

Аннотация проекта

В рамках реализации проекта «Встроенные Электронные Решения для Инновационных Сканирующих Устройств Диагностики Полимеров на Основе Источников Излучения» (Соглашение о предоставлении субсидии: № 075-15-2021-936 от 23 сентября 2021 г.) исполнителем получены научные и практические результаты по следующим направлениям исследований и разработок:

Этап1

- выполнены патентные исследования по теме создания датчиков нарушенного полного внутреннего отражения и его компонентов, показавшие патентную чистоту выбранного в проекте подхода;

- выполнен обзор и проведен анализ современной научно-технической литературы, посвященный теме создания датчиков нарушенного полного внутреннего отражения, работающих в средневолновой ИК- области спектра и оптических схем их использования, показавший основные тенденции при создании датчиков НПВО;

- разработана конструкция и изготовлены датчики нарушенного полного внутреннего отражения с внешним источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетроструктур InAs(Sb)/InAsSbP;

- разработана программа и методики исследования характеристик компонентов и датчика нарушенного полного внутреннего отражения с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAsSbP/InAs;

- исследованы характеристики компонентов и датчика нарушенного полного внутреннего отражения с внешним источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетроструктур InAs/InAsSbP с рабочими длинами волны 3.4, 4.2, 4.7 мкм в широком диапазоне токов накачки.

Иностранцами партнерами, достигнуты запланированные промежуточные результаты, в том числе: разработана конструкция оптоэлектронного анализатора диагностики полимеров, разработана модель распознавания пластика в реальном времени, разработан интерфейс робот – человек для использования оптоэлектронного анализатора диагностики полимеров, определены диапазоны потенциальных воздействий на анализатор.

Полученные результаты показали работоспособность выбранного подхода для конструирования датчика нарушенного полного внутреннего отражения, а также дали возможность иностранным партнерам проведение работ по разработке и конструированию элементов оптоэлектронного анализатора диагностики полимеров обеспечивающих интеграцию датчика в анализатор.

Предложенные решения по конструированию датчика характеризуются научно-технической новизной и не имеют существующих аналогов, работающих в выбранной спектральной области.

Разработанные датчики могут быть использованы для разработки портативных анализаторов химического состава вещества в других областях промышленности, где необходимо проведение быстродействующего анализа состояния вещества методами неразрушающего контроля.

Этап2

Разработана конструкция датчика нарушенного полного внутреннего отражения монолитной конструкции с иммерсионным сопряжением с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAsSbP/InAs(Sb).

Разработана ЭКД «ЭКД «Датчика НПВО с иммерсионным сопряжением с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAsSbP/InAs(Sb)».

Изготовлены датчики нарушенного полного внутреннего отражения монокристаллической конструкции с иммерсионным сопряжением с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAsSbP/InAs(Sb).

Исследование характеристик компонентов и датчика нарушенного полного внутреннего отражения монокристаллической конструкции с иммерсионным сопряжением с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAs/InAsSbP с рабочей длиной волны около 3.4, 4.2 и 4.7 мкм.

Выполнено исследование тепловых процессов в датчике нарушенного полного внутреннего отражения монокристаллической конструкции с иммерсионным сопряжением с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAs(Sb)/InAsSbP. Показано, что для выбранной геометрии чипов, почти вся подаваемая на p-n переход электрическая мощность переходит в «Оже-мощность».

Разработана конструкция датчика нарушенного полного внутреннего отражения «on-chip» геометрии с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAsSbP/InAs(Sb)

Разработана ЭКД «ЭКД Датчика НПВО «on-chip» геометрии с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAsSbP/InAs(Sb)».

Изготовлены датчики нарушенного полного внутреннего отражения монокристаллической конструкции «on-chip» геометрии с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAsSbP/InAs(Sb) с рабочими длинами волн 3.4, 4.2 и 4.7 мкм.

Исследованы характеристики компонентов и датчика нарушенного полного внутреннего отражения монокристаллической конструкции «on-chip» геометрии с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAsSbP/InAs с рабочей длиной волны 3.4, 4.2, 4.7 мкм.

Выполнено исследование тепловых процессов в датчике нарушенного полного внутреннего отражения монокристаллической конструкции «on-chip» геометрии с источником и приемником излучения на основе средневолновых свето- и фотодиодов из гетероструктур InAs(Sb)/InAsSbP. Показано, что разогрев светодиодов определяется как Джоулевым разогревом, так и разогревом за счет безызлучательной Оже-рекомбинации. При этом, для определения доминирующего механизма, необходимо проводить оценки внутреннего квантового выхода, величины последовательного сопротивления того или иного СД и учитывать геометрические особенности СД, включая сопротивление его отдельных частей, таких, как анод и катод.

Иностранцами партнерами, достигнуты запланированные промежуточные результаты, в том числе: выполнено тестирование свойств материалов при разрушающем воздействии и определены измеряемые характеристики, характеризующие деградацию материалов; выбран формат для передачи данных (определены ключевые параметры для характеристики электронного компонента); разработана конструкция оптической системы анализатора на основе ККЛ; разработаны электронные компоненты анализатора; выполнено исследование деградации полимеров и получены данные о скорости их деградации; проведена проверка работоспособности интерфейса робот – человек в условиях радиоактивной обстановки; получены данные о деградации составных частей анализатора при внешних воздействиях; выполнен сравнительный анализ данных о свойствах материалов при разрушающем воздействии, полученных разными методами; изготовлен прототип оптоэлектронного анализатора (головки датчиков) диагностики полимеров.

Результаты, изложенные в отчете, опубликованы в статьях (со ссылкой на поддержку в рамках данного проекта):

1. N. Dyakonova, S. A. Karandashev, M. E. Levinshtein, B. A. Matveev, M. A. Remennyi, «Low frequency noise in p-InAsSbP/n-InAs/n-InAsSbP and p-InAsSbP/n-

InAsSbP mid-IR light emitting diodes», *Infrared Physics and Technology*, Volume 125, September 2022, 104301; <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2022.104301>.

2. С.А. Карандашев, А.А. Климов, Т.С. Лухмырина, Б.А. Матвеев, М.А. Ременный, А.А. Усикова, «Микрооптопара ($\lambda = 3.4 \mu\text{m}$) на основе двойной гетероструктуры InAsSbP/InAs для измерения концентрации этанола в водном растворе методом МНПВО», *Оптика и спектроскопия*, 2022, том 130, вып. 8, 1223-1228; DOI: 10.21883/OS.2022.08.52909.3236-22

Получен Патент на изобретение №2788588 «Датчик химического состава вещества» по патентной заявке №2022105193 от 24.02.2022, поданной по результатам работ, выполненных на 1-м этапе работ.

Предложенные решения по конструированию датчика характеризуются научно-технической новизной и не имеют существующих аналогов, работающих в выбранной спектральной области.

Разработанные датчики могут быть использованы для разработки портативных анализаторов химического состава вещества в других областей промышленности, где необходимо проведение быстродействующего анализа состояния вещества методами неразрушающего контроля.