

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

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

# Глава 1

## Введение

В настоящее время разработка эффективных способов получения электроэнергии из возобновляемых источников является одной из наиболее актуальных задач в области энергетики. Солнечные элементы являются одним из наиболее перспективных источников энергии, но их эффективность все еще ограничена. Одним из способов повышения эффективности солнечных элементов является создание ап-конверсионных слоев, которые могут увеличить количество поглощенных фотонов. В данной работе будет рассмотрен эффект антистоксовой люминесценции эрбия в алюмоиттриевых гранатах, который может быть использован для создания ап-конверсионных слоев на кремниевых солнечных элементах. Этот эффект заключается в том, что при поглощении двух фотонов с энергией ниже широкой зоны запрещенных состояний, эрбий испускает фотон с энергией выше этой зоны, что позволяет увеличить количество поглощенных фотонов. Также в данной работе будут рассмотрены особенности экспериментального исследования эффекта антистоксовой люминесценции эрбия в алюмоиттриевых гранатах, а также его возможное применение для создания ап-конверсионных слоев на кремниевых солнечных элементах. Будут также обсуждаться преимущества и недостатки данного подхода и возможные направления дальнейших исследований в этой области.

## **Глава 2**

### **Методы получения гарнет-систем**

#### **2.1 Золь-гель технология**

Золь-гель технология представляет собой процесс, который включает преобразование раствора (золя) в твердую (гелевую) фазу посредством химической реакции. В этом процессе раствор, содержащий ионы металлов или металлоидов, известный как раствор-предшественник или золь, превращается в твердый гель в результате химической реакции, которая включает образование трехмерной сети взаимосвязанных частиц или молекул. Золь-гель процесс включает несколько стадий, включая гидролиз, конденсацию и полимеризацию. Во время гидролиза молекулы-предшественники реагируют с водой с образованием гидроксильных групп, которые затем подвергаются реакциям конденсации с образованием сети взаимосвязанных частиц. Полимеризация происходит, когда сеть становится более сложной и образует твердый гель. Золь-гель технология имеет широкий спектр применений в материаловедении, включая производство керамики, стекла и композитов. Этот метод также можно использовать для получения покрытий, таких как антиотражающие покрытия, а также для приготовления катализаторов и датчиков. К преимуществам золь-гель технологии относятся возможность производства материалов с контролируемыми свойствами, возможность получения тонких пленок и возможность низкотемпературной обработки.

#### **2.2 Твёрдотельная 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. Твёрдотельная 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 твёрдотельной 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 твёрдотельная 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 — 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 плавающей зоны

Метод плавающей зоны - 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 плавающей зоны 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 плавающей зоны 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.

# **Литература**