

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ШИФРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК

А.Ю. Ефремова, В.М. Алефиренко

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье сравниваются источники излучения, используемые при шифровании информации на основе спектров поглощения квантовых точек. Проанализированы этапы проведения процедуры шифрования, а также технические средства, необходимые для этого. Особое внимание уделено правильности выбора источников излучения. В результате сравнительного анализа источников излучения выявлено, что оптимальный выбор источника повышает точность, воспроизводимость и устойчивость криптографической системы.

Ключевые слова: защита информации, шифрование, криптография, квантовые технологии, квантовые точки, спектр, источник излучения, ультрафиолетовое (УФ) излучение, инфракрасное (ИК) излучение.

COMPARATIVE ANALYSIS OF RADIATION SOURCES USED FOR ENCRYPTION BASED ON QUANTUM DOTS

A.Y. Yafremava, V.M. Alefirenko

Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article compares radiation sources used in information encryption based on the absorption spectra of quantum dots. The stages of the encryption procedure, as well as the technical means required for its implementation, are analyzed. Particular attention is paid to the correct selection of radiation sources. As a result of the comparative analysis, it was found that the optimal choice of source improves the accuracy, reproducibility, and robustness of the cryptographic system.

Keywords: information security, encryption, cryptography, quantum technologies, quantum dots, spectrum, radiation source, ultraviolet (UV) radiation, infrared (IR) radiation.

Введение

В связи с непрекращающимся развитием квантовых технологий в области защиты информации, крайне важно уделить внимание исследованиям в области квантовой криптографии.

Особый интерес представляет шифрование с использованием квантовых точек – наноразмерных полупроводниковых структур, обладающих дискретным спектром энергетических уровней и оптическими характеристиками, которые позволяют формировать уникальные спектральные сигнатуры, применимые в задачах шифрования и аутентификации [1].

Основная часть

Идея шифрования информации на основе спектров поглощения квантовых точек заключается в использовании многомерного спектрального отклика как физического носителя шифра: либо как физического ключа, либо как носителя многоканального спектрального шифрования.

Для дальнейшего сравнения технических средств, необходимо для начала рассмотреть этапы проведения процедуры шифрования: подготовка образца; калибровка; измерение спектра; проверка повторяемости; проверка аддитивности и линейности; формирование криптографического ключа; дешифрование и оценка ошибок.

Чтобы такой подход был воспроизводим, требуется целый технологический комплекс, состоящий из источников излучения, спектрометров/монокроматоры, вещества-детекторы, оптическая обвязка в виде фильтров, держателей, интегрирующих сфер, генераторов, а при необходимости – криогенных систем (криостаты) и микроскопию.

Выбор источника излучения является критически важным фактором при реализации схем шифрования на основе спектров поглощения квантовых точек, поскольку именно он определяет характер формируемого спектрального отклика, его стабильность и воспроизводимость [2,3].

В связи с этим далее в таблице будет представлено сравнение нескольких источников излучения.

Сравнительный анализ источников излучения, используемых для шифрования с помощью КТ
 Comparative analysis of radiation sources used for encryption based on quantum dots

Характеристика	Дейтериевая лампа	Вольфрам-галогенная лампа	Ксеноновая лампа	LED / лазер
Спектральная полезность	Используется для УФ-области	Используется в видимой и ближней ИК-области	Широкополосный и интенсивный источник	Узкополосное излучение, используется только для отдельных каналов
Интенсивность сигнала	Не универсален для всего диапазона	Используется только для Vis/NIR	Одна из лучших по интенсивности	Используется только для выбранной длины волны
Воспроизводимость измерений	Используется только при стабильном режиме работы	Используется для рутинных измерений	Используется только в сочетании с качественной оптикой	Используется только для фиксированного канала
Гибкость для разных КТ	Используется при критичной УФ-область	Используется при видимых рабочих диапазонах	Используется для разных составов КТ и задач	Используется только для частных схем
Пригодность для криптосистемы	Используется в комбинированных системах	Используется в комбинированных системах	Используется для полноценного спектрального шифрования	Используется для упрощенных систем
Лучший сценарий шифрования	Точный анализ УФ-полос	Базовые Vis/NIR измерения	Полноспектральная исследовательская установка	Дешевый компактный прототип

Заключение

В ходе сравнения установлено, что для построения надежных систем шифрования на основе квантовых точек наибольшую ценность представляют широкополосные и интенсивные источники излучения, способные обеспечить одновременное возбуждение и регистрацию широкого диапазона длин волн, однако комбинирование различных типов

источников может рассматриваться как наиболее перспективный подход, позволяющий объединить преимущества широкополосных и узкополосных систем.

Список использованных источников

1. Ефремова, А. Ю., Алефиренко В.М. (2025) Комплексное сравнение качественных показателей надежности при моделировании системы шифрования с использованием квантовых точек. *Современные средства связи : материалы XXX Международной научно-технической конференции*. 100–102.
2. Meng H., Gao Y., Wang X., Li X., Wang L., Zhao X., et al. (2024) Quantum dot-enabled infrared hyperspectral imaging with single-pixel detection. *Light: Science & Applications*. 13 (121).
3. Jiang M., Li X., Wang J., Wen Y. (2025). Research on the impact of blood absorption on the photothermal effect of nanoparticles with protein corona. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 27, 25087–25097.

References

1. Yafremava, A. Yu., Alefirenko, V. M. (2025). Comprehensive comparison of qualitative reliability indicators in modeling an encryption system based on quantum dots. *Modern Communication Means: Proceedings of the XXX International Scientific and Technical Conference*, 100–102 (in Russian).
2. Meng H., Gao Y., Wang X., Li X., Wang L., Zhao X., et al. (2024) Quantum dot-enabled infrared hyperspectral imaging with single-pixel detection. *Light: Science & Applications*. 13 (121).
3. Jiang M., Li X., Wang J., Wen Y. (2025). Research on the impact of blood absorption on the photothermal effect of nanoparticles with protein corona. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 27, 25087–25097. 2.

Сведения об авторах

Ефремова А.Ю., ассистент каф. проектирования информационно-компьютерных систем, учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», al617e13@gmail.com.

Алефиренко В.М., кандидат технических наук, доцент, доцент каф. проектирования информационно-компьютерных систем, учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», alefirenko@bsuir.by.

Information about the authors

Yafremava A.Yu., Assistant of the department Information and Computer-Aided Systems Design, Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", al617e13@gmail.com.

Alefirenko V.M., Cand. Sci. (Tech.), Associate professor of the department Information and Computer-Aided Systems Design. Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", alefirenko@bsuir.by.