basierend auf einem Emissionslichtintensitätssteuersignal von der Pulswellensensorsteuerung 41, die von der CPU 31 gesteuert wird, die emittierte Lichtintensität des lichtemittierenden Elements 16, indem sie das lichtemittierende Element 16 mit einem Antriebsstrom antreibt, der durch diesen Widerstandswert definiert ist. Das heißt, die emittierte Lichtintensität (mit anderen Worten die Menge an emittiertem Licht) des lichtemittierenden Elements 16 nimmt zu, wenn der in dem lichtemittierenden Element 16 fließende Antriebsstrom zunimmt.

[0057] Das lichtempfangende Element 17 gibt gemäß der Intensität des empfangenen Lichts eine fotoelektrische Ausgangsleistung aus. Die Pulswellensensorsteuerung 41 steuert das lichtemittierende Element 16 wie vorstehend beschrieben und steuert eine Lichtempfangsempfindlichkeit (das heißt, eine fotoelektrische Ausgangsleistungsverstärkung) des lichtempfangenden Elements 17 durch Steuern einer Lichtempfangsempfindlichkeitseinstellschaltung 44. Die Lichtempfangsempfindlichkeitseinstellschaltung 44 stellt die Größe der fotoelektrischen Ausgangsleistung von dem Lichtempfangselement 17 (eine Pulswellen-Gleichstromkomponente P_{DC} in Fig. 5A) durch Erhöhen/Verringern des Widerstandswerts des variablen Widerstands gemäß einem fotoelektrischen Ausgangssteuersignal von der Pulswellensensorsteuerung 41, die von der CPU 31 gesteuert wird, ein.

[0058] Beachten Sie, dass hier auf die fotoelektrische Ausgangsleistung von dem lichtempfangenden Element 17 als die Pulswellen-Gleichstromkomponente P_{DC} Bezug genommen wird. Wenngleich die fotoelektrische Ausgangsleistung, die von dem lichtempfangenden Element 17 ausgegeben wird, tatsächlich ein pulsierender Fluss ist, in dem eine Wechselstromkomponente über einen konstanten Pegel (Gleichstromkomponente) überlagert ist, ist die Größe der pulsierenden Bewegung im Vergleich zu der Größe der fotoelektrischen Ausgangsleistung äußerst niedrig, und somit wird auf die fotoelektrische Ausgangsleistung von dem lichtempfangenden Element 17 hier als die Pulswellen-Gleichstromkomponente P_{DC} Bezug genommen.

[0059] Die fotoelektrische Ausgangsleistung von dem lichtempfangenden Element 17 (die Pulswellen-Gleichstromkomponente P_{DC} in Fig. 5A) wird in zwei Zweige geteilt, wobei einer in ein Bandpassfilter (BPF) 45 eingespeist wird und der andere in eine A/D-Wandlerschaltung (eine Gleichstromkomponenten-ADC) 47D eingespeist wird.

[0060] Das BPF 45 hat eine Funktion zum Extrahieren der Wechselstromkomponente aus der fotoelektrischen Ausgangsleistung P_{DC} , die von dem lichtempfangenden Element 17 ausgegeben wird, und ein Verstärker 46 hat eine Funktion zum Verstärken einer Ausgabe von dem BPF 45. Es reicht aus, wenn das Durchlassband des BPF 45 ein Frequenzband enthält, das einem typischen Pulsfrequenzbereich einer Person entspricht (30 BPM Bis 300 BPM) (das heißt, ein Frequenzband von 0,5 Hz bis 5 Hz). Die Wechselstromkomponente der fotoelektrischen Ausgangsleistung P_{DC} (eine Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$ in Fig. 5B) wird von dem Verstärker 46 ausgegeben, und diese Ausgangsleistung wird in eine A/D-Wandlerschaltung (eine Wechselstromkomponenten-ADC) 47A eingespeist.

[0061] Das von dem lichtempfangenden Element 17 ausgegebene fotoelektrische Signal P_{DC} wird von dem A/D-Wandler 47D von einem Analogsignal in ein Digitalsignal umgewandelt, und ein Digitalsignal, das der von der ADC 47A ausgegebenen Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$ entspricht, wird in die CPU 31 eingespeist. Das Digitalsignal, das der Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$ entspricht, wird verwendet, um, wie später beschrieben, die Pulsfrequenz der Testperson zu berechnen. Das fotoelektrische Signal (Pulswellen-Gleichstromkomponente P_{DC}), das als die Ausgangsleistung von der ADC 47D dient, wird in die CPU 31 eingespeist und wird in einem Verfahren zur Berechnung von Parametern und ähnlichem zur Steuerung der emittierten Lichtintensität verwendet.

[0062] Wenngleich in diesem Beispiel die von der ADC 47A (der Wechselstromkomponenten-ADC)

und der ADC 47D ((die Gleichstromkomponenten-ADC) ausgegebenen Digitalsignale in die CPU 31 eingespeist werden, kann der Aufbau derart sein, dass die ADCs 47A und 47D in der CPU 31 bereitgestellt sind.

[0063] Die Körperbewegungssensoreinheit 33 umfasst einen Beschleunigungsmesser 48. Der Beschleunigungsmesser 48 misst die Größe der Beschleunigung, die auf die Messfläche wirkt, und gibt ein Messergebnis an den Verstärker 49 aus. Die Ausgangsleistung des Verstärkers 49 wird in eine AD-Wandlerschaltung (ADC) 50 eingespeist, und ein Digitalsignal, das Beschleunigungsinformationen enthält, wird von der ADC 50 in die CPU 31 eingespeist. Hier wird davon ausgegangen, dass die Größe der auf den Beschleunigungsmesser 48 wirkenden Beschleunigung eine hohe Korrelation mit der Intensität der Betätigung der Messtestperson hat, und somit wird die Ausgangsleistung von dem Beschleunigungsmesser 48 als ein Betätigungsintensitätssignal verwendet, das die Intensität der Betätigung der Messtestperson ausdrückt.

[0064] Insgesamt arbeitet die Pulsmessvorrichtung 1 gemäß dem Fluss eines in **Fig. 4** dargestellten Pulsmessverfahrens.

[0065] Um einen allgemeinen Überblick bereitzustellen, berechnet die Pulsmessvorrichtung 1 zuerst, wenn die Messung begonnen wird, die Pulsfrequenz der Messtestperson in Ruhe (eine Ruhepulsfrequenz). Dann bestimmt die Pulsmessvorrichtung 1 in dem nächsten Messzyklus basierend auf der Ruhepulsfrequenz einen Frequenzbereich, in dem nach einer Spitze in der Spektralintensität des Pulswellensignals (und insbesondere in der Wechselstromkomponente der Pulswelle), das in der Frequenzdomäne ausgedrückt wird, gesucht werden soll (als ein „Suchfrequenzbereich“ bezeichnet), extrahiert die Spitze in der Spektralintensität, die in dem Suchfrequenzbereich vorhanden ist, und berechnet die Pulsfrequenz der Messtestperson basierend auf der Frequenz der extrahierten Intensitätsspitze. In den folgenden Messzyklen verschiebt die Pulsmessvorrichtung 1 den Suchfrequenzbereich basierend auf dem Betätigungsintensitätssignal, das die Intensität der Betätigung der Messtestperson, die von der Körperbewegungssensoreinheit 33 ausgegeben wird, ausdrückt, von dem in der vorhergehenden Messung verwendeten Suchfrequenzbereich und berechnet durch Extrahieren einer Spitze in der Spektralintensität in diesem Bereich die Pulsfrequenz in dem aktuellen Messzyklus, um eine Änderung in der Pulsfrequenz gegenüber der in dem vorhergehenden Messzyklus berechneten Pulsfrequenz zu verfolgen.

(i) Zuerst bestimmt die CPU 31, wie in Schritt S1 angezeigt, basierend auf dem Betätigungsintensitätssignal, das von der Körperbewegungssen-

soreinheit 33 ausgegeben wird, ob die Messtestperson in Ruhe ist oder nicht, um die Pulsfrequenz in Ruhe zu messen. In dem Fall, in dem die CPU 31 bestimmt, dass die Messtestperson in Ruhe ist („Ja“ in Schritt S1), geht das Verfahren zu Schritt S2. Wenn dies nicht der Fall ist, wiederholt die CPU 31 den Schritt S1 mit einem vorgegebenen Zyklus. Beachten Sie, dass die CPU 31 in Schritt S1 ein Frequenzspektrum des Pulswellensignals (der Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$), das von der Pulswellensensoreinheit erhalten wird, ermitteln kann und basierend auf der Form einer Spektralintensitätsverteilung bestimmen kann, ob die Messtestperson in Ruhe ist oder nicht.

(ii) Als nächstes wirkt die CPU 31, wie in Schritt S2 angezeigt, als eine Datengewinnungseinheit, die das Ruhepulswellensignal (die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$), die den Puls der Messtestperson ausdrückt, von der Pulswellensensoreinheit 15 erhält. Insbesondere erhält die CPU 31 als die Datengewinnungseinheit arbeitend die Wechselstromkomponente $PS(t)$, die in dem fotoelektrischen Signal P_{DC} enthalten ist (siehe **Fig. 5A** und **5B**).

[0066] **Fig. 5A** ist ein Diagramm, das ein Beispiel für das fotoelektrische Signal (die Pulswellen-Gleichstromkomponente P_{DC}) darstellt, das von dem lichtempfangenden Element 17 ausgegeben wird. In **Fig. 5A** stellt die horizontale Achse die Zeit (in Sekunden) dar, und die vertikale Achse stellt die Intensität der Pulswellen-Gleichstromkomponente P_{DC} (eine willkürliche Einheit) dar. Das fotoelektrische Signal (Pulswellen-Gleichstromkomponente P_{DC}) ist ein pulsierender Fluss, der, wie vorstehend beschrieben, eine winzige Wechselstromkomponente enthält. Mit anderen Worten wird die Pulswellen-Gleichstromkomponente P_{DC} als pulsierender Fluss ausgegeben, in dem eine Komponente (Wechselstromkomponente) $PS(t)$, die einhergehend mit der pulsierenden Bewegung eines Körpers (mit anderen Worten der Blutpulswelle) zyklisch schwankt, über eine Komponente mit konstantem Pegel (Gleichstromkomponente) überlagert ist, die nicht zyklisch schwankt, die durch Licht erzeugt wird, das von Gewebe, das sich in Blut angesammelt hat, oder ähnliches absorbiert und gestreut wird. Beachten Sie, dass die Größe (Amplitude) der Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$, die zyklisch schwankt, normalerweise um etwa zwei Stellen kleiner als die Größe der Komponente mit konstantem Pegel (die Gleichstromkomponente) ist. Folglich ist es wünschenswert, die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$ aus dem fotoelektrischen Signal (der Pulswellen-Gleichstromkomponente P_{DC}) zu extrahieren und die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$ zu verstärken, so dass die Komponente als Daten erhalten werden kann. In diesem

Beispiel umfasst der Verstärker 46 einen Operationsverstärker, und eine Verstärkung der Pulswellen-Wechselstromkomponente wird durch Einstellen einer Widerstandsgröße zwischen einem Eingangswiderstand und einem Rückkopplungswiderstand unter der Steuerung der CPU 31 gesteuert. Die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$, die von dem Verstärker 46 ausgegeben wird, wird von der ADC 47A in die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$, die ein Digitalsignal ist, umgewandelt, und in die CPU 31 eingespeist.

[0067] Fig. 5B stellt ein Beispiel für eine Wellenform der Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$, die in die CPU 31 eingespeist wird, dar. Beachten Sie, dass in Fig. 5B die horizontale Achse die Zeit (in Sekunden) darstellt, und die vertikale Achse die Intensität der Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$ (eine willkürliche Einheit) darstellt. Die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$ ändert sich gemäß der pulsierenden Bewegung in dem Körper (mit anderen Worten der Pulswelle in dem Blut) zyklisch. Mit anderen Worten ist die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$ ein Pulswellensignal, das den Puls einer Messtestperson anzeigt. Die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$ wird zeitlich nacheinander in der in Fig. 2 dargestellten Speichereinheit 32 gespeichert.

[0068] iii) Als nächstes wirkt die CPU 31, wie in Schritt S3 von Fig. 4 angezeigt, als eine Frequenzumwandlungseinheit, die das Ruhepulswellensignal (Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$) in der Zeitdomäne, das in der Speichereinheit 32 gespeichert ist, in die Frequenzdomäne umwandelt und ein Frequenzspektrum ($PS(f)$) des Ruhepulswellensignals (der Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$) ermittelt. Insbesondere wandelt die CPU 31, die als die Frequenzumwandlungseinheit arbeitet, das Ruhepulswellensignal (die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$) in der Zeitdomäne, das in der Speichereinheit 32 gespeichert ist, in die Frequenzdomäne um und ermittelt das Frequenzspektrum $PS(f)$ der Pulswellen-Wechselstromkomponente in Ruhe. In diesem Beispiel führt die CPU 31, indem sie als die Frequenzumwandlungseinheit wirkt, eine schnelle Fouriertransformation (FFT) für das Ruhepulswellensignal (Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$) aus. Wie durch das Beispiel in Fig. 7B angezeigt, ermittelt die CPU 31 das Frequenzspektrum $PS(f)$ der Ruhe-Wechselstromkomponente $PS(t)$, die in einer Zeitspanne T_d mit einer vorgegebenen Länge (zum Beispiel 16 Sekunden, 8 Sekunden, 4 Sekunden oder ähnliches) in der Ruhepulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$, die in der Speichereinheit 32 nacheinander gespeichert wird, enthalten ist.

[0069] Fig. 6 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die Ruhepulswellen-Wechselstromkomponente PS

(f), die in die Frequenzdomäne umgewandelt ist, zeigt. In Fig. 6 stellt die horizontale Achse die Pulsfrequenz (in BPM (wobei 30 BPM 0,5 Hz entspricht)) dar, und die vertikale Achse stellt die Spektralintensität (eine willkürliche Einheit) dar. In diesem Beispiel ist eine große Spitze bei ungefähr 60 BPM in der Ruhe-Wechselstromkomponente $PS(f)$, die in die Frequenzdomäne umgewandelt ist, zu sehen. Eine harmonische Komponente davon erscheint bei ungefähr 120 BPM und ungefähr 180 BPM.

[0070] iv) Als nächstes wirkt die CPU 31, wie in Schritt S4 von Fig. 4 angezeigt, als eine Spitzenextraktionseinheit, die eine Intensitätsspitze in dem Suchfrequenzbereich extrahiert, der für das Frequenzspektrum festgelegt wird. Am Beginn der Messung (in dem Fall, in dem die Pulsfrequenz der Messtestperson in Ruhe (die Ruhepulsfrequenz) ermittelt werden soll) kann der Suchfrequenzbereich auf einen Gesamtfrequenzbereich (zum Beispiel 30 BPM bis 300 BPM oder mit anderen Worten 0,5 Hz bis 5 Hz) festgelegt werden. In dem in Fig. 6 dargestellten Beispiel extrahiert die CPU 31 die Intensitätsspitze des Frequenzspektrums $PS(f)$ bei ungefähr 60 BPM. In Bezug auf die vergleichsweise kleinen Intensitätsspitzen bei ungefähr 120 BPM und ungefähr 180 BPM nimmt die CPU 31 diese Spitzen als harmonische Komponenten der bei ungefähr 60 BPM erscheinenden Intensitätsspitze und verwirft diese Spitzen. Als nächstes wirkt die CPU 31 als eine Pulsfrequenzberechnungseinheit, die die Ruhepulsfrequenz der Messtestperson gemäß der Frequenz der extrahierten Intensitätsspitze ermittelt, und bestimmt basierend auf der Frequenz der extrahierten Intensitätsspitze, dass die Ruhepulsfrequenz der Messtestperson ungefähr 60 BPM ist (im Fall von Fig. 6 1 Hz).

[0071] v) Als nächstes wirkt die CPU 31, wie in Schritt S5 von Fig. 4 gezeigt, als eine Suchbereichfestlegungseinheit, die den Suchfrequenzbereich für das Suchen der Intensitätsspitze entlang der Frequenzachse des vorstehend erwähnten Frequenzspektrums festlegt. Insbesondere legt die CPU 31, die als die Suchbereichfestlegungseinheit wirkt, als den Suchfrequenzbereich für den nächsten Messzyklus einen Wert innerhalb eines vorgegebenen Verhältnissbereichs (zum Beispiel innerhalb plus/minus 20%) relativ zu der Pulsfrequenz, die in der vorhergehenden Messung berechnet wurde (hier die Ruhepulsfrequenz (ungefähr 60 BPM)), fest. Zum Beispiel legt die CPU 31 einen Wert innerhalb von plus/minus 20% der Pulsfrequenz, die in dem vorhergehenden Messzyklus berechnet wurde (die Ruhepulsfrequenz) als den Suchfrequenzbereich für den nächsten Messzyklus fest. Wenn die in dem vorhergehenden Messzyklus berechnete Pulsfrequenz, wie in Fig. 6 gezeigt, 60 BPM ist, wird ein Bereich von 48 BPM bis 72 BPM als der Suchfrequenzbereich für den nächsten Messzyklus festgelegt.

[0072] Eine Verarbeitungsschleife von Schritt S6 bis S13 in **Fig. 4**, die danach ausgeführt wird, ist ein Verarbeitungsfluss zur Verarbeitung für die zweiten und nachfolgenden Pulsfrequenzmessungen ab dem Beginn der Messung gezählt. Die Reihe der Verfahren von Schritt S6 bis S13 wird jedes Mal ausgeführt, wenn die Pulsfrequenz gemessen wird. Diese Verfahrensreihe wird bei einem vorgegebenen Messzyklus (zum Beispiel in Fünf-Sekunden-Intervallen (ein in **Fig. 7** angezeigtes Zeitintervall T_s)) ausgeführt, bis die Messung endet. In den zweiten und nachfolgenden Pulsfrequenzmessungen ab dem Beginn der Messung gezählt verschiebt die Pulsmessvorrichtung 1 den Suchfrequenzbereich nach Bedarf basierend auf dem von der Körperbewegungssensoreinheit 33 ausgegebenen Betätigungsintensitätssignal von dem vorhergehenden Suchfrequenzbereich, extrahiert die spektrale Intensitätsspitze in diesem Suchfrequenzbereich und berechnet die Pulsfrequenz.

[0073] vi) Wie in Schritt S6 von **Fig. 4** angezeigt, wirkt die CPU 31 als eine Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit und erhält das Betätigungsintensitätssignal, das die Intensität der Betätigung der Messtestperson ausdrückt, von der Körperbewegungssensoreinheit 33.

[0074] vii) Als nächstes vergleicht die CPU 31, die als die Suchbereichfestlegungseinheit wirkt, wie in Schritt S7 angezeigt, die Betätigungsintensität der Messtestperson in dem vorhergehenden Messzyklus basierend auf dem Betätigungsintensitätssignal mit der Betätigungsintensität der Messtestperson in dem aktuellen Messzyklus und bestimmt, ob die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus größer, gleich oder kleiner als die Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus ist.

[0075] **Fig. 7(a)** ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen Beispielen (drei Beispiele) für Änderungen in der Betätigungsintensität mit der Zeit und Messzyklen darstellt. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die vertikale Achse stellt die Betätigungsintensität der Messtestperson dar, die basierend auf dem Betätigungsintensitätssignal bestimmt wird. Hier kann die Betätigungsintensität ein Beschleunigungswert sein, der jedes Mal von der Körperbewegungssensoreinheit 33 (dem Beschleunigungsmesser 48) ausgegeben wird. Alternativ kann die Betätigungsintensität ein Wert sein, der durch Integrieren der Ausgabe des Beschleunigungsmessers 48 über ein vorgegebenes Zeitintervall erhalten wird, oder kann ein Wert sein, der durch Verarbeiten des von der Körperbewegungssensoreinheit 33 ausgegebenen Betätigungsintensitätssignals durch ein anderes vorgegebenes Berechnungsverfahren erhalten wird. Zum Beispiel kann die Schrittzahl (Laufzahl), die von der Körperbewegungssensoreinheit 33 (dem Beschleunigungsmes-

ser 48) ausgegeben wird, ermittelt werden, und diese Werte kann als die Betätigungsintensität verwendet werden.

[0076] Eine erste zeitliche Änderung der Betätigungsintensität WL_a ist ein Beispiel, das einen Fall anzeigt, in dem die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus größer als die Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus ist. In dem ersten Beispiel für die zeitliche Änderung WL_a ist die Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus (Zeit t_1) I_{a1} , die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus (Zeit t_2) ist I_{a2} ($I_{a2} > I_{a1}$). In einem derartigen Fall bestimmt die CPU 31 in Schritt S7 von **Fig. 4**, dass die Betätigungsintensität in dem aktuellen Zyklus sich geändert hat, so dass sie von der Betätigungsintensität in dem unmittelbar vorhergehenden Zyklus zugenommen hat („Ja“ in Schritt S7). Folglich geht das Verfahren zu Schritt S8.

[0077] Ein zweites Beispiel für die zeitliche Änderung der Betätigungsintensität WL_b ist ein Beispiel, das einen Fall anzeigt, in dem die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus sich gegenüber der Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus nicht geändert hat. In dem zweiten Beispiel für die zeitliche Änderung der Betätigungsintensität WL_b ist die Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus (Zeit t_1) I_{b1} , und die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus (Zeit t_2) ist I_{b2} ($I_{b2} = I_{b1}$). In einem derartigen Fall bestimmt die CPU 31 in Schritt S7 von **Fig. 4**, dass die Betätigungsintensität sich in dem aktuellen Zyklus gegenüber der Betätigungsintensität in dem unmittelbar vorhergehenden Zyklus nicht geändert hat („Nein“ in Schritt S7). Folglich geht das Verfahren zu Schritt S9.

[0078] Ein drittes Beispiel für die zeitliche Änderung der Betätigungsintensität WL_c ist ein Beispiel, das einen Fall anzeigt, in dem die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus kleiner als die Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus ist. In dem dritten Beispiel für die zeitliche Änderung der Betätigungsintensität WL_c ist die Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus (Zeit t_1) I_{c1} , und die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus (Zeit t_2) ist I_{c2} ($I_{c2} < I_{c1}$). In einem derartigen Fall bestimmt die CPU 31 in Schritt S7 von **Fig. 4**, dass die Betätigungsintensität sich in dem aktuellen Zyklus geändert hat, so dass sie gegenüber der Betätigungsintensität in dem unmittelbar vorhergehenden Zyklus abgenommen hat („Ja“ in Schritt S7). Folglich geht das Verfahren zu Schritt S8.

[0079] viii) Wie in Schritt S8 von **Fig. 4** angezeigt, wirkt die CPU 31 als die Suchbereichfestlegungseinheit und verschiebt den Suchfrequenzbereich in dem Fall, in dem die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus größer als die Betätigungsintensität

in dem vorhergehenden Messzyklus ist (wie etwa dem Fall der Betätigungsintensität WLa in **Fig. 7(a)**), in Richtung einer höheren Frequenz (einem niedrigeren BPM) als dem vorhergehenden Suchfrequenzbereich.

[0080] Im Gegensatz dazu verschiebt die CPU 31 den Suchfrequenzbereich in dem Fall, in dem die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus kleiner als die Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus ist (wie etwa dem Fall der Betätigungsintensität WLc in **Fig. 7(a)**), in Richtung einer niedrigeren Frequenz (einem höheren BPM) als dem vorhergehenden Suchfrequenzbereich.

[0081] Wie in Schritt S9 angezeigt, verschiebt die CPU 31 den Suchfrequenzbereich in dem Fall, in dem die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus sich gegenüber der Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus nicht geändert hat (wie etwa dem Fall der Betätigungsintensität WLb in **Fig. 7(a)**) nicht.

[0082] **Fig. 8** ist ein Diagramm, das den Suchfrequenzbereich, der durch Schritt S8 und Schritt S9 in **Fig. 4** geändert (oder beibehalten) wird, darstellt. Die horizontale Achse stellt die Pulsfrequenz (BPM) dar und die vertikale Achse stellt die spektrale Intensität (eine willkürliche Einheit) dar. Das in **Fig. 8** dargestellte Frequenzspektrum $PS(f)$ entspricht dem Impulswellensignal $PS(t)$ von $t = t_2 - T_d$ bis $t = t_2$ in dem Pulswellensignal (der Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$) in der Zeitdomäne 7(b), die in die Frequenzdomäne konvertiert ist.

[0083] In dem in **Fig. 8** dargestellten Beispiel ist der Suchfrequenzbereich in dem vorhergehenden Messzyklus ein Frequenzbereich $SR1$. Der Frequenzbereich $SR1$ ist ein Frequenzbereich eines Spektralbereichs, der durch eine untere Grenzfrequenz $fL1$ und eine obere Grenzfrequenz $fH1$ (das heißt $fH1 - fL1$) definiert ist, und es wird angenommen, dass die Intensitätsspitze in der vorhergehenden Pulsmessung aus diesem Bereich extrahiert wurde.

[0084] In Schritt S8 von **Fig. 4** verschiebt die CPU 31 in dem Fall, in dem die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus größer als die Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus (wie etwa in dem Fall der Betätigungsintensität WLa in **Fig. 7(a)**) ist, den Suchfrequenzbereich zu einem Frequenzbereich $SR2a$ in höheren Frequenzen (höherer BPM) als den vorhergehenden Suchfrequenzbereich $SR1$. Dadurch ist der Suchfrequenzbereich in dem aktuellen Messzyklus ein Frequenzbereich in einem Spektralraum, der durch eine untere Grenzfrequenz $fL2a$ ($fL2a = fL1 + dPb$) und eine obere Grenzfrequenz $fH2a$ ($fH2a = fH1 + dPt$) (das heißt, $fH2a - fL2a$) definiert ist. Hier kann dPb gleich dPt sein, und in diesem Fall ist der Spektralraum des

aktuellen Suchfrequenzbereichs der gleiche wie der Spektralraum des vorhergehenden Suchfrequenzbereichs. Indessen kann die CPU 31 die Größe, um die der Suchfrequenzbereich verschoben wird (dPt und dPb in **Fig. 8**) vergrößern, je größer die Differenz zwischen der Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus und der Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus ist (eine Betätigungsintensitätsdifferenz in **Fig. 7(a)** ($Ia2 - Ia1$)). Dies macht es möglich, die Pulsfrequenz mit höherer Sicherheit zu verfolgen, die wahrscheinlich zunimmt, wenn die Last der Betätigung zunimmt.

[0085] Im Gegensatz dazu verschiebt die CPU 31 in dem Fall, in dem die Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus kleiner als die Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus (wie etwa in dem Fall der Betätigungsintensität WLc in **Fig. 7(a)**) ist, den Suchfrequenzbereich zu einem Frequenzbereich $SR2c$ in niedrigeren Frequenzen (niedrigerer BPM) als den vorhergehenden Suchfrequenzbereich $SR1$. Dadurch ist der Suchfrequenzbereich in dem aktuellen Messzyklus ein Frequenzbereich in einem Spektralraum, der durch eine untere Grenzfrequenz $fL2c$ ($fL2c = fL1 - dMb$) und eine obere Grenzfrequenz $fH2c$ ($fH2c = fH1 - dMt$) (das heißt, $fH2c - fL2c$) definiert ist. Hier kann dMb gleich dMt sein, und in diesem Fall ist der Spektralraum des aktuellen Suchfrequenzbereichs der gleiche wie der Spektralraum des vorhergehenden Suchfrequenzbereichs. Indessen kann die CPU 31 die Größe, um die der Suchfrequenzbereich verschoben wird (dMt und dMb in **Fig. 8**) vergrößern, je größer die Differenz zwischen der Betätigungsintensität in dem aktuellen Messzyklus und der Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus ist (eine Betätigungsintensitätsdifferenz in **Fig. 7(a)** ($Ic1 - Ic2$)). Dies macht es möglich, die Pulsfrequenz mit höherer Sicherheit zu verfolgen, die wahrscheinlich abnimmt, wenn die Last der Betätigung abnimmt.

[0086] In Schritt S9 von **Fig. 4** ändert die CPU 31 in dem Fall, in dem die Betätigungsintensität in dem aktuellen Strommesszyklus sich nicht von der Betätigungsintensität in dem vorhergehenden Messzyklus geändert hat (wie etwa in dem Fall der Betätigungsintensität WLb in **Fig. 7(a)**), den Suchfrequenzbereich nicht von dem vorhergehenden Suchbereich $SR1$.

[0087] ix) Wie in Schritt S10 in **Fig. 4** angezeigt, erhält die CPU 31, indem sie als die Datengewinnungseinheit arbeitet, zeitlich nacheinander Daten des Pulswellensignals (die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$) für den aktuellen Messzyklus von der Speichereinheit 32. Zum Beispiel in dem Fall, in dem die zeitlich aufeinanderfolgenden Daten eines Pulswellensignals (Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$), wie etwa dem in **Fig. 7(b)** gezeigten, in der Speichereinheit 32 gespeichert

sind, erhält die CPU 31 von der Speichereinheit 32 die zeitlich aufeinanderfolgenden Daten des Pulswellensignals (der Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$) von der Zeit $t_2 - T_d$ bis zu der Zeit t_2 des aktuellen Messzyklus.

[0088] x) Als nächstes wandelt die CPU 31, indem sie als die Frequenzumwandlungseinheit arbeitet, wie in Schritt S11 von **Fig. 4** angezeigt, das Zeitdomänen-Pulswellensignal (Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$), das in der Speichereinheit 32 gespeichert ist, in die Frequenzdomäne um und ermittelt das Frequenzspektrum ($PS(f)$) des Pulswellensignals (die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$). Zum Beispiel führt die CPU 31 eine schnelle Fouriertransformation (FFT) für die zeitlich aufeinanderfolgenden Daten des Pulswellensignals (die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$) in einer in Schritt S10 erhaltenen vorbestimmten Zeitspanne T_d aus und berechnet das Frequenzspektrum $PF(f)$ des Pulswellensignals, wie in **Fig. 8** dargestellt.

[0089] xi) Dann extrahiert die CPU 31, wie in Schritt S12 von **Fig. 4** angezeigt, in dem sie als die Spitzenextraktionseinheit wirkt, die Intensitätsspitzen (Maximalpunkte) der Frequenzspektren in dem Suchfrequenzbereich des aktuellen Messzyklus (SR2a, SR2b oder SR2c), der in Schritt S8 oder S9 festgelegt wurde. Als nächstes berechnet die CPU 31, indem sie als die Pulsfrequenzberechnungseinheit wirkt, die Ruhepulsfrequenz der Messtestperson basierend auf der Frequenz der extrahierten Intensitätsspitze.

[0090] xii) In Schritt S13 bestimmt die CPU 31, ob die Pulsmessung beendet werden soll oder nicht, und in dem Fall, in dem die Pulsmessung fortgesetzt werden soll, kehrt das Verfahren zu Schritt S6 zurück und die Verarbeitung für den nächsten Messzyklus wird ausgeführt.

[0091] Wie bisher beschrieben, sagt die Pulsmessvorrichtung 1 gemäß dieser Ausführungsform basierend auf der Betätigungsintensität der Messtestperson eine Tendenz der Schwankungen des Pulses voraus und verschiebt basierend auf der Richtung der vorhergesagten Pulsänderung den vorherigen Suchfrequenzbereich in Richtung höherer Frequenzen oder niedrigerer Frequenzen, behält den gleichen Suchfrequenzbereich wie den vorhergehenden Bereich bei oder ähnliches und extrahiert eine durch den Puls erzeugte spektrale Intensitätsspitze aus dem Pulswellensignal in der Frequenzdomäne. Dadurch wird selbst in dem Fall, in dem dem Pulswellensignal aufgrund der Betätigung der Messtestperson eine äußere Störkomponente überlagert wird, eine spektrale Intensitätsspitze, die durch die äußere Störkomponente erzeugt wird, nicht als eine spektrale Intensitätsspitze fehlerkannt, die durch den

Puls verursacht wird (oder wird zumindest weniger häufig fehlerkannt), und somit kann die Pulsfrequenz der Messtestperson, selbst wenn die Messtestperson nicht in Ruhe ist, korrekt gemessen werden.

[0092] Die Pulsmessvorrichtung 1 gemäß der Ausführungsform ist eine Pulsmessvorrichtung, die eine Pulsfrequenz einer Messtestperson basierend auf einer spektralen Frequenzintensitätsverteilung in einem nicht-elektrokardiographisch erhaltenen Pulswellensignal berechnet. „Nicht-elektrokardiographisch“ bezieht sich zum Beispiel auf ein fotoelektrisches System, ist aber nicht darauf beschränkt. Ein piezoelektrisches System und ähnliches sind neben fotoelektrischen Systemen ebenfalls in den nicht-elektrokardiographischen Verfahren enthalten.

[0093] Die Pulsmessvorrichtung 1 gemäß der Ausführungsform extrahiert und verwendet als das Pulswellensignal eine Komponente in der fotoelektrischen Ausgabe P_{DC} , die in einem Zyklus innerhalb eines Bereichs schwankt, der als die Pulsfrequenz einer Messtestperson geschätzt wird (30 BPM bis 300 BPM). Jedoch kann die fotoelektrische Ausgabe P_{DC} direkt als das Pulswellensignal verwendet werden.

[0094] Das vorstehend erwähnte Pulsmessverfahren kann als ein Programm aufgebaut werden, um zu bewirken, dass ein Computer das Verfahren ausführt.

[0095] Ein derartiges Programm (ein Pulsmessprogramm) kann auf ein computerlesbares Aufzeichnungsmedium aufgezeichnet werden und in einer derartigen Form verteilbar gemacht werden. Durch Installieren des Pulsmessprogramms in einem allgemeinen Computer kann das vorstehend erwähnte Pulsmessverfahren durch den allgemeinen Computer ausgeführt werden.

[0096] Außerdem kann ein in der Speichereinheit 32 gespeichertes Programm auf einem Speicher oder einem anderen nicht-flüchtigen computerlesbaren Aufzeichnungsmedium (ein Speicher, eine Festplatte, eine optische Platte oder ähnliches) kodiert werden, und ein allgemeiner Computer kann dann dazu gebracht werden, das vorstehend erwähnte Pulsmessverfahren auszuführen. Das Programm kann auch über das Internet oder ähnliches verteilt werden.

[0097] Wenngleich die CPU 31 in dem vorstehenden Beispiel eine schnelle Fouriertransformation (FFT) als die Umwandlung in die Frequenzdomäne ausführt, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Jedes andere Umwandlungsverfahren kann verwendet werden, solange das Verfahren fähig ist, das fotoelektrische Signal P_{DC} in der Zeitdomäne in die Frequenzdomäne umzuwandeln.

[0098] Außerdem kann eine dedizierte Hardwarelogikschaltung, die das vorstehend erwähnte Puls-messverfahren ausführt, als die CPU 31 verwendet werden. Mit anderen Worten kann wenigstens eine der Datengewinnungseinheit, der Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit, der Suchbereichfestlegungseinheit, der Spitzenextraktionseinheit und der Pulsfrequenzberechnungseinheit als eine dedizierte Hardwareschaltung realisiert werden.

[0099] Wenn in dem vorstehend erwähnten Beispiel außerdem in Schritt S1 von **Fig. 4** bestimmt wird, dass die Messtestperson in Ruhe ist, wird eine Frequenz, die die maximale Intensitätsspitze anzeigt, die in dem Frequenzspektrum des Pulswellensignals enthalten ist, als die Ruhepulsfrequenz der Messtestperson ermittelt. Jedoch ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Die Pulsfrequenz der Messtestperson kann ermittelt werden, indem die Anzahl von Spitzen oder Tälern in dem Pulswellensignal (die Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$) gezählt wird und die Anzahl der Schwankungen pro Minute basierend auf einer Anzahl von Wiederholungen in den Schwankungen des Pulswellensignals (der Pulswellen-Wechselstromkomponente $PS(t)$) ermittelt wird.

[0100] Die vorstehend erwähnten Ausführungsformen sind lediglich Beispiele, und viele Variationen davon können ausgeführt werden, ohne von dem Schutzbereich dieser Erfindung abzuweichen.

Bezugszeichenliste

1	Pulsmessvorrichtung
10	Hauptkörper
15	Pulswellensensoreinheit
16	lichtemittierendes Element
17	lichtempfangendes Element
31	CPU
32	Speichereinheit
33	Körperbewegungssensoreinheit
54	lichtemittierendes Element
56	lichtempfangendes Element

Patentansprüche

1. Pulsmessvorrichtung, die aufweist:
eine Datengewinnungseinheit (CPU 31), die konfiguriert ist, um ein Pulswellensignal, das einen Puls ausdrückt, durch Erfassen einer Pulswelle einer Messtestperson unter Verwendung eines Pulswellensensors (15) zu erhalten;
eine Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit, die konfiguriert ist, um ein Betätigungsintensitätssignal, das eine Intensität (WL_a, WL_b, WL_c) der Betätigung

der Messtestperson ausdrückt, durch die Erfassung der Bewegung in der Messtestperson unter Verwendung eines Körperbewegungssensors (33) zu erhalten;

eine Speichereinheit (32), die konfiguriert ist, um das Pulswellensignal zu speichern;

eine Frequenzumwandlungseinheit, die konfiguriert ist, um ein Frequenzspektrum des Pulswellensignals durch Umwandeln des in der Speichereinheit (32) gespeicherten Zeitdomänen-Pulswellensignals in eine Frequenzdomäne zu ermitteln;

eine Suchbereichfestlegungseinheit, die konfiguriert ist, um einen Suchfrequenzbereich (SR1, SR2_a, SR2_b, SR2_c) zum Suchen nach einer Intensitätsspitze entlang einer Frequenzachse des Frequenzspektrums festzulegen;

eine Spitzenextraktionseinheit, die konfiguriert ist, um eine Intensitätsspitze aus dem Frequenzspektrum in dem festgelegten Suchfrequenzbereich (SR1, SR2_a, SR2_b, SR2_c) zu extrahieren; und

eine Pulsfrequenzberechnungseinheit, die konfiguriert ist, um eine Pulsfrequenz (BPM) der Messtestperson basierend auf einer Frequenz der extrahierten Intensitätsspitze zu ermitteln,

wobei die Suchbereichfestlegungseinheit den Suchfrequenzbereich (SR1, SR2_a, SR2_b, SR2_c) basierend auf einer Betätigungsintensität (WL_a, WL_b, WL_c), die durch das Betätigungsintensitätssignal angezeigt wird, ändert,

wobei die Frequenzumwandlungseinheit, die Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit, die Suchbereichfestlegungseinheit, die Spitzenextraktionseinheit und die Pulsfrequenzberechnungseinheit das vorstehend erwähnte Verfahren mit einem vorgegebenen Zyklus wiederholen; und

die Suchbereichfestlegungseinheit in dem Fall, in dem die Pulsfrequenzberechnungseinheit in einem ersten Zyklus einen ersten Wert als die Pulsfrequenz (BPM) der Messtestperson berechnet hat, einen Wert, der in einem vorgegebenen Verhältnissbereich relativ zu dem ersten Wert vorhanden ist, als den Suchfrequenzbereich (SR1, SR2_a, SR2_b, SR2_c) für einen zweiten Zyklus, der auf den ersten Zyklus folgt, festlegt.

2. Pulsmessvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Suchbereichfestlegungseinheit in dem Fall, in dem eine Betätigungsintensität (WL_a, WL_b, WL_c), die von der Betätigungsintensitätsgewinnungseinheit in einem vierten Zyklus, der auf einen dritten Zyklus folgt, erhalten wird, größer als eine Betätigungsintensität (WL_a, WL_b, WL_c) ist, die in dem dritten Zyklus erhalten wird, einen Frequenzbereich, der in Richtung einer höheren Frequenz als der Suchfrequenzbereich (SR1, SR2_a, SR2_b, SR2_c) für den dritten Zyklus verschoben ist, als den Suchbereich für den vierten Zyklus festlegt.

3. Pulsmessvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Suchbereichfestlegungseinheit den Suchfre-

quenzbereich (SR1, SR2a, SR2b, SR2c) für den vierten Zyklus derart festlegt, dass er den gleichen Spektralraum wie der Suchfrequenzbereich (SR1, SR2a, SR2b, SR2c) für den dritten Zyklus hat.

4. Pulsfrequenzmessverfahren zum Messen einer Pulsfrequenz (BPM) einer Messtestperson, das von einer Pulsmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 ausgeführt wird, wobei das Verfahren aufweist:

- einen Datengewinnungsschritt (S1, S10), um ein Pulswellensignal, das einen Puls der Messtestperson ausdrückt, unter Verwendung eines Pulswellensensors (15) zu erhalten;
- einen Speicherschritt zum Speichern des Pulswellensignals in einer Speichereinheit (32);
- einen Frequenzumwandlungsschritt (S3, S 11) zum Ermitteln eines Frequenzspektrums des Pulswellensignals durch Umwandeln des in der Speichereinheit (32) gespeicherten Zeitdomänen-Pulswellensignals in eine Frequenzdomäne;
- einen Betätigungsintensitätsgewinnungsschritt (S6), um ein Betätigungsintensitätssignal, das eine Intensität (WLa, WLb, WLC) der von der Messtestperson durchgeführten Betätigung ausdrückt, unter Verwendung eines Körperbewegungssensors (33) zu erhalten;
- einen Suchbereichfestlegungsschritt (S5) zum Festlegen eines Suchfrequenzbereichs (SR1, SR2a, SR2b, SR2c) zum Suchen nach einer Intensitätsspitze entlang einer Frequenzachse des Frequenzspektrums;
- einen Spitzenextraktionsschritt (S12) zum Extrahieren einer Intensitätsspitze aus dem Frequenzspektrum in dem festgelegten Suchfrequenzbereich (SR1, SR2a, SR2b, SR2c); und
- einen Pulsfrequenzberechnungsschritt (S12) zum Ermitteln der Pulsfrequenz (BPM) der Messtestperson basierend auf einer Frequenz der extrahierten Intensitätsspitze;
- wobei der Suchbereichfestlegungsschritt (S8, S9) einen Schritt zum Ändern des Suchfrequenzbereichs (SR1, SR2a, SR2b, SR2c) basierend auf einer Betätigungsintensität (WLa, WLb, WLC), die durch das Betätigungsintensitätssignal angezeigt wird, umfasst.

5. Pulsfrequenzmesscomputerprogramm, das fähig ist, zu bewirken, dass ein Computer einer Pulsmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 ausführt:

- einen Datengewinnungsschritt, um ein Pulswellensignal, das einen Puls der Messtestperson ausdrückt, unter Verwendung eines Pulswellensensors (15) zu erhalten;
- einen Speicherschritt zum Speichern des Pulswellensignals in einer Speichereinheit (32);
- einen Frequenzumwandlungsschritt zum Ermitteln eines Frequenzspektrums des Pulswellensignals durch Umwandeln des in der Speichereinheit (32)

gespeicherten Zeitdomänen-Pulswellensignals in eine Frequenzdomäne;

- einen Betätigungsintensitätsgewinnungsschritt, um ein Betätigungsintensitätssignal, das eine Intensität (WLa, WLb, WLC) der von der Messtestperson durchgeführten Betätigung ausdrückt, unter Verwendung eines Körperbewegungssensors (33) zu erhalten;
- einen Suchbereichfestlegungsschritt zum Festlegen eines Suchfrequenzbereichs (SR1, SR2a, SR2b, SR2c) zum Suchen nach einer Intensitätsspitze entlang einer Frequenzachse des Frequenzspektrums;
- einen Spitzenextraktionsschritt zum Extrahieren einer Intensitätsspitze aus dem Frequenzspektrum in dem festgelegten Suchfrequenzbereich (SR1, SR2a, SR2b, SR2c); und
- einen Pulsfrequenzberechnungsschritt zum Ermitteln der Pulsfrequenz (BPM) der Messtestperson basierend auf einer Frequenz der extrahierten Intensitätsspitze;
- wobei der Suchbereichfestlegungsschritt einen Schritt zum Ändern des Suchfrequenzbereichs (SR1, SR2a, SR2b, SR2c) basierend auf einer Betätigungsintensität (WLa, WLb, WLC), die durch das Betätigungsintensitätssignal angezeigt wird, umfasst.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

FIG. 1A

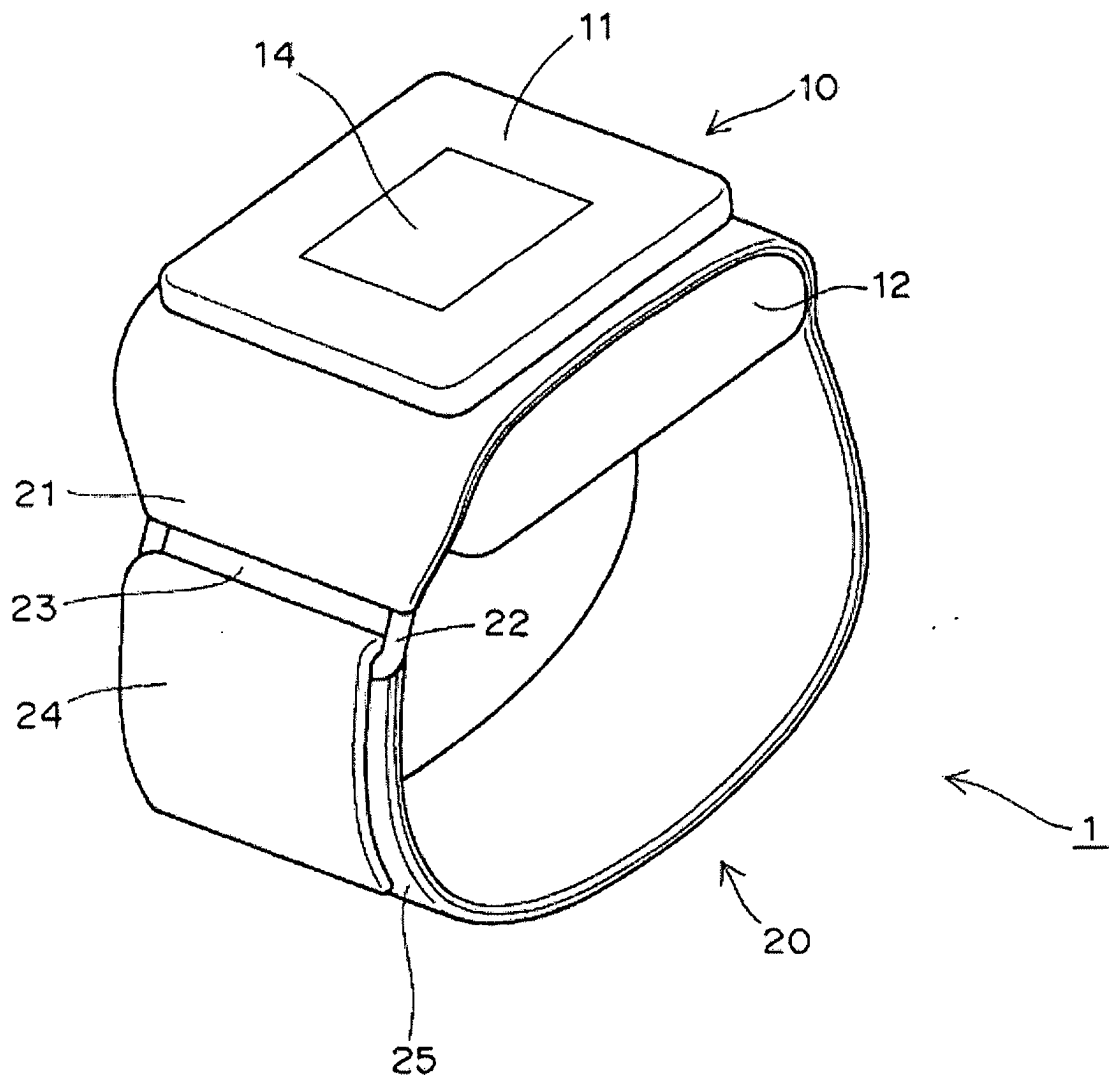


FIG. 1B

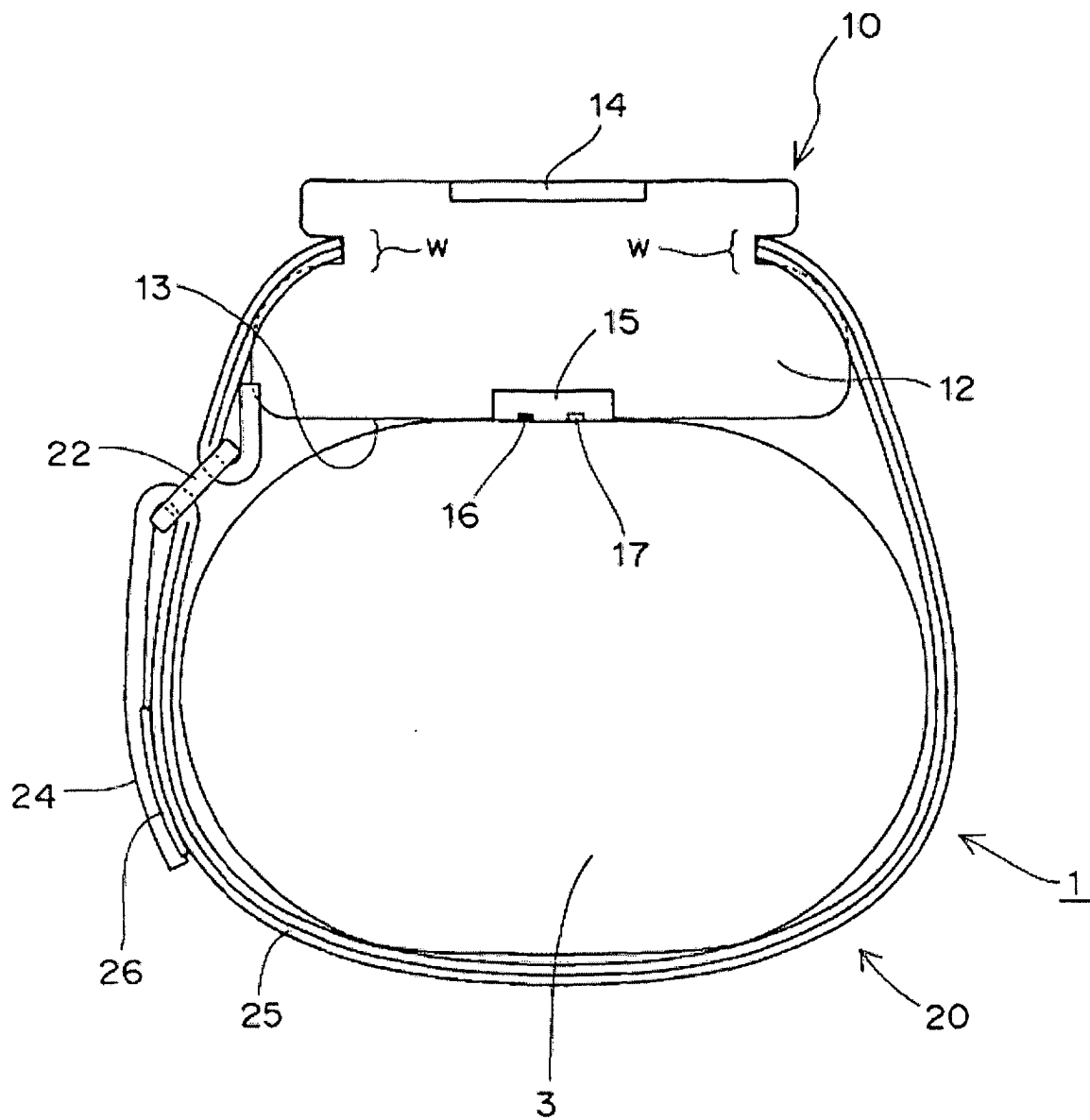


FIG. 2

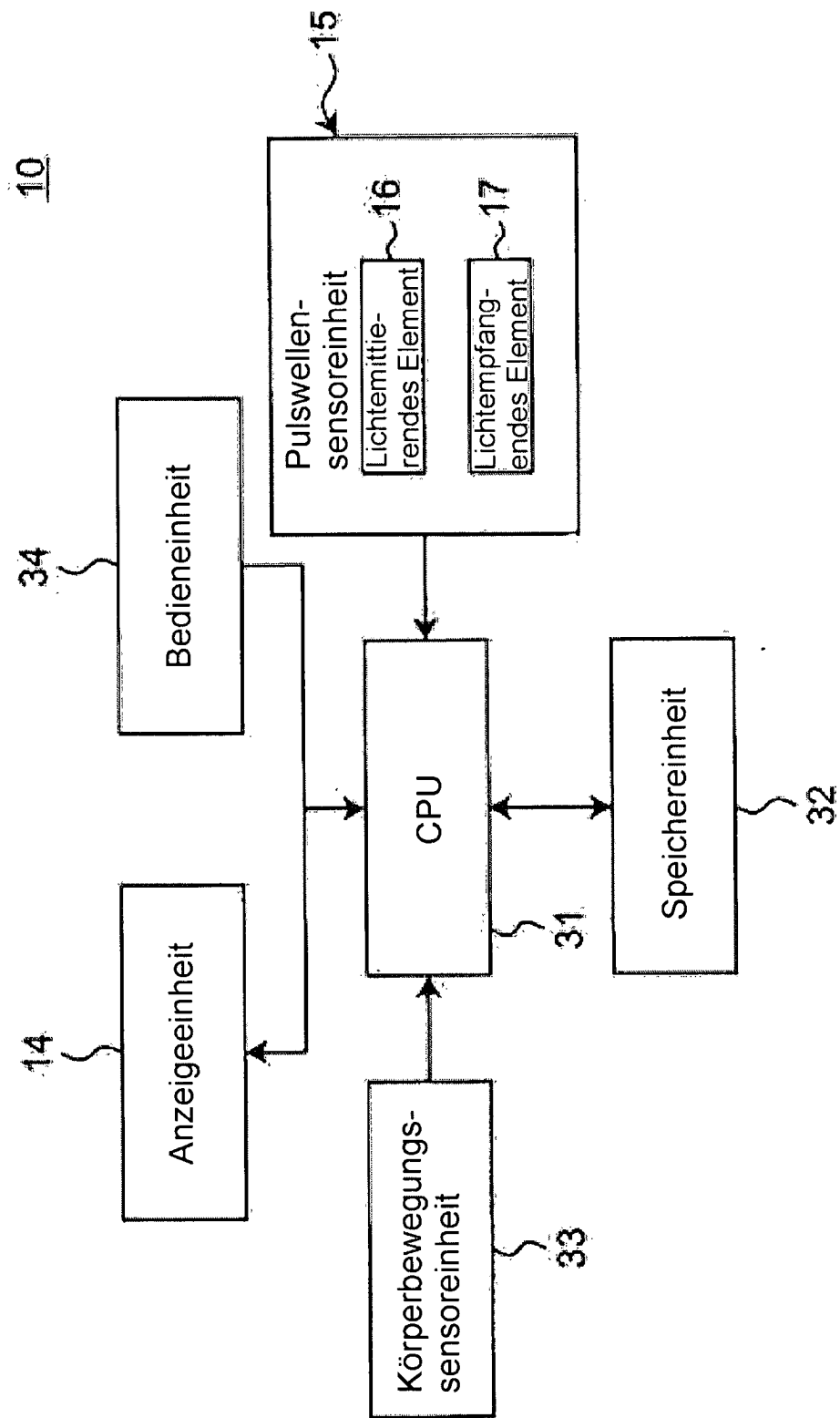


FIG. 3

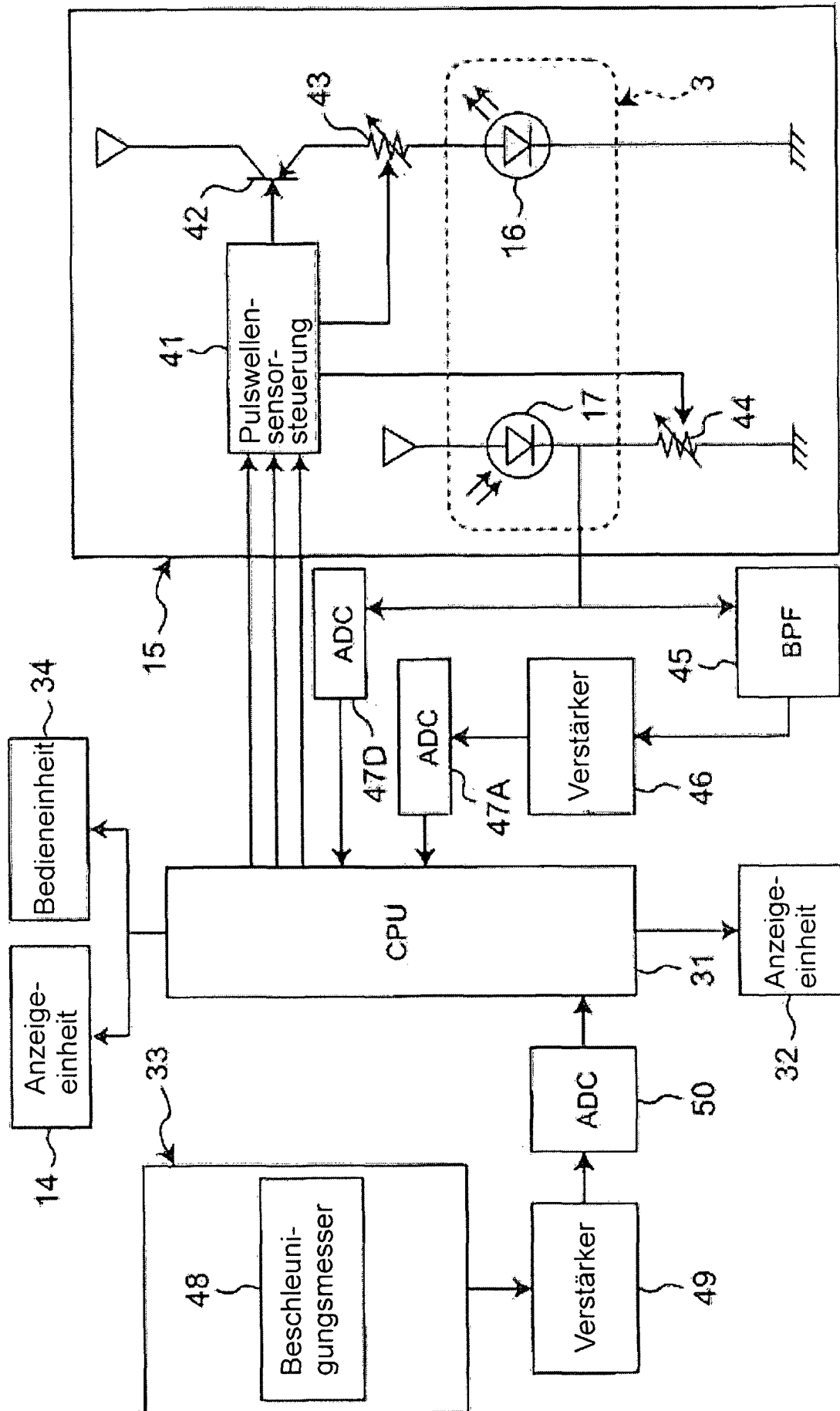


FIG. 4

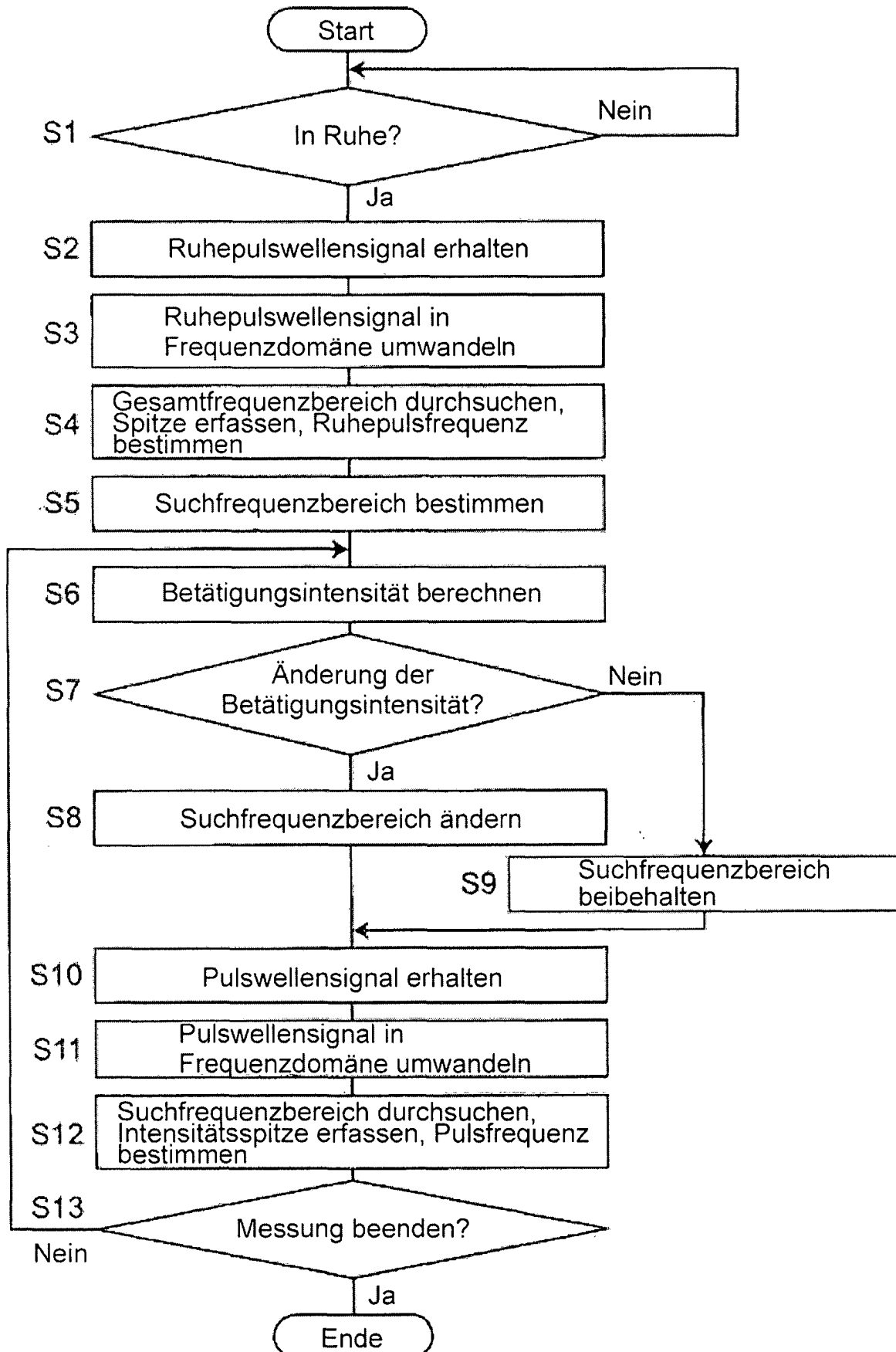


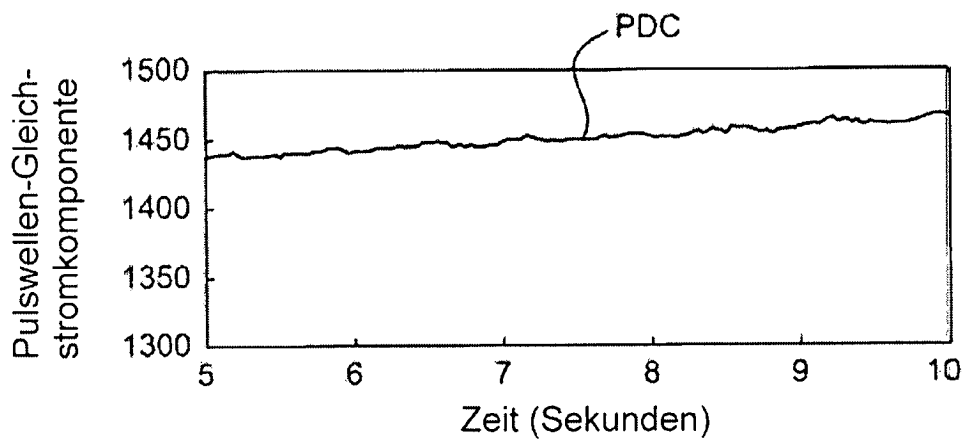
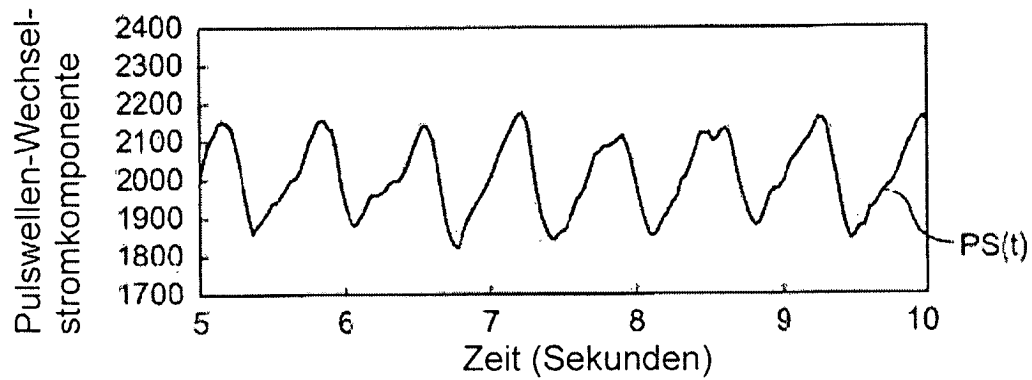
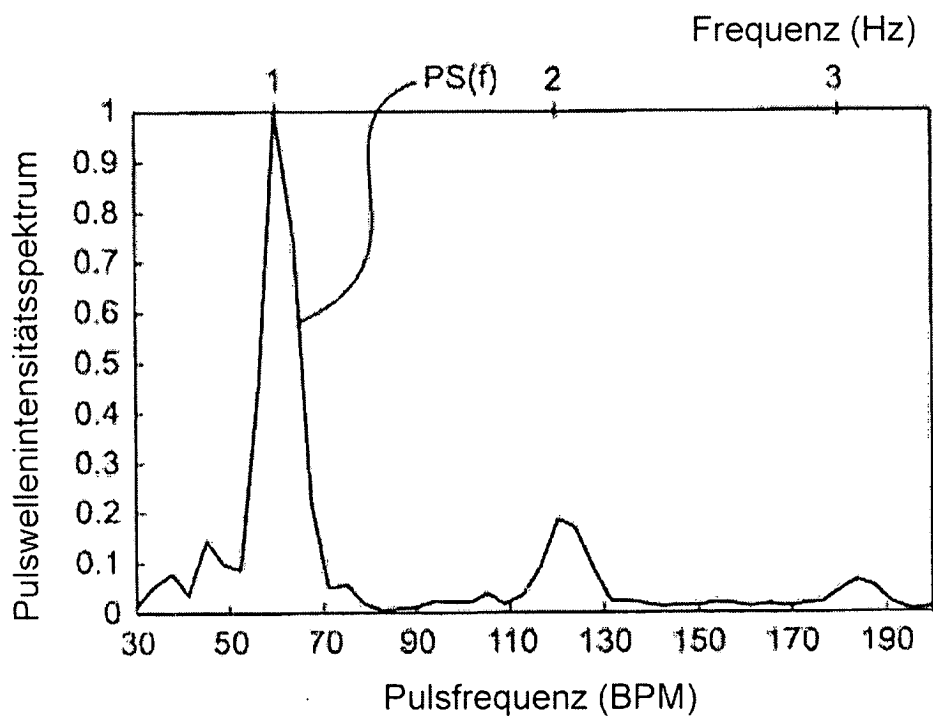
FIG. 5A**FIG. 5B****FIG. 6**

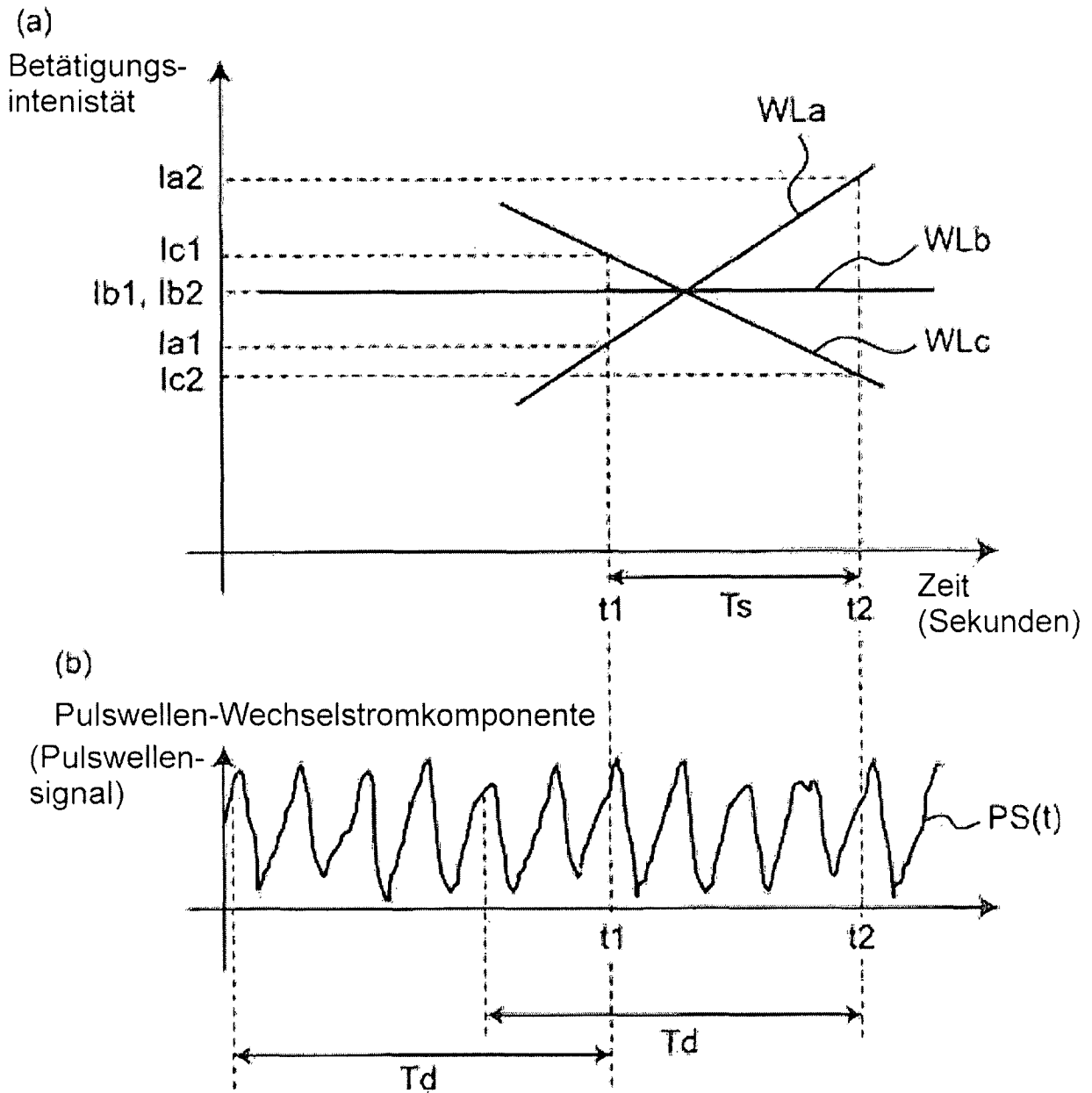
FIG. 7

FIG. 8

