



Александр Чиж,
заведующий лабораторией
радиофотоники ГНПО «Оптика,
оптоэлектроника и лазерная
техника», кандидат физико-
математических наук

Фундаментальные и прикладные исследования лаборатории радиофотоники направлены на изучение оптических методов генерации, передачи и обработки сверхвысокочастотных (СВЧ) сигналов. Они применяются в радиосвязи, радиолокации, радиоэлектронной борьбе и измерительной СВЧ-технике. Основные их преимущества связаны со свойствами оптического волокна: сверхнизкие потери (менее 0,0005 дБ/м), сверхширокополосность (десятки гигагерц), невосприимчивость к электромагнитным помехам, полная гальваническая развязка, малая масса и размеры. Радиофотоника позволяет добиваться параметров, недостижимых для традиционных электронных средств.

Основными направлениями нашей деятельности являются исследование и разработка:

- мощных фотодиодных и лазерных диодных модулей

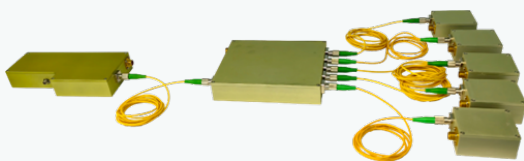


Рис. 1. Волоконно-оптическая система распределения на 5 каналов СВЧ-сигналов в диапазоне частот 0,01–20 ГГц

- в диапазоне частот до 50 ГГц и в спектральном диапазоне длин волн от 1250 до 1650 нм;
- сверхширокополосных волоконно-оптических линий передачи и задержки СВЧ-сигналов (10 МГц – 50 ГГц);
- волоконно-оптических систем распределения опорных и синхросигналов (10 МГц – 50 ГГц);
- оптоэлектронных генераторов СВЧ со сверхнизким фазовым шумом (8–50 ГГц);
- оптоэлектронных методов генерации, обработки и анализа сверхширокополосных СВЧ-сигналов в диапазоне частот до 50 ГГц;
- радиофотонного сверхширокополосного радара на новых принципах, обеспечивающего формирование радиолокационного изображения с высоким пространственным разрешением.

За последние годы в лаборатории созданы волоконно-оптические лазерные и фотодиодные модули, функционирующие в частотном диапазоне от 10 МГц до 30 ГГц и обладающие высокой помехозащищенностью

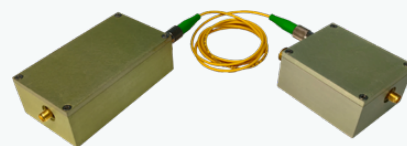


Рис. 2. Сверхширокополосная волоконно-оптическая линия передачи СВЧ-сигналов в диапазоне частот 0,01–12 ГГц

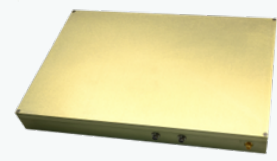


Рис. 3. Оптоэлектронный генератор СВЧ на диапазон частот 8–20 ГГц

и низким энергопотреблением, предназначенные для генерации и распределения СВЧ-сигналов по оптическому волокну в бортовых и наземных радиоэлектронных системах. На основе этих модулей разработана волоконно-оптическая система распределения, обеспечивающая многоканальную разводку опорных и синхросигналов в частотном диапазоне от 10 МГц до 20 ГГц между элементами цифровой фазированной антенной решетки (рис. 1). Разработаны высокостабильные волоконно-оптические линии задержки СВЧ-сигналов (рис. 2), а также оптоэлектронные генераторы СВЧ на их основе для средств радиолокации, обеспечивающие генерацию со сверхнизким фазовым шумом, величина которого на два порядка меньше, чем у существующих современных устройств в модульном исполнении (рис. 3). Полученные научные результаты позволили значительно развить в Беларуси направление радиофотоники, связанное с внедрением оптических технологий в системы радиолокации и радиоэлектронной борьбы.

За научные достижения сотрудников лаборатории радиофотоники неоднократно награждались. Так, в 2020 г. заведующему лабораторией А.Л. Чижу присужден грант Президента Республики Беларусь в области науки на разработку и внедрение методов перестройки частоты генерации оптоэлектронных генераторов СВЧ с высокой спектральной чистотой; в 2022 г. А.Л. Чиж и ведущий научный сотрудник К.Б. Микитчук стали лауреатами премии имени академика В.А. Коптюга, учрежденной Национальной академией наук Беларуси и Сибирским отделением Российской академии наук, за цикл работ «Мощные сверхвысокочастотные фотодиоды на основе полупроводниковых гетероструктур АЗВ5 для систем радиофотоники»; в 2023 г. за высокий профессионализм и достижения в науке А.Л. Чиж награжден медалью Франциска Скорины, а в 2024 г. К.Б. Микитчуку присуждена стипендия Президента Республики Беларусь для талантливых молодых ученых за новые методы генерации сложных сверхширокополосных СВЧ-сигналов на базе аналоговых волоконно-оптических линий передачи.

В лаборатории ведется крупная ОКР в рамках программы Союзного государства «Компонент-Ф», нацеленная на получение мощных СВЧ-фотодиодных модулей без и с оптическим усилителем в частотном диапазоне до 50 ГГц, являющихся одними из ключевых компонентов радиофотонных устройств и систем. Проект позволит создать конкурентоспособные фотодиодные модули СВЧ-диапазона с параметрами, не уступающими зарубежным аналогам, из-за санкций не поставляемым в Беларусь и Россию, то есть речь идет о замещении критического импорта.

Кроме того, стартует проект, посвященный научным основам радиофотонных методов генерации и обработки сложных сверхширокополосных сигналов для многофункциональных радаров и систем построения радиоизображений, что поможет преодолеть существующие ограничения, связанные с использованием традиционной электронной компонентной базы. Планируемые научные результаты проекта могут быть востребованы организациями Государственного военного-промышленного комитета Республики Беларусь (ГВПК) для перспективных систем радиолокации.

Сотрудники лаборатории сконцентрированы на внедрении радиофотонных технологий в системы радиолокации и радиоэлектронной борьбы: получены научные результаты, соответствующие высоким мировым научно-техническим стандартам, при этом часть изобретений нашла практическое применение, налажен выпуск конкурентоспособной инновационной продукции. В 2021 г. на базе лаборатории радиофотоники организовано лабораторное производство по изготовлению под заказ импортозамещающих высокотехнологичных волоконно-оптических радиофотонных устройств и систем. В 2021–2025 гг. осуществлены их поставки на сумму свыше 7 млн руб. в организации ГВПК и на экспорт в Российскую Федерацию.

Сейчас уже можно говорить о сформированной научной школе по радиофотонике, основанной доктором физико-математических наук С.А. Малышевым. Перспективные планы связаны с развитием кадрового потенциала, привлечением наиболее подготовленных выпускников университетов республики (следует

отметить, что сегодня в штате 7 сотрудников, средний возраст которых всего 29 лет, большинство из них имеют дипломы с отличием, двое – кандидаты физико-математических наук). В ближайшие годы будут представлены к защите 1 докторская и 2 кандидатские диссертации.

Планируется проводить научные изыскания, направленные на поиск новых вариантов практического применения радиофотонных устройств и систем, что позволит сотрудничать не только с ГВПК, но и, например, с организациями Министерства промышленности, а также Министерства связи и информатизации.

Основной проблемой сегодня является недостаточное взаимодействие с реальным сектором экономики. Это выражается не в том, что ученых «не уважают» или с ними не хотят иметь дела, а в том, что исследователи слишком поздно узнают о проблемных вопросах, требующих решения с помощью научных подходов. Нередко собственное устройство взамен импортного нужно предложить «еще вчера». Решить задачу импортозамещения выпускаемого за рубежом высокотехнологичного устройства в сжатые сроки, установленные предприятием, попавшим в санкционную ловушку, часто нереально, обычно на это необходимо несколько лет. К тому же полученная по их истечении разработка, как правило, нуждается в усовершенствовании, и снова приходится «догонять».

Для выхода из данной ситуации следует скоординировать деятельность лаборатории с потребностями и планами конкретных организаций, делая упор не на получение полных аналогов импортных устройств и систем, а на создание новых, с повышенными конкурентными свойствами. ■