

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК _____

Кривошеев
Алексей Вячеславович

Синтез алюмоиттриевых композитов, их структурные и оптические свойства

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 Нанотехнологии и наноматериалы (в
электронике)

Научный руководитель

Гапоненко Николай Васильевич

Доктор физ.-мат. наук, профессор

Минск 2016

ВВЕДЕНИЕ

Ряд свойств известных кристаллических веществ резко изменяются, когда размер кристаллов достигает нанометровых размеров. Данные изменения могут быть вызваны как квантово-размерными эффектами, так и усилением роли различных поверхностных эффектов. Размерные эффекты в твердых телах – это явление, наблюдающееся в условиях, когда геометрические размеры объекта сравнимы с той или иной из длин, определяющих протекание физических процессов (например, длиной свободного пробега носителя заряда, длиной волны де Бройля и т.д.). Результатом исследований низкоразмерных систем стало открытие принципиально новых физических явлений.

Среди всех наноразмерных систем особое внимание уделяется наночастицам и нанокристаллическим порошкам, легированным редкоземельными ионами. Комбинация малых размеров кристаллических частиц и наличие легирующих примесей – люминесцентных центров – ионов редкоземельных элементов обеспечивает высокую эффективность и стабильность люминесценции таких материалов по сравнению с органическими люминофорами, что способствует расширению потенциальных областей их применения.

Наибольшее распространение среди синтетических гранатов получили иттрий-алюминиевые, гадолиний-галлиевые и иттрий-железистые гранаты. Кроме того, кристаллы иттрий-алюминиевых гранатов находят широкое применение в качестве подложек для ферромагнитных пленок счетно-решающих устройств. Именно возможность широкого использования указанных кристаллов в научных и технических целях стимулировала развитие работ по их синтезу и выращиванию. Кристаллы ИАГ представляют собой большую группу соединений, обладающих структурой природных гранатов. Введение различных примесных компонентов позволяет получить гранаты различного цвета и оттенков. Иттрий-алюминиевые гранаты могут быть выращены различными методами. В промышленных масштабах гранаты в основном из расплавов методом Чохральского.

Чистый, нелегированный монокристалл ИАГ – это бесцветный, твердый, прозрачный кристалл кубической симметрии. Его оптические свойства изотропны – показатель преломления не зависит от направления распространения света и его поляризации.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Три псевдо-бинарных соединения существуют в системе Al_2O_3 - Y_2O_3 : иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ, YAG, $Y_3Al_5O_{12}$), иттрий-алюминиевый перовскит (YAP, $YAlO_3$) и моноклинный иттрий-алюминиевый композит (YAM, $Y_4Al_2O_9$). YAG существует в кубической форме со структурой граната. YAP имеет ромбическую искаженную структуру перовскита, а YAM - моноклинную. Существует еще одна фаза $YAlO_3$, модификация которой является гексагональной (YAH) и только в химически синтезированных порошках.

ИАГ могут быть изготовлены в виде монокристаллов, плёнок, порошков, керамики, и волокон.

В литературе сообщается о многих способах получения ИАГ, таких как твёрдофазный метод, метод совместного осаждения, гидротермальный, сольватермальный, метод горения, метод вымораживания, спрей термическое разложение и золь-гель метод.

Иттрий-алюминиевый гранат обладает уникальными оптическими и механическими свойствами. ИАГ легированный редкоземельными элементами, такими как неодим, используется как материал активной части лазеров.

Целью диссертационной работы являлось исследование структурных и люминесцентных свойств порошков ИАГ, легированных ионами тербия, плёнок ИАГ, легированных ионами тербия и неодима, синтезированных с помощью золь-гель метода.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Собрать и проанализировать литературные источники по иттрий-алюминиевым гранатам и золь-гель методу;
2. Разработать методику синтеза золь-гелей ИАГ, для получения тонких плёнок и порошков ИАГ, легированных редкоземельными элементами;
3. Синтезировать тонкие плёнки и порошки ИАГ, и провести исследование полученных образцов;
4. Провести анализ полученных результатов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Исследована область применения иттрий алюминиевых гранатов, как чистых, так и легированных редкоземельными элементами.
2. Собрана и проанализирована литература по различным способам получения ИАГ, были отмечены плюсы и минусы различных способов.
3. Подробно рассмотрена золь-гель технология для синтеза тонких плёнок и порошков.
4. Рассмотрены основные методики золь-гель синтеза иттрий алюминиевых композитов.
5. Приготовлены растворы для совместного осаждения алюминия и тербия, полученные композиты были изучены.
6. Разработана схема синтеза алюмоиттриевого композита из нитратов алюминия и иттрия, а так же схема синтеза алюмоиттриевого композита, легированного тербием из изопропоксида алюминия и нитратов иттрия и тербия.
7. Синтезированы золи алюмоиттриевых композитов, получены тонкие плёнки алюмоиттриевых композитов, полученные образцы изучены.
8. Синтезированы золи алюмоиттриевых гранатов, легированные тербием и неодимом, из синтезированных золь-гелей получены тонкие плёнки и порошки алюмоиттриевых гранатов.
9. Проведен анализ полученных плёнок: образцы были тщательно рассмотрены при помощи растровой электронной микроскопии, изучены при помощи рентгенофазного анализа и были сняты спектры люминесценции и спектры поглощения.
10. Из синтезированных порошков алюмоиттриевого граната была сформирована суспензия с диоксидом титана в качестве плёнкообразователя.
11. Из сформированной суспензии на подложке из алюминиевой фольги были синтезированы тонкие плёнки.
12. Полученная структура была исследована: сделаны РЭМ-снимки, сняты спектры люминесценции и спектры поглощения.
13. Полученные данные были проанализированы и сопоставлены со справочными данными, такими как пики люминесценции ионов редкоземельных элементов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были исследованы области применения иттрий-алюминиевых гранатов, как чистых, так и легированных редкоземельными элементами. Согласно собранным материалам ИАГ имеет множество уникальных свойств, может быть использован и используется во многих современных устройствах: таких как ЭЛП, лазеры, СРТ-проекторы, дисплеи и источники белого света. Собрана и проанализирована литература по различным способам получения ИАГ. Подробно рассмотрена золь-гель технология для синтеза тонких плёнок, в том числе методы центрифугирования, погружения и пропитки. Рассмотрены основные методики золь-гель синтеза иттрий-алюминиевых композитов.

Приготовлены растворы для совместного осаждения алюминия и тербия, полученные композиты были изучены.

Разработана схема синтеза алюмоиттриевого композита из нитратов алюминия и иттрия, а так же схема синтеза алюмоиттриевого композита, легированного тербием из изопророксида алюминия и нитратов иттрия и тербия.

Синтезированы золи алюмоиттриевых композитов, получены тонкие плёнки алюмоиттриевых композитов на приготовленных подложках кристаллического кремния и пористого анодного оксида алюминия, полученные образцы изучены.

Синтезированы золи алюмоиттриевых гранатов, легированные тербием и неодимом, из синтезированных зольей получены тонкие плёнки на приготовленных подложках кристаллического кремния и пористого анодного оксида алюминия алюмоиттриевых гранатов и порошки алюмоиттриевых гранатов. Проведен анализ полученных плёнок: образцы были тщательно рассмотрены при помощи растровой электронной микроскопии, изучены при помощи рентгенофазного анализа и были сняты спектры люминесценции и спектры поглощения.

Из синтезированных порошков алюмоиттриевого граната была сформирована суспензия с диоксидом титана в качестве плёнокообразователя. Из сформированной суспензии на подложке из приготовленной алюминиевой фольги были синтезированы тонкие плёнки.

Полученная структура была исследована: сделаны РЭМ-снимки, сняты спектры люминесценции и спектры поглощения. Полученные данные были проанализированы: спектры люминесценции полученных образцов

соответствуют переходам трёхвалентного тербия. Интенсивность люминесценции увеличивается с увеличением кол-ва слоёв.

Таким образом, разработан и опробован метод формирования алюмоиттриевых гранатов при помощи синтеза порошка ИАГ с последующим приготовлением суспензии и формированием тонких плёнок с вкраплениями из алюмоиттриевых гранатов. Этот метод – простой и эффективный метод нанесения плёнок алюмоиттриевый композитов на подложки. Так как порошки отжигаются до нанесения, то открывается возможность синтеза плёнок, в составе которых имеются иттрий алюминиевые гранаты, практически на любые виды подложек, в том числе чувствительные к большим температурам.

Библиотека БГУИР