Теория спиновой инерции в квантовых точках

Смирнов Д.С., Глазов М.М.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

DOI 10.34077/Semicond2019-282

Недавно был обнаружен эффект спиновой инерции: зависимость степени спиновой поляризации носителей заряда от частоты модуляции циркулярной поляризации падающего на образец света ω_m в экспериментах накачка-зондирование [1]. Если частота модуляции становится больше, чем скорость спиновой релаксации, то наведенная в системе спиновая поляризация резко падает [1]. Измерение спиновой инерции позволяет определять продольные времена спиновой релаксации в микросекундном диапазоне, что трудно достижимо более традиционными методами, такими как измерение эффекта Ханле, обычная методика накачка-зондирование и спектроскопия спинового шума [2].

В этой работе мы представляем теорию спиновой инерции в квантовых точках однократно заряженных электронами или дырками, где основным механизмом спиновой релаксации является сверхтонкое взаимодействие со спиновыми флуктуациями ядер кристаллической решётки. В модели учитывается влияние внешнего магнитного поля, приложенного в геометрии Фарадея, конечное время корреляции флуктуационного поля Оверхаузера, создаваемого ядерными спинами, а также другие процессы спиновой релаксации, не связанные со сверхтонким взаимодействием.

Степень спиновой поляризации носителей заряда может быть описана выражением

$$S \propto QT_1 \left| \frac{G_{zz}(\omega_m)}{G_{zz}(0)} \right|,$$

где Q – эффективность спиновой ориентации, $T_1 = G_{zz}(0)$ – среднее время спиновой релаксации, а $G_{zz}(\omega)$ – функция Грина спиновой динамики носителей заряда между импульсами накачки. Нами было показано, что основным механизмом спиновой ориентации в квантовых точках при резонансном возбуждении является спиновая релаксация неспаренного носителя заряда в фотовозбужденном трионе. Приложение к системе продольного магнитного поля с одной стороны подавляет спиновую релаксацию триона и эффективность спиновой ориентации (Q), а с другой – увеличивает время жизни спина в основном состоянии (T_1). В результате зависимость степени спиновой поляризации от магнитного поля может описываться М-образной кривой, как показано на Рис. 1 [3]. Это теоретическое предсказание было подтверждено при экспериментальном измерении эффекта спиновой инерции в квантовых точках [4].

[1] F. Heisterkamp et al., *Phys. Rev. B*, **91**, 235432 (2015).

[2] M. M. Glazov, *Electron & Nuclear Spin Dynamics in Semiconductor Nanostructures*, Oxford University Press (2018).

[3] D. S. Smirnov et al., *Phys. Rev. B*, **98**, 125306 (2018).

[4] E. A. Zhukov et al., *Phys. Rev. B*, **98**, 121304(R) (2018).

Рис.1. – Спиновая поляризация (S), время спиновой релаксации (T_1) и эффективность спиновой ориентации (Q) как функции отношения продольного магнитного поля B_z к характерной флуктуации поля Оверхаузера B_n .