

РЕЗОНАНСНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В КРИСТАЛЛЕ NaCl

Е. Д. Пигулевский, А. М. Сазонов

В твердых телах с квадрупольной спин-решеточной релаксацией наблюдается резонансное поглощение ультразвуковых колебаний на атомных ядрах. Эффект поглощения ультразвука на ядрах можно наблюдать косвенно [1] по насыщению сигнала чисто ядерного магнитного резонанса (ЯМР) или непосредственно по изменению добротности контура генератора за счет поглощения ультразвука в образце [2].

Вопросы, связанные с эффектом резонансного поглощения ультразвука на ядрах Na^{23} в кристалле NaCl, излагались ранее в работах [3, 4]. В настоящем сообщении приводятся данные о полуширине линии акустического резонанса в деформированных и термически отпущенных кристаллах NaCl. Измерения проводились косвенным методом по насыщению сигнала ЯМР на ядрах Na^{23} . В работе использовался электромагнит типа СП-78 с неоднородностью поля $2 \cdot 10^{-5}$ гс/см, питаемый от аккумуляторной батареи, и ЯМР-спектрометр, позволяющий производить запись первой производной контура линии ЯМР на самописце типа ЭПП-09. Образцы вырезались из монокристалла NaCl так, чтобы ось цилиндра была параллельна кристаллографической оси [100], и затем обтачивались на токарном станке. Один конец образца тщательно полировался для лучшего контакта с поверхностью излучателя, а второй — для предотвращения возникновения стоячих волн оставлялся шероховатым. В качестве ультразвуковых излучателей использовались кварцевые излучатели X-среза с резонансной частотой 11,7 мгц, приклеиваемые к образцу эпоксидной смолой. Для возбуждения кварцевого вибратора использовался высокочастотный генератор типа ГЗ-12, позволяющий изменять напряжение, приложенное к кварцу от 0 до 120 в. Напряжение на кварце измерялось ламповым вольтметром, входящим в схему генератора ГЗ-12, а частота контролировалась гетеродинным волномером типа 526-У.

Метод измерения резонансного поглощения ультразвука на ядрах Na^{23} в NaCl по насыщению сигнала ЯМР состоял в следующем: в отсутствие ультразвукового возбуждения на частоте 5,85 мгц при медленном прохождении магнитного поля 0,14 гс/сек записывался резонансный сигнал от ядер Na^{23} , затем к кварцу прикладывалось высокочастотное напряжение, амплитуда которого поддерживалась постоянной, а частота изменялась около удвоенной части Лармора. Для каждого фиксированного значения частоты ультразвука регистрировался сигнал ЯМР. Измерения проводились для нескольких значений напряжения на кварце.

Для перехода $\Delta m = \pm 2$ была получена зависимость поглощения ультразвука, как функция A/A_0 , где A_0 — амплитуда сигнала ЯМР при отсутствии ультразвука, A — амплитуда сигнала при наличии ультразвука, от частоты ультразвука. При выбранном способе измерения ширина акустической линии поглощения составляла в среднем (9 ± 1) кгц и зависела от амплитуды напряжения на кварце, изменяясь приблизительно на 10% при изменении напряжения на кварце от 20 до 100 в. Ширина линии чисто ядерного поглощения Na^{23} , измеренная между точками максимального наклона, составляла $(3,3 \pm 0,4)$ кгц. Так как при обработке и вытачивании образца в кристаллическую решетку вносятся различные дефекты в виде статических градиентов внутрикристаллических полей, то для контроля несколько образцов было опущено. Для этого образцы помещались в печь и в течение трех часов нагревались до температуры 670° и затем медленно охлаждались до комнатной температуры. При регистрации поглощения ультразвука на опущенных образцах было замечено, что акустическая линия сужается в среднем на величину около 2 кгц.

Определяя время восстановления амплитуды сигнала ЯМР после быстрого прохождения условий резонанса при наличии ультразвуковой подкачки на двойной ларморовой частоте, можно определять время спин-решеточной релаксации резонирующих ядер. Подобные измерения для ядер Na^{23} в NaCl дали величину $T_1 = (13 \pm 1)$ сек. Отметим, что полуширина акустической линии поглощения и время спин-решеточной релаксации, приведенные в работе [4], составляют соответственно 4 кгц и $(7,5 \pm \pm 0,5)$ сек, а в работе [5], в которой применен способ измерения, аналогичный использованному нами, $T_1 = (12,4 \pm 1)$ сек, а полуширина, вычисленная по приведенным в работе данным, составляет около 5 кгц. Приведенные результаты получены на химических чистых монокристаллах NaCl.

ЛИТЕРАТУРА

1. W. G. Proctor, W. H. Tanttilla. Saturation of nuclear quadrupole energy levels by ultrasonic excitation. Phys. Rev., 1955, 98, 6, 1854.
2. D. I. Bolef, M. Menes. Nuclear magnetic resonance absorption in KJ and KBr. Phys. Rev., 1959, 114, 6, 1441—1451.
3. W. G. Proctor, W. A. Robinson. Ultrasonic excitation of nuclear magnetic energy levels of Na^{23} in NaCl. Phys. Rev., 1956, 104, 5, 1344—1352.
4. E. F. Taylor, N. Bloembergen. Nuclear spin saturation by ultrasonics in sodium chloride. Phys. Rev., 1959, 113, 2, 431—438.

Ленинградский электротехнический институт
им. В. И. Ульянова (Ленина)

Поступило в редакцию
25 ноября 1962 г.