

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ФОТОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОТФТ

Ханна Нуха

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Третьяков С. Д.

¹Университет ИТМО

hannanuha@yandex.ru

Введение

Точная ориентация солнечных энергетических установок по направлению падающего излучения является необходимым условием обеспечения их высокой эффективности. Даже небольшие угловые отклонения приводят к заметному снижению выходной мощности, поэтому в системах автоматического позиционирования ключевое значение имеет фотоизмерительный преобразователь направления.

В настоящее время для решения данной задачи широко применяются фотодиоды и резистивные фоточувствительные элементы, что отражено как в отечественных, так и в зарубежных разработках. Эти решения технологически отработаны, однако при создании современных компактных и интегрируемых устройств возникают ограничения, связанные с возможностями миниатюризации и использованием гибких технологий.

Развитие органической электроники открывает перспективу применения органических тонкоплёночных транзисторов (ОТФТ) в качестве чувствительных элементов. Вместе с тем вопросы моделирования и параметрической оптимизации фотоизмерительных преобразователей направления на их основе остаются недостаточно исследованными. Это определяет актуальность разработки соответствующей модели и её анализа.

Основная часть

В работе предложен подход к проектированию фотоизмерительного преобразователя направления оптического излучения на основе органических тонкоплёночных транзисторов (ОТФТ). Чувствительный узел выполнен в виде двух симметрично расположенных транзисторов и оптической маски, формирующей различие сигналов при изменении угла падения излучения. Такая структура реализует дифференциальный принцип измерения направления, применяемый в современных высокоточных угловых сенсорах для повышения чувствительности и разрешающей способности [1, 2].

Разработка осуществлялась на основе математического моделирования, что позволило оценить характеристики устройства без изготовления физического прототипа. В модели использован нормированный дифференциальный сигнал, обеспечивающий устойчивость измерительной характеристики к изменениям уровня освещённости и внешним воздействующим факторам, что соответствует современным тенденциям развития оптических измерительных технологий [3, 4].

В результате численного анализа определён рабочий диапазон, выявлен квазилинейный участок характеристики и реализована процедура калибровки на основе аппроксимации измерительной зависимости. Проведена параметрическая оптимизация геометрии оптической маски и установлен рациональный диапазон параметров, обеспечивающий компромисс между чувствительностью и стабильностью характеристик.

Дополнительно оценено влияние технологических отклонений размеров маски, что подтвердило потенциальную реализуемость конструкции в условиях приборостроительного производства.

Предложенный подход может быть использован при автоматизированном проектировании фотоизмерительных узлов и их интеграции в системы управления позиционированием солнечных энергетических установок.

Выводы

Полученные результаты моделирования свидетельствуют о возможности построения фотоизмерительного преобразователя направления оптического излучения на основе органических тонкоплёночных транзисторов с заданными метрологическими характеристиками. Разработанная математическая модель позволяет обосновывать выбор конструктивных параметров чувствительного узла и оценивать его точностные показатели ещё на этапе проектирования, что соответствует задачам научного обоснования методов разработки информационно-измерительных приборов.

Параметрическая оптимизация геометрии оптической маски и анализ влияния технологических отклонений подтвердили устойчивость измерительной характеристики и потенциальную реализуемость конструкции в условиях приборостроительного производства. Полученные результаты могут рассматриваться как основа для дальнейшего совершенствования методов проектирования измерительных узлов с учётом требований к надёжности и стойкости к внешним воздействующим факторам.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанной модели в составе автоматической системы интеллектуального управления позиционированием солнечных энергетических установок. Применение модели на этапе цифрового проектирования позволяет снизить трудоёмкость разработки, обеспечить обоснованный выбор параметров и создать предпосылки для последующей интеграции в системы автоматизированного проектирования.

В качестве следующего этапа предполагается экспериментальная верификация результатов моделирования и изготовление опытного образца с проведением лабораторных испытаний для подтверждения расчётных характеристик и уточнения калибровочных зависимостей.

Литература

1. Zhang B., Cao X., Su L., Yin Z., Zhou C., Kang X., Liu Y. High-precision angle sensor based on angle amplification via double-layer regular prism structure // *Photonics*. 2025. Vol. 12, № 9. P. 890. <https://doi.org/10.3390/photonics12090890>.
2. Zhai Y., Wang G., Zhao Y., et al. High-precision measurement method for small angles based on the defect spot mode of the position-sensitive detector // *Sensors*. 2024. Vol. 24, № 22. P. 7120.
3. Dabsch A. Optical angular sensor for space applications // *Sensors*. 2021. Vol. 21, № 17. P. 5979.
4. Shimizu Y., Matsukuma H., Gao W. Optical angle sensor technology based on the optical frequency comb laser // *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10, № 11. P. 4047.