

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНО-СЕЛЕКТИВНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НИЗКОГО ИНДЕКСА МОДУЛЯЦИИ В СИСТЕМЕ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧА НА НЕПРЕРЫВНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ НА ПОДНЕСУЩИХ ЧАСТОТАХ ФАЗОВО-МОДУЛИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Филипов И.М. (ИТМО), Шишков А.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Чистяков В.В.

(ИТМО)

Введение. Использование протоколов квантового распределения ключа на непрерывных переменных позволяет использовать обширную компонентную базу волоконной оптики, разрабатываемой для телекоммуникационных приложений [1]. Помимо изначально предложенных протоколов с одномодовыми квантовыми состояниями [2], был предложен протокол с многомодовыми квантовыми состояниями [3], где в результате фазовой модуляции излучения на поднесущих частотах генерируются многомодовые когерентные состояния. Преимуществом данного протокола является возможность за счет снижения спектральной эффективности достижения более высокой информационной емкости по сравнению с протоколом на одномодовых квантовых состояниях [4]. Для данного протокола была продемонстрирована как дискретная модуляция [3], так и гауссовская [5]. Основной проблемой для практических реализаций является необходимость достижения высокого соотношения мощности центральной к суммарной мощности поднесущих при генерации квантовых состояний, что необходимо для последующего детектирования, ограниченного дробовым шумом. Данное соотношение может быть выражено через индекс фазовой модуляции.

Основная часть. В работе исследуется метод увеличения соотношения мощностей центральной и поднесущих частот за счет использования разработанной схемы спектрально-селективного ослабления. Схема основана на брэгговской решетке и циркуляторе, где отраженное от брэгговской решетки излучение перенаправляется циркулятором из второго порта в третий. Рабочий диапазон спектра отражения брэгговской решетки включает только центральную частоту, выступающую локальным осциллятором, что позволяет добиться ослабления поднесущих частот на уровень изоляции для данной решетки. Основным преимуществом данной схемы перед снижением управляющего сверхвысокого частотного (СВЧ) электрического сигнала (прямого уменьшения индекса модуляции) является снижение шумов управляющего сигнала или снижение требований к СВЧ оборудованию по уровню шумов для достижения эквивалентных показателей соотношения мощностей центральной и поднесущих частот, а при использовании одинаковых параметров СВЧ схемы добиться более высокого соотношения мощностей. В рамках исследования использовалась схема детектирования, предложенная в работе [3]. Проводилось экспериментальные исследования как дополнительного ослабления поднесущих частот за счет использования спектрально-селективной схемы, так и сравнение снижения индекса модуляции с помощью уменьшения амплитуды управляющего сигнала и использования спектрально-селективной схемы.

Выводы. Была разработана и экспериментально продемонстрирована возможность спектрально-селективного ослабления поднесущих частот фазово-модулированного излучения на величину изоляции брэгговской решетки и снижения индекса модуляции за счет данного эффекта. Разработанная схема спектрально-селективного снижения индекса модуляции экспериментально продемонстрировала меньшее значение шума по сравнению со схемой с ослаблением амплитуды управляющего сигнала с использованием идентичного СВЧ

оборудования. Использование данной схемы снижения может позволить достичь необходимого соотношения мощностей центральной и поднесущих частот фазово-модулированного излучения при разработке системы квантового распределения ключа на непрерывных переменных на поднесущих частотах фазово-модулированного излучения.

Список использованных источников:

1. Hirano T. et al. Implementation of continuous-variable quantum key distribution with discrete modulation //Quantum Science and Technology. – 2017. – Т. 2. – №. 2. – С. 024010.
2. Laudenbach F. et al. Continuous-variable quantum key distribution with Gaussian modulation—the theory of practical implementations //Advanced Quantum Technologies. – 2018. – Т. 1. – №. 1. – С. 1800011.
3. Samsonov E. et al. Coherent detection schemes for subcarrier wave continuous variable quantum key distribution //JOSA B. – 2021. – Т. 38. – №. 7. – С. 2215-2222.
4. Su Z. et al. Experimental demonstration of phase-sensitive multimode continuous variable quantum key distribution with improved secure key rate //Photonics Research. – 2023. – Т. 11. – №. 11. – С. 1861-1869.
5. Goncharov R. K. et al. Subcarrier wave continuous-variable quantum key distribution with Gaussian modulation: composable security analysis //Компьютерная оптика. – 2023. – Т. 47. – №. 3. – С. 374-380.