

СТРУКТУРА ГРАНУЛИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Л. О. О. Лимов¹, И. И. Анарбоев²

О. Б. Хамрабоев², С. Г. Абдусатторов²

¹Университет экономики и педагогики. В Андижане

²Андижанский государственный технический институт

Аннотация: В данной работе изучаются методы получения ультрадисперсных порошковых полупроводниковых материалов, их физико-химические свойства и применение в современных технологиях. Под ультрадисперсными порошками понимаются частицы размером в нанометровом и микрометровом диапазоне. Такие материалы обладают большой площадью поверхности, а их электрические, оптические и термоэлектрические свойства значительно отличаются от свойств обычных материалов.

Ключевые слова: поликристаллический кремний, микроструктура, солнечная печь, удельное сопротивление, границы зерен, полупроводник.

Введение.

Существует несколько эффективных методов получения полупроводниковых порошков, включая механическое измельчение, химический синтез, золь-гель технологию, конденсацию в паровой фазе и плазменные методы. Эти методы позволяют контролировать размер частиц, форму и состав материалов. В частности, развитие нанотехнологий еще больше расширило возможности создания ультрадисперсных полупроводниковых материалов.

В настоящее время гранулированные полупроводники играют важную роль в интенсивном развитии области физики полупроводников [1-6]. Функциональные и физические свойства этого типа полупроводников расширяют возможности создания полупроводниковых приборов, солнечных элементов, термоэлементов и

интегральных схем на основе микро- и наноразмерных полупроводников [1, 2, 7]. В последние годы широко изучаются физические свойства гранулированных полупроводников, проявляющиеся при определенных условиях, в частности, механизмы возникновения междоузельных термоэлектрических эффектов [1, 2]. Согласно анализу литературы, механизмы возникновения этих эффектов зависят от объема гранулированного полупроводника и наличия междоузельных состояний или дефектов на поверхности, и показано, что образование в них электронно-дырочных пар может повысить эффективность полупроводников. Однако структура ультрадисперсных порошковых полупроводников и ее влияние на процессы переноса заряда является одной из проблем, которая еще не полностью изучена. В связи с этим в данной работе обсуждаются результаты, полученные при изучении структуры и электропроводности ультрадисперсных порошковых полупроводников.

Метод исследования.

Как известно, порошковая технология, благодаря своей простоте, надежности и отсутствию сложных операций, широко используется в металлургии для получения различных пластин, обработки поверхностей материалов и других целей [7, 8]. Однако, поскольку порошки получают механическими методами, примеси, поступающие из внешней среды, приводят к образованию различных дефектов в объеме или на поверхности материала. Кроме того, одним из недостатков порошковой технологии является загрязнение порошков в процессе от сырья до приготовления порошка. Для решения этих проблем сначала проводили промывку и вакуумную сушку для очистки порошков. Затем порошки очищали специальным магнитным методом [7]. Следует отметить, что в данной работе для процесса измельчения использовались высокозакаленный керамический молоток и шаровая мельница с гладкой поверхностью. Поскольку процесс проводится при комнатной температуре, химическая реакция между атомами примеси, поступающими из внешней среды, и кремнием не происходит. Таким образом, магнитный метод

позволяет полностью очистить порошки кремния от примесей, попавших из внешней среды и обладающих магнитными свойствами.

Свойства образцов

На рисунке 1 показана микрофотография гранулированного диоксида кремния и упрощенная схема. Предварительные результаты исследований показывают, что размер ультрадисперсных полупроводниковых порошков составляет 400–700 нанометров, а их поверхность имеет различную шероховатость. Их структуру можно объяснить следующим образом.

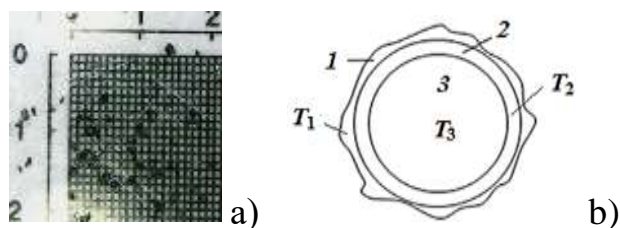


Рисунок 1. а) - микрофотография гранулированного кремния; б) - упрощенная схема порошка.

Как известно из порошковой технологии, для получения пластин на основе этой технологии проводится термическая обработка. Термическая обработка проводится при температуре ниже температуры плавления кристалла, используемого для порошковой обработки (т. е. 86% от него). Например, для кремния, температура плавления которого составляет ~ 1420 °С, температура термической обработки составляет $\sim 1200 \div 1250$ °С. Основная причина этого — нагрев порошков в процессе порошковой обработки. На наш взгляд, процесс нагрева порошков происходит неравномерно по всему объему порошкового кристалла, в результате чего по всему объему кристалла возникает разница температур. В зависимости от разницы температур структуру порошка можно разделить на 3 части (рис. 1б). Игольчатая поверхность с относительно высокой температурой (1) и 2 сферы, отделяющие ее от порошкового ядра (3). Атомная структура этих сфер радикально отличается друг от

друга при механическом воздействии, что приводит к образованию различных шероховатостей на их поверхности. Кроме того, в зависимости от атомной структуры этих сфер, электрические, оптические и другие свойства каждой сферы могут радикально отличаться друг от друга. Такой подход открывает новые возможности для свойств ультрадисперсных порошков и их применения. На основе предложенной модели структуры порошков крайне важно проводить исследования в направлении определения термоэлектрических свойств гранулированных полупроводников, теплопроводности, процессов переноса заряда и механизмов образования электронно-дырочных пар в переходных состояниях при изменении температуры.

Результаты исследования показывают, что процесс переноса заряда в гранулированном кремнии зависит от размера гранул, что можно объяснить следующим образом, исходя из свойств двух соединенных между гранулами доменов. Как видно на рисунке 1b, атомная структура ядра гранулы и ее поверхности различается из-за разницы температур по объему порошкового кристалла в процессе измельчения. Если предположить, что ядро гранулы представляет собой моноструктуру, то на его поверхности образуется оксидный слой или дефектное состояние. На наш взгляд, оксидный слой или дефектные состояния на границе между двумя соединенными гранулами действуют как потенциальный барьер для носителей заряда. По мере уменьшения размера гранул увеличивается и количество граничных доменов, образующих два соединенных домена. В результате каждый сектор отрицательно влияет на перенос носителей заряда, и общая проводимость зависит от суммы значений потенциальных барьеров в этих секторах. Негативное воздействие этих секторов на процесс переноса заряда приводит к снижению энергетической активности проводимости, что, в свою очередь, ведет к экспоненциальному уменьшению проводимости.

Заклучение

В заключение, полученные результаты могут иметь важное значение при изучении физических свойств гранулированных полупроводников в определенных условиях, включая физические процессы, происходящие в двух смежных областях.

Поскольку ультрадисперсные полупроводниковые порошки обладают высокой активностью, в них важную роль играет поверхностный эффект. Это влияет на движение электронов и дырок, а также изменяет параметры электропроводности и энергетической зоны материала. В результате такие материалы эффективно используются в высокочувствительных датчиках, солнечных батареях, катализаторах и термоэлектрических устройствах.

Также возможно создание наноструктурированных композитных материалов на основе ультрадисперсных порошков. Такие материалы обладают высокой механической прочностью, термостойкостью и функциональными свойствами. Спрос на эти материалы растет с каждым днем в областях современной электроники и энергетики.

Список использованной литературы

1. Ашуров М.Х., Абдурахманов Б.М., Адилов М.М., Ашуров Х.Б. Изотипный преобразователь тепловой энергии на основе микрозистого кремния. // ИЗ РУЗ. 2010. № 3. С. 45-49.
2. Б.М. Абдурахманов, М.М. Адилов, М.Х. Ашуров, Х.Б. Ашуров, Б.Л. Погонщик быков. Разработка и исследование кремниевых изотипных, одно и многопереходных тепловольтаических преобразователей энергии. Препринт ИЯФ АН РУз Р-8-693. Ташкент – 2010. С.36.
3. З.М. Сахибова, И. Анарбоев, А. Мамиров, Л.О. Олимов, «Проводимость гранулированных полупроводников», Труды республиканской научно-практической конференции АГНУ «Современные проблемы физики полупроводников и развитие возобновляемых источников энергии» (20-21 апреля), 2018 г., стр. 153-154.

4. З.М. Сахибова, И. Анарбоев, Л.О. Олимов, Ф.Л. Омонбоев, Р.У. Алиев. Труды научно-практической конференции республики «Современные проблемы физики полупроводников и развитие возобновляемых источников энергии» «Индуктивные теплоэлектрические эффекты в ультрадисперсных порошковых полупроводниках» (20-21 апреля), 2018 г., стр. 165-166.
5. З.М. Сахибова, М.М. Адиллов, Л.О. Олимов. «Влияние гранулометрических параметров кремниевого порошка и электропроводности». ИПЕК-7 Сборник тезисов докладов, 18-19 мая 2018 г. Стр. 113.
6. З.М. Сохбова, И.Анарбоев, Л.О. Олимов, С. Еркабоева, Ф.Л. Омонбоев, Р.У. Алиев. «Влияние атомов кислорода на термоэлектрические характеристики ультрадисперсного кремния». IV Международной конференции по оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро-и наноструктурах. Часть-3. 25-26 мая 2018 г., Фергана. Страница 262.
7. Олимов Л.О. «Границы зерен поликристаллического кремния: микроструктура, зарядовые состояния и г–п-переходы». Автореферат докторской диссертации. 2016 год
8. С.З.Зайнабидинов, Б.М.Абдурахманов, Р.Алиев, Л.О.Олимов, Э.Мухтаров. Гелиотехника, №3, С.79-82, 2005.