

8D05302 - «Физика» білім беру бағдарламасы бойынша
философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған
Мұсабекова Әсел Қанатқызының
«SnO₂ қабыршақтарының құрылымдық модификациясының
полимерлі күн элементтеріндегі электрондарды тасымалдануына әсері»
атты тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ғылыми кеңесшінің

ПІКІРІ

Ә.Қ. Мұсабекованың «SnO₂ қабыршақтарының құрылымдық модификациясының полимерлі күн элементтеріндегі электрондарды тасымалдануына әсері» тақырыбындағы диссертациялық жұмысында вакуумды-термиялық тұндыру әдісімен синтезделген SnO₂ қабықшаларының құрылымдық, оптикалық және электрлік тасымалдау қасиеттеріне күйдіру температурасының әсері, әртүрлі спирттік еріткіштердің құрылымдық ақауларға ықпалы, сондай-ақ Al₂O₃ нанобөлшектерінің полимерлі күн элементтеріндегі электрон тасымалдау процесіне әсері зерттелген. Зерттеу жоғары ғылыми деңгейде орындалып, фотоэлектрлік материалдар мен құрылғылар бойынша болашақтағы ғылыми ізденістерге негіз бола алатын құнды нәтижелерге қол жеткізілген.

SnO₂ материалы жоғары оптикалық мөлдірлігі мен электрлік өткізгіштігінің үйлесімі арқасында күн элементтері мен дисплей құрылғыларында тоқ өткізгіш электродтар жасауға арналған перспективті материал болып табылады. Алайда, вакуумды-термиялық тұндыру немесе басқа әдістер арқылы қабыршақ алу процесінде материалдың құрылымында және беткі қабатында әртүрлі ақаулар қалыптасуы мүмкін. Бұл ақаулар қабыршақтың оптикалық мөлдірлігі мен электрлік тасымалдау сипаттамаларын төмендетіп, құрылғының жалпы өнімділігіне кері әсерін тигізеді. Сондықтан қабыршақтың синтезделу кезеңінде тұндыру параметрлерін (температура, жылдамдық, қысым және т.б.) дәл бақылау арқылы ақаулардың пайда болуын барынша азайту — аса маңызды міндет. Бұл аспект, әсіресе, органикалық күн элементтері үшін ерекше маңызды ие, себебі SnO₂ мен фотоактивті қабат арасындағы интерфейстің морфологиялық және энергетикалық сәйкестігі құрылғы тиімділігін айқындайтын негізгі факторлардың бірі болып табылады.

Диссертациялық зерттеу жұмысында SnO₂ қабыршақтарының морфологиясы мен кристалдық құрылымындағы өзгерістердің материалдағы ақаулар деңгейі мен оның электрлік тасымалдау қасиеттеріне әсері зерттелді. Осы тұрғыдан алғанда, Мұсабекова Әсел Қанатқызының SnO₂-нің құрылымы

мен морфологиялық сипаттарын түрлендіру арқылы полимерлі күн элементтерінің электрлік тасымалдау қасиеттерін жетілдіруге бағытталған ғылыми зерттеуі жоғары өзектілікке ие және фотоэлектрлік құрылғыларды тиімді дамыту тұрғысынан маңызды болып табылады.

Вакуумды-термиялық тұндыру әдісі арқылы алынған SnO_2 қабықшаларына жүргізілген зерттеулер термиялық өңдеудің морфологиялық, құрылымдық, оптикалық және электрлік тасымалдау қасиеттеріне әсерін көрсетті. Термиялық күйдіру температурасын 500°C -қа дейін арттыру нәтижесінде қабықшаның кристалдық құрылымы жақсарып, заряд тасымалдаушылардың қозғалғыштығы өсіп, электрлік кедергі айтарлықтай төмендейтіні анықталды. Сонымен қатар, рекомбинация процесінің әлсіреуі жоғары сапалы интерфейстің қалыптасқанын көрсетеді. SnO_2 негізінде дайындалған электрон тасымалдаушы қабат пайдаланылған органикалық күн батареялары 500°C -та термиялық өңдеуден өткен соң жақсартылған фотоэлектрлік сипаттамаларға ие болғаны дәлелденді.

Түрлі спирттік еріткіштер арқылы синтезделген SnO_2 қабыршақтарындағы құрылымдық ақаулардың полимерлі күн элементтеріндегі электрон тасымалдау процестеріне әсері зерттелді. Диссертациялық жұмыстың авторы еріткіштің қайнау температурасы SnO_2 қабыршағының морфологиясына және интерфейс сапасына әсер ететіні анықтады. Тыйым салынған аймақтың ені (E_g) және Урбах энергиясының мәні қолданылған спирттің табиғатына байланысы көрсетілді. Раман және фотолюминесценциялық спектрлерді талдау нәтижесінде аралық тордағы қалайы атомдары (Sn) мен оттек вакансияларына байланысты үш түрлі жарық шығару орталығының бары анықталды. SnO_2 материалындағы ақаулар деңгейінің органикалық күн элементтеріндегі электрон тасымалдауға елеулі әсері дәлелденді.

Морфологиялық, оптикалық және электрофизикалық қасиеттерін зерттеу нәтижелері бойынша SnO_2 қабыршақтарын Al_2O_3 легірлеу беткі кедір-бұдырлықты азайтып, қабыршақтың қалыңдығын арттыратыны анықталды. Нанобөлшектердің концентрациясы 15%-ға дейін артқанда, тыйым салынған аймақтың оптикалық ені азайып, Урбах энергиясы кемиді, бұл ақаулардың пассивациясымен түсіндіріледі. 15%-дан жоғары концентрацияларда құрылымдық ретсіздік пен ақаулық артып, қабықшалардың қасиеттері төмендейді. Al_2O_3 -тың оңтайлы концентрациясы (15%) электрондық тасымалдауды арттырып, OSC тиімділігін 2,5%-ға дейін арттырады. Бұл концентрациядан асып кеткен жағдайда рекомбинация күшейіп, құрылғылардың тиімділігі төмендейтіні анықталды.

Қорғауға шығарылатын нәтижелердің шынайылығы күмән тудырмайды және жарияланған 6 ғылыми еңбекте расталған: Clarivate Analytics және Scopus базасына кіретін журналдарда 2 мақала (Physica B, Q3, IF=2.8, 68%, 2023 ж.; Synthetics Metals, Q2, IF=4.6, 87%, 2025 ж.), ҚР ҒЖБССҚК ұсынған журналдарда («Қарағанды университетінің хабаршысы» – «Физика» сериясы) 1 мақала және халықаралық конференциялар материалдарында 3 мақала жарияланған.

Алынған нәтижелер мен жұмыстың қорытындылары күмән тудырмайды. Ә.Қ. Мұсабекованың 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 PhD докторы,
қауымдастырылған профессор



А.К.Тусупбекова

РАСТАЙЫМЫН	
Ғалым жетісі	
N. Tulinova	
20 25 ж. « 26 » 08	