

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034576**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.02.21

(21) Номер заявки
201650138

(22) Дата подачи заявки
2016.12.30

(51) Int. Cl. **G01Q 60/38** (2010.01)
G01Q 70/08 (2010.01)
B82Y 35/00 (2011.01)

(54) **СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НА АТОМНО-СИЛОВОМ
МИКРОСКОПЕ С ПОМОЩЬЮ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК**

(31) **RU2016110060**

(32) **2016.03.18**

(33) **RU**

(43) **2017.11.30**

(56) **US-B1-7608820**
WO-A1-2009043368
EP-A1-2570815

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "БАШКИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Петров Александр Борисович,
Бахтизин Рауф Загидович, Гоц Сергей
Степанович (RU)**

(74) Представитель:
Шангараева Г.С. (RU)

(57) Изобретение относится к области техники зондовой микроскопии. Технический результат изобретения заключается в упрощении используемой экспериментальной техники с одной стороны и в увеличении возможностей в исследовании физических явлений на поверхности с нанометровым пространственным разрешением (химический состав, вязкоупругие свойства, диэлектрическая проницаемость и т.д.) с другой стороны. Технический результат достигается за счет квантовой точки, закрепленной на острие иглы кантилевера и находящейся в тесном механическом контакте с исследуемым образцом. Облучение квантовой точки заставляет ее высвечивать флуоресцентное излучение. Свойства флуоресцентного излучения определяются как свойствами самой квантовой точки, так и свойствами поверхности исследуемого образца в ее окрестности.

034576
B1

034576
B1

Изобретение относится к области приборостроения, преимущественно к измерительной технике. Оно может быть использовано, например, в материаловедении, при исследовании химического состава образцов с нанометровым пространственным разрешением, фононного спектра изучаемых образцов, при исследовании закономерностей поведения наноструктур на поверхности с целью дальнейшей разработки наноструктур.

Известен способ исследования объектов, называемый флуоресцентной микроскопией. В рамках этого метода какие-то интересующие исследователя элементы (молекулы, клетки и т.д.) помечаются специфическими флуоресцентными метками. Далее объект освещается лучом лазера, заставляющего эти метки флуоресцировать. После этого может быть построено изображение исследуемого объекта по флуоресцентным меткам, которое показывает пространственное распределение интересующих исследователя элементов и то, как с течением времени это распределение меняется. Также может быть исследовано время флуоресценции, анизотропия, спектры и кинетика флуоресценции, могут быть использованы и более сложные методы анализа с использованием флуоресценции [Optical Fluorescence Microscopy: From the Spectral to the Nano Dimension Summary, ed. By A.Diaspro, Springer, 2011; Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. - 1986. - 488].

К недостаткам такого способа исследования с помощью флуоресценции относятся низкое разрешение без использования сверхразрешения;

невозможность управлять положением флуоресцентной метки при использовании сверхразрешения.

Наиболее близким аналогом по технической сущности и достигаемому результату является способ возбуждения и регистрации оптических фононов в игле кантилевера атомно-силового микроскопа (АСМ) [ссылка на мою заявку], который позволяет возбуждать и регистрировать оптические фононы на острие иглы кантилевера АСМ непосредственно вблизи исследуемой поверхности, а за счет тесной механической связи острия иглы кантилевера с исследуемой поверхностью исследовать спектры оптических фононов исследуемого образца.

К недостаткам такого способа возбуждения и регистрации оптических фононов в игле кантилевера АСМ относятся

довольно сложная экспериментальная техника, предполагающая использование фемтосекундного лазера;

ограниченный функционал, позволяющий экспериментатору работать только с оптическими фононами.

Технический результат изобретения заключается в упрощении используемой экспериментальной техники с одной стороны и в увеличении возможностей в исследовании физических явлений на поверхности с нанометровым пространственным разрешением (химический состав, вязкоупругие свойства, диэлектрическая проницаемость и т.д.) с другой стороны.

Указанный технический результат достигается тем, что способ исследования поверхности на атомно-силовом микроскопе с помощью флуоресцентных квантовых точек включает облучение лазером активного слоя материала, нанесенного на острие иглы кантилевера, прижатой к исследуемому образцу, возбуждение и регистрацию в нем оптических фононов, обработку полученной информации, отличающийся тем, что в качестве слоя материала, нанесенного на острие иглы кантилевера, служит взаимодействующая с исследуемой поверхностью квантовая точка, в которой возбуждаются электроны с помощью импульса лазерного излучения, далее с помощью регистрирующего устройства, сфокусированного на квантовой точке, регистрируется флуоресцентное излучение, которое высвечивается квантовой точкой, обрабатывают полученную информацию и на основании характеристик флуоресцентного излучения делают вывод о свойствах среды, в которой находится квантовая точка.

В отличие от наиболее близкого аналога можно использовать квантовые точки различного состава и устройства, что позволит исследовать не только спектр оптических фононов, но и другие свойства поверхности, доступные методам флуоресцентной спектроскопии. Кроме того, при экспериментах не требуется фемтосекундный лазер.

Характер флуоресцентного излучения зависит от непосредственного окружения квантовой точки, закрепленной на острие иглы кантилевера.

Отличительным признаком предложенного способа является использование флуоресцентного излучения, генерируемого квантовой точкой, закрепленной на острие иглы кантилевера, после ее возбуждения лучом лазера. За счет механического контакта между квантовой точкой и исследуемой поверхностью свойства флуоресцентного излучения зависят от свойств поверхности. Благодаря тому, что квантовая точка размещена на острие иглы кантилевера, появляется возможность точно позиционировать ее размещение на исследуемой поверхности.

Примеры технической реализации заявляемого метода

Схема устройства для исследования поверхности на АСМ с помощью флуоресцентных квантовых точек изображена на чертеже. Устройство включает лазер 1, кантилевер 2, иглу кантилевера 3, острие иглы кантилевера 4, квантовую точку 5, закрепленную на острие иглы кантилевера 4, исследуемый образец 6, систему регистрации флуоресцентного излучения 7.

Способ исследования поверхности на АСМ с помощью флуоресцентных квантовых точек реализу-

ется следующим образом (чертеж). Лазер 1 генерирует импульс, который возбуждает квантовую точку 5, закрепленную на острие иглы кантилевера 4 и прижатую к исследуемому образцу 6. Возбужденное состояние квантовой точки высвечивается в виде флуоресцентного излучения, которое регистрируется системой регистрации 7. Благодаря тесному механическому контакту квантовой точки 4 с исследуемым образцом 6, характеристики флуоресцентного излучения зависят от свойств поверхности, на которую настроена квантовая точка. Таким образом, изучая характеристики флуоресцентного излучения, можно изучать свойства поверхности в окрестности квантовой точки. Перемещая квантовую точку из одного места в другое с помощью кантилевера, мы можем получать изображение поверхности для соответствующего свойства, в том числе в жидкости, что может представлять особый интерес для биологических исследований.

Получение спектров флуоресцентного излучения (а также исследование его других характеристик, таких как время флуоресценции, анизотропия, спектры и кинетика и т.д.), совмещенного с 3-D изображением зондового микроскопа, позволит ответить на многие актуальные вопросы физики конденсированных сред, химии, биологии, медицины.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ исследования поверхности на атомно-силовом микроскопе с помощью флуоресцентных квантовых точек, включающий облучение лазером квантовой точки, нанесенной на острие иглы кантилевера, прижатой к исследуемому образцу, возбуждение и регистрацию в ней оптических фоонов, обработку полученной информации, отличающийся тем, что в качестве квантовой точки, нанесенной на острие иглы кантилевера, служит взаимодействующая с исследуемой поверхностью флуоресцентная квантовая точка, в которой возбуждаются электроны с помощью импульса лазерного излучения, далее с помощью регистрирующего устройства, сфокусированного на квантовой точке, регистрируется флуоресцентное излучение, которое высвечивается квантовой точкой, обрабатывают полученную информацию и на основании характеристик флуоресцентного излучения делается вывод о свойствах среды, в которой находится квантовая точка.

