

ЖУМАБЕКОВ АЛМАР ЖУМАГАЛИЕВИЧ

TiO₂ қабыршақтардың фотоэлектрлік және фотокаталитикалық қасиеттеріне графен оксиді қоспасының әсері

6D060400 – Физика мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған диссертациясына

АННОТАЦИЯ

Тақырыптың өзектілігі. Энергетикалық технологиялардың экологиялық тазалығы аса маңызды мәселе болып табылады, бұл жаңартылатын энергия көздеріне, оның ішінде атап айтқанда, сутегі энергетикасына көп көңіл бөлінеді. Сутегі энергиясын пайдаланудың көптеген артықшылықтары бар, олар қол жетімділікті, таусылмаушылығы, қоршаған орта үшін толық қауіпсіздікті қамтиды. Алайда, үлкен әлеуеті пен кең перспективаларына қарамастан, бұл энергияның аз ғана бөлігін адамзат пайдаланады. Бұл бірқатар шешілмеген мәселелерге байланысты. Күн энергиясын түрлендіру арқылы H₂ сутегі отынын өндіру жаһандық энергетикалық мәселені шешудің негізгі стратегияларының бірі болып саналады.

TiO₂ электродындағы судың фотоэлектрхимиялық бөлінуі Fujishima және Honda жұмыстарынан басталды. Сол уақыттан бастап фотокаталитикалық H₂ шығару мүмкіндігі туралы мәселеге көп көңіл бөліне бастады. Осы мақсатта әртүрлі жартылай өткізгіштік фотокатализаторлар зерттелді, мысалы TiO₂, ZnO, CdS, C₃N₄, WO₃ и BiVO₄. Айта кету керек, титан диоксиді физикалық және оптикалық қасиеттеріне байланысты ерекше орын алады, мысалы, жоғары балқу температурасы, химиялық инерттілігі, жоғары фототүрлендіру тиімділігі және фототұрақтылығы.

Аталмыш материалдардың көпшілігі тыйым салу зонасы кең, фотокоррозия және электрондық-кемтік жұбын бөлуі төмен тиімділікке ие болады. Осы мәселелерді шешу үшін жартылай өткізгіштерді металдармен және бейметалдармен байланыстыру үдерісі жүргізіледі, оның негізінде композиттер жасалады, жартылай өткізгіштің бетіне асыл металдар жағып, қолданады, гетероауысу, кванттық нүктелер жасалады және бояғыштармен сенсбилизация жүргізіледі.

Осы тәсілдердің ішінде композиттік материалдарды жасау жартылай өткізгіштің сипаттамаларын жақсартудың ең тиімді әдісі болып табылады. Басқа жартылай өткізгіштерге, металдарға және көміртекті материалдарға негізделген композиттердің пайда болуы рекомбинация жылдамдығын төмендетеді, TiO₂ зарядын бөлу қабілетін және тасымалдау қабілетін арттырады.

Графен және оның sp² будандастыру модификациялары күн энергиясын

үнемдеу, фотовольтаика, фотоэлектрохимиялық және сутегі/көмірсутек отынының фотокаталитикалық генерациясы және органикалық ластанудың фотокатализы сияқты энергетика мен қоршаған орта материалдарында кеңінен қолданылады. Соңғы жылдары TiO_2 және графен негізіндегі композиттер модификацияларымен зарядты бөлуді және электронды тасымалдауды жақсартуға көп көңіл бөледі.

Алайда, графенді прекурсор ретінде нанокompозитті синтездеу үшін TiO_2 -мен пайдалану функционалды реакциялық топтардың болмауына байланысты өте қиын. Бұл мәселені шешу үшін графен оксиді (GO) және қалпына келтірілген графен оксиді (rGO) қолайлы.

Көптеген синтез мақсаттары негізінен TiO_2 нанокристалдарын қажетті мөлшер мен морфологияда құруға, оларды кейіннен өзгертуге және графен жапырақтары бетіне жағып, қолдануға бағытталады. Алайда, бұл гибриді материалдардың кемшіліктері бар. Олардың мөлшері тым кішкентай болғандықтан, оңай агломерациялау қиынға соқтырады. Сонымен қатар, органикалық қосылыстардың фотоыдырау үдерісі кезінде TiO_2 және графен негізіндегі мұндай гибриді материалдардың бетінің тиімді ауданы айтарлықтай төмендеуі мүмкін.

Сондықтан, TiO_2 және графен модификациялары негізінде нанокompозиттерді гидротермальды синтездеу әдісі практикалық қолдану үшін ең қарапайым және технологиялық болып көрінеді. Әдеби деректертерге сүйенсек, гидротермальді әдіспен алынған нанокompозиттік материалдар сутегіні алу үшін ең тиімді фотокатализатор екенін көрсетеді.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты графен туындыларының TiO_2 қабықшаларына электрфизикалық және фотокаталитикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу.

Зерттеу нысандары титан диоксиді, графен оксиді, қалпына келтірілген графен оксиді және күміс нанобөлшектері болып табылады.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесіден тұрады:

1) қалпына келтірілген графен оксиді және TiO_2 негізінде тұңғыш рет гидротермальдік әдіспен нанокompозиттік қабыршақтар синтезделді;

2) TiO_2 НБ негізіндегі қабыршақтарға қарағанда, нанокompозиттік материалдарда өндірілетін фотоиндуцирленген ток әлдеқайда көп екендігі анықталды;

3) алғаш рет жақсартылған фотокаталитикалық және заряд-тасымалдау қасиеттері бар графен туындылары, TiO_2 және Ag/TiO_2 нанокұрылымы негізінде үштік нанокompозиттік материал алынды;

4) технологиялық тұрғыдан оңтайлы конфигурацияға ие нанокompозиттік материалдар негізінде фотодетектор және күміс НБ-нің плазмалық эффектiсiнiң әсерiнен олардың оптоэлектрондық сипаттамаларын арттыру әдiсi ұсынылды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыстың құрылымы қойылған мақсаттармен анықталған және кіріспеден, бес бөлімнен,

қорытындыдан, әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертациялық жұмыс 42 суреттен, 12 кестеден, 222 әдебиеттен тізімінен құрастырылып, 102 бетті қамтиды.

Негізгі нәтижелерге мыналар жатады:

1. TiO_2 қабыршақтарына графен туындыларын қосу нәтижесінде өндірілетін фотоиндукцияланған токтың жоғарылауына және жартылай өткізгіштің фотокаталитикалық белсенділігінің жоғарылауына ықпал етеді.

2. Нанокөмірдік материалды құрамы Ag/TiO_2 «ядро-қабыршақ» нанокұрылымымен толықтыру барысында локализацияланған плазмондық резонанстың әсерінен жоғары тиімді фотокатализатор алуға мүмкіндік береді.

3. 3D нанокөмірдіктерді плазмондық нанобөлшектермен бірге қолдану заряд тасымалдаушылардың жоғары қозғалғыштығына байланысты детекторлардың фотоэлектрлік сипаттамаларын арттырады.

Жұмыстың ғылыми-тәжірибелік маңыздылығы:

Алынған нанокөмірдік материалдар электрхимиялық және фотовольтаикалық ұяшықтарда және газ анализаторларында фотокатализатор ретінде негізгі элементі болып пайдаланылуы мүмкін. Графен туындыларының фотокаталитикалық белсенділікке және электрофизикалық қасиеттерге әсері бойынша нәтижелер, сондай-ақ нанокөмірдік қабыршақтардың электр тасымалдау қасиеттерін зерттеу нәтижелері фотодетекторларды әзірлеу кезінде негіз бола алады.

Жұмыстың апробациясы және мақалалар. Жұмыстың нәтижелері конференцияларда баяндалып, талқыланды: «Russian-Japanese Conference Chemical Physics of Molecules and Polyfunctional Materials» (2018, Orenburg) халықаралық ғылыми-техникалық конференция; «Конденсирленген күй физикасының, нанотехнологиялар мен наноматериалдардың заманауи мәселелері» (2018, Алматы) халықаралық ғылыми симпозиумы; Т.А. Көкетайтегі – конференция негізін қалаушы профессордың 80 жылдығына арналған XIV Халықаралық ғылыми конференция «Қатты дене физикасы, функционалды материалдар және жаңа технологиялар» (2018, Бішкек-Қарағанды); Journal open press conference series «Materials Science and Engineering» (2018); «Оптиканың іргелі мәселелері–2018» X Халықаралық конференциясының еңбектер жинағы (2018, Санкт-Петербург); «Фотоника және ақпараттық оптика жөніндегі VIII халықаралық конференция» (2019, Мәскеу); «International Symposium Fundamentals of Laser Assisted Micro- & Nanotechnologies» (2019, Saint-Petersburg); V Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары «V Global science and Innivations 2019: Central Asia» (2019, Нұр-Сұлтан), The 7th International Conference on nanomaterials and advanced energy storage systems (INESS-2019) (2019, Almaty);

11th International Conference «Chaos and structures in nonlinear systems. Theory and Experiment» (2019, Karaganda); Әл-Фараби қазіргі қазақстандық контексте. «Әбу Насыр ибн әл-Фарабидің 1150 жылдығына арналған халықаралық ғылыми-практикалық конференция» (2020, Қарағанды).

Мақалалар. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері бойынша 22 мақала жарыққа шығарылды, атап айтқанда: Thomson Reuters және Scopus базасына енетін журналдарда 4 мақала (Russian Journal of Physical Chemistry A, IF-0,72 журналында 1 мақала, Theoretical and Experimental Chemistry IF-0,48 журналында 1 мақала, Materials Research Express IF-1,93 журналында 1 мақала және Optics and Spectroscopy, IF-0,84 журналында 1 мақала); ҚР БҒМ Білім және Ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитетімен ұсынылған журналдарда 4 мақала және халықаралық конференцияларда 14 мақала, соның ішінде алыс шетелде 1 мақала.