

Микельсоновский интерферометр, улучшенный законом Малюса, с калибровкой на основе PSO и компенсацией ошибок на основе данных для измерения микроперемещений в медицине

Источник: Frontiers in AI — Medicine

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2026.1831527>

диагностика

машинное обучение

микроперемещения

мониторинг

оптические технологии

Введение

Высокоточное измерение микроперемещений имеет решающее значение для самых разных областей применения: от производства полупроводников до биомедицинской диагностики. Однако возможности традиционной интерферометрии Майкельсона фундаментально ограничены длиной когерентности источника света и неэффективностью ручного подсчета интерференционных полос.

Методы

В данном исследовании представлен модифицированный интерферометр Майкельсона, работа которого основана на законе Малюса. Конструкция преобразует линейное микроперемещение подвижного зеркала в угол поворота поляризатора посредством механической связи, что переводит принцип измерения из области наблюдения интерференционных полос в область модуляции интенсивности. Это преобразование устанавливает

количественную зависимость между смещением и интенсивностью света, обеспечивая возможность автоматического фотоэлектрического детектирования.

Кроме того, для поддержки данного аппаратного обеспечения был разработан модуль интеллектуальной обработки. Этот модуль включает в себя алгоритм оптимизации роем частиц (**Particle Swarm Optimization, PSO**) для совместной калибровки аппаратных параметров, аналитическое обратное отображение для вычисления первичного смещения и модель регрессии на основе гауссовских процессов (**Gaussian Process Regression, GPR**) для компенсации остаточных инструментальных погрешностей с одновременным предоставлением границ неопределенности для каждого измерения.

Результаты

Предложенная система успешно преодолевает ограничения, связанные с длиной когерентности, характерные для традиционной интерферометрии. Интеграция структурных модификаций, интеллектуальной калибровки параметров и компенсации ошибок на основе данных формирует новую парадигму измерения микроперемещений.

Заключение

Интерферометр Майкельсона, усовершенствованный с помощью закона Малюса, представляет собой надежную и автоматизированную альтернативу традиционным системам. Данная технология демонстрирует значительный потенциал для биомедицинского мониторинга микроперемещений, особенно для бесконтактного получения физиологических сигналов в клинических условиях.