

УПОРЯДОЧЕННОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ СЛОЙ НАНОМЕТРОВЫХ РАЗМЕРОВ - ПОВЕРХНОСТЬ ТВЕРДОГО ТЕЛА: МОДЕЛИРОВАНИЕ, МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ В НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ

Рябоконе В.Н., Емельянов А.В., Лапшин Р.В., Чегнова О.И.

Государственный научный центр РФ НИИ физических проблем им. Ф.В.Лукина (ГНЦ НИИФП)
103460, г. Москва, Зеленоград Тел.: (095) 531-16-03 Факс: 531-46-56

Разработана методика исследования характеристик упорядоченных систем металлических кластеров на основе процедуры автоматизированного определения в процессе СТМ сканирования положений центров узлов упорядоченной структуры, позволяющая устранить искажения, связанные с различными шумами, термодрейфом, ползучестью. Процедура основана на определении контуров замкнутых областей, полученных в результате сечения СТМ изображения некоторой плоскостью, и последующем определении центров тяжести каждой замкнутой области. Исследовано влияние введения хлорид-ионов в электролит на свойства поверхности наноструктурированного кремния. Обнаружено, что введение ионов хлора приводит к полной пассивации поверхности водородом и к отсутствию кремний-кислородных связей. Временная стабильность таких слоев значительно повышается. Получены и исследованы слои наноструктурированного GaAs. Способ формирования состоял из двух этапов: электрохимического оксидирования и химического травления. Проведены исследования на сканирующем электронном микроскопе, указывающие на наличие ориентированных микроразмерных элементов, а также наноразмерных элементов, расположенных по всей поверхности наноструктурированного слоя. В системе кремний-алюминий-оксид алюминия методом электрохимического анодирования получены квазиупорядоченные наноструктурированные поверхности с характерными размерами 40-50 нм.

Method of ordered metallic clusters system characteristics investigation is developed. Method is based on procedure of automatic determination of ordered structures site centers location during the STM scanning. This method allows to eliminate distortions concerned with different noises, thermodriffs, creeps. The heart of procedure is determination of closed areas outlines, obtained with cutting STM image by some plane and subsequent each closed areas centre of gravity determination. The action of chlorine-ions in electrolyte on the nanostructured silicon surface properties is investigated. It has been found that chlorine-ions insertion leads to total surface passivation by hydrogen and absence of silicon-oxygen bonds. Time stability of such layers significantly increases. The nanostructured GaAs layers are obtained and investigated. The method of fabrication contains two stages: electrochemical oxidizing and chemical etching. The investigations with scanning electronic microscope are carried out. They revealed oriented micrometric elements and nanometric elements on the whole layers surface. In the system silicon-aluminium-alumina quasiordered nanostructured surface with characteristic measure 40-50 nm are obtained and investigated.

Объявленные ранее цели проекта:

Исследование электрофизических характеристик упорядоченных систем металлических слой нанометровых размеров - поверхность полупроводника. Выбор и применение таких систем в нанoeлектронике.

Степень выполнения поставленных задач:

Поставленные цели в основном выполнены. Разработана методика исследования характеристик упорядоченных систем металлических кластеров на основе процедуры распознавания локализованных образований в процессе формирования изображений поверхностей методами сканирующей зондовой микроскопии. Продолжены работы по совершенствованию технологии полирующего травления кремния с целью получения упорядоченной наноструктурированной поверхности с шагом между узлами менее 20

нм. Предпринят поиск новых систем для получения наноструктурированных поверхностей - получены образцы арсенида галлия с наноструктурированной поверхностью, а также системы кремний-алюминий-наноструктурированная окись алюминия.

Полученные важнейшие результаты:

Получаемые методами зондовой микроскопии изображения узлов квазиупорядоченных структур (атомов, молекул и пр.) обычно зашумлены, что затрудняет определение положения центров узлов структур и проведение по ним автоматизированных процессов нанолитографии или измерения их параметров. В связи с этим разработана методика исследования характеристик упорядоченных систем металлических кластеров на основе процедуры автоматизированного определения положения центров узлов, позволяющая устранить искажения, связанные с различными шумами, термодрейфом, ползучестью. Процедура основана на определении контуров замкнутых областей, полученных в результате сечения изображения некоторой плоскостью, и последующем определении центров тяжести каждой замкнутой области. Исследована возможность применения наноструктурированного кремния с металлизированной поверхностью в технологии сенсоров. Реализован процесс химического палладирования наноструктурированного кремния путем осаждения из водных растворов хлорида палладия. Показано, что удельная поверхность металлизированного наноструктурированного кремния соответствует величине, задаваемой наноструктурированной матрицей. Исследовано влияние введения ионов хлора в электролит на свойства поверхности наноструктурированного кремния. Установлено, что получаемый наноструктурированный кремний отличается по своему составу от традиционно получаемого. Обнаружено, что введение ионов хлора приводит к полной пассивации поверхности водородом и к отсутствию кремний-кислородных связей. Временная стабильность таких слоев значительно повышается. Получены и исследованы слои наноструктурированного GaAs. Способ формирования состоял из двух этапов: электрохимического оксидирования и химического травления. Обнаружена голубая фотолюминесценция, наличие которой связывается с квантоворазмерными эффектами. Такой вывод подтверждается исследованиями на сканирующем электронном микроскопе, указывающими на наличие ориентированных микро- и наноразмерных элементов, а также наноразмерных элементов, расположенных по всей поверхности наноструктурированного слоя. В системе кремний-алюминий-оксид алюминия методом электрохимического анодирования получены квазиупорядоченные наноструктурированные поверхности с характерными размерами 40-50 нм.

Степень новизны полученных результатов:

Получено положительное решение по заявке на патент "Способ получения наноструктур" N 94035817 от 28.03.97. Проводится патентование методов получения наноструктурированного арсенида галлия и наноструктурированной поверхности кремния.

Сопоставление с мировым уровнем:

Проводимые в рамках проекта работы по разработке и исследованию характеристик упорядоченных систем металл-полупроводник вполне соответствуют мировому уровню работ по разработке основ нанотехнологии, на что указывают, в частности, специализированные разделы по разработке самоорганизующихся наноструктур в Межотраслевой научно-технической программе "Физика твердотельных наноструктур", подпрограмме "Перспективные технологии и устройства микро- и наноэлектроники" Федеральной целевой научно-технической программы, а также разделы о разработке "self ordered and self organized structures" в национальных программах стран дальнего зарубежья.

Использованные методы и подходы:

Для получения упорядоченной системы металлических кластеров нанометровых размеров на изолирующих подложках как основы технологии изготовления нанoeлектронных элементов используется предварительное самоорганизованное упорядоченное наноструктурирование поверхности полупроводниковой подложки. При этом исследуются: наноструктурирование поверхности кремния путем электрохимического травления в новых типах электролитов, наноструктурирование поверхности арсенида галлия, наноструктурирование поверхности оксидированного алюминия на поверхности кремния.

ПУБЛИКАЦИИ

1. Процедура распознавания атомов в СТМ изображениях

Лапшин Ростислав Владимирович

Третья международная научно-техническая конференция "Микроэлектроника и информатика". Тезисы докладов. Москва, Зеленоград. 11-12 ноября 1997 г. (1997) 222-223

Получаемые методами зондовой микроскопии изображения узлов квазиупорядоченных структур (атомов, молекул и пр.) обычно зашумлены, что затрудняет определение положения центров узлов структур и проведение по ним автоматизированных процессов нанолитографии или измерения их параметров. В связи с этим разработана процедура автоматизированного определения положения центров узлов, позволяющая устранить искажения, связанные с различными шумами, термодрейфом, ползучестью. Процедура основана на определении контуров замкнутых областей, полученных в результате сечения изображения некоторой плоскостью, и последующем определении центров тяжести каждой замкнутой области.

2. Перспективы применения системы наноструктурированных кремний-палладий в газовых сенсорах

Гаврилов Сергей Александрович Мазуренко Сергей Николаевич, Чегнова Ольга Ивановна

Третья международная научно-техническая конференция "Микроэлектроника и информатика". Тезисы докладов. Москва, Зеленоград. 11-12 ноября 1997 г. (1997) 148-149

Исследована возможность применения наноструктурированного кремния с металлизированной поверхностью в технологии сенсоров. Реализован процесс химического палладирования наноструктурированного кремния путем осаждения из водных растворов хлорида палладия. Показано, что удельная поверхность металлизированного наноструктурированного кремния соответствует величине, задаваемой наноструктурированной матрицей.

3. Электрохимическое нанометровое структурирование поверхности кремния

Гаврилов Сергей Александрович Емельянов Аркадий Владимирович, Лапшин Ростислав Владимирович, Рябоконт Валерий Николаевич, Чегнова Ольга Ивановна

Третья международная научно-техническая конференция "Микроэлектроника и информатика". Тезисы докладов. Москва, Зеленоград. 11-12 ноября 1997 г. (1997) 155-156

Исследован метод получения наноструктурированной кремниевой матрицы путем электрохимического травления поверхности кремния в смеси этилового спирта и плавиковой кислоты. Исследованы зависимости характерных размеров неоднородностей от содержания воды и величины напряжения анодирования.

4. Изменения свойств поверхности наноструктурированного кремния посредством изменения состава электролита

Гаврилов Сергей Александрович, Чегнова Ольга Ивановна, Костюченко Андрей Валерьевич, Пугачевич Владимир Петрович, Сорокин Игорь Николаевич, Караванский Владимир Андреевич, Мельник Николай Николаевич

Третья международная научно-техническая конференция "Микроэлектроника и информатика". Тезисы докладов. Москва, Зеленоград. 11-12 ноября 1997 г. (1997) 166-167

Исследовано влияние введения хлорид-ионов в электролит на свойства поверхности наноструктурированного кремния. Установлено, что получаемый наноструктурированный кремний отличается по своему составу от традиционно получаемого. Обнаружено, что введение ионов хлора приводит к полной пассивации поверхности водородом и к отсутствию кремний-кислородных связей. Временная стабильность таких слоев значительно повышается.

5. Голубая люминесценция из нанопористого GaAs

Емельянов Аркадий Владимирович Сидорова Людмила Петровна

Третья международная научно-техническая конференция "Микроэлектроника и информатика". Тезисы докладов. Москва, Зеленоград. 11-12 ноября 1997 г. (1997) 10

Получены и исследованы слои наноструктурированного GaAs. Способ формирования состоял из двух этапов: электрохимического оксидирования и химического травления. Обнаружена голубая фотолюминесценция, наличие которой связывается с квантоворазмерными эффектами. Такой вывод подтверждается исследованиями на сканирующем туннельном микроскопе, указывающих на наличие ориентированных микроразмерных элементов, а также наноразмерных элементов, расположенных по всей поверхности наноструктурированного слоя.