

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 21915

(13) С1

(46) 2018.06.30

(51) МПК

G 01J 3/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ ИСКЛЮЧЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ПОМЕХ ИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

(21) Номер заявки: а 20130398

(22) 2013.03.29

(43) 2014.10.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

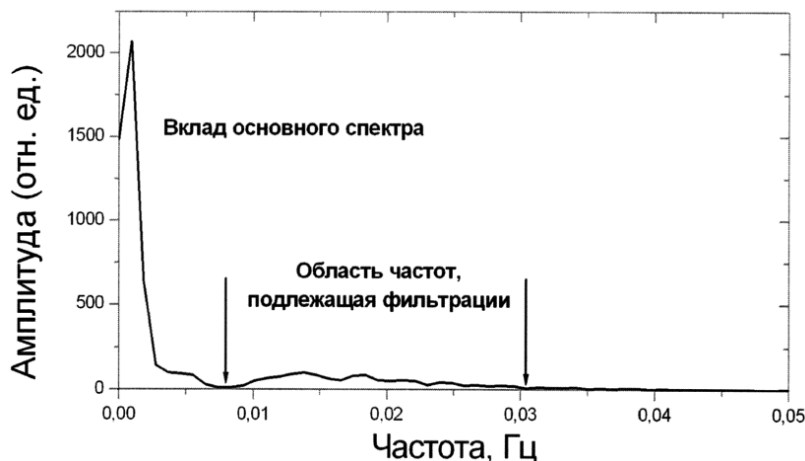
(72) Авторы: Гурский Александр Леонидович; Певнева Наталья Алексеевна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(56) РЯБУХО В.П. Когерентно-оптические методы в измерительной технике и биофотонике. - Саратов, 2009. - С. 35-39. ВУ 10365 С1, 2008. RU 2196385 С2, 2003. JPH 0518824 А, 1993. US 6138093 А, 2000.

(57)

Способ исключения интерференционных помех из энергетического спектра оптического сигнала, в котором измеряют и фиксируют указанный спектр, формально заменяют энергетический аргумент описывающей его функции на временной, подвергают полученную модифицированную функцию быстрому преобразованию Фурье с получением ее Фурье-образа, находят на нем полосу частот, соответствующую вкладу исключаемых помех, воздействуют на него полосовым фильтром с указанной частотной полосой пропускания либо режекции, применяют к полученному спектру обратное преобразование Фурье, а затем, используя результат обратного преобразования Фурье, получают лишённую помех временную функцию, аргумент которой формально заменяют на ее прежний энергетический.



Фиг. 2

Изобретение относится к технике оптических измерений, а именно к спектроскопии, и может быть использовано для восстановления формы оптических спектров, искаженных интерференционными процессами.

Известен способ устранения интерференционных полос путем сглаживания спектра [1]. Недостатком данного способа является невозможность точного восстановления исходной формы спектров, особенно если они содержат узкие линии.

Известен также способ, основанный на моделировании формы спектров с учетом процессов интерференции [2]. Он дает лучшие результаты, однако на практике не позволяет полностью восстановить форму исходного спектра, поскольку точный вид функций, описывающих неискаженный спектр, а также интерференционные процессы, обычно неизвестен. Часто также неизвестны и точные законы дисперсии оптических параметров исследуемого материала в требуемой спектральной области, что вносит дополнительные погрешности.

Ближайшим аналогом является способ, включающий математическое описание интерференционной картины, нахождение с помощью компьютерного моделирования численных значений коэффициентов в выражениях, описывающих форму интерференционных полос, и вычитания полученного смоделированного спектра из исходного [3]. Основным недостатком прототипа является то, что из-за неизвестности точного аналитического вида функций, описывающих реальный спектр, возникают погрешности восстановления исходного спектра.

Техническая задача предлагаемого изобретения заключается в повышении точности восстановления спектра.

Поставленная задача достигается тем, что в способе, включающем измерение и фиксацию оптического спектра, формально заменяют энергетический аргумент описывающей его функции на временной, подвергают полученную модифицированную функцию быстрому преобразованию Фурье с получением ее Фурье-образа, находят на нем полосу частот, соответствующую вкладу исключаемых помех, воздействуют на него полосовым фильтром с указанной частотной полосой пропускания либо режекции, применяют к полученному спектру обратное преобразование Фурье, а затем, используя результат обратного преобразования Фурье, получают лишенную помех временную функцию, аргумент которой формально заменяют на ее прежний энергетический.

Для реализации данного способа можно использовать современное программное обеспечение для цифровой обработки сигналов с применением алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ) [4, 5], что в настоящее время не представляет никаких трудностей. Для использования таких методов необходимо, чтобы спектры были представлены в цифровой форме в виде набора отчетов, эквидистантных по оси абсцисс.

Суть предлагаемого способа состоит в следующем. Пусть имеется некоторый спектр $I(E)$, искаженный интерференционной картиной. Такая картина имеет вид наложенной на спектр квазипериодической структуры с амплитудой, пропорциональной I , и переменным периодом, величина которого обычно незначительно изменяется в пределах спектра (фиг. 1, кривая 1). При этом E - некоторый энергетический параметр, т.е. энергия или связанная с ней величина (длина волны, волновое число и т.п.). Сделаем формальную замену $E \rightarrow t$, где t - временной параметр, т.е. будем рассматривать функцию времени $I(t)$, формально подобную $I(E)$. Функция $I(t)$, в свою очередь, может быть представлена как результат суперпозиции нескольких гармонических сигналов с различными частотами. Представление в частотной области можно получить путем преобразования Фурье, результатом которого будет функция $G(\omega)$, отличная от нуля в одной или нескольких полосах частот ω (фиг. 2). Поскольку интерференционная картина имеет вид квазипериодической структуры, напоминающей колебательный процесс, в спектральном представлении $G(\omega)$ появится полоса, соответствующая этой структуре (выделена стрелками на фиг. 2). Если теперь из спектра $G(\omega)$ исключить эту полосу и провести затем обратное преобразование Фурье, то получим новый спектр $I'(t)$, в котором указанная квазипериодическая структура будет отсутствовать. Далее с помощью обратной формальной замены $t \rightarrow E$ получим

спектр $\Gamma(E)$, в котором интерференционные искажения будут минимизированы (кривая 3 на фиг. 1). Видно, что описанная процедура позволяет практически полностью исключить интерференционную "гребенку" (кривая 2 на фиг. 1) из спектра, одновременно сохранив при этом ряд спектральных особенностей, не связанных с эффектом интерференции.

Данный способ основан на возможности разделения вкладов интерференционной картины и основного спектра при рассмотрении Фурье образа исходного спектра, где указанные вклады представляют собой полосы, разделенные по оси абсцисс.

Существенным отличием заявляемого способа от прототипа и аналогов является использование полосового фильтра для обработки Фурье образа спектров.

Преимущество заявляемого способа по сравнению с аналогами и прототипом состоит в том, что за счет применения полосового фильтра в спектре сохраняются особенности в виде узких линий, не связанные с процессами интерференции.

Пример 1.

Имеется спектр люминесценции с наложенной на него интерференционной картиной (фиг. 1, кривая 1), полученный в результате измерения спектральным прибором с ПЗС-линейкой, дающей 2048 отсчетов. Для исключения интерференционной картины выполняем следующие операции:

1) формально заменяем длину волны λ в нм на время t в с, в результате чего из функции $I(\lambda)$ получаем функцию $I(t)$;

2) находим Фурье образ функции $I(t)$ путем быстрого преобразования Фурье, при этом получаем функцию $G(\omega)$ (фиг. 2);

3) определяем область частот, подлежащую фильтрации. Для этого на кривой $G(\omega)$ оставляем область, соответствующую вкладу интерференционной картины, воздействуя на спектр $G(\omega)$ фильтром с полосой пропускания, обозначенной стрелками на фиг. 2 (полоса пропускания фильтра от 0,00783 до 0,0304 Гц). К полученной кривой $G'(\omega)$ применяем процедуру обратного преобразования Фурье, при этом получаем функцию $\Gamma'(t)$ (фиг. 1, кривая 2). Визуально определяем наличие или отсутствие в этой функции компонентов, не относящихся к интерференционной картине. При их наличии корректируем полосу пропускания фильтра с целью добиться их отсутствия.

4) исключаем интерференционную картину из спектра, вычитая из функции $I(t)$ функцию $\Gamma'(t)$. Получаем функцию $I''(t)$, не содержащую вклада интерференции.

5) Путем формальной замены t на λ получаем спектр $\Gamma''(\lambda)$, не содержащий вклада интерференции (фиг. 1, кривая 3).

Пример 2.

В условиях примера 1 выполняем операции 1-3, а исключение интерференционной картины из спектра осуществляем путем воздействия на спектр $G(\omega)$ режекторным фильтром с полосой режекции от 0,00783 до 0,0304 Гц. Получаем функцию $G''(\omega)$. К этой функции применяем обратное преобразование Фурье и получаем функцию $G'''(\omega)$, не содержащую вклада интерференции. Далее выполняем операцию 5 с функцией $I'''(t)$.

Пример 3.

Имеется спектр пропускания с интерференционной картиной в правой части (фиг. 3, кривая 1), полученный в результате измерения спектральным прибором с ПЗС-линейкой, дающей 1024 отсчета. Для исключения интерференционной картины выполняем следующие операции:

1) формально заменяем длину волны λ в нм на время t в с, в результате чего из функции $I(\lambda)$ получаем функцию $I(t)$;

2) находим Фурье образ функции $I(t)$ путем быстрого преобразования Фурье, при этом получаем функцию $G(\omega)$ (фиг. 4);

3) определяем область частот, подлежащую фильтрации. Для этого на кривой $G(\omega)$ оставляем область, соответствующую вкладу интерференционной картины, воздействуя на спектр $G(\omega)$ фильтром с полосой пропускания, обозначенной стрелками на фиг. 4 (полоса

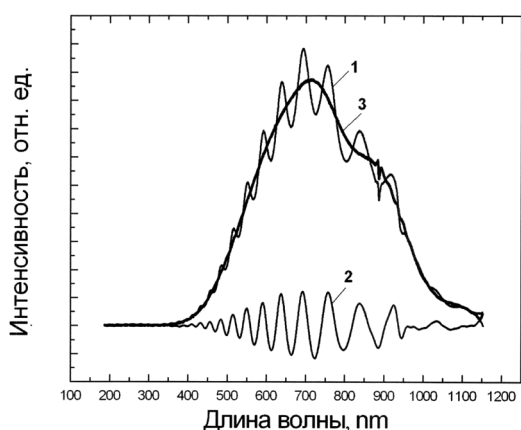
пропускания фильтра от 0,0348 до 0,27 Гц). К полученной кривой $G(\omega)$ применяем процедуру обратного преобразования Фурье, при этом получаем функцию $I(t)$ (фиг. 3, кривая 2). Визуально определяем наличие или отсутствие в этой функции компонентов, не относящихся к интерференционной картине. При их наличии корректируем полосу пропускания фильтра с целью добиться их отсутствия.

4) исключаем интерференционную картину из спектра, вычитая из функции $I(t)$ функцию $I'(t)$. Получаем функцию $I''(t)$, не содержащую вклада интерференции.

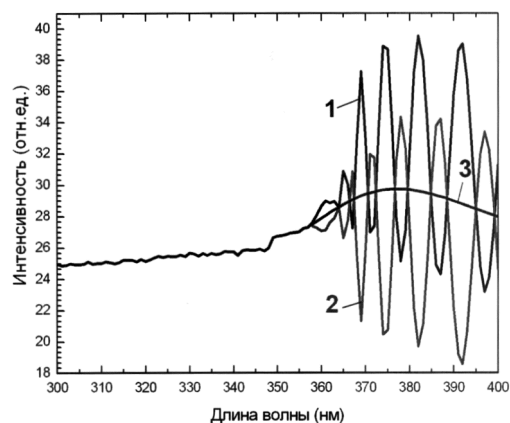
5) Путем формальной замены t на λ получаем спектр $I''(\lambda)$, не содержащий вклада интерференции (фиг. 3, кривая 3).

Источники информации:

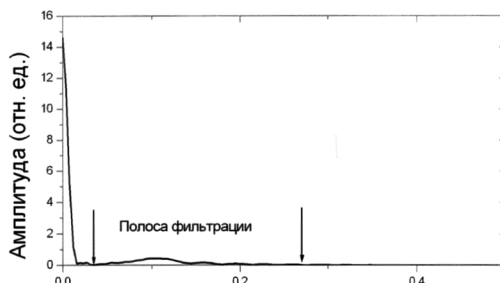
1. McCann P.J., Namjou K., Fang X.M. Appl. Phys. Lett. - 1999. - Vol. 75. - P. 3608-3610.
2. Swanepoel R. J. Phys. E: Sci. Instrum. - 1983. - Vol. 16. - P. 1214-1222.
3. Когерентно-оптические методы в измерительной технике и биофотонике / Под ред. В.П.Рябухо и В.В.Тучина. - Саратов: Сателлит, 2009. - С. 35-39.
4. Origin [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.originlab.com/>. Дата обращения: 15.03.2013.
5. Matlab [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.mathworks.com/products/matlab/>. Дата обращения: 15.03.2013.



Фиг. 1



Фиг. 3



Фиг. 4