

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра инноватики

**ЭФФЕКТИВНЫЕ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ: ПРОДУКТОВЫЙ
ТRENДВОТЧИНГ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 4111 группы
направления 27.03.05 «Инноватика»
института физики

Зайцева Дмитрия Павловича

Научный руководитель,
доцент, к.ф.-м.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

Д.В. Терин
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой,
к.ф.-м.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

Е.М. Ревзина
инициалы, фамилия

Саратов 2023

Введение. Возможность делать объекты невидимыми для наблюдателей и их средства обнаружения захватывала человеческое воображение на протяжении истории, и недавно стала быстрорастущей научной областью. Одна из фундаментальных проблем – сделать объекты полностью не обнаруживаемыми, то есть скрыть все сигнатуры в электромагнитном спектре. «Плащи-невидимки» и «СВЧ-невидимки» два известных подхода к маскировке объектов были широко исследованы в последние годы. «Плащ-невидимка» рассеивает фоновый свет вокруг объектов, а «СВЧ-невидимки» уменьшают количество отраженной энергии от поверхностей и тем самым минимизируют обнаружения. Эти устройства работают на видимых и СВЧ частотах, а их функциональность ограничена определенными длинами волн. В последние годы особое внимание уделяют маскировке тепловых сигналов объектов в широком инфракрасном диапазоне, ИК спектр также должен быть скрыт, что имеет чрезвычайно важное применение в их защите. Механизм «ИК-невидимости» существенно отличается от «СВЧ-плащей невидимок» из-за пассивной природы обнаружения ИК, который основан на спонтанном излучении объектов и не зависит от внешнего освещения. Человеческие тела и горячие части транспортных средств функционируют как широкополосные источники ИК-излучения, поэтому тепловизионные камеры могут определять местонахождение их в полной темноте и в условиях плохой видимости (например, туман или дым) [1].

Trendwatching помогает сформировать продукт на основе ожиданий пользователей, учесть влияние внутренних и внешних факторов, опередить конкурентов. Методика дает возможность обнаруживать свободные ниши и направления, что особенно актуально для стартапов и молодых компаний.

Целью выпускной квалификационной работы является выявление эффективного нанотехнологического решения с помощью методов продуктового трендвотчинга.

На основе поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать современные методы трендвотчинга, методологии ключевых факторов успеха, PEST(EL) и SWOT-анализа;
- провести обзор существующих технологий и продуктовых решений в областях «Плащи-невидимки», «СВЧ-невидимки» и «ИК-невидимости»;
- выявить тренды, эффективные нанотехнологические решения и перспективные области их применения;
- описать методы исследования нанотехнологических решений/ продуктов и технологий цифровой обработки;
- получение и исследование партии экспериментальных образцов разработанного нанотехнологического решения;
- провести исследование ключевых факторов успеха, PEST(EL) и SWOT-анализа, и анализ конкурентоспособности организации для оценки перспективности вывода на рынок разработанного нанотехнологического решения.

Дипломная работа занимает 126 страницы, имеет 103 рисунка и 20 таблиц.

Обзор составлен по 24 информационным источникам.

Во введении рассматривается актуальность работы, устанавливается цель и выдвигаются задачи для достижения поставленной цели.

Первый раздел представляет собой изучения современных подходов к анализу эффективных нанотехнологических решений. Более подробно описано про методы трендвотчинга, PEST(EL)-анализа, ключевых факторов успех и SWOT-анализа.

Во втором разделе работы проводится выявление трендов, нестандартными методами трендвотчинга, и области применений поглощающих структур.

В третьем разделе приводятся методы исследования материала, такими методы как, метод исследования гидрофильности гидрофобности материала, метод сканирующей электронной микротоки (СЭМ), обработки СЭМ-изображений, методы спектроскопии и метод рентгеноструктурного анализа.

В четвёртом разделе работы приводится методика получения материала, выбранного по результатам трендвотчинга, результаты его исследования, разработка программы для обработки СЭМ-изображений.

В пятом разделе приводится модель готового продукта, на основе исследованных свойств полученного материала, и оценка перспективности вывода готового продукта на рынок.

Основное содержание работы

По результатам проведения трендвотчинга, что основными используемыми материалами являются: полупроводники, полимеры и метаматериалы, в виде многослойных, волокнистых и пористых структур, применяемые в качестве различных поглощающих покрытий, одежды и устройств. Выявлено, что в качестве одного из основных направлений перспективных областей применения поглощающих структур является пористый полупроводник.

В качестве эффективного нанотехнологического решения был выбрана структура на основе пористого арсенида галлия.

Обработка проводилась тормозным ускорителем электронов бетатрона, при максимальной энергии $E_{\gamma\max} \sim 25$ МэВ. Для реализации процесса образцы размером 2,25 см² помещались в центре пучка γ -излучения на расстоянии 75 см от платиновой тормозной мишени. Доза облучения подложек составила 10, 30, 40 и 200 кР.

Предварительно облучённые подложки GaAs помещались в электрохимическую ячейку (рисунок 29) с раствором электролита, состоящего из 48% плавиковой кислоты и этанола (HF:C₂H₅OH) в соотношении 1:1 при режиме с дальнейшим подключением к источнику бесперебойного питания при режиме плотностью тока $J = 20$ мА/см² и времени 15 минут. По истечению времени травления получившиеся образцы извлекались из фторопластовой ячейки, промывались в сухой воде и сушились в вакуумной камере прибора MIRA II LMU с дальнейшим получением цифровых изображений поверхности.

Была получена серия пористых и непористых облучённых образцов.

Исследование серии пористого облучённого арсенида галлия проводилось на спектрофотометре СФ-56. Прибор позволяет проводить измерения в диапазоне длин волн от 400-1100 нм с шагом 1 нм. По получившимся результатам были простроены графики и установлено, что зеркальное отражение пористого арсенида галлия в независимости от дозы облучения мало.

Для исследования динамического краевого угла смачивания поверхности дистиллированной водой использовался прецизионный оптический тензиометр Theta Lite Optical Tensiometr TL 100. Помимо краевого угла смачивания (θ , град), прибор позволяет измерять величину контактной зоны жидкости с поверхностью твёрдого тела (r , мм) и высоту капли (h , мм) относительно нормали столика с образцом от максимально высокой точки контакта жидкости с воздушной средой до контакта жидкости с поверхностью твёрдого тела. Установлено, что пористый арсенид галлия является гидрофобным в отличии от гладкой подложки GaAs. Зависимость от дозы облучения слабо выражена.

Для выяснения воздействия γ -облучения на свойства облучённых пористых подложек GaAs исследовались структурные свойства на дифрактометре (XRD) на приборе ДРОН-4. Различия в спектрах XRD подложки и слоя, показывают, что данная технология получения пористого GaAs ведёт к изменению не только морфологии, но и компонентного состава получаемого слоя.

Для выяснения воздействия γ -облучения на свойства облучённых пористых подложек GaAs исследовались спектры фотолюминисценции и комбинационного рассеяния света (КРС) регистрировались на спектрометре Renishaw inVia. Различия в спектрах рамановского сдвига подложки и слоя, показывают, что данная технология получения пористого GaAs ведёт к изменению не только морфологии, но и компонентного состава получаемого слоя, как и в случае XRD.

Была разработана программа для обработки СЭМ-изображений, с возможностью высчитывать пористость и моделированием поверхности. С

помощью разработанной программы было выяснено что программа ImageJ достаточно грубая программа для обработки СЭМ-изображений.

Приводится модель готового продукта, на основе исследованных свойств полученного материала, и оценка перспективности вывода готового продукта на рынок. По результатам которой можно сказать что готовый продукт будет достаточно конкурентоспособным.

Заключение. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы использованы и проанализированы нестандартные методы продуктового трендвотчинга для выявления эффективного нанотехнологического решения, а именно:

- проведен обзор и выявлены тренды для создания эффективных нанотехнологических решений. Установлено, что основными используемыми материалами являются: полупроводники, полимеры и метаматериалы, в виде многослойных, волокнистых и пористых структур, применяемые в качестве различных поглощающих покрытий, одежды и устройств;
- определены основные направления перспективных областей применения поглощающих структур на основе облучённого пористого арсенида галлия, используемого в военной промышленности и солнечной энергетики;
- получены структуры пористого облучённого монокристаллического арсенида галлия методом электрохимии. Выявлены зависимость влияния дозы облучения на получение пористой структуры;
- проведён SWOT-анализ и анализ конкурентоспособности, показавший, что компания по производству нашего материала будет достаточно конкурентоспособной;
- подготовлен комплект документации для регистрации программы для ЭВМ в Роспатенте.

Список использованных источников

1. Иванкин, А. Н. Физико-химические методы анализа. Спектрометрия: учеб. пособие / А. Н. Иванкин, Г. Л. Олиференко, В. А. Беляков, Н. Л. Вострикова. – М.: МГУЛ, 2016. – 127 с.
2. Naddaf, M. Structural and optical properties of electrochemically etched p+-type GaAs surfaces: influence of HF presence in the etching electrolyte / M. Naddaf // J Mater Sci: Mater Electron – 2017. – №28 – P. 16818-16825.
3. Naddaf, M. Nanostructuring-induced modification of optical properties of p-GaAs (100) / M. Naddaf , S. Saloum // Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures – 2009. – V.41. – ls. 10 – P. 1784-1788.
4. Naddaf, M. MeV-Fe ions implantation of GaAs – Induced morphological and structural modification of porous GaAs / W. AL-Khoury, M. Naddaf, M. Ahmad // Nuclear Inst. and Methods in Physics Research – 2021. – V. 492. – 1-6.
5. Зимон, А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. – М. : Химия, 1974. – 416 с.
6. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. – М. : Издательство «МИР», 1979. – 568 с.

05. 06. 2023 г. *Дан*