

$K_{RR} = \Gamma_R^2 / (\Gamma_R + \Gamma_{NR})^2$  [2], что позволяет из экспериментальных данных вычислить значения  $\Gamma_R$  и  $\Gamma_{NR}$ . Оказалось, что  $\Gamma_R$  в промежутке времени примерно от 0 до 40 пс увеличивается, что связано с образованием новых экситонов. Величина  $\Gamma_{NR}$  меняется значительно больше величины  $\Gamma_R$  и вносит больший вклад в уширение спектра.

Если аппроксимировать параметры  $\Gamma_R$  и  $\Gamma_{NR}$  с помощью следующих формул:

$$\Gamma_R = \Gamma_{R0} + \text{const} \cdot \exp(-t/T') \quad \Gamma_{NR} = \Gamma_{NR0} + \text{const} \cdot \exp(-t/T'')$$

можно получить характерные времена возвращения системы в исходное состояние. Показано, что при увеличении интенсивности накачки времена релаксации системы линейно увеличиваются.

#### *Выводы*

Показано, что при отрицательных задержках невозмущенная система ведет себя стационарным образом. В тот момент, когда приходит импульс накачки и возмущает систему, имеет место резкое уменьшение амплитуды и уширения спектров, после чего система начинает релаксировать в свое первоначальное состояние. Выяснилось, что характер изменения параметров  $K_{RR}$  и НВНМ зависит только от величины интенсивности накачки и не зависит от зондирующего излучения. Показано, что величина  $\Gamma_{NR}$  меняется значительно больше величины  $\Gamma_R$  и вносит больший вклад в уширение спектра, а  $\Gamma_R$  в промежутке времени примерно от 0 до 40 пс увеличивается, что связано с образованием новых экситонов. Показано, что при увеличении интенсивности накачки времена релаксации системы линейно увеличиваются.

#### Список литературы

1. S.V. Poltavtsev, Yu.P.Efimov, Yu.K.Dolgikh, S.A.Eliseev, V.V. Petrov, V.V.Ovsiyankin. Extremely low inhomogeneous broadening of exciton lines in shallow (In,Ga)As/GaAs quantum wells. Solid State Communications 199, 47, 2014;
2. M.G.Benedict and E.D.Trifonov. Coherent reflection as superradiation from the boundary of a resonant medium. Phys. Rev.A38, 2854, 1988;

## **Способы возбуждения и регистрации ОДМР азотно-вакансионных центров в алмазе в схеме микроразмерного квантового магнитометра**

*Дмитриев А. К.<sup>1</sup>, Вершовский А. К.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФТИ

Эл. почта: alexdmk777@gmail.com

#### 1. Введение.

Сравнительно недавно появился новый метод измерения магнитного поля в нанометровом масштабе на основе оптического детектирования электронного парамагнитного резонанса спинов азотных дивакансий (NV центров) в алмазе. Применение методик ОДМР к отрицательно заряженным NV центрам позволило распространить сферу применения квантовой магнитометрии (КМ) на микро- и нанометровую области. Такой подход дает возможность измерять магнитные поля с беспрецедентным сочетанием пространственного разрешения и магнитной чувствительности в широком диапазоне температур (от долей К и до температур выше 300 К), что открывает новые этапы в исследовании биологических и конденсированных сред.

В данной работе были исследованы сигналы ОДМР азотно-вакансионных центров в алмазе и разработаны на их основе принципы создания микроразмерного трехкомпонентного магнитометра постоянного поля.

## 2. Методы возбуждения ОДМР в схеме векторного магнитометра.

В связи с тем, что частотная модуляция резонансного радиочастотного (СВЧ) поля не позволяет идентифицировать резонансы в спектре, а в случае их перекрытия оказывается вообще неприменима, в работе использовалась модуляция магнитного поля. Для этого на измеряемое поле  $B$  накладывалось слабое переменное поле  $B_{mod}$ . Выбором направления  $B_{mod}$  возможно усиливать или ослаблять отклики ОДМР, соответствующие разным ориентациям NV — центров. Так, ориентируя переменное поле в направлении, можно подчеркнуть одну линию из четырех, но остальные три при этом сохраняют значительную амплитуду.

Модулируя разнонаправленные поля на разных частотах, можно организовать несколько независимых петель обратной связи. В данной работе было предложено использовать модулирующие поля, приложенные вдоль диагоналей граней куба. Каждое из таких полей вызывает отклик от двух из четырех возможных ориентаций NV – центров, что существенно упрощает спектр.

Применение шести модулирующих полей не является избыточным, оно позволяет исключить «мертвые» зоны, возникающие в случае перекрытия двух и даже трех резонансных линий: отклики, включающие перекрывающиеся сигналы, можно исключить из рассмотрения. Также исключается линия спектра, для которой частотный сдвиг меньше величины поперечного расщепления в нулевом поле – E.

Оставшихся линий оказывается достаточно для измерения трех компонент поля во всех случаях, кроме случая, когда вектор  $B$  направлен вдоль одного из ортов решетки. При этом перекрываются все четыре линии спектра, и возникают три «мертвые» зоны.

Максимальная величина производной сигнала по частоте на выходе синхронного детектора составляет 3.48 В/МГц, а среднеквадратичная амплитуда шума в полосе 1 Гц имеет значение 0.9 мВ; отсюда для балансной схемы следует чувствительность  $4.6 \text{ нТл} \times \text{Гц}^{-1/2}$ .

Полный уровень ФЛ соответствует фототоку  $I_{ph} = 35 \text{ мкА}$ . Предельная чувствительность схемы, ограниченная дробовым шумом фототока, составляет  $0.2 \text{ нТл} \times \text{Гц}^{-1/2}$ . Остаточные флуктуации в схеме регистрации превышают уровень дробового шума на порядок; они могут быть подавлены, в частности методами активной стабилизации интенсивности лазера накачки.

Чувствительность схемы может быть дополнительно повышена нанесением на внешнюю поверхность алмаза и световода отражающего покрытия и за счет повышения мощности накачки.

## 3. Благодарности.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ 13-02-00589).

### Список литературы

1. D. Budker and M. Romalis, *Nature Physics*, 3, 227, 2007;
2. Е.Б. Александров, А.К. Вершовский, УФН, Т. 179, В. 6, 605-637, 2009;
3. А.К. Вершовский, А.К. Дмитриев, *Опт. и спектр.*, Т. 116, В. 3, 67–69, 2014;
4. А.К. Вершовский, А.К. Дмитриев, *Письма в ЖТФ*, Т. 41, В. 8, 78-85, 2015;
5. O. Gravrand et al., *Earth Planets Space*, 53, 949-958, 2001;
6. V.M. Acosta et al., *Physical Review*, В. 80, 115202, 2009;
7. G. Balasubramanian et al., *Nature*, 455, 648, 2008;