

Волоконный интерфейс для NV центров в наноалмазах***С.В. Большедворский^{1,2,3}, В.В. Воробьев^{1,2,3}, В.В. Сошенко^{2,3}, В.Н. Сорокин², А.В. Акимов^{2,3,4}***¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН³Russian Quantum Center⁴Texas A&M University

Приложения твердотельных квантовых излучателей в приложениях квантовых вычислений, квантовых линий связи и создании сенсоров сильно зависят от эффективности сбора фотонов с излучателя. В настоящее время существует несколько перспективных кандидатов на роль «строительных» блоков для квантового компьютера и один из таких кандидатов – NV центр в алмазе. Для NV центров в алмазе уже показаны долгоживущая квантовая память, «перепутывание» двух NV центров, считывание квантового состояния NV центра [1-3]. Помимо применения для квантовых вычислений, NV центр может быть использован как источник одиночных фотонов, стабильно работающий при комнатной температуре, и в качестве наносенсоров температуры, электрического и магнитного полей, а так же механического напряжения [4]. Но не смотря на большой прогресс в данной области управление NV центром осуществляется с помощью сложных и малоэффективных методов. Уже было продемонстрировано создание интерфейса для NV центра с помощью: вытянутых волокон с использованием AFM для переноса наноалмазов, фотонно-кристаллических волокон с помещением наноалмазов внутри воздушных полостей, путем вытравливания алмазных волноводов из алмазной пластины [5,6].

В нашей работе мы представляем новый и надежный способ создания волоконного интерфейса для NV центров в наноалмазах, используя адиабатически вытянутые оптические волокна (рис 1), а так же проводим анализ шумов, возникающих при создании волоконного интерфейса, и методы их подавления [7,8]. Наше решение хорошо воспроизводимо и совместимо с использованием криогенного оборудования [9]. Так же наш подход может быть усовершенствован с помощью идеи использования волоконных Брэгговских решеток [10].

В ходе выполнения работы после процедуры подавления паразитических шумов волокна мы смогли собрать в 3 раза больше фотонов по отношению к сбору через конфокальный микроскоп (эффективность сбора 0.5%), тем самым достигли эффективности сбора 1.5% от излучения NV центра с одной стороны волокна или 3% при сборе с обоих концов волокна. Эта эффективность ограничена не столько эффективностью интерфейса между NV центром и волокном (рис. 2) сколько пропусканием всей оптической системы от NV центра до детектора, которая в нашем эксперименте составляла порядка 10% из-за использования низкоэффективных самодельных коннекторов для оптоволокон. Если взять в рассмотрение факт этих потерь, то мы можем заключить, что эффективность сбора через оптоволокно излучения NV центра с помощью нашего метода будет порядка 15% с одной стороны (или 30% с двух сторон), что хорошо соотносится с результатами физического моделирования (рис. 2). Это может быть достигнуто путем использования «заводских» коннекторов для всех элементов волоконно-оптической цепи.

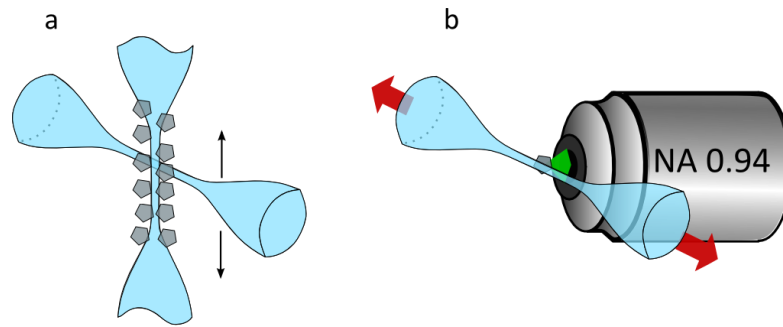


Рис. 1. (а) Схема переноса наноалмаза с NV центром с донорного волокна на волокно акцептор (б) схема исследование наноалмаза с NV центром под конфокальным микроскопом.

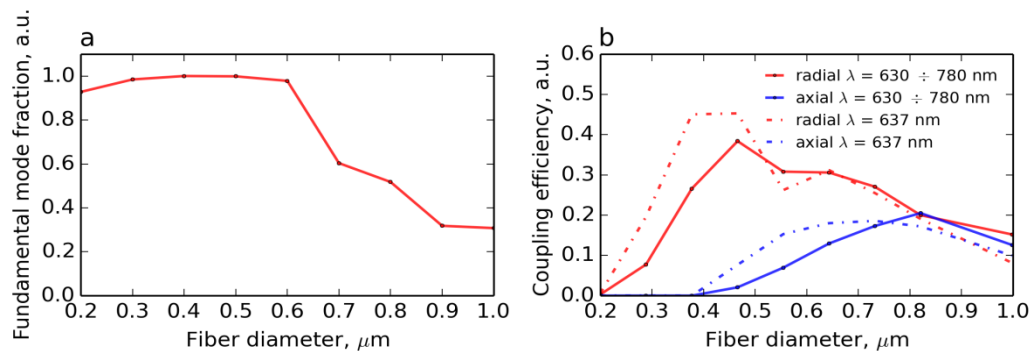


Рис. 2. Моделирование взаимодействия NV центра с волокном (а) вклад основной моды оптоволокна в эффективность сбора в зависимости от диаметра оптоволокна (б) зависимость эффективности сбора излучения точечного диполя (перпендикулярного и сонаправленного с волокном) в фундаментальную моду оптоволокна.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант #14-29-07127.

Литература

1. *Bernien H., et. al.* Heralded entanglement between solid-state qubits separated by three metres // *Nature* 2013. V. 497. N. 7447. P. 86-90.
2. *Neuman P., et. al.* Single-Shot Readout of a Single Nuclear Spin // *Science(New York)* 2010. V. 329. N. 5991. P. 542-544.
3. *Sen Yang, et. al.* High fidelity transfer and storage of photon states in a single nuclear spin 2015 // arXiv: 1511.04939.
4. *J. M. Taylor, et. al.* High-sensitivity diamond magnetometer with nanoscale resolution // *Nature Physics* 2008. V. 4. N. 10. P. 810-816.
5. *T. Schroder, et. al.* Fiber-integrated diamond-based single photon source // *Nano Lett.* 2011. V. 11. P. 198-202.
6. *M. J. Burek, et. al.* High quality-factor optical nanocavities in bulk single-crystal diamond // *Nature Communications* 2014. V. 5. N. 5718.
7. *Vorobyov V.V., et. al.* Coupling of single NV Center to adiabatically tapered optical single mode fiber // arXiv:1608.02862.
8. *Vorobyov V.V., et. al.* Coupling of single NV center to the tapered optical fiber // *Proc. SPIE Active Photonic Materials VIII* 2016. V. 9920. N. 992012.
9. *Fujiwara M., et. al.* Ultrathin fiber-taper coupling with nitrogen vacancy centers in nanodiamonds at cryogenic temperatures // arxiv: 1601.06188.
10. *Schell A. W., et. al.* Efficient Coupling of Nanolight Emitters to a Ultra-Wide Tunable Nanofibre Cavity // *Scientific Reports* 2015. V. 5. N. 9619.