

Гигантское усиление сигнала спиновых шумов и его приложение к спектроскопии парамагнитного резонанса в активированных кристаллах

Предложен и экспериментально реализован метод многократного (до 108) усиления сигнала спиновых флуктуаций в оптически неоднородно уширенных системах.

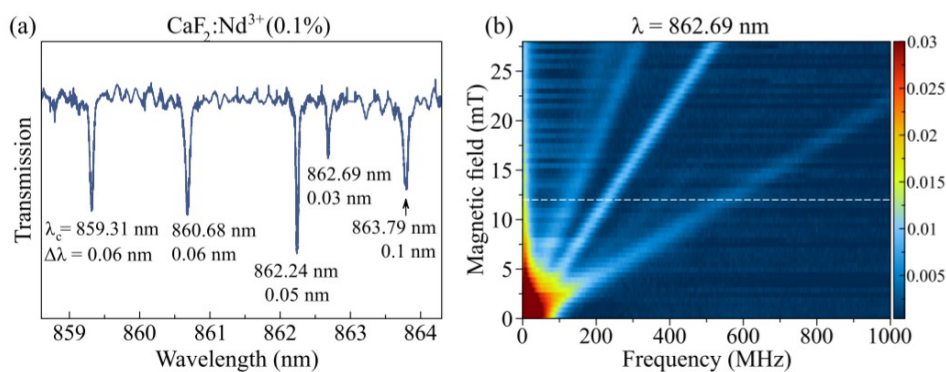
Кристаллы и стёкла, окрашенные примесными редкоземельными (РЗ) центрами, широко применяются в науке и технике. Примеси с содержанием РЗ элементов используются для получения специальных стёкол, а диэлектрические кристаллы, активированные РЗ ионами, выступают в качестве лазерных и других оптически активных и нелинейных элементов. В частности, одной из повсеместно используемых систем является алюмо-иттриевый гранат, легированный ионами неодима (Nd:YAG). Данные среды широко изучаются методами электронного парамагнитного резонанса, однако долгое время они были не доступны для исследований невозмущающим методом спектроскопии спиновых шумов.

Спектроскопия спиновых шумов является сравнительно молодым и бурно развивающимся методом оптического детектирования ЭПР, не требующим оптического и/или микроволнового возмущения среды (накачки). До недавнего времени метод был реализован на классических атомных системах (парах щелочных металлов), а также с середины 2000-х годов активно применялся к полупроводникам и наноструктурам на их основе (GaAs, CdTe и др.). Суть метода состоит в регистрации поляризационных флуктуаций линейно поляризованного света, проходящего через систему, характеризующейся флуктуациями намагниченности. Его применение к классическим для метода ЭПР активированным диэлектрикам было, однако, затруднено вследствие чрезвычайно малой амплитуды сигнала.

Последнее исследование группы спектроскопии спиновых шумов СПбГУ показало, что сигнал может быть многократно усилен при зондировании системы, в которой велико соотношение между неоднородным и однородным уширениями оптических линий, причём фактор усиления может достигать значения отношения этих величин. В экспериментально исследованной системе это отношение для запрещённых f - f переходов может достигать порядка 10^8 . Это позволило реализовать шумовую спектроскопию примесных кристаллов вначале на экспериментальной площадке Технического университета Дортмунда, а затем и на установке спектроскопии спиновых шумов усилиями объединённого коллектива кафедры фотоники, лаборатории оптики спина и ресурсного центра «Нанофотоника».

Результат работы позволяет выполнять исследования анизотропии центров различной симметрии, регистрировать ЭПР в малых и нулевых магнитных полях и оптически адресовать независимые группы центров. По материалам исследования опубликована статья:

A. N. Kamenskii, A. Greilich, I. I. Ryzhov, G. G. Kozlov, M. Bayer, V. S. Zapasskii. Giant spin-noise gain enables magnetic resonance spectroscopy of impurity crystals. Phys. Rev. Research 2, 023317, published 11 June 2020.



Спектр поглощения центров Nd^{3+} в кристалле CaF_2 (a) и спектры спиновых шумов в зависимости от величины приложенного магнитного поля (b).