

# Исследование и анализ процесса дифракции лазерного излучения на мелкомасштабных поверхностных неоднородностях субнанометрового уровня профилей оптических поверхностей

*Д. Г. Денисов, В. Е. Карасик*

МГТУ им. Н. Э. Баумана, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1, г. Москва, 105005

Проанализированы результаты теоретических исследований, посвящённых изучению когерентных свойств источников оптического излучения. Рассмотрены понятия временное и пространственной когерентности квазимонохроматического источника излучения, а также понятие площади и объёма квантово-механической ячейки в определённой области пространства для конкретного типа источника оптического излучения. Для анализируемого объёма когерентности учитывается среднее число фотонов в определённом спиновом состоянии, которое определяет параметр вырождения лазерного излучения (электромагнитного поля) в квантовой статистике.

*Ключевые слова:* Временная когерентность, Пространственная когерентность, Параметр вырождения лазерного излучения, Поляризация лазерного излучения.

*Цитирование:* Денисов, Д. Г. Исследование и анализ процесса дифракции лазерного излучения на мелкомасштабных поверхностных неоднородностях субнанометрового уровня профилей оптических поверхностей / Д. Г. Денисов, В. Е. Карасик // HOLOEXPO 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 287–288.

Как известно все источники оптического излучения характеризуются не только определёнными пространственно-угловыми характеристиками, но спектральными и когерентными свойствами [1,2]. Так, например, при рассмотрении физических процессов интерференции важными являются проявления временной когерентности между двумя пучками, поскольку формируемый контраст интерферограмм зависит от времени задержки между этими пучками. В свою очередь произведение времени задержки на ширину полосы спектральной линии источника излучения должно быть менее единицы, что в свою очередь определяет время и длину когерентности источника излучения. При суперпозиции как минимум двух пучков оптического излучения с учётом фазовых соотношений, между ними определяющим образом влияет пространственная когерентность, характеризующая расстояние между двумя осциллирующими источниками (вторичными). Результат суперпозиции наблюдается в некоторой плоскости локализации интерференционных полос, удалённой от вторичных источников на определённом расстоянии. Площадь анализируемой плоскости локализации называют площадью когерентности оптического излучения, а квадратный корень из данной величины определяет поперечную длину когерентности. Допуская, что электромагнитное поле представляет собой плоскую квазимонохроматическую, линейно поляризованную волну, можно показать, что прямой

цилиндр, основанием которого является площадь когерентности, высотой равной продольной когерентности определяет объём когерентности некоторой квантово-механической ячейки в пространстве. В данном объёме может содержаться определённое количество фотонов.

В объёме представленной квантово-механической ячейки содержание среднего числа фотонов в определённом спиновом состоянии определяет параметр вырождения. На языке квантовой статистики параметр вырождения представляет собой среднее число фотонов, находящихся в одинаковом квантовом состоянии [2]. Дальнейшие теоретические исследования дают основания предполагать о том, что именно параметр вырождения является первичным в определении когерентных свойств оптического и в частности лазерного излучения с точки зрения количества содержания фотонов в анализируемой квантово-механической ячейке. Важно отметить, что параметр вырождения определяющим образом будет влиять на пространственную когерентность лазерного излучения при его взаимодействии с объектом (предметом), имеющим неоднородный профиль поверхности, а значит определять условия формирования пространственной спекл-структуры. Последняя, в свою очередь в значительной степени влияет как на распределение интенсивности среднего значения, так и на контраст регистрируемого видеоизображения в оптико-электронных приборах контроля параметров качества оптических изделий.

#### **Список источников**

- [1] Ларкин, А. И. Когерентная фотоника / А.И.Ларкин, Ф.Т.С. Юу – М.: БИНОМ. Лабратория знаний, 2006. – 317 с.: ил.
- [2] Вольф Э., Мандель Л. Когерентные свойства оптических полей. I //Успехи физических наук. – 1965. – Т. 87. – №. 11. – С. 491-520.

## **Investigation and analysis of the process of diffraction of laser radiation on small-scale surface inhomogeneities of the subnanometer level of optical surface profiles**

*D. G. Denisov, V. E. Karassik*

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

The results of theoretical studies devoted to the study of coherent properties of optical radiation sources are analyzed. The concepts of temporal and spatial coherence of a quasi-monochromatic radiation source are considered, as well as the concept of the area and volume of a quantum-mechanical cell in a certain area of space for a specific type of optical radiation source. For the analyzed coherence volume, the average number of photons in a certain spin state is taken into account, which determines the degeneracy parameter of laser radiation (electromagnetic field) in quantum statistics.

*Keywords:* Temporal coherence, Spatial coherence, Laser radiation degeneracy parameter, Laser radiation polarization.