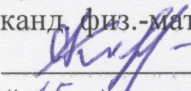


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Радиофизический факультет
Кафедра квантовой электроники и фотоники

ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК
Руководитель ООП
канд. физ.-мат. наук, доцент
 А.Г. Коротаев
« 15 » июня 2022 г.

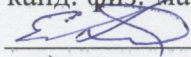
НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

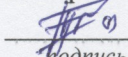
об основных результатах подготовленной научно – квалификационной работы
(диссертации)

ФОТОВОЗБУЖДАЕМЫЙ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ СЕНСОР В РЕЖИМЕ ЛАЗЕРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре
направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия

Бердыбаева Ширин Тальгардовна

Научный руководитель
канд. физ.-мат. наук, доцент
 Е.Н. Тельминов
подпись
« 15 » июня 2022 г.

Автор работы
аспирант
 Ш.Т. Бердыбаева
подпись

Томск-2022

Актуальность

В настоящее время большой интерес представляет направление исследований, связанное с развитием оптических сенсоров [1]. Молекулярная сенсорика стала интенсивно развиваться, начиная с 70-х годов: разрабатывались сенсоры на CO_2 , спирты, глюкозу, NO_2 . Существенным недостатком сенсоров первого поколения были низкие чувствительность и селективность. Значительное увеличение чувствительности флуоресцентных сенсоров удалось достичь при использовании явления плазмонного усиления флуоресценции при добавлении металлических наночастиц и при использовании планарных волноводных сенсоров, в которых реализуется полное внутреннее отражение флуоресценции (TIRF). Большие успехи были достигнуты за последнее десятилетие с пониманием стратегии направленного конструирования сенсорных материалов. Такие сенсоры активно используются в различных прикладных задачах биологии и экологического мониторинга, обеспечения безопасности. Можно привести примеры сенсоров для определения концентраций веществ в воздухе: аммиака на хладокомбинатах, метана в шахтах и монооксида углерода в выхлопных газах. Они обеспечивают контроль над протеканием реакций в химической промышленности обнаружение взрывоопасных и пожароопасных веществ. Одним из перспективных направлений, где находят применение оптические сенсоры в системах безопасности, являются технические средства типа «Электронный нос» [2]. Это мультисенсорная система распознавания компонентов газовых смесей. Определение состава газовой смеси осуществляется за счет развитых средств вычислительной техники и методов обработки многопараметрической информации. Они предназначены для обнаружения сверхнизких концентраций, различных вредных химических соединений.

Проблема детектирования химических соединений, к которым относятся многие техногенные загрязнители, всё еще актуальна, и по всему миру ведутся поиски новых материалов и техник регистрации. Среди большого разнообразия люминесцентных химических датчиков в последнее время всё большее внимание уделяется применению оптических тонкопленочных сенсоров с использованием в них органических лазерно-активных сред. Применение тонкопленочных органических ЛАС позволяет создавать компактные дешевые сенсоры с высокой чувствительностью.

За рубежом ведутся работы по созданию тонкопленочных лазеров [3, 4]. В области создания фотовозбуждаемых тонкопленочных структур стоит отметить французских ученых S. Chenais, S. Forget [5]. Ими предложены различные конструкции тонкопленочных лазеров (с DFB, DBR, кольцевыми и волоконными резонаторами) с диодной и лазерной накачкой. Например, в работе [5] активная тонкопленочная среда была напечатана на струйном принтере, ее стоимость, по заверениям авторов, составляет несколько центов, а сама конструкция позволяет выполнять быструю замену такого элемента. В схеме резонатора используется эталон Фабри-Перо, поворот которого позволяет выполнять перестройку лазерного излучения в среднем на 30-40 нм на одном красителе. Предложенная лазерная структура может быть использована для детектирования различных аналитов, если в схему такого резонатора ввести прозрачный материал, изменяющий свое поглощение на длине волны генерации лазера при взаимодействии с аналитом.

Перевод люминесцентного сенсора в режим вынужденного излучения позволяет многократно повысить чувствительность устройства [6]. В приведенной

работе минимальная определяемая концентрация аналита в сенсорах, работающих в режиме пороговой лазерной генерации, была ниже по сравнению аналогичными устройствами, работающими в режиме флуоресценции.

Анализ литературы показал, что органические лазерные материалы представляют собой идеальную альтернативу их неорганическим аналогам для лазерных применений, органические лазерные материалы сочетают превосходные оптические свойства: широкий спектральный диапазон и возможность перестройки линии излучения, органические лазерные материалы проще и дешевле в изготовлении по сравнению с их неорганическими аналогами.

Целью работы является создание эффективных твердотельных фотовозбуждаемых флуоресцентных сенсорных структур на основе органических соединений, работающих в режиме лазерной генерации и изменяющих эффективность генерации в присутствии аналита. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **основные задачи**:

1. поиск сенсорных материалов (лазерных красителей) чувствительных к выбранным анализам (нитротолуол, HCl, NH₃);
2. создание тонкопленочных активных сред на основе выбранных лазерных красителей;
3. изучение спектрально-люминесцентных и генерационных характеристик, сенсорных возможностей созданных тонкопленочных активных сред;
4. анализ полученных результатов и выбор оптимальных условий и геометрии сенсоров для успешного детектирования выбранных аналитов.

Научная новизна работы состоит в том, что

- обнаружены и исследованы сенсорные свойства химических соединений поли[9,9 – диоктилфлюоренил-2,7-ди-ил] с концевыми группами диметилфенила (ADS129), поли[9,9 – диоктилфлюоренил-2,7-ди-ил] с концевыми группами полисилсексвиоксана (ADS229) парам нитротолуола;
- обнаружены и исследованы сенсорные свойства красителя 9-(диэтиламино)-5Н-бензо[а]феноксазин-5он (НК) к парам HCl и NH₃;
- сенсорные свойства исследовались в условиях планарного волновода в режиме лазерной генерации.

Научная и практическая значимость

Созданы тонкопленочные фотовозбуждаемые структуры на основе красителей ADS129, ADS229 и НК, работающие как во флуоресцентном, так и в режиме лазерной генерации, имеющие чувствительность к парам нитротолуола и HCl, NH₃ соответственно. Исследованы сенсорные свойства химических соединений ADS129, ADS229 и НК в режиме лазерной генерации. Показана перспективность использования ADS129, ADS229 и НК в качестве сенсоров для детектирования нитротолуола, HCl, NH₃.

Основные результаты исследований:

- выбраны объекты исследования и созданы пленки сенсора на их основе;
- исследованы спектрально-люминесцентные и генерационные характеристики исследуемых образцов;
- оценены сенсорные способности полученных пленок сенсора при воздействии парами нитротолуола, HCl и NH₃;
- показано, что переход от флуоресцентного к лазерному режиму работы пленки сенсора ПММА из раствора хлороформа с красителем ADS129, повышает скорость отклика на присутствие нитротолуола в 4 раза;

- показано, что, при детектировании паров HCl в газовой смеси пленки сенсора ПММА из раствора тетрагидрофурана с НК, интенсивность лазерной генерации исследуемой пленки уменьшается, а линия спектра генерации сдвигается влево;

- показано, что, при детектировании паров NH₃ в газовой смеси пленки сенсора ПММА из толуольного раствора с НК, интенсивность лазерной генерации исследуемой пленки уменьшается, и линия спектра генерации сдвигается вправо.

Апробация работы. Основные результаты работы представлены автором на 7 международных и всероссийских конференциях:

1. 16-я Всероссийская конференция студенческих научно-исследовательских инкубаторов, Томск, 13-15 мая 2019;

2. 14-я Международная конференция AMPL-2019 Томск, 15-20 сентября 2019;

3. Международная конференция ORGEL-2019 Новосибирск, 23-29 сентября 2019;

4. 8-я Международная научно-практическая конференции АПР-2019 (Томск, 1-4 октября 2019;

5. 15-я Международная конференция AMPL-2021 Томск, 12-17 сентября 2021;

6. 6-я Межрегиональная междисциплинарная молодежная научно-практическая конференция МНПК-2022, Нижний Новгород, 14-17 июня 2022;

7. Международная научно-практическая конференция «Новая наука: современное состояние и пути развития», Нефтекамск, 20 июня 2022.

За время обучения в аспирантуре опубликовано 12 работ, в том числе 5 – в журналах из списка ВАК (Известия высших учебных заведений. Физика, Квантовая электроника). В соавторстве с коллективом получен патент на изобретение №2697435. Материалы работы были использованы при выполнении грантов:

- Проект № 8.2.20.2018 «Исследование фундаментальных и прикладных основ создания гибридных (металлоорганических) полупроводниковых материалов и устройств на их основе»;

- Грант РФФИ № 20-32-90113 «Сенсорные способности фотовозбуждаемых тонкопленочных интегрально-оптических органических структур при реализации в них лазерного режима работы».

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА

1. Telminov E.N., Nikonova E.N., Solodova T.A., Kopylova T.N., Berdybaeva Sh.T., Semaan R. Thin-film organic structures lasing in yellow-green spectral range // Russian Physics Journal. – 2019. – Vol. 61. – №12. – 2293-2299 pp.

2. Berdybaeva Sh.T., Samsonova L.G., Tel'minov E.N. et al. Fluorescence Quenching of Some Organic Compounds with Nitrotoluene Vapor //Russian Physics Journal. – 2019. – Vol. 62. – №1. – 167-171 pp.

3. Berdybaeva Sh.T., Tel'minov E.N., Solodova T.A. et al. Spontaneous and stimulated emission of thin-film polymer structures in the presence of nitrotoluene vapour //Quantum Electronics. – 2021. – Vol. 51. – №3. – 206-210 pp.

4. Бердыбаева Ш.Т., Тельминов Е.Н., Солодова Т.А. и др. Влияние растворителей на генерационные характеристики и чувствительность оптических интегральных химических сенсоров // Известия высших учебных заведений. Физика – 2021. – Т. 64. – №11 – С. 151-154.

5. Тельминов Е.Н., Гадиров Р.М., Никонов С.Ю., Никонова Е.Н., Солодова Т.А., Копылова Т.Н., Бердыбаева Ш. Фотовозбуждаемый лазерный интегрально-оптический сенсор. Патент на изобретение RU 2697435 C1, 14.08.2019.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Егоров А. А., Егоров М. А., Царева Ю. И. Химические сенсоры: классификация, принципы работы, области применения // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. – 2008. – №6. – С. 28-44.
2. Yinon. J. Detection of Explosives by Electronic Noses. // Anal. Chem. – 2003. – 99-105 pp.
3. Yang Y., Zhou Y., Liao Z. et al. Mechanically tunable organic vertical-cavity surface emitting lasers (VCSELs) for highly sensitive stress probing in dual-modes // Optics Express. – 2015. – Vol. 23. – №4. – 4385-4396 pp.
4. Cerdán L., Braborec J., Costela A. et al. A borane laser // Nature communications. – 2015. – Vol. 6. – P. 5958.
5. Mhibik O., Chénais S., Forget S. et al. Inkjet-printed vertically emitting solid-state organic lasers // Journal of Applied Physics. – 2016. – Vol. 119. – №17. – P. 173101.
6. Wang Y., Yang Y., Turnbull G.A. et al. Explosive sensing using polymer lasers // Molecular Crystals and Liquid Crystals. – 2012. – Vol. 554. – №1. – 103-110 pp.

Введите текст:

...или загрузите файл:

Файл не выбран...

Выбрать файл...

Укажите год публикации:

2022

Выберите коллекции

Все

Рефераты

Авторефераты

Иностранные конференции

PubMed

Википедия

Российские конференции

Иностранные журналы

Российские журналы

Энциклопедии

Англоязычная википедия

Анализировать

Проверить по расширенному списку коллекций системы Руконтекст (<http://text.rucont.ru/like>)

Обработан файл:

Бердыбаева ШТ.pdf.

Год публикации: 2022.

Оценка оригинальности документа - 100.0%

Процент условно корректных заимствований - 0.0%

Процент некорректных заимствований - 0.0%

Просмотр заимствований в документе

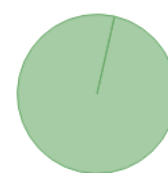
Время выполнения: 4 с.

Заимствования отсутствуют

[Значимые оригинальные фрагменты](#)

[Библиографические ссылки](#)

[Искать в Интернете](#)



100.00%

[Дополнительно](#)

