

ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ОДНОФОТОННЫХ СОСТОЯНИЙ В СИСТЕМАХ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ СИНХРОНИЗМОМ

А.А. Калачёв¹, Ш. Жанг², О.А. Кочаровская²

¹*КФТИ КазНЦ РАН*

²*Texas A&M University*

a.a.kalachev@mail.ru

Разработка оптической квантовой памяти (КП) является одной из актуальных задач современной квантовой оптики и информатики [1–4]. В частности, запись и воспроизведение однофотонных волновых пакетов (однофотонных импульсов) является необходимой составляющей различных протоколов дальнедействующей оптической квантовой связи и полноценных оптических квантовых вычислений. Во всех известных схемах КП, основанных на взаимодействии электромагнитного поля с многоатомными системами, предполагается, что для записи и воспроизведения временной формы слабых оптических импульсов необходимо использовать либо неоднородное уширение резонансного перехода (фотонное эхо), либо модулирование амплитуды контрольного поля (электромагнитно-индуцированная прозрачность или нерезонансное рамановское взаимодействие). Однако существует ещё одна возможность – непрерывная манипуляция пространственным синхронизмом в протяжённой многоатомной системе. Такую манипуляцию можно осуществить за счёт изменения показателя преломления резонансной среды [5, 6] или за счёт угловой модуляции контрольного поля [7]. При этом в обоих случаях отпадает необходимость в использовании неоднородного уширения резонансных переходов или модуляции амплитуды контрольного поля. В частности, схема [7] математически эквивалентна оптической КП на основе фотонного эха с продольным градиентом неоднородного уширения резонансного перехода [8], позволяя, таким образом, совместить два подхода: нерезонансное рамановское взаимодействие и градиентное эхо, оставаясь в рамках первого. Разработанный метод, с одной стороны, не требует синхронизации контрольного поля с однофотонным импульсом, а с другой – может быть реализован в системах, которые не позволяют использовать линейный эффект Штарка или Зеемана для управления неоднородным уширением или электрооптический эффект для управления показателем преломления.

Идея предложенного метода проиллюстрирована на рис. 1. В процессе нерезонансного рамановского взаимодействия полей волновой вектор контрольного поля поворачивается, так что информация о временной форме однофотонного импульса обратимым образом проецируется на пространственную решётку спиновой когерентности, создаваемой

на рамановском переходе. Эффективная полоса поглощения определяется скоростью поворота волнового вектора контрольного поля, во время которого многоатомная система с однородным распределением частоты резонансного перехода вдоль направления распространения света становится эквивалентна системе с неоднородным уширением, обладающим продольным линейным градиентом.

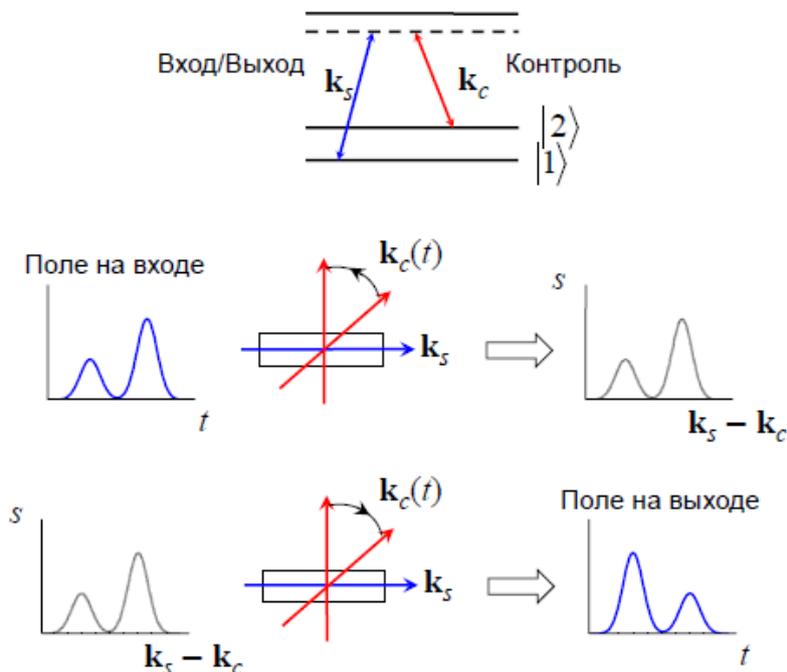


Рис. 1. Запись и воспроизведение однофотонного волнового пакета посредством угловой модуляции контрольного поля. s – амплитуда спиновой волны, создаваемой на рамановском переходе $|1\rangle - |2\rangle$, k_s и k_c – волновые векторы входного/выходного и контрольного полей, соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lvovsky A.I., Sanders B.C., Tittel W. // Nature Photonics. 2009. V. 3. P. 706.
2. Hammerer K., Sørensen A.S., Polzik E.S. // Rev. Mod. Phys. 2010. V. 82. P. 1041.
3. Tittel W., Afzelius M., Chanelière T. et al. // Laser & Photonics Rev. 2010. V. 4. P. 244.
4. Simon C., Afzelius M., Appel J., et al. // Eur. Phys. J. D. 2010. V. 58. P. 1.
5. Kalachev A., Kocharovskaya O. // Phys. Rev. A. 2011. V. 83. P. 053849.
6. Clark J., Heshami K., Simon C. // Phys. Rev. A. 2012. V. 86. P. 013833.
7. Zhang X., Kalachev A., Kocharovskaya O. // Phys. Rev. A. 2013. V. 87. P. 013811.
8. A.L. Alexander, Longdell J.J., Sellars M.J., Manson N.B. // Phys. Rev. Lett. 2006. V. 96. P. 043602.