

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики твердого тела

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ ОТРАЖАТЕЛЯ ПО
СИГНАЛУ РАДИОВОЛНОВОГО СВЧ-АВТОДИНА

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 201 группы кафедры физики твердого тела
направления 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

факультета нано- и биомедицинских технологий

Ерокиной Анастасии Александровны

Научный руководитель

Доцент, к.ф.-м.н. _____

подпись, дата

А.Э. Постельга

Зав. кафедрой

профессор, д.ф.-м.н. _____

подпись, дата

Д.А. Усанов

Саратов 2017

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|---|
| # | |
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 1 Формирование функции, описывающей интерференционный сигнал при движении отражателя | 5 |
| 2 Выделение формы движения отражающего объекта с помощью автодинного детектирования | 7 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 8 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ | 9 |

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений использования полупроводниковых СВЧ-автодинов является определение характеристик движущихся объектов и измерение параметров материалов [1-4]. В ряде работ, например в [5-7], было показано, что полупроводниковые СВЧ-интерферометры могут быть применены для контроля вибраций объектов, амплитуда которых значительно меньше длины волны СВЧ-излучения, а также для определения параметров материалов, значения которых изменяются в сравнительно небольших пределах.

При этом экспериментально удавалось получить участки линейной зависимости величины сигнала автодинного детектирования от амплитуды колебаний объекта или от величины изменения определяемого параметра материала, что позволяло создавать сравнительно простые устройства для регистрации характеристик вибраций. Использование такого рода устройств для измерений предполагало проведение операции калибровки.

В то же время известно большое число работ, в которых показана возможность измерения характеристик вибраций с помощью лазерных автодинов методами интерферометрии. При этом амплитуды, контролируемых с их помощью вибраций, могут быть как намного больше, так и меньше длины волны лазерного излучения [8-10]. Как для первого, так и для второго случая разработана теория, обосновывающая возможность проведения таких измерений, проведен большой объем экспериментальных исследований, подтверждающих реализуемость предлагаемых методов измерения [11, 12].

В связи с этим представляется интересным исследование возможности применения полупроводниковых автодинов в случае, когда их нагрузка представляет собой отражатель, вибрирующей с амплитудами, сравнимыми или превышающими длину СВЧ-излучения.

Целью работы является показать возможность восстановления формы движения отражателя с амплитудой, превышающей половину длины волны зондирующего излучения, по сигналу радиоволнового автодина.

В соответствии с целью поставлен ряд задач:

- Провести критический анализ литературы, посвященный способам восстановления формы движения отражателя по сигналу радиоволнового СВЧ-автодина.
- Провести модельный эксперимент, подтверждающий возможность восстановления формы движения отражателя по сигналу радиоволнового СВЧ-автодина.
- Собрать экспериментальную установку и провести исследования.
- Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

1 Формирование функции, описывающей интерференционный сигнал при движении отражателя

На практике отражатель часто движется по более сложному временному закону, чем гармонический или суперпозиции колебаний на основной частоте и нескольких ее гармониках. В связи с этим был проведен поиск путей анализа интерференции оптического излучения при сложении лучей, отраженных от опорного отражателя и отражателя, находящегося в более сложном движении, чем это рассматривалось в предыдущих разделах настоящей работы. Необходимость и актуальность таких исследований связаны с возможностью использования выявленных закономерностей для более полного описания движения отражателя.

Переменная составляющая интерференционного сигнала, регистрируемая на выходе интерферометра Майкельсона, имеет вид

$$I(t) = A \cos\left(\theta + \frac{4\pi}{\lambda}f(t)\right) \quad (1)$$

где A — амплитудный коэффициент, зависящий от интенсивностей интерферирующих лучей и передаточной характеристики регистрирующей аппаратуры (например, фотодетектора), t — время, θ — фаза сигнала, λ — длина волны лазера, $f(t)$ — функция, характеризующая продольные движения объекта.

Далее мы будем рассматривать нормированную переменную составляющую интерференционного сигнала

$$U(t) = \cos\left(\theta + \frac{4\pi}{\lambda}f(t)\right), \quad (2)$$

который вычисляется по формуле

$$U(t) = (2I(t) - (A_{\max} + A_{\min})) / (A_{\max} - A_{\min}) \quad (3)$$

где A_{\max} и A_{\min} — максимальное и минимальное значение интерференционного сигнала, полученного при перемещении объекта на расстояние большее, чем на $\lambda/4$. (Пусть $\theta = 0$. Если $f(t) = 0$, то $I(t) = A * 1 = A_{\max}$, а $U(t) = 1$. Если $f(t) = \lambda/4$, то $I(t) = A * (-1) = A_{\min}$, а $U(t) = -1$). Если априори не известно, что величина смещения объекта более, чем $\lambda/4$, то необходимо провести калибровку установки с помощью тестового объекта, совершающего перемещение более чем на $\lambda/4$, и из полученного интерференционного сигнала взять значения A_{\max} и A_{\min} [13].

2 Выделение формы движения отражающего объекта с помощью автодинного детектирования

При измерении параметров движений объекта оптическими и радиоволновыми методами часто используется явление интерференции, возникающее при сложении падающей и отраженной от объекта электромагнитных волн.

В результате проделанной практической работы была предложена методика восстановления формы движения отражателя, собрана установка (схема), а так же восстановлена форма движения отражателя, который совершал гармонические колебания.

Показана возможность контроля биометрических параметров, характеризующих движение человека, связанных с дыханием с помощью методов радиоволнового зондирования с использованием радиоволнового интерферометра на базе автодинного СВЧ-генератора на диоде Ганна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проделанной работы была достигнута цель - показать возможность восстановления формы движения отражателя с амплитудой, превышающей половину длины волны зондирующего излучения, по сигналу радиоволнового автодина.

В ходе работы были решены следующие задачи:

- Проведен критический анализ литературы, посвященный способам восстановления формы движения отражателя по сигналу радиоволнового СВЧ-автодина
- Проведен модельный эксперимент, подтверждающий возможность восстановления формы движения отражателя с амплитудой, превышающей половину длины волны зондирующего излучения, по сигналу радиоволнового автодина.
- Собрана экспериментальная установка и проведены исследования
- Проанализированы полученные результаты и сделаны выводы

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Усанов Д.А., Скрипаль А.В. Физика работы полупроводниковых приборов в схемах СВЧ. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1999. 376 с.
2. Коган И.М., Тамарчак Д.Я., Хотунцев Ю.Л. Автодины // Итоги науки и техники. Сер. Радиотехника. 1984. Т. 33. С. 3-175.
3. Хотунцев Ю.Л., Тамарчак Д.Я. Синхронизированные генераторы и автодины на полупроводниковых приборах. Москва. Радио и связь, 1982. С.240.
4. Воторопин С.Д., Носков В.Я. Сигналы автодинов КВЧ-диапазона длин волн при контроле параметров подвижных объектов // Изв. Вузов. Физика. 2002. №7. С.54-60.
5. Usanov D. A., Skripal Al. V., Skripal An., Abramov A.V., Kletsov A.A. Nonlinear dynamics of semiconductor microwave and optical oscillators // Izv. VUZ "Applied Nonlinear Dynamics" (Известиявузов. "Прикладнаянелинейнаядинамика"). 2002. Vol. 10. № 3. P. 159-171.
6. Усанов Д.А., СкрипальАл.В., СкрипальАн.В. Полупроводниковые радиочастотные и оптические автодины // Научные известия Сумгаитского государственного университета. 2002. Т. 2. №1. С. 7–9.
7. А.с. №1585692 SU. Способ измерения амплитуды вибраций осесимметричных объектов /Д.А. Усанов, А.В. Скрипаль, В.Е. Орлов, В.К. Гришин и др. Опуб.15.08.90. Бюл. № 30.
8. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Калинин М.Ю. Восстановление формы сложного движения объекта по сигналу автодинного детектирования полупроводникового лазера // ЖТФ. 2000. Т.70. Вып.2. С.125-129.

9. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Калинин М.Ю. О причине размытия отдельных участков фазового портрета автодинного сигнала полупроводникового лазера при движении внешнего отражателя // Изв. Вузов «Прикладная нелинейная динамика». 2000. Т. 6. №1. С.15-20.
10. Usanov D.A.; Skripal A.V., Kalinkin M.Yu. Laser interferometry based on autodyne detection in semiconductor lasers // Proc. SPIE Vol. 4750. 2002. P. 156-162.
11. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Вагарин В.А., Васильев М.Р. Оптические гомодинные методы измерений // Зарубежная радиоэлектроника. 1995. №6. С.43-48.
12. Усанов Д.А., Скрипаль А.В. Измерение нанометровых вибраций полупроводниковым лазером на квантоворазмерных структурах, работающим в автодинном режиме // Письма в ЖТФ. 2003. №9. С.51-57.
13. Гангнус С.В. Восстановление параметров движения отражателя как обратная задача в оптической гомодинной интерференционной системе : диссертация ... кандидата физико-математических наук. Сар. гос. университет, Саратов, 1999