



Mathematisch-
Naturwissenschaftliche Fakultät

Institut für Physik und Astronomie
Optoelectronics of Disordered
Semiconductors

Prof. Dr. Safa Shoaee
shoai@uni-potsdam.de

Tel. (0)331-977-5453
FAX (0)331-977-5615

FOREIGN SCIENTIFIC CONSULTANT REVIEW

for PhD thesis of Omarova Zhansaya

"Efficiency limits of organometallic perovskites based on $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ and $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ for photovoltaics", submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the educational program "8D05303 - Technical Physics"

Perovskite photovoltaics is a rapidly developing area of solar energy. Although silicon solar cells currently used in industry have achieved photovoltaic power conversion efficiencies exceeding 26%, their reported disadvantages include high cost, high degree of manufacturing technology, as well as the difficulty in recycling and disposal of obsolete silicon solar panels due to a relatively large thickness of silicon wafers. In this regard, perovskite solar cells look promising due to several advantages, such as a wide absorption range of the light spectrum, high carrier mobilities and relatively large carrier diffusion lengths, as well as the ease of fabrication and relatively high efficiency (of the order 25%). However, there are several unsolved problems, which include high instability under the influence of atmospheric factors. Thus, over the past decade, there has been an increase in activity in studying the processes of degradation of various perovskite materials under the influence of external environmental conditions and the development of highly efficient perovskite structures.

PhD thesis of Omarova Zh.B. on the topic "Efficiency limits of organometallic perovskites based on $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ and $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ for photovoltaics" is devoted to the development of a generalized numerical model for revealing a highly efficient structure of a perovskite solar cell, as well as an experimental study of the degradation in a perovskite sample.

The PhD thesis determines optimal device parameters, such as thickness and trap density of the $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ absorbing layer, the choice of the hole-transport layer and anode to obtain high device performance. Using IR spectroscopy, it was found that the degradation of a perovskite solar cell depends on atmospheric conditions, and deterioration of the active layer occurs via hydration degradation of the perovskite crystal structure.

The PhD thesis of Omarova Zh.B. was carried out in accordance with the research plan under the grant funding program of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan in the field of natural sciences within the framework of the project "AP05133651 - Production and research of promising renewable sources based on flexible organic semiconductor materials".

The results obtained in this PhD thesis are reflected in relevant publications of Omarova Zh.B. According to the main results of the dissertation, 15 printed works were published: 4 articles in journals from the list of Committee for Quality Assurance in the Field of Science and Higher Education Republic Kazakhstan for the publication of the main results of the thesis for the degree of PhD, 2 articles in international journals with a high impact factor included in the international databases Web of Science (Clarivate Analytics, USA) and Scopus (Elsevier, the Netherlands) and 9 papers in proceedings of international scientific conferences.

During the work on the dissertation work, Omarova Zh.B. showed independence in finding solutions to complex problems, diligence, perseverance in achieving her goals, responsibility in implementation of non-standard research tasks.

Based on the publication record, independence in performing quality research, and qualification requirements for dissertations for the degree of Doctor of Philosophy (PhD), I recommend the PhD thesis of Omarova Zh.B. on the topic "Efficiency limits of organometallic perovskites based on $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ and $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ for photovoltaics" for consideration by the Committee to be awarded the degree of Doctor Philosophy (PhD) in the educational program "8D05303 - Technical Physics".

Foreign scientific consultant,

Prof. Dr. Safa Shoaee (University of Potsdam)





Потсдам университеті

Математика және ғылым факультеті
Жартылай Өткізгіштердің Астрономия
Физикасы және Оптоэлектроника
Институты

Проф. Др. Сафа Шоаи

shoai@uni-potsdam.de

Тел. (0) 331-977-5453

ФАКС (0) 331-977-5615

«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

ШЕТЕЛДІК ҒЫЛЫМИ КЕҢЕСШНІҢ ПІКІРІ

Перовскитті фотовольтаика - күн энергетикасының қарқынды дамып келе жатқан саласы. Қазіргі уақытта өнеркәсіпте қолданылатын кремний күн элементтерінің фотоэлектрлік энергияны түрлендіру тиімділігі 26%-дан асса да, олардың кемшіліктеріне құнының жоғарылығы, өндіріс технологиясының жоғары дәрежелігі, сондай-ақ кремний пластиналарының салыстырмалы түрде үлкен қалыңдығына байланысты тозған кремний күн панельдерін қайта өңдеу және кәдеге жарату мәселелері жатады. Осыған орай, перовскитті күн элементтері бірқатар артықшылықтарына байланысты перспективалы деп саналады, оларға жарық спектрінің кең жұтылу диапазоны, тасымалдаушылардың жоғары қозғалғыштығы және тасымалдаушылар диффузиясының салыстырмалы түрде үлкен ұзындығы, сондай-ақ дайындалуының қарапайымдылығы мен салыстырмалы түрде жоғары тиімділігі (шамамен 25%) жатады. Дегенмен бірнеше шешілмеген проблемалар бар, оларға атмосфералық факторлардың әсерінен туындайтын жоғары тұрақсыздық жатады. Осылайша, соңғы онжылдықта сыртқы қоршаған орта жағдайлардың әсерінен туындайтын әртүрлі перовскитті материалдардың ыдырау процестерін зерттеу және тиімділігі жоғары перовскитті құрылымдарды әзірлеу бойынша белсенділік артты.

Ж.Б. Омарованың «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 тиімділігі жоғары перовскитті күн элементтерінің құрылымын анықтау үшін жалпыланған сандық модельді әзірлеуге, сондай-ақ перовскит үлгісінің деградациясын тәжірибелік зерттеуге арналған.

Диссертациялық жұмыста $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ сіңіру қабатының қалыңдығы мен ақаулар тығыздығы, құрылғының жоғары өнімділігін алу үшін кемтік пен анодты тасымалдау қабатын таңдау сияқты құрылғының оңтайлы параметрлерін анықталған. ИҚ спектроскопияның көмегімен перовскитті күн элементінің деградациясы атмосфералық жағдайларға байланысты екендігі анықталды, ал белсенді қабаттың ыдырауы перовскиттің кристалдық құрылымының гидратациялық деградациясы арқылы жүреді.

Диссертациялық жұмыспен жұмыс істеу барысында Ж. Б. Омарова күрделі мәселелердің шешімдерін іздеуде дербестік, еңбекқорлық, өз мақсаттарына жетуде табандылық, стандартты емес зерттеу тапсырмаларын орындау кезінде жауапкершілік көрсетті.

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.

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.

Ғылыми жарияланымдардың нәтижелеріне, сапалы зерттеулер жүргізудегі тәуелсіздікке және философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға арналған диссертацияларға қойылатын барлық біліктілік талаптарына сүйене отырып, Ж.Б. Омарованың «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 жұмысын «8D05303 – Техникалық физика» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беруге лайық деп есептеймін.

Шетелдік ғылыми кеңесші,

Проф. Др. Сафа Шоаи (Потсдам университеті)

/қолы бар/

Мен, **Кенжетаева Диана Серикболовна**, ИИН 890416450513, (төл құжат № 037494459, Қазақстан Республикасының Ішкі Істер Министрлігімен, 02.02.2015 жылы берілген, 01.02.2025 жылға дейін жарамды), бұл құжат түпнұсқалығына сәйкестігін және дұрыс аударғандығына қолымды қойып растаймын.

Қолы..... *Кенжетаева Диана Серикболовна*

ИП «TRANSLATION SERVICES PRO»
ЖСН/ИИН 890416450513
Кенжетаева Диана
Аудармашы/Переводчик
Сот +7 747 580 89 48

«21» сәуір 2023 жылы, мен **Мусатаева Айгерим Максатовна**, Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінің берілген №21015147-саны 15 сәуірде 2021 жылы лицензиясының негізінде әрекет жасаушы Алматы қаласы нотариусы аудармашының **Кенжетаева Диана Серикболовна** қолының түпнұсқалығын куәландырамын. Аудармашының жеке басы анықталды, әрекет қабілеттілігі және өкілеттілігі тексерілді.

Тізілімде № 1216 тіркелді

Өндірілді

Нотариус



Handwritten signature

Немірленген және
Баулықталған
41020902
пәр.
Нотариус



ET5207106230421113412L237004

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия