

УДК 535.8

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФАЗЫ ИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

Циплакова Е.Г. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.ф.-м.н., доцент Петров Н.В.
(Университет ИТМО)

Разработаны и внедрены новые итерационные алгоритмы восстановления фазы, использующие стохастическое распространение волнового фронта и экстраполяцию данных за пределы области регистрации данных в терагерцовом диапазоне частот.

Введение. Восстановление информации о распределении фазы волнового фронта находит важное применение в задачах трехмерной визуализации. Методы реконструкции фазы из интенсивности приобретают все большую популярность благодаря некоторыми преимуществами перед техниками цифровой голографии. Однолучевая схема регистрации данных обеспечивает высокую устойчивость к вибрациям, а также позволяет расходовать энергию излучения источника в полной мере на формирование объектной волны. Регистрируемые при этом дифракционные паттерны позволяют оптимальным образом задействовать пространственную базу сигнала. В последние годы особенно актуальным в вопросах визуализации стало применение терагерцового (ТГц) излучения в связи с возможностью обеспечить изображения с повышенным контрастом в данном диапазоне. ТГц излучение способно без потерь проникать во многие диэлектрические материалы, не вызывая при этом ионизации материала вследствие малой энергии фотонов. Однако из-за небольшой эффективности существующих ТГц источников, максимальное достижимое разрешение восстанавливаемых итерационными методами распределений в данном диапазоне часто ограничивается чувствительностью детектора или качеством детектируемых дифракционных паттернов. Целью работы являлась разработка новых итерационных алгоритмов восстановления фазы, способных улучшить результат реконструкции ТГц фазовых и амплитудных распределений на этапе пост-обработки.

Основная часть. Одним из популярных алгоритмов восстановления фазы является алгоритм SBMIR (Single Beam Multiple Intensity Reconstruction), который оперирует множественными распределениями интенсивности дифракционного поля, записанными на различном удалении от исследуемого объекта. В работе были исследованы две его оптимизированные версии в применении к данным ТГц диапазона: алгоритм неупорядоченном распространении поля между плоскостями регистрации (SBMIR-U, от англ. unordered) и алгоритм экстраполяции данных за пределы области регистрации (SBMIR-S, от англ. self-extrapolation).

Использовались следующие источники и приемники излучения: 1) квантово-каскадный лазер от Lytid ($\nu = 2,5$ ТГц / $\lambda = 119,91$ мкм) в совокупности с приемником от I2S (240×320 , размер пикселя $\Delta x = 50$ мкм) в схеме на пропускание; 2) диод Ганна с умножением частоты ($\nu = 0,287$ ТГц / $\lambda = 1044,57$ мкм) в качестве источника и диод с барьером Шоттки в качестве приемника (240×240 , $\Delta x = 500$ мкм) в схеме на отражение. Сбор данных проводился соответственно при следующих параметрах: 1) $n = 51$ – число плоскостей регистрации данных, расстояние от объекта до первой плоскости $z_1 = 13$ мм, шаг перемещения приемника $\Delta z = 2$ мм; 2) $n = 27$, $z_1 = 72$ мм, $\Delta z = 5$ мм.

Внедрение алгоритма стохастического распространения позволило в 4 раза ускорить процесс сходимости; обеспечило разрешение, достижимое с помощью классического SBMIR алгоритма, при задействовании втрое меньшего числа распределений интенсивности. Алгоритм самоэкстраполяции SBMIR-S позволил улучшить пространственное разрешение восстанавливаемых изображений при использовании распределений, характеризующихся низкими числами Френеля.

Выводы. Разработанные методы могут быть успешно внедрены в задачи визуализации при работе с данными ТГц диапазона частот. Алгоритм стохастического распространения позволяет ускорить сходимость и использовать меньший объем данных для восстановления фазы, а также преодолеть стагнацию при работе с медленно меняющимися амплитудами. Техника самоэкстраполяции способствует повышению разрешения восстанавливаемых распределений, ее внедрение особенно актуально при работе с данными, не обладающими полнотой информации о распространении поля вследствие пространственных ограничений сенсора.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 21-52-15035 НЦНИ_а.

Циплакова Е.Г. (автор)

Подпись

Петров Н.В. (научный руководитель)

Подпись