

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **16482**

(13) **С1**

(46) **2012.10.30**

(51) МПК

G 01N 1/36 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ФИКСАЦИИ МИКРО- ИЛИ НАНОРАЗМЕРНОЙ
ЧАСТИЦЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ
СИЛОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

(21) Номер заявки: а 20100068

(22) 2010.01.21

(43) 2011.08.30

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Гомельский государственный ме-
дицинский университет" (ВУ)

(72) Авторы: Стародубцева Мария Ни-
колаевна; Егоренков Николай Ива-
нович; Воропаев Евгений Викторо-
вич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Гомельский государственный
медицинский университет" (ВУ)

(56) ПОВСТУГАР В.И. и др. Зондовая микро-
скопия - 2000. Материалы всероссий-
ского совещания. ИФН РАН, 2000. -
С. 337-341.

SU 1553879 А1, 1990.

SU 1033904 А, 1983.

JP 51014746 А, 1982.

JP 2007/010351 А.

(57)

1. Способ фиксации микро- или наноразмерной частицы для исследования посред-
ством силовой спектроскопии, в котором указанную частицу размещают на поверхности
твердого тела, а затем закрепляют путем формирования вокруг нее слоя из твердого мате-
риала, высота которого меньше высоты частицы.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что указанный слой формируют посредством
электролитического осаждения металла.

3. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что указанный слой формируют посредством
электрохимического осаждения соли металла.

Изобретение относится к испытательной технике (технологии), предназначенной для
определения механических свойств (например, нанотвердости) отдельных частиц дис-
персных систем (например, частиц порошкообразных полимеров, металлов, силикатов и
др.; клеток растений, животных, человека и т.д.) посредством силовой спектроскопии на
атомно-силовом микроскопе.

Для осуществления механического воздействия на отдельную частицу (например, при
индентировании частицы - вдавливании в ее поверхность твердого тела), необходимо ре-
шить минимум две задачи. Во-первых, частицу необходимо закрепить на твердой подлож-
ке. Во-вторых, необходимо устранить или свести к минимуму проблему изменения формы
частицы (проблему краевых эффектов) - после контакта индентора с поверхностью иссле-
дуемой частицы дальнейшее его перемещение связано не только с деформацией материала
частицы (проникновением индентора в поверхностный слой частицы), но и с уменьшени-
ем толщины (высоты) частицы, вызванной ее деформацией в горизонтальной плоскости
("распластывании" частицы под нагрузкой, обусловленной индентором). Если решена

ВУ 16482 С1 2012.10.30

вторая задача, то решается, как правило, автоматически и первая задача. Решение второй задачи является необходимым условием применения теории Герца - наиболее обоснованной теории расчета модуля упругости твердого тела при вдавлении в него полусферического индентора.

Первую задачу можно решить достаточно просто, приклеив частицу к твердой подложке или прикрепив ее каким-то другим способом (например, биологические клетки можно прикрепить к стеклянной поверхности, предварительно обработав ее раствором поли-L-лизина) [1].

Для одновременного решения обеих задач частицу обычно помещают в заранее подготовленную выемку ("колодец") в поверхностном слое твердого тела. Выемки на поверхности твердого тела получают двумя способами: либо каким-то образом удаляют объем материала твердой подложки, соответствующий объему необходимой выемки, либо на твердую подложку-субстрат как жесткую основу наносят материал, в котором более легко можно получить выемку.

Наиболее близким к предлагаемому способу фиксации микро- или наноразмерной частицы является способ, сущность которого заключается в следующем. На твердую подложку (например, стекло) наносят слой фоточувствительного материала, помещают на него маску-трафарет и подвергают его ультрафиолетовому облучению. Затем маску-трафарет снимают, а подложку помещают в растворитель, который растворяет (удаляет) фоточувствительный материал в тех местах, где он не подвергался воздействию ультрафиолетового облучения. В результате получают углубления ("колодцы") в фоточувствительном материале, в которые затем и помещают исследуемые частицы (например, клетки) [2] (прототип).

Недостатки прототипа в том, что такая технология лишь частично решает необходимые задачи, так как заранее получить точно соответствующую форме исследуемой частицы выемку на поверхности твердого тела и поместить в нее частицу - трудновыполнимая задача. Реально всегда имеется некоторый зазор между внешней поверхностью исследуемой частицы и внутренней поверхностью выемки, что приводит к неустраняемым погрешностям при испытаниях. Кроме того, сложной и трудоемкой является технология помещения частицы в выемку.

Нами предлагается не помещать отдельные частицы (например, отдельные частицы дисперсных полимеров, силикатов и т.д.; клеток растений или животных и др.) в заранее подготовленные выемки, а формировать вокруг помещенных на поверхность твердого тела (например, металла, графита, полимера, стекла и т.д.) частиц слой твердого материала, толщина которого меньше высоты частицы.

Задача, на решение которой направлено предлагаемое изобретение, заключается в фиксации исследуемой частицы в поверхностном слое твердого тела с целью упрощения процесса препарирования и повышения точности результатов испытаний.

Задача решается за счет того, что способ фиксации микро- или наноразмерной частицы для исследования посредством силовой спектроскопии заключается в том, что указанную частицу размещают на поверхности твердого тела, а затем закрепляют путем формирования вокруг нее слоя из твердого материала, высота которого меньше высоты частицы. При этом слой формируют несколькими способами, например частицу-образец помещают на поверхность электропроводного материала (металла, графита и т.д.), а формирование слоя вокруг нее осуществляют методом электролитического осаждения металла; частицу-образец помещают на поверхность металла (например, железа), а формирование слоя вокруг частицы-образца осуществляют методом электрохимического осаждения из раствора соли металла более электроположительного (например, меди), чем металл, на котором размещена частица.

ВУ 16482 С1 2012.10.30

Примеры осуществления способа.

Пример 1 (электролитический метод).

На поверхность медной пластины помещают (или приклеивают) частицы полимера (например, полиэтилена, полиамида-6 и др.), помещают пластину в водный раствор медного купороса, подключают ее к отрицательному полюсу электрической батареи (анода) и пропускают постоянный ток в течение времени, достаточного для получения слоя осажденной меди толщиной более половины высоты частицы полимера. При высоте частицы около 0,5 мм, составе электролитической ванны (200 г/л CuSO_4 ; 40 г/л H_2SO_4) и плотности тока 0,2-0,3 а/дм² высота осажденного слоя меди достигает 3/4 высоты частицы полимера за 45-55 мин (рис. закрепление частицы-образца на поверхности металла электролитическим методом).

Пример 2 (электрохимический метод).

На поверхность стальной (железной) пластинки помещают (приклеивают) частицы порошкообразного полимера (например, поливинилбутираля) и погружают в водный раствор медного купороса. На незащищенных частицами полимера участках стальной поверхности электрохимически осаждается слой чистой меди (железо имеет меньший, чем медь, электрохимический потенциал, а осажденный слой меди является более рыхлым и занимает больший объем, чем растворенный слой железа).

Основным преимуществом предлагаемого способа является простота и плотный охват поверхности частицы твердым материалом (практическое исключение зазора между поверхностью частицы и поверхностью углубления, в котором частица оказывается).

Источники информации:

1. Dulinska I. et al. Stiffness of normal and pathological erythrocytes studied by means of atomic force microscopy // J. Biochem. Biophys. Method. - 2006. - Vol. 66. - P. 1-11.
2. ПОВСТУГАР В.И. и др. Способы фиксации высокодисперсных частиц для АСМ-исследований. Зондовая микроскопия - 2000. Материалы всероссийского совещания, ИФН РАН, 2000. - С. 337-341.