



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014111100/28, 25.03.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.03.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.03.2014

(43) Дата публикации заявки: 27.09.2015 Бюл. № 27

(45) Опубликовано: 10.04.2016 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: CN102723439A, 10.10.2012.
JP2010062222A, 18.03.2010. WO2007005871A2,
11.01.2010. RU2007134442A, 27.03.2009.

Адрес для переписки:

142432, Московская обл., г. Черноголовка, пр-кт
академика Семенова, 1, ИПХФ РАН, Директору
ИПХФ РАН, академику С.М. Алдошину

(72) Автор(ы):

Фролова Любовь Анатольевна (RU),
Санина Наталия Алексеевна (RU),
Трошин Павел Анатольевич (RU),
Алдошин Сергей Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт проблем
химической физики Российской академии
наук (ИПХФ РАН) (RU)

(54) ФОТОПЕРЕКЛЮЧАЕМЫЙ И ЭЛЕКТРОПЕРЕКЛЮЧАЕМЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР, СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ УСТРОЙСТВА ПАМЯТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области органической электроники, а именно к устройствам памяти на основе органических полевых транзисторов, изготовленных с использованием фотохромных соединений в составе активного слоя, расположенного на границе между слоем полупроводникового материала и диэлектрика. Изобретение обеспечивает формирование и применение фотопереключаемых и электропереключаемых органических полевых транзисторов, содержащих в своей структуре слой фотохромных молекул, расположенный на границе между слоем полупроводникового материала и диэлектрика. Технические результаты, достигаемые при реализации заявленного изобретения, заключаются в упрощении структуры и технологии изготовления фотопереключаемого

и электропереключаемого полевого транзистора; возможности создания множественных дискретных состояний, отличающихся пороговыми напряжениями; достижении существенных различий в токах I_{DS} для разных состояний (до 10000 раз); в обеспечении спектральной чувствительности устройства: воздействие импульсами света различной длины волны переводит транзистор в разные состояния; в возможности использования фотопереключаемого и электропереключаемого полевого транзистора в качестве мультибитной ячейки памяти; в возможности оптического и электрического программирования указанной ячейки памяти; в увеличении плотности записи информации за счет реализации мультибитного режима. 4 н.п. ф-лы, 10 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 580 905** (13) **C2**

(51) Int. Cl.

H01L 51/05 (2006.01)

H01L 51/40 (2006.01)

B82B 1/00 (2006.01)

B82B 3/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2014111100/28, 25.03.2014

(24) Effective date for property rights:
25.03.2014

Priority:

(22) Date of filing: 25.03.2014

(43) Application published: 27.09.2015 Bull. № 27

(45) Date of publication: 10.04.2016 Bull. № 10

Mail address:

142432, Moskovskaja obl., g. Chernogolovka, pr-kt
akademika Semenova, 1, IPKHF RAN, Direktor
IPKHF RAN, akademiku S.M. Aldoshinu

(72) Inventor(s):

Frolova Ljubov Anatolevna (RU),
Sanina Natalija Alekseevna (RU),
Troshin Pavel Anatolevich (RU),
Aldoshin Sergej Mikhajlovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
uchrezhdenie nauki Institut problem
khimicheskoy fiziki Rossijskoj akademii nauk
(IPKHF RAN) (RU)

(54) PHOTO-SWITCHABLE AND ELECTRICALLY-SWITCHABLE ORGANIC FIELD-EFFECT TRANSISTOR, MANUFACTURING METHOD THEREOF AND USE THEREOF AS STORAGE DEVICE

(57) Abstract:

FIELD: electronics.

SUBSTANCE: invention relates to organic electronics, specifically to memory devices based on organic field effect transistors fabricated using photochromic compounds as part of active layer disposed at boundary between layer of semiconductor material and insulator. Invention provides formation and use of photo-switchable and electrically switchable organic field effect transistors, having in their structure a layer of photochromic molecules located on boundary between layer of semiconductor material and an insulator.

EFFECT: technical results achieved in implementation of claimed invention are a simple

structure and technology of manufacturing photo-switchable and electrically switchable field effect transistors; possibility of creating multiple discrete states with different threshold voltages; achieving significant differences in currents I_{DS} for different states (up to 10,000 times); providing spectral sensitivity of device: impact of light pulses of different wavelengths converts transistor in different states; enabling use of photo-switchable and electrically switchable FET as multibit memory cell; enabling optical and electrical programming of said memory cells; higher information recording density by implementing multibit mode.

4 cl, 10 dwg

Изобретение относится к области органической электроники, а именно к новому типу устройств памяти на основе органических полевых транзисторов, изготовленных с использованием фотохромных соединений в составе активного слоя, расположенного на границе между слоем полупроводникового материала и диэлектрика. Такая структура устройства позволяет создавать мультибитные элементы памяти, используя оптическое/электрическое программирование транзисторов.

В настоящее время активно развивается область исследований, связанная с разработкой элементов памяти на основе органических полевых транзисторов, способных к переключению между двумя различными состояниями, отличающимися величиной порогового напряжения. Известно несколько подходов, позволяющих реализовать два или более стабильных состояний в полевом транзисторе. Они основаны на использовании устройств, имеющих сложную архитектуру, например транзисторы с плавающим затвором, транзисторы на основе фоточувствительных и сегнетоэлектрических материалов и ряд других.

Известны двухбитные устройства памяти на основе транзисторов с плавающим затвором (T. Sekitani, T. Yokota, U. Zschieschang, H. Klauk, S. Bauer, K. Takeuchi, M. Takamiya, T. Sakurai, T. Someya. Organic Nonvolatile Memory Transistors for Flexible Sensor Arrays. Science 2009, 326: 1516-1519), содержащие в своей структуре: 1) пластиковую подложку; 2) нанесенный на нее туннельный слой (затвор) из алюминия толщиной 20 нм; 3) слой диэлектрического материала из оксида алюминия толщиной 4 нм, покрытого сверху (4) слоем органического диэлектрика (алкилфосфоновой кислоты) толщиной 2 нм; 5) плавающий затвор из алюминия толщиной 20 нм (запоминающий слой); 6) слой диэлектрического материала (оксида алюминия с толщиной 4 нм); 7) слой алкилфосфоновой кислоты (2 нм); 8) слой органического полупроводника - пентацена (50 нм); и 9) проводящие электроды (сток и исток) из золота толщиной 50 нм. Работа такого устройства основана на тунеллировании электронов через слой диэлектрика в плавающий затвор, отделенный от полупроводникового рабочего слоя тонким диэлектриком (т.е. фактически в диэлектрике реализуется предпробойный режим, что накладывает ограничения на число циклов переключения и скорость записи информации). Заряд, накопленный в плавающем затворе, создает электрическое поле, которое влияет на прохождение носителей заряда через полупроводник в канале транзистора.

Недостатками такого устройства памяти являются: 1) технологическая сложность изготовления; 2) небольшое количество циклов перезаписи (это связано с разрушением диэлектрического слоя); 3) время хранения информации ограничено тепловым тунеллированием электронов из плавающего затвора; 4) сильное влияние статического электричества на работу данного элемента памяти.

Известны фотопереключаемые органические полевые транзисторы на основе фоточувствительных органических полупроводников [B.Y. Guo, C. Di, S. Ye, X. Sun, J. Zheng, Y. Wen, W. Wu, G. Yu, and Y. Liu. Multibit Storage of Organic Thin-Film Field-Effect Transistors. Adv Mater 2009, 21: 1954-1959]. В таких устройствах можно реализовать несколько различных электрических состояний в зависимости от величины напряжения U_{GS} , приложенного при облучении транзистора светом. Недостатками таких устройств являются: 1) малое время хранения информации около (250 ч); 2) нет данных о воспроизводимости фоточувствительных эффектов и устойчивости дискретных состояний.

Известны устройства памяти на основе полевых транзисторов с сегнетоэлектрическими [R. Schroeder, L.A. Majewski, M. Grell, Adv. Mater. 2004, 16, 633]

и электретными компонентами [H. Yu, Y. Chen, C. Huang, and Y. Su. Investigation of Nonvolatile Memory Effect of Organic Thin-Film Transistors with Triple Dielectric Layers. Appl. Phys. Express. 2012, 5, 034101]. Недостатками данных устройств являются: 1) нестабильность и низкая воспроизводимость электрических свойств, 2) сильное влияние статического электричества на работу данного элемента памяти; 3) большие напряжения записи для генерации поля переключения; 4) низкая надежность, обусловленная миграцией носителей зарядов.

Наиболее близкими к заявленному изобретению являются транзисторы с фотохромными материалами в структуре органического полевого транзистора (J. Phys. Chem. C 2009, 113, 10807-10812), содержащие: 1) пластину из легированного кремния, выполняющую роль затвора, покрытую 2) слоем оксида кремния, на которую последовательно нанесены 3) слой полупроводникового материала - пентацена, 4) проводящие электроды (сток и исток) из золота и 5) слой фотохромного материала (спиропиран). Эффект фоточувствительности такого устройства основан на изомеризации фотохромных молекул на границе с полупроводниковым материалом при облучении светом. Возникающий при этом дипольный момент создает электрическое поле, которое влияет на инжекцию носителей заряда с электродов в слой полупроводника. При этом может возникать множество дискретных электронных состояний транзистора. Недостатками такого устройства являются: 1) пренебрежимо малые различия в токах I_{DS} между дискретными состояниями (менее 10% от номинальной величины I_{DS}); 2) низкая воспроизводимость фоточувствительных эффектов; 3) небольшое количество циклов перезаписи, связанное с ухудшением свойств границ раздела полупроводник/электроды/фотохромный слой.

Задачей заявляемого изобретения является создание нового типа устройств памяти. Задача решается разработкой фотопереключаемых и электропереключаемых органических полевых транзисторов, принципиально отличающихся тем, что они содержат в своей структуре слой фотохромных молекул, расположенный на границе между слоем полупроводникового материала и диэлектрика.

Схема конструкции защищаемого фотопереключаемого и электропереключаемого органического полевого транзистора представлена на Фиг. 1, где слои 1a и 1b обозначают:

- исток и сток соответственно - электроды на основе электропроводящего материала, представляющего собой металл, выбранный из группы: золото, серебро, алюминий, медь, олово, платина, хром, цинк, титан, никель, палладий, редкоземельные металлы, щелочноземельные металлы и др., или сплавы вышеперечисленных металлов, или проводящий полимер, выбранный из группы допированных политиофенов (например, PEDOT - полиэтилендиокситиофен), полианилинов и полипирролов, или допированные оксиды металлов, выбранные из группы: оксиды индия-олова (ITO), допированный фтором оксид олова (FTO), легированный оксид цинка, или комбинации из нескольких различных электропроводящих материалов;

где слой 2 обозначает:

- слой полупроводникового материала n-типа, p-типа или амбиполярного полупроводника, при этом в качестве полупроводникового материала n-типа могут быть использованы производные фуллеренов (C_{60} , C_{70} , $C_{>70}$ и их смеси), нафталиндиимиды, периленидиимиды и комбинации вышеперечисленных материалов, в качестве органического полупроводникового материала p-типа может быть использован пентацен, замещенный квинкветиофен или динафтотиенотиофен

(молекулярные формулы полупроводниковых материалов: фуллерена C_{60} , производного фуллерена [60] PCBM, фуллерена C_{70} , нафталиндиимида (NDI, R - углеводородный радикал), перилендиимида (PDI, R - углеводородный радикал), пентацена (Pc), квинкветиофена (QT) и динафтоотиенотиофена (DNT) приведены на Фиг. 2), а в качестве амбиполярного органического полупроводникового материала может быть использован индиго, его функциональные производные, производные дикетопирролопирролов, изоиндиго и другие группы соединений;

где слой 3 обозначает:

- фоточувствительный слой, состоящий из органических материалов с фотохромными свойствами, принадлежащих к классу спирооксазинов $SPOxAz$, общей формулы представленной на Фиг. 3, где радикалы R_1 - R_4 , представляют независимым образом атомы водорода, алкильные заместители C_1 - C_{10} , фенильные группы, нитрогруппы или алкилкарбонильные группы C_1 - C_{10} . Кроме того, радикалы R_1 - R_4 попарно, т.е. R_1 и R_2 , либо R_2 и R_3 , либо R_3 и R_4 , могут представлять бензольные кольца, аннелированные (т.е. конденсированные, имеющие общую C-C связь) с бензольным кольцом, несущим указанные заместители R_1 - R_4 в формуле $SPOxAz$, при этом наиболее предпочтительны спирооксазины, проиллюстрированные структурами 1-4 на Фиг. 4,

где слой 4 обозначает:

- слой диэлектрического материала, представляющий собой оксид алюминия, гафния или другого металла, обладающий диэлектрическими свойствами, при этом оксид металла может быть немодифицированным или покрытым пассивирующим слоем (например, алкилфосфоновыми кислотами);

где слой 5 обозначает:

- затвор, представляющий собой электрод на основе металлического алюминия или другого материала, обладающего электропроводностью, характерной для металлов;

где слои 0 и 6 обозначают:

- подложку, изолирующее покрытие или другой слой, не оказывающий непосредственного влияния на электрические характеристики транзистора, но обеспечивающий необходимые механические и эксплуатационные свойства транзистора. Подложка может быть гибкой (на основе полимерных материалов, например полиэтилентерефталата, полиимидов, полиэтиленнафталатов и др.), полужесткой или жесткой (например, стекло).

Технические результаты, достигаемые при реализации заявленного изобретения, заключаются в:

- упрощении структуры и технологии изготовления фотопереключаемого и электропереключаемого полевого транзистора;

- возможности создания множественных дискретных состояний, отличающихся пороговыми напряжениями;

- достижении существенных различий в токах I_{DS} для разных состояний (до 10000 раз);

- в обеспечении спектральной чувствительности устройства: воздействие импульсами света различной длины волны переводит транзистор в разные состояния;

- в возможности использования фотопереключаемого и электропереключаемого полевого транзистора в качестве мультибитной ячейки памяти;

- в возможности оптического и электрического программирования указанной ячейки памяти;

- в увеличении плотности записи информации за счет реализации мультибитного режима.

Указанные технические результаты достигаются за счет введения дополнительного слоя фотохромного материала (соединения класса спирооксазинов) между слоями полупроводникового материала и диэлектрика. Роль фотохромного слоя заключается в изменении электрических характеристик (зарядового состояния, емкости, диэлектрической проницаемости, зарядово-транспортных свойств) границы раздела между органическим полупроводником и диэлектриком при оптическом и электрическом программировании.

Переключение транзистора между состояниями транзистора (например, при записи или стирании информации) может осуществляться как оптическим методом (импульс света), так и оптоэлектрическим: воздействие импульса света и электрического поля, возникающего за счет приложенного напряжения.

Заявляемое изобретение иллюстрируется, но никак не ограничивается следующими примерами.

Пример 1

Изготавливаемый фотопереключаемый транзистор имел структуру, представленную в описании (см. выше) и в формуле изобретения (см. ниже). В качестве фотохромного соединения применялось производное спирооксазина 1,3-Дигидро-1,3,3-триметилспиро [2Н-индол-2,3'-[3Н]фенантрен[9,10-b](1,4)оксазин], а качестве полупроводникового материала - фуллерен C₆₀. Молекулярные формулы и схема фотоизомеризации производного спирооксазина (2), используемого в составе фотопереключаемого и электропереключаемого транзистора представлена на Фиг. 5, где символом «X» обозначена длина волны светового импульса, а «Е» - потенциал V_{GS}, приложенный между затвором и истоком, создающий электрическое поле в слое фотохромного материала. Подложками служили стеклянные пластины 1.5×1.5 см. Нанесение слоев 1а, 1б, 2 и 5 проводилось методом термического испарения в вакуумной камере (при давлении 10⁻⁶ мБар), встроенной внутри аргонового бокса. Толщины Al затвора и Ag электродов составляли 200 нм, а полупроводникового слоя - 100 нм. Нанесение фотохромного слоя осуществлялось в аргоновом боксе с помощью спинкоутера при скорости вращения подложки 1000 об/мин. В качестве источников света использовались лазеры с длиной волны 405 и 532 нм. Для записи проходных характеристик применялся измеритель Kethley 2612A. На Фиг. 6 представлены проходные характеристики транзистора в разных режимах оптического-электрического программирования (показано три различных состояния). На Фиг. 7 представлена зависимость тока I_{DS} от времени при переключении транзистора между разными состояниями (иллюстрация алгоритма записи - стирания данных).

Пример 2

Изготавливаемый фотопереключаемый транзистор имел структуру, представленную в описании (см. выше) и в формуле изобретения (см. ниже). В качестве фотохромного соединения применялось производное спирооксазина 1,3-Дигидро-1,3,3-триметилспиро [2Н-индол-2,3'-[3Н]фенантрен[9,10-b](1,4)оксазин], а качестве полупроводникового материала - N,N'-ди(н-амил)перилендиимид. (Фиг. 2). Подложками служили стеклянные пластины 1.5×1.5 см. Нанесение слоев 1а, 1б, 2 и 5 проводилось методом термического испарения в вакуумной камере (при давлении 10⁻⁶ мБар), встроенной внутри аргонового бокса. Толщины Al затвора и Ag электродов составляли 200 нм, а полупроводникового слоя - 100 нм. Нанесение фотохромного слоя осуществлялось в аргоновом боксе с

помощью спинкоутера при скорости вращения подложки 1000 об/мин. В качестве источников света использовались лазеры с длиной волны 405 и 532 нм. Для записи проходных характеристик применялся измеритель Kethley 2612A. На Фиг. 8 представлены проходные характеристики фотопереключаемого и электропереключаемого органического полевого транзистора с N,N'-ди(н-амил)периленидиимидом в качестве полупроводникового материала в разных режимах оптического-электрического программирования (показано пять различных состояний).

Пример 3

Изготавливаемый фотопереключаемый транзистор имел структуру, представленную в описании (см. выше) и в формуле изобретения (см. ниже). В качестве фотохромного соединения применялось производное спирооксазина 1,3-Дигидро-1,3,3-триметилспиро [2Н-индол-2,3'-[3Н]фенантрен[9,10-*b*](1,4)оксазин], а качестве полупроводникового материала использовалось производное нафталиндиимида (2,7-бис(н-гептил)бензо[*l*mn][3,8]фенантролин-1,3,6,8(2Н,7Н)-тетраон). Подложками служили стеклянные пластины 1.5×1.5 см. Нанесение слоев 1а, 1б, 2 и 5 проводилось методом термического испарения в вакуумной камере (при давлении 10^{-6} мБар), встроенной внутри аргонового бокса. Толщины Al затвора и Ag электродов составляли 200 нм, а полупроводникового слоя - 100 нм. Нанесение фотохромного слоя осуществлялось в аргоновом боксе с помощью спинкоутера при скорости вращения подложки 1000 об/мин. В качестве источников света использовались лазеры с длиной волны 405 и 532 нм. Для записи проходных характеристик применялся измеритель Kethley 2612A. На Фиг. 9 представлены проходные характеристики фотопереключаемого и электропереключаемого органического полевого транзистора с 2,7-бис(н-гептил)бензо[*l*mn][3,8]фенантролин-1,3,6,8(2Н,7Н)-тетроном в качестве полупроводникового материала (показано три различных состояния).

Пример 4

Изготавливаемый фотопереключаемый транзистор имел структуру, представленную в описании (см. выше) и в формуле изобретения (см. ниже). В качестве фотохромного соединения применялось производное спирооксазина 1,3-Дигидро-1,3,3-триметилспиро [2Н-индол-2,3'-[3Н]фенантрен[9,10-*b*](1,4)оксазин], а качестве полупроводникового материала - пентацен (Фиг. 2). Подложками служили стеклянные пластины 1.5×1.5 см. Нанесение слоев 1а, 1б, 2 и 5 проводилось методом термического испарения в вакуумной камере (при давлении 10^{-6} мБар), встроенной внутри аргонового бокса. Толщины Al затвора и Ag электродов составляли 200 нм, а полупроводникового слоя - 100 нм. Нанесение фотохромного слоя осуществлялось в аргоновом боксе с помощью спинкоутера при скорости вращения подложки 1000 об/мин. В качестве источников света использовались лазеры с длиной волны 405 и 532 нм. Для записи проходных характеристик применялся измеритель Kethley 2612A. На Фиг. 10 представлены проходные характеристики фотопереключаемого и электропереключаемого органического полевого транзистора с пентаценом в качестве полупроводникового материала (показано два различных состояния).

Формула изобретения

1. Фотопереключаемый и электропереключаемый органический полевой транзистор, состоящий из шести функциональных слоев,

где слои 1а и 1б обозначают:

- исток и сток соответственно - электроды на основе электропроводящего материала, представляющего собой металл, выбранный из группы: золото, серебро, алюминий, медь, олово, платина, хром, цинк, титан, никель, палладий, редкоземельные металлы,

щелочно-земельные металлы и др., или сплавы вышеперечисленных металлов, или проводящий полимер, выбранный из группы дотированных политиофенов (например, PEDOT-полиэтилендиокситиофен), полианилинов и полипирролов, или допированные оксиды металлов, выбранные из группы: оксиды индия-олова (ITO), допированный фтором оксид олова (FTO), легированный оксид цинка, или комбинации из нескольких различных электропроводящих материалов;

где слой 2 обозначает:

- слой полупроводникового материала n-типа, р-типа или амбиполярного полупроводника, при этом в качестве полупроводникового материала n-типа могут быть использованы производные фуллеренов (C_{60} , C_{70} , $C_{>70}$ и их смеси), нафталиндиимиды, перилендиимиды и комбинации вышеперечисленных материалов, в качестве органического полупроводникового материала р-типа может быть использован пентацен, замещенный квинкветиофен или динафтотиенотиофен, а в качестве амбиполярного органического полупроводникового материала может быть использован индиго, его функциональные производные, производные дикетопирролопирролов, изоиндиго и другие группы соединений;

где слой 3 обозначает:

- фоточувствительный слой, состоящий из органических материалов с фотохромными свойствами, принадлежащих к классу спирооксазинов $SPOxAz$, общей формулы, где радикалы R_1 - R_4 , представляют независимым образом атомы водорода, алкильные заместители C_1 - C_{10} , фенильные группы, нитрогруппы или алкилкарбонильные группы C_1 - C_{10} , кроме того, радикалы R_1 - R_4 попарно, т.е. R_1 и R_2 , либо R_2 и R_3 , либо R_3 и R_4 , могут представлять бензольные кольца, аннелированные (т.е. конденсированные, имеющие общую C-C связь) с бензольным кольцом, несущим указанные заместители R_1 - R_4 в формуле $SPOxAz$, при этом наиболее предпочтительны спирооксазины,

где слой 4 обозначает:

- слой диэлектрического материала, представляющий собой оксид алюминия, гафния или другого металла, обладающий диэлектрическими свойствами, при этом оксид металла может быть немодифицированным или покрытым пассивирующим слоем (например, алкилфосфоновыми кислотами);

где слой 5 обозначает:

- затвор, представляющий собой электрод на основе металлического алюминия или другого материала, обладающего электропроводностью, характерной для металлов;

где слои 0 и 6 обозначают:

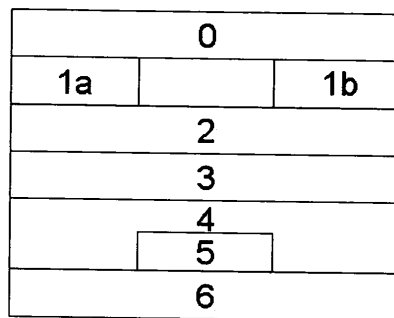
- подложку, изолирующее покрытие или другой слой, не оказывающий непосредственного влияния на электрические характеристики транзистора, но обеспечивающий необходимые механические и эксплуатационные свойства транзистора.

2. Способ изготовления фотопереключаемого и электропереключаемого органического полевого транзистора по п. 1, отличающийся тем, что слой фотохромного материала при изготовлении транзистора наносят между слоями диэлектрика и полупроводника.

3. Применение фотопереключаемого и электропереключаемого органического полевого транзистора по п. 1 в качестве устройства памяти.

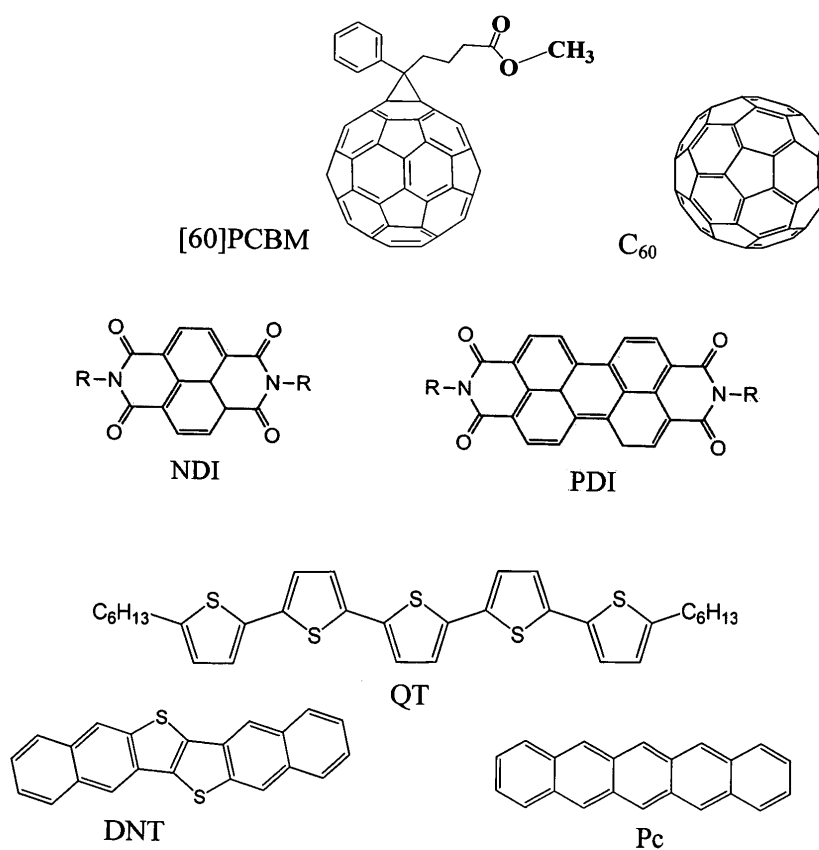
4. Применение фотопереключаемого и электропереключаемого органического полевого транзистора по п. 1 в качестве мультибитного устройства памяти.

Фотопереключаемый и электропереключаемый органический полевой транзистор, способ его изготовления и его применение в качестве устройства памяти



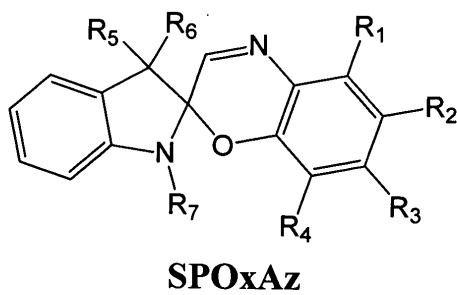
Фиг. 1.

Фотопереключаемый и электропереключаемый органический полевой транзистор, способ его изготовления и его применение в качестве устройства памяти



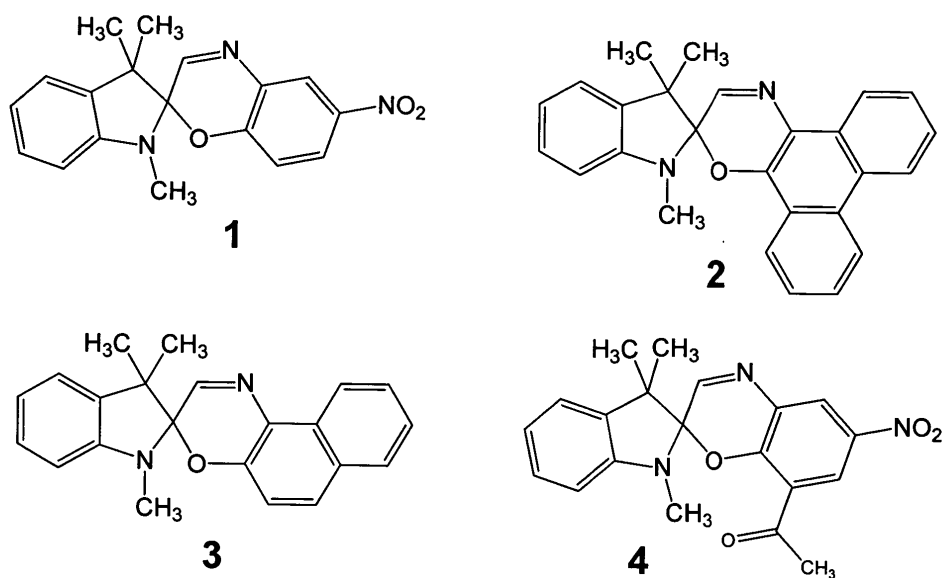
Фиг. 2.

Фотопереключаемый и электропереключаемый органический полевой транзистор, способ его изготовления и его применение в качестве устройства памяти



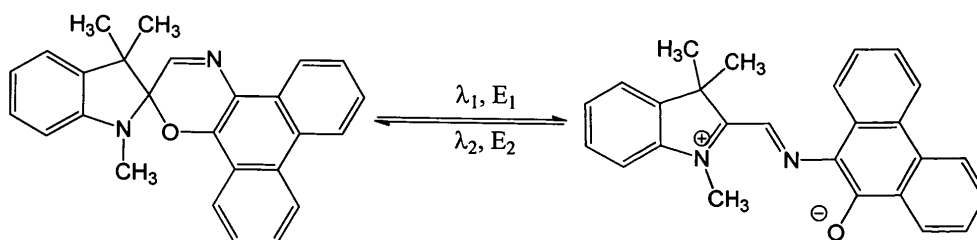
Фиг. 3.

Фотопереключаемый и электропереключаемый органический полевой транзистор, способ его изготовления и его применение в качестве устройства памяти



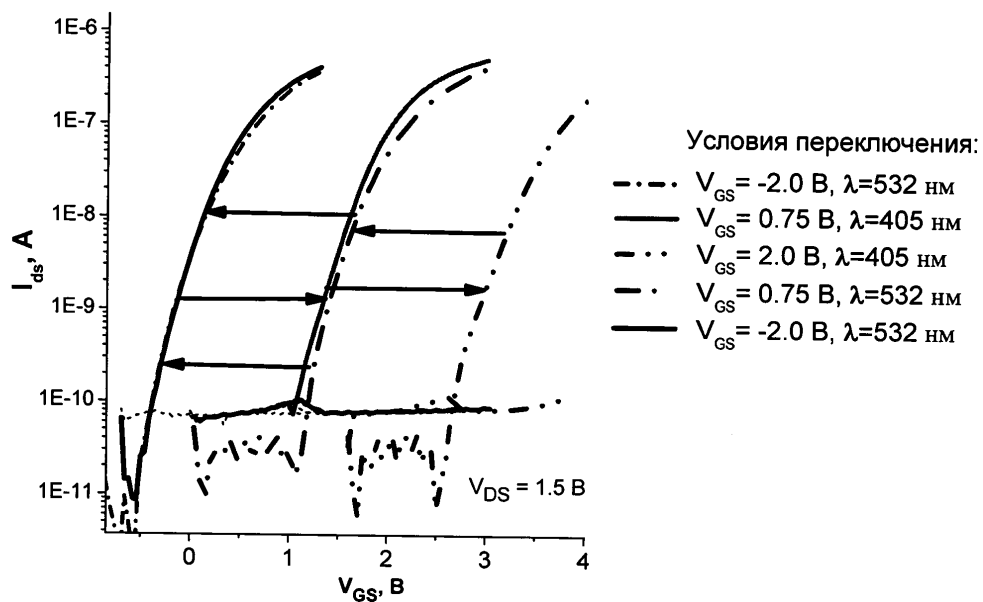
Фиг. 4.

Фотопереклюцаемый и электропереклюцаемый органический полевой транзистор, способ его изготовления и его применение в качестве устройства памяти



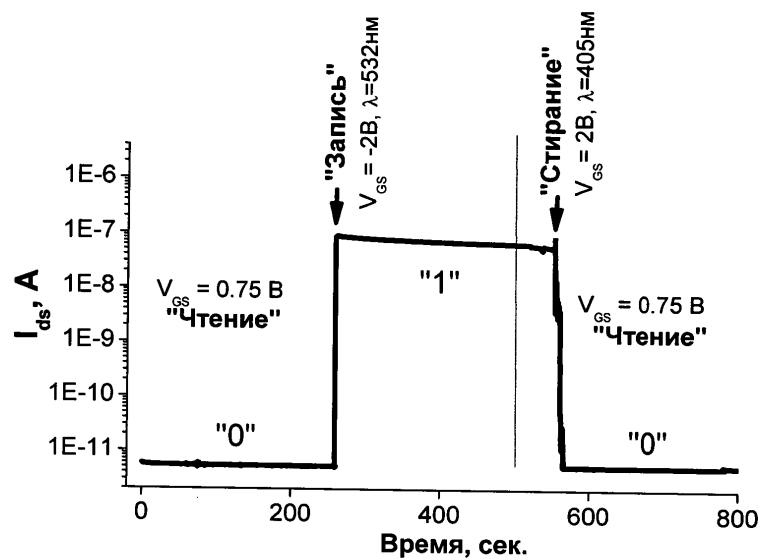
Фиг. 5.

Фотопереключаемый и электропереключаемый органический полевой транзистор, способ его изготовления и его применение в качестве устройства памяти



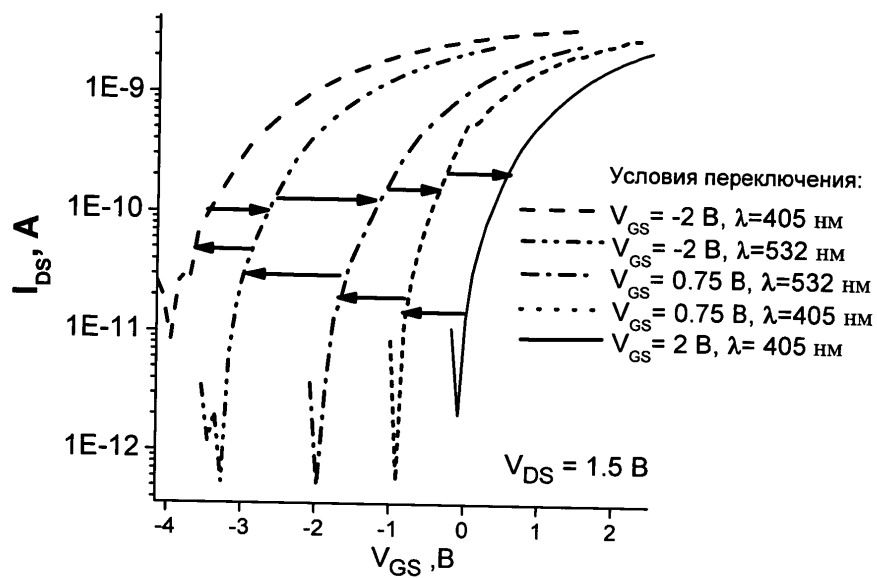
Фиг. 6.

Фотопереклюаемый и электропереклюаемый органический полевой транзистор, способ его изготовления и его применение в качестве устройства памяти



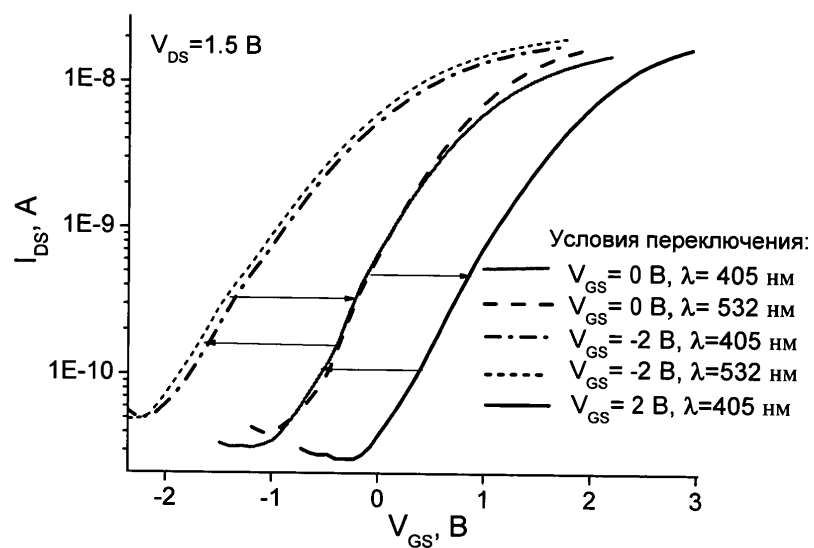
Фиг. 7.

Фотопереклюаемый и электропереклюаемый органический полевой транзистор, способ его изготовления и его применение в качестве устройства памяти



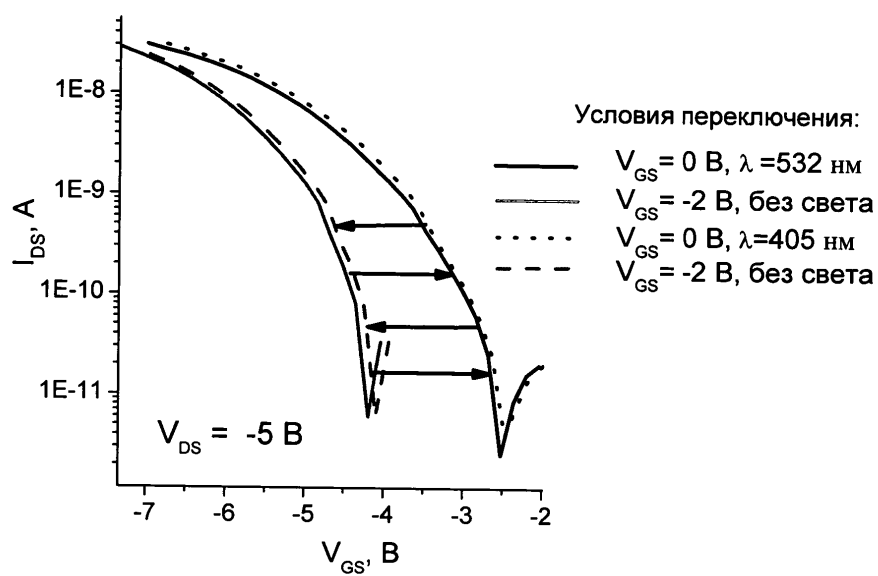
Фиг. 8.

Фотопереключаемый и электропереключаемый органический полевой транзистор, способ его изготовления и его применение в качестве устройства памяти



Фиг. 9.

Фотопереклюаемый и электропереклюаемый органический полевой транзистор, способ его изготовления и его применение в качестве устройства памяти



Фиг. 10.