

Обработка сигнала лазерного датчика микровибраций

И.Ю. Сухвал, М. М. Кугейко

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: kugeiko@bsu.by

Работа лазеров при наличии слабой оптической обратной связи от внешних объектов – достаточно распространенное явление. На основе влияния обратно отраженного излучения на характеристики генерации, строятся лазерные сенсоры различных назначений. В настоящее время проявляется особый интерес к методам и системам бесконтактных измерений с использованием полупроводниковых лазеров одновременно в качестве источников и приёмников собственного излучения.

В работе рассматривается модель полупроводникового инжекционного лазера с резонатором Фабри-Перо, при одномодовом режиме генерации, со слабой оптической обратной связью от исследуемого объекта. С точки зрения практики датчики на основе таких распространенных, надёжных и коммерчески доступных элементах представляют особый интерес. При взаимодействии обратно отраженного излучения с внутренним полем лазера изменяются мощностные, спектральные, шумовые и другие характеристики лазера. В силу развития цифровых средств сбора и обработки данных, перед нами открываются новые возможности для решения задачи обработки сигналов лазерного излучения. Предметом обработки сигналов является извлечение из сигнала основной информации о микровибрациях, которая важна для определения свойств исследуемого объекта.

Целью работы являлось изучение возможности определения параметров движения исследуемого объекта по автокорреляционной функции, спектру и кепстру мощности сигнала самосмещения, сравнительный анализ способов обработки временного сигнала в датчиках на основе полупроводникового инжекционного лазера, определение характера колебаний а так же идентификация различных модуляций.

В пакете *MathLab* разработана программа расчёта временных зависимостей, автокорреляционных функций, кепстров и спектров мощности сигнала самосмещения в полупроводниковом инжекционном лазере.

В результате математического моделирования установлено, что частоту колебаний объекта описывает наименьшая частота в спектре сигнала самосмещения при гармоническом колебании исследуемого объекта и первый пик в кепстре сигнала самосмещения, при гармоническом характере микровибраций объекта.

В результате анализа способов нахождения амплитуды колебаний исследуемого объекта показано, что возможно ее определение по положению спектральной составляющей с наибольшей мощностью f_β , по формуле $\frac{x_0}{\lambda} = 10^{-2} \bar{\sigma}_\beta \frac{f_\beta}{f_\alpha}$, где $\bar{\sigma}_\beta = 8,4$, и по наивысшей частоте в спектре f_γ по формуле $\frac{x_0}{\lambda} = \frac{f_\gamma}{f_\alpha \bar{\sigma}_\gamma}$, где $\bar{\sigma}_\gamma = 13,22$.

По результатам моделирования колебаний с АМ установлено, что:

- при отсутствии перемодуляции в АМ сигнале, частота несущего сигнала F равна первой ненулевой составляющей спектра;
- период колебаний микровибраций, при выполнении условия $F/f_{am} \geq 5$, будет равен максимально мощной составляющей в первом кластере кепстра, а период колебаний модулирующего сигнала будет равен максимально мощной составляющей во втором кластере. Если глубина модуляции превышает значение в 50 % или не выполняется условие $F/f_{am} \geq 5$, возможно определение частоты модулирующего сигнала по первому пику в кепстре.

Определено, что идентификация параметров сигнала при регистрации частотно модулированного сигнала невозможна при спектральном анализе. Возможно определение частоты модулирующего сигнала по кепстру мощности сигнала. При очень малых амплитудах, $A \approx 0.03 \pm 10\%$ по АКФ можно детектировать наличие ЧМ, а также частоту модулирующего сигнала, которая равна первому пику кепстра.

Разработаны методы идентификации типа модуляции колебаний вибрирующего объекта по различным представлениям сигнала самосмещения:

- метод анализа частот и частотных соотношений, соответствующих спектральным составляющим;
- метод анализа мощностей спектральных составляющих;
- метод анализа размещения кепстральных составляющих;
- метод анализа группового размещения спектральных составляющих вдоль оси абсцисс.

Областью возможного практического применения рассмотренного метода, использующего сигнал самосмещения в полупроводниковом инжекционном лазере, являются оптико-физические измерения в области техники, медико-биологических и иных приложениях.