

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 192975

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МОЛЕКУЛ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ

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

Авторы: *Мешковский Игорь Касьянович (RU), Плясцов Семен Алексеевич (RU), Анчуткин Гордей Глебович (RU)*

Заявка № 2019107629

Приоритет полезной модели 15 марта 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 08 октября 2019 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 15 марта 2029 г.



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B01D 15/08 (2019.08); G01N 30/02 (2019.08); G01J 1/24 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019107629, 15.03.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.03.2019

Дата регистрации:  
08.10.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.03.2019

(45) Опубликовано: 08.10.2019 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Мешковский Игорь Касьянович (RU),  
Плясов Семен Алексеевич (RU),  
Анчуткин Гордей Глебович (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: US 6258263 B1, 10.07.2001. SU 671503  
A1, 27.11.1995. SU 1402927 A1, 15.06.1988.

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МОЛЕКУЛ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ

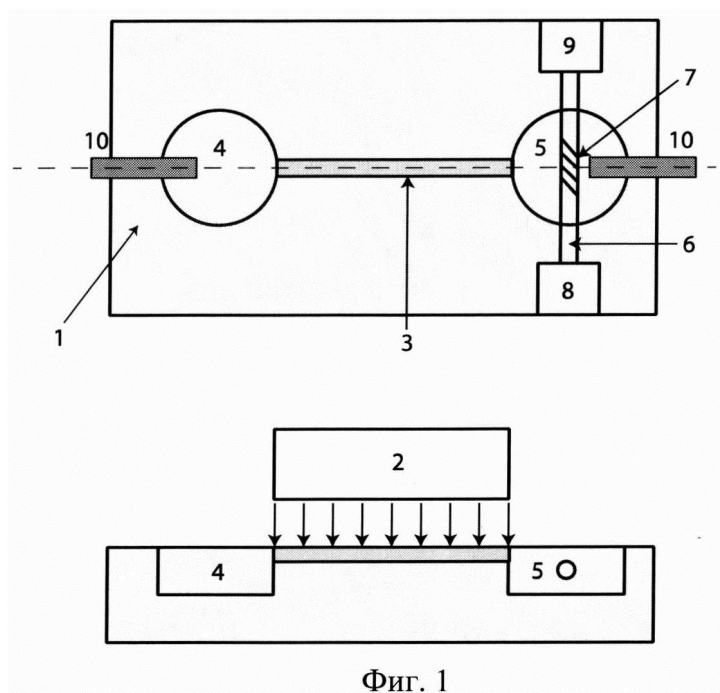
(57) Реферат:

Устройство относится к области разделения молекул органических красителей и применяется для разделения компонентов, а также для определения количественного состава смеси красителей.

В устройстве для разделения молекул органических красителей, включающем пластину из пористого стекла, на которой сформирована хроматографическая колонка, на входе которой сформирована емкость для исходной разделяемой смеси, а на выходе - емкость для измерения концентрации разделенных компонентов, а также измеритель концентраций компонентов смеси, хроматографическая колонка оптически соединена с источником излучения и электрически

соединена с источником напряжения, а измеритель концентраций компонентов смеси размещен внутри емкости для измерения концентрации разделенных компонентов и представляет собой оптическое волокно, на котором записана наклонная волоконная брэгговская решетка, при этом один конец оптического волокна оптически соединен со вторым источником оптического излучения, а другой конец волокна соединен с фотоприемником.

Использование измерителя на основе наклонной волоконной брэгговской решетки позволяет повысить чувствительность и увеличить эффективность разделения в целом. 4 ил.



Заявляемая полезная модель предназначена для разделения смеси органических красителей.

Известно устройство для разделения частиц на микрочипе, (P.C. Ashok et. al., Optical chromatography using a photonic crystal fiber with on-chip fluorescence excitation, Optics Express, vol. 18, no. 6, pp. 6396-6407, 2010). Устройство состоит из полимерной пластины, на которой создан канал, по которому движется раствор разделяемых веществ. Соосно каналу устанавливается фотоннокристаллическое оптическое волокно, которое излучает в направлении, противоположном направлению движения частиц. За счет оптического давления частицы большего размера замедляются по сравнению с частицами меньшего размера. Недостатком устройства является низкая эффективность разделения молекул с близкими размерами.

В качестве прототипа выбрано устройство для разделения молекул красителей, (патент #US6,258,263B1, дата публикации 17.09.1999, МПК G01J 1/24). Устройство состоит из трех пластин, механически соединенных между собой. На средней пластине вытравлены канавки, используемые в качестве хроматографической колонки. На нижней пластинке формируются электроды для детектирования разделяемых веществ в колонке. На верхней пластине формируются каналы для ввода и вывода элюента. Движение смеси разделяемых компонентов осуществляется при помощи высокого давления, прикладываемого к элюенту. За счет различной адсорбционной активности скорость движения молекул становится разной. Состав смеси измеряется посредством определения значений электрического сопротивления смеси вблизи омических контактов в различные промежутки времени. Недостатком данного устройства является неспособность разделять молекулы с близкой адсорбционной способностью, например молекулы Родамина 6Ж и Родамина 4Ц.

Задача, решаемая предлагаемой полезной моделью, заключается в повышении эффективности процесса разделения молекул органических красителей за счет селективного фотовозбуждения в процессе прохождения хроматографической колонки и повышения чувствительности при измерении концентраций разделенных компонентов.

Задача решается следующим способом. В устройстве для разделения молекул органических красителей, включающем пластину из пористого стекла, на которой сформирована хроматографическая колонка, на входе которой размещена емкость для исходной разделяемой смеси, а на выходе - емкость для измерения концентрации разделенных компонентов, а также измеритель концентраций компонентов смеси, хроматографическая колонка оптически соединена с источником излучения и электрически соединена с источником напряжения, а измеритель концентраций компонентов смеси размещен внутри емкости для измерения концентрации разделенных компонентов и представляет собой оптическое волокно, на котором записана наклонная волоконная брэгговская решетка, при этом один конец оптического волокна оптически соединен со вторым источником оптического излучения, а другой конец волокна соединен с фотоприемником. Из емкости для исходной разделяемой смеси в емкость для измерения концентрации разделенных компонентов течет подвижная фаза хроматографа или элюент.

В качестве измерителя концентраций разделенных компонентов используется датчик, в основе которого лежит наклонная волоконная брэгговская решетка. При выходе разделенного компонента исходной смеси из хроматографической колонки в емкость для измерения разделенных компонентов спектр наклонной волоконной брэгговской решетки изменяется. На основе степени изменений можно судить о концентрации молекул разделенных компонентов в элюенте.

Сущность заявляемого устройства поясняется следующим. На стеклянной пластине формируется канал из пористого стекла. Элюент движется по пористому каналу. В элюент вводится смесь разделяемых компонентов. Во время движения смеси компонентов по хроматографической колонке, колонка облучается оптическим излучением. Длина волны излучения должна лежать в области поглощения одного из разделяемых компонентов, и находиться вне зон поглощения остальных компонентов. Оптическое излучение селективно возбуждает молекулы компонента, которые поглощают фотоны. Для возбужденных молекул значение дипольного момента выше, чем для молекул в основном состоянии, что повышает число их актов адсорбции и снижает среднюю скорость миграции через пористую среду.

В емкости для измерения концентраций устанавливается оптическое волокно с записанной на нем наклонной волоконной брэгговской решеткой. К одному концу оптического волокна присоединен источник излучения. К другому концу присоединяется фотоприемник. С увеличением показателя преломления смеси происходит «сжатие» спектра поглощения. Таким образом, мощность излучения, проходящего через наклонную волоконную брэгговскую решетку, должна изменяться пропорционально концентрации молекул в элюенте. Применение датчика на волоконной брэгговской решетке позволяет проводить измерения концентрации в реальном времени. Датчик на наклонной брэгговской решетке не чувствителен к типу молекул.

Сущность заявляемого устройства поясняется чертежами, на фиг. 1 изображена общая схема устройства для разделения органических красителей при помощи фотонной хроматографии на чипе. На фиг. 2 приведен типичный спектр пропускания наклонной волоконной брэгговской решетки. На фиг. 3 приведена типичная передаточная характеристика измерителя на наклонной волоконной брэгговской решетке. На фиг. 4 приведены результаты разделения органических красителей Родамина 6Ж и Родамина 4Ц.

Устройство для разделения молекул органических красителей (фиг. 1) состоит из пластины из пористого стекла 1, на которой сформирована хроматографическая колонка 2. Хроматографическая колонка 2 оптически соединена с источником оптического излучения 3. На входе хроматографической колонки 2 формируется емкость для исходной разделяемой смеси 4. На выходе колонки 2 формируется емкость для измерения концентрации разделенных компонентов 5. В емкость 5 устанавливается измеритель концентраций компонентов смеси, который представляет собой волокно 6 с записанной брэгговской решеткой 7. С одного конца к оптическому волокну подключен второй источник оптического излучения 8 для измерения спектров пропускания решетки. Для регистрации величины прошедшего через брэгговскую решетку излучения с другой стороны установлен фотоприемник 9. К емкостям 4 и 5 присоединяются электрические контакты 10 электрически соединяющие хроматографическую колонку и источник напряжения.

Устройство работает следующим образом: смесь органических красителей помещается в емкость исходной разделяемой смеси 4. При помощи контактов 10 прикладывается электрическое поле от источника напряжения. Смесь красителей движется по колонке 2 вследствие процесса электромиграции. Хроматографическая колонка 2 облучается при помощи источника излучения 3. Оптическое излучение возбуждает молекулы одного из компонентов, и возбужденные молекулы замедляются по сравнению с молекулами остальных компонентов.

Во время движения молекул производится измерение мощности оптического излучения от источника 8, проходящего по оптическому волокну 6 через брэгговскую

решетку 7, при помощи фотоприемника 9. При увеличении концентрации красителей в емкости для измерения концентрации разделенных компонентов 5 спектр пропускания волоконной брэгговской решетки 7 (см. фиг. 2) будет изменяться, а суммарная мощность - снижаться (см. фиг. 3).

5 В качестве конкретного примера предлагается следующее устройство разделения молекул органических красителей на чипе. Чип представляет собой пластинку из невыщелочного пористого стекла с размерами, не превышающими 60×60 мм. На пластинке выщелачивается хроматографическая колонка 2. По краям хроматографической колонки 2 при помощи мокрого травления формируются емкость  
10 для исходной разделяемой смеси 4 и емкость для измерения концентрации разделенных компонентов 5. В качестве контактов 10 были использованы прижимные алюминиевые контакты. В качестве разделяемой смеси использовалась смесь Родамина 6Ж и Родамина 4Ц, которые имеют близкие адсорбционные свойства, близкие размеры молекул и плохо разделяются традиционными хроматографическими методиками. В качестве подвижной  
15 фазы использовался этиловый спирт. Смесь красителей помещается в область 4. При помощи электрического поля красители движутся по хроматографической колонке 2. В качестве источника излучения 3 используется полупроводниковый лазер с длиной волны 532 нм, соответствующей максимуму поглощения Родамина 6Ж.

В качестве оптического волокна применялось стандартное телекоммуникационное  
20 оптическое волокно SMF-28. Брэгговская решетка 7 формируется при помощи эксимерного лазера. Запись решетки проводится при помощи интерферометрического метода. Угол наклона брэгговской решетки составлял от 3 градуса. В качестве источника оптического излучения 8 применяется эрбиевый волоконный лазер. В качестве фотоприемника использовался кремниевый фотодиод. Процесс замедления Родамина  
25 6Ж проиллюстрирован на фиг. 3.

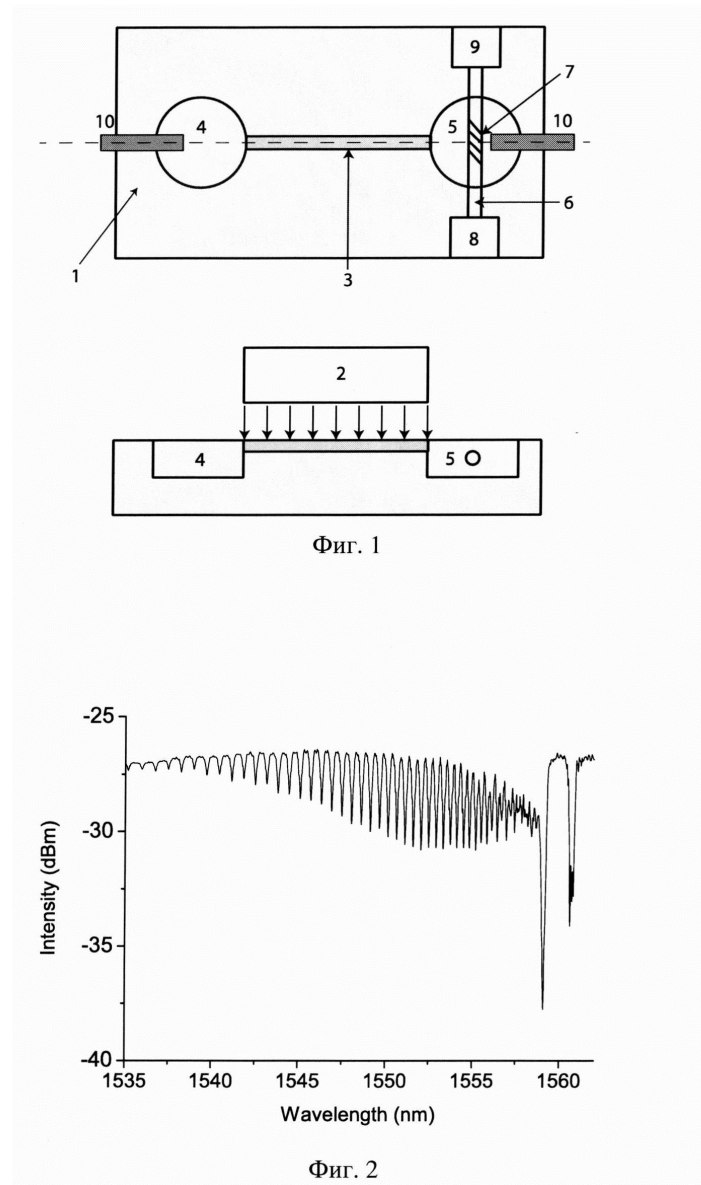
Использование оптического излучения позволяет селективно изменять скорость миграции выбранных компонентов, а применение измерителя на основе наклонной волоконной брэгговской решетки позволяет проводить измерения концентрации красителей с большей чувствительностью и в реальном времени, что повышает  
30 эффективность разделения молекул красителей в целом. Формирование всех компонентов на чипе позволяет снизить габаритные размеры фотонного хроматографа.

#### (57) Формула полезной модели

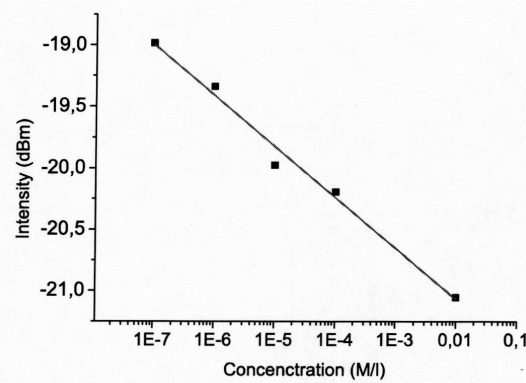
Устройство для разделения молекул органических красителей, включающее пластину  
35 из пористого стекла, на которой сформирована хроматографическая колонка, на входе хроматографической колонки сформирована емкость для исходной разделяемой смеси, а на выходе - емкость для измерения концентрации разделенных компонентов, а также, измеритель концентраций компонентов смеси, хроматографическая колонка оптически соединена с источником излучения и электрически соединена с источником напряжения,  
40 отличающееся тем, что измеритель концентраций компонентов смеси размещен внутри емкости для измерения концентрации и представляет собой оптическое волокно, на котором записана наклонная волоконная брэгговская решетка, при этом один конец оптического волокна оптически соединен со вторым источником оптического излучения, а другой конец волокна соединен с фотоприемником.

45

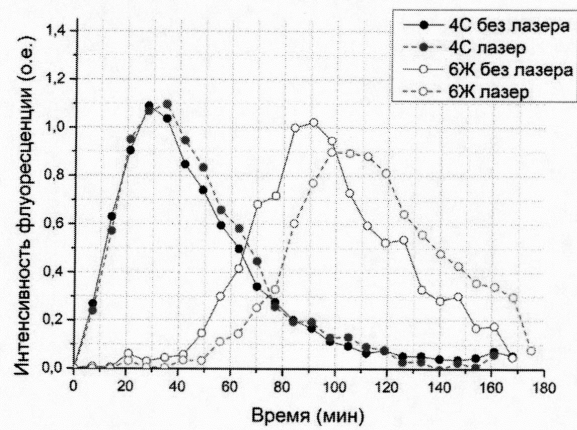
1



2



Фиг. 3



Фиг. 4