

АННОТАЦИЯ

6D060400 – Физика

философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертация

АЛИХАЙДАРОВА ЭЛЬМИРА ЖУМАГАЛИЕВНА

Графен оксиді негізіндегі нанокұрылымдардағы фотоиндуцирленген электрондық процестердің ерекшеліктері

Тақырыптың өзектілігі. Көміртек ең көп таралған химиялық элементтердің бірі болып табылады. Графит, алмаз, фуллерендер, көміртекті нанотүтікшелер және графенді қамтитын көміртекті материалдар бұрыннан белгілі.

Графен және оның туындылары қазіргі уақытта белсенді түрде зерттелуде және оптоэлектроника, фотовольтаика және фотокатализ құрылғыларын жасауда қолданылады. Оттегі құрамды беттік топтары бар графенді графен оксиді деп атайды. Графеннен айырмашылығы, графен оксиді және оның модификациялары зерттеушілер үшін ыңғайлы материал болып табылады, себебі оны алу, сонымен қатар эксперименттік мақсатта қолдану жеңіл.

Графенді құрылымдарды қолдану саласындағы зерттеулер соңғы уақытта люминесценциялайтын көміртегі мен графен нүктелерін синтездеу және зерттеу саласындағы басылымдардың айтарлықтай өсуіне алып келді. Дәстүрлі жартылай өткізгіш кванттық нүктелермен және органикалық бояғыштармен салыстырғанда құрамында көміртегі бар (carbon-based) фотолюминесценциялайтын кванттық нүктелер сулы ерітінділерде жоғары тұрақтылыққа, химиялық инерттілікке, фототұрақтылыққа, биоүйлесімділікке және төмен уыттылыққа ие.

Әр түрлі авторлар графен нүктелерінің оптикалық қасиеттері олардың құрылымына да, құрамына да байланысты екенін көрсетеді. Мысалы, графен нүктелерінің тыйым салынған аймақ ені толқын ұзындығы шкаласы бойынша олардың жарқырау максимумының орналасуына әсер етеді. Бұл параметрді графеннің тотығу дәрежесін, сондай-ақ беттік-шеттік күйлерді өзгерту арқылы модификациялауға болады. Сонымен қатар, графен кванттық нүктелерінің химиялық синтезінде электрон-кемтік жұптарының сәулеленусіз рекомбинациясының орталықтары болып табылатын графен оксидінің бетіндегі карбоксилді және эпокси-топтарды қалпына келтіру арқылы олардың жарқырауының кванттық шығымының шамасын басқаруға болатындығы дәлелденді. Авторлар графен нүктелеріне азот атомдарымен енгізу фотолюминесценция спектрінің гипсохромды ығысуына, ал ақаудың төмендеуі және функционалды топтардың болуы батохромдық әсерге әкелетінін көрсеткен.

Графен нүктелерінің синтезі екі жолмен жүруі мүмкін – «төменнен жоғарыға» және «жоғарыдан төменге». Бірінші тәсіл қолайлы прекурсордың,

мысалы, ароматты көмірсутектердің немесе полимерлердің шағын молекулалары, металдармен катализдеу немесе гидротермиялық немесе микротолқынды синтез және т.б. әдістермен жүргізілген реакциялар арқылы нано-өлшемді графен нүктелеріне дейін өсуіне негізделген. «Жоғарыдан төменге» тәсілі көлемді көміртекті материалдарды, мысалы, күйе немесе графитті, наноөлшемді нүктелерге, сұйық қабаттық бөлу немесе электронды-сәулелік литография арқылы тікелей ыдыратуды білдіреді. Сондай-ақ, бұл тәсілді лазерлік абляция әдісі арқылы жүзеге асыруға болады. Бұл ретте қосымша реактивтер пайдаланылмайды, бұл әсіресе көміртегі және графен нүктелері сияқты флуоресцентті нысандар үшін маңызды.

Графен нүктелерінің люминесценттік қабілетін металдар нанобөлшектерінің (НБ) локализацияланған плазмондық резонанс (ЛПР) құбылысы арқылы арттыруға болады. Плазмондық нанобөлшектердің бетіне жақын орналасқан люминофорлар мен молекулалық ансамбльдердегі фотофизикалық процестерді зерттеу қазіргі оптикалық спектроскопия мен люминесценцияның өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Металл нанобөлшектерінің бетіне жақын орналасқан молекулалар локальді электрмагниттік өрістердің әсеріне ұшырайтыны белгілі. Бұл жағдайда нанобөлшектер мен молекулалар арасындағы қашықтыққа байланысты молекулаішілік ауысу жылдамдығы жоғарылайды немесе төмендейді. Қазіргі уақытта енді ғана графен нүктелерінің плазмондық нанобөлшектермен өзара әрекеттесуіне арналған жұмыстар пайда бола бастады. Графен нүктелерінің люминесценциясын күшейту үшін плазмондық әсерді қолдануға болады. Бұл оларды қауіпсіздік мақсатында сия жасау, биоимиджинг, бактерияға қарсы және дезинфекциялық жүйелер, ауыр металл иондарының сенсорлары, фотоэлектрлік құрылғылар және жарықдиодты шамдар сияқты салаларда тиімді пайдалану мүмкіндіктерін ашады.

Диссертациялық зерттеудің мақсаты графен оксиді мен оның туындыларына негізделген нанокұрылымдардағы фотоиндукцияланған электрондық процестердің ерекшеліктерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу объектілері: графен оксиді (SLGO), қалпына келтірілген графен оксиді (rGO) және азот енгізілген графен оксиді (NGO) негізіндегі нанокұрылымдар және күміс пен алтынның плазмондық нанобөлшектері (НБ).

Ғылыми жаңалық келесі негізгі нәтижелерді қамтиды:

1) Алынған графен нанокұрылымдарының алу шарттары, құрылымдық-морфологиялық және оптикалық қасиеттері арасында өзара байланыс орнатылды;

2) Металл нанобөлшектерінің графен нанокұрылымдарындағы фотопрцестерге әсерін өзара әсерлесу шарттарын өзгерте отырып жүйелі зерттеу жүргізілді.

3) Аэрография әдісімен дайындалған күміс нанобөлшектерінің графен оксиді қабыршақтарының оптоэлектрондық қасиеттеріне әсері зерттелді. Алынған GO+Ag НБ нанокұрылымдарының фототок мәндері, жарық

сезімталдығы және детекторлік қабілетінің мәндері таза графен үшін басқа топтар алған осы мәндермен салыстыруға келетіні көрсетілген.

Диссертация көлемі мен құрылымы. Диссертациялық жұмыстың құрылымы қойылған міндеттермен анықталды және кіріспеден, бес бөлімнен, қорытындыдан, библиографиядан тұрады. Ол баспа мәтіннің 99 бетінде баяндалған, 50 суретпен, 16 кестемен көрсетілген, 303 атаудан тұратын дәйексөз келтірілген әдебиеттер тізімін қамтиды.

Негізгі нәтижелерге мыналар жатады:

1. Графен оксиді және оның туындыларының негізіндегі нанонүктелердің құрылымдық және спектрлік-люминесценттік қасиеттері оларды алу шарттарымен анықталады.

2. Жылдам флуоресценцияның өшуі және металл нанобөлшектерінің жанындағы графен нүктелерінің ұзақ мерзімді жарқырауын күшейту Ферстер энергиясының тасымалдануына және плазмондық әсерге байланысты.

3. Графен оксиді қабыршақтарына күміс нанобөлшегін енгізу фототок мәндерінің жоғарылауына және олардың сезімталдығы мен детекторлеу қабілетінің жақсаруына әкеледі.

Жұмыстың эксперименттік маңыздылығы: Алынған нәтижелер әр түрлі құрамдағы графен нанокұрылымдарының оптикалық қасиеттерін басқару үшін пайдаланыла алады. Алынған нәтижелер оптикалық наноматериалдарды жасау үшін, фотовольтаикада, молекулалық электроникада және фотокатализде қолданыла алады.

Алынған мәліметтер лазерлік абляция әдісін берілген қасиеттері бар графен нүктелерін алу үшін сәтті қолдануға болатынын көрсетеді. Графен құрылымдарының люминесценттік қабілетін оларды алудың оңтайлы шарттарын пайдалану арқылы да, металл НБ-нің плазмондық әсері арқылы да арттыруға болады.

Жұмысты және басылымды апробациялау. Жұмыстың негізгі нәтижелері келесі халықаралық конференцияларда баяндалды және талқыланды: «Сызықтық емес жүйелердегі хаос және құрылымдар. Теория және Тәжірибе» 12ші халықаралық ғылыми конференциясы (Павлодар, 2022); «Молекулалар мен көпфункционалды материалдардың химиялық физикасы» халықаралық ғылыми конференциясы (Орынбор, 2022); «Қатты дене физикасы» XV халықаралық ғылыми конференциясы (Астана, 2022).

Басылымдар. Диссертациялық жұмыс нәтижелері бойынша 9 баспа жұмысы: Thomson Reuters Web of Science және Scopus дерекқорына кіретін журналдарда 3 мақала (1 мақала - Carbon Letters IF-4.5, Q2; 1 мақала - Materials Research Express, IF-2.025, Q4; 1 мақала - Materials Today: Proceedings, Scopus процентилі 38); ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдарда 3 мақала, және халықаралық конференциялар материалдарында 3 жарияланым жарияланған.