Нановискеры

Веклич А.В,
Ерушевич Д.А,
Борисов Р.А,
Рачек В.Б.
Институт инженерной физики и радиоэлектроники СФУ
660074, Красноярск, ул. Киренского 26.
E-mail: veklich95@mail.ru

В данной статье рассматривается основные свойства нановискеров, способы их получения,гетероструктуры на ННК и потенциальное применение ННК в науке.

Ключевые слова: Нановискеры, ННК,нанокристалл . *This article describes the basic properties of nanowhiskers, methods for their preparation, heterostructures NOC and NOC potential application in science.*

Keyword: Nanowhiskers, NOC, nanocrystal.

Нитевидный нанокристалл (ННК), часто называемый также нановискер или нанонить, нанопроволока , а также наностержень — это одномерный наноматериал, длина которого значительно превосходит остальные измерения, которые, в свою очередь, не превышают несколько десятков нанометров. Существуют различные виды ННК, среди которых металлические (например Ni, Au и другие), полупроводниковые (например из Si, InP, GaN и другие), молекулярные (состоящие из молекулярных единиц органического либо неорганического происхождения) и другие.

Формально говоря, существует некоторая разница между понятиями нановискеров и, например, нанопроволоки, так как в первом случае, обычно, имеются ввиду относительно короткие кристаллические структуры с длиной в несколько микрометров, а в последнем подразумеваются чрезвычайно длинные наноструктуры, буквально напоминающие проволоку. В русскоязычной научной литературе, как правило, используется термин нитевидные нанокристаллы (ННК) или нановискеры. Словарь нанотехнологических терминов даёт различные описания понятиям нанонить и нановискер. Стоит отметить, что понятие наностержень существенно отличается от других понятий, т.к. подразумевает, что длина объекта превосходит его диаметр всего в несколько раз, а в научной литературе, под наностержнем, также часто подразумевается ННК диаметром превышающим 100-200 нм. Иными словами, под наностержнем подразумевают нанообъекты буквально напоминающие короткий стержень, под нанонитями, напоминающие длинные нити, а под нановискерами скорее нечто среднее. Как бы то ни было, повсеместно можно встретить крайне неоднозначное использование всех этих терминов, под которыми могут подразумеваться как короткие, так и длинные одномерные наноструктуры. Таким образом, термины ННК и одномерная наноструктура являются в некотором роде наиболее общими. Все эти термины не следует путать с понятием нанотрубки.

Рассмотрим способы получения ННК.

Существует несколько принципиально различных механизмов получения одномерных наноструктур, которые можно поделить на методы для получения свободных структур (например механизм роста «пар-жидкость-кристалл») и использующие методы планарной технологии, а также некоторые другие.

Механизм роста «пар-жидкость-кристалл». Наиболее распространённым механизмом роста полупроводниковых ННК является механизм «пар-жидкость-кристалл», который был

продемонстрирован еще в 1964 году. В данном методе осуществляется эпитаксиальный рост ННК методами химического осаждения из газовой фазы или молекулярно-пучковой эпитаксии. Для этого на поверхность подложки сначала осаждается тонкая плёнка золота, играющего роль катализатора, после чего в камере повышается температура, и золото образует массив капель. Далее, подаются компоненты для роста полупроводникового материала, например элементы In и P для роста InP ННК. Эффект активации частицами катализатора заключается в том, что рост на поверхности под каплей происходит во много раз бытрее, чем на неактивированной поверхности, таким образом, капля катализатора поднимается над поверхностью, наращивая под собой нитевидный кристалл.

Так же для получения ННК используют «Спонтанный механизм роста». Самый простой метод для получения ННК оксида металла это обычный нагрев металлов на воздухе может быть легко сделать в домашних условиях. Механизмы роста известны с 1950-х годов. Спонтанное образование ННК происходит с помощью дефектов кристаллической решётки: дислокаций, присутствующих в определенных направлениях или анизотропии роста различных граней кристалла. После продвижения в микроскопии, продемонстрирован рост ННК при помощи винтовых дислокаций или границ двойников.

Кроме вышеизложенных методов, существуют также и такие методы получения ННК, как механизм «пар-кристалл-кристалл», рост кристаллов без использование внешнего катализатора (самокатализированный рост), селективная эпитаксия и некоторые другие методики.

А теперь рассмотрим основные свойства ННК. ННК и гетероструктуры на их основе имеют целый ряд уникальных свойств отличающих их от других нанообъектов и макроразмерных кристаллов. Ниже рассмотрены наиболее известные из них. Большинство полупроводниковых III-V кристаллов (например, GaAs, InAs, InP и другие), в нормальном состоянии имеют кристаллическую структуру цинковой обманки (сфалерита), тогда как лишь некоторые из них, например нитридные соединения (GaN, AlN), имеют гексагональную структуру вюрцита. Особенностью кристаллической структуры ННК является тот факт, что она может иметь как форму цинковой обманки, так и вюрцита, в зависимости от условий роста кристаллов. Более того, один ННК нередко содержит различные зоны со структурами обоих типов. В этом случае, используя методы фотолюминесцентной спектроскопии, можно наблюдать так называемую рекомбинацию второго типа, когда носители заряда из одной зоны рекомбинируют с носителями из другой зоны, из-за чего излучение происходит с энергией меньше ширины запрещённой зоны. В целом свойства материалов с кристаллической структурой вюрцита достаточно сильно отличаются от свойств материала со структурой цинковой обманки, что наделяет полупроводниковые ННК рядом свойств, не характерных для данного материала в обычном состоянии. К примеру, материалы с кристаллической структурой вюрцита, как правило, имеют большие пьезоэлектрические константы, что обуславливает существование встроенных пьезоэлектрических полей в ННК гетероструктурах, что в случае гетероструктур на ННК может приводить к квантоворазмерному эффекту Штарка.

Далее рассмотрим применение ННК. ННК является относительно новым материалом, и пока не имеет промышленного применения. Как бы то ни было, было продемонстрировано множество потенциальных применений ННК в различных областях электроники и медицины. В частности, были предприняты многочисленные попытки продемонстрировать различные возможности использования ННК в области фотовольтаики, для создания солнечных элементов. Кроме этого, ННК могут найти применение в термоэлектрических и пьезоэлектрических устройствах. ННК могут быть использованы для создания различных электронных устройств, например p-n переходов и транзисторов.

Список литературы

1. *Fang F., Markwitz A. Controlled fabrication of Si nanostructures by high vacuum electron beam annealing // Physica E- 41(10), 2009. P. 1853–1858.*
2. *Miyazawa K. Synthesis and Properties of Fullerene Nanowhiskers and Fullerene Nanotubes // J. Nanosci. Nanotechnol. 2009. V. 9, № 1. P. 41–50.*
3. http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article1257