

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СОВМЕСТНЫЙ ИНСТИТУТ БГУ И ДПУ
Кафедра лазерной физики и спектроскопии

ШУМЕЙКО
Александра Рэмовна

ОПТИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОСТРУКТУР,
ФОРМИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫМ МЕТОДОМ

Реферат дипломной работы

Научный руководитель:
доцент, кандидат физико-
математических наук,
кафедра лазерной физики и
спектроскопии
Л.С. Ляшенко

Научный консультант:
доцент, кандидат физико-
математических наук,
ведущий научный
сотрудник, Институт
физики НАН Беларуси
Е.А. Невар

Минск, 2025

РЕФЕРАТ

Дипломная работа, 85 страниц, 21 рисунок, 96 источников.

КРЕМНИЕВЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ, КРЕМНИЙ-УГЛЕРОДНЫЕ
НАНОСТРУКТУРЫ, ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ МОДИФИКАЦИЯ,
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА,
СПЕКТРОСКОПИЯ, МИКРОСКОПИЯ

Объектом исследования являются кремниевые наночастицы и кремний-углеродные композиты, полученные методом электроразрядной модификации. Цель работы – синтез и комплексное исследование их морфологических и оптических свойств для оценки применимости в оптоэлектронике, фотонике и системах накопления энергии.

Методика включала получение коллоидных растворов наночастиц кремния и композитов Si-C с помощью импульсного электрического разряда в углеродсодержащей среде (этаноле), последующее их структурное и спектральное исследование методами рентгеновской дифракции, спектроскопии комбинационного рассеяния, фотолюминесценции, УФ-видимого анализа и электронной микроскопии. В отдельных опытах применялась дополнительная лазерная модификация для воздействия на структуру и оптические параметры частиц.

Была собрана экспериментальная установка, реализована методика электроразрядного синтеза, оптимизированы условия подготовки проб. Установлено, что полученные наночастицы имеют преимущественно кристаллическую структуру, размеры 2-15 нм и выраженную фотолюминесценцию. Введение углеродных компонентов (аморфный углерод, графен) повысило стабильность и улучшило спектральные характеристики коллоидов.

Лазерная модификация использовалась как инструмент постобработки, позволивший оценить чувствительность наноструктур к внешнему воздействию и возможность целенаправленного изменения их свойств без изменения основного синтеза.

Научная новизна работы заключается в применении электроразрядного метода для одновременного синтеза Si-C нанокомпозитов в жидкой среде с использованием доступных ресурсов. Практическая значимость – в разработке недорогого и адаптируемого подхода, применимого в лабораторных и опытно-промышленных условиях. Достоверность результатов подтверждена сходимостью данных, полученных различными методами анализа.

РЭФЭРАТ

Дыпломная работа, 85 старонак, 21 ілюстрацыя, 96 крыніц.

НАНАЧАСТКІ КРЭМНІЮ, КРЭМНІЙ-ВУГЛЯРОДНЫЯ
НАНАСТРУКТУРЫ, ЭЛЕКТРАРАЗРАДНАЯ МАДЫФІКАЦЫЯ,
МАРФАЛАГІЧНЫЯ ЎЛАСЦІВАСЦІ, АПТЫЧНЫЯ ЎЛАСЦІВАСЦІ,
СПЕКТРАСКОПІЯ, МІКРАСКОПІЯ

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца наначасціцы крэмнію і крэмній-вугляродныя кампазіты, атрыманыя метадам электраразраднай мадыфікацыі. Мэта работы – сінтэз і комплекснае даследаванне іх марфалагічных і аптычных уласцівасцей з мэтай ацэнкі магчымасці прымянення ў оптаэлектроніцы, фатоніцы і сістэмах назапашвання энергіі.

Методыка ўключала атрыманне калоідных раствораў з наначасціцамі крэмнію і кампазітаў Si-C пры дапамозе імпульснага электрычнага разряду ў вугляродзмяшчальнай вадкасці (этанол), а таксама наступнае структурнае і спектральнае даследаванне з выкарыстаннем рэнтгенаўскай дыфракцыі, спектраскапіі камбінацыйнага рассеявання, фаталюмінісцэнцыі, УФ-відавага аналізу і электроннай мікраскапіі. У асобных серыях эксперыментаў дадаткова прымянялася лазерная мадыфікацыя для ўплыву на структуру і аптычныя параметры часціц.

Была сабрана эксперыментальная ўстаноўка, рэалізаваная методыка электраразраднага сінтэзу, аптымізаваныя і ўмовы падрыхтоўкі проб. Устаноўлена, што атрыманыя наначасціцы маюць пераважна крышталічную структуру, памеры 2-15 нм і яркая выражаную фаталюмінісцэнцыю. Даданне вугляродных кампанентаў (аморфны вуглярод, графен) павысіла стабільнасць раствораў і палепшыла спектральныя характарыстыкі.

Лазерная мадыфікацыя выкарыстоўвалася як інструмент дадатковай апрацоўкі, які дазволіў ацаніць адчувальнасць нанаструктур да знешняга ўздзеяння і магчымасць кіраванага карэктавання іх уласцівасцей без змены асноўнай тэхналогіі.

Навізна работы заключаецца ў выкарыстанні метаду электраразраднай мадыфікацыі для адначасовага сінтэзу кампазітаў Si-C у вадкім асяроддзі з прымяненнем даступных рэсурсаў. Практычная значнасць – у распрацоўцы недарагога і адаптуемага падыходу, прыдатнага для лабараторных і доследна-вытворчых умоў. Дакладнасць вынікаў пацверджана сугучнасцю дадзеных, атрыманых рознымі метадамі аналізу.

ABSTRACT

Thesis, 85 pages, 21 figures, 96 sources.

SILICON NANOPARTICLES, SILICON–CARBON NANOSTRUCTURES, ELECTRICAL DISCHARGE MODIFICATION, MORPHOLOGICAL PROPERTIES, OPTICAL PROPERTIES, SPECTROSCOPY, MICROSCOPY

The object of the research is silicon nanoparticles and silicon–carbon composites obtained by the method of electrical discharge modification. The aim of the work is to synthesize these nanostructures and conduct a comprehensive study of their morphological and optical properties to assess their applicability in optoelectronics, photonics, and energy storage systems.

The methodology included the preparation of colloidal solutions containing silicon nanoparticles and Si-C composites via pulsed electrical discharge in a carbon-containing liquid medium (ethanol), followed by structural and spectral analysis using X-ray diffraction, Raman spectroscopy, photoluminescence, UV-Vis spectroscopy, and electron microscopy. In certain experiments, additional laser modification was used to influence the structure and optical characteristics of the particles.

An experimental setup was assembled, the synthesis method was implemented, and sample preparation conditions were optimized. The resulting nanoparticles were found to be predominantly crystalline, with sizes ranging from 2 to 15 nm, and demonstrated strong photoluminescence. The introduction of carbon components (amorphous carbon, graphene) improved the stability of colloids and enhanced their spectral properties.

Laser modification was used as a post-processing tool, enabling precise adjustment of material properties without changing the main synthesis method, and demonstrated the structural sensitivity to external influence.

The scientific novelty lies in applying electrical discharge modification for the simultaneous synthesis of Si-C nanocomposites in a liquid medium using accessible materials and equipment. The practical relevance is in the development of a low-cost and adaptable approach suitable for laboratory and pilot-scale applications. The reliability of the results is confirmed by the consistency of data obtained using independent analytical methods.