

Список использованных источников

1. N. Kumar, B. Suthar., *Advances in Photonic Crystals and Devices/* London: CRC Press, 2020. С. 358.
2. Dutta, H. S., Goyal, A. K., Srivastava, V., & Pal, S. (2016). Coupling light in photonic crystal waveguides: A review. *Photonics and Nanostructures - Fundamentals and Applications*, 20, 41–58.
3. Hussein M.E. Hussein, Tamer A. Ali, Nadia H. Rafat, New designs of a complete set of Photonic Crystals logic gates, *Optics Communications*, Volume 411, 2018, Pages 175-181, ISSN 0030-4018, <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2017.11.043>.
4. P. Mokshin, D. Golovashkin, V. Pavelyev and L. Yablokova, Iterative approach based on the FDTD method for the design of metal-dielectric photonic crystal devices, // 2022 VIII International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT), Samara, Russian Federation, 2022, С. 1-4.

Мокшин Павел Валериевич, аспирант каф. наноинженерии, mokshinfabio@gmail.com.

УДК 535

**ПРИМЕНЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ШУМОВ
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭФФЕКТОВ В
КВАНТОВОЙ И КЛАССИЧЕСКОЙ ОПТИКЕ НА ПРИМЕРЕ
РЕЛАКСАЦИИ КВАНТОВЫХ СИСТЕМ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ТЕРАГЕРЦОВЫХ ПУЧКОВ В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ**

А.В. Павельев

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: стохастические процессы, стационарные шумы, терагерцовая оптика, релаксация квантовых систем, немарковские процессы.

Стохастические процессы играют большую роль в реальных приложениях классической и квантовой оптики, что ставит задачу по корректному моделированию таких процессов для решения прикладных задач [1-2].

Для описания процессов в микроскопических квантовых системах, связанных с внешним окружением, таких как кубит, трёхуровневая система, диполь-дипольно взаимодействующие кубиты в работах [3, 4] были применены техники по замене марковских случайных процессов на немарковские [5]. Иными словами, статистические свойства окружения микроскопической системы описывались различными случайными процессами – происходила замена белого шума (соответствующего

Винеровскому случайному процессу) на розовый шум (соответствующий процессу Орнштейна-Уленбека).

Подобные замены приводили к качественному изменению динамики релаксации квантовых систем, позволяя введением небольшого количества новых параметров (параметров шума) учитывать влияние существенно многомерного окружения.

В задачах классической оптики, не учитывающей квантовые явления, также возникает необходимость моделировать системы с различными эффектами, связанными со стохастическими процессами.

В работе рассмотрена задача моделирования распространения терагерцового пучка в неоднородной среде. Данная задача является актуальной с точки зрения построения высокоскоростных систем беспроводной связи [6-8] и в частности перспектив применения пучков терагерцового диапазона в системах 6G [9, 10].

Задача рассматривалась в рамках скалярной теории дифракции, причём в конфигурации, позволяющей для расчёта распределения в выходной плоскости использовать интегральное преобразование Кирхгофа [11].

В качестве неоднородной среды рассматривался вариант с тонким транспарантом с существенно стохастическим распределением высоты рельефа и соответствующим ему набегом фазы. Для описания свойств транспаранта предложено моделировать стохастический рельеф с помощью различных стохастических стационарных процессов. В качестве функций реализации стохастического рельефа были предложены разные варианты случайного формирования рельефа на основе белого и розового шумов.

Данный подход может быть использован для более детального моделирования тонких транспарантов со сложной структурой, в том числе для оценки распространения пучков с различным поперечно-модовым составом, оценки самовосстановления пучков после препятствий с различными случайными параметрами рельефа.

Таким образом, в работе рассмотрено применение стохастических процессов для моделирования некоторых эффектов в квантовой и классической оптике на примере немарковской релаксации микроскопических квантовых систем и распространения терагерцового пучка в неоднородной среде.

Список использованных источников

1. Guenther B. D. *Modern optics*. – OUP Oxford, 2015.
2. Marshall T., Santos E. *Stochastic optics: A reaffirmation of the wave nature of light // Foundations of physics*. – 1988. – Т. 18. – С. 185-223.
3. Павельев А. В., Семин В. В. Исследование немарковской динамики двух взаимодействующих кубитов на основе численного решения нелинейного стохастического уравнения Шрёдингера // *Компьютерная оптика*. – 2019. – Т. 43. – №. 2. – С. 168-173.

4. Павельев, А. В. Вычисление спектра резонансной флуоресценции труктурной квантовой системы в подходе стохастического уравнения Шредингера. - Текст : электронный / А. В. Павельев, В. В. Семин // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2021) – С. 013482

5. Costa-Filho J. I. et al. Enabling quantum non-Markovian dynamics by injection of classical colored noise //Physical Review A. – 2017. – Т. 95. – №. 5. – С. 052126.

6. Chen Z. et al. A survey on terahertz communications //China Communications. – 2019. – Т. 16. – №. 2. – С. 1-35.

7. Kleine-Ostmann T., Nagatsuma T. A review on terahertz communications research //Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves. – 2011. – Т. 32. – С. 143-171.

8. Niu Z. et al. The research on 220GHz multicarrier high-speed communication system //China Communications. – 2020. – Т. 17. – №. 3. – С. 131-139.

9. Han C. et al. Terahertz communications (TeraCom): Challenges and impact on 6G wireless systems //arXiv preprint arXiv:1912.06040. – 2019.

10. Rikkinen K. et al. THz radio communication: Link budget analysis toward 6G //IEEE Communications Magazine. – 2020. – Т. 58. – №. 11. – С. 22-27.

11. Под ред. Соифера В. А. Дифракционная компьютерная оптика. – 2007. Павельев Андрей Владимирович, аспирант гр. А402, 44dragon44@rambler.ru

УДК 544.272

МЕТОДЫ ЗАДАНИЯ НАНОСТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА В МОДЕЛЯХ НА БАЗЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Е.А. Ганеева

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: метод молекулярной динамики, потенциал Леннарда-Джонса, взаимодействие газ-твёрдое тело.

Современные технологии и материалы все чаще содержат наноструктуры, которые могут существенно влиять на их свойства и функциональность. Для более точного моделирования таких материалов необходимо использовать методы, позволяющие задавать наноструктуры поверхности твёрдого тела [1]. При этом, создание математической модели поверхности, учитывающую ее нано- и микроструктуру представляет собой достаточно сложную задачу, что связано существенной разницей в размере структур, поведение которых нужно учитывать (единичные вакансии-нанопоры-микропоры). Методы описания поверхности, базирующиеся на приближении сплошной среды, позволяют учесть реальное строение поверхности только введением поправки в интегральные коэффициенты, описывающие систему, например, энергию активации физико-химических