

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

ІШКІРІ

Ә.Қ. Мұсабекованың «SnO₂ қабыршақтарының құрылымдық модификациясының полимерлі күн элементтеріндегі электрондарды тасымалдануына әсері» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы вакуумды-термиялық тұндыру әдісі арқылы алынған SnO₂ қабықшаларының құрылымдық, оптикалық және электрлік тасымалдау қасиеттеріне күйдіру температурасының әсері, түрлі спирттік еріткіштерді құрылымдық ақауларына және Al₂O₃ нанобөлшектерінің полимерлі күн элементтерінде электрон тасымалына әсері зерттелді. Жұмыс жоғары ғылыми деңгейде орындалған және фотоэлектрлік материалдар мен құрылғылар саласындағы болашақ зерттеулерде қолдануға болатын құнды нәтижелерді қамтиды.

SnO₂ өзінің жоғары мөлдірлігі мен жоғары электр өткізгіштігімен күн элементтері мен дисплей технологияларында электродтар жасауға перспективті материал болып табылады. SnO₂ қабыршақтарын тұндыру процесінде құрылымдық және беткі ақаулардың пайда болады, ол ақаулар оның оптикалық және электрлік қасиеттеріне әсер етеді. Қабыршақтың қалыптасу кезеңінде тұндыру параметрлерін дәл бақылау арқылы ақаулар деңгейін басқару маңызды. Бұл, әсіресе, органикалық күн элементтері үшін өзекті, себебі SnO₂ мен фотоактивті қабат арасындағы интерфейстің сапасы құрылғының тиімділігіне тікелей әсер етеді.

Диссертациялық зерттеу жұмысында SnO₂ қабыршақтарының морфологиясы мен кристалдық құрылымының өзгеруі ақаулар деңгейі мен электрлік тасымалдау қасиеттеріне әсері қарастырылады. Осыған байланысты Мұсабекова Әсел Қанатқызының SnO₂ құрылымы мен морфологиясын түрлендірудің полимерлі күн элементтерінің электрлік тасымалдау сипаттамаларына әсерін зерттеуге арналған диссертациялық жұмысы аса өзекті және маңызды болып табылады.

Автор вакуумды-термиялық тұндыру әдісімен алынған SnO₂ қабыршақтарының морфологиясына, құрылымына, оптикалық және электртасымалдаушы қасиеттеріне термиялық күйдірудің әсерін зерттеген. 500 °C дейінгі термиялық күйдірудің температурасын көтеру қабыршақтың кристалдылығын және заряд тасымалдаушылардың қозғалғыштығын арттырып, электр кедергісін төмендететіні анықталды. Сонымен қатар, рекомбинацияның азаюы сапалы интерфейстің қалыптасқанын білдіреді. SnO₂ негізіндегі электрон тасымалдаушы қабат қолданылған органикалық күн элементтері 500 °C температурада термиялық күйдіруден кейін артқан фотоэлектрлік көрсеткіштерге ие екендігі дәлелденді.

Әртүрлі 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.

SnO_2 негізіндегі электрон тасымалдаушы қабатқа Al_2O_3 нанобөлшектерін енгізудің электрон тасымалдау қасиеттеріне әсері зерттелді. Al_2O_3 нанобөлшектерімен легірлеу SnO_2 қабыршақтарының беттік кедір-бұдырлығын төмендетіп, олардың қалыңдығының артуына ықпалы анықталды. Жұтылу спектрлерінің нәтижелері Al_2O_3 концентрациясының артуы оптикалық тыйым салынған аймақтың тарылуына себеп болатыны көрсетілді. Сонымен қатар, композитті $\text{SnO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ қабыршақтарындағы Урбах энергиясының шамасы Al_2O_3 мөлшеріне тәуелділігі анықталды: 15% концентрацияға дейін Урбах энергиясының төмендеуі байқалып, бұл кезде құрылымдағы ретсіздіктің азаюы мен ақаулық энергетикалық деңгейлердің пассивациясымен түсіндіріледі. Алайда, осы концентрациядан асқан жағдайда Урбах энергиясы қайтадан артып, материалдағы кристалдық құрылымның бұзылуын және жаңа ақаулардың пайда болуы көрсетілді.

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 ҚарX31
Радиофизика және электроника
кафедрасының зерттеуші-профессоры
физика-математика
ғылымдарының кандидаты, профессор



Аймуханов А.К.