

Давлетшин Николай Николаевич

АННОТАЦИЯ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ
«Получение фантомных изображений с использованием
пространственной корреляции интенсивности»

16.04.01 «Техническая физика»

16.04.01.02 «Оптическая физика и квантовая электроника»

Фантомные изображения (ФИ), как новый метод получения изображения, интенсивно исследуются в течение последних 20 лет. Данная область вызвала большой интерес и с тех пор находится в центре внимания многих исследований.

Под фантомными изображениями часто понимается изображение объекта, полученное с использованием света, который физически не взаимодействовал с объектом. Вместо этого одно световое поле взаимодействует с объектом, в то время как дополнительное световое поле падает на детектор минуя объект [1]. Обязательным требованием получения ФИ является наличие пространственных корреляций между используемыми световыми полями. Изображения получаются путем восстановления функции пространственной корреляции между двумя модами, соответствующими используемым световым полям. Впервые идея о восстановлении изображения с помощью данного подхода была высказана Д.Н. Клышко [2]. Метод восстановления основан на идее использования квантового перепутывания фотонных пар, генерируемых в процессе спонтанного параметрического рассеяния (СПР), которое было предсказано в 1966 г. все тем же Д.Н. Клышко [3].

Методики получения фантомных изображений применяются в системах дистанционного зондирования и конкурируют с действующими лазерными радарными (лидарами, LIDAR). Развитие методов получения фантомных изображений дало возможность ученым воссоздавать объемные фантомные изображения, а также записывать непрерывный видеопоток с помощью данной технологии. За последние годы появились большое количество научных работ, связанные с получением вычислительных фантомных изображений с помощью пространственного модулятора света (SLM). В России данной тематикой занимается группа ученых из МГУ имени М.В. Ломоносова под руководством С.А. Магнитского и А.С. Чиркина. Ведутся работы по уменьшению уровня шума в полученных квантовых фантомных изображениях путем мультиплицирования изображений (созданием нескольких фантомных изображений) [4].

Целью данной работы является получение фантомных изображений и исследование влияния распределения интенсивности в спекл-картинах на восстановление изображения объекта. На основе поставленной цели были определены следующие задачи:

- моделирование эксперимента по получению фантомных изображений;
- получение вычислительных фантомных изображений с различными диспергирующими средами;
- получение фантомных изображений с помощью разделенных пучков и оптимизация экспериментальной установки.

Данная работа направлена на дальнейшее исследование вычислительных фантомных изображений, которые за последнее время стали более актуальными.

Цель настоящей работы заключалась в получении фантомных изображений с использованием пространственной корреляции интенсивности. Моделирование эксперимента позволило разработать методику восстановления изображения объекта с помощью имитации случайного распределения интенсивности (паттерна). Важнейшим результатом работы является создание экспериментальной установки для получения фантомных изображений с использованием случайных пространственных распределений интенсивности. Использование ЖК-ячейки позволило сформировать спекл-структуру, размер спеклов которой был согласован с размером пикселей регистрирующей ПЗС-матрицы. Это позволило получить детальные фантомные изображения с сохранением пропорций и границ объекта за 4000 реализаций случайных паттернов с присутствием шумов.

Подводя некий итог о проделанной работе, стоит отметить особенности проведения эксперимента. Для создания экспериментальной установки необходимо учитывать несколько важных факторов. Во-первых, выбор диспергирующей среды должен основываться на возможности формирования спекл-структуры с необходимым уровнем пространственных корреляций для восстановления изображения объекта. В качестве диспергирующей среды может выступать плоскопараллельная пластинка из оптически-прозрачной среды, имеющая мелкую шероховатую поверхность (прозрачный матовый диск) или же рассеивающий объект (раствор, в котором происходит броуновское движение частиц, жидкокристаллическая ячейка). Формируемая спекл-структура должна иметь характерный размер спекла соизмеримый с единичным пикселом регистрирующей ПЗС-матрицы. Кроме того, генерируемые спекл-картины должны быть абсолютно случайными. Во-вторых, для проведения измерений требуется оптимизация оптической системы. Положение линзы, находящийся между объектом и регистрирующим устройством, должно обеспечивать регистрацию пучков (зондирующего и воспроизводящего) ПЗС-матрицей в одной фокальной

плоскости. В-третьих, необходимо наличие пространственных корреляций интенсивности между зондирующим и воспроизводящим пучками. Первые два фактора дают возможность получить два пучка имеющих между собой высокий уровень пространственной корреляции.

Одной из не решенных проблем остаётся подавление шумов при восстановлении изображения объекта. Решением данной проблемы может являться увеличение числа реализаций путем использования шумоподавляющих фильтров профилометра, а также накопление большого количества случайных реализаций спекл-картин.

Эта работа является отправной точкой в изучении явления фантомных изображений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

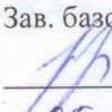
1. Padgett, M. J. An introduction to ghost imaging: quantum and classical / M. J. Padgett, R. W. Boyd // *Phil. Trans. R. Soc. A.* – 2017. – Т. 375. – №. 2099. – С. 20160233.
2. Клышко, Д. Н. Фотоны и нелинейная оптика / Д. Н. Клышко – Москва: Наука, 2003. – 259 с.
3. Клышко, Д. Н. Параметрическая люминесценция и рассеяние света на поляритонах / Д. Н. Клышко, А. Н. Пенин, П.Ф. Полковников // *Письма в «Журнал экспериментальной и теоретической физики».* – 1970. – Т. 11. – №. 1. – С. 11.
4. Балакин, Д. А. Улучшение восстановления оптического изображения на основе мультиплексированных квантовых фантомных изображений / Д. А. Балакин, А. В. Белинский, А. С. Чиркин // *ЖЭТФ* – 2017. – Т. 152. – вып. 2(8). – С 252–266.
5. Минашкин, В. Г. Теория статистики: Учебно-методический комплекс / В. Г. Минашкин, Р. А. Шмойлова, Н. А. Садовникова, Л. Г. Моисейкина, Е. С. Рыбакова – Москва: «ЕАОИ», 2008. – 296 с.
6. Самарцев, В. В. Коррелированные фотоны и их применение / В. В. Самарцев – Москва: «ФИЗМАТЛИТ», 2014. – 168 с
7. Мендель, Л. Оптическая когерентность и квантовая оптика / Л. Мендель, Э. Вольф – Москва: «ФИЗМАТЛИТ», 2000. – 896 с.
8. Klyshko, D.N. Effect of focusing on photon correlation in parametric light scattering / D. N. Klyshko // *JETP Lett.* – 1988. – Vol 67 – pp. 82-90.
9. Quantum imaging / Kolobov M. I. (ed.). – Springer Science & Business Media, 2007. – 311 p.
10. Gatti, A. Ghost Imaging with Thermal Light: Comparing Entanglement and Classical Correlation / A. Gatti, E. Brambilla, M. Bache, and L. A. Lugiato // *Phys. Rev. Lett.* – 2004. – Vol. 93, No 9 – (093602)1-4.

11. Erkmen, B. I. Ghost imaging: from quantum to classical to computational / B. I. Erkmen, J. H Shapiro // *Advances in Optics and Photonics*. – 2010. – T. 2. – №. 4. – C. 405-450.
12. Gatti, A. Coherent imaging with pseudo-thermal incoherent light / A. Gatti, M. Bache, D. Magatti, E. Brambilla, F. Ferri, and L.A. Lugiato // *Journal of Modern Optics*. – 2006. – T. 53. – № 5-6. – C. 739-760.
13. Goodman, J. Statistical Properties of Laser Speckle Patterns / J. Goodman // *Laser Speckle and Related Phenomena : Part of the Topics in Applied Physics book series (TAP, volume 9) / J. C. Dainty (Ed) – 1975 – pp. 9-75.*
14. Shapiro, J. H. The physics of ghost imaging / J. H. Shapiro, R. W. Boyd // *Quantum inf. Process.* – 2012. – Vol. 11. –pp. 949-993.
15. *Laser Speckle and Related Phenomena / Dainty J. C. (ed.). – Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1975. – 44 p.*
16. Meyers, R.E. Quantum ghost imaging experiments and mathematics / R.E. Meyers, K.S. Deacon // *ICES*. – 2007. – vol. 3. – № 4. – 211-216 p.
17. Bromberg, Y. Ghost imaging with a single detector / Y. Bromberg, O. Katz, Y. Silberberg // *Physical Review A*. – 2009. – T. 79. – №. 5. – P. 053840.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт инженерной физики и радиоэлектроники
Базовая кафедра «Фотоника и лазерные технологии»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. базовой кафедрой ФилТ

 А.Н. Втюрин

« 05 » июня 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Получение фантомных изображений с использованием
пространственной корреляции интенсивности

16.04.01 «Техническая физика»

16.04.01.02 «Оптическая физика и квантовая электроника»

Научный руководитель



канд. физ.-мат. наук

А.М. Выюнышев

Выпускник



Н.Н. Давлетшин

Красноярск 2019