

УСТРОЙСТВО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЛЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ

© 2011 г. Е.Н. ИВАШОВ, А.Ю. ПЕРЕВОЗНИКОВ, Д.В. ДЕМИДОВ,
П.А. ЛУЧНИКОВ*, Л.Я. ГОЛИШНИКОВА**

Московский государственный институт электроники и математики
(технический университет),

*Московский государственный технический университет радиотехники,
электроники и автоматики,

**Московский государственный университет приборостроения и информатики
e-mail: axitonis@mail.ru

В настоящее время ни одно исследование в области физики поверхности и тонкоплёночных технологий не обходится без применения методов сканирующей зондовой микроскопии. Развитие сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) послужило также основой для развития новых методов в нанотехнологии – технологии создания структур с нанометровыми размерами.

Одной из важных технических проблем в сканирующей зондовой микроскопии является необходимость прецизионного перемещения зонда и образца.

Для решения этой проблемы применяются различные типы устройств перемещения, осуществляющих перемещение объектов с высокой точностью.

Широкое применение получили различные механические редукторы, в которых грубому перемещению исходного движителя соответствует тонкое перемещение смещаемого объекта. Механические редукторы в основном применяются для грубой подводки зонда к подложке.

Для точного позиционирования в СЗМ применяют сканирующие элементы. В настоящее время наибольшее распространение получили сканирующие элементы на основе пьезоэлектриков.

Перспективным является применение магнестрикционных материалов для создания прецизионных систем перемещения, так как это позволяет повысить точность позиционирования в десятки раз по сравнению с пьезоэлектрическими приводами.

Магнестрикция (от лат. натяжение, сжатие) – изменение формы и размеров тела при его намагничивании. Это явление свойственно как сильно магнитным (ферромагнитным), так и парамагнитным и диамагнитным веществам. Магнестрикция – результат проявления взаимодействий в магнитных телах. Магнестрикция неизменно привлекает внимание не только физиков, но также и инженеров с точки зрения конструирования новых приборов и технических устройств.

Магнестрикция оценивается безразмерной величиной – относительным изменением размеров магнетика:

$$\lambda = \frac{dl}{l} .$$

Здесь dl – удлинение (или укорочение) при включении магнитного поля H , а l – длина образца. В экспериментах обычно измеряется $\lambda_{||}$ – продольная магнестрикция, когда напряжённость поля H совпадает с направлением измерения, λ_{\perp} – поперечная магнестрикция, когда указанные направления взаимно перпендикулярны. Величины $\lambda_{||}$ и λ_{\perp} малы (даже для ферромагнетиков), и для их измерения применяются специальные методы и установки.

Магнестрикция в кристалле создаёт магнитоупругую (добавочную) анизотропию, которая оказывает сильное влияние на ход кривой намагничивания. Металлы Tb,

Dy, Ho, Er и ферриты-гранаты этих металлов (например, $Tb_3Fe_5O_{12}$) при низких температурах имеют необычайно высокие эффекты магнитострикции, на два — три порядка больше, чем магнитострикция в металлах, сплавах и ферритах группы Fe (при 100 К для Tb $\lambda = 5,3 \cdot 10^{-3}$, для Dy $\lambda = 8,0 \cdot 10^{-3}$, для Ni $\lambda = 4,0 \cdot 10^{-5}$).

Установлено, что такие гигантские магнитострикции могут быть получены и при комнатных температурах путём использования ферримагнитных соединений: $DyFe_2$, $HoFe_2$, $DyFe_3$ и др. Точки Кюри этих соединений, поскольку в них входят атомы Fe, выше комнатной температуры. При этом здесь, как и в случае редкоземельных материалов высокого магнитного насыщения, необходимо принять меры к снижению "вредного" влияния огромной магнитной анизотропии, т.е. уменьшить величину поля насыщения H_s .

В настоящее время известно устройство перемещения для нанотехнологии, содержащее неподвижное основание и жёстко связанный с ним привод, выполненный в виде трёх модулей, последовательно связанных между собой таким образом, что оси модулей расположены по координатным осям X, Y, Z. Зонд жёстко связан с третьим модулем.

Основным недостатком данного устройства является взаимозависимость перемещений зонда по координатным осям.

Таким образом, основная задача, поставленная при разработке модернизированного устройства, это обеспечение взаимной независимости перемещений зонда по координатным осям.

Предлагаемое устройство для наноперемещений представлено на Рис. 1.

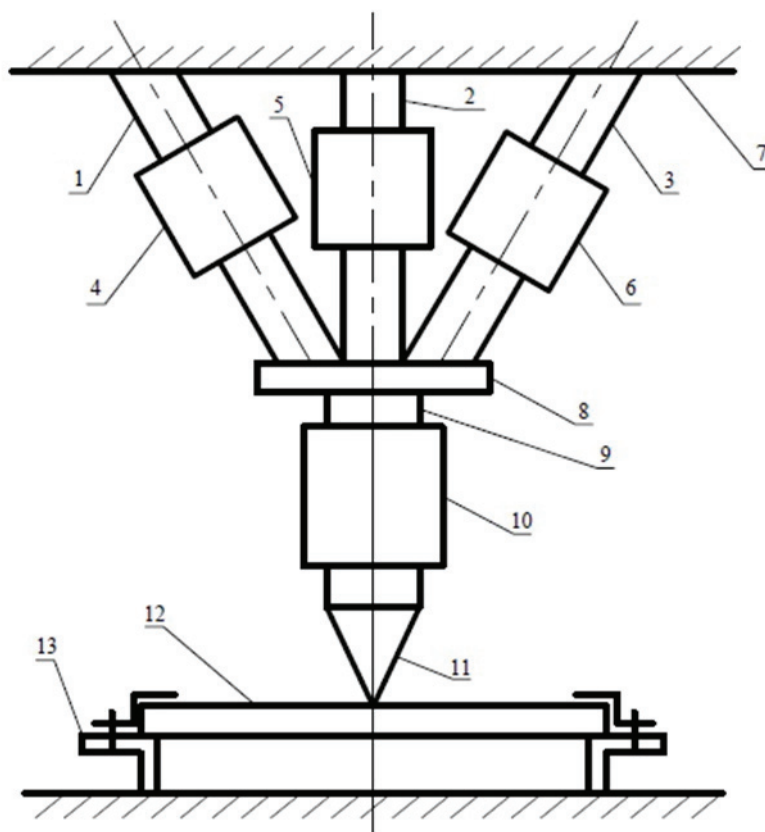


Рис. 1.

Устройство перемещения для нанотехнологии (Рис. 1) выполнено в виде трёх модулей 1, 2, 3, связанных между собой. Каждый модуль 1, 2, 3 устройства перемещения выполнен из магнитострикционного материала. На каждом модуле 1, 2, 3 установлена катушка 4, 5, 6 индуктивности с возможностью подачи на каждую катушку 4, 5, 6

напряжения. При этом модули 1, 2, 3 изолированы друг от друга, от зонда 9 и от неподвижной платформы 7 диэлектрическим материалом.

Верхние торцы модулей 1, 2, 3 связаны с неподвижной платформой 7, а нижние – с подвижной платформой 8 с одной её стороны, с другой стороны подвижной платформы 8 закреплён зонд 9, цилиндрическая часть которого выполнена из магнитострикционного материала, острие 11 из вольфрама, а на цилиндрической части зонда 9 закреплена катушка 10 индуктивности.

Устройство перемещений для нанотехнологии функционирует следующим образом.

При подаче напряжения на одну из катушек 4, 5, 6 индуктивности и прохождении по ней электрического тока, возникает магнитное поле, под действием которого происходит изменение линейного размера соответствующего модуля 1, 2, 3, выполненного из магнитострикционного материала. В результате происходит смещение в соответствующем направлении острия 11 зонда 9 относительно подложки 12, установленной на подложкодержателе 13. Подача напряжения на каждую катушку 4, 5, 6 осуществляется независимо друг от друга, что обеспечивает взаимную независимость перемещений по координатным осям.

Кроме того, возможна подача напряжения на катушку 10 индуктивности, размещённую на зонде 9, цилиндрическая часть которого выполнена из магнитострикционного материала, изменение его линейных размеров под действием возникающего при этом магнитного поля и, следовательно, перемещение острия 11 зонда 9 относительно подложки 12 по вертикальной оси.

Применение предлагаемого устройства перемещений для нанотехнологии позволяет обеспечить взаимную независимость перемещений зонда по координатным осям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васин В.А., Ивашов Е.Н., Степанчиков С.В.* Нанотехнологические процессы и оборудование электронной техники. // МИЭМ, Москва – 2009, с. 46 – 73.
2. Патент РФ на ПМ № 30034, кл. H01L 41/09, 10.06.2003, Бюл. № 16.
3. Патент РФ на ПМ № 40552, кл. H02N 2/04, 10.09.2004, Бюл. № 25.