

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра лазерной физики и спектроскопии

Шустова Елизавета Андреевна

Реферат

Дипломной работы

**ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННЫЙ СИНТЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ
ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ**

Научные руководители:

Тарасенко Н.В., зав. центра, д.ф.-м.н.,
доцент, чл.-корр. НАН Беларуси, ГНУ
«Институт физики им. Б.И.Степанова
НАН Беларуси»;

Воропай Е.С., профессор, д.ф.-м.н.,
профессор, кафедра лазерной физики и
спектроскопии БГУ

Минск, 2019

РЕФЕРАТ

Общий объем работы 45 страниц, 19 рисунков, 47 источников.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦИЯ, ТОНКИЕ ПЛЕНКИ, ОСАЖДЕНИЕ НАНОСТРУКТУР, ОКСИДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ, ФОТОВОЛЬТАИКА.

Объект исследования – металлические и полупроводниковые наночастицы, полученные методом лазерной абляции в жидкости.

Цель исследования: синтез наночастиц кремния, оксидов цинка и меди методом лазерной абляции в жидкости, а также создание тонких пленок на их основе.

Методы исследования: абсорбционная спектроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, флуоресцентная спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, вольт-амперная характеристика.

Полученные результаты и их новизна. Наночастицы кремния, оксидов меди и цинка получены в виде коллоидных растворов методом лазерной абляции в жидкости с использованием излучения первой гармоники лазера на алюмоиттриевом гранате, легированного ионами неодима. С помощью абсорбционной спектроскопии изучены оптические свойства коллоидных растворов указанных наночастиц. Из полученных спектров поглощения оценена ширина запрещенной зоны полупроводниковых частиц. Отклонения экспериментальных значений от теоретических объяснены дефектами поверхности наночастиц, а также квантоворазмерными эффектами.

Исследована морфология синтезированных наночастиц методом просвечивающей электронной микроскопии. В частности, установлено, что форма частиц близка к сферической, средний диаметр наночастиц кремния составляет 7 нм.

Методом спин-коутинга создана гетероструктура $\text{ITO}/\text{n-ZnO}/\text{p-CuO}(\text{Cu}_2\text{O})$, измерены ее физико-химические характеристики. Показано, что данная гетероструктура имеет фоточувствительную природу.

Рекомендации по внедрению: Как показали результаты измерения вольт-амперных характеристик, гетероструктура $\text{ITO}/\text{n-ZnO}/\text{p-CuO}(\text{Cu}_2\text{O})$ обладает фоточувствительной природой и может найти применение в изготовлении фотоприемников, солнечных элементов и газовых датчиков. Однако в настоящее время процедура получения структур на основе синтезированных оксидных наночастиц не полностью оптимизирована, и требуется дальнейшая работа для адаптации различных компонентов устройства и этапов изготовления.

РЭФЕРАТ

Агульны аб'ём работы 45 старонак, 19 малюнкаў, 47 крыніц.

КЛЮЧАВЫЯ СЛОВЫ: ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦЫЯ, ТОНКІЯ ПЛЁНКІ, АСАДЖЭННЕ НАНАСТРУКТУР, АКСІДНЫЯ НАНАЧАСЦІНКІ, ФОТАВАЛЬТАІКА.

Аб'ект даследавання - металічныя і паўправадніковыя наначасцінкі, атрыманыя метадам лазернай абляцыі ў вадкасці.

Мэта даследавання: сінтэз наначасціц крэмнія, аксідаў цынку і медзі метадам лазернай абляцыі ў вадкасці, а таксама стварэнне тонкіх плёнак на іх аснове.

Метады даследавання: абсарбцыйная спектраскапія, прасвечваючая электронная мікраскапія, флюарэсцэнтная спектраскапія, сканавальная электронная мікраскапія, вольт-амперная характарыстыка.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Наначасцінкі крэмнію, аксідаў медзі і цынку атрыманы ў выглядзе калойдных раствораў метадам лазернай абляцыі ў вадкасці з выкарыстаннем выпраменьвання першай гармонікі лазера на алюмоіттрыевам гранаце, легаванага іёнамі неадому.. З дапамогай абсарбцыйнай спектраскапіі вивучаны аптычныя ўласцівасці калойдных раствораў названых наначасцінак. З атрыманых абсарбцыйных спектраў ацэнена шырыня забароненай зоны паўправадніковых часцінак. Адхіленні эксперыментальных значэнняў ад тэарэтычных растлумачаны дэфектамі паверхні наначасцінак, а таксама квантавапамернымі эфектамі.

Даследавана марфалогія сінтэзіраваных наначасцінак метадам прасвечваючай электроннай мікраскапіі. У прыватнасці, устаноўлена, што форма часцінак блізкая да сферычнай, сярэдні дыяметр наначасцінак крэмнію складае 7 нм.

Метадам спін-коўцінгу сінтэзіравана гетэраструктура ІТО / n-ZnO / р-CuO (Cu_2O), былі вымераны яе фізіка-хімічныя характарыстыкі. Паказана, што гетэраструктура мае фотаадчувальную прыроду.

Рэкамендацыі па ўкараненні: Як паказалі вынікі вымярэння вольт-ампернай характарыстыкі структуры, гетэраструктура ІТО / n-ZnO / р-CuO (Cu_2O) валодае фотаадчувальнай прыродай і можа знайсці прымяненне ў вырабе фотапрымальнікаў, сонечных элементаў і газавых датчыкаў. Аднак у цяперашні час працэдура атрымання структур на аснове сінтэзаваных аксідных наначасцінак не цалкам аптымізавана, і патрабуецца далейшая праца для адаптацыі розных кампанентаў прылады і этапаў вырабу.

ABSTRACT

The total amount of work is 45 pages, 19 figures, 47 references.

KEY WORDS: LASER ABLATION, THIN FILMS, DEPOSITION OF NANOSTRUCTURES, OXIDE NANOPARTICLES, PHOTOVOLTAICS.

The object of the research is metal and semiconductor nanoparticles obtained by laser ablation in liquids.

The aim of the research is synthesis of nanoparticles of silicon, zinc and copper oxides by laser ablation in a liquid and creation of thin films based on them.

Research methods: absorption spectroscopy, transmission electron microscopy, photoluminescent spectroscopy, scanning electron microscopy, current-voltage characteristics.

The results and their novelty: Silicon, as well as copper and zinc oxides nanoparticles were obtained in the form of colloidal solutions by laser ablation in a liquid using first-harmonic radiation from a neodymium-doped yttrium aluminum garnet laser. Optical properties of colloidal solutions of these nanoparticles were studied using absorption spectroscopy. The band gap values of semiconductor particles were estimated from the obtained absorption spectra. The deviations of the experimental values from the theoretical ones are explained by the defects of the surface of the nanoparticles, as well as by the quantum size effects.

The morphology of the synthesized nanoparticles was studied using transmission electron microscopy. In particular, it was found that the shape of the particles is close to spherical, the average diameter of silicon nanoparticles is 7 nm.

The heterostructure ITO / n-ZnO / p-CuO (Cu₂O) was synthesized using spin-coating method, its physicochemical characteristics were measured. It was shown that the heterostructure has a photosensitive nature.

Recommendations for implementation: As shown by the results of the current-voltage characteristics measurement of the structure, the ITO / n-ZnO / p-CuO (Cu₂O) heterostructure has a photosensitive nature and can be used in the production of photodetectors, solar cells and gas sensors. However, at present, the procedure for fabrication of the structures based on synthesized oxide nanoparticles is not totally optimized, and further work is needed to adapt the various components of the device and production steps.