

технологиях, где усиление люминесценции может быть ключевым фактором.

Также важно отметить, что несмотря на неоднородность структуры пленок, получаемых методом химического синтеза, ориентироваться на единую оптимальную оптическую плотность, равную 0,4, является более надежным подходом для достижения необходимых характеристик. В дальнейшем продолжение исследования в этом направлении позволит более точно контролировать и оптимизировать процессы синтеза для улучшения функциональных свойств материалов.

Список литературы

1. Gellé, A. et al. Applications of plasmon-enhanced nanocatalysis to organic transformations// Chem. Rev. 120, 986–1041 (2020).
2. Guo, L. et al. Strategies for enhancing the sensitivity of plasmonic nanosensors// Nano Today 10, 213–239 (2015).
3. P. J. F. Harris, et al. "Anthracene-based materials for organic solar cells and sensor applications"// Journal of Materials Chemistry C, 2019. [DOI: 10.1039/c9tc02499a]
4. Kadir Aslan, Zoya Leonenko, Joseph R. Lakowicz and Chris D. Geddes. Annealed silver-island films for applications in metal-enhanced fluorescence: interpretation in terms of radiating plasmons// Journal of Fluorescence, 15 (5), 2005 DOI: 10.1007/s10895-005-2970-z
5. Ю. А. Крутяков, А.А. Кудринский, А.Ю. Оленин, Г.В. Личискин. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы//Успехи химии 77 (3), 2008

LaFeO₃ ПЕРОВСКИТИНІНҢ ФОТОКАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТІН МЕТИЛЕН КӨК БОЯҒЫШЫНЫҢ ҰДЫРАУЫ АРҚЫЛЫ ЗЕРТТЕУ

Б.М. Сәулебек¹, Ф.Р. Амет¹, П.А. Жанбирбаева², Т.М. Сериков³

¹Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, студент,
Қарағанды қ., Қазақстан

²Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, докторант,
Қарағанды қ., Қазақстан

³Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, PhD, қауымд.
профессор, Қарағанды қ., Қазақстан

LaFeO₃ перовскиті гидротермалды әдіспен синтезделіп, әртүрлі уақытта термиялық өңдеуге ұшырады (2, 4 және 6 сағат). Перовскиттің фотокаталитикалық белсенділігін анықтау үшін фотодеградация процесі жүргізілді. Органикалық ластаушы ретінде

метилен көк бояғышы қолданылды. Термиялық өңдеу уақытының ұзақтығы LaFeO_3 фотокатализаторының фотокаталитикалық қасиетіне әсері анықталды. 6 сағат термиялық өңдеуге ұшыраған LaFeO_3 перовскиті ең жоғары нәтиже көрсетті. Метилен көк бояғышының LaFeO_3 6h фотокатализаторы арқылы ыдырауы бояғыштың деградациясынан 4,63% тиімдірек болды.

Кілт сөздер: перовскит, LaFeO_3 , гидротермалды әдіс, метилен көк, фотокаталитикалық қасиет.

Қазіргі таңда энергияның басым бөлігі миллиондаған жылдар бойы қалыптасқан қазба отындарынан алынатындықтан, бұл ресурстар өте жылдам тұтынылады. Сонымен қатар, қазба отындарын жағу қоршаған ортаны лаптап, экологиялық зардаптарға әкеледі. Осы себепті жаңартылатын және экологиялық таза энергия көздерін дамыту адамзат үшін аса маңызды мәселе болып табылады. Жердегі ең негізгі жаңартылатын әрі таза энергия көзі — күн энергиясы. Күн сәулесі кең спектрлі жарық, соның ішінде инфрақызыл, көрінетін және ультракүлгін сәулелерден тұрады, оларды электр энергиясына және таза химиялық энергияға айналдыруға болады. Мысалы, күн жарығы су молекуласын бөлу процесіне қолданылып, сутегі мен оттегін бөліп шығарады, бұл таза сутегі энергиясын алу үшін пайдаланылады, ал оның жануының экологияға зияны қазба отындарының жануына қарағанда едәуір аз [1]. Осы орайда, фотокатализ процесі органикалық ластанушыларды жарық әсерінен және катализатордың қатысуымен ыдырату тиімді болып табылады.

Қоршаған ортаны қорғау, өнеркәсіптік катализ, күн энергиясын пайдалану, фотокатализ және газ датчиктері салаларында перовскит оксидтерінің тұрақты кристалдық құрылымына, бірегей электромагниттік қасиеттеріне және фотокаталитикалық белсенділігіне байланысты, көп назар аударылуда [2]. Осындай перовскиттердің бірі лантан ферриті (LaFeO_3). LaFeO_3 салыстырмалы түрде қысқа тыйым салу аймағына (~2,3 эВ) және жоғары химиялық тұрақтылыққа ие, бұл оған көрінетін жарықты тиімді сіңіруге мүмкіндік береді. Лантан ферритін алудың бірнеше синтез әдістері бар: гидротермалды, золь-гель, сонохимиялық синтез, гетерогендік кешендердің термиялық ыдырауы, микроэмульсия әдісі. Зерттеу барысында LaFeO_3 перовскитін синтездеу үшін гидротермалды әдіс қолданылды [3]. Гидротермалды әдіс наноөлшемді материалды синтездеу үшін қарапайым әрі басым әдіс болып табылады. Перовскиттің төмен температурада өсуі, өлшемдерді бақылау мүмкіндігі, қарапайымдылығы және экономикалық тиімділігі

гидротермалды синтездің артықшылықтары болып табылады. LaFeO_3 нанобөлшектерінің фотокаталитикалық белсенділігі көрінетін жарықтың әсерінен метилен көк бояғышының фотодеградациясы арқылы зерттелді.

Зерттеу материалдары мен әдістері.

Зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін келесі материалдар лантан нитраты ($\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), темір нитраты ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), лимон қышқылы және аммоний гидроксиді, поливинил спирті (ПВС) және метилен көк бояғышы (МВ) Сутегіні алу және сақтау мәселелері зертханасынан алынды.

1-суретте LaFeO_3 перовскитін гидротермалды синтез арқылы алу барысы схемалық түрде көрсетілген. 10 мл деионизделген суда 5 ммоль $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ және 5 ммоль $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ерітілді. Ерітіндіге 10 ммоль лимон қышқылын қосып, қоспа бөлме температурасында 2 сағат араластырылды. Ерітіндінің рН мәні аммоний гидроксиді арқылы 9-ға дейін реттеліп, тағы 1 сағат араластырылды. Алынған қоспаны 50 мл тефлонды автоклавта 180°C температурада 12 сағатқа муфельді пешке қойылды. Содан кейін, центрифугалау арқылы тұндырылып, деионизделген сумен және этанолмен жуылды. Ары қарай 80°C температурада 5 сағат кептіріліп, 800°C температурада 2, 4 және 6 сағат бойы термиялық өңдеуге ұшырады.



1-сурет. LaFeO_3 гидротермалды синтез әдісі

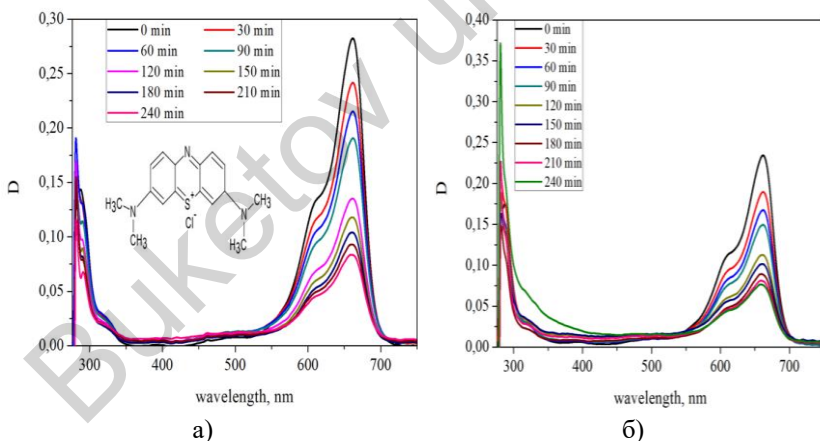
LaFeO_3 перовскитін ФТО шыныларына жағу әдісі. 5 мл деионизделген суға 0,1 г ПВС қосып, магнитті араластырғыштың көмегімен 60°C температурада ерігенше араластырылды. Кейін ерітіндіге синтезделген LaFeO_3 перовскитінің 0,1 г қосып, магнитті

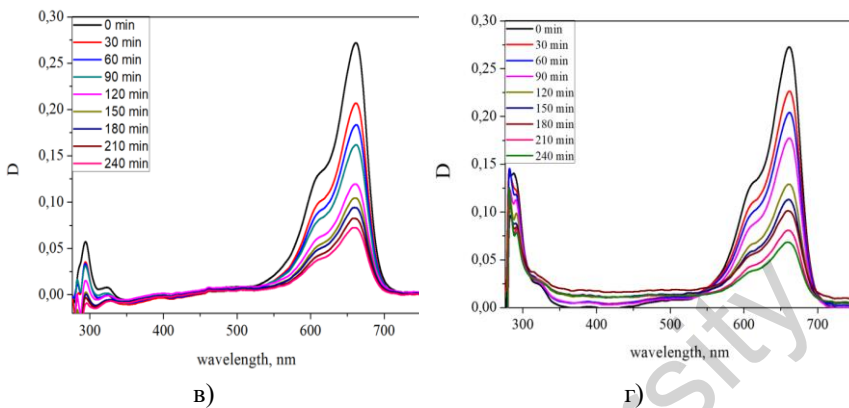
араластырғыштың көмегімен 10 минут, бөлме температурасында араластырылды. Алынған ерітінді 1 сағат ультрадыбыстық өңдеуге ұшырады. Дайын болған ерітінді Ossila Spin Coater құрылғысында 3000 айн/мин жылдамдығымен FTO шыныларына жағылып, муфельді пеште 450°C температурада 30 минут термиялық өңдеуге ұшырады.

LaFeO₃ фотокаталитикалық қасиетін зерттеу үшін органикалық лақтаушы ретінде концентрациясы 10⁻⁶ метилен көк (МВ) ерітіндісі пайдаланылды. 10 мл МВ бояғыш ерітіндісіне дайындалған FTO шынылары салынды. Ерітінді Newport ксенон шамы арқылы жасанды күн сәулесінің әсеріне ұшырады. Зерттеу ұзақтығы 240 минут уақытты құрады. Әр 30 минут сайын зерттелетін үлгілердің жұтылу спектрлері SM2203 (Солар, Беларусь) спектрофлуориметрінің көмегімен өлшенді.

Нәтижелер мен талқылау.

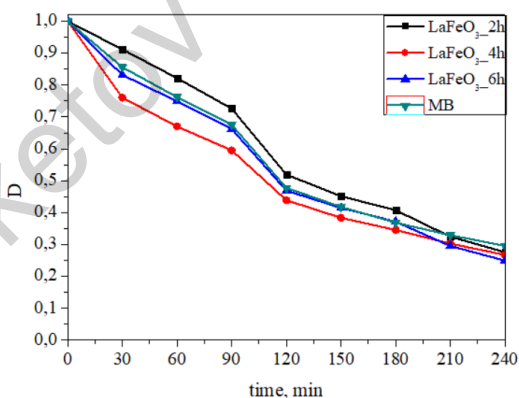
2-суретте әртүрлі уақыттарда өңделген (2, 4 және 6 сағат) LaFeO₃ үлгілері үшін жұтылу спектрінің графигі көрсетілген. 2, 4 және 6 сағат термиялық өңдеуге ұшыраған LaFeO₃ перовскитінің қатысуымен деградация процесін зерттеу барысында, уақыт өткен сайын бояғыштың оптикалық тығыздығының төмендегенін байқаймыз. LaFeO₃_2h басқа үлгілермен салыстырғанда ең аз жұтылуға ие.





2-сурет. а) Methylene blue, б) Methylene blue LaFeO₃_2h, в) Methylene blue LaFeO₃_4h, г) Methylene blue LaFeO₃_6h

Оптикалық тығыздықтың өзгеруін метилен көк бояғышының жұтылу спектрінің максимум толқын ұзындығында (662 нм) анықтадық (3 сурет).



3-сурет. Methylene blue, Methylene blue (LaFeO₃_2h, LaFeO₃_4h, LaFeO₃_6h)

240 минутта алынған нәтижелер бойынша, метилен көк – 70,42%, $\text{LaFeO}_3_{2\text{h}}$ – 72,46%, $\text{LaFeO}_3_{4\text{h}}$ – 73,27%, $\text{LaFeO}_3_{6\text{h}}$ – 75,05% деградацияға ұшырайтыны анықталды. Ең жақсы нәтиже метилен көк бояғышының $\text{LaFeO}_3_{6\text{h}}$ фотокатализаторымен ыдырауы екені анықталды. Термиялық өңдеу уақытының ұлғаюымен (2-ден 6 сағатқа дейін) көрінетін диапазонда жарықтың жұтылуы артады. Метилен көк бояғышының $\text{LaFeO}_3_{6\text{h}}$ фотокатализаторымен ыдырауы, метилен көк бояғышының өзінің ыдырауынан 4,63% жоғары екенін көрсетті.

Қорытынды. Гидротермалды әдіспен синтезделген LaFeO_3 перовскиті әр түрлі уақыт аралығында (2, 4 және 6 сағат) термиялық өңдеуге ұшырағаннан кейін оның фотокаталитикалық қасиеттері зерттелді. Фотокаталитикалық белсенділік органикалық лақтаушы заттың ыдырау процесі арқылы анықталды. Органикалық лақтаушы зат ретінде метилен көк бояғышы алынды. Нәтижесінде метилен көк бояғышының деградациясы 70,42%-ды құрады, ал 2 сағат термиялық өңделген LaFeO_3 перовскиті 72,46% деградацияға ұшырады, 4 сағат термиялық өңдеуден кейін бұл көрсеткіш 73,27% болды, ал 6 сағаттық өңдеу уақытының нәтижесінде метилен көк 75,05% деңгейінде ыдырады. Метилен көк бояғышының $\text{LaFeO}_3_{6\text{h}}$ фотокатализаторымен ыдырауы бояғыштың деградациясымен салыстырғанда 4,63% тиімдірек болды. LaFeO_3 перовскитінің фотокатализатор ретінде қолданылуы оның көрінетін жарық аймағында жарықты тиімді сіңіруін қамтамасыз етеді. Термиялық өңдеудің ұзақтығы перовскиттің оңтайлы фотокаталитикалық қасиеттеріне жетуде шешуші рөл атқаратыны байқалды.

Әдебиеттер

- 1 Tayebi M. Reduced graphene oxide (rGO) on TiO_2 for an improved photoelectrochemical (PEC) and photocatalytic activity // Solar Energy. – 2019. – Vol.190. – P.185-194.
2. Y.J. Xu, S.Y. Song, C.X. Li, B. Hong, D.S. Shi, J.C. Xu, Y.B. Han, H.X. Jin, D.F. Jin, X.L. Peng, J. Gong, H.L. Ge, X.Q. Wang. Magnetic behavior, photocatalytic activity and gas-sensing performance of porous lanthanum ferrites powders // Materials Chemistry and Physics – 2021. – Vol.267.
3. Zhanbirbayeva P.A., Baltabekov A.S., Kayumova A.S., Kuanyshebekova A.B., Adambay T.N., Serikov T.M. Effect of annealing duration on photocatalytic properties of LaFeO_3 perovskite // Eurasian Physical Technical Journal. – 2024. – Vol.21. – P.99-107.