



西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

2026 April 10

### Review

Review by an International Scientific Consultant on the Thesis of Duisebayev Tolagay Sabyrzhanuly entitled

“Electronic systems based on semiconductors with resistive switching effects and organic compound sensing properties”,

submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty “8D06201 – Radio Engineering, Electronics and Telecommunications”.

The thesis of Duisebayev Tolagay Sabyrzhanuly is devoted to the study of electronic systems based on semiconductors exhibiting resistive switching effects and sensor properties toward organic substances. The work focuses on investigating the characteristics, fabrication approaches, and functional capabilities of such systems.

The thesis presents new and significant results in the field of resistive switching devices and sensor technologies. Several approaches for the fabrication of nanoscale sensor structures have been tested, including the formation of heterostructures and surface modification techniques with the deposition of metal-oxide layers on semiconductor substrates to improve the stability of the devices with respect to various gas molecules.

Due to their large surface area and structural features, the developed nanostructures demonstrate strong potential as sensitive elements for detecting organic vapors, which have been confirmed experimentally. Surface modification approaches have proven effective in enhancing both selectivity and sensitivity of the sensors.

The work demonstrates the applicability of semiconductor-based heterostructures for the detection of volatile organic compounds such as ethanol, ammonia, and isopropanol, showing sufficiently high sensitivity. In addition, a method for determining structural parameters based on contact angle measurements using a high-resolution goniometer system has been proposed.

Optical properties of the heterostructures formed on the surface layers have been investigated using ellipsometry, revealing effects associated with the nanostructured nature of the materials and their surface modification. Furthermore, calculations based on density functional theory (DFT) have been carried out to explain the mechanisms underlying the sensor sensitivity.

The possibility of creating a practical digital electronic gas sensor with high sensitivity, good selectivity, and a low detection limit based on semiconductor heterostructures with resistive switching effects has been demonstrated.

The obtained results are internally consistent, well-justified, and supported by both experimental data and theoretical analysis.

In my opinion, the thesis of T.S. Duisebayev fully meets the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (PhD). I recommend that the Academic Council accept this thesis for defense in the major "8D06201 – Radio Engineering, Electronics and Telecommunications" and wish the author further success in his scientific career.

Professor at School of Materials Science  
and Engineering, Northwestern Polytechnical  
University, Xi'an, China



*Liu Jianxi*

Liu Jianxi

# СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY)

10 апреля 2026 г.

## Отзыв

Отзыв зарубежного научного консультанта на диссертацию  
Дуйсебаева Толағая Сабыржанұлы на тему:

«Электронные системы на основе полупроводников с эффектами резистивного переключения и свойствами сенсора органических веществ», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D06201 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

Диссертация Дуйсебаева Толағая Сабыржанұлы посвящена исследованию электронных систем на основе полупроводников, проявляющих эффекты резистивного переключения и свойства сенсора по отношению к органическим веществам. Работа направлена на изучение характеристик, методов изготовления и функциональных возможностей таких систем.

В диссертации представлены новые и значимые результаты в области устройств резистивного переключения и сенсорных технологий. Был апробирован ряд подходов к созданию наноразмерных сенсорных структур, включая формирование гетероструктур и методы модификации поверхности с нанесением слоев оксидов металлов на полупроводниковые подложки. Эти решения способствуют повышению стабильности работы устройств по отношению к различным молекулам газов.

Благодаря большой площади поверхности и особенностям структуры, разработанные наноструктуры демонстрируют значительный потенциал в качестве чувствительных элементов для обнаружения паров органических веществ, что подтверждено экспериментально. Подходы к модификации поверхности показали свою эффективность в повышении как селективности, так и чувствительности сенсоров.

Работа демонстрирует применимость гетероструктур на основе полупроводников для обнаружения летучих органических соединений, таких как этанол, аммиак и изопропанол, с показателями достаточно высокой чувствительности. Кроме того, предложен метод определения структурных параметров на основе измерения краевого угла смачивания с использованием гониометрической системы высокого разрешения.

Оптические свойства гетероструктур, сформированных в поверхностных слоях, были исследованы с использованием метода эллипсометрии, что позволило выявить эффекты, связанные с наноструктурированной природой материалов и модификацией их поверхности. Кроме того, проведены расчеты на основе теории функционала

плотности, направленные на объяснение механизмов, лежащих в основе чувствительности сенсоров.

Продемонстрирована возможность создания практически применимого цифрового электронного газового сенсора с высокой чувствительностью, хорошей селективностью и низким порогом обнаружения на основе полупроводниковых гетероструктур с эффектами резистивного переключения.

Полученные результаты характеризуются внутренней согласованностью, обоснованностью и подтверждаются как экспериментальными данными, так и теоретическим анализом.

По моему мнению, диссертация Дуйсебаева Т.С. полностью соответствует требованиям, предъявляемым к соисканию степени доктора философии (PhD). Я рекомендую Ученому совету принять данную диссертацию к защите по специальности «8D06201 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации» и желаю автору дальнейших успехов в его научной карьере.

Профессор Школы материаловедения  
и инженерии Северо-Западного  
политехнического университета,  
Сиань, Китай

/подпись/ Лю Цзяньси (Liu Jianxi)

*Печать: Северо-Западный политехнический университет.  
Школа материаловедения и инженерии.  
6101030284104.*