

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Лобанов Антон Андреевич

**Исследование эффекта антистоксовой
люминесценции эрбия в алюмоиттриевых гранатах
для создания ап-конверсионных слоев на
кремниевых солнечных элементах**

Специальность 000.00.00 —
Научно-исследовательская

Курсовая работа

Научный руководитель:
д. Хорошко Л. С.

Минск, 2023

Оглавление

1. Введение	3
2. Методы получения гарнет-систем	4
2.1 Золь-гель метод	4
2.2 Твердотельный метод	4
2.3 Флюсовый метод	5
2.4 Метод Чохральского	6
2.5 Флюсовый метод	6
Литература	
Список литературы	8

Глава 1

Введение

Солнечная энергия является многообещающей альтернативой традиционным ископаемым видам топлива, поскольку это чистый, возобновляемый и доступный источник энергии. Однако эффективность солнечных элементов все еще ограничена, и её дальнейшее развитие необходимо для удовлетворения растущих потребностей мира в энергии. Ап-конверсионные слои на основе иттрий-алюминиевых гранатов (ИАГ), легированных эрбием (Er), недавно привлекли внимание как средство повышения эффективности солнечных элементов. Эти материалы обладают способностью преобразовывать низкоэнергетические фотоны солнечного спектра в фотоны более высокой энергии, которые могут поглощаться солнечным элементом, повышая тем самым его эффективность. Данная курсовая работа направлена на исследование влияния антистоксовой люминесценции эрбия в алюмоиттриевых гранатах на создание ап-конверсионных слоёв на кремниевых солнечных элементах. В документе будут обсуждаться свойства YAG:Er, механизм преобразования с повышением частоты и потенциал этих материалов для улучшения характеристик солнечных элементов. Будут представлены результаты экспериментальных исследований и теоретического моделирования, чтобы дать представление о свойствах и поведении этих материалов. Результаты этого исследования могут способствовать разработке более эффективных солнечных элементов и способствовать более широкому использованию возобновляемых источников энергии.

Глава 2

Методы получения гарнет-систем

2.1 Золь-гель технология

Золь-гель технология представляет собой процесс химической реакции, в результате которого раствор-предшественник или золь, содержащий ионы металлов или металлоидов, превращается в твердый гель. Этот процесс включает несколько стадий, таких как гидролиз, конденсация и полимеризация. Во время гидролиза молекулы-предшественники реагируют с водой, образуя гидроксильные группы, которые затем конденсируются, образуя трехмерную сеть взаимосвязанных частиц. Полимеризация происходит, когда сеть становится более сложной, образуя твердый гель. Золь-гель технология имеет широкий спектр применений в материаловедении, включая производство керамики, стекла, композитов, а также покрытий, таких как антиотражающие покрытия. Она также используется для создания катализаторов и датчиков. Преимущества золь-гель технологии включают возможность контроля свойств материалов, получение тонких пленок и низкотемпературную обработку.

Для примера получения такой системы можно использовать порошки в соотношении (Y, Er, Yb):Al:O = 3:5:12, соответствующие стехиометрии алюмоиттриевого граната. На первом этапе синтеза азотнокислые соли алюминия и иттрия последовательно растворяют в спиртовом растворе лимонной кислоты. Азотнокислые соли эрбия и иттербия растворяют в водно-спиртовой смеси, после чего полученные растворы смешивают. Готовые золи подвергают многостадийной термообработке в интервале от 200 до 1000 °C с шагом 200 °C и продолжительностью каждой стадии 2 ч. [1]

2.2 Твердотельная реакция

Реакция в твердом состоянии представляет собой метод синтеза кристаллических материалов, в том числе гранатов, путем нагревания и смешивания соответствующих порошков оксидов или карбонатов желаемых элементов при высоких температурах. Метод включает серию химических реакций между исходными материалами для получения желаемого продукта. Процесс обычно включает несколько стадий, в том числе смешивание порошков, прессование смеси в гранулы или прессовки и нагревание гранул до высокой температуры (1000-1500°C) в печи в течение нескольких часов, чтобы ускорить реакцию и ускорить процесс. образование гранатовой фазы. Твердотельная реакция является популярным методом синтеза гранатов, потому что она относительно проста, экономична и может производить большое количество материала. Однако метод имеет некоторые ограничения, в том числе необходимость высоких температур и длительное время реакции, что может привести к образованию примесей и нежелательных фаз. Метод также требует точного стехиометрического соотношения исходных материалов для обеспечения образования желаемого продукта. В целом, метод твердотельной реакции широко используется для синтеза гранатов и других сложных материалов и продолжает оставаться важным инструментом для материаловедов и инженеров.

2.3 Флюсовый метод

Флюсовый метод представляет собой метод синтеза кристаллических материалов, в том числе гранатов, при более низких температурах (800-1000°C) по сравнению с другими методами, такими как твердотельная реакция. Метод включает использование флюсового материала, который действует как растворитель, способствующий росту монокристаллов желаемого материала. В случае гранатов порошки-предшественники смешивают с флюсовым материалом, таким как оксид бора, который плавится при более низкой температуре, чем оксиды, образующие гранат. Смесь нагревают в печи, флюс плавит и растворяет порошки-предшественники, способствуя образованию более крупных моно-кристаллов граната. Метод флюса имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами, в том числе возможность получения монокристаллов высокой чистоты и качества с четко определенной морфологией. Кроме того, это относительно простой и экономичный метод, с помощью которого можно производить большое количество материала. Однако метод имеет некоторые ограничения, в том числе возможность включения примесей из флюсового материала, что может повлиять на свойства получаемых кристаллов. В целом, флюсовый метод

является важным методом синтеза гранатов и других сложных материалов, особенно для приложений, требующих высококачественных монокристаллов с определенной морфологией и свойствами.

2.4 Метод Чохральского

Метод Чохральского в настоящее время является наиболее развитым методом выращивания объемных монокристаллов. Высокий технический уровень и степень автоматизации процесса делают этот метод предпочтительным для выращивания и получения высококачественных объемных монокристаллов, таких как кремний, различные оксиды, фториды и многоэлементные соединения.

Метод Чохральского — это метод выращивания монокристаллов гранатов и других материалов, особенно тех, которые имеют высокие температуры плавления и которые трудно вырастить другими методами. Метод включает медленное вытягивание затравочного кристалла из расплава соответствующего состава и предоставление ему возможности вырасти в более крупный монокристалл. Процесс начинается с приготовления высокочистого расплава нужного состава в тигле из подходящего материала, такого как платина или графит. Затем затравочный кристалл осторожно опускают в расплав и дают возможность вступить в контакт с поверхностью. Тигель и затравочный кристалл вращаются и вытягиваются вверх с контролируемой скоростью, позволяя кристаллу расти из расплава. Метод Чохральского требует точного контроля температуры, скорости роста кристалла и других параметров, чтобы обеспечить формирование монокристалла с заданными свойствами. Полученный кристалл обычно имеет цилиндрическую форму, гладкую поверхность и высокую степень кристаллического совершенства. Метод Чохральского широко используется для производства высококачественных монокристаллов гранатов и других материалов для использования в различных приложениях, включая оптику, электронику и эксперименты при высоких давлениях. Это относительно медленный и дорогой процесс по сравнению с другими методами выращивания кристаллов, но он обеспечивает высокую степень контроля над качеством и свойствами кристаллов.

2.5 Метод зонной плавки

Метод зонной плавки - это метод выращивания монокристаллов гранатов и других материалов, особенно тех, которые имеют высокие температуры плавления и которые трудно вырастить другими методами.

Этот метод включает расплавление порошка прекурсора с использованием высокоэнергетического источника тепла, такого как лазер или электронный луч, а затем медленно перемещают зону плавления по материалу прекурсора для создания монокристалла граната. Процесс начинается с цилиндрического стержня или поликристаллического слитка исходного материала. Стержень помещают в печь и нагревают до высокой температуры, обычно выше точки плавления материала. Затем высокоэнергетический источник тепла фокусируется на небольшом участке стержня, расплавляя небольшой объем материала. По мере движения источника тепла вдоль стержня расплавленная зона затвердевает, образуя монокристалл граната. Кристалл растет по мере движения расплавленной зоны вдоль стержня, и этот процесс можно повторять несколько раз для создания более длинных высококачественных монокристаллов. Метод зонной плавки предлагает несколько преимуществ по сравнению с другими методами выращивания кристаллов, в том числе возможность производить большие высококачественные монокристаллы с определенной морфологией и свойствами. Этот метод также является относительно быстрым и позволяет получать высококачественные кристаллы за несколько часов, по сравнению с днями или неделями, необходимыми для других методов. Метод зонной плавки широко используется для получения высококачественных монокристаллов гранатов и других материалов для использования в различных приложениях, включая оптику, электронику и эксперименты при высоких давлениях. Это относительно дорогой процесс по сравнению с другими методами выращивания кристаллов, но он обеспечивает высокую степень контроля над качеством и свойствами кристаллов. [2]

Литература

- [1] Л. С. Хорошко, М. В. Руденко, К. С. Сукалин, А. В. Мудрый, Ю. В. Радюш, Н. В. Гапоненко. Люминесценция эрбия в порошках (Y, Er, Yb) $3\text{Al}_5\text{O}_{12}$. Оптический журнал. – 2019. – Т. 86, № 2. – С. 74 – 78. – DOI: 10.17586/1023-5086-2019-86-02-74-78.
- [2] John Wiley & Sons. Crystal Growth Processes Based on Capillarity: Czochralski, Floating Zone, Shaping and Crucible Techniques. - 2010. - ISBN: 978-0-470-71244-3

Л

