

КВАНТОВАЯ ХРОНОДИНАМИКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ОПТОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ВЫСОКОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ

И. А. Малевич, А. В. Поляков, С. И. Чубаров

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

E-mail: polyakov@bsu.by

Для лазерных систем (ЛС) высокого временного разрешения предложен метод восстановления «истинных» гистограмм регистрируемых статистических распределений входных оптических полей в условиях «шумящей» шкалы ЛС. Решена задача восстановления гистограмм и аналитической оценки точности восстановления.

Ключевые слова: лазерные информационные системы, статистические характеристики, восстановление оптических полей.

В современных технологиях космических информационных исследований отчетливо наблюдается тенденция расширения частотного спектра исследуемых полей естественного и искусственного происхождения для высокоэффективного мониторинга среды и исследования новых закономерностей частотно-пространственно-временного состояния космического пространства. Особенностью данных физических полей является чрезвычайно широкий диапазон интенсивностей (до двенадцати порядков), стохастическая нестационарность быстропротекающих, в том числе и взрывных процессов и полей.

Оптопроцессорная обработка информации с широкими возможностями квантового детектирования рассеянного светового поля от уровня одиночных квантов до сильных импульсных засветок, в том числе и инициированных лазерным излучением, в ряде практических приложений становится практически единственным экспериментальным методом анализа нестационарных стохастических полей при учете закономерностей квантовой хронодинамики входных оптических потоков.

Нами разработана концепция и предложен ряд методов построения быстродействующих оптоэлектронных процессоров [1, 2], позволяющих в реальном масштабе времени с высокой точностью проводить регистрацию, обработку и измерение стохастических параметров информационных квантовых стационарных в «широком и узком вероятностном смысле» полей. Основой информационного ядра оптоэлектронных процессоров данного типа является практически безинерционная, по отношению к мертвому времени квантовых детекторов, оптическая память оптоволоконного типа. Данные методы и системы защищены рядом патентов и изобретений [3].

Использование в ряде новых технологий высокопроизводительных в том числе и бортовых оптоэлектронных вычислительных систем связано с необходимостью анализа нестационарных, в том числе и однократных информационных световых полей при их спектральной и временной рандомизации на входе вычислительной системы [4]. Применение свойств вариативности, разработанных нами архитектурных решений оптоэлектронных процессоров [4], создает предпосылки для повышений эффективности квантовых вычислителей в условиях необходимости регистрации информационных полей без потери их информационных признаков и характеристик, т. е. без потери свойств их стохастичности и нестационарности.

До настоящего времени широкое использование оптоэлектронных процессорных систем обработки больших массивов экспериментальных данных в реальном масштабе времени сдерживается отсутствием исследований в области квантовой статистической хронодинамики оптоэлектронных систем обработки информации, а также модельными трудностями интерпретации физических процессов квантового детектирования светового поля субнаносекундной и наносекундной размерности. Заметную проблему структурного построения оптоэлектронных процессоров также представляет необходимость совмещения процессов квантового детектирования и временной нормализации (прецизионной фиксации временного положения информационного светового сигнала) реализаций рассеянного вторичного светового поля на опорной временной шкале субнаносекундной и наносекундной размерности в оптическом диапазоне.

Практически все ведущие университеты и научные центры мира разрабатывают национальные модели квантовых компьютеров на основе сверхбыстродействующих оптоэлектронных процессоров. Наиболее успешные исследовательские модели созданы в Исследовательском центре ООН в Токио и Национальном исследовательском университете в Бодлере Колорадо США. Одна из этих моделей воспроизведена и в Национальном исследовательском центре квантовой оптики в Шанхае КНР.

Во всех этих системах используется принцип осреднения квантовых полей по времени, допустимый только для стационарных световых полей, что сопровождается значительной потерей информации преимущественно на одноквантовом уровне. Нами предложено перспективное направление синтеза архитектуры оптоэлектронных процессорных систем на базе низкоинерционных волоконных запоминающих систем большой емкости, где носителем информации выступают спектральные, поляризационные, корреляционные и иные свойства оптического излучения.

Изучены свойства квантовых световых полей типовых экспериментальных ситуаций диагностической и лазерно-локационной направленности, выполнено теоретическое описание их свойств нестационарности функциями плотности вероятности временных масштабов исследуемых явлений, проведено исследование на этой основе квантовой статистической хронодинамики оптоэлектронной процессорной обработки массивов данных в реальном масштабе регистрации. В данных условиях квантовая статистическая хронодинамика входных информационных оптических потоков учитывается при регистрации функции плотности вероятности продетектированного поля с последующей его нормализацией по заданному статистическому правилу методом временного хронирования и стандартизации параметров входного информационного процесса. В качестве нормализующего правила может использоваться спектрально-временная фильтрация шумового потока в процессе хранения информации в оптоволоконном запоминающем устройстве рециркуляционного типа субнаносекундного разрешения.

Для лазерных информационных систем (ЛИС) высокого временного разрешения предложен метод восстановления «истинных» гистограмм регистрируемых статистических распределений входных оптических полей с квантовой хронодинамикой интенсивности в несколько порядков, в условиях «шумящей» шкалы ЛИС. Решена обратная задача восстановления гистограмм и аналитической оценки точности восстановления. Предложено решение обратной задачи восстановления гистограмм регистрируемых лазерной системой в присутствии шумов на основе анализа статистических свойств флуктуаций информационных шкал лазерных систем. Рассматривается случай неполной априорной информации о регистрируемом распределении.

Считаем, что $W(y)$ – плотность распределения измеряемой величины после выполнения над ней в ЛИС ряда преобразований. В силу аддитивности помехи, плот-

ность $W(y)$ связана с плотностью распределения входной величины $\varphi(x)$ следующим соотношением:

$$W(y) = \int_{-\infty}^{\infty} W(y-x)\varphi(x)dx . \quad (1)$$

Вероятность попадания величины y в i -й канал системы равна

$$g_i = \int_{-\infty}^{\infty} d\eta_1 \int_{-\infty}^{\infty} p(\eta_1)p(\eta_2)d\eta_2 \int_{(i-1)\Delta+\eta_1}^{i\Delta+\eta_2} W(y)dy . \quad (2)$$

Связь плотности распределения с плотностью распределения входной величины x имеет вид:

$$\phi(y) = \int_{-\infty}^{\infty} \rho(s-y) \int_{-\infty}^{\infty} W(s-\tau)\vartheta(\tau)d\tau ds = \int_{-\infty}^{\infty} \kappa(\tau-y)\vartheta(\tau)d\tau , \quad (3)$$

где

$$\kappa(\tau-y) = \int_{-\infty}^{\infty} \rho(s-y)W(s-\tau)ds . \quad (4)$$

Функция $\kappa(\tau-y)$ зависит только от свойств шумов ЛИС. Она определяет характер искажения регистрируемой плотности распределения.

С учетом вероятности попадания величины y в i -й канал ЛИС:

$$g_i = \int_{(i-1)\Delta}^{i\Delta} \phi(y)dy = \int_{(i-1)\Delta}^{i\Delta} \int_{-T/2}^{T/2} \kappa(\tau-y)\vartheta(\tau)d\tau dy \quad (5)$$

и с учетом

$$\int_{(i-1)\Delta}^{i\Delta} \phi(y)dy = \sum_{j=1}^n \int_{(j-1)\Delta}^{j\Delta} \vartheta(\tau) \int_{(i-1)\Delta}^{i\Delta} \kappa(\tau-y)dyd\tau ,$$

где

$$f_i = \sum_{j=1}^n \varphi_j \kappa_{ji} , \quad (6)$$

где $[(j-1)\Delta; j\Delta]$; κ_{ji} – матрица, определяемая выражением

$$\kappa_{ji} = \frac{1}{\Delta} \int_{(j-1)\Delta}^{j\Delta} \int_{(i-1)\Delta}^{i\Delta} \kappa(\tau-y)dyd\tau . \quad (7)$$

В случае, когда вектор f и матрица κ_{ji} в (6) известны точно, вектор ϕ , который является решением системы уравнений, является восстановленной гистограммой распределения $\varphi(x)$.

Таким образом, полученные соотношения позволяют по известным статистическим характеристикам ЛИС восстанавливать гистограммы входных распределений и рассчитывать ошибки восстановления оптических полей с заметной по интенсивности квантовой хронодинамике и различиям их статистических свойств.

Рассмотрен ряд моделей шумов шкалы лазерной системы, например, с T -многоканальными флуктуациями с нулевым средним и ограничением максимума T

на уровне величины элементарного шага шкалы, что эквивалентно действию на входную величину оптического входного поля аддитивной помехи с заданной плотностью распределения. В данных условиях входная функция поля зависит только от свойств шумов лазерной системы, которые определяют характер искажений регистрируемой плотности распределения входного поля.

Приводится решение задачи восстановления входного оптического поля для случая одноканальной лазерной системы и для случая многоканальной лазерной системы, когда вероятность попадания событий входного поля в информационный каналы после проведения осреднения по ансамблю испытаний описывается полиномиальным распределением.

Получены аналитические зависимости для ряда статистических функций шумов шкалы лазерной системы и предложен алгоритм измерения параметров матрицы шумов такой шкалы на основе приборного тест-контроля данных оптического устройства.

Библиографические ссылки

1. *Малевич И. А., Поляков А. В., Чубаров С. И.* Метод восстановления статистического входного поля лазерной системы в условиях «шумящей» шкалы прибора // Лазеры. Измерения. Информация: Труды межд. конф. С.-Петербург, 2012. С. 101.
2. *Малевич И. А., Поляков А. В., Чубаров С. И.* Восстановление гистограмм статистических спектров в системах лазерной хроноскопии субнаносекундного разрешения // Фундаментальные проблемы оптики-2012: Сб. трудов VII межд. конф. С.-Петербург, 2012. С. 408–411.
3. *Малевич И. А., Поляков А. В., Чубаров С. И.* Волоконно-оптическое запоминающее устройство: пат. № 8012 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) G 11С 21/00, G 11С 13/04, заявитель Белорус. гос. ун-т. – № u20110684; заявл. 09.09.2011; опубл. 28.02.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. 2012. № 1. С. 257.
4. *Малевич И. А., Поляков А. В., Чубаров С. И.* Вариативность архитектуры оптического кластера суперкомпьютерных систем // Электроника-инфо. 2012. № 8. С. 98–103.