

.....
MORADA

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431
4249-015 PORTO
Portugal

.....
CONTACTOS

tel. +351 228 340 500
fax. +351 228 321 159
www.isep.iupp.pt
mail@isep.iupp.pt

.....
N.º CONTRIBUINTE

501 540 709

To Whom It May Concern,

REVIEW

of the foreign scientific adviser to the dissertation work of Shongalova Aigul, PhD candidate of Satbayev University, titled

"Promising methods for the synthesis and study of thin-film chalcogenide materials",

submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) on the speciality 6D074000 - Nanomaterials and Nanotechnology

Aigul's PhD thesis project aims to develop thin film fabrication processes based on Sb_2Se_3 by sputtering and heat treatment techniques and to study the properties of these films. The studied properties aim to optimize the film growth processes with a view to its application in photovoltaic devices.

In recent years, interest in the Sb_2Se_3 compound has become evident with researchers searching for ways to synthesize this compound using different techniques. It was clear that the electrochemical, opto- and thermoelectric properties make this material suitable for applications in several areas of technology. In this thesis, optimization included optoelectronic properties for photovoltaic applications.

The study and optimization of the processes was carried out at various levels. Different substrates, such as Si, SLG glass and a Mo coated SLG, were applied to study the effect on the properties of Sb_2Se_3 films. The effects of the precursors' initial composition, the ratio between Sb and Se, the sputtering parameters, the selenization profiles and annealing temperature were also analysed. The fundamental properties were structural, morphological and composition of the grown films. For the structural analysis, techniques such as X-ray diffraction and Raman scattering were used. Scanning electron microscopy was the technique used to study the morphology of the films and energy dispersive spectrometry was applied to obtain information about the composition.

During her doctoral program and more specifically during her two stays in Portugal, she had the opportunity to receive training in several areas and this allowed her to be autonomous in the use of the various equipment needed to carry out the work. Regarding her stay at the CIETI laboratories in Porto city, she received training in the use of the sputtering systems, becoming fully autonomous in their use and allowing her to participate in all Sb_2Se_3 film deposition processes. During her stay at the INL laboratories in Braga city, she had the chance to learn the procedures and techniques for using XRD, SEM / EDS for the characterization of films. This allowed her to gain knowledge and autonomy to analyse the quality of the films and suggest approaches to optimize the quality of the films.

Her track record, with 12 published scientific papers, including 5 articles in international peer-reviewed journals indexed in the Scopus and Web of Science databases, which is described in her thesis, shows that the work she developed in her doctoral program illustrates well the relevance and innovation brought to the scientific community.

During the doctoral program, Aigul did not show any difficulty in learning the various techniques and proved to be a committed and hardworking person. I have no doubts that she is an valuable asset in any research team.

It my believe that Aigul Shongalova meets all the requirements for dissertations for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty "6D074000 - Nanomaterials and Nanotechnology", and can be admitted to the public defense.

Porto, 6 of January 2023



Paulo Alexandre Franco Ponte Fernandes

ISEP Политехнический институт Порту - Инженерная школа
Для предъявления по месту требования

Отзыв

зарубежного научного консультанта на диссертационную работу докторанта
Satbayev University Шонгаловой Айгуль на тему

« Перспективные методы синтеза и исследование тонкопленочных
халькогенидных материалов»,

представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по
специальности 6D074000 – Наноматериалы и нанотехнологии

Докторская диссертация Айгуль направлена на разработку процессов изготовления тонких пленок на основе Sb_2Se_3 с помощью методов распыления и термообработки, а также на изучение свойств этих пленок. Изученные свойства направлены на оптимизацию процессов роста пленки с целью ее применения в фотоэлектрических устройствах.

В последние годы интерес к соединению Sb_2Se_3 стал очевиден, поскольку исследователи ищут способы синтезировать это соединение с использованием различных методов. Было ясно, что электрохимические, опто- и термоэлектрические свойства делают этот материал пригодным для применения в нескольких областях техники. В этой диссертации оптимизация включала оптоэлектронные свойства для фотоэлектрических приложений.

Изучение и оптимизация процессов проводились на разных уровнях. Различные подложки, такие как Si, стекло и стекло с молибденовым покрытием, были применены для изучения их влияния на свойства пленок Sb_2Se_3 . Влияние исходного состава прекурсоров, соотношения между Sb и Se, параметров распыления, профилей селенизации и температуры отжига, морфологии и состава выращенных пленок. Для структурного анализа использовались такие методы, как дифракция рентгеновских лучей и комбинационное рассеяние света. Сканирующая электронная микроскопия была методом, используемым для изучения морфологии пленок, а энергодисперсионная спектроскопия применялась для получения информации о составе.

Во время ее докторской программы и, в частности, во время ее двух пребываний в Португалии, у нее была возможность пройти обучение в нескольких областях, и это позволило ей быть независимой в использовании различного оборудования, необходимого для выполнения работы. Что касается ее пребывания в лабораториях CIETI в городе Порту, она прошла обучение использованию систем распыления, что позволило ей стать полностью независимой в их использовании и позволить ей участвовать во всех процессах осаждения пленки Sb_2Se_3 . Во время своего пребывания в лабораториях INL в городе Брага у нее была возможность изучить процедуры и методы использования РФА, СЭМ/ЭДС для определения характеристик пленок. Это позволило ей снова получить знания и независимость, чтобы анализировать качество фильмов и предлагать подходы к оптимизации качества фильмов.

Ее послужной список, состоящий из 12 опубликованных научных работ, в том числе 5 статей в международных рецензируемых журналах, проиндексированных в базах данных Scopus и Web of Science, который описан в ее диссертации, показывает, что работа, которую она разработала в своей докторской программе, хорошо иллюстрирует актуальность и инновации, внесенные в научное сообщество.

Во время обучения в докторантуре Айгуль не выказывала никаких трудностей в изучении различных техник и оказалась целеустремленным и трудолюбивым человеком. Я не сомневаюсь, что она - ценный актив в любой исследовательской группе.

Считаю, что Айгуль Шонгалова соответствует всем требованиям для защиты диссертаций на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности «6D074000 - Наноматериалы и нанотехнологии» и может быть допущена к государственной защите.

Порту, 6 января 2023 г.

Пауло Александр Франко Понте Фернандеш

Текст-перевод, с английского языка на русский язык выполнен мною, переводчиком Журтыбаевой Гулназ Мухамедалиевной, ИИН 770502401865, Республика Казахстан, город Алматы, Бостандыкский район, улица Маркова, 24А, офис 18, тел+7 7772473792, e-mail: globus-zh@mail.ru.

Имя переводчика Журтыбаева Гулназ Мухамедалиевна

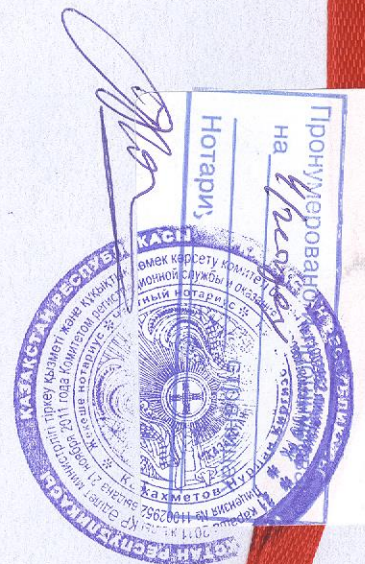
Подпись _____

город Алматы Республика Казахстан. Двадцать восьмое марта две тысячи двадцать третьего года. Я, Кожахметов Нурлан Киргизбаевич, нотариус города Алматы, лицензия № 11002952, выдана Комитетом Регистрационной службы и оказания правовой помощи Министерства юстиции Республики Казахстан от 21.11.2011 года, свидетельствую подлинность подписи переводчика Журтыбаевой Гулназ Мухамедалиевны. Личность переводчика установлена, дееспособность и полномочия проверены.

Зарегистрировано в реестре за №1102

Оплаченная сумма: 1829 тенге

Подпись нотариуса _____



ES7102972230328114421M268713

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия