



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A61B 3/00 (2021.01)

(21)(22) Заявка: 2020116119, 29.04.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.04.2020

Дата регистрации:
11.03.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.04.2020

(45) Опубликовано: 11.03.2021 Бюл. № 8

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61, ФГБОУ ВО
"Алтайский государственный университет",
ЦРТПТТУИС

(72) Автор(ы):

Суранов Александр Яковлевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Алтайский государственный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: CN 204410781 U, 24.06.2015. CN
106663183 B, 10.05.2017. CN 106132284 B,
16.11.2016. US 20190179418 A1, 13.06.2019. RU
2332157 C1, 27.08.2008.

(54) Устройство определения зрачковых реакций на визуальный стимул

(57) Реферат:

Изобретение относится к области пупиллометрии, в частности к устройствам для определения зрачковых реакций на визуальный стимул. Устройство содержит защитный конус с точечными источниками визуального стимулирующего воздействия и источниками ИК-подсветки, ИК-чувствительную видеокамеру с объективом и компьютер. При этом в него введены первый и второй линейные поляризаторы, а источники ИК-подсветки отнесены от направления глаза на объектив видеокамеры на угол, лежащий в диапазоне от 50 до 70°. Первый линейный поляризатор установлен на выходе источников

стимулирующего воздействия. Второй линейный поляризатор расположен на входе ИК-чувствительной видеокамеры. Причем линейные поляризаторы сориентированы так, что их оси поляризации являются взаимно перпендикулярными. Устройство позволяет подавить фоновые изображения от источников стимулирующего воздействия и источников ИК-подсветки, что обеспечивает реализацию алгоритмов автоматического выделения границ зрачка на изображении глаза и измерения геометрических параметров глаза в реальном времени. 1 пр., 2 ил.

RU
2 744 548
C1

RU
2 744 548
C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
A61B 3/00 (2021.01)

(21)(22) Application: **2020116119, 29.04.2020**

(24) Effective date for property rights:
29.04.2020

Registration date:
11.03.2021

Priority:

(22) Date of filing: **29.04.2020**

(45) Date of publication: **11.03.2021** Bull. № 8

Mail address:

**656049, g. Barnaul, pr. Lenina, 61, FGBOU VO
"Altajskij gosudarstvennyj universitet",
TSRTPTTUIS**

(72) Inventor(s):

Suranov Aleksandr Yakovlevich (RU)

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Altajskij gosudarstvennyj
universitet" (RU)**

(54) **DEVICE FOR DETERMINING PUPILLARY RESPONSES TO VISUAL STIMULUS**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to pupillometrics, in particular to devices for determining pupillary responses to a visual stimulus. The device comprises a protective cone with point sources of visual stimulating action and IR illumination sources, an IR-sensitive video camera with a lens and a computer. The first and the second linear polarizers are introduced thereto and the infrared illumination sources are assigned from the direction of the eye to the lens of the video camera to an angle ranging from 50 to 70°. The first linear polarizers is installed at the output of sources of

stimulating action. The second linear polarizer is located at the input of an IR-sensitive video camera. The linear polarizers are oriented in such a way that their polarization axes are mutually perpendicular.

EFFECT: device enables suppressing the background images from sources of stimulating action and IR illumination sources, which enables implementing algorithms for automatically selecting pupil boundaries on the eye image and measuring geometric parameters of the eye in real time.

1 cl, 1 ex, 2 dwg

RU
2 744 548
C 1

RU
2 744 548
C 1

Изобретение относится к области пупиллометрии, в частности к устройствам для определения зрачковых реакций на визуальный стимул.

Известны устройства регистрации зрачковых реакций на визуальный стимул, содержащие блок источников ИК-подсветки глаза, ИК-чувствительную телевизионную камеру с объективом, блок подачи визуального стимула и устройство записи изображений зрачка и их последующей обработки [1, 2]. Измерение размеров зрачка производится в абсолютных единицах в цифровой форме в каждом кадре телевизионного изображения.

Известные устройства обладают определенными недостатками, связанными с тем, что как источники ИК-подсветки, так и источники стимулирующего излучения могут отражаться от поверхности глаза и попадать в область зрачка на регистрируемом изображении глаза. Необходимость компенсации таких «фоновых» изображений перечисленных источников требует сложной дополнительной обработки регистрируемого изображения и затрудняет реализацию алгоритмов автоматического выделения границ зрачка на изображении глаза, а также измерения его геометрических параметров в реальном времени.

Из известных технических решений наиболее близким по технической сущности к заявляемому объекту является устройство регистрации зрачковых реакций на визуальный стимул, описанное в работе [3]. Данное устройство состоит из стимулятора зрачка и системы записи его реакции. Стимулятор зрачка выполнен в виде отрезка зачерненного внутри алюминиевого конуса, узкая сторона которого сопрягается с глазом человека, а на широкой размещена печатная плата с источниками ИК-подсветки и стимулирующего излучения белого цвета (светодиодами). В центре печатной платы имеется отверстие, в которое вставляется и закрепляется объектив ИК-чувствительной телевизионной камеры. При этом точечные источники ИК-подсветки и стимулирующего воздействия размещены радиально относительно объектива камеры на небольшом расстоянии от него, вследствие чего их отраженные изображения попадают в область изображения зрачка. Камера вместе с компьютером производит запись реакции зрачка на визуальное стимулирующее воздействие, которое включается компьютером.

В этом устройстве недостатком является то, что точечные источники ИК-подсветки и стимулирующего визуального воздействия отражаются от поверхности глаза и создают ряд «фоновых» пятен на изображении зрачка, которые затрудняют автоматическое выделение его границ и, соответственно, измерение размеров зрачка в реальном времени.

Предложенное решение устраняет паразитное фоновое изображение от точечных источников ИК-подсветки и стимулирующего воздействия в области зрачка глаза.

Сущность изобретения заключается в том, что в состав устройства, предназначенного для определения зрачковых реакций на визуальный стимул и содержащего защитный конус с точечными источниками стимулирующего излучения, установленными на дальнем от глаза краю конуса, ИК-чувствительную видеокамеру с объективом и компьютер, введены два линейных поляризатора и точечные источники ИК-подсветки, установленные на ближнем к глазу краю защитного конуса под углом более 50 градусов относительно направления глаза на объектив.

При этом первый линейный поляризатор кольцевой формы устанавливается на выходе точечных источников стимулирующего излучения, которые, в свою очередь, размещаются на кольцевой печатной плате на одинаковом расстоянии друг от друга. Минимальное количество точечных источников лежит в диапазоне от 2 до 4. Второй линейный поляризатор круговой формы устанавливается перед объективом видеокамеры. При этом линейные поляризаторы ориентируются так, чтобы их оси

поляризации были взаимно перпендикулярными. Точечные источники ИК-подсветки устанавливаются под таким углом относительно направления глаза на объектив, чтобы отраженные от глаза изображения этих источников оказались за пределами изображения зрачка.

5 Паразитное фоновое изображение от источников стимулирующего воздействия подавляется за счет того, что излучение от этих источников после прохождения через первый поляризатор становится линейно поляризованным и не проходит (или существенно ослабляется при прохождении) через второй поляризатор, поскольку их оси поляризации являются взаимно перпендикулярными.

10 Паразитное фоновое изображение от источников ИК-подсветки оказывается за границами изображения зрачка из-за того, что эти источники направляют излучение на поверхность глаза под таким углом, для которого условия отражения выполняются для точек на поверхности глаза, которые находятся за пределами его зрачка.

Изобретение поясняется прилагаемыми чертежами, где на фигуре 1 приведена
15 структурная схема предлагаемого устройства, на фигуре 2 - схема формирования фонового изображения от источников ИК-подсветки, выходящего за границы зрачка.

Основным конструктивным элементом устройства определения зрачковых реакций с подавлением фоновых изображений является защитный конус 1, с широким концом которого оптически сопрягается объектив 2 ИК-чувствительной видеокамеры 3, а с
20 узким концом - глаз человека. ИК-чувствительная видеокамера 3 подключена к компьютеру 4.

На дальнем от глаза конце защитного конуса 1 на кольцевой печатной плате 5 вокруг объектива 2 на одинаковом расстоянии друг от друга установлены точечные источники стимулирующего воздействия 6, направленные в сторону глаза. На ближнем к глазу
25 конце защитного конуса 1 в его внутренней части на кольцевой печатной плате с одинаковым шагом установлены точечные источники ИК-подсветки 7, направленные в сторону зрачка глаза. Из-за близости источников 7 к глазу угол падения их лучей на поверхность глаза является достаточно большим. Дополнительными элементами устройства являются первый и второй линейные поляризаторы, обозначенные цифрами
30 8 и 9 соответственно.

Устройство работает следующим образом.

Источники ИК-подсветки 7 обеспечивают равномерное освещение глаза человека инфракрасным излучением низкой интенсивности, которое позволяет ИК-чувствительной видеокамере 3 регистрировать изображение глаза с помощью объектива
35 2. Освещение глаза ИК излучением не вызывает какой-либо реакции зрачка, поскольку это излучение невидимо для человека. При этом каждый излучатель ориентирован так, что максимум яркости его отраженного излучения приходится на область, находящуюся вблизи внешней граница радужной оболочки со стороны излучателя. При таком условии обеспечивается максимальный контраст изображения зрачка, поскольку радужная
40 оболочка выглядит светлой практически независимо от ее цвета в видимой области, а зрачок выглядит темным из-за того, что, во-первых, падающие на него лучи отражаются под большим углом и не попадают в объектив камеры, и, во-вторых, эти лучи ИК диапазона сильно поглощаются в самом зрачке.

Схема формирования фонового изображения от источников ИК-подсветки, выходящего за границы зрачка, приведена на фигуре 2, где 10 - глазное яблоко, 11 - радужная оболочка, 12 - точечные источники ИК-подсветки, 13 - объектив. Данная схема позволяет рассчитать угол наклона источников ИК-подсветки относительно направления глаза на объектив.

Пример. В качестве исходных данных для расчета можно принять следующие: диаметр глазного яблока $D=24$ мм [4], диаметр зрачка d изменяется в диапазоне от 2 до 8 мм, в нормальных условиях $d=3,2$ мм [5], диаметр радужной оболочки - 12 мм, расстояние от глаза до объектива - 150 мм. Если принять, что точка отражения лучей точечного источника ИК-подсветки должна находиться вблизи внешней границы радужной оболочки глаза, например, на расстоянии $l=5$ мм от центра зрачка, и пренебречь углом, под которым эта точка будет видна объективом 13 (порядка 2 градусов), то можно считать, что угол наклона излучателя относительно направления глаза на объектив будет равен приблизительно удвоенному значению угла α_1 , под которым точка отражения видна из центра глазного яблока.

В свою очередь, величина этого угла может быть определена по формуле

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{2l}{D}$$

Подстановка приведенных выше числовых значений в эту формулу дает угол 25 градусов. Таким образом, угол наклона излучателей относительно направления глаза на объектив должен быть больше 50 градусов. Максимальное значение этого угла зависит от снижения уровня отраженного излучения и влияния таких элементов глаза, как веки, и приблизительно может быть установлено на уровне 70 градусов.

Необходимо отметить, что поляризатор камеры будет ослаблять яркость изображения глаза как минимум в два раза из-за того, что подсвечивающее его ИК-излучение является неполяризованным, однако данное ослабление может быть скомпенсировано увеличением тока через источники ИК подсветки.

Повышение контраста и устранение фоновых изображений от источников ИК-подсветки и стимулирующего воздействия позволяет применять более простые и надежные алгоритмы бинаризации изображения зрачка и измерения его параметров в процессе определения зрачковых реакций. Указанные алгоритмы реализуются в компьютере 4, куда зарегистрированное изображение глаза передается из видеокамеры 3.

При регистрации зрачковых реакций на визуальный стимул компьютер 4 подает питание на источники стимулирующего воздействия 6 и регистрирует последовательность изображений зрачка, несущую информацию о характеристиках зрачковых реакций.

При этом неполяризованное стимулирующее излучение проходит через первый линейный поляризатор 8 кольцевой формы и становится линейно поляризованным. После отражения от глаза человека оно проходит через второй линейный поляризатор 9 круговой формы и через объектив 2 попадает на вход видеокамеры 3, где создает фоновое изображение источников стимулирующего воздействия. Однако вследствие того, что оси поляризации линейных поляризаторов 8 и 9 являются взаимно перпендикулярными, указанное фоновое изображение имеет существенно более низкий уровень по сравнению с аналогичным изображением в прототипе.

Перечисленные признаки обеспечивают достижение поставленной цели, а именно подавление фоновых изображений от источников стимулирующего воздействия и источников ИК-подсветки.

Перечень источников

1. Larson M.D., Behrends M. Portable Infrared Pupillometry: A Review. June 2015. Vol. 120, №6, P. 1242-1253.

2. Martinez-Ricarte F, et al. Infrared pupillometry. Basic principles and their application in the non-invasive monitoring of neurocritical patients. Neurologia. 2013; 28: 41-51.

3. Ferrari G.L. et al. Using dynamic pupillometry as a simple screening tool to detect autonomic neuropathy in patients with diabetes: a pilot study. BioMedical Engineering OnLine. 2010, 9:26.

4. Строение и свойства глаза [Электронный ресурс] <http://mhlife.ru/prevention/hygiene/eyes.html> свободный. - яз. русский.

5. Заказное Н.П. и др. Теория оптических систем: Учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов / Н.П. Заказнов, С.И. Кирюшин, В.Н. Кузичев. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1992. - 448 с.

(57) Формула изобретения

- 10 Устройство определения зрачковых реакций на визуальный стимул, содержащее защитный конус с точечными источниками визуального стимулирующего воздействия и источниками ИК-подсветки, ИК-чувствительную видеокамеру с объективом и компьютер, отличающееся тем, что в него введены первый и второй линейные поляризаторы, а источники ИК-подсветки отнесены от направления глаза на объектив
- 15 видеокамеры на угол, лежащий в диапазоне от 50 до 70°, при этом первый линейный поляризатор устанавливается на выходе источников стимулирующего воздействия, а второй линейный поляризатор - на входе ИК-чувствительной видеокамеры, причем линейные поляризаторы ориентируются так, что их оси поляризации являются взаимно перпендикулярными.

20

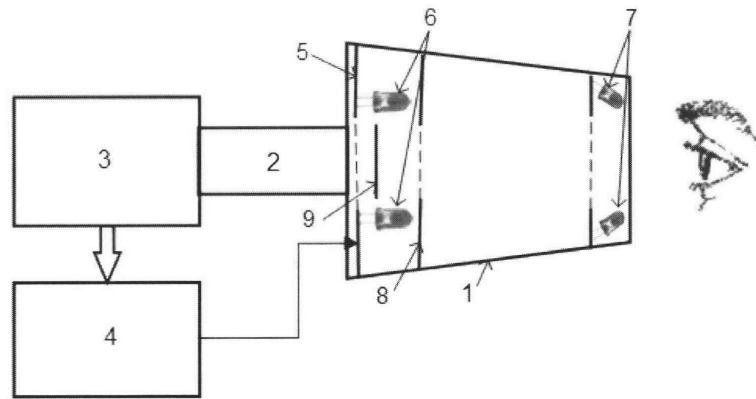
25

30

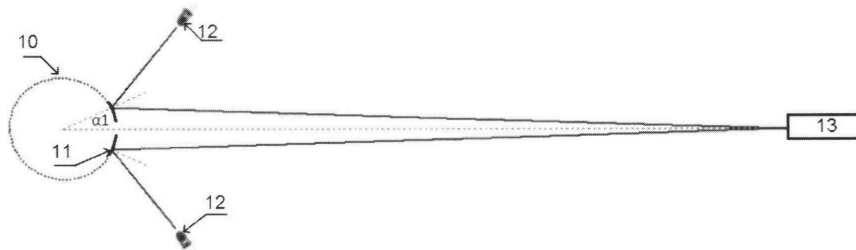
35

40

45



Фиг. 1 Структурная схема предлагаемого устройства.



Фиг. 2 Схема формирования фонового изображения от источников ИК-подсветки, выходящего за границы зрачка.