

Магнитометр на основе дисперсионного считывания состояний NV центра в алмазе

А.М. Козодаев
РКЦ

При выполнении квантовых измерений в некоторых случаях оказывается выгодно измерять не непосредственный отклик квантовой системы, а отклик резонатора, внутрь которого помещена эта квантовая система. При таком подходе на резонатор воздействуют микроволновым полем и отслеживают его пропускание в зависимости от состояния квантовой системы, таким образом, пропускание зависит от эффективной частоты резонатора. Данная методика получила название дисперсионное считывание. Изменение внешнего магнитного поля ведёт к изменению частоты квантовой системы, что в свою очередь детектируется методикой дисперсионного считывания.

В данной работе в качестве квантовой системы, помещенной в резонатор, выбрана отрицательно заряженная азотная вакансия в алмазе (NV центр). Выбор обусловлен тем, что NV центр технологичен в изготовлении, обладает возможностью эффективной подготовки и считывания состояний, обладает одним из самых длинных времён когерентности электронного спина в твердотельных системах при комнатной температуре.

Для описания такой системы мы нашли функцию линейного отклика системы и воспользовались квантовым уравнением Ланжевена. Особенностью такого подхода является учет поправок, не входящих в RWA приближение. Частота резонатора зависит от разных внешних параметров, например температуры. Выполнив необходимые вычисления, мы получили режим работы магнитометра, в котором зависимость чувствительности от изменения температуры будет минимальной.

В качестве метода для улучшения считывания частоты системы в резонаторе мы предлагаем использовать резонатор с двумя геометрически ортогональными модами. Идея использования ортогональных мод заключается в измерении коэффициента пропускания резонатора из порта 1 в порт 2. При условии что внешние поля в двух портах резонатора связаны каждый со своей модой пропускание должно равняться нулю в случае, когда частота поля сильно отстроена от частоты резонанса ДУС. При совпадении частоты поля и ДУС будет появляться рассеяние на ДУС и моды 1 в моду 2, и как следствие появится сигнал на втором выходе. Для аналитического описания такого метода мы воспользовались уравнением Линдблада и рассмотрели связь резонатора с внешним полем, как диссипаторы когерентного состояния в уравнении Линдблада.