

Генерация перепутанных пар фотонов в нелинейных интегрированных волноводах

А.А. Сухоруков*

Центр нелинейной фотоники, Исследовательская школа физических и инженерных наук, Австралийский национальный университет, АСТ 0200, Канберра, Австралия

Представлен обзор последних теоретических и экспериментальных результатов по генерации перепутанных фотонов с перестраиваемыми квантовыми корреляциями в интегрированных нелинейных волноводах, основанных на спонтанном параметрическом рассеянии в режиме квантовых блужданий. Обсуждается возможность отображения классических амплитудных и фазовых профилей пучка накачки на компоненты двухфотонной волновой функции на выходе, и фильтрация накачки в волноводах с адиабатически изменяемыми параметрами.

PACS: 42.50.Dv, 42.50.Ag, 42.65.Lm, 42.82.Et. УДК: 535.14.

Ключевые слова: перепутанные фотоны, квантовые блуждания.

Развитие методов управления состояниями квантовых систем необходимо для ряда важных приложений, включая квантовую обработку информации, связь и высокоточные измерения. Перепутанные фотоны могут быть использованы для создания разнообразных квантовых состояний, при этом они малочувствительны к шумам и могут передаваться на большие расстояния по волоконным линиям связи [1]. При этом логические операции над фотонами могут выполняться с помощью определенных квантовых измерений [2]. Также необходим гибко перестраиваемый интерфейс для генерации квантовых состояний, на основе классического представления информации.

Интегрированные оптические схемы могут генерировать перепутанные фотоны и управлять их состоянием намного более эффективно, чем с помощью набора традиционных оптических элементов. В интегрированных схемах снижается влияние флуктуаций в окружающей среде [3]. Также появляется возможность объединить много элементов для реализации сложных квантовых алгоритмов. Проблеме эффективной генерации фотонов непосредственно в интегрированных чипах уделяется пристальное внимание [4–6].

Важным свойством источника фотонов является возможность генерировать различные квантовые состояния. Создание определенных Белловских состояний из фиксированного состояния на входе было продемонстрировано с использованием температурно-чувствительных элементов в линейном оптическом чипе [3]. Мы установили, что нелинейный оптический чип может быть сконфигурирован таким образом, чтобы перепутанные фотоны генерировались в квантовом состоянии, которое непосредственно отражает классические амплитуды и фазы лазерного пучка накачки [7], см. рис. 1. Такой подход, основанный на принципах квантовых блужданий [8] и модуляции нелинейного коэффициента [9] в квадратично-нелинейных кристаллах, обеспечивает быстрое, полностью оптическое пе-

реключение между квантовыми состояниями.

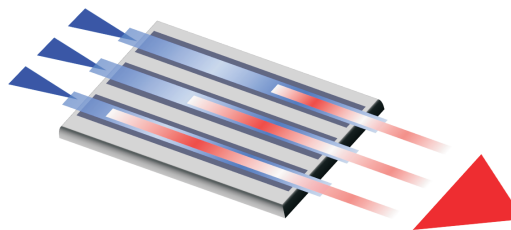


Рис. 1: Схема перестраиваемой генерации квантовых состояний в нелинейных интегрированных волноводах. Амплитуды и фазы пучков накачки на входе непосредственно задают амплитуды и фазы различных элементов двухфотонной волновой функции на выходе

Существенным компонентом квантовых чипов являются фильтры для отделения сгенерированных квантовых состояний, состоящих из нескольких фотонов, от мощных пучков накачки. Мы предлагаем подход к фильтрации, основанный на схеме связанных волноводов с адиабатически изменяемыми параметрами [10], см. рис. 2. Такая схема обеспечивает уровень фильтрации в 72 Дб.

В настоящее время выполнен ряд экспериментов по генерации фотонов и квантовым блужданиям [11].

*E-mail: Andrey.Sukhorukov@anu.edu.au

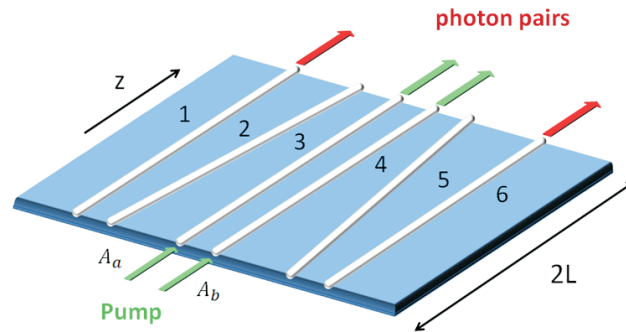


Рис. 2: Метод фильтрации накачки, основанный на системе волноводов с адиабатически изменяемой связью. Пучки накачки заводятся в центральные волноводы (3,4), и остаются в этих волноводах. Квантовые состояния перепутанных фотонов генерируются в центральных волноводах, а затем переключаются в крайние волноводы на выходе

-
- [1] Kok P.K. *et al.* Rev. Mod. Phys. **79**, 135. (2007).
 [2] Langford N. K., *et al.* Nature **478**, 360. (2011).
 [3] Shadbolt P.J. *et al.* Nat. Photonics **6**, 45. (2011).
 [4] Xiong C. *et al.* Opt. Lett. **36**, 3413. (2011).
 [5] Leng H. Y. *et al.* Nat. Commun. **2**, 429. (2011).
 [6] Zhang Q. *et al.* Opt. Expr. **15**, 10288. (2007).
 [7] Titchener J. G., Solntsev A. S., Sukhorukov A. A. готовится к публикации. (2014).
 [8] Solntsev A. S., Sukhorukov A. A., Neshev D. N., Kivshar Yu. S. Phys. Rev. Lett. **108**, 023601. (2012).
 [9] Leng H. Y. *et al.* Nat. Commun. **2**, 429. (1999).
 [10] Wu C. W., Solntsev A. S., Neshev D. N., Sukhorukov A. A. Opt. Lett. **39**, 953. (2014).
 [11] Solntsev A. S. *et al.* Phys. Rev. X **4**, 031007. (2014).

Generation of entangled photon pairs in nonlinear integrated waveguides

A.A. Sukhorukov

*Nonlinear Physics Centre, Research School of Physics and Engineering, Australian National University
 Canberra, ACT 0200, Australia*

E-mail: Andrey.Sukhorukov@anu.edu.au

A review is presented of the latest theoretical and experimental results on the generation of entangled photons with tunable quantum correlations in integrated nonlinear waveguides, based on the spontaneous parametric down-conversion in the regime of quantum walks. The possibilities to map classical amplitude and phase profiles of the pump beam to the components of a biphoton wavefunction at the output, and pump filtering in waveguides with adiabatically varying parameters, are discussed.

PACS: 42.50.Dv, 42.50.Ar, 42.65.Lm, 42.82.Et.

Keywords: entangled photons, quantum walks.

Сведения об авторах

Сухоруков Андрей Анатольевич — докт. физ.-мат. наук, доцент; тел.: (+612) 6125 8276,
 e-mail: Andrey.Sukhorukov@anu.edu.au.