

Чан Ньян Дат (Вьетнам)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Полисадова Елена Федоровна,
д-р физ.-мат. наук, профессор

СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА АЛЮМОМАГНИЕВОЙ ШПИНЕЛИ $MgAl_2O_4$ С АКТИВАТОРАМИ

Алюмомагниева шпинель (АМШ) $MgAl_2O_4$ представляет собой тугоплавкий оксидный материал с высокой прочностью и химической стабильностью, низкой электропроводностью и низкой плотностью, высокой температурой плавления, прозрачен в видимой и инфракрасной областях длин волн [1]. Именно из-за этих важных свойств он считается перспективным материалом для различных применений.

АМШ является важным промышленным материалом среди различных огнеупорных материалов из-за его превосходной устойчивости к коррозии и термическому удару [2]. Прозрачная керамика из АМШ в настоящее время используется в качестве бронематериала, ИК - прозрачных окон для ракетных пусковых установок, прозрачных куполов для ракет с ИК-головкой наведения, в качестве окон для космических летательных аппаратов, в системах ночного видения [3].

В настоящее время АМШ активно исследуется как материал, перспективный для применений в качестве люминофоров, сцинтилляторов, преобразователей излучений. Источники белого света, основанные на использовании светодиодов (СД), стали популярными для замены других, менее эффективных ламп. Для получения теплого белого света СД необходимо смещение спектра люминесценции люминофора в красную область. Показано, что ионы Cr^{3+} в шпинели излучают в области спектра с $\lambda_{\text{макс}} = 690$ нм, на основе АМШ ионы Mn^{4+} с $\lambda_{\text{макс}} = 620$ нм. Поэтому люминофор, активированный ионами Cr^{3+} или Mn^{4+} , считается одним из перспективных веществ для использования в таких источниках. Одним из вариантов разработки зеленых светодиодов может быть использование люминофоров, эффективно преобразующих излучение синего светодиода в зеленую люминесценцию. Люминофоры на основе люминесценции ионов Mn^{2+} светит в области с $\lambda_{\text{макс}} = 520$ нм являются хорошо известными примерами зеленых люминофоров [4].

Синтез АМШ осуществляется в мире многими различными методами, в частности методом соосаждения, методом высокотемпературной твердофазной реакции и методом золь-гель с участием автосгорания. В данном исследовании синтез шпинели осуществлялся радиационным методом. Преимущество этого метода в том, что процесс синтеза проходит

в меньшее количество стадий, время синтеза мало, поэтому процесс синтеза легко контролировать [5].

Кристаллическую структуру, кристалличность и фазу полученного синтезированного АМШ с активаторами ионов Ce^{3+} и Er^{3+} оценивали методом рентгеновской дифракции (дифрактометр *XRD-7000S*, *Shimadzu*, Япония) с использованием $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 0,15406$ нм) излучения. Результат экспериментальной дифрактограммы показан на рис. 1.

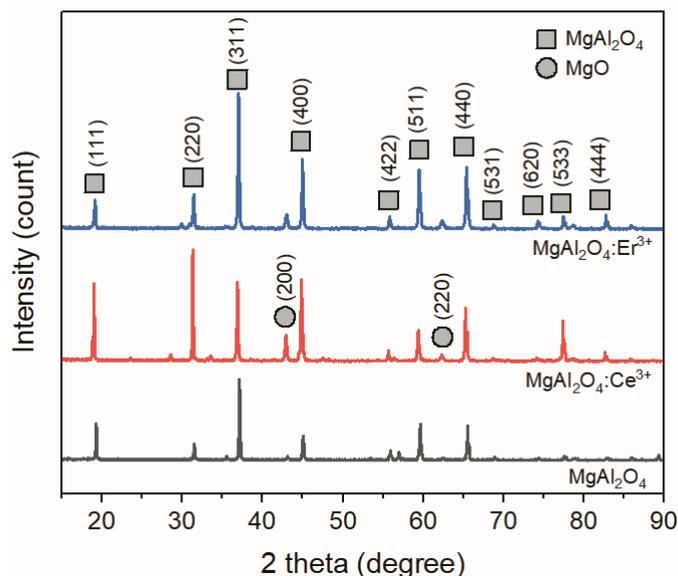


Рис. 1. Экспериментальная дифрактограмма (XRD) полученных образцов

XRD результат показывается, что пики хорошо согласуются со стандартной рентгенограммой шпинели (*JCPDS Card 77-0435*). Слабые рефлексы в областях $2\theta = 42.9^\circ$ и 62.2° подтверждают наличие фазы MgO (линии отражения от плоскостей (200) и (220) в оксиде магния).

Постоянная решетки (1), средний размер кристаллитов (2) и кристалличность (3) определяются выражением:

$$a = b = c = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \quad (1)$$

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2)$$

$$C = \frac{A_c}{A_c + A_a} \quad (3)$$

где, h, k, l – индексы Миллера, $\lambda = 0,15406$ нм – длина волны падающего рентгеновского излучения, θ – положение пика в радианах, $K = 0,94$

– константы Шеррера, β – полная ширина на полувысоте (*FWHM*) в радианах, A_c – площадь под кристаллическими пиками и A_a – площадь аморфных впадин.

Результаты расчета приведены на таблице 1.

Таблица 1

Постоянная решетки, средний размер кристаллитов и кристалличность АМШ с активаторами ионов Ce^{3+} и Er^{3+}

Образец	$a = b = c$ (Å)	D (нм)	C (%)
$MgAl_2O_4:Ce^{3+}$	8,08	32,89	70,2
$MgAl_2O_4:Er^{3+}$	8,07	34,78	77,3

Легирование шпинели ионами Ce^{3+} и Er^{3+} в процессе синтеза вызывает замещение ионов Al^{3+} в октаэдрическом положении, что приводит к изменению структурных свойств АМШ. Эта замена создает дефекты решетки и снижает кристалличность [6]. Стандартное значение постоянной решетки $MgAl_2O_4$ составляет $a = b = c = 8,085$ Å, расчет дает тот же результат. Образец $MgAl_2O_4:Ce^{3+}$ имеют большую постоянную решетки, чем $MgAl_2O_4:Er^{3+}$, причина в том, что ионный радиус Ce^{3+} (1.14 Å) больше, чем ионный радиус Er^{3+} (1.03 Å).

Заключение. Исследованы структурные свойства АМШ совместно с активаторами ионов Ce^{3+} и Er^{3+} , синтезированными радиационным методом. Четкие дифракционные пики демонстрируют хорошую кристалличность синтезированного АМШ образцы. Добавление активаторов не изменяет структуру решетки, но влияет на некоторые структурные свойства АМШ, такие как постоянная решетки и кристалличность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sanu S. Raj, Santosh K. Gupta, V. Grover, K.P. Muthe, V. Natarajan, A.K. Tyagi. $MgAl_2O_4$ spinel: Synthesis, carbon incorporation and defect-induced luminescence // Journal of Molecular Structure. – 2015. – V. 1089. – P. 81 – 85.
2. I. Ganesh. A review on magnesium aluminate ($MgAl_2O_4$) spinel: synthesis, processing and applications // International Materials Reviews. 2013. – V. 58. – P. 63 – 112.
3. Лукин Е.С., Попова Н.А., Глазачев В.С., Павлюкова Л.Т., Куликов Н.А. Технология, свойства и применение оптически прозрачной оксидной керамики: перспективы развития // Конст. из композ. Матер. – 2015. – Т. 3. – С. 24 – 36.
4. Yuan-Chih Lin, Maths Karlsson, Marco Bettinelli. Inorganic Phosphor Materials for Lighting // Topics in Current Chemistry. – 2016. V. 374.

5. Д.А.Мусаханов, А.Т. Тулегенова, В.М. Лисицын, М.Г. Голковский, Ж.Т. Карипбаев, А.И. Купчишин, С.А. Степанов. Влияние отжига на люминесценцию ИАГ:Се и ИАГГ:Се керамики, синтезированной в поле радиации // Изв. РАН. – 2020. – Т. 84. – С. 969 – 972.
6. Li T, Wu J, Xiao X, Zhang B, Hu Z, Zhou J, Yang P, Chen X, Wang B and Huang L. Band gap engineering of MnO₂ through in situ Al-doping for applicable pseudo capacitors // RSC Advance. – 2016. – V. 6. – P. 13914 – 13919.

Чжан Цзубан (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна,
канд. хим. наук, доцент

РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА

Введение. Тестирование металлических, керамических и других материалов, используемых в медицине, обычно проводят в жидких средах. Как правило это электролиты, содержащие ионы, которые присутствуют в организме человека. Такой подход имеет ряд ограничений, обусловленных тем фактом, что исследование необходимо проводить в средах, которые идеально имитируют среду человека.

Человеческий организм представляет собой в упрощенном виде жидкость, распределенную между костной и мышечной тканью. На межфазных границах раздела процессы протекают иначе. Поэтому актуальной является разработка модельных сред, имитирующих организм человека для изучения превращений материалов на границах раздела.

Для этих целей можно использовать гели на основе хитозана, аминополисахарида, который добывается из хитиновых оболочек ракообразных морских животных. Имитацию костной ткани можно провести, добавляя в гель нерастворимые соли кальция. Получение такого геля – цель данной работы.

Методы получения гелей на основе хитозана. Сам хитозан можно получить непосредственно гидролизом разветвленных цепей природного хитина. В свою очередь хитозановые гидрогели получают, например, сшивкой водорастворимого полимера и методами привитой сополимеризации.