Квантовые сенсоры физических полей на ансамблях NV центров в алмазных наноструктурах

С.Н. Подлесный¹, И.А. Карташов¹, С.М. Тарков¹, В.А. Володин¹, **В.П. Попов¹**, И.Н. Куприянов²,
Ю.Н. Пальянов², А.А. Емельянов³, Н.И. Тимошенко³, А.К. Ребров³

¹ ФГБУН Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН
630090, пр. ак. Лаврентьева 13, Новосибирск, Россия

² ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, пр. ак. Коптюга 3, Новосибирск, Россия

³ ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН,
630090, пр. ак. Лаврентьева 1, Новосибирск, Россия
тел.: +7(383)333-25-37, эл. почта: popov@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-35

Предел обнаружения квантовых сенсоров на спинах пар азот-вакансия (NV) и их ансамблях в алмазе пропорционален времени дефазировки спинов T_2^* и обратно пропорционален корню их концентрации. Однако T_2^* зависит от спинов других дефектов и обычно $T_2^* < T_2$ – времени спиновой релаксации на NV центрах. Причем экспериментально выполняется соотношение $T_2^* \ll T_2$ при теоретической величине $T_2/T_2^* \approx 16$ за счет неспаренного электрона доноров N_s^0 [1]. Важнейшей задачей является увеличение плотности NV центров при сохранении длительного времени спиновой когерентности [2]. Оно зависит как от качества специально разработанных синтетических кристаллов “квантового класса”, так и от формирования ансамблей и гибкости метода химического осаждения из паровой фазы с помощью плазмы (CVD). Проблемой остается создание ансамблей в заданной области с контролем числа NV центров. Задача формирования ансамблей квантового класса была решена в ИФП, ИГМ и ИТФ СО РАН.

Ансамбли NV- центров создавались нами в $\langle 111 \rangle$ пластинах алмаза типа IIa “горячей” имплантацией ионов азота N^+ и термообработкой при 1200-1500°C в вакууме или под давлением 6 ГПа (НРНТ) для отжига оптически активных дефектов, а также методом газоструйного CVD осаждения, стимулированного СВЧ плазмой [3]. Подложками для осаждения CVD пленок алмаза толщиной до 400 мкм являлись пластины кремния с SiC нанокристаллами для улучшения адгезии с плотностью от 10^8 до 10^{10} см⁻² [4]. В зависимости от теплового бюджета и потока газов вырастали как отдельные нанокристаллы, так и поликристаллические пленки алмаза с размерами кристаллитов до 20 мкм и концентрацией NV центров до 1 ppm.

Алмазные наностолбы на монокристаллическом алмазе с 200 нм слоем NV центров создавались травлением сфокусированными пучками ионов галлия и последующим отжигом [5]. При максимальной температуре отжига 1500°C в вакууме никаких дефектов, кроме NV и SiV центров на уровне ~1 ppb нет. При НРНТ отжиге содержание NV центров в наноструктурах было >0.2 ppm. Данные оптически детектируемого магнитного резонанса, измеренные при комнатной температуре (Рис.), показали, что монокристаллические наностолбы с NV центрами пригодны для высокочувствительной векторной магнитометрии с субмикронным разрешением, а поликристаллические слои алмаза с NV-центрами соответствуют требованиям, предъявляемым к высокотемпературным датчикам статических магнитных и тепловых полей.

Работа поддержана проектами РФФИ 18-29-19069 и 19-29-03031.

Литература

- [1] J.F. Barry et al. // Rev. Mod. Phys. **92**, 015004, 2020.
- [2] T. Wolf, et al. // Phys. Rev. X. **5**, 041001 2015.
- [3] A.K. Rebrov et al. // Interfacial Phenomena and Heat Transfer, 7(2), p. 131–137, 2019.
- [4] V.P. Popov, et al. // Materials Today Communications, 28, 10249, 2021.
- [5] S. Rubanov, et al. // Diamond and Related Materials, 63, p. 143-147, 2016.