

8D05302 - «Физика» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған  
Ахатова Жаннур Жанарбековнаның  
«Органикалық жартылайөткізгішті нанокөмпозиттеріндегі заряд тасушылардың тасымалдануы мен рекомбинациясы» атты тақырыбындағы  
диссертациялық жұмысына ғылыми кеңесшінің

## ПІКІРІ

Ж.Ж. Ахатованың «Органикалық жартылайөткізгішті нанокөмпозиттеріндегі заряд тасушылардың тасымалдануы мен рекомбинациясы» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы өтпелі металдардың дихалькогенидтері нанобөлшектерін пайдалана отырып, органикалық күн ұяшықтарының тиімділігін арттыруға арналған қарапайым әрі ауқымды тәсілі әзірленді және заряд тасымалдау мен рекомбинация арасындағы концентрацияға тәуелді құбылысты түсінуге мүмкіндік берді. Сондай – ақ органикалық электрохимиялық транзисторлардың түзету сипаттамалары зерттелді. Жұмыс жоғары ғылыми деңгейде орындалған және фотоэлектрлік материалдар мен құрылғылар саласындағы болашақ зерттеулерде қолдануға болатын құнды нәтижелерді қамтиды.

Үшінші буын фотоэлектрлік құрылғыларына жататын органикалық күн ұяшықтары соңғы жылдары қарқынды дамып, құнының төмендігі, жеңілдігі, өндірісінің қарапайымдылығы және үлкен аумақтарда жасалу мүмкіндігі сияқты айтарлықтай артықшылықтарымен ерекшеленуде. Алайда құрылғылардың салыстырмалы түрде төмен пайдалы әсер коэффициенті мен ұзақ мерзімді тұрақсыздығы олардың өнеркәсіптік өндірілуін және коммерциялануын шектейді. Белсендірілген қабаттардағы заряд тасымалдаушылардың төмен қозғалғыштығы, электронды-кемтікті рекомбинацияның жоғары деңгейі және күн сәулесінің жеткіліксіз жұтылуы – OSCs тиімділігінің төмен болуына негізгі себеп болып табылады.

OSCs тиімділігі мен тұрақтылығын арттыру мәселесін шешуге арналған көптеген тәсілдер белгілі. Солардың бірі – OSCs құрылымына металл нанокұрылымдарын енгізу. Жоғары өнімді органикалық күн ұяшықтарын жасау үшін фотоэлектрлік құрылғылардың белсенді қабатында үшінші компонент ретінде қолданылатын екі өлшемді материалдар кеңінен қолданыс тапты. OSCs-та пайдаланылатын наноматериалдардың алуан түрлілігі ішінде екі өлшемді қабатты материалдар өздерінің тамаша оптоэлектрондық қасиеттеріне, энергия аймақтарының реттелетін құрылымына, сондай-ақ салыстырмалы түрде тұрақты физикалық және химиялық сипаттамаларына байланысты OSCs-тің әртүрлі бөліктерінде қолдануға келешегі зор.

Ахатова Ж.Ж. MoS<sub>2</sub> және WSe<sub>2</sub> нанобөлшектерін лазерлік абляция әдісімен синтездеген. MoS<sub>2</sub> және WSe<sub>2</sub> нанобөлшектерінің оптикалық қасиеттерін зерттеді, P3HT:PC61BM негізіне MoS<sub>2</sub> және WSe<sub>2</sub> нанобөлшектері

легирленген наноккомпозитті органикалық күн ұяшықтарын дайындады. Органикалық күн ұяшықтарындағы заряд тасымалдаушылардың тасымалдануы мен рекомбинация процестеріне  $\text{MoS}_2$  және  $\text{WSe}_2$  нанобөлшектерінің әсерін талдады.

ОМЕС-материалдары негізінде ОЕСТ-дегі өтпелі процестерді зерттеу, ток релаксацияларының асимметриясын және байыту, жұтаңдау мен бейтарап күй режимдерінің ықпалын анықтады. Сток потенциалы, арнадағы потенциалдың біркелкі таралмауы және бойлық иондық диффузия ескерілетін қолданыстағы үлгілердің қолданылу мүмкіндігін бағалап және өтпелі процестердің аналитикалық сипаттамасын жасады. Сток тогының аса көп шығу (overshoot) және релаксация әсерін эксперименттік зерттеу, өтпелі жауап параметрлерінің сток кернеуіне және азайған күй ұзақтығына тәуелділігін анықтады. Органикалық электрохимиялық түзеткіштің (OECR) моделін әзірлеу және верификациялау, төмен кернеулерде түзетуді алу және теріс дифференциалдық кедергінің пайда болу критерийін орнатты.

Зерттеу нәтижелерінен РЗНТ:РС61ВМ фотобелсенді қабатындағы  $\text{MoS}_2$  және  $\text{WSe}_2$  нанобөлшектері кристалдық дәреженің артуына және қабыршақтағы беттік ақаулардың азаюына ықпал ететіні анықталды. РЗНТ:РС61ВМ құрамында  $\text{MoS}_2$  нанобөлшектерінің 0,5wt% және  $\text{WSe}_2$  нанобөлшектерінің 0,35 wt% шекті концентрациясы бар екені, осы кезде органикалық күн ұяшығының тиімділігі ең жоғарғы мәнге жететіні белгілі болды.

ОЕСТ-дегі өтпелі процестердің асимметриясы қақпаның электрлік күй режимімен анықталады: қақпа жерге тұйықталғанда, канал мен қақпа арасындағы потенциалдар айырмасы нәтижесінде каналдың допингтелуі немесе дедопингтелуі орын алады, ал тізбек ажыратылған режимде каналда көрсетілген процестер жүрмей, бейтарап күйде қалады. ОЕСТ негізіндегі тәжірибелік түрде іске асырылған органикалық электрохимиялық түзеткіштің (OECR) ток түзетілуі стоктағы оң ығысу кезінде оның потенциалы жерге тұйықталған қақпаның потенциалынан жоғары болғанда каналдың электрохимиялық допингтелуімен, ал теріс ығысу кезінде оның потенциалы қақпа потенциалынан төмен болғанда каналдың дедопингтелуімен шартталатыны анықталды.

Жалпы алғанда, бұл диссертациялық жұмыс органикалық күн элементтерін дамыту саласына елеулі үлес қосып, келешекте осы бағыттағы зерттеулерде қолданылуы мүмкін.

Қорғауға шығарылатын нәтижелердің шынайылығы күмән тудырмайды және жарияланған 4 ғылыми еңбекте расталған: Thomson Reuters және Scopus базасына кіретін журналдарда 2 мақала (1 мақала Physica B: Condensed Matter (2023) IF – 2.8, Q3, 68%), 1 мақала Materials Science: Materials in Electronics (2025) IF–2.8, Q2, 70%) және 2 мақала ҚР ҒЖБССҚК ұсынған басылымдарда және халықаралық конференциялар материалдарында 2 тезис жарияланған.

Алынған нәтижелер мен жұмыстың қорытындылары күмән тудырмайды. Ж.Ж. Ахатованың диссертациялық жұмысы аяқталған ғылыми зерттеу болып табылады және докторлық диссертацияларға қойылатын талаптарға жауап береді, ал оның авторы «8D05302 – Физика» білім беру

бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайықты деп есептеймін.

Академик Е.А.Бөкетов атындағы ҚарҰЗУ  
радиофизика және электроника кафедрасының  
зерттеуші профессоры,  
физика-математика  
ғылымдарының кандидаты, профессор



Аймуханов А.К.

