

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛИДАРНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЕВОГО ФОТОУМНОЖИТЕЛЯ

Родионова А.Д. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, Васильев А.С.
(Университет ИТМО)

Введение. Развитие систем помощи водителю и автономного управления транспортными средствами предъявляет жесткие требования к сенсорам технического зрения. Ключевую роль в обеспечении безопасности играют лидары, позволяющие строить трехмерную карту окружения в реальном времени. В настоящее время актуальной задачей является миниатюризация сканеров при обеспечении широких углов обзора и минимальной стоимости производства.

В данной работе рассматривается проектирование и анализ приемной оптической системы для автомобильного лидара, работающего на основе метода прямого измерения времени пролета [1]. В качестве фотоприемного устройства используется набор кремниевых фотоумножителей (SiPM), что обусловлено их высокой чувствительностью к одиночным фотонам, компактностью и совместимостью с КМОП-технологией [2].

Основная часть. Целью работы является разработка оптической системы многоканальной лидарной системы на основе кремниевых фотоумножителей. Система проектируется как двухосевой 64-канальный лидар с круговым обзором по горизонтали и широким полем зрения по вертикали (до 115°). Такие требования обусловлены необходимостью надежного детектирования объектов в ближней и средней зоне, а также картирования и локализации, что критично для городского режима движения автономных транспортных средств, колёсных роботов и других автономных агентов.

В ходе работы были решены задачи расчета энергетических и геометрических параметров системы. Определены требования к фокусному расстоянию и входной апертуре приемной оптики. Расчет производился исходя из необходимости минимизации габаритного размера изделия. Дополнительно проанализировано влияние компоновки источников и приемников излучения на габариты системы. В среде оптического моделирования проведено исследование влияния расфокусировки на качество пятна рассеяния. Поскольку SiPM имеет дискретную структуру, ключевым критерием качества выбрана не столько передаточная функция модуляции, сколько функция концентрации энергии в пределах площади всех чувствительных площадок детектора [3].

Выполнен анализ допусков на изготовление и сборку оптической системы, а также моделирование работы в широком температурном диапазоне (от -40°C до $+85^\circ\text{C}$), характерном для автомобильной отрасли [4-5]. Из-за необходимости работать в разных погодных условиях к изделию применяется требование по влаго и пылезащите класса IP68. Являясь герметичным, лидар имеет пределы по возможности теплоотвода, зачастую ограничивая использование пластиков для оптических элементов. Использование асферических оптических элементов существенно повышало стоимость оптической системы изделия, поэтому они не рассматривали при разработке оптической системы.

Выводы. В результате исследования предложена оптимизированная оптическая схема объектива, обеспечивающая требуемое поле зрения при соблюдении массо-габаритных ограничений. Подробный анализ технических требований и специфики работы фотоприемников позволил снизить стоимость объектива на 50%. По результатам

моделирования были изготовлены опытные образцы объективов. Проведенные лабораторные испытания подтвердили корректность расчетов поля зрения.

Список использованных источников:

1. Gimmestad, Gary G., and David W. Roberts. Lidar Engineering: Introduction to Basic Principles. Cambridge: Cambridge University Press, 2023.
2. Piatek S. “Silicon Photomultiplier - Operation, Performance & Possible Applications”, 2022, Hamamatsu Photonics K.K.
3. Radiant Zemax LLC. ZEMAX Optical Design Program User's Manual. 2021 ed., Radiant Zemax, 2021. PDF.
4. Латыев С. М. Конструирование точных (оптических) приборов: учебное пособие. — Издательство Лань, 2015.
5. Herman, Eric, et al. Modern Optics Drawings : The ISO 10110 Companion. 1st ed., SPIE Press, 2021.

Примечание:

При подготовке текста тезисов доклада были использованы инструменты на основе LLM для проверки орфографии и академического стиля письма.