

АННОТАЦИЯ

8D05302 – Физика

философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертация

РОЖКОВА КСЕНИЯ СЕРГЕЕВНА

Полимерлі күн элементтеріндегі PEDOT:PSS қабыршықтарының құрылымдық, оптикалық және электр тасымалдағыш қасиеттері

Тақырыптың өзектілігі. Қазіргі уақытта әртүрлі ғылыми халықаралық қауымдастықтар арасында, бір белсенді қабат пен екі құрамдас бөліктен тұратын қарапайым құрылым үшін тиімділігі 14% - дан асатын, арзан, экологиялық таза және икемді органикалық күн фото түрлендіргіштері үлкен қызығушылық туғызуда. Мұндай OSC-ті әзірлеу жаһандық қоршаған ортаны сақтау және тұрақты экономикалық өсуді қамтамасыз ету үшін өте маңызды.

Әдеттегі күн элементінің құрылымы электронды-донорлық және акцепторлық материалдар бір қабатқа экситондардың бос зарядтарға диссоциациялануына ықпал ететін көлемді гетероауысы түзетіндей етіп орналастырылған фотобелсенді қабаттан тұрады. Шекаралық қабаттардағы зарядтардың рекомбинациясын азайту және зарядты инъекциялау тиімділігін арттыру үшін фотобелсенді қабатты электронды және кемтікті тасымалдау қабаттары (сәйкесінше ETL және HTL) арасында орналастырады.

Органикалық фото түрлендіргіштердің өнімділігі ETL және HTL тасымалдау қабаттарының сапасына байланысты. Олардың функционалдық қасиеттеріне икемділік, төмен тізбекті кедергі, көрінетін жарық диапазонындағы жарықтың жоғары өткізу коэффициенті және термиялық тұрақтылық тәрізді қатаң талаптар қойылады. OSC үшін HTL материалдары ретінде бейорганикалық өтпелі металл оксидтері кеңінен қолданылуда. Дегенмен, вакуумды қондыру және бу фазасынан тұндыру технологиясын пайдалану қымбат процесс болып табылады, сондықтан бұл оны пайдалануды шектейді. Қазіргі уақытта әлемдегі мамандандырылған зертханалардың назары жалпы өндірісте салыстырмалы түрде арзан, спектрдің көрінетін аймағында мөлдір және термиялық тұрақты өткізгіш материалдарды іздеуге бағытталған. Қазіргі уақытта органикалық фото түрлендіргіштерге арналған HTL материалдарының ішінде өңделуінің қарапайымдылығымен, бағасының арзандығымен, уыттылығымен және химиялық тұрақтылығымен ерекшеленетін поли (3,4-этилендиокситиофен) және полистиролсульфонат қышқылы (PEDOT:PSS) композитті материалын ерекшелеп көрсетуге болады.

Сонымен қатар, PEDOT:PSS/фотоактивті қабат аралығында көлемді және беттік ақаулардың болуы OSC өнімділігінің төмендеуінің себептерінің бірі болып табылады. Бұл шекаралық қабаттағы зарядтардың рекомбинациясының жоғарылауына, кемтіктердің тасымалдануының

нашарлауына және электрод арқылы кемтіктерді экстракциялау тиімділігінің төмендеуіне алып келеді. Осы мәселелерді шешу үшін қазіргі уақытта PEDOT:PSS-тың еріткіштерді, беттік белсенді заттарды, қышқылдарды және әртүрлі қоспаларды қолдану арқылы алынған әртүрлі көлемді және беттік модификациялары қолданылады. Бұл PEDOT:PSS қабыршақтарының құрылымы мен электрлік қасиеттерін оңтайландыруға, қабат аралық контактіні жақсартуға және OSC тұрақтылығы мен өнімділігін жақсартуға ықпал етеді.

Диссертациялық зерттеудің мақсаты PEDOT:PSS қабыршақтарының құрылымын модификациялаудың полимерлі күн элементтерінің фотовольтаикалық сипаттамаларына әсерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу нысандары PEDOT:PSS қабыршақтары, фталоцианин және оның металл кешендерінің наноленталары, вольфрам дисульфидінің нанобөлшектері, полимерлі күн элементтері болып табылады.

Ғылыми жаңалықтары мыналармен анықталады:

1. Спирттердің қайнау температурасының PEDOT пен PSS арасындағы байланыстардың әлсіреуіне әсері анықталды. Спирттердің қайнау температурасынан тәуелді кедір-бұдырлық дәрежесі төмен, көлемдік өткізгіштігі жақсартылған және фотобелсенді қабат шекарасындағы кедергісі төмен біртекті PEDOT:PSS қабыршақтары түзілетіні көрсетілген.

2. PEDOT:PSS қабыршақтары алу процесінде термиялық күйдірудің рөлі анықталды. Термиялық күйдіру беттік интерфейстің тегістелуіне және PSS хош иісті фрагментінің жұтылу спектрінің қарқындылығының төмендеуіне алып келетіні көрсетілді. Термиялық күйдіру қабыршақ кедергісінің төмендеуіне және заряд инжекциясы тиімділігінің, ПӘК мен OSC кванттық тиімділігінің жоғарылауына алып келетіні анықталды.

3. PEDOT:PSS қабыршағындағы МРС наноленталарының қоспасы кедір-бұдырды азайтуға және қабыршақтың кристалдану дәрежесін арттыруға ықпал ететіні анықталды. PEDOT:PSS -ті МРС наноленталарымен легирлеу OSC-тің тізбекті кедергісінің төмендеуіне және тиімділігінің жоғарылауына алып келетіні көрсетілген.

4. PEDOT:PSS-тегі заряд тасушылардың тасымалдануы мен инжекциясына WS_2 нанобөлшектерінің әсері анықталды. WS_2 нанобөлшектерінің қоспалары қабыршақтағы беткі ақауларды азайтуға, заряд тасушылардың ауысуындағы фаза аралық кедергісін төмендетуге және OSC тиімділігін арттыруға ықпал ететіні көрсетілді.

Диссертация көлемі мен құрылымы. Диссертациялық жұмыстың құрылымы қойылған мәселелермен анықталады және кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, библиография мен қосымшадан тұрады. Ол компьютерлік мәтіннің 103 бетінде баяндалған, 47 суреттермен, 17 кестелермен көрсетілген, 231 атаулардан тұратын қолданылған деректер тізімінен тұрады.

Негізгі нәтижелерге мыналар жатады:

1. Спиртті еріткіштер мен термиялық күйдіру PSS-пен байытылған агломераттардың пайда болуына жол бермейді, бұл

PEDOT:PSS/фотобелсенді қабат және PEDOT:PSS/ITO шекараларында кемтіктердің тасымалдануын жақсартады.

2. Фталоцианин және оның металл кешендерінің наноленталарын PEDOT:PSS кемтікті тасымалдау қабатына енгізу кристалдылықты жақсартуға және қабыршақтың кедергісін азайтуға ықпал етеді.

3. PEDOT:PSS қабыршағында WS_2 нанобөлшектерінің критикалық концентрациясы бар, оның одан артық мөлшерде болуы нанобөлшектердің қабыршақ бетіне итеріліп шығуына алып келеді, нәтижесінде кемтікті-тасымалдау қабатының фазааралық кедергісі күрт артады.

Жұмыстың ғылыми-тәжірибелік маңыздылығы: тұрақтылығы мен өнімділігінің көрсеткіші жоғары PEDOT:PSS негізінде OSC композиттік кемтікті-тасымалдаушы электродын алу технологиясы әзірленді; жоғары ПӘК мен кванттық тиімділікті қамтамасыз ететін органикалық күн ұяшығының оңтайлы параметрлері (құрылымдық ерекшеліктері, алу технологиясы) анықталды. Алынған нәтижелер икемді электроникада және термоэлектрлік құрылғыларда фотовольтаикалық және оптоэлектрондық ұяшықтарды, жарық шығаратын диодтарды әзірлеуде қолданыла алады. Бұл технология электронды аспаптар мен құрылғылардың кең ауқымын электрмен жабдықтаудың дербес көздерін жаппай өндіруде жеңіл, технологиялық және арзан әзірлеу үшін перспективті болып табылады.

Жұмысты және басылымды апробациялау. Жұмыстың негізгі нәтижелері конференцияларда баяндалды және талқыланды: Физика бойынша Нобель сыйлығының лауреаты Николай Геннадиевич Басовтың туғанына 100 жыл толуына арналған «Лазерные, плазменные исследования и технологии» ЛаПлаз-2022 VIII халықаралық конференциясы (Мәскеу, 2022); Фотоника және ақпараттық оптика бойынша XI халықаралық конференция (Мәскеу, 2022); «Қатты дене физикасы» XV халықаралық ғылыми конференция (Астана, 2022); «Минские научные чтения-2021» (Минск, 2021); «Минские научные чтения-2021» IV Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы (Минск, 2021); 5th International Symposium on Molecular Photonics dedicated to the memory of Academician A.N. Terenin (1896–1967) (St. Petersburg, 2021); Фотоника және ақпараттық оптика бойынша X халықаралық конференция (Мәскеу, 2021); Көрнекті ғалым, физика факультетінің бірінші деканы, педагогика ғылымдарының докторы, профессор, Қазақстан педагогика ғылымдары Академиясының академигі Арынғазин Қанапия Мұбаракұлының 85 жылдығына арналған республикалық ғылыми-практикалық онлайн конференция (Қарағанды, 2021); «Лазерные, плазменные исследования и технологии» ЛаПлаз -2021 VII Халықаралық конференциясы (Мәскеу, 2021); Абай Құнанбаевтың 175 жылдығына орай «Әуезов оқулары-18: Ұлы Абайдың рухани мұрасы» халықаралық ғылыми – практикалық конференциясы (Шымкент, 2020); The 8th International Conference on Nanomaterials and Advanced Energy Storage Systems INESS-2020 (Astana, 2020); «Инновационные технологии в системе физико-математического образования» Халықаралық ғылыми-практикалық интернет-конференциясы (Минск, 2020).

Жарияланымдар. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері бойынша 18 баспа жұмысы жарияланды: Thomson Reuters және Scopus базаларына кіретін журналдарда 3 мақала (1 мақала Polymers for Advanced Technologies, 2021, IF – 3.348, Q2, процентиль – 79; 1 мақала Optical Materials. 2022, IF – 3.754, Q2, процентиль – 71; 1 мақала Synthetic Metals, IF – 4.0, Q2, процентиль – 84); ҚР ҰӘМ ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған журналдарда 4 мақалалар және халықаралық пен республикалық конференциялар материалдарында 11 жарияланымдар.