



14.04.2023 № 88/10.02-10

ОТЗЫВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

на диссертационную работу Омаровой Жансаи Бағдатқызы
«Пределы эффективности металлоорганических перовскитов на основе $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$
и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ для фотовольтаики», представленную на соискание степени доктора
философии (PhD) по образовательной программе «8D05303 – Техническая физика»

Солнечная энергетика становится все более перспективным видом получения чистой электроэнергии, не только благодаря улучшению существующих кремниевых технологий, но и вследствие появления новых, таких как технология перовскитных солнечных элементов. Последние отличаются относительной простотой изготовления и высокой эффективностью фотопреобразования, которая превышает 25% для отдельных полупроводниковых переходов и 32% для тандемных кремниевоперовскитных солнечных элементов. Однако для внедрения данной технологии в промышленность необходимо решить ряд проблем, таких как структурная нестабильность фотопреобразователей, а также определить пределы их устойчивой эффективности. В связи с этим в последнее десятилетие наблюдается рост активности по изучению процессов деградации фотоактивных перовскитных материалов под воздействием условий окружающей среды и разработки высокоэффективных перовскитных структур.

Диссертационная работа Омаровой Ж.Б. на тему «Пределы эффективности металлоорганических перовскитов на основе $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ для фотовольтаики» посвящена численному и экспериментальному исследованию перовскитных солнечных элементов с целью выработки рекомендаций по усовершенствованию их структуры и, как следствие, выходных технических характеристик.

В первом разделе диссертационной работы представлен краткий литературный обзор по исследованию архитектуры перовскитных солнечных элементов, их классификации, методов изготовления и численных исследований.

Во втором разделе представлены результаты разработанной обобщенной численной модели металлоорганического перовскитного солнечного элемента на основе соединений метил-аммоний-йодид олова ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$) и метил-аммоний-йодид свинца ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$). Обнаружено влияние плотности объемных и поверхностных дефектов на основные характеристики солнечного элемента.

В третьем разделе изложены результаты сравнения полученных экспериментальных образцов с результатами численного исследования, в котором основное внимание уделялось изучению влияния объемных и поверхностных дефектов в поглощающем слое на характеристики устройства. Данные результаты были получены в период научной стажировки Омаровой Ж. в лаборатории фотоэлектрических явлений и приборов ТОО «Физико-технический институт». По результатам экспериментальных работ было установлено образование в образцах дефектов, оказывающих влияние на его выходные технические характеристики.

В четвертом разделе приведены исследования деградации перовскитного материала в условиях повышенной влажности вследствие гидратационного разложения кристаллической структуры образца.

Результаты, полученные в данной диссертации, представляют ценность для развития перовскитной фотовольтаики. Они будут весьма полезны для глубокого понимания механизма деградации, что позволит приблизиться к стабильности кремневых солнечных элементов. Также предложена новая оптимальная высокоэффективная структура перовскитного солнечного элемента, которая позволяет приблизиться к теоретическому пределу Шокли-Квайзера.

Диссертационная работа Омаровой Ж.Б. выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ по программе грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан в области естественных наук в рамках проекта «AP05133651 - Производство и исследование перспективных возобновляемых источников на основе гибких органических полупроводниковых материалов».

Полученные в настоящей диссертационной работе результаты отражены в соответствующих публикациях Омаровой Ж.Б.. По основным результатам диссертационной работы опубликованы 15 печатных работ: 4 в журналах из перечня ККСОН МНВО РК для опубликования основных результатов диссертации на соискание степени PhD, 2 в журналах дальнего зарубежья с высоким импакт-фактором, входящих в международные базы данных Web of Science (Clarivate Analytics, США) и Scopus (Elsevier, Нидерланды) и 9 работ в материалах Международных научных конференций.

Диссертационная работа Омаровой Ж. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на высоком научном уровне. За время работы над диссертационной работой Жансая проявила трудолюбие, упорство в достижении поставленных целей, ответственно подошла к выполнению нестандартных исследовательских задач.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Омаровой Ж. Б. на тему «Пределы эффективности металлоорганических перовскитов на основе $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ для фотовольтаики», соответствует всем квалификационным требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD), а ее автор заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05303 – Техническая физика».

Отечественный
научный консультант,
PhD

Токмолдин Н.С.





14.04.2023 № 88/10.02-10

«8D05303 – Техникалық физика» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін Омарова Жансая Бағдатқызының «Фотовольтаика үшін $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ және $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ негізіндегі металлорганикалық перовскиттердің тиімділік шектері» тақырыбы бойынша диссертациялық жұмысына отандық ғылыми жетекшісінің

ШКІРІ

Күн энергетикасы кремний технологияларын жетілдіру есебінен ғана емес, сонымен қатар перовскитті күн элементтері технологиясы сияқты жаңа түрлерінің пайда болуына байланысты одан әрі таза электр энергиясын өндірудің перспективалы түріне айналуға. Соңғылары өндірудің салыстырмалы қарапайымдылығымен және фототүрлендірудің жоғары тиімділігімен ерекшеленеді, яғни жеке жартылай өткізгіштік ауысулар үшін 25% және тандемдік кремний-перовскитті күн элементтері үшін 32% -дан асады. Дегенмен бұл технологияны өнеркәсіпке енгізу үшін фототүрлендіргіштердің құрылымдық тұрақсыздығы сияқты бірқатар мәселелерді шешу керек, сонымен қатар олардың тұрақты тиімділігінің шегін анықтау қажет. Осыған байланысты соңғы онжылдықта қоршаған орта жағдайларының әсерінен фотоактивті перовскит материалдарының деградация процестерін зерттеу және тиімділігі жоғары перовскитті құрылымдарды әзірлеу бойынша белсенділік артуы байқалады.

Омарова Жансая Бағдатқызының «Фотовольтаика үшін $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ және $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ негізіндегі металлорганикалық перовскиттердің тиімділік шектері» тақырыбы бойынша диссертациялық жұмысы перовскитті күн элементтерінің құрылымын жақсарту және нәтижесінде шығыс техникалық сипаттамалары бойынша ұсыныстарды әзірлеу мақсатында сандық және тәжірибелік зерттеулер жүргізуге арналған.

Диссертациялық жұмыстың бірінші бөлімінде перовскитті күн элементтерінің архитектурасын, олардың жіктелуін, өндіру әдістерін және сандық зерттеулерін зерттеу бойынша қысқаша әдебиеттік шолу берілген.

Екінші бөлімде қалайы метил аммоний йодиді ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$) және корғасын метил аммоний йодиді ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) қосылыстары негізіндегі металлорганикалық перовскит күн элементтерінің әзірленген жалпыланған сандық моделінің нәтижелері келтірілген. Күн элементінің негізгі сипаттамаларына көлемдік және беттік ақаулардың тығыздығының әсері анықталды.

Үшінші бөлімде алынған тәжірибелік үлгілерді сандық зерттеу нәтижелерімен салыстыру нәтижелері берілген, онда басты назар сіңіргіш қабаттағы көлемдік және беттік ақаулардың құрылымының сипаттамаларына әсерін зерттеуге аударылған. Бұл нәтижелер Ж. Б. Омарованың «Физика-т техникалық институт» ЖШС-нің фотоэлектрлік құбылыстар мен құрылғылар зертханасында ғылыми тағылымдамадан өтуі барысында алынды. Тәжірибелік

жұмыстардың нәтижелері бойынша үлгілерде оның шығыс техникалық сипаттамаларына әсер ететін ақаулардың пайда болуы анықталды.

Төртінші бөлімде жоғары ылғалдылық жағдайында үлгінің кристалдық құрылымының гидратациялық ыдырауы салдарынан перовскит материалының деградациясының зерттеулері берілген.

Бұл диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер перовскитті фтовольтаиканы дамыту үшін құнды болып табылады. Олар деградация механизмін терең түсіну үшін өте пайдалы болады, бұл кремний күн элементтерінің тұрақтылығына жақындауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ Шокли-Квайзердің теориялық шегіне жақындауға мүмкіндік беретін жаңа оңтайлы жоғары тиімділікті перовскит күн элементінің құрылымы ұсынылған.

Омарова Жансая Бағдатқызының диссертациялық жұмысы Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің жаратылыстану ғылымдары саласындағы гранттық қаржыландыру бағдарламасы бойынша ғылыми-зерттеу жоспарына сәйкес «AP05133651 – Икемді органикалық жартылай өткізгіш материалдар негізінде перспективті жаңартылатын көздерді өндіру және зерттеу» жобасы аясында жүзеге асырылады.

Осы диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер Ж.Б. Омарованың тиісті басылымдарында көрсетілген. Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері бойынша 15 баспа жұмысы жарияланған: PhD докторы дәрежесін алу үшін диссертацияның негізгі нәтижелерін жариялау үшін 4-і Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда, Web of Science (Clarivate Analytics, АҚШ) және Scopus (Elsevier, Нидерланд) халықаралық деректер базасына енгізілген импакт-факторы жоғары шетелдік журналдарда 2 және Халықаралық ғылыми конференциялардың материалдар жинағында 9 мақала.

Ж. Б. Омарованың диссертациялық жұмысы жоғары ғылыми деңгейде орындалған, аяқталған ғылыми-зерттеу жұмысы болып табылады. Диссертациялық жұмыспен жұмыс істеу барысында Жансая еңбекқорлық, алға қойған мақсаттарына жетуде табандылық танытты, стандартты емес зерттеу тапсырмаларын орындауға жауапкершілікпен қарады.

Жоғарыда айтылғандарды түйіндей келе, Омарова Жансая Бағдатқызының «Фотовольтаика үшін $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ және $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ негізіндегі металлорганикалық перовскиттердің тиімділік шектері» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін диссертацияларға қойылатын барлық біліктілік талаптарына сәйкес келеді, ал оның авторы «8D05303 – Техникалық физика» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беруге лайық деп есептеймін.

Отандық
ғылыми жетекші,
PhD

Н.С. Токмолдин

