

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2646419

Электрический сенсор на пары гидразина

Патентообладатель: *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (Университет ИТМО) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2016149975

Приоритет изобретения 19 декабря 2016 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 05 марта 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 19 декабря 2036 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01N 27/127 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016149975, 19.12.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.12.2016

Дата регистрации:
05.03.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.12.2016

(45) Опубликовано: 05.03.2018 Бюл. № 7

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49,
Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):

Баранов Александр Васильевич (RU),
Громова Юлия Александровна (RU),
Дубовик Алексей Юрьевич (RU),
Колесова Екатерина Петровна (RU),
Маслов Владимир Григорьевич (RU),
Мирополец Максим Андреевич (RU),
Орлова Анна Олеговна (RU),
Резник Иван Алексеевич (RU),
Фёдоров Анатолий Валентинович (RU),
Черевков Сергей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных технологий,
механики и оптики" (Университет ИТМО)
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2522735 C9, 20.11.2014. RU
2034284 C1, 30.04.1995. RU 2478942 C2,
10.04.2013. CN 202119746 U, 18.01.2012. CN
106082181 A, 09.11.2016.

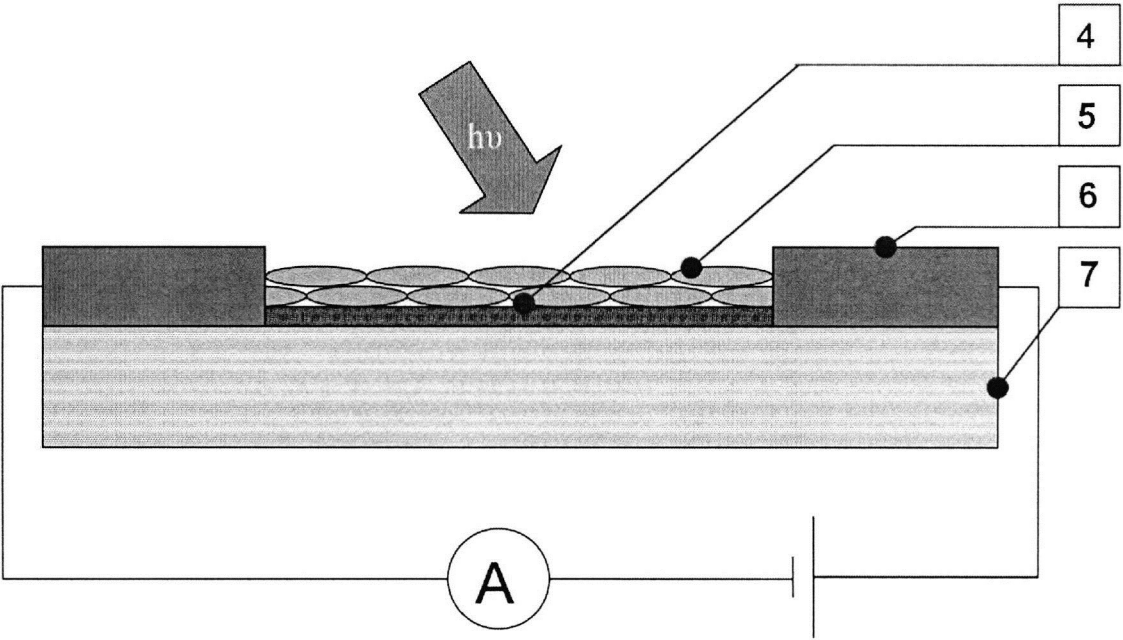
(54) Электрический сенсор на пары гидразина

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам и материалам для обнаружения и определения концентрации паров гидразина в атмосфере или пробе воздуха (химическим сенсорам) и может быть использовано в медицине, биологии, экологии и различных отраслях промышленности. Электрический сенсор на пары гидразина содержит диэлектрическую подложку, на которой расположены электроды и чувствительный слой, меняющий фотопроводимость в результате адсорбции паров гидразина, состоящий из структуры графен-полупроводниковые

нанокристаллы в виде квантовых точек, фотопроводимость которой уменьшается при адсорбции молекул гидразина на поверхность полупроводниковых нанокристаллов пропорционально концентрации паров гидразина в пробе, при этом полупроводниковые нанокристаллы выполнены в виде полупроводниковых нанопластинок в развернутом состоянии. Технический результат – снижение порога чувствительности, расширение динамического диапазона определения концентрации паров гидразина и увеличение

срока службы сенсора. 10 ил.



Фиг. 6

RU 2646419 C1

RU 2646419 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 27/127 (2006.01)

(21)(22) Application: **2016149975, 19.12.2016**

(24) Effective date for property rights:
19.12.2016

Registration date:
05.03.2018

Priority:

(22) Date of filing: **19.12.2016**

(45) Date of publication: **05.03.2018** Bull. № 7

Mail address:

**197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,
Universitet ITMO, OIS i NTI**

(72) Inventor(s):

**Baranov Aleksandr Vasilevich (RU),
Gromova Yuliya Aleksandrovna (RU),
Dubovik Aleksej Yurevich (RU),
Kolesova Ekaterina Petrovna (RU),
Maslov Vladimir Grigorevich (RU),
Miropoltsev Maksim Andreevich (RU),
Orlova Anna Olegovna (RU),
Reznik Ivan Alekseevich (RU),
Fedorov Anatolij Valentinovich (RU),
Cherevkov Sergej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij natsionalnyj
issledovatel'skij universitet informacionnykh
tekhnologij, mekhaniki i optiki" (Universitet
ITMO) (RU)**

(54) **ELECTRIC SENSOR FOR VAPORS OF HYDRAZINE**

(57) Abstract:

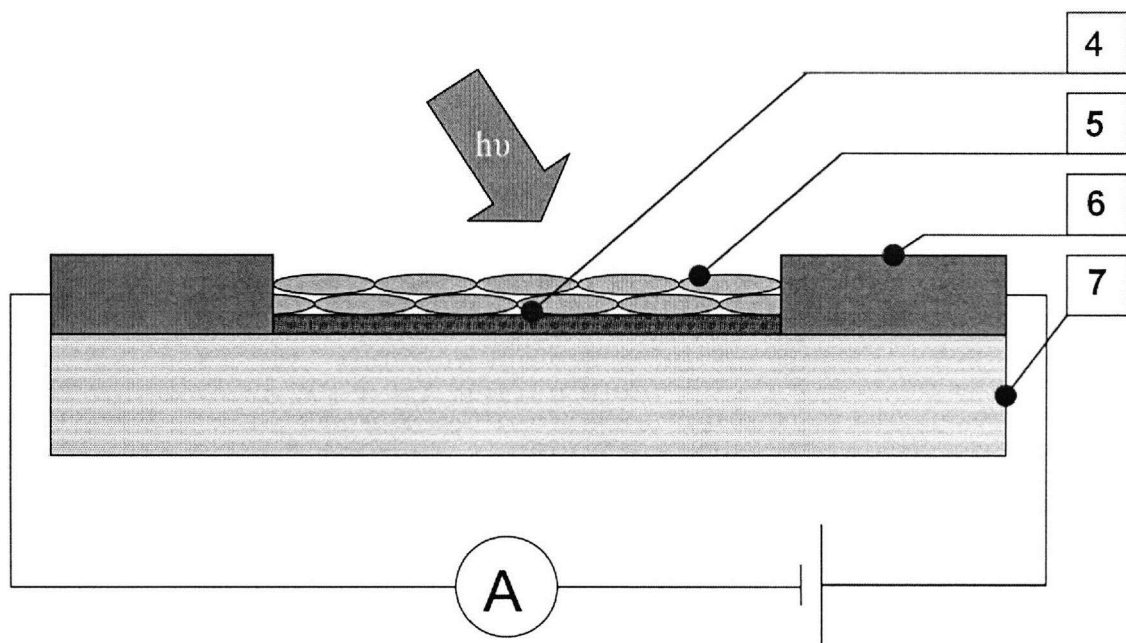
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: electric sensor for vapours of hydrazine contains dielectric substrate on which the electrodes and the sensitive layer are located, which changes the photoconductivity as a result of the adsorption of hydrazine vapours, consisting of a graphene-semiconductor nanocrystal structure in the form of quantum dots, whose photoconductivity decreases upon adsorption of hydrazine molecules on

the surface of semiconductor nanocrystals in proportion to the concentration of hydrazine vapor in the sample. Semiconductor nanocrystals are made in the form of semiconductor nanoplatelets in the unfolded state.

EFFECT: lowering the sensitivity threshold, expanding the dynamic range of determining the concentration of hydrazine vapor and increasing the life of the sensor.

10 dwg



Фиг. 6

RU 2 6 4 6 4 1 9 C 1

RU 2 6 4 6 4 1 9 C 1

Изобретение относится к устройствам и материалам для обнаружения и определения концентрации паров гидразина в атмосфере или пробе воздуха (химическим сенсорам) и может быть использовано в медицине, биологии, экологии и различных отраслях промышленности.

5 Известен сенсор для детектирования в воздухе азотосодержащих соединений (молекул гидразина, аммиака, пиридина и подобных им) «Обратимый оптический волноводный газовый сенсор» (Патент США № US 4,513,087, заявка 462,493, дата публикации 23.04.1985, дата приоритета 31.01.1983), принцип работы которого основан на изменении
10 цвета красителя при взаимодействии с парами аналита. Краситель расположен в тонком капилляре, по которому распространяется монохроматический свет. В присутствии аналита происходит обратимая химическая реакция в результате, который изменяется спектр поглощения красителя и, соответственно, изменяется степень поглощения красителем света в волноводе. Регистрация интенсивности света на выходе из волновода позволяет судить о наличии аналита в воздухе и о его концентрации. К общим
15 недостаткам колориметрических сенсоров можно отнести низкую чувствительность ($0,02 \text{ мг/м}^3 = 0,02 \text{ млн}^{-1}$ при предельно допустимой концентрации гидразина 10 млрд^{-1}), невозможность количественной дистанционной оценки концентрации гидразина в парах, краткий срок службы, обусловленный расходом реагентов чувствительного слоя.

Известен хеморезистивный сенсор на пары аммиака и гидразина «Изготовление
20 проводящих пленок и использование их в качестве газового сенсора» (Европейский патент №0411793A2, заявка 9030795.9, дата публикации 06.03.1991, дата приоритета 20.07.1990). В данном патенте показано, что проводимость пленок полипиролла, сформированных путем погружения непроводящей подложки в коллоидный раствор полипиролла образованного в результате окисления пиролла хлоридом железа,
25 обратимо изменяется в присутствии гидразина и аммония. Несмотря на высокую чувствительность, данный сенсор обладает инерционностью отклика (порядка 1 минуты) и крайне чувствителен к наличию паров воды в атмосфере.

Известен хеморезистивный сенсор для детектирования гидразина «Химический
30 сенсор на гидразин» (Патент США № US 8,105,539 B2, заявка 11/842,281, дата публикации 31.01.2012, дата приоритета 21.08.2007). Принцип работы данного сенсора основан на уменьшении сопротивления активного слоя при взаимодействии его с парами гидразина в результате химического восстановления из тетрахлоурата (III) калия металлического золота. Помимо изменения электрического отклика устройства
35 формирование микрочастиц золота приводит к изменению цвета активного элемента с желтого на черный. Основным недостатком данного сенсора является необратимость химической реакции, которая приводит к невозможности повторного использования сенсора.

Известен электрохимический сенсор на пары гидразина «Электрохимический газовый
40 сенсор» (Европейский патент №0190566 A2, заявка 86100340.8, дата публикации 13.08.1986, дата приоритета 13.01.1986), в котором детекция гидразина в электрохимической ячейке происходит по изменению силы тока между зондом и электродом сравнения за счет электрохимической реакции на поверхности зонда. Данный сенсор также обладает высокой инерционностью отклика и относительно
45 большим временем релаксации после удаления из пробы паров гидразина (порядка 1-2 минут). При этом нижняя температура работы сенсоров такого типа ограничена температурой замерзания электролита.

Наиболее близок к заявляемому изобретению и принят в качестве прототипа «Электрический сенсор на пары гидразина» (Патент РФ №2522735, МПК G01N 27/12,

дата публикации 21.05.2014, дата приоритета 26.11.2012). Активным элементом прототипа является многослойная гибридная структура на основе графена и коллоидных полупроводниковых нанокристаллов, выполненных в виде квантовых точек (КТ), расположенная на диэлектрической подложке между двух электродов. В структуре графен-КТ под действием света, который способен эффективно поглощать КТ, наблюдается увеличение проводимости за счет фотоиндуцированного переноса заряда от КТ к графену (Gromova Y.A., Alaferdov A.V., Rackauskas S., Ermakov V.A., Maslov V.G., Moshkalev S.A., Baranov A.V., Fedorov A.V. Photoinduced electrical response in quantum dots/graphene hybrid structure// JAP, 118 (10), 104305 (1-6) (2015) и G. Konstantatos, M. Badioli, L. Gaudreau, J. Osmond, M. Bernechea, F. Pelayo, G. de Arquer, F. Gatti & Frank H. L. Koppens. Hybrid graphene-quantum dot phototransistors with ultrahigh gain // Nature Nanotechnology, 7, 363-368 (2012)). Принцип действия прототипа основан на уменьшении фотопроводимости структуры графен-КТ в присутствии паров гидразина в результате сорбции молекул гидразина на поверхность КТ. Сорбция молекул гидразина на поверхность КТ сопровождается появлением дополнительного канала релаксации фотовозбуждения в КТ, который эффективно конкурирует с переносом заряда между КТ и графеном. Это приводит к уменьшению эффективности переноса заряда от КТ к графену и, как результат, к уменьшению проводимости структуры графен-КТ. Порог чувствительности и динамический диапазон определения концентрации паров гидразина в прототипе зависят от относительной площади контакта между слоями графена и КТ, которая выражается в процентах от общей площади слоя графена.

В прототипе слои КТ на поверхность графена наносились методом центрифугирования ("spin-coating"). В работе (Kolesova E.P. et al. Aggregation of quantum dots in hybrid structures based on TiO₂ nanoparticles // Proceedings of SPIE, 9884, pp. 988431 (1-10) (2016)) было продемонстрировано, что при данном методе формирования сухих слоев коллоидных квантовых точек наблюдается ярко выраженная неравномерность поверхностной концентрации КТ, которая обусловлена агрегацией КТ в процессе формирования сухих слоев. Это обстоятельство неизбежно приводит к уменьшению относительной площади контакта между слоями графена и КТ и, как результат, приводит к увеличению порога обнаружения паров гидразина. Также было установлено, что наличие агрегатов КТ в сухих слоях, сформированных методом центрифугирования, обуславливает увеличение скорости фотоиндуцированной деградации оптических свойств КТ, которая приводит к уменьшению фотопроводимости структуры графен-КТ [Reznik I.A. et al. Influence of the QD luminescence quantum yield on photocurrent in QD / graphene hybrid structures // Proceedings of SPIE, 9884, pp.98843A (1-8) (2016)) и, как результат к уменьшению чувствительности сенсора и к сокращению срока службы сенсора. Таким образом, использование в качестве активного элемента гибридной структуры графен-КТ, сформированной в результате нанесения методом центрифугирования слоев КТ на слои графена, ограничивает порог чувствительности и срок службы прототипа.

Решается задача снижения порога чувствительности, расширения динамического диапазона определения концентрации паров гидразина и увеличения срока службы сенсора.

Сущность предполагаемого изобретения заключается в том, что электрический сенсор на пары гидразина содержит диэлектрическую подложку, на которой расположены электроды и чувствительный слой, меняющий фотопроводимость в результате адсорбции паров гидразина. При этом в качестве активного элемента используется гибридная структура, состоящая из графена и полупроводниковых

квантовых нанопластинок в развернутом состоянии. Толщина данных нанокристаллов составляет единицы нанометров, что обуславливает наличие квантово размерных эффектов в нанопластинках, а латеральные размеры пластинок составляют десятки нанометров. Квантование электронной подсистемы в нанопластинках приводит к тому, что времена жизни экситона в данных нанокристаллах имеют близкие значения с временами жизни экситона в полупроводниковых квантовых точках, что позволяет реализовать эффективный перенос заряда между нанопластинками и графеном. Переход от сферических нанокристаллов (КТ), диаметр которых варьируется от 2 до 6 нм, к нанопластинам с латеральными размерами в десятки нанометров позволяет существенно увеличить площадь контакта между одиночным нанокристаллом и графеном, а также значительно увеличить площадь контакта поверхности нанокристалла с парами гидразина. Проведенные недавно исследования (Kolesova E.P. et al. Aggregation of quantum dots in hybrid structures based on TiO₂ nanoparticles // Proceedings of SPIE, 9884, pp. 988431 (1-10) (2016)) показали, что применение модифицированного метода Ленгмюра-Блоджетт для формирования сухих слоев коллоидных нанокристаллов позволяет минимизировать агрегацию нанокристаллов по сравнению со слоями, сформированными методом центрифугирования, и ингибировать фотоиндуцированную деградацию оптических свойств нанокристаллов в сухих слоях. Исследование слоев квантовых нанопластинок, нанесенных модифицированным методом Ленгмюра-Блоджетт на диэлектрические подложки, показало, что применение данного метода позволяет формировать образцы, в которых нанопластинки находятся в развернутом состоянии. Поэтому, при формировании активного элемента в предполагаемом изобретении при нанесении слоев нанопластинок на слои графена применялся модифицированный метод Ленгмюра-Блоджетт, что позволяет сформировать однородные слои нанопластинок в развернутом состоянии на поверхности графена и, как результат, увеличить чувствительность и срок службы сенсора. Использование нанопластинок в развернутом состоянии в составе предполагаемого изобретения позволяет существенно увеличить площадь поверхности одиночного нанокристалла по сравнению с полупроводниковыми квантовыми точками, что приводит к увеличению максимального числа молекул гидразина, способных сорбироваться на одиночный нанокристалл, и, как результат, увеличивает динамический диапазон определения концентрации паров гидразина в пробе.

Предполагаемый сенсор для детектирования паров гидразина имеет следующие преимущества:

1. Более высокая чувствительность определения паров гидразина. Данное преимущество обеспечивается за счет увеличения площади контакта нанокристалла с поверхностью графена, в результате которого увеличивается фотопроводимость структуры графен - полупроводниковые нанопластинки в развернутом состоянии по сравнению со структурой графен-КТ, и уменьшением агрегации нанокристаллов в результате изменения метода формирования структуры графен - полупроводниковые нанопластинки.

2. Увеличенный динамический диапазон определения концентрации паров гидразина в пробе. Данное преимущество достигается за счет увеличения максимального числа молекул гидразина, способных сорбироваться на поверхность отдельного нанокристалла и полностью ингибировать перенос заряда от нанопластинок к графену.

3. Увеличенный срок эксплуатации сенсора. Данное преимущество достигается использованием модифицированного метода Ленгмюра-Блоджетт для формирования активного элемента сенсора, который позволяет минимизировать агрегацию нанокристаллов в сухих слоях и ингибировать фотоиндуцированную деградацию их

оптических свойств.

Сущность предполагаемого изобретения поясняется на фиг. 1-10, на которых представлены:

Фиг. 1. Спектры поглощения (1) и люминесценции (2) коллоидных растворов CdSe нанопластинок в гексане;

Фиг. 2. Изображение, полученное на сканирующем электронном микроскопе CdSe нанопластинок, нанесенных на подложку методом центрифугирования;

Фиг. 3. Спектры поглощения (1) и кругового дихроизма (3) коллоидного раствора CdSe нанопластинок в гексане;

Фиг. 4. Изображение, полученное на сканирующем электронном микроскопе CdSe нанопластинок, нанесенных на подложку модифицированным методом Ленгмюра-Блоджетт;

Фиг. 5. Люминесцентные изображения и спектры люминесценции CdSe нанопластинок, нанесенных на подложку модифицированным методом Ленгмюра-Блоджетт, зарегистрированные на люминесцентном конфокальном микроскопе. Спектры люминесценции регистрировались с выделенных кругами участков;

Фиг. 6. Схема регистрации тока, протекающего через сенсор: 4 - слой CdSe нанопластинок; 5 - слой графена; 6 - титановые контакты; 7 - подложка SiO₂; стрелкой показано внешнее облучение светодиода мощностью 50 мВт, с максимумом излучения на длине волны 450 нм, периодически подающееся на сенсор;

Фиг. 7. Зависимость фотопроводимости сенсора от внешнего освещения светодиодом мощностью 50 мВт с максимумом излучения на длине волны 450 нм. Заштрихованные области соответствуют периодам освещения сенсора светодиодом;

Фиг. 8. Схематичное изображение установки для контролируемой подачи/откачивания паров гидразина: 8 - насос для продувки установки воздухом для удаления паров гидразина; 9 - герметичные пробки; 10 - вентиль для регуляции концентрации паров гидразина; 11 - герметичная пробка с клапаном для подачи воздуха от насоса 8; 12 - герметичная пробка с впаянными контактами для подключения сенсора к микроамперметру; 13 - соединительные шланги; 14 - водный раствор гидразина; 15 - камера, в которую помещается емкость с раствором гидразина; 16 - камера, в которую помещается сенсор; 17 - источник внешнего облучения сенсора; 18 - сенсор; 19 - держатель сенсора с микрозажимами;

Фиг. 9. Зависимость проводимости сенсора от концентрации паров гидразина в пробе. На вставке приведен начальный участок кривой в увеличенном масштабе. I_T - темновая проводимость сенсора;

Фиг. 10. Зависимость фотопроводимости сенсора от времени облучения сенсора светодиодом 450 нм (мощность 50 мВт), слой CdSe нанопластинок наносился модифицированным методом Ленгмюра-Блоджетт (20) и методом центрифугирования (21).

Для демонстрации работоспособности предполагаемого сенсора на титановых электродах была сформирована гибридная многослойная структура графен - полупроводниковые нанопластинки в развернутом состоянии. Нанопластинки селенида кадмия были синтезированы согласно методике, описанной в работе (Cécile Bouet et al. Two-Dimensional Growth of CdSe Nanocrystals, from Nanoplatelets to Nanosheets // Chemistry of Materials, 25 (4), 639-645 (2013)). На Фиг. 1 приведены спектры поглощения и люминесценции коллоидного раствора CdSe нанопластинок в гексане. Положение экситонной полосы поглощения (~460 нм) свидетельствует о наличии эффекта

размерного квантования у данных нанокристаллов. При этом в спектре люминесценции наблюдается узкая полоса экситонной люминесценции нанопластинок с максимумом на 464 нм. Исследование кинетики затухания люминесценции нанопластинок в гексане показало, что затухание люминесценции образцов аппроксимируется

5 биэкспоненциальной зависимостью с временами 14 нс и 1 нс, которые характерны для квантовых нанокристаллов CdSe.

Было установлено, что в силу больших латеральных размеров (десятки нанометров) нанопластинки могут находиться в свернутом состоянии, что подтверждается данными электронной микроскопии, представленными на Фиг. 2 и наличием полос в спектре
10 кругового дихроизма в области экситонных переходов нанопластинок, приведенных на Фиг. 3. Присутствие полос в спектре кругового дихроизма нанопластинок свидетельствует о наличии собственной хиральности нанопластинок CdSe, природа которой аналогична природе хиральности углеродных нанотрубок, т.е. собственная хиральность CdSe нанопластинок возникает в результате их скручивания.

15 Очевидно, что для обеспечения максимальной площади контакта поверхности нанопластинок с графеном и максимальной доступности поверхности нанопластинок молекулам аналита, в данном случае, паров гидразина, в составе гибридной структуры нанопластинки должны находиться в развернутом состоянии. Было установлено, что формирование сухих слоев нанопластинок на диэлектрических подложках и на слоях
20 графена с применением модифицированного метода Ленгмюра-Блоджетт (Roberts, Gareth, ed., "Langmuir-blodgett films," Springer Science & Business Media, (2013)) приводит к разворачиванию нанопластинок, что подтверждается данными электронной микроскопии, приведенными на Фиг. 4 и хорошо согласуется с исчезновением полос в спектре кругового дихроизма нанопластинок.

25 На Фиг. 5 представлены люминесцентные изображения и спектр люминесценции сухих слоев нанопластинок CdSe, сформированных на графене. Было установлено, что спектры люминесценции сухих слоев CdSe нанопластинок соответствуют спектрам люминесценции данных нанопластинок в гексане. Это свидетельствует о возможности использовать данных нанопластинок для фотосенсибилизации проводимости слоев
30 графена в предполагаемом сенсоре.

На основании полученных результатов формирование гибридной структуры графен - полупроводниковые нанопластинки проводилось с использованием модифицированного метода Ленгмюра-Блоджетт в результате последовательного нанесения на титановые электроды слоев графена и нанопластинок. Затем сенсор
35 подключался к электрической цепи в соответствии со схемой, представленной на Фиг. 6. Освещение сенсора светом с длиной волны 405 нм, который эффективно поглощается нанопластинками, приводило к резкому увеличению проводимости гибридной структуры графен - полупроводниковые нанопластинки, что продемонстрировано на Фиг. 7. Согласно (G. Konstantatos, M. Badioli, L. Gaudreau, J. Osmond, M. Bernechea, F. Pelayo, G.
40 de Arquer, F. Gatti & Frank H.L. Koppens. Hybrid graphene-quantum dot phototransistors with ultrahigh gain // Nature Nanotechnology, 7, 363-368 (2012)) фотосенсибилизация проводимости графена в гибридных структурах с квантовыми нанокристаллами CdSe обусловлена фотоиндуцированным переносом заряда от нанокристалла к графену.

Для исследования влияния паров гидразина на фотопроводимость гибридных
45 структур графен - полупроводниковые нанопластинки в развернутом состоянии, сенсор помещался в герметичную камеру, к которой обеспечивалась контролируемая подача воздуха, содержащего пары гидразина. На Фиг. 8 приведено схематичное изображение установки для контролируемой подачи/откачивания паров гидразина. Сенсор 18

закрепляется на держателе 19 в герметичной камере 16, освещение сенсора осуществляется источником 17. Камера 16 посредством герметичных соединительных шлангов соединена с камерой 15. В камеру 15 через отверстие, закрываемое пробкой 9, помещается водный раствор гидразина 14. С помощью вентиля 10 регулируется подача паров гидразина в камеру 16. Изменение проводимости сенсора в присутствии паров гидразина регистрируется с помощью микроамперметра, который подключен к сенсору через контакты, выведенные из камеры 16 через герметичную пробку 12. Прокачка системы воздухом для удаления паров гидразина осуществляется при открытом вентиле 10 с использованием насоса 8, который соединен с камерой 15 через герметичную пробку 11, снабженную клапаном для подачи воздуха. В результате удаления паров гидразина из камеры 16 наблюдается полное восстановление фотопроводимости сенсора.

На Фиг. 9 приведена зависимость фототока, протекающего через сенсор, от концентрации паров гидразина в пробе. Видно, что величина фототока I_{Φ} заметно превышает темновой ток I_T , протекающий через образец в отсутствии фотооблучения сенсора и ее значения уменьшаются пропорционально концентрации паров гидразина в анализируемой пробе. Применение квантовых нанопластинок в развернутом состоянии в составе сенсора позволило в 5 раз улучшить чувствительность сенсора и в 3 раза увеличить динамический диапазон определения концентрации паров гидразина по сравнению с прототипом.

Срок эксплуатации сенсора на основе гибридной структуры графен - полупроводниковые нанопластины определяется стабильностью люминесцентных свойств нанопластинок, которые зависят от эффективности формирования дефектов на поверхности нанопластинок под действием возбуждающего света и обусловлены фотоокислением поверхности нанопластинок (S.F. Lee and M.A. Osborne. Brightening, Blinking, Bluing and Bleaching in the Life of a Quantum Dot: Friend or Foe? // ChemPhysChem, 10, 2174-2191, (2009)). На Фиг.10 приведены зависимости фотопроводимости сенсора (20), сформированного с использованием модифицированного метода Ленгмюра-Блоджетт и сенсора (21), сформированного методом центрифугирования, от времени внешнего облучения. Видно, что фотопроводимость сенсора (20) практически не зависит от времени облучения светодиодом с длиной волны излучения 405 нм (мощность 50 мВт) и остается неизменной в течение 72 часов. При этом проводимость сенсора (21) через 10 часов уменьшается до значения его темновой проводимости (I_T), что свидетельствует о полной деградации люминесцентных свойств нанокристаллов. Следовательно, применение модифицированного метода Ленгмюра-Блоджетт позволяет не только формировать сухие слои из нанопластинок в развернутом состоянии, но также приводит к значительному увеличению фотостабильности данных слоев по сравнению со слоями, сформированными методом центрифугирования.

Таким образом, решаются задачи снижения порога чувствительности, расширения динамического диапазона определения концентрации паров гидразина и увеличения срока службы сенсора.

(57) Формула изобретения

Электрический сенсор на пары гидразина, содержащий диэлектрическую подложку, на которой расположены электроды и чувствительный слой, меняющий фотопроводимость в результате адсорбции паров гидразина, состоящий из структуры графен - полупроводниковые нанокристаллы в виде квантовых точек, фотопроводимость которой уменьшается при адсорбции молекул гидразина на

поверхность полупроводниковых нанокристаллов пропорционально концентрации паров гидразина в пробе, отличающийся тем, что полупроводниковые нанокристаллы выполнены в виде полупроводниковых нанопластинок в развернутом состоянии.

5

10

15

20

25

30

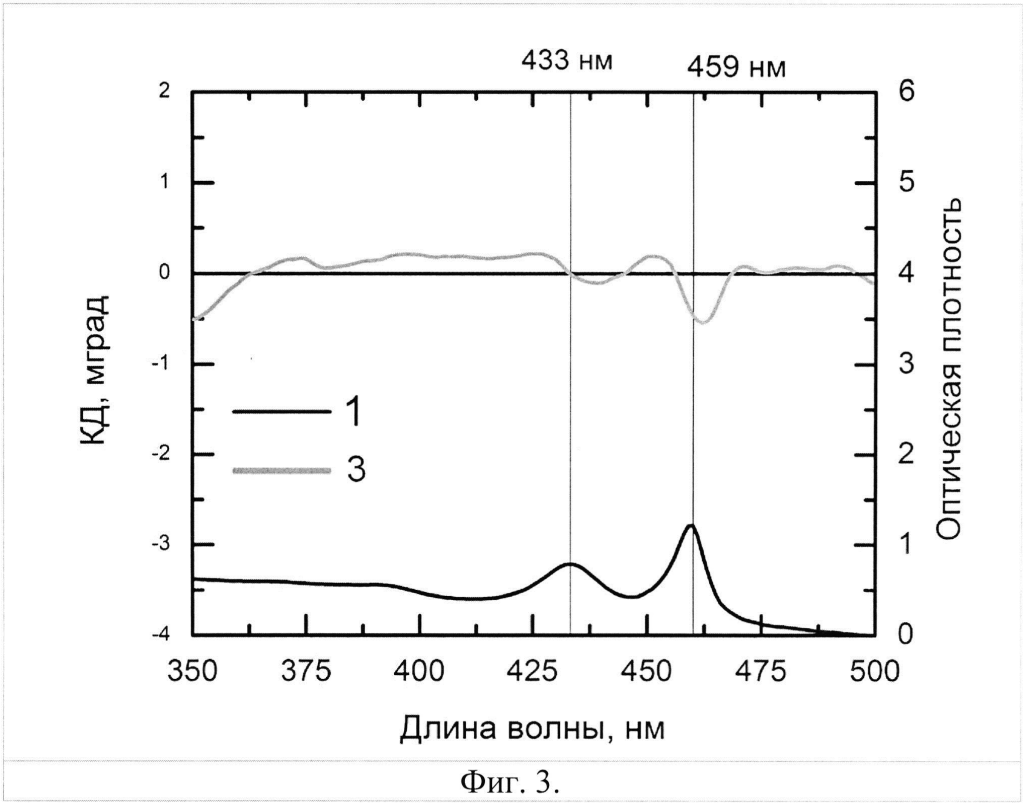
35

40

45

1

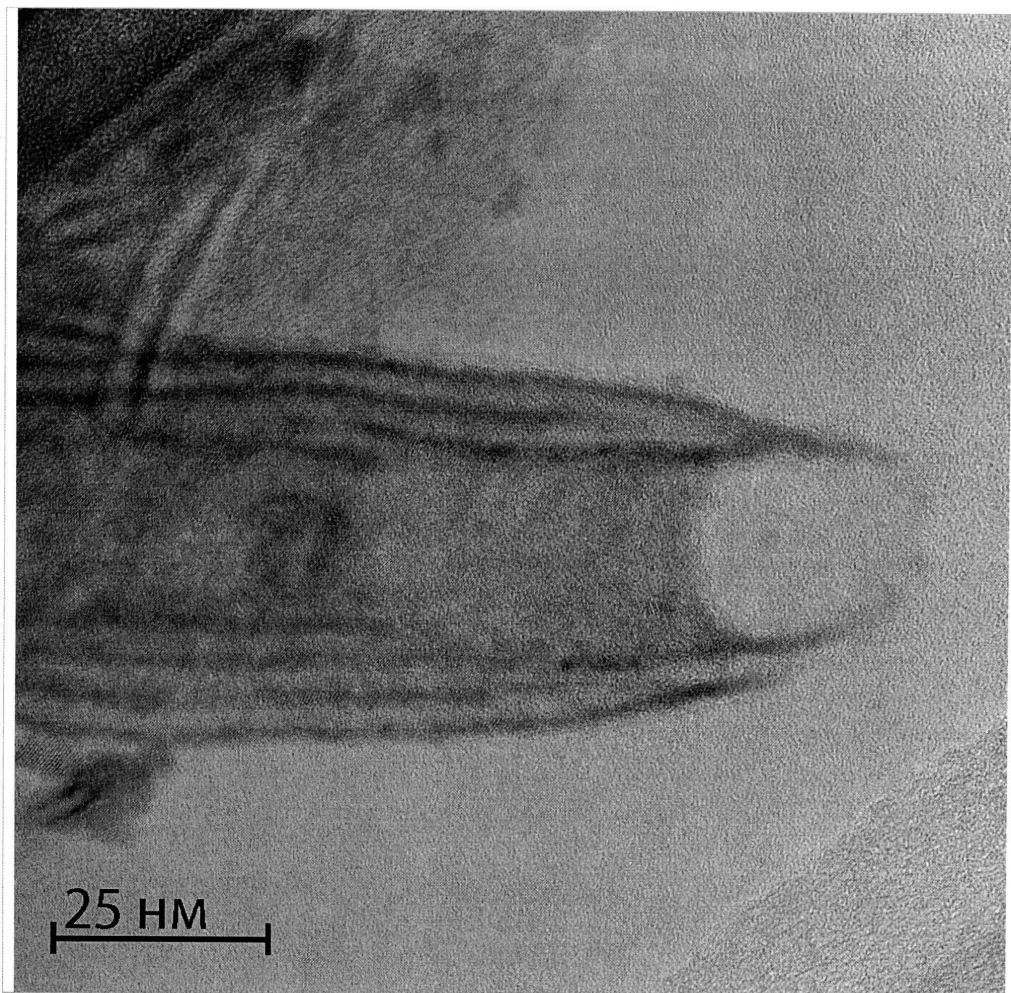
Электрический сенсор на пары гидразина



3

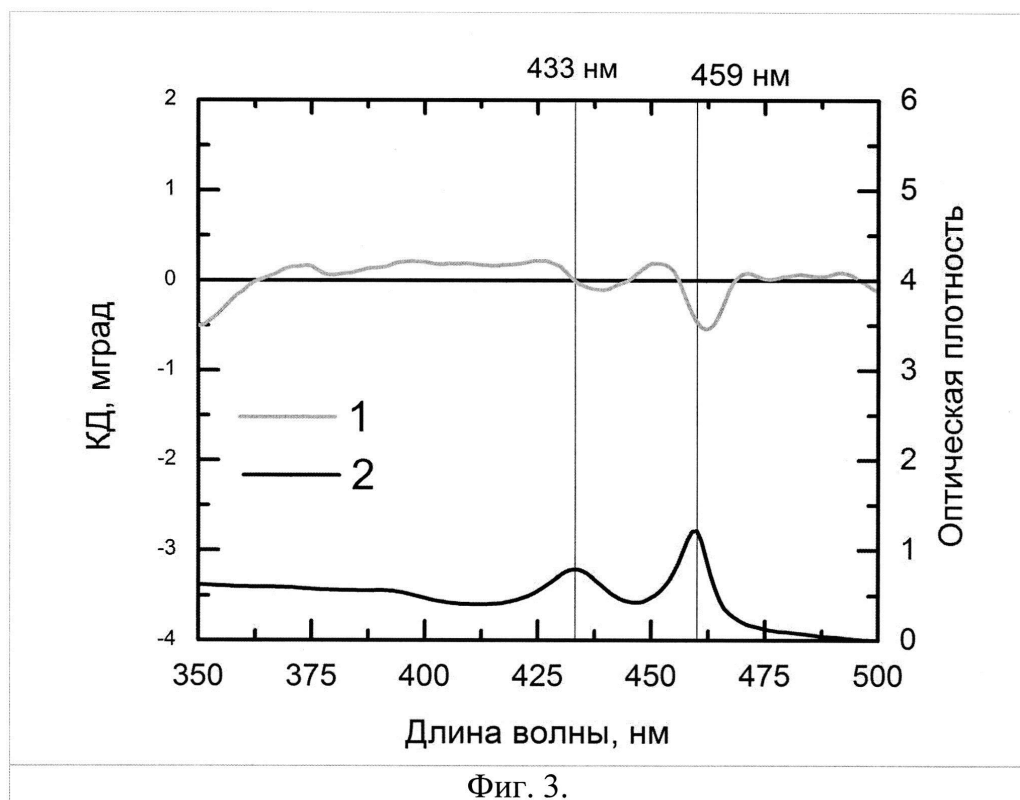
2

Электрический сенсор на пары гидразина

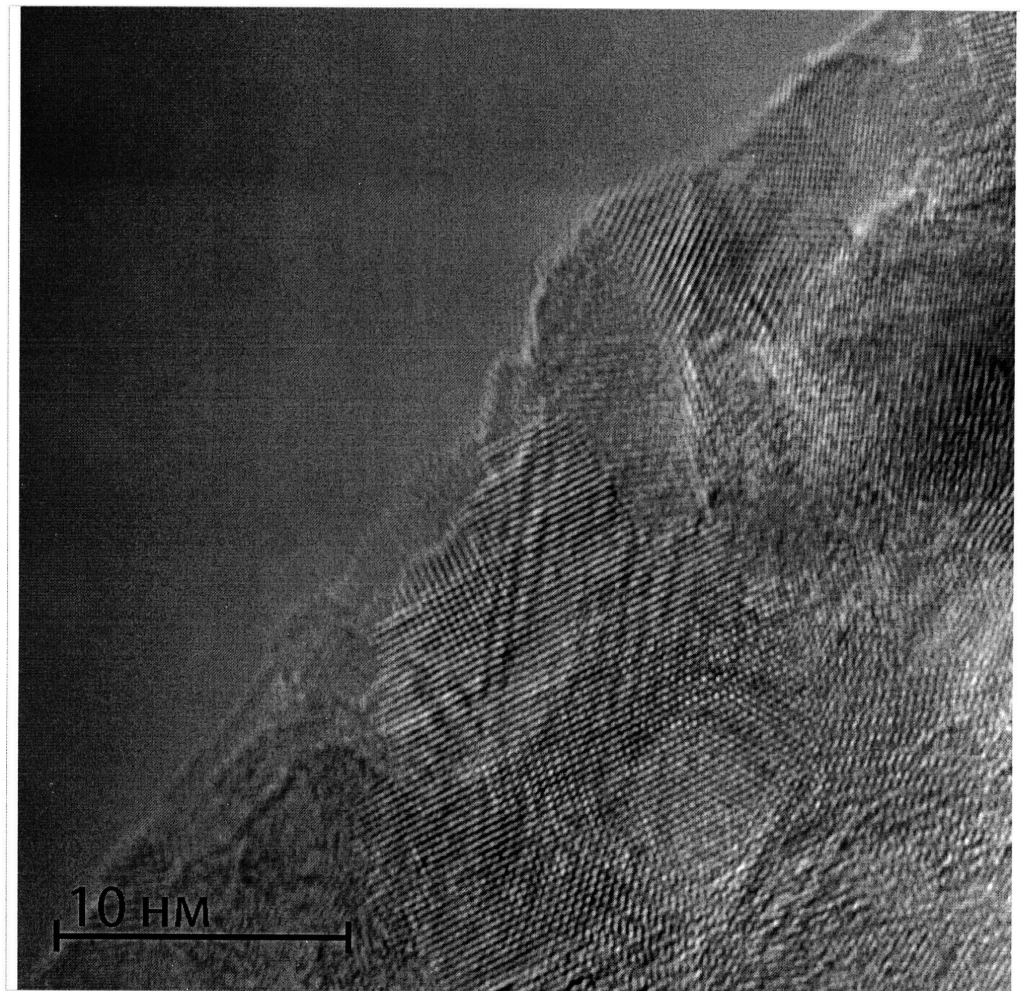


Фиг. 2.

Электрический сенсор на пары гидразина

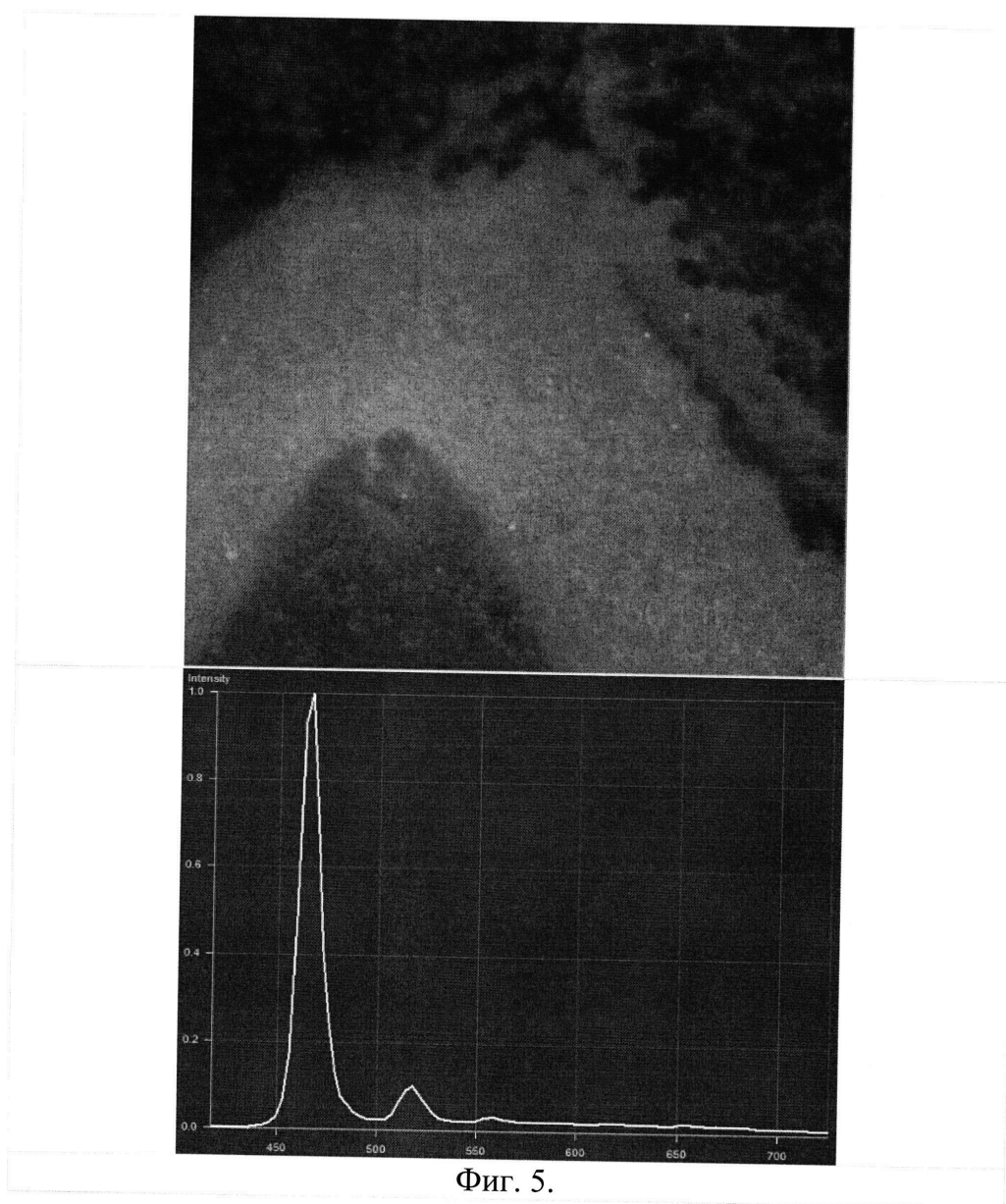


Электрический сенсор на пары гидразина

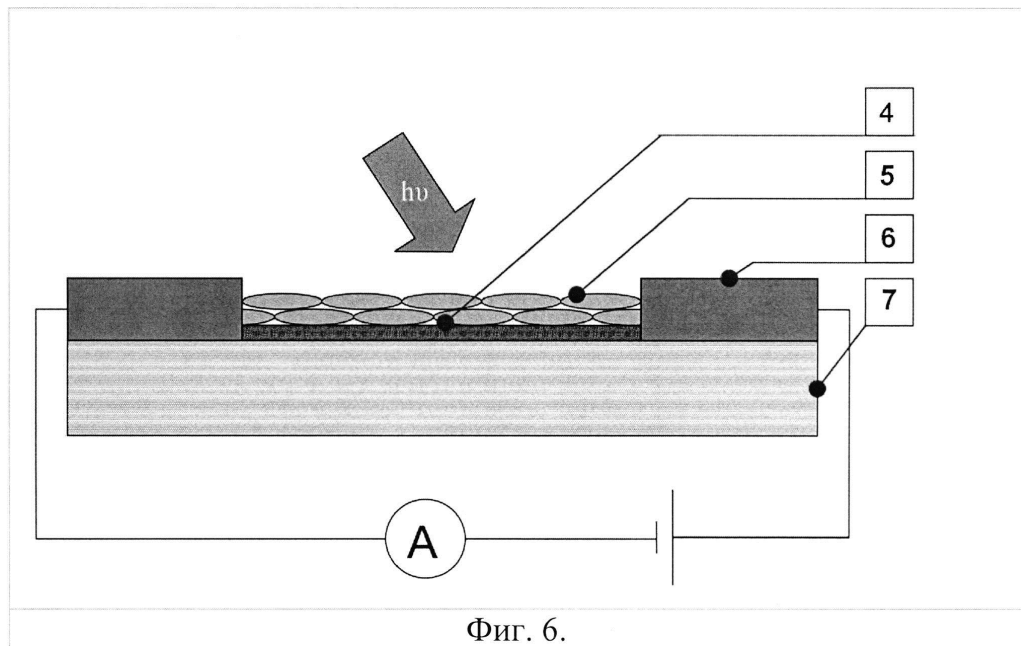


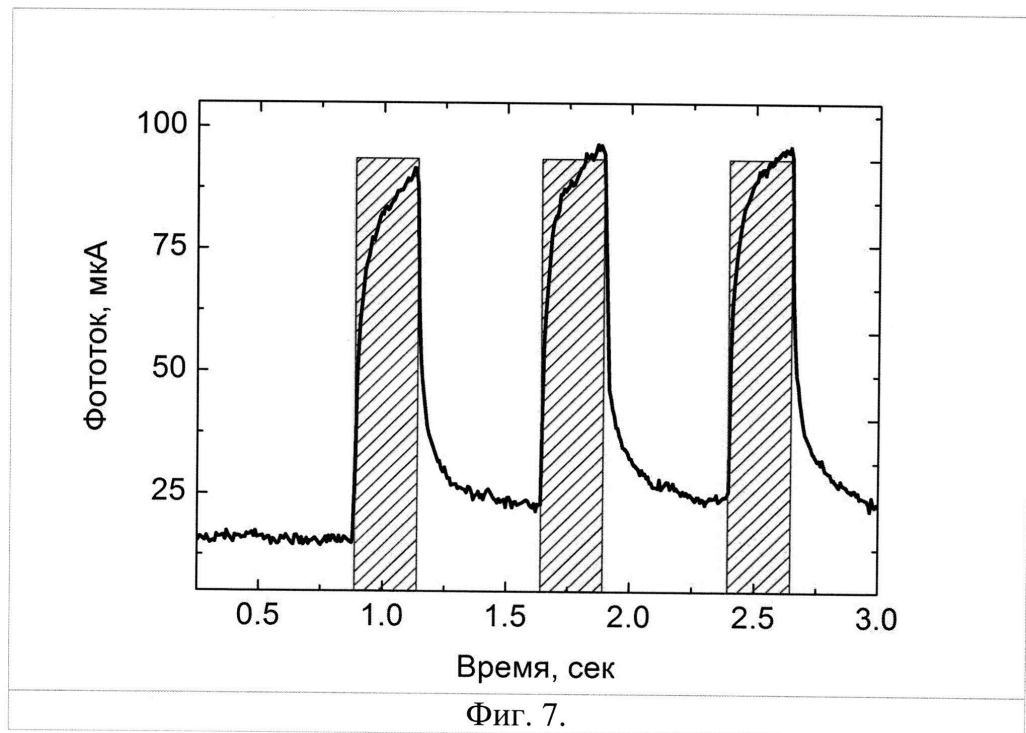
Фиг. 4.

Электрический сенсор на пары гидразина

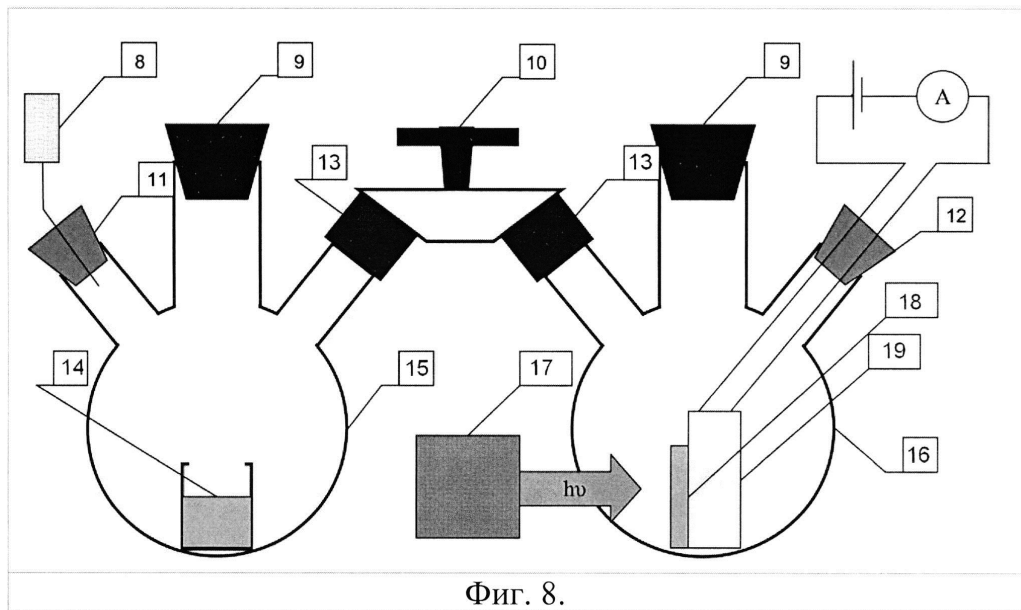


Электрический сенсор на пары гидразина

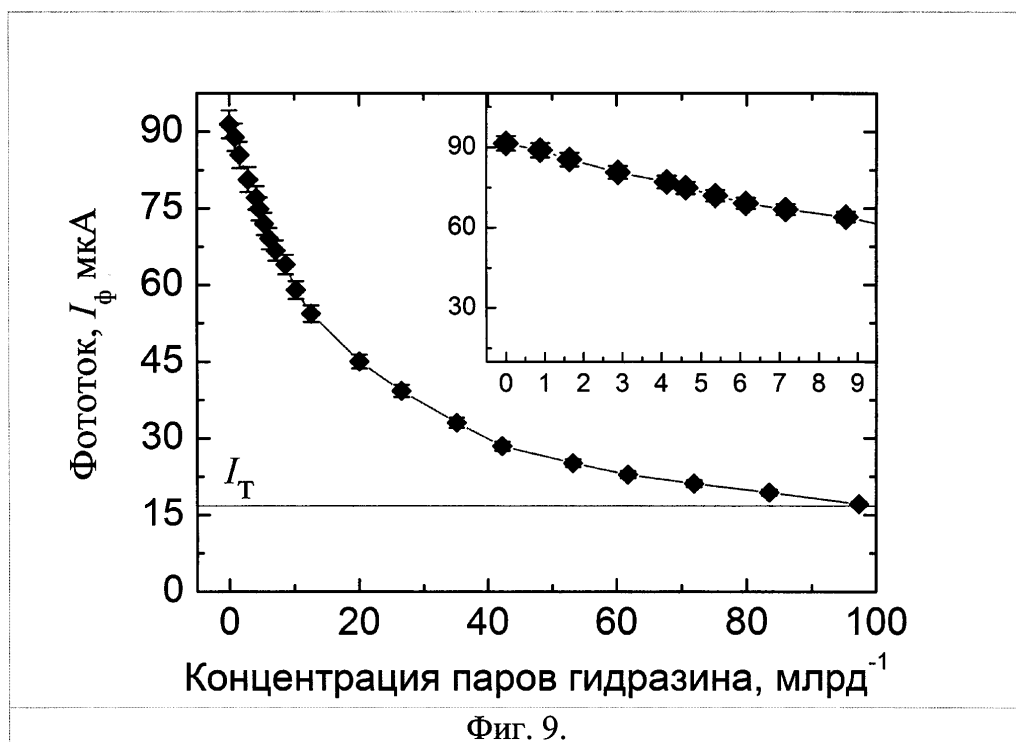


Электрический сенсор на пары гидразина

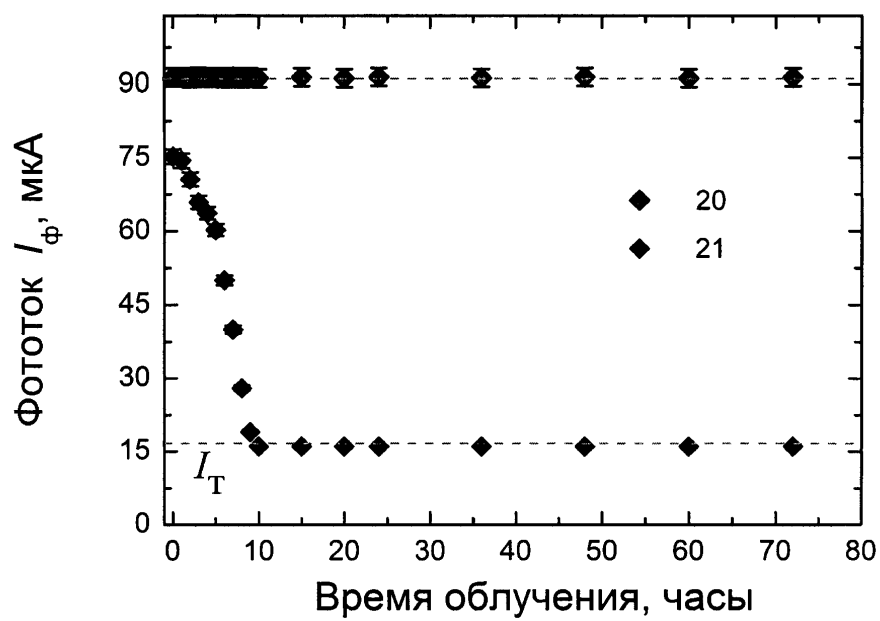
Электрический сенсор на пары гидразина



Электрический сенсор на пары гидразина



Электрический сенсор на пары гидразина



Фиг. 10.