

02; 07; 12

© 1993

КИНЕТИКА ПОГЛОЩЕНИЯ АТОМОВ КАЛИЯ И РУБИДИЯ  
ПАРАФИНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ЯЧЕЙКИ КВАНТОВОГО  
МАГНИТОМЕТРА

М.В. Балабас, В.А. Бонч-Бруевич

Улучшение чувствительности и точности квантовых магнитометров на узкой изолированной линии ЭПР радиочастотного спектра атомов калия и рубидия [1, 2] идет по пути дальнейшего уменьшения ширины рабочей линии спектра. Задача создания градиентометров с малой базой на основе таких магнитометров требует достижения темновых ширин линий резонанса порядка 0,1 Гц или, что то же самое, реализации времен темновой релаксации 1,5–2 с.

Это, в свою очередь, требует более полного учета факторов, ограничивающих величину времени релаксации. Здесь неисследованным остается процесс поглощения оптически ориентированных атомов щелочных металлов парафиновым покрытием стенок ячеек, используемых в качестве магниточувствительных элементов. Сведения об этом процессе важны, поскольку время темновой релаксации не может превышать времени жизни атома в объеме ячейки  $\tau$  (времени от момента его испарения с капли металла до момента поглощения покрытием ячейки). В работах [3, 4] оценено время жизни атомов рубидия и цезия в объеме ячейки. В данной работе мы приводим результаты экспериментального исследования времени жизни атомов калия и рубидия в объеме ячеек с покрытием, изготовленных по технологии, описанной в работе [5].

Для измерения времени жизни атома в объеме ячейки мы применили „импульсную“ методику – в определенный момент времени скачком уменьшалась скорость поступления атомов в объем ячейки. Характерное время прихода плотности паров атомов к новому равновесному состоянию и определяло время жизни атома в объеме ячейки.

Наблюдения производились над оптически ориентированными атомами в условиях малой оптической толщины ячейки. При этом амплитуда сигнала пропорциональна плотности паров атомов, что позволяет сопоставить изменение амплитуды сигнала с изменением плотности паров атомов.  $M_x$ -сигнал регистрировался в 45°-ной схеме оптической накачки методом синхронного детектирования. Сигнал возбуждался на переходе  $m_f = 2 - m_f = 1$  в  $F = 2$  основного состояния атома в стабилизированном магнитном поле  $B = 50$  мкТл.

Для реализации такой методики были изготовлены специальные ячейки, схематическое устройство которых показано на рис. 1. Диаметр рабочего объема ячеек равнялся 75 мм. Ячейка устанавли-

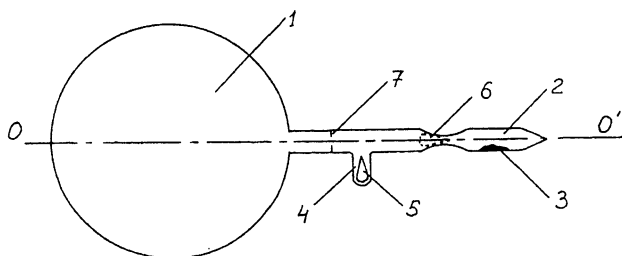


Рис. 1. 1 – рабочий объем ячейки, в котором возбуждался сигнал ЭПР; 2 – отросток с металлическим калием или рубидием 3; 4 – контейнер для пробки затвора 5; 6 – положение пробки затвора в его закрытом состоянии; 7 – диафрагма, препятствующая выпадению пробки затвора в рабочий объем ячейки.

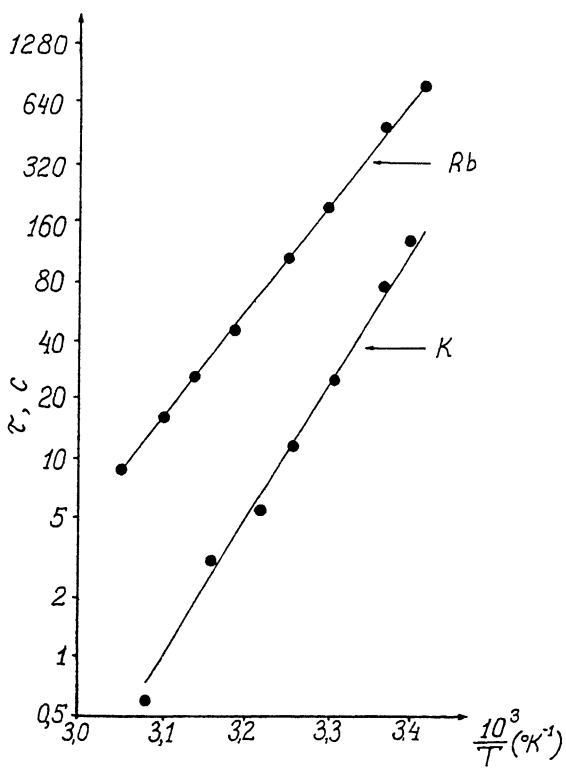


Рис. 2.

валась таким образом, что ось  $OO'$  была наклонена под углом  $45^\circ$  к направлению силы тяжести. Поворот ячейки вокруг оси  $OO'$  приводил к соскальзыванию пробки затвора из контейнера 4 в положение 6. При этом не нарушалась оптическая и магнитная юстировка системы. Все внутренние поверхности ячейки вплоть до отростка с металлом и поверхность пробки были покрыты парафиновым покрытием.

Экспериментально исследованные зависимости  $\tau$  от температуры как для атомов калия, так и для атомов рубидия хорошо моделируется активационным законом:  $\tau = \tau_0 \exp(E/kT)$ . На рис. 2 приведены графики этих зависимостей от обратной температуры. Точками указаны экспериментальные значения, сплошными прямыми — аппроксимирующие зависимости с энергией активации  $E = 1.4$  эВ и  $\tau_0 = 6 \cdot 10^{-23}$  с для калия и  $E = 1.1$  эВ и  $\tau_0 = 3 \times 10^{-17}$  с для рубидия.

Активационный характер поглощения можно приписать двум процессам взаимодействия атомов с покрытием. Первый процесс — эндотермическая химическая реакция между атомами щелочного металла и материалом покрытия, второй — диффузия атомов щелочного металла в объем покрытия. Однако отдать предпочтение какому-либо из них на этом этапе исследований мы не можем.

Тем не менее, приведенные результаты показывают, что для достижения времен релаксации 1.5–2 с для оптически ориентированных атомов калия и рубидия необходимо принимать во внимание процесс поглощения атомов покрытием, соответствующим образом выбирая температуру ячейки.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Александров Е.Б., Балабас М.В., Бонч-Бруевич В.А., Провоторов С.В., Якобсон Н.Н. Прецизионный быстродействующий магнитометр с оптической накачкой паров калия. В кн.: Геомагнитные измерения и приборы. М.: ИЗМИРАН, 1986. С. 5–23.
- [2] Александров Е.Б., Балабас М.В., Бонч-Бруевич В.А. // Письма в ЖТФ. Т. 13. В. 24. С. 1501–1504.
- [3] Bouchiat M.A., Brosse J. // Phys. Rev. 1966. V. 147. N 1. P. 41–54.
- [4] Liberman V., Knize R.J. // Phys. Rev. A. 1986. V. 34. N 6. P. 5115–5118.
- [5] Балабас М.В., Бонч-Бруевич В.А., Провоторов С.В. // Тез. докл. 1 Всесоюз. семинара „Квантовые магнитометры“, ГОИ им. С.И. Вавилова. Л., 1988. С. 55–56.

Поступило в Редакцию  
5 марта 1993 г.