

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский государственный университет»**

На правах рукописи

Арул Прасатх Коландасами

**Фазовая информация как основа для волнового
зрения технических систем**

Аннотация диссертации PhD
Направление – Физика и астрономия Радиоп физика
(Радиоп физика)

Научный руководитель:
доктор физ. – мат. наук, профессор
Якубов Владимир Петрович

Томск – 2019

Работа посвящена проблеме получения изображений объектов с использованием волн, прежде всего, радио и ультразвуковых, фазы которых изначально не содержат информации об объектах. На простейших примерах теоретически и экспериментально показано, что рассеянные и отраженные волны могут быть использованы для восстановления изображений объектов, в том числе для получения их 3D изображений.

Для извлечения фазовой информации из волн, рассеянных объектами, могут быть использованы три схемы измерений, рассмотренные в работе.

Первая схема - классическая схема прямого преобразования, при которой зондирующий сигнал используется как опорный для гетеродинирования. В результате перемножения в смесителе отраженного от объекта и опорного сигналов и последующей низкочастотной фильтрации прямо выделяется одна из квадратурных составляющих отраженного высокочастотного сигнала. Эта составляющая есть амплитуда сигнала, умноженная на косинус его фазы. Для выделения второй квадратуры сигнала достаточно гетеродинирующий высокочастотный сигнал предварительно сдвинуть по фазе на 90 градусов. В работе эта схема реализована в стандартном высокочастотном датчике перемещений RSM 2650, работающем на частоте 24 ГГц. Такая схема применима для построения систем скрытого досмотра пассажиров в аэропортах. Результат экспериментальный и теоретический.

Вторая схема является двухэтапной. Сначала осуществляется частичное понижение высокой частоты до уровня, когда уже возможна прямая оцифровка сигнала. В работе это происходит при использовании ультразвукового зондирования на частоте 41 кГц. Частота гетеродина задается равной 40 кГц. В этом случае разностная частота оказывается равной 1 кГц, что уже делает возможным использование практически любых аналого-цифровых преобразователей (АЦП) за оцифровки сигнала. После оцифровки квадратуры выделяются компьютерным путем. Эта схема применима для создания многосенсорных измерительных систем, например, при зондировании дорожных покрытий. Результат экспериментальный и теоретический.

Третья схема не использует гетеродинирование. Здесь просто измеряется интенсивность принимаемого сигнала, который формируется как сумма опорного сигнала и отраженного от объекта сигнала, т.е. поля интерференции этих двух волн. Показано, что если здесь опорный сигнал существенно доминирует, то одна из квадратур выделяется как переменная часть регистрируемой интенсивности. Такая система зондирования может оказаться предпочтительной при использовании беспилотных летательных аппаратов для получения радиоволновых изображений земли, когда размещение мощных излучающих генераторов на борту нежелательно или даже невозможно. Результат теоретический.

Использование квадратурных составляющих для получения изображений предполагает реализацию метода синтезирования, который состоит в использовании многомерной согласованной фильтрации данных сканирования пространственного распределения квадратур в некоторой плоскости над объектом зондирования. В качестве аппаратной функции системы при этом выступает функция Грина, описывающая реакцию на точечный объект. Реализация метода согласованной фильтрации допускает использование быстрых алгоритмов. Показано, что для получения приемлемого качества изображений достаточным оказывается наличие одной из квадратурных составляющих. Результат теоретический и экспериментальный.

Отличительная черта процедуры зондирования объектов, находящихся в поглощающих средах, заключается в том, что скин-слой, препятствующий проникновению радиоволнового излучения, образуется лишь на некотором расстоянии от излучателя. Это расстояние определяется положением границы ближней зоны в фоновой среде и существенно зависит от частоты излучения. Показано, что в пределах скин-слоя амплитудные данные мало информативны, но фазовая информация дает возможность получения изображений отражающих объектов. Достаточным является перемещение скин-слоя к объекту зондирования путем частотного сканирования и последующая фокусировка излучения на нем, осуществляемая хорошо известным методом миграции, реализующим идею синтезирования большой апертуры. Результат теоретический.

На основе проведенных исследований на защиту выносятся следующие положения:

1. Фазовая информация является основой для получения волновых изображений в локационных системах технического зрения, при этом достаточным является измерение в каждой точке наблюдения одной из квадратурных составляющих отраженного поля.
2. При отсутствии возможности прямых фазовых измерений для восстановления квадратурной составляющей отраженной волны достаточной является регистрация интенсивности поля интерференции этой волны с существенно доминирующим подсвечивающим полем.
3. Для восстановления изображений объектов, находящихся в поглощающих средах, необходимым условием является анализ фазовой структуры вторичного поля при пространственном перемещении скин-слоя к объекту путем частотного сканирования.